



**Universidade Federal do Amazonas**  
**Faculdade de Tecnologia**

---

**Programa de Pós-Graduação em Engenharia de**  
**Produção - PPGEP**



**ALAFAN JEFERSON DA COSTA LIMA**

**MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR COMO PROPOSTA DE MELHORIA NO**  
**SEGMENTO DE CERÂMICA VERMELHA**

MANAUS - AM  
2024

**ALAFAN JEFERSON DA COSTA LIMA**

**MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR COMO PROPOSTA DE MELHORIA NO  
SEGMENTO DE CERÂMICA VERMELHA**

Dissertação de mestrado em Engenharia de Produção apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu*, em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Amazonas como pré-requisito para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Federal do Amazonas – UFAM.

**Área de Concentração:** Gestão da Produção e Operações.

**Linha de Pesquisa:** Gestão de Operações e Processos da Produção e Serviços.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Jorge da Cunha Costa Nogueira

MANAUS - AM  
2024

## Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

L732m Lima, Alafan Jeferson da Costa  
Mapeamento do Fluxo de Valor como proposta de melhoria no segmento de cerâmica vermelha / Alafan Jeferson da Costa Lima . 2024  
108 f.: il. color; 31 cm.

Orientador: Ricardo Jorge da Cunha Costa Nogueira  
Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal do Amazonas.

1. Lean manufacturing. 2. Cerâmica vermelha. 3. Desperdícios de produção. 4. VSM-Value Stream Mapping . I. Nogueira, Ricardo Jorge da Cunha Costa. II. Universidade Federal do Amazonas III. Título

**ALAFAN JEFERSON DA COSTA LIMA**

**MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR COMO PROPOSTA DE MELHORIA NO  
SEGMENTO DE CERÂMICA VERMELHA**

Dissertação de mestrado em Engenharia de Produção apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu*, em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Amazonas como pré-requisito para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Federal do Amazonas – UFAM.

**Área de Concentração:** Gestão da Produção e Operações.

**Linha de Pesquisa:** Gestão de Operações e Processos da Produção e Serviços.

**BANCA EXAMINADORA**

Prof. Dr. Ricardo Jorge da Cunha Costa Nogueira  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Produção – UFAM  
Orientador

Prof. Ph.D. Marcelo Albuquerque de Oliveira  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Produção – UFAM  
Membro PPGEP

Prof. Dr. Luiz Augusto Carvalho Francisco Soares  
Universidade Federal do Amazonas – UFAM  
Membro Externo

MANAUS – AM  
2024

*À minha mãe, por sua dedicação e pelo exemplo de honestidade, perseverança, fé na vida e nos valores. Sua influência foi fundamental para que eu tivesse conquistado esse sonho e construído um alicerce sólido sobre o qual edifiquei minhas conquistas e recebi constante incentivo para enfrentar novas jornadas.*

## **AGRADECIMENTOS**

Meu agradecimento em especial a Deus. Acredito que tudo depende dele e hoje percebo que todo sacrifício e decepções enfrentadas só comprova o quanto ele é a grande razão da minha vida, o derramador dos dons que, a cada dia me ensina a extrair das palavras de sabedoria que conduzem meus caminhos. Agradeço todos os dias por ter sido abençoado com pai, mãe e irmãos que sempre me incentivaram a realizar este sonho, mais uma conquista em minha vida. E a todos que, de alguma forma, contribuíram para que eu pudesse alcançar este objetivo, minha sincera gratidão!

## RESUMO

As indústrias de cerâmica vermelha estão inseridas em um ambiente de alta competitividade, constantes mudanças e enfrentam desafios complexos relacionados à superprodução, estoques elevados, movimentações desnecessárias e tempos de espera prolongados no processo produtivo. Diante desse cenário, o *lean manufacturing* apresenta uma solução eficaz, oferecendo uma abordagem estruturada para eliminar desperdícios, aumentar a produtividade e melhorar a eficiência operacional. Este estudo teve como foco a aplicação da ferramenta *Value Stream Mapping* (VSM) para identificar pontos críticos e oportunidades de melhoria ao longo do processo produtivo em uma indústria de cerâmica vermelha localizada em Itacoatiara, no Amazonas, com o objetivo de propor melhorias e aprimorar o fluxo de valor com a sugestão de um estado futuro embasado cientificamente em outros estudos. A fim de abordar esses problemas, foi adotada uma abordagem quali-quantitativa para coleta e análise de dados, dividida em duas fases distintas. A primeira fase foi de caráter descritivo que consistiu no levantamento detalhado da linha de produção, com o objetivo de confeccionar o fluxograma do processo produtivo. Nesse contexto, aplicou-se a técnica de observação direta extensiva utilizando um questionário que foi respondido pelos principais envolvidos no processo, incluindo o gerente de produção, mecânicos, operadores e planejadores, entre os dias 01 a 30 de junho de 2023 e como resultado do estado atual, identificou-se um elevado estoque de tijolos de 669.177 unidades por mês e um tempo que não agrega valor de 10.065 minutos. Com base nessas informações, foi feito um levantamento científico dos planos de ação aplicados com o uso da ferramenta VSM em outras indústrias e consolidado utilizando a ferramenta 5W2H, como sugestão para mitigar ou eliminar os gargalos identificados. A segunda fase teve caráter explicativo que consistiu na identificação dos fatores que influenciaram os estoques elevados e atrasos na produção, resultando na visualização das melhorias no mapa de estado futuro. A partir dessa análise, espera-se que a adoção de novas tecnologias e a redução dos tempos de processo resultem em ganhos econômicos, sociais e acadêmicos. Com o uso do VSM, a indústria de cerâmica vermelha poderá obter melhorias operacionais, como a otimização do fluxo de produção, a melhor utilização dos recursos e o aumento da capacidade produtiva. Além disso, a aplicação do *lean manufacturing* pode resultar em um ambiente de trabalho mais organizado, com melhor fluxo de comunicação entre as equipes, menos retrabalhos e a adoção de práticas operacionais e ambientais mais seguras. No âmbito acadêmico, o estudo também representa uma oportunidade de pesquisa e desenvolvimento, visto que a combinação das características únicas desse setor com os benefícios do VSM oferece pontos importantes para investigações futuras.

Palavras-chave: *Lean manufacturing*; VSM; cerâmica vermelha; desperdícios de produção.

## ABSTRACT

The red ceramic industry is inserted in an environment of high competitiveness, constant changes and faces complex challenges related to overproduction, high inventories, unnecessary movements and long waiting times in the production process. In this scenario, lean manufacturing presents an effective solution, offering a structured approach to eliminate waste, increase productivity and improve operational efficiency. This study focused on the application of the Value Stream Mapping (VSM) tool to identify critical points and opportunities for improvement throughout the production process in a red ceramic industry located in Itacoatiara, Amazonas, with the objective of proposing improvements and enhancing the value stream with the suggestion of a future state scientifically based on other studies. In order to address these problems, a qualitative-quantitative approach was adopted for data collection and analysis, divided into two distinct phases. The first phase was descriptive in nature and consisted of a detailed survey of the production line, with the objective of preparing the flowchart of the production process. In this context, the extensive direct observation technique was applied using a questionnaire that was answered by the main stakeholders in the process, including the production manager, mechanics, operators and planners, between June 1st and 30th, 2023 and as a result of the current state, a high stock of bricks of 669,177 units per month and a non-value-added time of 10,065 minutes were identified. Based on this information, a scientific survey of the action plans applied using the VSM tool in other industries was carried out and consolidated using the 5W2H tool, as a suggestion to mitigate or eliminate the identified bottlenecks. The second phase had an explanatory character that consisted of identifying the factors that influenced the high stocks and production delays, resulting in the visualization of the improvements in the future state map. From this analysis, it is expected that the adoption of new technologies and the reduction of process times will result in economic, social and academic gains. By using VSM, the red ceramics industry will be able to achieve operational improvements, such as optimizing the production flow, making better use of resources, and increasing production capacity. In addition, the application of lean manufacturing can result in a more organized work environment, with better communication between teams, less rework, and the adoption of safer operational and environmental practices. In the academic field, the study also represents an opportunity for research and development, since the combination of the unique characteristics of this sector with the benefits of VSM offers important points for future research.

**Keywords:** Lean manufacturing; VSM; red ceramics; production waste.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Evolução do <i>lean manufacturing</i> .....	20
Figura 2 – Sequência de etapas do VSM .....	29
Figura 3 – Localização da fábrica de cerâmica vermelha .....	43
Figura 4 – Localização do escritório da fábrica de cerâmica vermelha .....	44
Figura 5 – Família de produtos .....	45
Figura 6 – Fluxograma do processo produtivo .....	46
Figura 7 – Armazenamento e preparação da argila .....	47
Figura 8 – Caixa alimentador .....	48
Figura 9 – Misturador de argila .....	48
Figura 10 – Laminador de argila .....	49
Figura 11 – Maromba (extrusora de argila) .....	49
Figura 12 – Cortadeira de tijolos .....	50
Figura 13 – Torre de elevação de carga e carro de transferência .....	51
Figura 14 – Carro de transferência de tijolos .....	51
Figura 15 – Secador de tijolos .....	52
Figura 16 – Montagem dos conjuntos de tijolos .....	52
Figura 17 – Movimentação dos tijolos para o pré-forno .....	53
Figura 18 – Movimentação dos tijolos pela pinça mecânica .....	54
Figura 19 – Tijolos finais carregado no caminhão munck .....	54
Figura 20 – Desenho do fluxo atual .....	56
Figura 21 – Tijolos deformados acumulado .....	59
Figura 22 – Pontos mais críticos comparado com o <i>takt time</i> do processo .....	61
Figura 23 – Proposta de plano de ação para indústria de cerâmica vermelha .....	71
Figura 24 – Modelo de quadro <i>kanban</i> para indústria de cerâmica vermelha .....	73
Figura 25 – Proposta de <i>tak time</i> do estado futuro .....	75
Figura 26 – Modelo de cadastro de equipamentos de produção de tijolos .....	76
Figura 27 – Sugestão de acompanhamento das manutenções corretivas .....	77
Figura 28 – Sugestão de plano de manutenção .....	77
Figura 29 – Modelo de braço robótico para movimentação de tijolos .....	80
Figura 30 – Modelo proposto de embaladora e paletizadora de tijolos .....	82
Figura 31 – Mapa do estado futuro .....	86

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Aplicações e vantagens do VSM em diversos setores.....	30
Quadro 2 – Itens para elaboração do VSM.....	32
Quadro 3 – Ícones utilizados no VSM .....	33
Quadro 4 – Segmentos da indústria de cerâmica.....	35
Quadro 5 – Processo de produção da cerâmica vermelha .....	37
Quadro 6 – Procedimentos de Coleta de dados .....	42
Quadro 7 – Método para coleta de dados .....	42
Quadro 8 – Síntese dos procedimentos metodológicos .....	43
Quadro 9 – Tempos de processo produtivo estado atual .....	62
Quadro 10 – Principais paradas do processo produtivo .....	64
Quadro 11 – Produção do mês de junho/2023.....	66
Quadro 12 – Pontos mais críticos do estado atual .....	67
Quadro 13 – Principais melhorias encontradas na indústria de cerâmica .....	68
Quadro 14 – Proposta de tempos de processamento para produção de tijolos.....	72
Quadro 15 – Proposta de estoque <i>Kanban</i> de tijolos.....	74
Quadro 16 – Comparativo do estado atual e futuro.....	75
Quadro 17 – Comparativo de ganho com o modelo proposto de braço robótico.....	81
Quadro 18 – Levantamento da produtividade atual do processo produtivo .....	82
Quadro 19 – Produtividade com embaladora automática.....	83
Quadro 20 – Ganhos esperados com a produtividade embaladora automática .....	83
Quadro 21 – Ganhos com processo enxuto de tijolos .....	84

## LISTA DE SIGLAS

AM	Amazonas
ABCERAM	Associação Brasileira de Cerâmica
ANICER	Associação Nacional da Indústria Cerâmica
MFV	Mapeamento do Fluxo de Valor
VSM	<i>Value Stream Mapping</i>
SEBRAE	Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas
KPI	<i>Key Performance Indicator</i>
TPS	<i>Toyota Production System</i>
JIT	<i>Just-In-Time</i>
OPL	<i>One Point Lesson</i>
SMED	<i>Single Minute Exchange of Die</i>
WIP	<i>Work in Progress</i>
APL	Arranjo Produtivo Local
B2B	<i>Business to Business</i>
B2C	<i>Business to Customer</i>
BLP	Balanceamento da linha de produção
BPMN	<i>Business Process Modeling Notation</i>
TPM	<i>Total Productive Maintenance</i>
ERP	<i>Enterprise Resource Planning</i>
FMEA	<i>Failure Mode and Effect Analysis</i>

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>14</b>
1.1 PROBLEMA DA PESQUISA.....	15
1.2 OBJETIVOS .....	16
1.2.1 Objetivo geral .....	16
1.2.2 Objetivos específicos .....	17
1.3 JUSTIFICATIVA .....	17
1.4 DESCRIÇÃO DO TRABALHO.....	19
<b>2 REVISÃO DA LITERATURA.....</b>	<b>20</b>
2.1 CULTURA <i>LEAN</i> .....	20
2.1.1 Princípios do <i>lean</i> .....	23
2.1.2 Desperdícios nos processos .....	24
2.2 <i>LEAN MANUFACTURING</i> .....	25
2.2.1 Métodos e ferramentas do <i>lean manufacturing</i> .....	27
2.2.2 <i>Value Stream Mapping</i> .....	28
2.2.2.1 Etapas de aplicação da ferramenta.....	28
2.2.2.2 Benefícios encontrados utilizando o VSM em diversos segmentos industriais .....	30
2.2.2.3 Valor atual e futuro.....	31
2.3 INDÚSTRIA DE CERÂMICA VERMELHA .....	34
2.3.1 Classificação dos segmentos cerâmicos .....	35
2.3.2 Característica do processo produtivo de cerâmica vermelha.....	36
<b>3 METODOLOGIA.....</b>	<b>38</b>
3.1 CARACTERÍSTICA DA PESQUISA.....	38
3.1.1 Primeira etapa descritiva .....	39
3.1.2 Segunda etapa explicativa .....	40
3.2 CONTEXTUALIZAÇÃO DO LOCAL DA PESQUISA .....	43
3.3 IDENTIFICAÇÃO DO FLUXO DO PROCESSO PRODUTIVO .....	45
3.3.1 Família de produtos .....	45
3.3.2 Processo de preparação da argila.....	47
3.3.3 Processo de fabricação .....	48
3.3.4 Processo de secagem e queima.....	52
3.3.5 Processo de expedição .....	54

<b>4 RESULTADOS .....</b>	<b>55</b>
4.1 VSM DO ESTADO ATUAL E IDENTIFICAÇÃO DOS TEMPOS DE PROCESSOS.....	55
4.2 IDENTIFICAÇÃO DOS DESPERDÍCIOS DO PROCESSO PRODUTIVO .....	63
4.3 PONTOS CRÍTICOS E SUGESTÃO DE PLANO DE AÇÃO .....	67
4.4 PROPOSTA DE PROCESSO ENXUTO E CRIAÇÃO DO VSM FUTURO.....	72
4.4.1 Sistema puxado e <i>Kanban</i> .....	73
4.4.2 Proposta de implantação do planejamento de manutenção .....	76
4.4.3 Aquisição de novas tecnologias e equipamentos.....	79
<b>5 CONCLUSÃO.....</b>	<b>87</b>
<b>6 CONTRIBUIÇÕES DA PESQUISA .....</b>	<b>89</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>91</b>
<b>APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE TIJOLOS.....</b>	<b>99</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A inovação dos sistemas fabris é impulsionada pelos processos industriais e seu contínuo desenvolvimento tecnológico. No cenário brasileiro, a indústria tem passado por transformações significativas e experimentado um crescimento notável em diversos setores, incluindo a área de cerâmica vermelha. Essas mudanças têm contribuído para impulsionar a competitividade do país no mercado global, promovendo uma maior eficiência produtiva e a inovação contínua em todo o setor industrial (Cabral Junior *et al.*, 2012, 2019).

Associação Brasileira de Cerâmica (ABCERAM) afirma que a ampla oferta de recursos naturais, a utilização de fontes alternativas de energia e a disponibilidade de tecnologias eficientes incorporadas aos equipamentos industriais permitiram um rápido avanço nas indústrias de cerâmicas do Brasil. Como resultado, diversos produtos nos diferentes segmentos cerâmicos alcançaram um padrão de qualidade reconhecido mundialmente, resultando em uma significativa quantidade exportada. Segundo dados da Associação Nacional da Indústria Cerâmica (ANICER), o Brasil possui aproximadamente 5.437 fábricas de cerâmica ativas e com produção anual de 4.675.095.000 de blocos cerâmicos (tijolos).

No estado do Amazonas, mais precisamente no município de Itacoatiara, a indústria de cerâmica vermelha analisada está bem estabelecida, desempenhando um papel significativo tanto do ponto de vista socioeconômico quanto na cadeia de abastecimento de materiais de construção, como tijolos, para a capital (Manaus) e outros municípios do estado. Isso impulsiona a economia regional, gerando empregos e contribuindo para o desenvolvimento local. No entanto, os processos industriais enfrentam desafios consideráveis na gestão da produção e no controle de suas operações.

Entretanto, esse setor ainda se encontra dividido por todo território nacional. Em grande parte, o setor é de origem familiar, composto por micro e pequenas empresas que utilizam tecnologias rudimentares, localizada em zonas rurais e com predominância de trabalho informal (Santos; Lima, 2016).

Nesse contexto, estudos realizados têm avaliado a necessidade de incluir a metodologia *lean* no processo de produção, visto que uma das maiores dificuldades que as organizações enfrentam é aumentar a produtividade e melhorar a qualidade de seus processos (Habib; Rizvan; Ahmed, 2023). A busca pela expansão da participação no mercado leva as empresas a uma cuidadosa revisão nos métodos de trabalho para se alcançar maior produtividade e, conseqüentemente, maior competitividade (Vaz, 2020). Além disso, as empresas enfrentam a pressão do mercado para reduzir os preços dos serviços oferecidos, o que as obriga a diminuir

os custos na mesma medida, ou até mesmo de maneira mais intensa (Amrani; Ducq, 2020).

No momento atual, a falta de eficiência nos métodos de trabalho e a ausência de padronização nos processos resultam na diminuição da produtividade e da qualidade das tarefas executadas. Diante dessa realidade, é imprescindível que a organização tenha uma metodologia para avaliar seu processo, quantificar suas perdas e propor soluções. Contudo, a capacidade de visualizar progresso durante a implementação e a aplicação das práticas da produção enxuta são pontos que estão fortemente ligados às condições específicas presentes no ambiente organizacional (Augusto, 2017; Rosa; Tavares, 2022).

Nessa lógica, Almutairi (2020) afirma que é importante a identificação de uma abordagem que auxilie o enraizamento do processo e da área operacional com a área estratégica da organização. Dentre estas oportunidades, destaca-se a metodologia *lean manufacturing* que ajuda conhecer todos os pontos críticos do processo com auxílio de algumas ferramentas de análise (Pinheiro, 2021). Diante desse cenário, o *Value Stream Mapping* (VSM) ou Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV) como é também conhecido, é a principal ferramenta do *lean Manufacturing* na mudança de processos, melhoria dos fluxos de valor e compilação de informações relativas ao processo, especialmente: o tempo requerido para realizar cada etapa de produção, a quantidade de trabalhadores envolvidos, o período de ciclo e o tempo de configuração dos equipamentos utilizados (Vieira, 2021).

## 1.1 PROBLEMA DA PESQUISA

A ideia inicial originou-se na oportunidade de buscar entender o processo de produção de metodologias *lean* e gestão da produção aplicados na indústria, mas com foco nas empresas de produção de cerâmica vermelha no estado do Amazonas, mais especificamente em Itacoatiara. Visto que, atualmente, quando comparada com as de outros estados, são menos desenvolvidas e dificilmente tem um controle de processo produtivo e isso provoca uma dificuldade em transferir o valor da produção para o cliente.

O atraso nas etapas dos processos de produção e a falta de indicadores instigou essa pesquisa. Uma vez que a análise e aplicação de uma abordagem de produção enxuta não é uma tarefa fácil (Werner, 2021). É essencial considerar que os recursos utilizados no processo produtivo, como matérias-primas, recursos humanos (homem), equipamentos (máquina) e tecnologias de fabricação (método) são limitados e para garantir o sucesso dessa metodologia é necessário eliminar desperdícios de tempo, movimentações desnecessárias e estoques (Mitropapas, 2019).

Os estudos recentes do sistema *lean* revelam que para eliminar os desperdícios do processo, é indispensável que as implementações sejam mais eficazes. Contudo, os gestores encontram desafios ao escolher as ferramentas enxutas adequadas dentre as várias opções disponíveis. Visto que, a maior parte das aplicações são comumente sem padrões e parciais, com algumas etapas ou oportunidades dessas técnicas sendo completamente omitidas ou ignoradas, e conseqüentemente, as métricas de valor agregado e não valor agregado são analisadas de forma errada (Reda; Dvivedi, 2021; Shou *et al.*, 2019).

Mardiana e Alfarisi (2020) complementam que diversas empresas identificaram a importância de aprimorar a excelência dos produtos e satisfazer as demandas dos clientes, o que as motivou a incorporar os conceitos enxutos. Entretanto, a adoção das práticas *lean* tem sido um desafio para a maioria das organizações, principalmente devido a questões internas, como a falta de compreensão das metodologias enxutas. Nesse contexto, levando em consideração a dificuldade de padronização dos processos de produção, integração da operação com a manutenção e limitações estruturais e humanas na indústria de cerâmica vermelha localizada em Itacoatiara (Amazonas), indaga-se: **De que forma o uso da ferramenta VSM poderá contribuir para reduzir ou eliminar os desperdícios do processo produtivo junto a indústria de cerâmica vermelha?**

## 1.2 OBJETIVOS

Esta dissertação está organizada para apresentar os objetivos propostos de forma clara. Inicialmente, é exposto o objetivo geral, que buscou descrever e analisar o tema principal. Em seguida, são apresentados os objetivos específicos, que detalham as etapas que foram necessárias para estruturar o estudo de maneira lógica, proporcionando uma visão clara das questões abordadas e das contribuições da pesquisa.

### 1.2.1 Objetivo geral

Propor melhorias para o processo produtivo de uma indústria de cerâmica vermelha através da inserção da ferramenta *Value Stream Mapping* (VSM)

### 1.2.2 Objetivos específicos

- a) Identificar, a partir de uma abordagem de *lean manufacturing*, quais são os desperdícios encontrados no processo produtivo da indústria de cerâmica vermelha no polo de Itacoatiara/AM;
- b) Construir o desenho do estado atual com os tempos de cada etapa do processo de produção e identificando os pontos de melhoria;
- c) Explicitar as melhorias no processo produtivo por meio do VSM futuro e dos respectivos planos de ação.

### 1.3 JUSTIFICATIVA

O setor de cerâmica vermelha apresenta uma importância fundamental na indústria da construção civil, abrangendo uma ampla gama de produtos, desde os mais simples até os mais sofisticados. Esse segmento está presente em todo o país e engloba a produção de diversos modelos de tijolos, com variações na quantidade de furos, que são comumente utilizados em tabelas ou lajes, blocos de vedação e estruturais, telhas, manilhas e pisos rústicos (Magalhães, 2016).

Atualmente, o setor de cerâmica vermelha possui cerca de 11.000 unidades produtivas, com uma média de 25 a 30 funcionários em cada uma, totalizando entre 250.000 a 300.000 postos de trabalho criados. Ademais, essa indústria movimentada aproximadamente 60.000.000 de toneladas de matérias-primas anualmente. Estima-se que o valor da produção anual esteja em torno de US\$ 2.500 milhões. Esses dados (a quantidade de unidades produtivas, o número de funcionários e o valor da produção anual) evidenciam a relevância e o impacto significativo desse setor na economia e na geração de empregos (Bustamante; Bressiani, 2000; Cabral Junior *et al.*, 2012; SEBRAE, 2015).

Uma observação relevante é que a indústria de cerâmica vermelha, embora esteja em contínuo processo de evolução no mercado brasileiro, nos dias de hoje, enfrenta uma série de problemas no seu processo produtivo que impactam diretamente a qualidade dos produtos e na saúde e segurança dos colaboradores (Sampaio *et al.*, 2022). Um dos principais desafios reside no desconhecimento das técnicas modernas de fabricação de material cerâmico e das normas técnicas relacionadas à qualidade. Isso resulta em falhas na formulação das misturas, inadequações na queima dos tijolos e falta de controle de qualidade durante o processo. Como resultado, os tijolos produzidos podem apresentar problemas estruturais, baixa resistência

mecânica e durabilidade comprometida (Maciel; Freitas, 2013). Atrelado a isso, a falta de conhecimento em gerenciamento de manutenção, gestão de ativos e baixo controle de qualidade agrava ainda mais os impactos negativos na produção de cerâmica vermelha (Braga; Santos; Sales, 2016; Moreira, 2021; Santos *et al.*, 2023).

Em geral, essas indústrias operam com maquinário envelhecido (vida média 15-25 anos) e com uma indisponibilidade média de 12 a 15% das máquinas em funcionamento. Essa situação está relacionada à falta de metodologias de gestão de ativos, gestão de pessoas e capacitação integrada à cultura da manutenção enxuta (Bristot; Schaeffer; Gruber, 2012). Além do mais, é essencial avaliar a viabilidade de programar paradas para a manutenção das máquinas e treinamento dos colaboradores para realizarem inspeções nos ativos da indústria de cerâmica vermelha, visando prolongar o funcionamento dos equipamentos e melhorar o fluxo nas etapas de moagem, laminação e extrusão, visto que, esses processos são os mais críticos (Aragão, 2011; Moreira, 2021; Santos *et al.*, 2023).

Outra variável importante é a influência desse contexto social (falta de treinamento dos colaboradores e a baixa gestão de pessoas) no cenário ambiental, visto que os desafios enfrentados pela indústria de fabricação de cerâmica vermelha é a predominância de empresas que empregam mão de obra não qualificada e apresentam alto grau de rotatividade (Maciel; Freitas, 2013). Isso acarreta em questões como emissões gasosas, vazamento de óleo, descarte inadequado de resíduos da linha de produção, falta de planejamento de manutenção, deficiências na qualidade dos produtos e a ausência da adoção de técnicas modernas de produção e normas de qualidade (Idrogo; Bezerra; Acuña, 2019).

Esses elementos resultam em uma acentuada variação nos índices de produção e, de modo geral, acarretam em um desperdício estimado em aproximadamente 30% na indústria de cerâmica vermelha no Brasil (Paschoal, 2003). Para mitigar esses problemas, torna-se essencial implementar estratégias que visem capacitar a mão de obra, estabelecer práticas de manutenção planejada, aprimorar a qualidade dos produtos e adotar técnicas avançadas de produção e normas de qualidade. Somente assim será possível reduzir o desperdício e otimizar a eficiência do setor de fabricação de cerâmica vermelha (Bessa Neto; Sombra Júnior; Guerra, 2021; Cabral Junior *et al.*, 2019).

Diante disso, é observado que essas falhas no processo produtivo e os indicadores ineficientes, evidenciam a falta de padrões que permitam melhorias no processo e no produto da indústria de cerâmica vermelha (Zaccaron, 2018). Somado a isso, a deficiência de métricas de produção prejudica ainda mais o cenário competitivo (Nandi *et al.*, 2015). De maneira oposta, os *Key Performance Indicator* (KPI) eficazes auxiliam no controle das ações

implementadas, na visualização do estado do processo e na comparação do desempenho atual em relação aos objetivos estabelecidos. Com base nessas informações, é uma vantagem que os gestores de pessoas e processos possam utilizar os indicadores para medir a visibilidade, identificando os pontos fortes e fracos da empresa (Mafra, 1999).

Em relação ao âmbito social e econômico, o primeiro é esclarecido na forma como a pesquisa pode afetar positivamente e diretamente a comunidade local. Visto que, o estudo tem o intuito de integrar a área operacional com a proposta da metodologia do pensamento enxuto e, como resultado, criar um sentimento de dono em relação ao processo produtivo e maximizar o envolvimento da área estratégica da empresa com o método do *lean manufacturing*. Nesse cenário, a ferramenta ajudará trazer mais importância e menor custo para as atividades já executadas pela equipe da manutenção e operação.

No segundo âmbito, o método aplicado tem como objetivo mapear todas as etapas do fluxo de valor, desde o momento em que a matéria-prima é adquirida até a entrega do produto final ao cliente. E mostrar, de forma clara e visual, como as atividades associadas aos tempos de processamento, os estoques intermediários, os gargalos e os desperdícios estão conectadas as oportunidades de melhoria.

Nesse contexto, com a implementação da produção enxuta atrelada com métodos eficazes de rastreamento para coleta de dados do MFV, é possível criar um estado real e projetar um estado futuro em que os custos envolvidos no transporte, retrabalho, movimentação e configuração do processo produtivo sejam reduzidos (Abidin *et al.*, 2022; Pereira, 2012).

#### 1.4 DESCRIÇÃO DO TRABALHO

O trabalho foi dividido em 06 (seis) capítulos sendo organizado da seguinte forma: No capítulo 1 é apresentado a introdução do estudo que contempla a contextualização, a formulação do problema, o objetivo geral e os objetivos específicos da pesquisa e a sua justificativa. Em seguida, apresenta-se o enquadramento teórico com os seguintes temas centrais: *lean manufacturing*, *Value Stream Mapping*, indústria de cerâmica vermelha. No capítulo 3 e 4, aborda-se os aspectos metodológicos que nortearam a pesquisa, com a classificação da pesquisa, universo e amostra dos procedimentos para a coleta dos dados e os resultados. Em seguida, são apresentadas as conclusões, contribuições da pesquisa e as referências utilizadas no estudo.

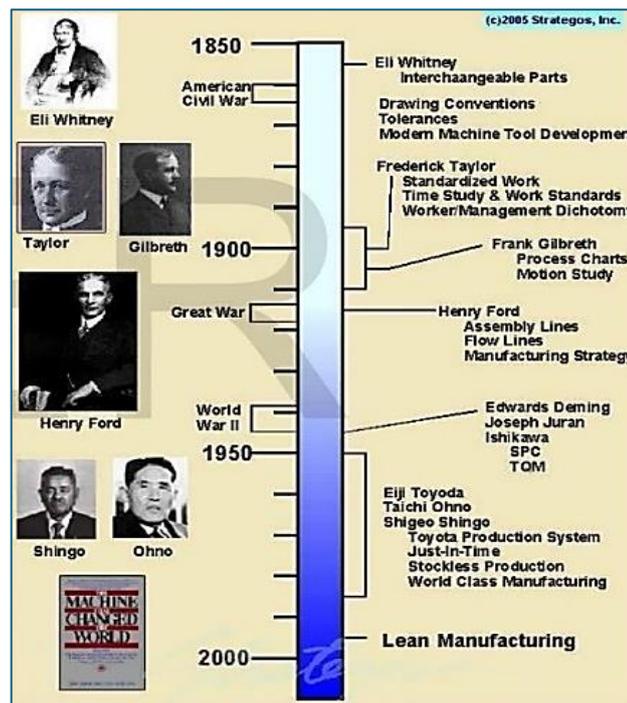
## 2 REVISÃO DA LITERATURA

Este capítulo destina-se à apresentação dos conteúdos abrangidos pelo estudo tendo em conta a opinião e informação fornecida pelos investigadores da área. Esta revisão bibliográfica é principalmente baseada no *lean manufacturing* e em algumas das suas ferramentas de aplicação. Na primeira parte, foi feita uma revisão sobre a cultura *lean*, na qual é apresentada a sua definição, os seus principais conceitos, a sua origem e história, o sistema de produção ou *Toyota Production System* (TPS) que está na sua base de criação e os desperdícios. Na segunda parte, inicialmente, seleciona-se a ferramenta VSM a incluir no trabalho mostrando suas aplicações e vantagens.

### 2.1 CULTURA LEAN

A origem do *lean* é explicada por Dave (2020) e ilustrada na Figura 1 que destaca como o engenheiro Eiji Toyoda (1913-2013) percebeu, após uma inspeção de rotina nas fábricas da Ford, que havia espaço para melhorias no sistema de produção da Toyota. No entanto, devido à situação econômica do Japão na época, era praticamente impossível copiar e aprimorar o modelo de produção em massa da Ford.

Figura 1 – Evolução do *lean manufacturing*



Fonte: Dave (2020, p. 1598)

Diante desse desafio, Eiji Toyoda e o engenheiro mecânico Taiichi Ohno (1912-1990) começaram a conceber um novo modelo de produção, que ficou conhecido como *Toyota Production System* (TPS) e tornou-se a base do *lean manufacturing*, focado na eliminação de desperdícios e no aumento da eficiência em todas as etapas do processo produtivo.

Nesse contexto, os autores Womack, Jones e Roos (2007) lançaram o livro intitulado “*The machine that changed the world*”. Nessa obra, eles exploraram a história e o conceito do TPS, que ficou conhecido como *lean production* ou *lean manufacturing*. No contexto do livro, o termo *lean production* foi traduzido para o português como produção enxuta.

O conceito desse tipo de produção se baseia na constatação de que, em comparação com a produção em massa, é possível alcançar resultados significativos utilizando metade do esforço humano, espaço, investimento em ferramentas, tempo de desenvolvimento de novos produtos e despesas totais. Essa abordagem busca eliminar desperdícios, otimizar os processos e focar no valor agregado ao produto, resultando em maior eficiência e qualidade nos resultados. O livro foi fundamental para popularizar o conceito e a cultura de produção enxuta e sua aplicação em diversas indústrias ao redor do mundo.

A palavra *lean* traz o conceito de enxuto, princípios, métodos e práticas do sistema Toyota de produção. A abordagem e a cultura *lean* estão intimamente direcionadas para a identificação e tratamento dos desperdícios em nível das operações, atividades, custos, materiais e informações nas organizações, o intuito da fabricação enxuta é reduzir os desperdícios e concentrar o desempenho da empresa na qualidade total (Augusto, 2017; Werner, 2021).

A cultura e envolvimento entre os colaboradores de todos os níveis da organização é essencial para o desenvolvimento das ferramentas. Visto que, o fator cultural concentra-se as estratégias de operações, processos, tecnologia, qualidade, capacidade, *layout*, *supply chain* e planejamento de recursos (Ribeiro, 2017).

Nessa perspectiva, Nguyen (2023) entende que esse envolvimento visa melhorar a identificação e eliminação de desperdícios por meio da melhoria contínua. Ele busca também otimizar o desempenho e os processos de produção, permitindo a identificação, medição, análise e implementação de soluções inovadoras.

É importante levar em consideração que as empresas que aplicam essa metodologia *lean* tem a capacidade de aumentar a produção de bens e produtos de valor, ganhar credibilidade no mercado e estabelecer preços competitivos. A implementação dessa abordagem possibilita a criação de processos mais eficientes e a maximização dos resultados alcançados pela empresa

(Durakovic *et al.*, 2018; Habib; Rizvan; Ahmed, 2023).

No entanto, a transição de cultura organizacional padrão para cultura enxuta geralmente requer investimento e a criação de um ambiente propício para gestão de processos. Isso envolve o desenvolvimento de treinamentos para os funcionários, pois é necessário um alto nível de responsabilidade pelo trabalho, bem como funcionários flexíveis e com habilidades múltiplas que possam trabalhar efetivamente em equipe, melhorar continuamente os processos e resolver problemas de forma proativa. Para isso acontecer, é necessário permitir que os funcionários trabalhem de forma mais inteligente, em vez de apenas trabalharem mais duro (Gravit *et al.*, 2022; Hernandez-Matias *et al.*, 2020; Lima *et al.*, 2020).

Nessa linha de pensamento, Barth (2020) complementa que a cultura enxuta pode apresentar desafios e dificuldades que podem impactar negativamente a produtividade dos funcionários. Isso ocorre devido à intensificação do trabalho, ao aumento da responsabilidade e prestação de contas, à pressão crescente dos colegas de trabalho e o envolvimento constante no processo de produção. Essas condições de trabalho podem criar um ambiente desfavorável, resultando no efeito reverso em relação aos benefícios esperados. Dado que, neutralizar a autonomia no trabalho, a participação na tomada de decisões, a capacitação e o envolvimento ativo nas atividades de resolução de problemas são fatores que prejudicam a motivação dos colaboradores (Abidin *et al.*, 2022; Araújo; Amaral, 2022).

Nesse cenário é relevante destacar que a cultura é um fator crítico para a implementação do *lean*, pois a falta de atitude, baixo comprometimento da alta administração, falta de treinamento e educação, e má priorização de projetos de melhoria contínua podem ser obstáculos significativos (M Sunder; Prashar, 2023).

Para mitigar esses desvios, é necessário criar padrões e oferecer treinamento adequado. Nesse sentido, os princípios do *lean* são aplicados para estudar o tempo de processo, o fluxo de peças, as linhas de montagem e a alocação de mão de obra, visando redesenhar o *layout* e fornecer um fluxo contínuo de trabalho (Schulze; Dallasega, 2021; Trubetskaya; Mcdermott; Brophy, 2023).

A Cultura *lean* é uma abordagem de gerenciamento de processos baseada em princípios de eficiência e foco no cliente, enfatiza a satisfação dos clientes, buscando atender às suas necessidades de forma eficiente. Isso envolve estabelecer compromisso com os clientes, ouvir suas necessidades e desenvolver produtos e serviços para atendê-los.

Concentra-se em criar, capturar e entregar valor aos clientes, identificando os elementos dos produtos e serviços que os clientes valorizam e entregá-los de maneira eficiente é essencial e preza pela constante melhoria de processos, produtos e serviços para atender às necessidades

dos clientes de forma eficiente.

### 2.1.1 Princípios do *lean*

Conforme a perspectiva de Barth (2020), a filosofia enxuta é uma abordagem eficaz na luta contra o desperdício e pode ser identificada pela estrutura da produção enxuta. Além disto, é uma estrutura consolidada que vai além da mera aplicação de ferramentas, uma vez que a cultura enxuta só é alcançada quando o valor e o fluxo de valor são compreendidos por todos os envolvidos (Ribeiro, 2017). Nessa linha de raciocínio, os autores Womack e Jones (2004) apresentam alguns princípios a seguir que são norteadores para orientar as ações nas organizações:

- a) **valor** é definido pelo cliente final e deve ser sintetizado em um produto ou serviço que atenda às suas necessidades em um determinado momento e com um custo apropriado;
- b) **fluxo de valor** ressalta a necessidade de identificar a cadeia de valor, ou seja, todas as ações necessárias para que o produto ou serviço alcance o cliente e o satisfaça plenamente;
- c) **fluxo** enfatiza a importância de garantir que o valor flua de forma contínua pelo processo. Isso requer uma especificação precisa do valor e a eliminação de etapas que geram desperdício no processo;
- d) **sistema puxado** permite que o cliente "puxe" o valor. Ou seja, produzir somente o necessário, quando necessário, evitando a produção de itens que ficarão estagnados em estoque;
- e) **perfeição** é o último princípio que incentiva a busca contínua pela melhoria do processo, visando a satisfação do cliente em todos os aspectos. Esse princípio reforça a importância de se buscar a excelência e aprimorar constantemente os resultados alcançados.

Para alcançar o objetivo do princípio “valor” é necessário utilizar menos esforço humano, equipamentos, tempo e espaço, é essencial identificar e eliminar, ou reduzir, os desperdícios do processo (Hernandez-Matias *et al.*, 2020). Nessa perspectiva, Amrani e Ducq (2020) expuseram alguns tipos de desperdício identificados e os benefícios alcançados por meio da aplicação do princípio do “fluxo de valor” na indústria aeroespacial. Inicialmente, merece destaque a eliminação dos desperdícios relacionados a estoque e movimentação, resultando em uma redução significativa dos custos e do espaço ocupado. Em segundo lugar, a taxa de falhas

foi reduzida em 66%, evidenciando uma melhora na qualidade dos produtos e uma diminuição nos retrabalhos.

No estudo conduzido por Araújo e Amaral (2022), pode-se constatar a aplicação do princípio "fluxo" por meio do Mapeamento do Fluxo de Valor, visando reduzir os desperdícios de produção em uma fábrica que produz artefatos de solo-cimento. No estudo, são identificados desperdícios relacionados à movimentação desnecessária, matéria-prima, tempo de trabalho e geração de resíduos.

Entre eles, destaca-se o desperdício relacionado à movimentação dos funcionários na fábrica, que totaliza 1.740,9 metros percorridos diariamente entre as diferentes atividades. Como solução, um novo *layout* foi projetado para reordenação da localização dos insumos, de maneira a reduzir os espaços ocupados pelos materiais, bem como a diminuição das distâncias entre a dosagem e a coleta dos materiais. Essas medidas ocasionaram uma relevante redução nas distâncias percorridas diariamente e conseqüentemente a redução no tempo de produção.

### 2.1.2 Desperdícios nos processos

Dave (2020) entende que os desperdícios em qualquer atividade humana que absorve recursos, mas não cria valor, é resultante de erros que exigem retificação, produção de itens que ninguém deseja, acúmulo de mercadorias nos estoques, etapas de processamento desnecessárias, movimentação de funcionários ou de mercadorias sem propósito, grupos de pessoas em uma atividade posterior que ficam esperando porque uma atividade anterior não foi realizada dentro do prazo, e bens e serviços que não atendem às necessidades do cliente.

Conforme explanado por Ohno (1988) os sete desperdícios são uma lista de áreas onde a produção pode gerar ineficiências, custos desnecessários e redução da qualidade. Esses desperdícios foram identificados pelo TPS e são amplamente aplicados no *lean manufacturing*. Os sete desperdícios são os seguintes:

- a) **superprodução** é produzir mais do que é necessário ou antes do necessário, resultando em excesso de estoque, desperdício de recursos e espaço, e potencialmente gerando problemas de qualidade;
- b) **espera** é o tempo de inatividade ou espera entre as etapas do processo de produção. Isso ocorre quando as atividades não estão sincronizadas, levando a atrasos e ociosidade;
- c) **transporte** é a movimentação desnecessária de materiais, produtos ou informações. Isso pode aumentar o risco de danos, atrasos e custos adicionais de transporte;

- d) **processamento excessivo** é realização de mais operações ou atividades do que o necessário para produzir o produto final. Isso inclui retrabalho, inspeções excessivas e o uso de recursos além do necessário;
- e) **estoque excessivo** é manter um estoque maior do que o necessário. O excesso de estoque pode resultar em custos de armazenamento, obsolescência, deterioração e dificuldades na identificação de problemas de qualidade;
- f) **movimento desnecessário** é movimentos físicos desnecessários de pessoas dentro de um processo de produção. Isso pode resultar em desperdício de tempo, fadiga e risco de acidentes;
- g) **defeitos** são produtos ou serviços que não atendem aos requisitos de qualidade. Defeitos resultam em retrabalho, custos adicionais de inspeção e podem levar a reclamações de clientes e perda de reputação.

Womack e Jones (2004) destacam que aplicação do *lean* nos processos em toda a organização busca alcançar um estado atual mais eficiente, resultado da identificação e eliminação dos desperdícios nas atividades. Após essa mudança, é possível o desenvolvimento de produtos com um mínimo de custos de material, tempo de processo e esforço humano.

Portanto, o objetivo da aplicação *lean* e suas ferramentas é otimizar o processo produtivo, reduzindo o desperdício em todas as suas formas, e direcionar os recursos para onde são realmente necessários, aumentando a eficiência e a qualidade do produto final (Jangid, 2019; Liu; Zhang, 2023; Pereira, 2012).

## 2.2 LEAN MANUFACTURING

O *lean manufacturing*, é uma prática de gestão da produção que considera que a alocação de recursos deve ser direcionada para os objetivos que evidentemente criam valor, e como tal, todos aqueles que são considerados como desperdícios devem ser eliminados (Smirnov; Zyabrikov, 2021). Essa filosofia é utilizada para remover as atividades de um sistema produtivo que consomem recursos, mas que não criam valor para os clientes. Assim, o *lean* é um conjunto de técnicas que são aplicadas para maximizar o valor dos produtos para o cliente, de forma a permitir que os mesmos tenham a qualidade e as especificações pretendidas pelos consumidores (Kumar *et al.*, 2023; Schulze; Dallasega, 2021). Também conhecido como manufatura enxuta, é uma abordagem inovadora para a gestão de produção seu foco está na eficiência, eliminação de desperdícios e entrega de valor ao cliente.

O *lean manufacturing* é a melhor forma de gerir uma organização com foco em todos os stakeholders, na qual se produzem grandes quantidades com o mínimo de utilização de esforço humano, equipamentos e tempo (Womack; Jones; Roos, 2007). Em vista disso, a finalidade dessa metodologia é a simplificação dos procedimentos e a redução dos prazos, não só de equipamentos e ativos, mas também de produção e de tomada de decisão. Na prática, o *lean* procura reduzir e controlar os custos, e direcionar todos os esforços para a satisfação dos clientes (Bonfante, 2016).

O *lean manufacturing* tem como base o TPS que é representado por um diagrama conhecido como “casa” do Sistema Toyota de Produção. No telhado, estão as diretrizes para alcançar o valor na percepção do cliente final, que está ligado à maior qualidade possível, menor custo e o *lead time* mais curto (Araujo, 2021).

A estrutura de apoio é descrita por Oliveira (2019) como sendo dois pilares, o primeiro é o *Just In Time* que é constituído por uma estrutura de controle e previsão garantida para obter uma produção de itens tendendo ao zero defeito na quantidade máxima e nos momentos mais apropriados.

Segundo pilar *Jidoka*, ou autonomia, é um ponto crítico do pensamento enxuto, é o de fabricar certo na primeira vez, a aplicação do conceito *Jidoka* ocorre quando uma peça com defeito é identificada, e o processo pode ser interrompido com a parada da máquina ou pelo próprio colaborador. A base dos pilares são as técnicas de nivelamento, trabalho padronizado e melhoria contínua. No trabalho explanado por Rodrigues e Kieling (2020) é verificado que a análise da linha de produção e o controle dos desperdícios pode ser desenvolvido através de alguns métodos e ferramentas da metodologia *lean manufacturing*, nesse sentido temos: *Kaizen*, MFV, Gráfico de *Gantt*, dentre outras.

Dentro desta ótica, Habib, Rizvan e Ahmed (2023) entendem que as ferramentas do *lean* têm como principal objetivo de identificar o desperdício e reduzi-lo ou eliminá-lo, e pode ser aplicado em qualquer tipo de chão de fábrica. Visto que, a filosofia é aplicada em qualquer processo, pois a metodologia *lean* é repleto de métodos e técnicas flexíveis, como mapeamento do fluxo de valor, lição de um ponto ou *One Point Lesson* (OPL), *Single Minute Exchange of Die* (SMED), 5S, *Kaizen*, *Just-In-Time* (JIT) e *Kanban* (Otsuka; Ben-Mazwi, 2022).

Cintra (2019) confirma que o *lean* pode ser aplicado em qualquer segmento industrial e apresenta uma boa viabilidade da aplicação da metodologia, visto que, as empresas do segundo setor econômico, nomeadamente o setor de movelaria, açougue, padaria e pequenos armazéns que fabricam roupas obterão resultado significativos com aplicação das ferramentas de redução de desperdício, melhoria de *layout*, gestão de resíduos, aumento de produtividade e redução de

custos.

Habib, Rizvan e Ahmed (2023) concordam com essa viabilidade no segmento de impressão e embalagem. No estudo, foi identificado que uma quantidade considerável de tempo era desperdiçada na planta estudada devido à espera pelo fluxo de material. No entanto, após a aplicação do VSM, foi possível alcançar uma redução média total do tempo de configuração de 37,4 minutos para 33,8 minutos, isso mostrou impactos positivos na gestão do estoque do processo de corte e no tempo de configuração.

### 2.2.1 Métodos e ferramentas do *lean manufacturing*

Segundo Cavaglieri (2015) as organizações precisam estar estruturadas e acessíveis para utilização de metodologias que visam transformar processos com entraves em processos enxutos, de modo que possa ser útil aos colaboradores e seus serviços. Nesse sentido, os principais métodos são conceituados a seguir:

- a) **5s** é nomeado pelas cinco palavras que tem a inicial “S”, todas advindas do idioma japonês: *Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu e Shitsuke*. Para manter as iniciais das palavras japonesas, quando chegou ao Brasil em 1991, foram traduzidas como “sensos”, sendo: senso de utilização, senso de ordenação, senso de limpeza, senso de saúde e senso de autodisciplina (Goggi, 2023; Neves; Leoni, 2019);
- b) **kaizen** é uma abordagem amplamente utilizada como uma filosofia de gestão que engloba um conjunto de princípios e valores, juntamente com diversas ferramentas e técnicas de controle de qualidade em toda a empresa (Otsuka; Ben-Mazwi, 2022). Essa metodologia visa construir uma cultura de melhoria contínua, participativa, incremental e de baixo custo em termos de qualidade e produtividade. No *Kaizen*, é utilizada uma coleção de ideias e percepções que gerentes e trabalhadores criam e refinam por meio de observações e experimentações em cooperação (Otsuka; Jin; Sonobe, 2018);
- c) **Value Stream Mapping** ou Mapeamento de Fluxo de Valor em português restabelece a fluidez dos processos de gestão da produção, permitindo a eliminação de atividades que não agregam valor e otimizando os resultados (Barth, 2020). Essa ferramenta é essencial para identificar problemas relacionados ao tempo excessivo gasto em algumas ou todas as etapas da produção. Na fase de concepção da ferramenta é realizado um mapa do estado atual, que evidencia os tempos e ilustra os conflitos que geram desperdícios (Oliveira, 2019). Com base nisso, é possível

criar um mapa do estado futuro, que propõe uma nova perspectiva para reduzir os tempos por meio da reorganização da disposição dos insumos e de alguns equipamentos (Araújo; Amaral, 2022).

### 2.2.2 Value Stream Mapping

Desde sua publicação em 1988, o *Value Stream Mapping* tem se estabelecido como uma ferramenta-chave no contexto *lean*, proporcionando uma visão estratégica para a reconfiguração dos processos de uma organização com o objetivo de reduzir o tempo de processo geral e tem sido amplamente utilizado em diversos setores com o redesenho do fluxo de materiais e para cadeia de suprimentos com o propósito de tornar sistemas empurrados em sistemas puxados (Landeghem; Cottyn, 2022).

Conforme destacado por Rother e Shook (2012), o VSM é uma ferramenta indispensável nas organizações e está inserido no conjunto de ferramentas do *lean*. A finalidade dessa técnica, é compreender de maneira abrangente os processos, em vez de analisá-los de forma isolada, e visualizar os principais elementos que compõem o tempo total de produção (*lead time*), como desperdícios e acumulação de estoque entre os processos.

Em paralelo a isso, o MFV busca identificar os fatores que levam aos desperdícios de produção, que em geral são: interrupções no fluxo dos processos e métodos de controle, incluindo tempos de configuração, ocorrências de falhas e erros de qualidade. Após levantamento e ponderação desses entraves, é possível realizar uma análise detalhada das oportunidades de melhoria e otimizar os processos para alcançar maior eficiência (Gardonio; Fariais Filho, 2019).

Gravit *et al.* (2022) complementam que o Mapeamento do fluxo de valor envolve a divisão dos principais elementos do processo tecnológico nas seguintes categorias: elementos que agregam valor ao resultado do processo, e elementos que não agregam valor ao resultado do processo, nesse sentido, a ferramenta é subdividida em não excludentes e potencialmente excludentes. Além disso, o MFV facilita a visualização da produção pela organização e identifica oportunidades de melhoria que podem levar a um aumento no desempenho geral (Rother; Shook, 2012).

#### 2.2.2.1 Etapas de aplicação da ferramenta

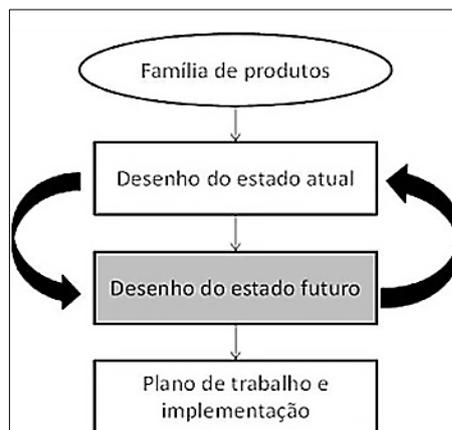
Henrique *et al.* (2015) dividem a seguir o processo de mapeamento utilizando o VSM

em algumas etapas que envolve a análise detalhada do processo atual e o entendimento do fluxo de valor futuro. Nesse contexto, os autores abaixo contribuem com o conceito de cada etapa:

- a) **identificação do fluxo de valor atual** é uma etapa utilizada para seleção de todos os processos envolvidos na produção do produto ou na entrega do serviço. Isso inclui desde o fornecimento de matéria-prima até a entrega ao cliente final. O objetivo é identificar todas as etapas, atividades, tempos de ciclo, estoques e informações relevantes ao longo do fluxo de valor atual (Araujo, 2021; Ribeiro, 2017);
- b) **valor futuro** é o mapeamento que usa como base o fluxo de valor atual, essa etapa envolve a criação de um mapa que representa o estado futuro desejado. O objetivo é identificar oportunidades de melhoria, eliminar desperdícios e propor alterações nos processos para obter um fluxo de valor mais eficiente e ágil (Vieira, 2021);
- c) **planejamento e implementação das melhorias** é a preparação e implementação das melhorias do processo. Isso pode incluir a reorganização do *layout*, a implantação de fluxo contínuo, a redução de tempos de *setup*, entre outras iniciativas para eliminar desperdícios e melhorar o fluxo de valor (Kumar *et al.*, 2023);
- d) **acompanhamento e controle** nessa etapa é feito a monitoração e controle dos resultados alcançados e são estabelecidos indicadores-chave de desempenho, conhecidos também como *Key Performance Indicator* (KPI) para medir o sucesso das mudanças realizadas. O acompanhamento contínuo permite identificar novas oportunidades de melhoria e garantir que os ganhos obtidos sejam sustentados ao longo do tempo (Abidin *et al.*, 2022).

Rother e Shook (2012) complementam que o mapeamento de fluxo de valor pode ser implementado seguindo um conjunto de quatro fases ilustradas na Figura 2.

Figura 2 – Sequência de etapas do VSM



Fonte: Rother e Shook (2012, p. 9)

### 2.2.2.2 Benefícios encontrados utilizando o VSM em diversos segmentos industriais

O *Value Stream Mapping* apresenta algumas vantagens em relação a outros métodos tradicionais que também podem ser utilizados para aumentar a produção e solucionar problemas (Habib; Rizvan; Ahmed, 2023). Essa ferramenta pode indicar um rearranjo do *layout*, pois no levantamento sequencial das atividades é viabilizado um espaço de produção mais compacto e de fácil visualização do sistema produtivo, e conseqüentemente a redução das distâncias percorridas pelos funcionários e o *lead time* (Araújo; Amaral, 2022).

No Quadro 1 é evidenciado os trabalhos que aplicaram o VSM e os principais resultados com a ferramenta do *lean manufacturing*.

Quadro 1 – Aplicações e vantagens do VSM em diversos setores

<b>Autores e Ano</b>	<b>Vantagens do VSM</b>	<b>Setor de Aplicação</b>
Negrão e Godinho Filho (2023)	Redução significativa do <i>takt time</i> e <i>lead time</i> e proposta de um novo <i>layout</i> mais otimizado	Indústria de produção de polpa de fruta.
Singh <i>et al.</i> (2020)	Redução do <i>Work in Progress</i> (WIP) e <i>lead time</i> e aumento da produtividade de mão de obra.	Indústria de produtos alimentícios e Empresa de fabricação e fornecimento de autopeças
Reda e Dvivedi (2021)	Redução do tempo de ciclo e <i>lead time</i> .	Indústria de calçados de couro
Yokoyama <i>et al.</i> (2022)	Melhor visualização do fluxo do processo, menor <i>lead time</i> e redução dos desperdícios	Indústria de produção de eletrodomésticos
Araujo (2021)	Redução do <i>lead time</i> , ajuste no <i>layout</i> e menor tempo médio de reparo na manutenção.	Instalação e reparação automotiva para veículos pesados
Habib, Rizvan e Ahmed (2023)	Melhora na eficiência dos equipamentos, melhora na capacidade e redução do <i>lead time</i> .	Indústria de rotulagem e embalagem
Vieira (2021)	Combinou o VSM e 5S e obteve a liberação de espaço, criação de corredores de circulação, diminuição do tempo e redução de material obsoleto.	Indústria de calçados
Barth (2020)	Melhora na capacidade produtiva e redução do tempo total de produção.	Indústria de marcenaria
Cuani (2015)	A instalação dos novos equipamentos e redução do <i>lead time</i>	Indústria de telhas

Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

O Mapeamento do Fluxo de Valor oferece uma série de benefícios significativos que auxiliam a compressão e o controle dos processos produtivos. Entre esses ganhos, estão a avaliação da capacidade produtiva atual da organização, a visualização da eficiência e eficácia dos processos em execução, a identificação do tempo necessário para completar o fluxo de valor (*lead time*) e a geração de informações valiosas com investimento reduzido. Além disso, o MFV auxilia no estabelecimento de metas para a melhoria dos processos e incentiva a criação de fluxos contínuos (Cavaglieri, 2015; Oliveira, 2019; Araujo, 2021).

Após a aplicação do VSM é possível também reduzir o tempo de trânsito, o consumo de energia, o desperdício de matéria-prima, os riscos ambientais e a carga física dos trabalhadores. Nesse sentido, pode-se enfatizar que a junção dessa ferramenta com os conjuntos de abordagens sustentáveis traz benefícios significativos para o sistema produtivo (Bonfante, 2016).

o Mapeamento do Fluxo de Valor é uma técnica comprovada que proporciona uma visão do procedimento, ressaltando o fluxo de trabalho e potenciais aprimoramentos. Adicionalmente, essa ferramenta pode ser empregada como uma estratégia de interação e planejamento empresarial, além de ser uma das ferramentas mais amplamente empregadas para gerenciar o processo de fabricação (Carvalho; Leite Júnior, 2022; Molinero; Gonçalves Filho, 2022).

Rodrigues e Kieling (2020) concordam também com o propósito do Mapeamento do Fluxo de Valor em obter uma compreensão abrangente do processo. Para alcançar esse objetivo, é essencial percorrer todo o percurso do processo de transformação de materiais e informações do produto em seu estado atual, a fim de coletar informações que possibilitem a criação de um mapa do estado futuro. Esse novo mapa deve eliminar os desperdícios identificados no estado atual.

### 2.2.2.3 Valor atual e futuro

O estado atual refere-se à condição real da empresa durante a primeira análise e mapeamento, ou seja, o fluxo mostra como a organização atualmente busca atender às expectativas dos clientes. Nesse sentido, é selecionado a família de produtos que representa a parte significativa da demanda e engloba todas as peculiaridades do processo produtivo da organização (Barth, 2020).

Nessa perspectiva, é essencial selecionar a família de produtos que compartilham equipamentos similares, e o diagrama deve abranger todo o fluxo interno da fábrica, desde a

aquisição da matéria-prima até a entrega do produto ao cliente. Na parte inferior do diagrama, é necessário representar o fluxo de materiais, seguindo a sequência das etapas do processo. Cada etapa é ilustrada por um retângulo de procedimento, contendo informações fundamentais como o número de operadores, tempo de ciclo, tempo de troca, efetiva disponibilidade da máquina, tamanho dos lotes de produção, tempo de trabalho e taxa de rejeição (Bonfante, 2016; Cavaglieri, 2015).

De acordo com Hofrichter (2020) existem alguns itens-chave que devem ser destacados na descrição do mapa de fluxo de valor conforme apresentado no Quadro 2.

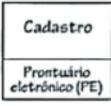
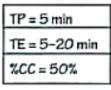
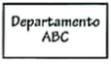
Quadro 2 – Itens para elaboração do VSM

<b>Elemento</b>	<b>Descrição</b>
Cliente	Representa o fim do fluxo, ou seja, a entrega do resultado do processo para o cliente.
Fornecedor	Refere-se ao início do processo, ou seja, a entidade ou pessoa que desencadeia o processo.
Informações	Indica os dados e informações necessários para a execução adequada do processo.
Fluxo de Material	Descreve o movimento físico dos materiais ou produtos ao longo do processo.
Tempo	Representa a duração de cada etapa do processo e o tempo total necessário para a conclusão.
Valor Agregado	Identifica as atividades que agregam valor ao produto ou serviço, contribuindo diretamente para atender às necessidades do cliente.
Processo	Representa o conjunto de atividades que, quando realizadas em conjunto, geram um produto ou resultado.
Fluxo de informações	Identifica as comunicações ou contatos com unidades ou funções fora do fluxo de valor, mas que são necessários para o avanço do trabalho.
Métricas ou dados do processo	Relacionados a cada etapa do processo, essas métricas ou dados são apresentados abaixo dos processos correspondentes.
Linha do tempo	Representada como uma linha inferior do mapa, a linha do tempo fornece informações sobre os tempos associados a cada etapa produtiva.

Fonte: Adaptado de Hofrichter (2020)

Durante a elaboração do mapa, é importante utilizar elementos padronizados para facilitar a compreensão (Dumser, 2023). No entanto, é possível utilizar ícones diferentes, desde que sejam claros e de fácil entendimento para quem visualiza o mapa (Rother; Shook, 2012). Nesse sentido, o Quadro 3 evidencia os principais ícones usados na confecção do VSM.

Quadro 3 – Ícones utilizados no VSM

Ícone	Nome	Descrição
	Caixa de processo	Representa uma etapa ou atividade específica do processo produtivo
	Caixa de dados do processo	Indica os dados da caixa de processo
	Operador	Representa o funcionário que opera ou participa ativamente do processo
	Fluxo de trabalho	Representam o fluxo de material ou informações entre etapas
	Cliente ou fornecedor	Representa o cliente final ou fornecedor
	Tempo de espera	Representa o tempo necessário para executar uma etapa do processo
	Departamentos ou indivíduos	Representa os setores ou departamentos da empresa

Fonte: Adaptado de Rother e Shook (2012)

Seguindo as orientações de Rother e Shook (2012), a etapa subsequente consiste na elaboração do mapa do estado futuro, no qual as alterações sugeridas no sistema produtivo descrito pelo mapa do estado atual são representadas e formuladas com base nos princípios do pensamento enxuto e utilizando as ferramentas da produção enxuta. A representação do estado atual e a elaboração do estado futuro devem ser realizadas em ciclos, visando a melhoria contínua das representações (Rother; Shook, 2012; Shou *et al.*, 2019). Esse ciclo permite identificar informações ou melhorias que possam não ter sido percebidas anteriormente, proporcionando a oportunidade de estabelecer um mapa mais preciso de ambos os estados (Ribeiro, 2017).

Ao finalizar esse conjunto de atividades, é importante estabelecer o plano de trabalho e acompanhamento das ações, e nessa etapa, as medidas devem ser consideradas para planejar a implementação das melhorias necessárias para alcançar o estado futuro desejado (Habib;

Rizvan; Ahmed, 2023). É possível subdividir a proposta de implementação em etapas, permitindo assim a criação de um processo de construção que interliga uma série de fluxos para a fabricação de um produto, e para melhor concepção da ferramenta, é importante estabelecer metas para a implantação das melhorias em relação ao estado atual (Vieira, 2021).

Rother e Shook (2012) enfatiza que para mapear o estado futuro, recomenda-se seguir oito passos, pois são informações necessárias para a conclusão do mapa:

- a) cálculo do *takt time*;
- b) decidir usar o supermercado ou enviar produtos acabados aos clientes;
- c) determinando onde usar o fluxo contínuo;
- d) escolhendo onde usar o sistema puxado de supermercado;
- e) determinando a localização do *pacemaker*;
- f) considerando nivelar o mix de produção;
- g) equilibrar o ritmo de produção pelo *takt time*;
- h) identificar as melhorias necessárias.

### 2.3 INDÚSTRIA DE CERÂMICA VERMELHA

A Indústria de cerâmica vermelha engloba todos os materiais produzidos a partir da argila e submetidos a altas temperaturas, ganhando rigidez e resistência. Essa indústria passa por processos químicos, alterando as características físicas e químicas das matérias-primas até a obtenção do produto final. Nos últimos anos, o setor de cerâmica vermelha passou por várias transformações impulsionadas pela inovação e pelo uso da tecnologia em seus processos (SEBRAE, 2008).

Os produtos desse segmento caracterizam-se pela cor vermelha de seus produtos, representados por tijolos, blocos, telhas, tubos, lajes para forro, lajotas, vasos ornamentais, e agregados leve de argila expandida (Oliveira; Maganha, 2008). É notório que as mudanças nesse setor decorrem da transição de um processo inicialmente artesanal para uma produção mais automatizada, que proporcionou maior técnica e confiabilidade, embora alguns equipamentos ainda precisem ser importados. A produção brasileira de equipamentos para a indústria cerâmica é estimada em cerca de US\$ 25 milhões (Bustamante; Bressiani, 2000).

De maneira geral, a escolha da localização das indústrias cerâmicas é influenciada por dois fatores principais: a proximidade das jazidas (devido ao volume de matéria-prima processada e à necessidade de transporte de grandes quantidades) e a proximidade dos mercados consumidores. Outra característica desse tipo de indústria, é a presença de uma gestão familiar,

baixo custo de instalação e uma abordagem tecnológica alinhada aos padrões internacionais (SEBRAE, 2008; Cabral Junior *et al.*, 2012; Braga; Santos; Sales, 2016).

Na região do médio Amazonas, especialmente nas cidades de Itacoatiara e Rio Preto da Eva, há uma vantagem em termos de disponibilidade de uma quantidade substancial de matéria-prima argilosa, além de uma demanda populacional significativa. Esses fatores justificam um investimento para estabelecer um Arranjo Produtivo Local (APL) na região (Santos; Lima, 2016).

Essa argila é armazenada com métodos de mineração a céu aberto e separada utilizando equipamentos necessários de carregamento e transporte de minério. Com o advento da computação, surgiram novas tecnologias para avaliação de reservas e planejamento de mineração (Moreira, 2021; Sabino, 2016). Uma grande parte das matérias-primas utilizadas na indústria cerâmica convencional é de origem natural e pode ser encontrada em depósitos dispersos pela superfície terrestre. Após a extração mineral, esses materiais passam por processos de beneficiamento, ou seja, são desagregados ou moídos, classificados de acordo com o tamanho das partículas e, frequentemente, passam também por processos de purificação. Somente após essas etapas é que se inicia efetivamente o processo de fabricação. Já as matérias-primas sintéticas geralmente são fornecidas prontas para uso, exigindo apenas, em alguns casos, uma adequação em relação ao tamanho das partículas (Santos *et al.*, 2023; ABCERAM, 2023).

### 2.3.1 Classificação dos segmentos cerâmicos

A indústria cerâmica abrange uma extensa variedade de produtos fabricados por meio de processos e matérias-primas distintas. Essa diversidade permite várias formas de classificação, levando em consideração características como propriedades físico-químicas, composição e aplicação dos materiais (Cabral Junior *et al.*, 2012). O Quadro 4 mostra como é classificado o segmento de cerâmica no Brasil.

Quadro 4 – Segmentos da indústria de cerâmica

<b>Segmento</b>	<b>Descrição</b>
Cerâmica vermelha	Materiais avermelhados utilizados na construção civil, utensílios domésticos e de adorno.
Materiais de revestimento (placas cerâmicas)	Placas usadas para revestir paredes, pisos, bancadas e piscinas em ambientes internos e externos.

Cerâmica branca	Materiais com corpo branco e revestidos por uma camada vítrea transparente, utilizados em louça sanitária, de mesa, isoladores, etc.
Materiais refratários	Produtos que suportam altas temperaturas e condições severas de processo em equipamentos industriais.
Isolantes térmicos	Materiais que isolam termicamente, como refratários isolantes e isolantes não refratários.
Fritas e Corantes	Matérias-primas utilizadas para acabamento e coloração em diferentes segmentos cerâmicos.
Abrasivos	Produtos semelhantes à cerâmica, como óxido de alumínio e carbetto de silício.
Vidro, cimento e cal	Segmentos cerâmicos distintos que possuem suas particularidades.
Cerâmica avançada	Materiais desenvolvidos com altíssima pureza e rigoroso controle de processos.

Fonte: Adaptado da ABCERAM (2023)

### 2.3.2 Característica do processo produtivo de cerâmica vermelha

O processo produtivo na indústria de cerâmica vermelha para efeito desse estudo consiste nas seguintes etapas: extração, desintegração e mistura das argilas. Após essas etapas, a massa é submetida a processos de laminação, extrusão, corte, secagem e queima. Por fim, o produto é inspecionado, armazenado e expedido (Cabral Junior *et al.*, 2019; ABCERAM, 2023).

Na indústria cerâmica tradicional o deslocamento das matérias-primas da mineração para o processamento é efetuado por meio de transporte terrestre, seja por rodovias ou ferrovias. No entanto, dependendo das características das matérias-primas e do grau de processamento necessário, elas podem ser armazenadas em pátios a céu aberto por um período de aproximadamente seis meses, para passarem por um processo de maturação. Durante esse período, ocorre a decomposição da matéria orgânica presente na camada superficial do solo, resultando em uma matéria-prima mais puro e uniforme para ser utilizado no processo de produção (Cabral Junior *et al.*, 2019; Moreira, 2021; Oliveira; Maganha, 2008).

Lima (2022) complementa que a principal diferença entre a matéria-prima tipo 1 e tipo 2 reside no fato de que a primeira se trata de argila em seu estado natural, antes de qualquer

preparação, enquanto a segunda é a argila já processada e pronta para dar início ao procedimento. Além disso, é utilizado os reservatórios para armazenar água e um ímã presente na esteira transportadora que desempenha um papel de segurança, evitando danos ao laminador causados por objetos metálicos.

Após a etapa de mistura, o material é submetido à compressão por rolos durante o processo de laminação. Isso direciona as partículas de argila e melhora a qualidade do acabamento do produto. Em seguida, o material é encaminhado para a extrusora, também conhecida como maromba, onde é comprimido contra a boquilha para moldar o tijolo conforme os formatos pré-determinados. Após essa etapa, o material é cortado manualmente ou de forma automática e passa por uma inspeção de qualidade. As peças aprovadas são direcionadas para a etapa de secagem, enquanto as peças reprovadas retornam ao processo de preparação da massa (Oliveira, Maganha, 2008; Zaccaron, 2018).

E por último, o processo de queima, nessa fase os produtos são expostos a temperaturas elevadas, geralmente variando entre 800 °C e 1.000 °C. Esse processo ocorre em fornos contínuos ou intermitentes, dependendo da configuração da unidade fabril. A queima é fundamental para a sinterização das peças cerâmicas, promovendo a fusão das partículas de argila e a transformação em material sólido e resistente. Após a queima, os produtos cerâmicos estão prontos para serem inspecionados, armazenados e posteriormente expedidos para distribuição (Nunes; Resende, 2013; Valsechi, 2018).

Nesse sentido, o Quadro 5 mostra as principais etapas do processo produtivo de produção de cerâmica vermelha.

Quadro 5 – Processo de produção da cerâmica vermelha

<b>Processo de Fabricação</b>	<b>Descrição</b>
Umidificação da massa	A massa é umidificada acima do limite de plasticidade (geralmente entre 25% e 30% de umidade)
Mistura e homogeneização	A massa umidificada é processada em misturadores e homogeneizadores
Conformação	A massa é conformada em extrusoras (marombas) para adquirir suas formas finais, como blocos, lajes, lajotas e tubos. Também pode passar por prensagem para a produção de telhas ou tornearia para a criação de vasos

Processo de Secagem	<p>Nas empresas de menor porte, é comum a prática da secagem natural, na qual os materiais são dispostos em pilhas expostas ao tempo ou em galpões cobertos. Em alguns casos, os materiais são colocados sobre as paredes aquecidas dos fornos.</p> <p>Por outro lado, em empresas mais estruturadas, de médio e grande porte, são utilizados secadores do tipo estufas estáticos. Nesses casos, aproveita-se o calor recuperado dos fornos durante os períodos de resfriamento da carga.</p> <p>Em unidades industriais menores, os materiais são dispostos em pilhas expostas ao tempo ou em galpões cobertos. Em alguns casos, são colocados sobre as paredes aquecidas dos fornos.</p> <p>Empregados em empresas de médio e grande porte, esses secadores aproveitam o calor recuperado dos fornos durante os períodos de resfriamento da carga</p>
Processo de queima e expedição	<p>O produto é exposto a uma temperatura muito elevada de 800 a 900 °C, e após algumas horas é retirado e preparado para a expedição.</p>

Fonte: Adaptado de Cabral Junior *et al.* (2019)

### 3 METODOLOGIA

No presente capítulo, foram detalhados os procedimentos metodológicos que orientaram a pesquisa proposta. Posteriormente, foram realizadas as análises acerca dos métodos de investigação, fundamentando o estudo com teorias pertinentes. Nesse sentido, serão abordados os seguintes elementos: Caracterização da pesquisa, contextualização do local da pesquisa e identificação do fluxo do processo produtivo.

#### 3.1 CARACTERÍSTICA DA PESQUISA

No que se refere às considerações sobre o tema da pesquisa intitulada “Mapeamento do Fluxo de Valor como proposta de melhoria no segmento de cerâmica vermelha”, a **natureza da pesquisa foi aplicada**, pois o resultado obtido se deu da aplicação da ferramenta VSM e a solução proposta pelo estado futuro poderá contribuir para a otimização do processo de

produção da indústria de cerâmica vermelha.

Definido a natureza, os objetivos da pesquisa caracterizaram-se em 2 etapas: A primeira, de caráter descritivo, visou conhecer e registrar as etapas da produção de tijolos na indústria de cerâmica vermelha, identificando desperdícios como transporte e espera excessivos. A segunda etapa, explicativa, identificou os fatores que causam esses desperdícios, explicando as razões e princípios que afetam a eficiência do processo.

### 3.1.1 Primeira etapa descritiva

O processo produtivo foi detalhado pelo fluxograma e visualizado no VSM do estado atual para conhecer e registrar as principais etapas de produção dos tijolos da indústria de cerâmica vermelha, identificando os desperdícios, como excesso de transporte, esperas, estoques excessivos, retrabalho e movimentos desnecessários.

Para alcançar os objetivos da pesquisa nessa fase foram adotados três procedimentos principais: pesquisa bibliográfica, pesquisa documental e levantamento de dados. Cada uma dessas etapas desempenhou um papel na coleta e análise das informações necessárias para o estudo.

**Pesquisa bibliográfica:** Nessa etapa, foi realizada uma busca e revisão de literatura para reunir informações teóricas relevantes sobre a indústria da cerâmica vermelha e o *lean manufacturing*. A pesquisa bibliográfica possibilitou a compreensão dos conceitos de *lean manufacturing* e *Value Stream Mapping* (VSM), bem como a identificação das sugestões dos planos ação para a eliminação de desperdícios no processo produtivo. Esse embasamento teórico foi essencial para propor as melhorias dos planos de ação na produção de cerâmica vermelha.

**Pesquisa documental:** A pesquisa documental consistiu no acesso dos documentos secundários, como relatórios internos, registros de produção e manuais operacionais da indústria de cerâmica vermelha. Esses documentos forneceram históricos de produção e informações detalhadas sobre o desempenho do processo produtivo, o que facilitou a identificação de gargalos, ineficiências e pontos críticos.

**Levantamento de dados:** O levantamento de dados envolveu a coleta direta de informações no local de estudo. Por meio de observações *in loco* e diálogo com colaboradores e registros das atividades diárias no ambiente de trabalho, foi possível obter uma visão prática e realista do processo produtivo de cerâmica vermelha. Essa etapa permitiu validar os dados obtido na pesquisa documental e fornecer insights adicionais sobre os pontos críticos do

processo, onde as melhorias poderiam ser implementadas.

E como método de coleta de dados foi utilizado a **observação direta extensiva** com a aplicação de um questionário *in loco* nos dias 01 a 30 de junho de 2023 e respondido pelos principais atores do processo (Gerente de produção, mecânicos, operadores de produção e planejadores do processo produtivo) com intuito de compreender o processo produtivo na indústria de cerâmica vermelha.

A aplicação desse questionário forneceu dados sobre o tempo de operação da maromba e o tamanho dos lotes de produção. Através da análise dessas respostas, foi possível identificar se as horas de operação noturna estão sendo utilizadas de forma otimizada e como o tamanho dos lotes afetava a eficiência da produção.

Além disso, as questões relacionadas à manutenção e ao abastecimento, como as perguntas 2 e 24, contribuíram para identificar e validar com o VSM do estado atual as ineficiências operacionais. A pergunta 2 investigou se o abastecimento do caixão ocorria durante a noite e com supervisão, enquanto a pergunta 24 explorou o tempo necessário para a manutenção preventiva das máquinas. Esses dados ajudaram a avaliar se os procedimentos atuais estão adequados ou se estão causando paradas não planejadas, permitindo a implementação de melhorias que podem reduzir o tempo de inatividade e aumentar a produtividade geral.

Por fim, a aplicação do questionário permitiu também uma análise detalhada da capacidade produtiva e logística, conforme demonstrado nas perguntas 23 e 33. Essas perguntas investigaram tanto a quantidade de vagonetas produzidas diariamente quanto o tempo de transporte dos tijolos até o armazenamento. Essas informações foram importantes para avaliar a eficiência logística e a capacidade de produção, possibilitando a sugestão de melhorias que garantam um melhor alinhamento entre produção e armazenamento, além de identificar oportunidades para inovações que aumentem a eficiência operacional e atendam melhor às demandas do mercado.

### 3.1.2 Segunda etapa explicativa

A segunda etapa da pesquisa também apresenta um caráter **explicativo**, uma vez que teve como objetivo estabelecer os fatores que influenciaram ou contribuíram para a ocorrência dos fenômenos, buscando explicar os motivos. Além disso, buscou-se correlacionar os problemas encontrados com o intuito de gerar novos conhecimentos e compreensão mais aprofundada do tema em estudo (Cauchick-Miguel *et al.*, 2018). O procedimento utilizado foi

o **estudo de caso** que permitiu uma investigação contextualizada, por meio da qual foi possível analisar e interpretar de forma detalhada as práticas, os comportamentos e as interações que contribuíram para os entraves no fluxo de valor produtivo.

O estudo de caso proporcionou uma compreensão holística e uma visão ampla dos fenômenos estudados, permitindo a captura de nuances, particularidades e experiências únicas que podem ser cruciais para a compreensão do objeto de pesquisa. Além disso, essa abordagem permitiu uma análise qualitativa que possibilitou a identificação de padrões, tempos de processo e aprofundamento nas percepções dos participantes (Menezes *et al.*, 2019).

E como método de coleta de dados utilizado nessa fase da pesquisa foi a **observação direta intensiva**, que permitiu a identificação e validação, por meio de observações e diálogos, dos pontos críticos no processo produtivo da indústria de cerâmica vermelha, onde foram identificado as possíveis melhorias apontadas no VSM do estado atual, sendo essas melhorias essenciais para a construção do VSM futuro e para o planejamento das ações necessárias.

Abordagem adotada nas duas fases do estudo é uma combinação de métodos **quali-quantitativos**. Visto que, as pesquisas quantitativas apresentam características de mensurar certos fatos ou variáveis em termos numéricos e a análise qualitativa pode ser utilizada com o objetivo de captar as dimensões subjetivas da ação humana e pode ser usada como suporte, combinada, ou ainda, como predominante em relação à quantitativa (Gil, 2002).

Nesse contexto, foi aplicado os instrumentos de pesquisa estruturados para obter os dados numéricos para embasar as análises, bem como os diálogos com os atores do processo com o objetivo de explorar as percepções dos entrevistados em relação ao processo de produção (Taquette; Borges, 2021).

Essa abordagem híbrida permitiu uma compreensão mais completa e aprofundada da gestão da produção e do fluxo de valor na indústria de cerâmica vermelha. Os instrumentos de pesquisa estruturados forneceram dados quantitativos, como elaboração dos indicadores de desempenho, tempos de produção, tempos que não agregam valor, quantidade de estoque parado e quantidade produtos rejeitados que foram analisados e interpretados de forma gráfica.

No Quadro 6, são conceituados os procedimentos de coleta de dados utilizados na pesquisa. Esses procedimentos possibilitaram uma compreensão mais detalhada dos dados do estado atual e futuro do processo produtivo de cerâmica vermelha.

Quadro 6 – Procedimentos de Coleta de dados

<b>Procedimento de Coleta de Dados</b>	<b>Descrição</b>
Pesquisa bibliográfica	Realização de buscas e revisões bibliográficas para obter informações teóricas relevantes sobre o tema em estudo
Pesquisa documental	Acesso e análise de documentos secundários, como relatórios internos, registros de produção, manuais, entre outros
Levantamento	Coleta direta de dados no local de estudo, por meio de observações, entrevistas e registros no ambiente de trabalho
Estudo de caso	Investigação aprofundada de um caso específico, no qual serão coletados dados por meio de observações, entrevistas, análise de documentos e registros no contexto da indústria em estudo.

Fonte: Adaptado de Prodanov e Freitas (2013)

No Quadro 7 são apresentados os métodos de coleta de dados, cuja aplicação foi importante para a estruturação das métricas utilizadas no VSM.

Quadro 7 – Método para coleta de dados

<b>Método de Coleta de Dados</b>	<b>Descrição</b>
Observação direta extensiva	Coleta de dados detalhados e abrangentes por meio de observação <i>in loco</i> e utilização de formulários.
Observação direta intensiva	Coleta de dados detalhados e aprofundados por meio de observação <i>in loco</i> e diálogos com os atores do processo.

Fonte: Adaptado de Taquette e Borges (2021)

Nesse sentido, a metodologia desta pesquisa foi realizada de acordo com as etapas explanadas no Quadro 8. As etapas iniciaram com a coleta de informações através dos métodos de observação direta extensiva e intensiva, bem como a utilização de tabelas e o mapeamento de processo. Esse roteiro foi seguido para conduzir a pesquisa, fornecendo instruções claras sobre as atividades a serem executadas em cada estágio.

Quadro 8 – Síntese dos procedimentos metodológicos

<b>Etapas</b>	<b>Objetivos</b>	<b>Abordagem</b>	<b>Procedimentos</b>	<b>Método de coleta de dados</b>	<b>Produto final</b>
<b>1<sup>a</sup></b>	<b>Descritiva:</b> Realizar o levantamento detalhado dos processos existentes;  Identificar os desperdícios e entraves do processo; mapear o fluxo de valor atual.	Quali-quantitativa	Levantamento Pesquisa Bibliográfica Documental	Observação direta extensiva	Desenho do fluxo do processo produtivo;  Validado os pontos de melhoria e estruturado os planos de ação com base no estado Atual;
<b>2<sup>a</sup></b>	<b>Explicativa:</b> Estabelecer os fatores que influenciam os resultados; mapear o estado futuro.	Qualitativa	Estudo de caso	Observação direta intensiva	Mapeamento do estado futuro e sugestão das melhorias do processo produtivo de cerâmica vermelha.

Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

### 3.2 CONTEXTUALIZAÇÃO DO LOCAL DA PESQUISA

A pesquisa abrange a visita nos dias 01 a 30 de junho do ano de 2023 na empresa cerâmica vermelha, situada no município de Itacoatiara/AM. Especializada na fabricação de tijolos de 4, 8 e 16 furos, a empresa possui um setor de vendas que abrange atendimento ao cliente em Itacoatiara/AM e a fábrica localiza-se no km 20 da estrada AM 010, como observado na Figura 3 e 4.

Figura 3 – Localização da fábrica de cerâmica vermelha



Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

Figura 4 – Localização do escritório da fábrica de cerâmica vermelha



Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

Além de um setor de produção responsável pela moldagem, secagem e queima dos tijolos. Também conta com um setor de manutenção que engloba manutenção mecânica, elétrica e civil.

Adicionalmente, a cerâmica vermelha comercializa seus produtos tanto nos municípios próximos quanto para capital Manaus. Esse sistema logístico abrange distâncias tanto dentro quanto fora do município e do estado. O número de colaboradores na fábrica varia de 110 a 130 funcionários e já incluindo empresas terceirizadas de manutenção.

O modelo de negócios engloba tanto transações *Business to Business* (B2B) quanto *Business to Customer* (B2C) o que significa que as cerâmicas são vendidas tanto para organizações quanto diretamente para consumidores individuais. O layout utilizado no processo de produção é o arranjo físico em linha, caracterizado por máquinas ou estações de trabalho dispostas sequencialmente.

### 3.3 IDENTIFICAÇÃO DO FLUXO DO PROCESSO PRODUTIVO

A padronização dos processos em uma empresa é uma variável importante para entender a estrutura das atividades em cada setor e a sua operação diária. Isso é fundamental para reduzir o desperdício e melhorar o desempenho das atividades.

#### 3.3.1 Família de produtos

A primeira etapa é a seleção da família de produtos, e neste estudo de caso, foi selecionada a linha de produtos que inclui o tijolo com 8 furos, conforme ilustrado na Figura 5 devido à sua importância para a empresa e à alta demanda dos clientes.

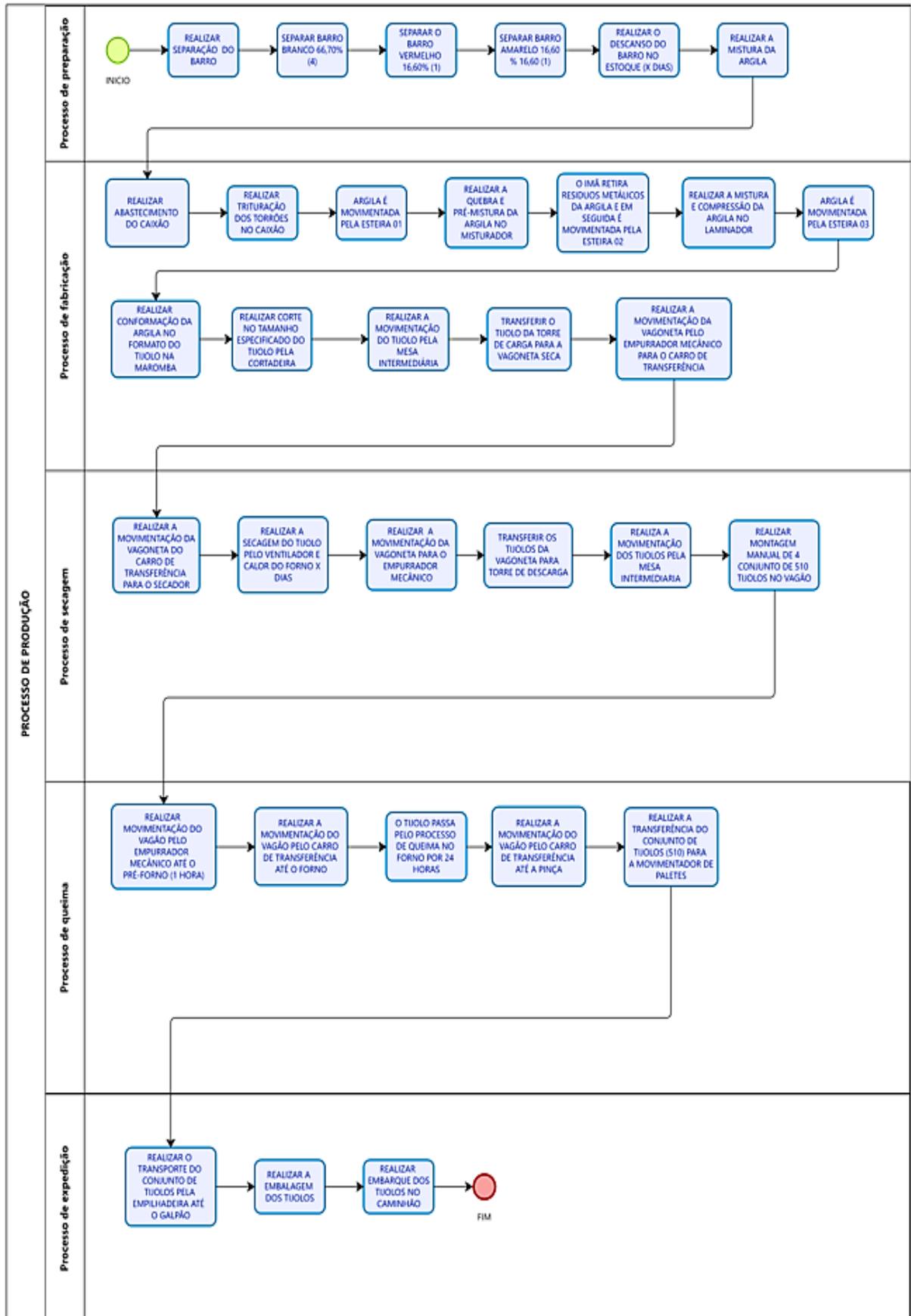
Figura 5 – Família de produtos



Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

O processo de fabricação desse tipo específico de tijolo na fábrica pode ser visto na Figura 6.

Figura 6 – Fluxograma do processo produtivo



### 3.3.2 Processo de preparação da argila

A matéria-prima fundamental para fabricar os tijolos é a argila, adquirida nas localidades de Itacoatiara dentro da fábrica, no estado do Amazonas. A empresa busca essa matéria-prima nas proximidades de sua sede, pois, se a distância for superior a trinta quilômetros, o transporte se torna excessivamente caro, chegando a superar o valor final dos tijolos. Inicialmente, a argila passa por um processo de maturação, sendo armazenada ao ar livre nos terrenos da empresa por um longo período. Esse procedimento confere à argila as propriedades adequadas para o seu uso.

O tratamento inicial da argila é realizado em montes separados com base em suas propriedades, sendo depois combinadas em uma mistura específica de parte barro branco, parte barro vermelho e outro barro amarelo.

A preparação da massa argilosa busca criar uma mistura uniforme, com as características e níveis de umidade adequados para o tipo de tijolo padrão. Na empresa em foco, essa preparação começa ao ar livre, seguindo o processo de amadurecimento. A responsabilidade por essa fase recai sobre um único colaborador. Posteriormente, a argila já pronta para o processamento é transferida para o interior do galpão da indústria como observado na Figura 7, onde está úmida, misturada e homogênea, pronta para a próxima fase.

Figura 7 – Armazenamento e preparação da argila



Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

### 3.3.3 Processo de fabricação

O processo de moldagem das peças começa quando a argila apropriada é levada até o caixão alimentador. Esse equipamento tem como finalidade conduzir a argila por uma esteira, controlando seu fluxo de forma dosada. Conforme ilustrado pela Figura 8 o caixão alimentador é continuamente abastecido por um operador com a utilização da pá carregadeira, e um eixo equipado com navalhas de corte auxilia no movimento da argila.

Figura 8 – Caixão alimentador



Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

Após a mistura, o material segue para o misturador, onde diferentes tipos de argila podem ser combinados em uma única operação, garantindo também a homogeneização e a umidificação da massa como observado na Figura 9.

Figura 9 – Misturador de argila



Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

Essa mistura é direcionada ao laminador, que complementa o trabalho do misturador ao triturar a argila. Em suma, o laminador de argila é um equipamento utilizado na indústria cerâmica para processar argila. Ele consiste em dois cilindros de alta resistência que giram em velocidades opostas. Esses cilindros esmagam a argila, eliminando torrões e pedregulhos, além de misturar a massa de forma homogênea como observado na Figura 10.

Figura 10 – Laminador de argila



Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

Na etapa seguinte, a massa é submetida à extrusora (maromba), como pode ser observado na Figura 11, que permite a entrada do material beneficiado em um misturador altamente eficiente. Esse processo inicia a compressão entre as pás, passando pelos caracóis de pré-compressão e forçando o material a atravessar as aberturas frontais, garantindo uma selagem perfeita.

Figura 11 – Maromba (extrusora de argila)



Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

A extrusora realiza também as funções de mistura e é responsável pela expulsão da argila. A produção dos itens via extrusão envolve compactar a argila em uma câmara de alta pressão com um sistema de desaeração (vácuo), contra um molde chamado de boquilha, que define duas das três dimensões do produto, a largura e a altura, originando os bastões.

A bomba de vácuo precisa ser ligada todos os dias aproximadamente 15 minutos antes do início da produção. Para obter uma extrusão eficiente, é necessário garantir que o material a ser moldado tenha o mínimo possível de variações, tanto na sua composição (plasticidade) quanto na sua preparação (granulometria) e teor de umidade, e esses fatores são controlados por um painel que monitora o peso da argila na extrusora, o vácuo e a pressão. Os problemas causados por trabalhar com uma massa moldada sob tensão só serão perceptíveis quando as peças saírem da estufa ou do forno, e às vezes até vários anos após a instalação delas.

A terceira etapa é definida pela cortadeira, que fragmenta o bastão em segmentos de 09x19x19 cm como observado na Figura 12. Essa máquina é utilizada para cortar tijolos de forma precisa e eficiente. Ela pode ser manual ou automática, e geralmente é usada na indústria da construção e cerâmica.

Figura 12 – Cortadeira de tijolos



Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

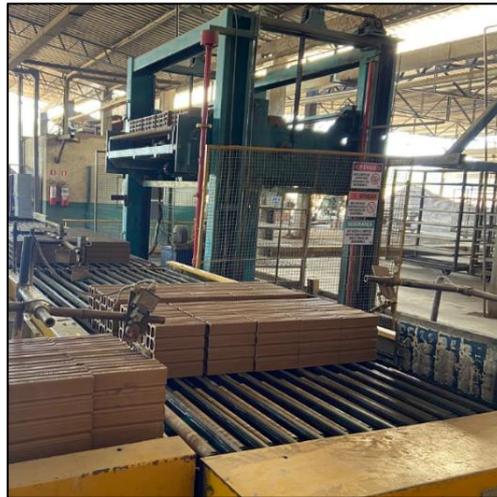
Após o corte, os segmentos são encaminhados para a torre de elevação que aloca os tijolos nas vagonetas. Para evitar interrupções, cada dispositivo de corte está programado para cortar 13 segmentos por minuto.

O excesso é descartado por uma esteira ao lado do depósito de argila coberto, de onde será recolhido posteriormente pela pá carregadeira e reintegrado ao processo ao ser depositado no caixão alimentador. Essas máquinas são essenciais para obter tijolos com dimensões

precisas, facilitando a construção e garantindo a qualidade dos materiais.

Na quarta etapa a torre de elevação movimenta 560 tijolos a cada 3,5 min para a vagoneta e quando cheia, é empurrada através de trilhos até a entrada do secador onde será posicionada através do empurrador mecânico e movimentada sequencialmente pelo carro de transferência para entrada do secador como visto nas Figuras 13 e 14.

Figura 13 – Torre de elevação de carga e carro de transferência



Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

A torre de elevação de carga e o carro de transferência são essenciais na indústria cerâmica para otimizar a movimentação de materiais. Esses equipamentos contribuem para um ambiente de trabalho mais seguro, produtivo e organizado na indústria cerâmica.

Figura 14 – Carro de transferência de tijolos



Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

### 3.3.4 Processo de secagem e queima

Secagem do tijolo é o processo de remoção e evaporação da umidade presente no material. O secador é alimentado por gases liberados pelo forno, que seriam normalmente descartados no meio ambiente. A Figura 15 ilustra como é dentro do secador de tijolos.

Durante o processo, dois carros de transferência operam dentro do secador: o primeiro, localizado na entrada, movimenta e posiciona as vagonetas, enquanto o segundo, na saída, retira as vagonetas e as transporta até a torre de descarregamento. Dois funcionários são responsáveis pela operação do secador e pela fabricação dos tijolos. O ciclo de secagem tem uma duração média de 5.031 minutos a uma temperatura de 48°C.

Figura 15 – Secador de tijolos



Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

Na próxima etapa é a montagem dos conjuntos de 1920 tijolos manualmente por dois colaboradores, como pode ser observado na Figura 16, e em seguida esse conjunto é movimentado pelo vagão em direção do pré- forno.

Figura 16 – Montagem dos conjuntos de tijolos



Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

O pré-forno tem capacidade de 12 vagões, mas cada vagão fica aguardando em média 60 min como observado na Figura 17 e ao lado está o forno onde é realizado a queima dos tijolos.

Figura 17 – Movimentação dos tijolos para o pré-forno



Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

Na queima é realizado as seguintes etapas: carga, aquecimento gradual, queima, resfriamento e descarga. Os tempos de aquecimento, queima e resfriamento podem variar, totalizando cerca de 2.450 min no forno.

Desses, de 1.200 a 1.800 minutos são dedicadas à queima dos tijolos nas 8 horas finais, o forno permanece fechado para preparação do resfriamento, e o restante do tempo é destinado ao resfriamento lento dos tijolos no interior do forno. O período total de permanência do material depende da eficiência da etapa de secagem, da quantidade de peças a serem queimadas e da qualidade da matéria-prima utilizada para a queima, que neste caso é a serragem, podendo elevar a temperatura do forno a cerca de 900°C.

A produção de tijolos pode ser otimizada seguindo boas práticas e considerando fatores importantes: matérias-primas, preparação do solo, adição de cimento, prensagem, compactação, secagem e armazenamento. Na produção em larga escala dos tijolos, é essencial considerar os seguintes cuidados: padronização e controle de qualidade, logística e armazenamento, eficiência energética, sustentabilidade e treinamento de toda a equipe.

Ademais, após o resfriamento do forno, os tijolos são removidos pelo carro de transferência na saída do forno e transferidos para pinça, e esse equipamento movimenta manualmente 1.920 tijolos a cada 25 minutos, e em seguida é movimentado por paletes até próximo da empilhadeira que aloca os tijolos no estoque como pode ser observado na Figura 18.

Figura 18 – Movimentação dos tijolos pela pinça mecânica



Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

### 3.3.5 Processo de expedição

Nessa etapa, os tijolos já estão prontos para serem enviadas diretamente aos clientes por meio de caminhões. Os tijolos alocados no galpão e em seguida amarrados manualmente com uma duração média de 35 min. Na etapa seguinte os tijolos são carregados com tempo médio de 63 min. em filas direto no caminhão montados em paletes, nos quais são agrupadas em conjuntos de 480 tijolos e empilhados de forma a preencher o palete (com capacidade de 480 a 560 tijolos, dependendo do tamanho do palete) como observado na Figura 19.

Figura 19 – Tijolos finais carregado no caminhão muncK



Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

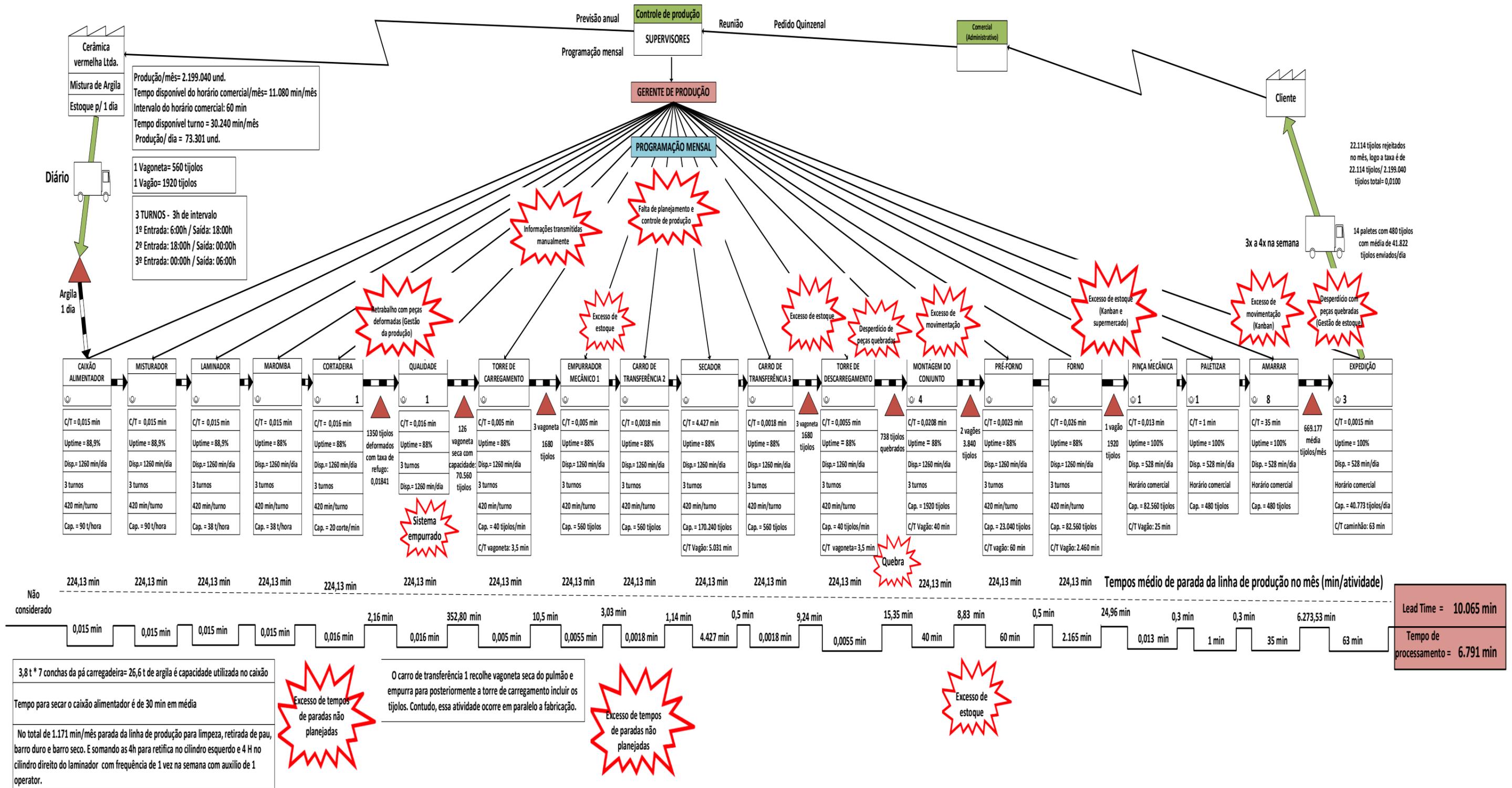
## 4 RESULTADOS

Neste capítulo, será detalhado o mapeamento realizado na empresa onde o estudo de caso foi conduzido, o qual integra este estudo. Tal descrição possibilitou a revisão do procedimento de coleta e avaliação de informações que foram de importância significativa para o desenvolvimento tanto do modelo de estado atual quanto do prospectivo futuro. Após essa etapa, foi delineado um plano de ação visando atender à demanda inicialmente proposta.

### 4.1 VSM DO ESTADO ATUAL E IDENTIFICAÇÃO DOS TEMPOS DE PROCESSOS

Iniciando o mapeamento do fluxo de valor com base na fase de observação, foi elaborado o processo que resultou no VSM do estado atual conforme apresentado na Figura 20. Durante essa etapa, foram identificados todos os intervalos necessários para uma compreensão mais profunda, com o objetivo de registrar e medir os intervalos de cada atividade ou operação realizada no processo produtivo. A investigação iniciou pela produção empurrada do produto para o cliente, momento em que se começou a examinar as diversas etapas de cada processo. Visando melhorias potenciais no futuro, o *lead time* (tempo total) foi selecionado para englobar todo o ciclo, desde a solicitação dos clientes, produção e estoque.

Figura 20 – Desenho do fluxo atual



Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

A produção mensal da empresa é de 2.199.040 unidades de tijolos/mês. Os funcionários têm uma carga horária semanal de 44 horas, distribuídas em 8,8 horas por dia, com um intervalo de almoço de 1 hora, de segunda a sexta-feira e folga nos sábados e domingos do mês. Assim, os colaboradores trabalham ao longo de 21 dias no mês. Entretanto existe equipes do turno A, B e C com escala de 6 x 2, folgando 2 dias após 6 dias seguidos de trabalho, a jornada de trabalho inicia com o turno A que entra 06:00h e sai às 18:00h, o segundo das 18:00h às 00:00h e último entrando às 00:0h e saindo às 06:00h. Todos com intervalo de 1h. Com base nessas informações calculamos a demanda diária conforme demonstra a Equação 1 e o tempo total disponível por turno na Equação 2 e a Equação 3 o tempo total do horário comercial.

$$\text{Demanda diaria} = \frac{\text{Produção}}{\text{Dias (mês)}} = \frac{2.199.040}{30} \cong 73.301 \text{ unidade/dia} \quad (1)$$

$$\text{Tempo total disponivel horario turno} = 21\text{h} \times 60 \text{ min} \times 24 \text{ dias} = 1.260 \times 24 \cong 30.240 \text{ min/mês} \quad (2)$$

$$\text{Tempo total disponivel horario comercial} = 8,8\text{h} \times 60\text{min} \times 21 \text{ dias} \cong 11.088 \text{ min/mês} \quad (3)$$

Para abastecer o caixão do alimentador, são requeridas 7 conchas de argila extraídas pela pá carregadeira da fábrica. O ciclo para processar essa mesma quantidade de matéria-prima, envolvendo o caixão alimentador, o misturador, o laminador e a extrusora, leva cerca de 1 hora, mas o tempo de ciclo é o mesmo para as quatro etapas do processo. Cada concha contém 3,8 toneladas de argila, resultando em 26.600 quilos para as 7 conchas combinadas. Cada tijolo de argila pesa 2,2 kg estimado. Portanto, durante esse período de 1 hora, são produzidos 3.900 tijolos.

Além disso, o cálculo do tempo de ciclo, conforme ilustrado na Equação 4, é um aspecto importante na extrusão da argila. Esse tempo de ciclo foi obtido dividindo-se o tempo total de produção, em minutos, pela quantidade de tijolos produzidos, após descontar os períodos de paradas não programadas e os ajustes de manutenção.

$$\text{Tempo de ciclo (Maromba)} = \frac{1260 \text{ min/dia}}{73.301 \text{ tijolos/dia}} = 0,017189 \times 0,88 \cong 0,015 \text{ min/tijolo} \quad (4)$$

A fim de avaliar a eficiência operacional, também é foi considerado o *uptime* do equipamento, conforme descrito na Equação 5.

$$\text{Uptime (Maromba)} = \frac{30.240 \frac{\text{min}}{\text{mês}} - (1442,0 + 1920) \frac{\text{min}}{\text{mês}}}{30.240 \frac{\text{min}}{\text{mês}}} \cong 0,88 \quad (5)$$

A cortadeira, torre de carregamento, carrinho de transferência, empurrador mecânico, torre de descarga, montagem do conjunto e a secagem (secador, pré-forno e forno) foram considerados como uma atividade sequencial da extrusão, portanto, ambas são tratadas como uma única atividade quando se considera a parada da linha de produção.

Os dados foram coletados por meio de observação direta e cronometragem para obter uma pesquisa de qualidade, levando em conta um erro amostral de 5%, um nível de confiança de 95%, uma população de 65 tijolos (correspondente à quantidade de tijolos produzidas na etapa anterior em 1 min de processo), é necessário um total de 56 amostras, em média é realizado 13 corte/min e cada corte produz 4 tijolos, logo a máquina corta 52 tijolos/min. O tempo de ciclo foi calculado conforme a Equação 6.

$$\text{Tempo de ciclo (Cortadeira)} = \frac{1260 \text{ min/dia}}{65.520 \text{ tijolos/dia}} = 0,01923 \times 0,88 \cong 0,016 \text{ min/tijolo} \quad (6)$$

Nos dias de coleta dos dados foi evidenciado também o *uptime* descrito na Equação 7.

$$\text{Uptime (Cortadeira)} = \frac{30.240 \frac{\text{min}}{\text{mês}} - (1442,0 + 1920) \frac{\text{min}}{\text{mês}}}{30.240 \frac{\text{min}}{\text{mês}}} \cong 0,88 \quad (7)$$

Após o tijolo ser cortado é realizado a movimentação pela mesa transportadora para a torre de carregamento que realiza o carregamento de 560 tijolos a cada 3,5 min em média, logo em 1 dia = 201.600 tijolos. Sendo assim, a Equação 8 demonstra o tempo de ciclo.

$$\text{Tempo de ciclo (Torre de carregamento)} = \frac{1260 \text{ min/dia}}{201.600 \text{ tijolos/dia}} = 0,006 \times 0,88 \cong 0,005 \text{ min/tijolo} \quad (8)$$

Nessa etapa a Equação 9 demonstra o *uptime* desse equipamento.

$$\text{Uptime (Torre de carregamento)} = \frac{30.240 \frac{\text{min}}{\text{mês}} - (1442,0 + 1920) \frac{\text{min}}{\text{mês}}}{30.240 \frac{\text{min}}{\text{mês}}} \cong 0,88 \quad (9)$$

Nessa etapa é feita a inspeção da qualidade e apresentou um tempo de ciclo de 0,016 min/tijolo. Visto que, a parada da cortadeira reflete diretamente nesse processo. Nesse sentido, foi observado também uma quantidade média de 45 tijolos/dia que foram retirados por estarem deformados ou com corpo estranho (pau, ferro e plástico) para não danificar o tijolo final.

Nessa etapa os tijolos ainda são aproveitados e retornam para o início do processo.

Contudo, a retirada automática não estava funcionando, visto que, havia vários tijolos acumulados no carrinho de mão para depois ser alocado no caixão alimentador como pode ser observado na Figura 21.

Figura 21 – Tijolos deformados acumulado



Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

O empurrador mecânico movimenta 1.680 tijolos a cada 10,5 min em média, logo no dia temos 201.600 tijolos/dia para auxiliar no cálculo do tempo de ciclo conforme demonstra a Equação 10.

$$\text{Tempo de ciclo (Empurrador mecânico)} = \frac{1.260 \text{ min/dia}}{201.600 \text{ tijolos/dia}} = 0,006 \times 0,88 \cong 0,005 \text{ min/tijolo} \quad (10)$$

O *uptime* que utilizamos está demonstrado na Equação 11.

$$\text{Uptime (Empurrador mecânico)} = \frac{30.240 \frac{\text{min}}{\text{mês}} - (1442,0 + 1920) \frac{\text{min}}{\text{mês}}}{30.240 \frac{\text{min}}{\text{mês}}} \cong 0,88 \quad (11)$$

Em seguida o carro de transferência 02 coleta essa vagoneta com 560 tijolos e movimenta a cada 1,15 min (tempo médio de deslocamento do carrinho pelos corredores do secador e retirada da vagoneta para dentro do corredor do secador).

Nesse cenário, temos no dia uma movimentação de 613.565 tijolos e um tempo de ciclo

descrito pela Equação 12.

$$\text{Tempo de ciclo (carro de transferência)} = \frac{1.260 \text{ min/dia}}{613.565 \text{ tijolos/dia}} = 0,002 \times 0,88 \cong 0,0018 \text{ min/tijolo} \quad (12)$$

Nessa etapa o *uptime* seguiu o cálculo descrito pela Equação 13.

$$\text{Uptime (carro de transferência)} = \frac{30.240 \frac{\text{min}}{\text{mês}} - (1442,0 + 1920) \frac{\text{min}}{\text{mês}}}{30.240 \frac{\text{min}}{\text{mês}}} \cong 0,88 \quad (13)$$

Na etapa do secador foi considerado em média 5.031 min para secagem dos tijolos, contudo há várias paradas que interferem no funcionamento do secador como o tempo de troca do rolamento travado dos exaustores. Nesse sentido, conforme demonstra a Equação 14, o tempo de ciclo real é considerado o *uptime* de 0,88 e 0,5 min para retirada da vagoneta da coluna do secador. No processo do secador, montagem dos conjuntos, pré-forno e forno vamos considerar o tempo de ciclo por capacidade com intuito de comparar com o *takt time*.

$$\begin{aligned} \text{Tempo de ciclo (secador)} &= 5.031 \times 0,88 \cong 4.427 \text{ min/tijolo} \\ \text{Tempo de ciclo/capacidade} &= \frac{4.427 \text{ min}}{170.240 \text{ tijolos}} \cong 0,026 \text{ min/tijolo} \end{aligned} \quad (14)$$

O *uptime* demonstrado na Equação 15 é resultado dos tempos de parada da linha de produção.

$$\text{Uptime (secador)} = \frac{30.240 \frac{\text{min}}{\text{mês}} - (1442,0 + 1920) \frac{\text{min}}{\text{mês}}}{30.240 \frac{\text{min}}{\text{mês}}} \cong 0,88 \quad (15)$$

Após esse tempo de secagem do tijolo, o carro de transferência retira a vagoneta com tempo de ciclo de 0,0018 min/tijolo e movimentada para a torre de descarregamento com tempo de ciclo de 0,005 min/tijolo. A etapa seguinte, os tijolos ficam retidos por aproximadamente 40 min antes de ingressarem no pré-forno, pois é realizado a montagem manual de 4 conjunto de 480 tijolos no vagão com tempo de ciclo por capacidade de 0,020 min/tijolo. Nas visitas foi observado também que havia uma espera de 2 vagões com 1920 tijolos cada.

No pré-forno, o período de processamento dos tijolos é de cerca de 60 min e tem uma capacidade de até 12 vagões equivalente a 23.040 tijolos. Após a conclusão dessa etapa, o vagão com 1920 tijolos é movimentado pelo carro de transferência para o forno, considerando 2.460

min para realizar a queima e resfriamento do tijolo, a temperatura de aquecimento é em torno de 900 °C e resfriado no final do processo pelos exaustores. Contudo, o *uptime* foi de 88% e o tempo de ciclo real foi 2.165 min/tijolo e tempo de ciclo por capacidade de 0,026 min/tijolo.

Após o resfriamento no forno, os empurradores mecânicos retiram o vagão e movimentam para perto da pinça e em seguida o operador aciona a pinça e retira um bloco de 480 tijolos por vez e aloca em uma mesa transportadora, em média são 25 min para movimentar os 1920 tijolos para esteira e alocar perto da empilhadeira com tempo de ciclo = 0,0130 min.

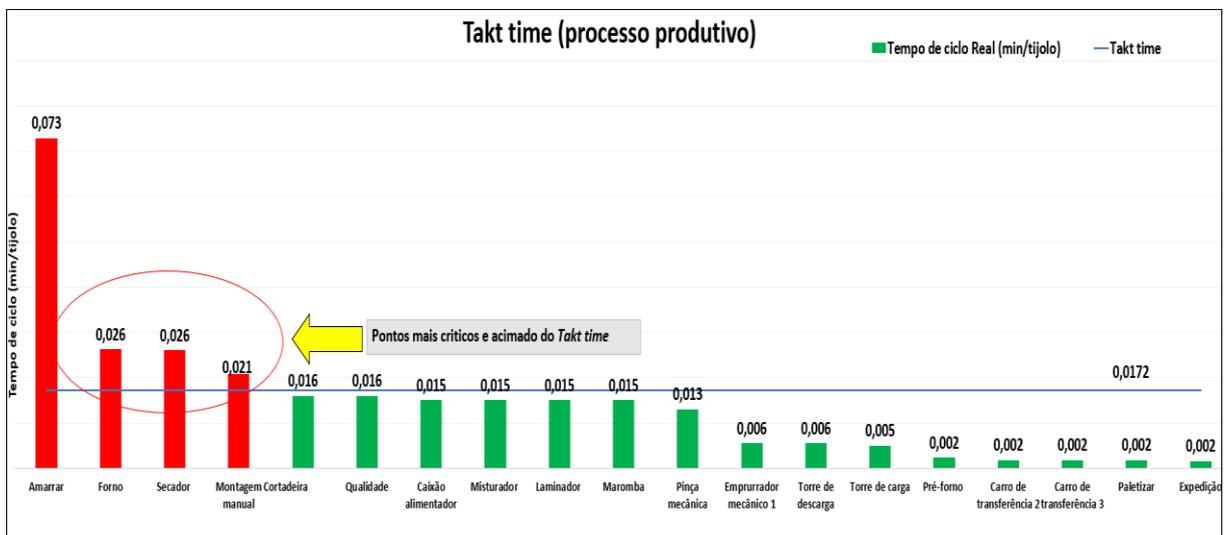
Em seguida a empilhadeira coleta e aloca os tijolos no estoque para serem amarrados com um tempo de 35 min de amarração para um bloco de 480 tijolos considerando um tempo de 0,072 min/tijolos e uma equipe de 08 colaboradores. E por último o tijolo é movimentado para o caminhão munck com um tempo de médio de 63 min de carregamento e com capacidade de 6.720 tijolos.

No estado atual temos uma visão ampla do processo, identificando as etapas que agregam ou não o valor do produto. Após compreender os processos internos da empresa foi calculado, conforme demonstra a Equação 16, o *takt time* para alinhar com os tempos de ciclo obtidos e completar a análise e verificação do MFV.

$$takt\ time\ (min) \cong \frac{\text{Tempo disponível} \left( \frac{\text{min}}{\text{dia}} \right)}{\text{Produção} \left( \frac{\text{tijolo}}{\text{dia}} \right)} \quad (16)$$

Dessa forma, será possível identificar o gargalo da produção por meio da análise da relação entre o tempo de ciclo e o *takt time* como pode ser observado na Figura 22.

Figura 22 – Pontos mais críticos comparado com o *takt time* do processo



Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

No Quadro 9 é possível verificar os tempos de todas as etapas do processo produtivo consolidado.

Quadro 9 – Tempos de processo produtivo estado atual

Nº da atividade	Operação/Máquina	Tempo ciclo (min/tijolo)	Tempo disponível (min/dia)	Tempo operacional (Tempo disponível - paradas da máquina)	<i>uptime</i> [(Tempo disponível - Total de paradas) / Tempo total disponível] x 100
1	Caixão alimentador	0,015	1.260	1.122	88%
2	Misturador	0,015	1.260	1.122	88%
3	Laminador	0,015	1.260	1.122	88%
4	Maromba	0,015	1.260	1.122	88%
5	Cortadeira	0,016	1.260	1.122	88%
6	Qualidade	0,016	1.260	1.122	88%
7	Torre de carregamento	0,005	1.260	1.122	88%
8	Empurrador mecânico 1	0,005	1.260	1.122	88%
9	Carro de transferência 2	0,001	1.260	1.122	88%
10	Secador	4.427	1.260	1.122	88%
11	Carro de transferência 3	0,001	1.260	1.122	88%
12	Torre de Descarregamento	0,005	1.260	1.122	88%
13	Montagem do conjunto de 1920 tijolos.	40	1.260	1.122	88%
14	Pré-forno	60	1.260	1.122	88%
15	Forno	2.165	1.260	1.122	88%
16	Pinça mecânica	0,013	528	528	100,0%
17	Paletizar	1,00	528	528	100,0%
18	Amarrar	35,00	528	528	100,0%
19	Expedição	63,00	528	528	100,0%

Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

## 4.2 IDENTIFICAÇÃO DOS DESPERDÍCIOS DO PROCESSO PRODUTIVO

Com base no mapa de fluxo atual do processo de fabricação de tijolos do segmento de estudo, é evidente que em certos estágios do processo há períodos de inatividade nas tarefas, ao passo que, outras não conseguem atender à demanda. No que diz respeito as etapas de mistura, laminação, extrusão e corte, o primeiro tipo de desperdício identificado foi o retrabalho durante o processo de transformação dos bastões de argila em tijolos na cortadeira há um sistema de retirada de rebarbas que permite a argila retorne ao início do processo.

Os estoques em processos ou *Work in Process* (WIP), diversas operações foram monitoradas em relação ao tempo disponível e o tempo de ciclo. Para algumas atividades, o tempo disponível foi considerado às 21 horas, refletindo a capacidade contínua de produção. Contudo, há um acúmulo de tijolos deformados ao lado da cortadeira considerando em média 45 tijolos/dia = 1.350 tijolos rejeitados/mês, logo a taxa de refugo é de 1.350 tijolos/ 73.301 tijolos total = 0,01841. Esses tijolos são acumulados com um tempo de espera médio de 2,16 min e depois movimentado para o estoque que posteriormente serão retirados pela pá carregadeira e alocado no caixão alimentador novamente para reinício do processo.

Outro ponto, é o estoque de vagonetas e ca, como a empresa trabalha com sistema empurrado, há várias vagonetas no pátio aguardando serem utilizadas com um total de 126 vagonetas com capacidade de 70.560 tijolos, logo cada vagoneta tem 560 tijolos. Nesse cenário utilizamos a Equação 17 para calcular o estoque em processo resultando 352,80 min para processar esse estoque na etapa seguinte que é a torre de carregamento.

$$\text{Estoque em processo (min)} \cong \text{Quantidade em estoque (und.)} \times \text{Tempo de ciclo (min/tijolos)} \quad (17)$$

Entre a etapa da torre de carregamento e a atividade seguinte há três vagonetas tijolos em fila para ser empurrada para o secador, sendo assim, a média de carregamento de uma vagoneta é de 3,5 min resultando em um total de 10,5 min de estoque que será processado. Na movimentação pelo empurrador mecânico 01 para o carro de transferência 02 são encaminhadas individualmente sendo assim para processar as 03 vagonetas que estava em fila é necessário 3,03 min. É importante observar também que há em média 1,14 min gasto com a movimentação de apenas 01 vagoneta.

Na saída do secador, o carrinho demora em torno de 0,5 min para retirar a vagoneta da coluna do secador. Entre a etapa do carro de transferência e a torre de descarregamento foi verificado um estoque de 3 vagonetas com um tempo para processar de 9,24 min.

No processo seguinte de montagem dos conjuntos de tijolos que irão para o pré-forno apresenta um tempo de estoque de processamento de 15,35 min., devido ao erro dos colaboradores na montagem, visto que foi observado um acúmulo médio de 738 tijolos quebrados por dia, contudo nessa etapa ainda é possível recuperar os tijolos mais com risco de afetar a qualidade. Além disso, há uma fila de dois vagões de 3.840 tijolo devido o processamento de 60 min do pré-forno gerando um tempo de 8,83 min.

Entre o processo de queima realizado pelo forno e a pinça mecânica há um estoque de 1920 tijolo aguardando a movimentação pela pinça mecânica com um tempo de processamento desse estoque de 24,96 min.

Nas próximas etapas apresentaram um tempo total de 0,6 min com movimentações. Outro ponto crítico, é o tempo de parada total da linha de produção que foi de 3.362 min/mês e com atividades afetando diretamente os equipamentos como pode ser observado no Quadro 10 as mais críticas de 98,2%. Isso resultou em uma perda de aproximadamente 10% nos tempos de ciclos por tijolo produzido e outras paradas com 56 min/mês equivalente a 1,8%.

Quadro 10 – Principais paradas do processo produtivo

<b>Descrição</b>	<b>Tempo de Parada (min/mês)</b>	<b>% Total</b>
Retifica nos cilindros do laminador	1.920,0	57%
Travamento da esteira da maromba (limpeza/lubrificação)	386,4	11,50%
Limpeza da cortadeira e maromba	289,3	8,60%
Parada de manutenção do descarregador	190,4	5,70%
Retirada de plástico na cortadeira	144	4,30%
Travamento das rodas do carrinho de transferência	141,3	4,20%
Parada de manutenção dos exaustores do secador	75,3	2,20%
Travamento do empurrador mecânico	61	1,80%
Desgaste das facas do martelo do misturador	41	1,20%
Retirada de arame na mesa movimentadora	36,4	1,10%
Vagoneta com defeito	20,7	0,60%

Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

A análise dos dados de tempo de parada evidenciou que a maior parte da inatividade ocorreu devido a alguns eventos específicos. O principal deles foi a retífica dos cilindros do laminador, que representou 57% do tempo total de parada, com 1.920 minutos mensais. Esse dado mostrou que o desgaste dos cilindros gerou um grande impacto na operação, possivelmente relacionado a ciclos de manutenção inadequados ou materiais que estão se desgastando mais rapidamente do que o esperado por falta de procedimento de operação. Uma análise detalhada desse desgaste, junto com a otimização dos ciclos de manutenção, pode resultar em uma significativa redução desse tempo de parada.

Outro ponto de atenção é o travamento da esteira da maromba por falta de limpeza e lubrificação, que gerou 386,4 minutos de parada mensal, seguido da limpeza da cortadeira e maromba para retirada de excessos, com 289,3 minutos. Esses dois eventos, que juntos corresponderam a cerca de 20% do total de inatividade, indicaram uma necessidade de um plano de manutenção preventiva. A implementação de uma rotina de limpeza e lubrificação pode prevenir esses problemas, aumentando a eficiência dos equipamentos e reduzindo o tempo de inatividade por falhas evitáveis.

Paradas menores, como o travamento das rodas do carrinho de transferência e a retirada de plástico e arame da cortadeira, também contribuíram para a perda de produtividade. Essas falhas somaram 141,3 e 144 minutos, respectivamente, e embora não sejam as maiores causas, apontaram problemas relacionados à falta de controle sobre o processo de manutenção e materiais na linha de produção. A revisão de procedimentos e a implementação de controles podem eliminar essas interrupções e melhorar a fluidez operacional.

Nesse contexto, foi considerado apenas as 15 etapas que realmente pararam a linha de produção e apresentaram *uptime* 88%. Nesse sentido, o tempo médio total de parada por atividade é 224,13 min, esse tempo será somado no tempo de estoque entre processos de cada atividade como tempo que não agrega valor ao cliente. Sendo assim, o tempo do *lead time* aproximado foi de 10.065 min.

Outro ponto de atenção é o estoque excessivo de 669.177 tijolos resultado do sistema empurrado conforme descrito no Quadro 11 gerando um tempo de processamento de 6.273,53 min considerando o tempo médio de embarque dos tijolos no caminhão de 63 min. Nesse contexto, seria necessários 99 caminhões para carregar esse estoque para o cliente final.

Quadro 11 – Produção do mês de junho/2023

DIA	PRODUÇÃO (Tijolos)	PESO(Kg)	ENTRADA DE VAGÃO	SAIDA DE VAGÃO	TOTAL PALETIZADO	SAIDA DE CAMINHÃO	SALDO ESTOQUE	QUEBRADO
01/jun.	97.440	224.112	53.760	76.800	122.400	25.920	96.480	1.199
02/jun.	67.200	154.560	82.560	61.440	0	0	96.480	0
03/jun.	70.000	161.000	84.480	92.160	0	0	96.480	0
04/jun.	82.000	188.600	87.360	96.000	139.680	59.904	176.256	1.600
05/jun.	58.800	135.240	88.320	83.520	137.280	99.310	214.226	1.470
06/jun.	61.600	141.680	96.000	97.920	117.120	72.576	258.770	1.310
07/jun.	124.000	285.200	55.200	74.880	118.080	42.336	334.514	1.185
08/jun.	20.160	46.368	99.840	60.480	0	0	334.514	0
09/jun.	57.120	131.376	40.320	72.960	0	0	334.514	0
10/jun.	58.800	135.240	61.920	62.400	0	0	334.514	0
11/jun.	85.120	195.776	57.360	52.800	99.840	40.440	393.914	1.100
12/jun.	81.760	188.048	99.840	79.104	92.640	10.080	476.474	1.010
13/jun.	94.640	217.672	78.720	84.480	79.200	29.328	526.346	1.020
14/jun.	136.640	314.272	113.280	96.000	115.680	34.992	607.034	1.390
15/jun.	89.600	206.080	57.600	42.240	73.440	28.224	652.250	1.190
16/jun.	47.600	109.480	69.120	67.200	0	95.760	556.490	0
17/jun.	72.800	167.440	63.360	69.120	0	0	556.490	0
18/jun.	75.600	173.880	61.440	46.080	96.000	124.704	527.786	860
19/jun.	61.600	141.680	86.400	97.920	106.080	119.952	513.914	1.440
20/jun.	91.840	211.232	101.760	94.080	88.800	145.992	456.722	590
21/jun.	64.400	148.120	30.720	69.120	104.640	55.032	506.330	1.190
22/jun.	28.560	65.688	71.040	59.520	86.880	48.384	544.826	1.200
23/jun.	75.600	173.880	59.520	42.120	0	52.416	492.410	0
24/jun.	62.160	142.968	58.560	69.120	0	0	492.410	0
25/jun.	67.200	154.560	59.520	64.320	0	0	492.410	0
26/jun.	75.600	173.880	69.840	60.480	67.680	43.049	517.041	970
27/jun.	68.880	158.424	65.280	65.040	90.240	35.712	571.569	1.110
28/jun.	98.000	225.400	84.480	69.120	74.880	57.168	589.281	920
29/jun.	76.720	176.456	62.560	69.120	113.280	33.384	669.177	1.390
30/jun.	47.600	109.480	61.440	68.320	0	0	<b>669.177</b>	0

Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

A taxa de refugo nessa etapa é de 22.114 tijolos quebrados em relação a um total de 2.199.040 tijolos, resultando em uma taxa de 0,0100. Esses cálculos mostraram como o tempo e a taxa de refugo podem influenciar o fluxo de trabalho e a eficiência do processo produtivo ao longo das diferentes etapas de produção e movimentação dos tijolos.

#### 4.3 PONTOS CRÍTICOS E SUGESTÃO DE PLANO DE AÇÃO

Com base nesses problemas descritos no Quadro 12, foi realizado um levantamento científico para identificar quais os principais problemas encontrados no segmento de cerâmica vermelha e aplicação das ferramentas *lean* utilizando o VSM ou outras metodologias com intuito de aumentar a eficiência do processo produtivo.

Quadro 12 – Pontos mais críticos do estado atual

<b>Descrição</b>	<b>Desperdício detalhado</b>
Paradas de linha de produção	3.362 min de parada/mês, resultando em perda de 10% nos tempos de ciclo.
Principais paradas	Retífica dos cilindros (57%), travamento da esteira (11,5%), limpeza de equipamentos (8,6%), entre outras.
Estoque excessivo (pátio)	669.177 tijolos acumulados devido ao sistema empurrado, com tempo de processamento de 6.273,53 min e necessidade de 99 caminhões para movimentar o estoque.
Perda de produtividade	Paradas e ineficiências resultam em <i>uptime</i> de apenas 88%, com tempo médio de parada de 224,13 min por atividade.
Fila de vagão na saída do forno	1.920 tijolos aguardando movimentação pela pinça mecânica, tempo de processamento: 24,96 min.
Fila de vagonetas para o secador	3 vagonetas na fila para o secador, com tempo total de 10,5 min de estoque processado.
Fila de vagão na saída pré-forno	Fila de 2 vagões com 3.840 tijolos, tempo de processamento no pré-forno: 60 min, tempo de fila: 8,83 min.
Quebra de tijolos	1.350 tijolos rejeitados por mês (45/dia), taxa de refugo de 0,01841. Erros de montagem dos conjuntos para o pré-forno geram 738 tijolos quebrados por dia.
Estoques excessivos	Acúmulo de 126 vagonetas (70.560 tijolos) aguardando processamento. Tempo para processar o estoque: 352,80 min. Entre tempo de 9,24 min para processar estoque de 3 vagonetas entre carro de transferência e torre de descarregamento.
Retrabalho	Sistema de retirada de rebarbas que retorna argila ao início do processo na cortadeira.

Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

No Quadro 13 demonstra os estudos que evidenciaram os problemas e possíveis soluções para indústria de cerâmica vermelha.

Quadro 13 – Principais melhorias encontradas na indústria de cerâmica

Autor	Título do estudo	Problemas encontrados	Sugestão de melhoria
Costa (2023)	Mapeamento do fluxo de valor de uma indústria cerâmica sob a ótica da filosofia <i>lean</i> : um estudo de caso	Superprodução Excesso de movimentação Excesso estoque entre processos	Sistema puxado de produção Gerenciamento da manutenção Implantação de tecnologia para automatizar o processo de montagem
Cuani (2015)	Gestão do processo produtivo através do <i>lean manufacturing</i> : um estudo de caso em uma indústria cerâmica	Tempo de ciclo elevado	Implantação do 5s
		Excesso de processamento no laminador e maromba	Implantação do TPM
		Paradas para manutenções corretivas	Aquisição de um secador com talisca
Tomazi <i>et al.</i> (2015)	Sistema de sincronização de ordens operacionalizado por cartões <i>kanban</i> em uma empresa de cerâmica vermelha	Superprodução de produtos de baixa demanda	Supermercado de produtos e sistema puxado
Oliveira (2012)	Controle de estoque através do <i>kanban</i> eletrônico	Estoque excessivo	Controle de estoque pelo <i>Kanban</i>
Neto <i>et al.</i> (2014)	Estudo da viabilidade econômica do emprego do robô manipulador na paletização de revestimentos cerâmicos	O processo de paletização que exigem grandes esforços	Implantação do robô paletizador
Silva e Ichira (2016)	Balanceamento de linhas de produção de uma empresa de cerâmica vermelha de São Miguel do Guamá através de simulação de eventos discretos	Paradas não planejadas devido à quebra de equipamentos antecedentes a extrusão	Balanceamento da linha de produção (BLP)
		Falta de programação da produção	
Santos <i>et al.</i> (2023)	A modelagem de processos como apoio à identificação de problemas de qualidade em uma indústria de cerâmica vermelha	Falta de procedimento e fluxograma padronizado	<i>Business Process Modeling Notation</i> (BPMN) como apoio para a modelagem do
			processo de fabricação
Rodrigues, Bristot e Guimarães Filho (2023)	Análise de rupturas de estoques de manutenção de uma indústria cerâmica do sul de Santa Catarina	Atraso do fornecedor	Gerenciamento de estoques de manutenção
		Consumo imprevisto	
		Ordem de compra não gerada	
Araújo, Duarte e Prado (2019)	Avaliação do processo produtivo de uma olaria como alternativa para redução de perdas com produtos disformes	Maior percentual de perdas em	Quantificação da capacidade de produção e percentual de defeitos em cada etapa do processo
		relação às etapas de conformação e secagem	
Zonotel <i>et al.</i> (2017)	Proposta de melhoria para redução de divergências do estoque de uma empresa do setor cerâmico	Digitação e Impressão de etiquetas de material com divergências	Gerenciamento de estoques de manutenção
Corrêa e Vasconcelos (2015)	Análise da capacidade do processo de secagem em uma cerâmica vermelha	Validação do processo de secagem	A capacidade do processo de secagem de um secador do tipo forçado

Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

O estudo de Costa (2023), a principal sugestão de melhoria foi o gerenciamento da manutenção e a automação de processos para reduzir estoques e otimizar a produção no setor de cerâmica vermelha. A ferramenta utilizada foi o VSM, que foi eficaz para identificar os gargalos e propor melhorias no fluxo de produção futuro. O autor identificou ainda problemas como superprodução, excesso de movimentação na transição entre o secador e o pré-forno, e estoques excessivos entre processos. A solução proposta pelo autor, com base no VSM, visou reduzir os tempos de espera e melhorar o fluxo contínuo, minimizando o estoque e otimizando os recursos.

O estudo de Cuani (2015) também aplicou o VSM na indústria de cerâmica vermelha, mas focou em melhorias como a implantação do 5S, TPM e aquisição de um secador com talisca. Os problemas encontrados incluíram um *takt time* elevado, excesso de processamento e paradas corretivas para manutenção. A proposta envolveu o uso de metodologias que promovessem a organização e a eficiência no ambiente de trabalho, além da manutenção preventiva, reduzindo assim o impacto das paradas inesperadas e o tempo de ciclo elevado.

Por outro lado, Tomazi *et al.* (2015) e Oliveira (2012) exploraram a implementação do *Kanban* para criar um sistema puxado e gerenciar melhor a produção. A superprodução de produtos de baixa demanda foi um dos principais problemas identificados. O uso do *Kanban* é uma solução adequada para alinhar a produção à demanda real, evitando a fabricação excessiva e o acúmulo de produtos que não têm saída imediata, melhorando a eficiência e o controle do estoque.

No estudo de Neto *et al.* (2014), a implantação de robôs paletizadores foi investigada como solução para reduzir os grandes esforços físicos exigidos no processo de paletização de revestimentos cerâmicos. O uso de automação proporcionou um avanço significativo em comparação com os métodos manuais, melhorando a eficiência e minimizando o desgaste dos trabalhadores. Já Silva e Ichira (2016) focaram no balanceamento da linha de produção (BLP) de uma empresa de cerâmica vermelha, buscando minimizar as paradas não planejadas devido a quebras de equipamentos antes da extrusão.

O trabalho de Santos *et al.* (2023) sobre *Business Process Modeling Notation* (BPMN) para modelar o processo produtivo e identificar problemas de qualidade em uma cerâmica vermelha. A falta de um procedimento padronizado foi apontada como principal problema, mostrando uma necessidade de estruturação.

Os autores Rodrigues, Bristot e Guimarães Filho (2023) abordaram o gerenciamento de estoques de manutenção, identificando atrasos de fornecedores e consumo imprevisto como causas de rupturas de estoque. O foco em estoque também foi abordado por Zonotel *et al.*

(2017), que propuseram melhorias para reduzir divergências no estoque de materiais. Ambos os estudos focaram no gerenciamento de recursos, mas com abordagens diferentes, enquanto Rodrigues, Bristot e Guimarães Filho (2023) enfatizaram o estoque de manutenção, Zonotel *et al.* (2017) discutiram problemas de controle e rastreabilidade de materiais.

O estudo de Araújo, Duarte e Prado (2019) destacaram o percentual elevado de perdas nas etapas de conformação e secagem, realizando uma quantificação precisa de defeitos e propondo melhorias no processo de fabricação. Corrêa e Vasconcelos (2015) também avaliaram o processo de secagem, mas com um enfoque na capacidade de secagem, sugerindo uma validação mais técnica e quantitativa. Ambos os estudos se complementaram ao identificar etapas críticas do processo produtivo que impactam diretamente na qualidade final do produto.

Em resumo, os estudos apresentaram soluções complementares que, se aplicadas à indústria de cerâmica vermelha, resultariam em ganhos significativos em termos de controle de estoque, eficiência operacional, automação e qualidade. Esses pontos positivos reforçam a ideia de que a integração de novas tecnologias e metodologias pode modernizar e otimizar o setor, trazendo competitividade e sustentabilidade ao longo prazo. Nesse contexto, foi proposto o plano de ação da Figura 23 com intuito de sugerir melhorias para processo produtivo de cerâmica vermelha.

Figura 23 – Proposta de plano de ação para indústria de cerâmica vermelha

Ferramenta 5W2H											Priorização GUT				Gantt Chart																			
															setembro, 2024			outubro, 2024			novembro, 2024			dezembro, 2024			janeiro, 2025							
															16	23	30	7	14	21	28	4	11	18	25	2	9	16	23	30	6	13	20	27
															S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20
Objetivo macro do negócio do Fluxo de Valor	Pontos críticos observados no estado atual	Indicadores	Como será realizado a atividade	Responsável	Início	Término	Duração (Dias)	Quanto será o investimento?	Status	G	U	T	Total																					
1. Fluir o valor sem desperdícios	1. Movimentação ineficiente das vagonetas Paradas não programadas (1.325,04 min/mês) e ineficiência em processos produtivos	% de aderência no 5S % de aderência na manutenção autônoma % ordens corretivas, preventiva e preditiva Quantidade de ordens planejadas x realizadas MTTR, MTBF, Disponibilidade operacional e confiabilidade	1. Implementação do planejamento e controle manutenção	Planejador de manutenção	16/09/2024	10/01/2025	116	R\$ 12.000,00	PROGRAMADO	4	4	4	64	[Gantt bar from 16/09/2024 to 10/01/2025]																				
	2. Paradas devido a vagonetas defeituosas		Implementação do ERP Cadastro os ativos e criação do fluxo de solicitação de manutenção Definição dos equipamentos mais críticos utilizando a matriz de criticidade A, B e C Definição de rotina 5S e check list de manutenção autônoma Definição de indicadores 5S e auditorias	Planejador de manutenção	16/09/2024	11/10/2024	25	R\$ 2.000,00	PROGRAMADO	3	2	3	18	[Gantt bar from 16/09/2024 to 11/10/2024]																				
	3. Acúmulo de tijolos deformados (taxa de refugo de 0,01841)		Definição de processamentos para ajuste nas máquinas de criticidade A e B Implementação das rotina de Análise de falhas com Diagrama de Ishikawa e 5W2H	Supervisor de manutenção	12/10/2024	27/10/2024	15	R\$ 2.000,00	PROGRAMADO	3	3	1	9	[Gantt bar from 12/10/2024 to 27/10/2024]																				
	4. Paradas no caixão alimentador para limpeza e retirada de materiais		Treinamento para preenchimento das ordens de manutenção Treinamento da Equipe (5S e manutenção autônoma)	Planejador de manutenção Analista de RH	27/10/2024	30/10/2024	3	R\$ 2.000,00	PROGRAMADO	3	3	3	27	[Gantt bar from 27/10/2024 to 30/10/2024]																				
	5. Manutenção dos cilindros do laminador (Paradas semanais para retífica (4 horas por cilindro) com necessidade de 1 operador)		Definição das atividades do plano de manutenção utilizando o FMEA (Failure Mode and Effects Analysis) para os principais equipamentos	Planejador de manutenção Mecânicos e Eletricistas	27/10/2024	21/11/2024	25	R\$ 2.000,00	PROGRAMADO	3	3	2	18	[Gantt bar from 27/10/2024 to 21/11/2024]																				
	6. Taxa de refugo de tijolos		Definição e implementação dos indicadores de manutenção (MTTR, MTBF, Disponibilidade operacional e confiabilidade).	Planejador de manutenção	30/10/2024	04/11/2024	5	R\$ 2.000,00	PROGRAMADO	3	2	2	12	[Gantt bar from 30/10/2024 to 04/11/2024]																				
	7. Travamento das rodas do carrinho de transferência		Criação dos planos de manutenção preventiva Criação dos planos de lubrificação e inspeção Criação do MAPA de 52 semanas	Planejador de manutenção	21/11/2024	10/01/2025	50	R\$ 2.000,00	PROGRAMADO	4	3	2	24	[Gantt bar from 21/11/2024 to 10/01/2025]																				
2. Sistema puxado e aquisição de tecnologias	8. Fila de vagonetas para o secador	Giro de estoque Quantidade de estoque em processamento	2. Implantação do sistema Kanban e sistema puxado	Supervisor de produção	16/09/2024	16/10/2024	30	R\$ -	PROGRAMADO	4	3	2	24	[Gantt bar from 16/09/2024 to 16/10/2024]																				
	9. Estoque WIP com tempos elevados		Definição dos indicadores de controle de estoques Definição dos volumes de cada cartão Kanban Definição do quadro kanban	Suprimentos	16/10/2024	05/11/2024	20	R\$ 6.200,00	PROGRAMADO	3	2	2	12	[Gantt bar from 16/10/2024 to 05/11/2024]																				
	10. Estoque excessivo na expedição		Aquisição dos cartões e quadro Kanban	Supervisor de produção Analista de RH	05/11/2024	08/11/2024	3	R\$ -	PROGRAMADO	2	2	2	8	[Gantt bar from 05/11/2024 to 08/11/2024]																				
	11. Estoque de vagoneta seca elevado		Treinamento com equipe (Gestores e operadores)	Supervisor de produção	16/09/2024	08/11/2024	53	R\$ -	PROGRAMADO	4	3	2	24	[Gantt bar from 16/09/2024 to 08/11/2024]																				
	12. Tempo elevado na montagem manual dos conjuntos de tijolos	Tempo de movimentação Custo de manutenção	Total de tijolos/vagão	3. Aquisição do Robô paletizador	Supervisor de manutenção	16/09/2024	26/09/2024	10	R\$ -	PROGRAMADO	3	2	3	18	[Gantt bar from 16/09/2024 to 26/09/2024]																			
				Levantamento técnico da instalação dos equipamentos Cotação com os fornecedores e transporte do equipamento para planta	Suprimentos	26/09/2024	25/11/2024	60	R\$ 200.000,00	PROGRAMADO	3	2	3	18	[Gantt bar from 26/09/2024 to 25/11/2024]																			
				Montagem do equipamento e acessórios Realizar testes de funcionamento	Supervisor de manutenção	25/11/2024	02/12/2024	7	R\$ -	PROGRAMADO	3	2	3	18	[Gantt bar from 25/11/2024 to 02/12/2024]																			
				Treinamento com os operadores e equipe de manutenção	Supervisor de manutenção Analista de RH	02/12/2024	05/12/2024	3	R\$ -	PROGRAMADO	1	1	1	1	[Gantt bar from 02/12/2024 to 05/12/2024]																			
				Cadastro do ativo no ERP Criação da ordem de instalação Arquivamento dos manuais e procedimentos	Planejador de manutenção	25/11/2024	25/11/2024	0	R\$ -	PROGRAMADO	2	2	2	8	[Gantt bar from 25/11/2024 to 25/11/2024]																			
				13. Atraso na movimentação e amarração de tijolos	Tempo de movimentação Custo de manutenção	Total de paletes por mês	3. Aquisição do Embaladora e paletizadora de tijolos	Supervisor de manutenção	16/09/2024	26/09/2024	10	R\$ -	PROGRAMADO	3	2	3	18	[Gantt bar from 16/09/2024 to 26/09/2024]																
	Levantamento técnico da instalação dos equipamentos Cotação com os fornecedores e transporte do equipamento para planta	Suprimentos	26/09/2024				25/11/2024	60	R\$ 180.000,00	PROGRAMADO	3	2	3	18	[Gantt bar from 26/09/2024 to 25/11/2024]																			
	Montagem do equipamento e acessórios Realizar testes de funcionamento	Supervisor de manutenção	02/12/2024				09/12/2024	7	R\$ -	PROGRAMADO	3	2	3	18	[Gantt bar from 02/12/2024 to 09/12/2024]																			
	Treinamento com os operadores e equipe de manutenção	Supervisor de manutenção Analista de RH	09/12/2024				12/12/2024	3	R\$ -	PROGRAMADO	1	1	1	1	[Gantt bar from 09/12/2024 to 12/12/2024]																			
Cadastro do ativo no ERP Criação da ordem de instalação Arquivamento dos manuais e procedimentos				Planejador de manutenção	02/12/2024	02/12/2024	0	R\$ -	PROGRAMADO	2	2	2	8	[Gantt bar from 02/12/2024 to 02/12/2024]																				

Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

#### 4.4 PROPOSTA DE PROCESSO ENXUTO E CRIAÇÃO DO VSM FUTURO

Nesta seção, serão sugeridas melhorias fundamentadas no VSM futuro e nas avaliações feitas durante as visitas à empresa, visando reduzir os desperdícios e os custos operacionais. Para isso, é apresentado o VSM do estado futuro, no qual observamos uma considerável redução no tempo de execução do produto no processo. Essa redução poderá ser alcançada por meio do projeto de melhorias apresentado ao longo deste capítulo. Conforme descrito no Quadro 14 manteve apenas os tempos de 1.920 min/mês com retífica dos cilindros do laminador que seria uma parada operacional planejada e o *uptime* ficaria 93,7% considerando uma média de 80 min/dia.

Quadro 14 – Proposta de tempos de processamento para produção de tijolos

Nº da atividade	Operação/Máquina	Tempo ciclo futuro (min/tijolo)	Tempo disponível (min/dia)	Tempo operacional (Tempo disponível -paradas da máquina)	<i>uptime</i> [(Tempo disponível - Total de paradas) /Tempo total disponível] x 100
1	Caixão alimentador	0,030	1.260	1.180	93,7%
2	Misturador	0,030	1.260	1.180	93,7%
3	Laminador	0,030	1.260	1.180	93,7%
4	Maromba	0,030	1.260	1.180	93,7%
5	Cortadeira	0,019	1.260	1.180	93,7%
6	Qualidade	0,016	1.260	1.180	93,7%
7	Torre de carregamento	0,006	1.260	1.180	93,7%
8	Empurrador mecânico 1	0,006	1.260	1.180	93,7%
9	Carro de transferência 2	0,002	1.260	1.180	93,7%
10	Secador	5.031	1.260	1.180	93,7%
11	Carro de transferência 3	0,002	1.260	1.180	93,7%
12	Torre de Descarregamento	0,006	1.260	1.180	93,7%
13	Montagem do conjunto de 1920 tijolos.	3	1.260	1.180	93,7%
14	Pré-forno	60	1.260	1.180	93,7%
15	Forno	2.460	1.260	1.180	93,7%
16	Pinça mecânica	0,013	1.260	1.180	93,7%
17	Paletizar+ Amarrar	4	1.260	1.180	93,7%
19	Expedição	63	528	528	100,00%

Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

#### 4.4.1 Sistema puxado e *Kanban*

No cenário futuro, o período disponível para as operações continuará de 1.260 min por dia, com foco em garantir um fluxo contínuo e ininterrupto, exceto para a expedição, que se limita ao horário comercial, dispondo de 528 min diários de segunda a sexta-feira.

Outro ponto observado no estudo, foi o excesso de produtos acabados, como sugestão do levantamento científico no segmento de cerâmica vermelha. O estudo propõe a implementação dos conceitos de supermercado e *Kanban* para melhorar o nível de serviço da empresa.

Nesse sentido, conforme explanado pelos autores Oliveira (2012) e Tomazi *et al.* (2015), após definição do supermercado, é necessário determinar como funcionaria a dinâmica dos cartões para o tijolo de 8F, como esses cartões circulariam pela fábrica e quantas peças representariam um cartão, como ele iria acompanhar o produto e como seria acionado para a produção, sinalizando que foi consumido.

Seguindo os conceitos dos autores Tomazi *et al.* (2015) foi proposto a elaboração de um *Kanban* de cartão grande e fácil visualização, que ficaria armazenado nos paletes entre os plásticos transparentes que protegem os produtos. Quando uma certa quantidade de paletes é vendida e um *Kanban* fica visível em algum palete na parte frontal do estoque, ele deve ser retirado pelo operador logístico e colocado no quadro de estoque conforme descrito na Figura 24.

Figura 24 – Modelo de quadro *kanban* para indústria de cerâmica vermelha



Fonte: Tomazi *et al.* (2015)

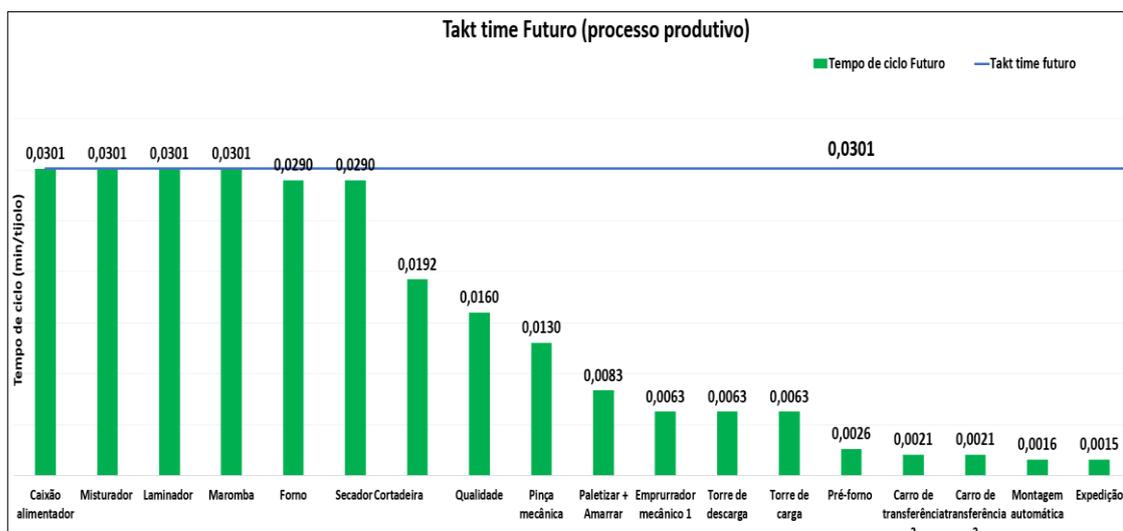
Conforme proposta do estudo o consumo médio de tijolos proposto seria de 1.254.663 unidades, resultando em média 41.822 tijolos por dia. Para os meses seguintes, foi considerado que a indústria possui uma previsão de demanda igual o mês anterior. Com esses dados e utilizando como padrão de produção o lote de tijolos que resulta em 1.920 unidades, foi dimensionado o *kanban* baseado no tempo de produção e mais 1,5 dias de supermercado (estoque), totalizando um tempo de espera de 6,71 dias e 7 cartões *kanban*. Com esses 7 cartões, será possível manter um estoque máximo de 420.939 tijolos e ter uma cobertura de estoque para 1,5 dias. Esse estoque possui uma rotatividade média de 4,47 vezes por mês. Nesse contexto, A demanda diária estimada foi de 41.822 unidades com o sistema puxado utilizando a metodologia *Kanban* conforme descrito no Quadro 15.

Quadro 15 – Proposta de estoque *Kanban* de tijolos

Variável	Proposta	Valor calculado
Previsão de demanda diária futura	Demanda mensal prevista/ 30 dias	41.822
Cobertura de estoque (Dias)	Estoque supermercado/ Demanda prevista dia	1,5
Quantidade por cartão	Consumo diário × Cobertura de estoque	62.733
Estoque de supermercado (Tijolos)	Consumo diário × ( <i>lead time</i> + Dias de cobertura)	280.626
Número de cartões <i>kanban</i>	(Estoque supermercado/Tamanho do lote) x Cobertura de estoque	7
Estoque máximo	Número de cartões × Tamanho do lote	420.939

Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

Para manter a produção contínua, o *takt time* calculado foi de 0,0301 minutos considerando o estado futuro conforme descrito na Figura 25. Assim como na análise *takt time* atual, o tempo *takt* de 0,0301 minutos será considerado como o *takt time* global. No cálculo do secador e forno, manteve o tempo de ciclo de produção, como é uma etapa característica do processo não é possível diminuir os 2.460 minutos e 5.031 min. Contudo, alguns processos, devido à automatização devem ser programados de forma mais lenta para atender o *takt time* e assim, não haver grandes períodos de ociosidade.

Figura 25 – Proposta de *takt time* do estado futuro

Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

O estudo estima uma melhora no *uptime*, de 88% para 93,7%, com base no plano de ação eliminando as paradas e aumentando a eficiência. Esse estado futuro, entretanto, haverá uma redução de 57% na produção mensal, ajustando-se à demanda, o que poderá evitar estoques excessivos e desperdícios. A demanda diária permanecerá constante, enquanto o estoque médio mensal cairá 42%, estimando uma redução nos custos de armazenamento. Além disso, o lote de produção poderá diminuir 16%, permitindo mais flexibilidade e resposta rápida à demanda. Em resumo, o Quadro 16 mostra que seria essa operação no ambiente mais enxuto e eficiente, com foco em melhor gestão da produção e estoques.

Quadro 16 – Comparativo do estado atual e futuro

Cenário	Atual	Futuro	Resultado	Ganho
<i>uptime</i>	88%	93,7%		5,7%
Produção/mês	2.199.040	1.254.663	- <b>944.377</b>	57%
Demanda média/dia	41.822	41.822		-
Estoque médio/mês	669.177	280.626	- <b>388.551</b>	42%
Lote de produção (Tijolos)	73.301	62.733	- <b>10.568</b>	16%

Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

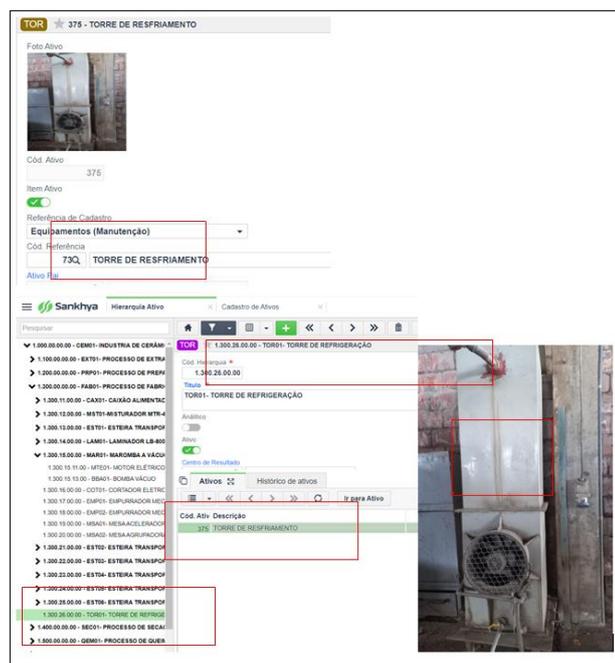
#### 4.4.2 Proposta de implantação do planejamento de manutenção

A redução do tempo de manutenção em equipamentos de produção de tijolos é essencial para aumentar a eficiência e a produtividade da fábrica. Conforme sugerido pelos autores Costa (2023) e Cuani (2015) o planejamento e controle de manutenção e o *Total Productive Maintenance* (TPM) são propostas de melhorias que podem gerar ganhos significativos na disponibilidade e confiabilidade nos equipamentos da indústria de cerâmica vermelha.

Nesse contexto, o estudo propõe a implementação do planejamento e controle de manutenção e o TPM para mitigar ou eliminar os problemas encontrados nas paradas dos ativos.

Como sugestão do estudo será necessário realizar o levantamento da necessidade do cadastro dos ativos e definição da criticidade. A Figura 26 mostra um modelo do *Enterprise Resource Planning* (ERP) *Sankhya* de cadastro que poderá ser utilizado na cerâmica vermelha.

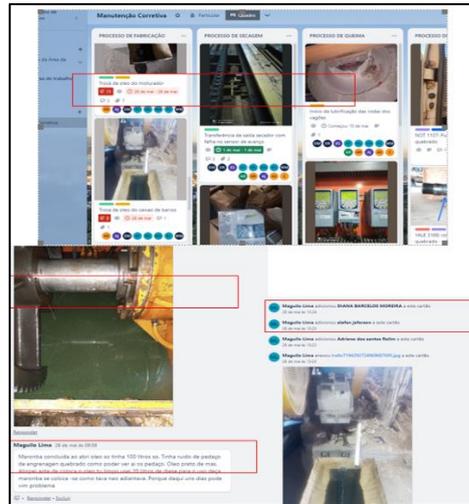
Figura 26 – Modelo de cadastro de equipamentos de produção de tijolos



Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

Em seguida foi proposto o *software Trello* como acompanhamento da manutenção para que fosse colocado as manutenções corretivas e que o responsável respondesse em tempo hábil. Dessa forma, o processo de manutenção dos ativos fluiria mais rápido e com menos interrupções por falta de informação como pode ser observado Figura 27.

Figura 27 – Sugestão de acompanhamento das manutenções corretivas



Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

Na proposta de criação dos planos de manutenção o autor Moura (2010) concorda que, a ferramenta *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) é amplamente utilizada na área da manutenção para prever e identificar falhas potenciais. Nesse sentido, o estudo propõe que seja criado reuniões com a área técnica (mecânico, electricista e operadores) para levantar os principais componentes de um equipamento que podem apresentar falhas potenciais e com base nesses itens ser elaborado as atividades de inspeção, lubrificação e substituição dos componentes. O modelo de plano de manutenção pode ser observado na Figura 28.

Figura 28 – Sugestão de plano de manutenção

55	PLANO DE MANUTENÇÃO MENSAL LUBRIFICADO	SAB	30	MANUTENÇÃO	12	00 20	LECIRM
56	PLANO REFRIGERAÇÃO TRIMESTRAL AR CONDICIONADO	Meses	3	MANUTENÇÃO	12	00 30	CERAM
57	PLANO REFRIGERAÇÃO SEMESTRAL CONDICIONADO	Meses	6	MANUTENÇÃO	12	00 25	CERAM
58	PLANO DE INSPEÇÃO MENSAL MÁQUINAS DE SOLDA	Meses	1	MANUTENÇÃO	12	00 40	CERAM
59	PLANO DE INSPEÇÃO MENSAL LIXEIRAS E FURADERAS	Meses	1	MANUTENÇÃO	12	00 00	CERAM
60	PLANO DE LUBRIFICAÇÃO QUINZENAL PICADOR	Dias	15	MANUTENÇÃO	12	00 30	CERAM

Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

Como uma tratativa para as manutenções corretivas, o estudo propõe a utilização do princípio dos 5 Porquês, 5s e Diagrama de *Ishikawa*. Araujo (2021) descreve que esses métodos visam identificar de forma abrangente as causas potenciais ou reais relacionadas ao processo. Em seguida, sugere-se o uso da ferramenta dos 5 Porquês para aprofundar a análise das causas encontradas pelo diagrama. A combinação dessas ferramentas permite uma investigação mais detalhada e eficaz dos problemas, facilitando a identificação das causas-raiz e auxiliando na definição de ações corretivas.

Com a proposta de utilização da metodologia 5S na indústria de cerâmica vermelha poderá ter resultados significativos na redução de desperdícios e na melhoria da organização do ambiente de trabalho. O Senso de utilização poderá eliminar materiais desnecessários, liberando espaço e facilitando o fluxo de produção. O senso de organização poderá otimizar a disposição das ferramentas e insumos, reduzindo o tempo de busca e aumentando a eficiência. Com o senso de limpeza, o ambiente ficará mais seguro e higiênico, minimizando riscos de acidentes. O senso de padronização manterá que esses padrões serão mantidos, enquanto o senso da disciplina promoverá a conscientização e o comprometimento contínuo dos funcionários, resultando em um local de trabalho mais produtivo e organizado.

No ponto das manutenções de inspeção e lubrificação o autor Cuani (2015) concorda que a manutenção autônoma tem como objetivo melhorar a eficiência dos equipamentos por meio do desenvolvimento da capacidade dos operadores para executar pequenos reparos e inspeções. Essa abordagem permite que os operadores assumam uma função mais ativa na manutenção, realizando ações preventivas que mantêm o processo em conformidade com os padrões estabelecidos.

Nesse sentido, a manutenção autônoma poderá auxiliar na identificação dos potenciais problemas e resolvendo falhas menores antes que elas se tornem críticas. Isso contribuirá para a redução de paradas não planejadas e aumentará a vida útil dos equipamentos. Ao permitir que os operadores estejam diretamente envolvidos na conservação das máquinas, essa prática também promove uma maior responsabilidade e cuidado com o equipamento, resultando em maior eficiência operacional e menores custos com manutenção corretiva.

Além disso, ao capacitar os operadores para pequenas intervenções, a manutenção autônoma reduz a necessidade de suporte constante das equipes de manutenção especializada, permitindo que elas foquem em atividades mais complexas. Essa autonomia gera um ciclo de melhoria contínua, no qual a eficiência do processo produtivo é aprimorada e os riscos de falhas maiores são minimizados.

#### 4.4.3 Aquisição de novas tecnologias e equipamentos

É evidente o excesso de processamento no circuito industrial. A montagem dos conjuntos antes de entrar no pré -forno, além de ser demorada, também aumenta o risco de lesão na coluna do colaborador. Nesse sentido, a sugestão é aquisição de uma máquina que realize esse processo de montagem. Visto que, é desnecessária a utilização desses dois colaboradores na visão *lean* do processo, o que acarretaria em um menor tempo de montagem. A automação do processo de fabricação de tijolos no enformamento e o desenformamento, resulta em um aumento da produção, redução dos custos de mão de obra e melhoria na qualidade dos produtos.

Essa substituição aumentará a velocidade do processo, reduzindo o tempo de ciclo de 30 min para, no máximo, 10 min (variando conforme quantidade de material). As vantagens são muitas, incluindo, redução da mão de obra, economia de tempo e melhor aproveitamento do espaço físico.

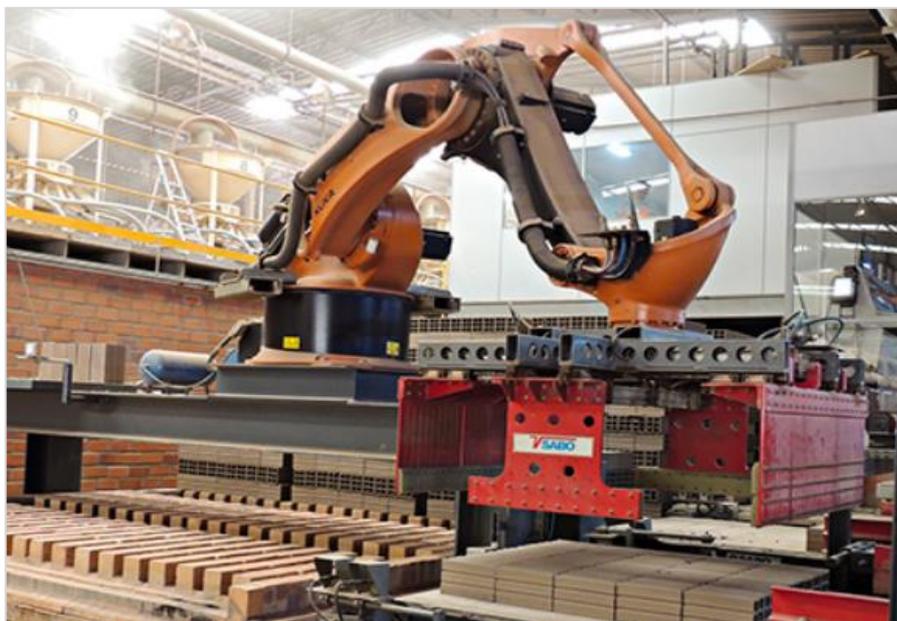
- **Robô paletizador**

Esse equipamento é um dispositivo avançado que automatiza a montagem e movimentação dos tijolos durante o processo de produção, desempenhando um papel importante na melhoria da eficiência, redução de custos e aumento da produtividade. Com capacidade de carga para até 200 kg, este equipamento permite o manuseio simultâneo de múltiplos tijolos e opera continuamente 24 horas por dia, garantindo máxima produtividade e minimizando o tempo de inatividade. Equipado com um sistema de controle informatizado, o braço automático permite a programação precisa de movimentos e tarefas, garantindo alta precisão e repetibilidade. Sensores avançados monitoram a posição e o estado dos tijolos, ajustando automaticamente para evitar erros e danos. Com vários graus de liberdade, o braço automático realiza movimentos complexos em múltiplas direções, essenciais para a montagem precisa dos tijolos.

Além disso, o braço automático é projetado para consumo otimizado de energia, contribuindo para a redução dos custos operacionais. Recursos de segurança avançados protegem os trabalhadores, minimizando riscos de acidentes e promovendo um ambiente de trabalho mais ergonômico. A integração fácil com outros componentes da linha de produção, como secadores, fornos e sistemas de transporte, cria um fluxo de trabalho contínuo e eficiente. Entre as vantagens do uso do braço automático estão o aumento da produção, a redução de custos com mão de obra, a melhoria na qualidade dos produtos, a redução do tempo de ciclo de

produção e a melhor utilização do espaço físico disponível.

Figura 29 – Modelo de braço robótico para movimentação de tijolos



Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

A instalação de um braço automático na fabricação de tijolos promete ganhos significativos tanto em produtividade quanto em economia financeira. Para entender o impacto dessa automação, é necessário analisar vários fatores, como o aumento da produção, a redução dos custos de mão de obra, a diminuição do desperdício, a melhoria da eficiência energética e a redução do tempo de ciclo. Atualmente, a produção diária é de 18.720 tijolos.

Com a introdução do braço automático, estima-se um aumento de 60% na produção, o que significa 11.232 tijolos adicionais por dia. Assim, a produção diária passaria a ser de 29.952 tijolos. Em um mês com 30 dias, a produção adicional seria de 898.560 tijolos, resultando em um aumento substancial na capacidade produtiva.

Além do incremento na produção, a automação permite uma redução significativa nos custos de mão de obra. Considerando um custo de R\$ 1.640 por trabalhador por mês e a possibilidade de reduzir à 4 o número de trabalhadores necessários, a economia mensal seria de R\$ 196.000,00. A automação também contribui para a redução do desperdício.

Com uma redução de 5% no desperdício, o que equivale a 936 tijolos por dia, a economia diária seria de R\$ 1.291,00 considerando um custo de produção de R\$ 1,28 por tijolo. Em um mês, essa economia seria de R\$ 38.750. Além das economias diretas, o aumento da produção também gera uma receita adicional. Com a produção adicional de 336.960 tijolos por mês e um preço de venda de R\$ 2,56 por tijolo, a receita extra seria de R\$ 862.618 mensais.

No Quadro 17 é somado todas essas economias e receitas adicionais, os ganhos financeiros mensais com a instalação do braço automático.

Quadro 17 – Comparativo de ganho com o modelo proposto de braço robótico

<b>Variáveis</b>	<b>Ganho com Braço robótico</b>
Economia em mão de obra	R\$ 196.800,00
Economia com redução de desperdício	R\$ 38.750,40
Receita adicional devido ao aumento da produção	R\$ 862.617,60
Custo de instalação e manutenção estimado	<b>-R\$ 200.000</b>
<b>Ganho Total Mensal</b>	<b>R\$ 898.168,00</b>

Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

- **Embaladora automática**

Aquisição de uma embaladora automática *ETHERNA AWR PRO* aumentaria a produtividade, pois possui uma capacidade produtiva de até 100 paletes por hora. A espessura do filme operacional varia entre 15 e 35  $\mu\text{m}$ . As dimensões máximas admissíveis da carga são de 2.000 x 1.400 mm, com outras dimensões disponíveis sob consulta. A altura máxima da carga é de 2.400 mm, adaptável conforme as especificações do cliente.

O peso máximo da carga é de 2.000 kg, ajustável para diferentes cargas conforme a necessidade do cliente. A máquina pode operar com 1 a 2 bobinas, dependendo das necessidades específicas, e o comprimento máximo da bobina é de 500 mm. Para a indústria de tijolos, essa máquina oferece vantagens econômicas e produtivas significativas, aumentando a eficiência do processo de embalagem, reduzindo custos operacionais e melhorando a segurança e estabilidade dos paletes durante o transporte. A Figura 30 ilustra esse equipamento com seus acessórios.

Figura 30 – Modelo proposto de embaladora e paletizadora de tijolos



Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

Atualmente a operação manual produz 20 paletes por hora, com um custo de mão de obra de R\$ 15 por hora por trabalhador, empregando 8 trabalhadores na linha de embalagem manual como pode ser observado no Quadro 18. O custo do filme estirável é de R\$ 0,05 por metro quadrado, sendo utilizados 5 metros quadrados de filme por palete. A operação é realizada 8 horas por dia, 5 dias por semana, durante 4 semanas por mês.

Quadro 18 – Levantamento da produtividade atual do processo produtivo

Unidades	Produtividade atual	
	Descrição dos cálculos	Valor
Horas por mês	8 horas/dia x 5 dias/semana x 4 semanas/mês	170 horas
Total de paletes por mês	20 paletes/hora x 170 horas	3.400 paletes
Custo de mão de obra	8 trabalhadores x R\$15,00/hora	R\$ 20.400 por mês

Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

No Quadro 19 é demonstrado o cenário de produção com a proposta de implementação da embaladora e paletizadora automática.

Quadro 19 – Produtividade com embaladora automática

Unidades	Produtividade com <i>ETHERNA AWR</i>	
	Descrição dos cálculos	Valor
Horas por mês	20 horas/dia x 7 dias/semana x 4 semanas/mês	560 horas
Total de paletes/mês	100 paletes/hora x 560 horas	56.000 paletes
Custo de manutenção e operação da máquina	01 Operador para operar a máquina	R\$ 1.600,00
Custo do Filme Estirável	5 m <sup>2</sup> /palete x R\$ 0,05/m <sup>2</sup>	R\$ 0,25 por palete
	56.000 paletes x R\$ 0,25	R\$ 14.000 por mês

Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

A análise dos dados revela um estado futuro com possível aumento na produtividade com a implementação da embaladora e paletizadora automática, passando de 3.400 para 56.000 paletes por mês, resultando em um ganho de 52.600 paletes mensais. No entanto, esse aumento de produtividade veio acompanhado do aumento nos custos de manutenção e operação, que subiram de R\$ 1.600 para R\$ 20.400 por mês, representando um acréscimo de R\$ 18.800.

Como pode ser observado no Quadro 20 o custo do filme estirável poderá aumentar de R\$ 850 para R\$ 14.000 mensais, uma diferença de R\$ 13.150. Apesar do ganho significativo em produtividade, os custos operacionais e de materiais também poderão aumentar.

Quadro 20 – Ganhos esperados com a produtividade embaladora automática

Variáveis	Produtividade atual	Produtividade com <i>ETHERNA AWR</i>	Ganho
Produção mês	3.400 paletes/mês	56.000 paletes/mês	52.600
Custos de manutenção e operação	R\$ 1.600/mês	R\$ 20.400/ mês	R\$ 18.800/mês
Custo do Filme Estirável	R\$ 850/ mês	R\$ 14.000/ mês	R\$ 13.150/ mês

Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

A análise da proposta do estudo prever uma mudança significativa no cenário de produção entre o estado atual e o estado futuro.

Nesse cenário com um tempo disponível de 1.260 minutos por dia e uma demanda de 73.301 tijolos, o *takt time* é de 0,017 minutos por tijolo. Já no estado futuro, mantendo o mesmo tempo disponível, a demanda é reduzida para 41.822 tijolos mensais, o que resulta em um *takt time* maior, de 0,0301 minutos por tijolo. Essa diferença indica que, no estado futuro, haverá mais tempo disponível para produzir cada tijolo, o que pode permitir um processo de produção mais equilibrado, com menor pressão sobre os recursos e maior potencial para otimização da eficiência.

A redução substancial nos estoques, tanto em processamento quanto mensal, também pode liberar capital de giro, permitindo que a empresa reinvesta em melhorias ou inovação. No Quadro 21 é possível observar a proposta de estado futuro promissor, onde a eficiência e a agilidade são aprimoradas, embora a empresa deva monitorar de perto a produção para garantir que a demanda seja atendida de forma eficaz.

Quadro 21 – Ganhos com processo enxuto de tijolos

<b>Atual</b>	<b>Futuro</b>	<b>Variável</b>	<b>Resultado esperado</b>	<b>Ganho esperado</b>
6.791	7.621	Tempo de processamento (min)	830	12%
10.065	2.641	Tempo que não agrega valor (min)	-7.424	74%
73.301	62.733	Produção (Tijolo/dia)	-10.568	14%
41.822	41.822	Demanda (Tijolo/dia)	0	0%
1,87	4,47	Giro de estoque	2,60	42%
669.177	280.626	Estoque mensal (Tijolos)	-388.551	58%

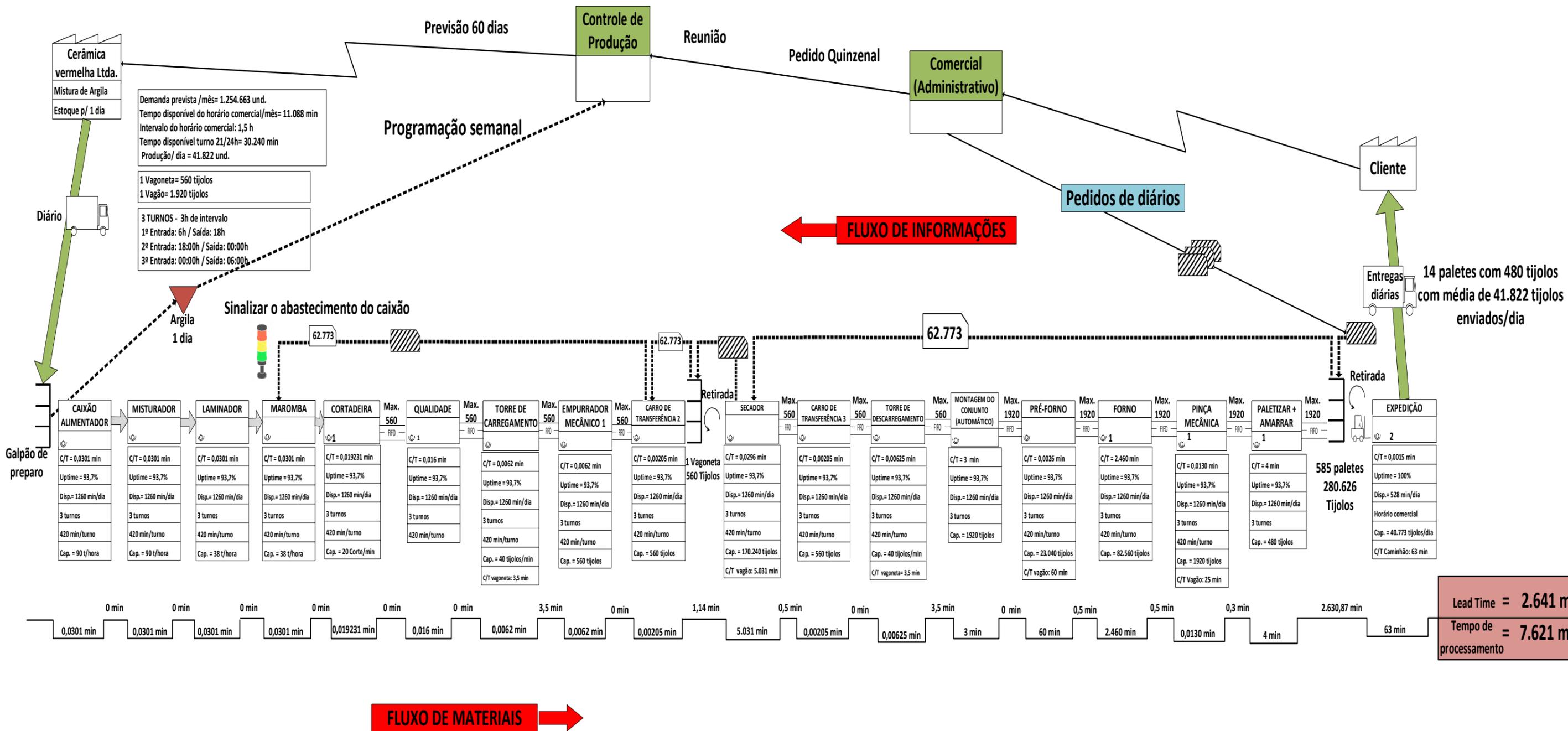
Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

A comparação entre o estado atual e o futuro apresenta várias oportunidades de melhoria na eficiência operacional. O *lead time* poderá ter uma redução de 74%, essa diminuição significativa do tempo que não agrega valor sugere uma maior eficiência no uso do tempo de produção, permitindo que mais recursos sejam direcionados para atividades que realmente agregam valor. A queda de 14% na produção diária pode ser compensada pela otimização dos processos, refletindo um melhor alinhamento com a demanda. Além disso, a melhoria no giro

de estoque, que aumentará em 42%, pode indicar uma maior agilidade na movimentação de materiais e possível redução dos custos de armazenagem.

Na Figura 31, é apresentado o desenho do estado futuro, que ilustra a proposta do estudo com as melhorias e possíveis mudanças planejadas no processo produtivo de tijolos para cerâmica vermelha. Este diagrama destaca as principais otimizações em termos de fluxo de trabalho, redução de tempos que não agregam valor e eficiência operacional.

Figura 31 – Mapa do estado futuro



Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

## 5 CONCLUSÃO

A gestão da produção tem proposto a adoção de práticas sustentáveis, como redução de resíduos, uso eficiente de recursos naturais e responsabilidade social, com foco em melhorias contínuas. Por outro lado, o engajamento, capacitação da equipe são fundamentais para identificar tempos não produtivos que afetam a produtividade, custo e a qualidade. Neste viés, o VSM é uma ferramenta essencial da produção enxuta, que visa simplificar o processo produtivo ao eliminar desperdícios no estado futuro. Dito isto, retoma-se o questionamento: **De que forma o uso da ferramenta VSM poderá contribuir para reduzir ou eliminar os desperdícios do processo produtivo junto a indústria de cerâmica vermelha?**

No estudo proposto foi utilizado os princípios do VSM no segmento de cerâmica vermelha para compreender o contexto em que esse setor estava inserido, analisando detalhadamente os processos existentes. Isso incluiu entender como as diversas atividades estavam interligadas e identificando os gargalos que poderiam estar dificultando o fluxo produtivo. Esse entendimento permitiu uma visão mais clara das áreas que precisavam de melhorias.

No desenho do estado atual foi possível observar todo o processo, desde a entrada da matéria-prima até a entrega dos produtos aos clientes. Esse mapeamento destacou cada etapa, incluindo tempos de espera, estoques e movimentações internas, permitindo a identificação das ineficiências.

Nesse contexto, o estudo propôs a implementação de novos equipamentos assim como sugerido por Costa (2023) e Neto *et al.* (2014), como um braço robótico e uma embaladora automática, no processo produtivo da indústria de cerâmica vermelha, com base em uma análise preliminar utilizando a ferramenta *Value Stream Mapping* (VSM). A expectativa é de que essa modernização resulte em no aumento de 12 % no tempo que agrega valor e uma diminuição de 74% no tempo que não agrega valor, otimizando significativamente as etapas produtivas.

Como proposta, a aplicação das ferramentas FMEA, 5 Porquês, 5S e Diagrama de *Ishikawa* na indústria de cerâmica vermelha poderá trazer ganhos significativos na manutenção e eficiência produtiva. O FMEA auxiliará na previsão e identificação de falhas potenciais, permitindo o planejamento de inspeções, lubrificação e substituição de componentes críticos. Já os 5 Porquês e o Diagrama de *Ishikawa* proporcionarão uma análise aprofundada das causas dos problemas, ajudando a identificar as causas raiz e a definir ações corretivas eficazes. corretivas, aumentando a confiabilidade dos equipamentos.

Nesse cenário, Cuani (2015) e Tomazi *et al.* (2015) entendem que essas melhorias na produção da indústria de cerâmica vermelha poderão tornar o processo mais ágil e melhor alinhado às demandas do mercado. A diminuição de desperdícios e a melhoria na eficiência dos processos não apenas reduzem custos, mas também impulsionam a rentabilidade e a competitividade da empresa. O *takt time* desempenhou um papel essencial na identificação de desperdícios e na validação dos novos tempos propostos, confirmando a eficácia das melhorias propostas.

Nessa proposta o aumento da produção demandará novas políticas de vendas, permitindo que o preço do produto se torne mais competitivo no mercado. Considerando o cenário econômico atual, o aumento da produção reduz o custo produtivo, possibilitando que os produtos sejam vendidos a preços mais baixos sem comprometer a qualidade e a confiabilidade do negócio.

O estudo propõe a criação de uma cultura organizacional, mas é observado que é um processo longo e detalhado, que exige atenção a pequenos detalhes até se tornar parte da rotina da empresa. Na proposta do estado futuro após a aplicação das ferramentas *lean* mais adequadas à situação da empresa (VSM, gestão visual, 5S, padronização e *Kaizen*), buscou-se principalmente a redução de desperdícios e de custos operacionais através dos planos de ação (Gravit *et al.*, 2022; Lima *et al.*, 2020).

Embora o VSM ofereça inúmeros benefícios, os autores Costa (2023) e Cuani (2015) apontam alguns desafios que precisam ser superados para que o estado futuro seja alcançado. Um dos principais obstáculos é a resistência dos colaboradores às mudanças. Visto que, quando uma nova metodologia é introduzida, especialmente quando envolve alterações nos processos estabelecidos, é comum que haja relutância por parte dos colaboradores. Isso pode dificultar a adoção completa da metodologia, uma vez que as mudanças podem gerar insegurança ou desconforto.

Portanto, o VSM oferece uma metodologia que poderá otimizar os processos produtivo e reduzir desperdícios, e sua implementação pode enfrentar desafios como a resistência dos colaboradores, falta de conhecimento e dificuldades na medição de resultados. Superar esses obstáculos exige treinamento adequado, envolvimento contínuo da equipe e um monitoramento rigoroso dos indicadores de desempenho. Ao adotar uma abordagem estruturada e focada na melhoria contínua, a empresa pode alcançar ganhos significativos em eficiência, produtividade e satisfação do cliente, garantindo um processo mais enxuto e competitivo a longo prazo.

## 6 CONTRIBUIÇÕES DA PESQUISA

A gestão de produção é o conjunto de atividades que garantem a eficiência e a produtividade dos produtos ou serviços oferecidos aos clientes. Para isso, a gestão de produção considera aspectos como demanda de mercado, capacidade produtiva, recursos disponíveis, custos e indicadores de desempenho. Além disso, ela deve estar alinhada com a estratégia da empresa e buscar inovação nos processos produtivos.

Enquanto o MFV ou *Value Stream Mapping* é um mapeamento de processo que considera todo o fluxo de trabalho de um produto, desde a chegada da matéria-prima até a entrega ao cliente. Ademais, o estudo científico no segmento de cerâmica vermelha utilizando o MFV é fundamental para o desenvolvimento e aprimoramento das práticas industriais. Visto que, este setor enfrenta diversos desafios que podem impactar o crescimento e a eficiência das empresas, por isso, exigem estratégias inteligentes e flexibilidade para enfrentar as mudanças no mercado e manter a competitividade. No contexto específico do fluxo de valor na cerâmica vermelha, sua contribuição é significativa tanto para a ciência, quanto a sociedade e a economia.

**Acadêmico:** Esta pesquisa descreve a aplicação do MFV na indústria de cerâmica vermelha, analisando a literatura sobre sua utilização em processos produtivos. O estudo apresenta uma proposta que pode ser adaptado por outras cerâmicas, permitindo que desenvolvam seu próprio MFV conforme suas necessidades específicas e os desafios enfrentados em suas operações.

As contribuições técnicas da pesquisa incluem uma análise detalhada dos processos produtivos na cerâmica vermelha, identificando desperdícios e oportunidades de melhoria. A pesquisa ofereceu uma comparação das melhores práticas e dos desafios na implementação do VSM, servindo como um guia para futuras iniciativas de otimização, contribuindo para o avanço do conhecimento na aplicação de ferramentas *lean* na indústria de cerâmica.

**Social:** A aplicação do VSM futuro na indústria de cerâmica vermelha poderá trazer impactos positivos, especialmente na eficiência dos processos produtivos e na redução dos desperdícios. Isso poderá gerar benefícios para a comunidade local, como a criação de um ambiente de trabalho mais organizado e produtivo, além de contribuir para a sustentabilidade da empresa ao minimizar o consumo excessivo de recursos. A otimização dos processos também pode fortalecer a imagem da cerâmica como uma organização comprometida com a melhoria contínua e a inovação. Com isso, a empresa pode melhorar a percepção pública de seu compromisso com a eficiência e a responsabilidade social, ao mesmo tempo em que oferece produtos de melhor qualidade e em prazos mais competitivos. A melhoria na comunicação

interna e na organização dos fluxos de trabalho também contribui para um ambiente de produção mais colaborativo e conectado.

**Econômica:** O VSM na indústria de cerâmica vermelha poderá trazer vantagens ao otimizar a alocação de recursos, eliminando desperdícios e melhorando a eficiência dos processos. Ao identificar e reduzir atividades que não agregam valor, como estoques excessivos, movimentações desnecessárias e tempos de espera, o segmento de cerâmica vermelha poderá melhorar o uso de seus recursos, resultando em uma operação mais enxuta. Isso pode levar a uma significativa redução de custos operacionais, permitindo que os recursos economizados sejam reinvestidos em áreas mais estratégicas e em melhorias contínuas. Além disso, a otimização dos processos pode aumentar a capacidade produtiva, melhorando a competitividade da empresa no mercado e contribuindo para o crescimento sustentável do negócio.

## REFERÊNCIAS

- ABIDIN, M. H. Z. *et al.* Lean impact on manufacturing productivity: A case study of industrialized building system (IBS) manufacturing factory. **Jurnal Teknologi: Sciences & Engineering**, [s. l.], v. 84, n.4, p. 65–77, 2022.
- ALMUTAIRI, N. A. N. Using lean principles in water maintenance operations with application to water treatment plant. **Journal of Environmental Treatment Techniques**, [s. l.], v. 8, n. 4, p. 1345-1351, 2020.
- AMRANI, A.; DUCQ, Y. Lean practices implementation in aerospace based on sector characteristics: methodology and case study. **Production Planning & Control**, [s. l.], v. 31, n. 16, p. 1313-1335, 2020.
- ARAGÃO, A. P. **Modelagem e simulação computacional de processos produtivos: o caso da cerâmica vermelha de Campo dos Goytacazes**. 2011. 121 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de produção) – Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, 2011.
- ARAÚJO, F. C.; AMARAL, T. G. Aplicação do mapeamento de fluxo de valor para redução dos desperdícios da produção: estudo de caso de uma fábrica de artefatos de solo-cimento. **REEC - Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, [s. l.], v. 18, n. 1, p. 68-80, 2022.
- ARAUJO, R. B. **Identificação de oportunidades de melhorias a partir da aplicação do mapeamento de fluxo de valor em uma empresa do setor de instalação e reparação automotiva para veículos pesados**. 2021. 44 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Uberlândia, Ituiutaba, 2021.
- ARAÚJO, M. N. P.; DUARTE, C.R.; PRADO, A. C. A. Avaliação do processo produtivo de uma olaria como alternativa para redução de perdas com produtos disformes. **Cerâmica Industrial**, [s. l.], v. 24, n. 4, p. 37-44, 2019.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CERÂMICA. **ABCERAM**: informações técnicas. Disponível em: <https://abceram.org.br>. Acesso em: 15 jul. 2023.
- ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE CERÂMICA VERMELHA. **ANICER**: informação: dados do setor. Disponível em: <https://www.anicer.com.br/anicer/setor>. Acesso em: 24 jul. 2023.
- AUGUSTO, B. P. **Proposta de metodologia de avaliação da implementação de práticas enxutas em serviços de saúde**. 2017. 180 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2017.
- BARTH, A. **O mapeamento do fluxo de valor como suporte à melhoria de processos em uma pequena empresa**. 2020. 118 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Produção Elétrica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2020.
- BESSA NETO, L. J.; SOMBRA JUNIOR, F. J.; GUERRA, F. K. O. M. V. Análise da implementação de medidas de eficiência energética em uma indústria cerâmica de pequeno

porte em Russas/CE. **Revista Eletrônica de Engenharia Elétrica e Engenharia Mecânica**, [s. l.], v. 3, n. 1, p. 25-34, 2021.

BONFANTE, M. C. **Mapeamento de fluxo de valor como método para a manufatura sustentável: pesquisa-ação em uma empresa produtora de embalagens flexíveis**. 2016. 115 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2016.

BRAGA, W. A.; SANTOS, M. W. L. C.; SALES, J. C. Qualidade na indústria de cerâmica vermelha: medidas e alternativas para o controle dimensional. **Cerâmica Industrial**, [s. l.], v. 21, n. 5-6, p. 40-43, 2016.

BRISTOT, V. M.; SCHAEFFER, L.; GRUBER, V. Manutenção preditiva em indústrias de revestimentos cerâmicos. **Cerâmica Industrial**, [s. l.], v. 17, n. 1, p. 29-35, 2012.

BUSTAMANTE, G.; BRESSIANI, J. C. A indústria cerâmica brasileira. **Cerâmica industrial**, [s. l.], v. 5, n. 3, p. 31-35, 2000.

CABRAL JUNIOR, M. *et al.* Estudo estratégico da cadeia produtiva da indústria cerâmica no estado de São Paulo: Parte I – introdução e a indústria de cerâmica vermelha. **Cerâmica industrial**, São Paulo, v. 24, n. 1, p. 20-34, 2019.

CABRAL JUNIOR, M. *et al.* Indústria de cerâmica vermelha e o suprimento mineral no Brasil: desafios para o aprimoramento da competitividade. **Cerâmica Industrial**, São Paulo, [s. l.], v. 17, n.1, p. 36-42, 2012.

CARVALHO, F. L. S.; LEITE JUNIOR, C. P. Avaliação de perdas de matérias primas: uma proposta para melhoria no processo de uma panificadora. **Brazilian Journal of Production Engineering**, São Mateus, v. 8, n. 2, p. 37-61, 2022.

CAUCHICK-MIGUEL, P. A. *et al.* (coord.). **Metodologia de Pesquisa em Engenharia de Produção e Gestão de Operações**. 3. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2018.

CAVAGLIERI, M. **Lean Archives: o emprego do lean office na gestão de arquivos**. 2015. 202 f. Dissertação (Mestrado profissional em Gestão de Unidades de Informação) – Centro de Ciências Humanas e da Educação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2015.

CINTRA, G. A. **Aplicação de ferramentas lean manufacturing: estudo comparativo entre indústrias de bens de consumo não duráveis**. 94 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2019.

COSTA, J. V. S. **Mapeamento do fluxo de valor de uma indústria cerâmica sob a ótica da filosofia lean: um estudo de caso**. 53 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal do Amazonas, Itacoatiara, 2023.

CORRÊA, K. T. P. A.; VASCONCELOS, A. M. Análise da capacidade do processo de secagem em uma cerâmica vermelha. **Cerâmica Industrial**, [s.l.], v. 20, n. 5, p. 40-44, 2015.

CUANI, I. **Gestão do processo produtivo através do lean manufacturing: um estudo de**

caso em uma indústria cerâmica. 2015. 75 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Gestão de Empresas) – Universidade Estadual de Campinas, Limeira, 2015.

DAVE, P. Y. The history of lean manufacturing by the view of Toyota Ford. **International Journal of Scientific & Engineering Research**, [s. l.], v. 11, n. 8, p. 1598-1602, 2020.

DUMSER, J. **Mapeamento do fluxo de valor**: Reduzir o desperdício e maximizar a eficiência. 1. ed. [S. l.]: 50Minutos, 2023.

DURAKOVIC, B. *et al.* Lean manufacturing: Trends and implementation issues. **Periodicals of Engineering and Natural Sciences**, [s. l.], v. 6, n. 1, p. 130-143, 2018.

GARDONIO, P. C. M.; FARIAS FILHO, J. R. A utilização da ferramenta de mapeamento do fluxo de valor (MFV) para melhoria de processos: estudo de caso em uma empresa do setor naval. **Brazilian Journal of Business**, Curitiba, v. 1, n. 2, p. 166-182, 2019.

GIL, A. C. *et al.* **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GOGGI, T. B. **Aplicação do programa 5S em uma área operacional para elevação da maturidade dos postos de trabalho**. 2023. 45 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Produção) – Instituto Federal do Espírito Santo, Cariacica, 2023.

GRAVIT, M. *et al.* Implementation of Elements of the Concept of lean Construction in the Fire Protection of Steel Structures at Oil and Gas Facilities. **Buildings**, [s. l.], v. 12, n. 11, p. 1-18, 2022.

HABIB, M. A.; RIZVAN, R.; AHMED, S. Implementing lean manufacturing for improvement of operational performance in a labeling and packaging plant: A case study in Bangladesh. **Results in Engineering**, [s. l.: s. n.], v. 17, p. 1-14, 2023.

HENRIQUE, D. B. *et al.* A new value stream mapping approach for healthcare environments. **Production Planning & Control**, [s. l.], v. 27, n. 1, p. 24-48, 2015.

HERNANDEZ-MATIAS, J. C. *et al.* lean manufacturing and operational performance: Interrelationships between human-related lean practices. **Journal of Manufacturing Technology Management**, [s. l.], v. 31, n. 2, p. 217-235, 2020.

HOFRICHTER, M. **VSM - Value Stream Mapping**: como fazer, passo a passo. 1. ed. [S. l.]: Simplíssimo, 2020.

IDROGO, A. A. A.; BEZERRA, M. C. C.; ACUÑA, G. S. Estudo sobre os desperdícios presentes no processo de fabricação de telhas em uma indústria de cerâmica vermelha. **Brazilian Journal of Business**, Curitiba, v. 1, n. 3, p. 1087-1103, 2019.

JANGID, A. **Implementation and analysis of true lean in a startup company by using PDCA model, a case study in a manufacturing venture**. 2019. 99 f. Dissertação (Mestrado em Science in Manufacturing Systems Engineering) – University of Kentucky, Paducah, 2019.

KUMAR, S. *et al.* A hybrid approach to enhancing the performance of manufacturing organizations by optimal sequencing of value stream mapping tools. **International Journal of lean six sigma**, [s. l.], v.14, n. 1, p. 1-28, 2023.

LANDEGHEM, H. V.; COTTYN, J. Extending value stream mapping for lean production planning and control. **Management and Production Engineering Review**, v. 13, n. 3, p. 75–82, 2022.

LIMA, J. S. **Proposta de implantação do planejamento e controle da manutenção (PCM) em uma empresa de cerâmica vermelha**: Um estudo de caso. 2022. 177 f. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal do Ceará, Russas, 2022.

LIMA, R. M. *et al.* Implementation of lean in health care environments: an update of systematic reviews. **International Journal of lean six sigma**, [s. l.], v. 12, n. 2, p. 399-431, 2020.

LIU, C.; ZHANG, Y. Advances and hotspots analysis of value stream mapping using bibliometrics. **International Journal of lean six sigma**, [s. l.], v. 14, n. 1, p. 190-208, 2023.

M SUNDER, V.; PRASHAR, A. Characterization and Examination of Operational Excellence Deployment Failures: mediation effect of technical and behavioral failure factors. **IEEE-Institute of Electrical and Electronics Engineers**, [s. l.], v. 70, n. 6, p. 2080-2092, 2023.

MACIEL, D. S. C.; FREITAS, L. S. Análise do processo produtivo de uma empresa do segmento de cerâmica vermelha à luz da produção mais limpa. **Revista Produção Online**, Florianópolis, v. 13, n. 4, p. 1355-1380, 2013.

MAFRA, A. T. **Proposta de indicadores de desempenho para a indústria de cerâmica vermelha**. 128 f. 1999. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1999.

MAGALHÃES, C. F. B. **Análise do processo produtivo dos tijolos cerâmicos na fábrica nova são José de Itacoatiara/AM** um estudo de caso. 2016. 69 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Processos) – Universidade Federal do Pará, Belém, 2016.

MARDIANA, D. P.; ALFARISI, S. Supporting factors to improve the lack during lean manufacturing implementation. **Journal of Physics: Conference Series**, [s. l.], v. 1430, n. 2, p. 1-7. 2020.

MENEZES, A. H. N. *et al.* **Metodologia científica: teoria e aplicação na educação a distância**. 1. ed. Petrolina: Universidade Federal do Vale do São Francisco, 2019.

MITROPAPAS, N. **Quality Management Systems: the lean approach**. 2019. 121 f. Tese (Doutorado em Maritime Transport) – National Technical University of Athens, Atenas, 2019.

MOLINERO, G. E.; GONÇALES FILHO, M. Implementação de uma cultura lean manufacturing no setor de equipamentos de geração de energia: uma análise comparativa

entre a teoria e a prática. **Brazilian Journal of Production Engineering**, São Mateus, v. 8, n. 1, p. 18-32, 2022.

MOREIRA, F. S. C. **Proposta de um plano de manutenção em uma indústria de cerâmica vermelha**: um estudo de caso. 2021. 89 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal do Ceará, Russas, 2021.

NANDIA, V. S. *et al.* Estudo do comportamento energético em forno túnel de cerâmica vermelha. **Cerâmica industrial**, [s. l.], v. 20, n. 5-6, p. 30-39, 2015.

NEGRÃO, L. L. L.; GODINHO FILHO, M. Adoção do VSM para o diagnóstico e melhoria de desempenho operacional de uma agroindústria na Amazônia. **Revista de Gestão e Secretariado**, São Paulo, v. 14, n. 2, p. 2347-2360, 2023.

NETO, J. M. *et al.* Estudo da viabilidade econômica do emprego do robô manipulador na paletização de revestimentos cerâmicos. **Cerâmica Industrial**, [s. l.], v. 19, n. 3, p. 17-20, 2014.

NEVES, G. R. S.; LEONI, J. N. Aplicação dos 5s em uma indústria metal mecânica do interior de São Paulo. **Engenharia em Ação Uniletoledo**, Araçatuba, v. 4, n. 2, p. 123-135, 2019.

NGUYEN, N. T. *et al.* Improving Inventory Time in Production Line through Value Stream Mapping: A Case Study. **Journal of Engineering Science & Technology Review**, [s. l.], v. 16, n. 1, p. 33-43, 2023.

NUNES, A. C. N.; RESENDE, S. S. **Guia técnico ambiental da indústria de cerâmica vermelha**. Belo Horizonte: FIEMG - Federação das Indústrias do Estado de Minas Gerais, FEAM - Fundação Estadual do Meio Ambiente de Minas Gerais, 2013. 59 p.

OHNO, T. **Toyota production system: beyond large-scale production**. 1. ed. New York: Productivity press, 1988.

OLIVEIRA, D. M. S. **Fatores críticos na prática de lean manufacturing em empresas de segmentos diferentes, com elevado ganho de produtividade**. 2019. 148 f. Dissertação (Mestrado em Gestão de Sistemas de Engenharia) – Centro de Engenharia e Computação, Universidade Católica de Petrópolis, Petrópolis, 2019.

OLIVEIRA, T. C. S. **Controle de estoque através do kanban eletrônico**. 2012. 80 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2012.

OLIVEIRA, M. C.; MAGANHA, M. F. B. **Guia técnico ambiental da indústria de Cerâmica branca e de revestimento -série P+L**. São Paulo: CETESB, 2008. 84 p.

OTSUKA, K.; BEN-MAZWI, N. The impact of Kaizen: assessing the intensive Kaizen training of auto-parts suppliers in South Africa. **South African Journal of Economic and Management Sciences**, [s. l.], v. 25, n. 1, p. 2-9, 2022.

OTSUKA, K.; JIN, K.; SONOBE, T. (ed.). **Applying the Kaizen in Africa**. 1. ed. [S.

l.]: **Palgrave Macmillan**, 2018.

PASCHOAL, J. A. A. **Estudos de parâmetros de qualidade para cerâmica estrutural vermelha**. 2003. 206 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos (SP), 2003.

PEREIRA, F. A. **Mapeamento de fluxo de valor apoiado por sistemas de rastreamento**. 2012. 195 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Sistemas de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2012.

PINHEIRO, I. S. **Melhoria de uma célula de produção com a aplicação de conceitos lean manufacturing**. 2021. 24 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial) – Universidade do Minho, Portugal, 2021.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

REDA, H.; DVIVEDI, A. Decision-making on the selection of lean tools using fuzzy QFD and FMEA approach in the manufacturing industry. **Expert Systems with Applications**, [s. l.: s. n.], v. 192, p. 1- 12, 2021.

RIBEIRO, D. R. S. **Sistemática para implementação de lean maintenance em processos de manufatura com base na abordagem Toyota Kata**. 2017. 174 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2017.

RODRIGUES, M. E. H.; KIELING, A. C. **Aplicação de ferramentas lean manufacturing em uma linha de embalagem de lentes oftálmicas**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 10., 2020, *Actas do [...]*. As Engenharias na Saúde, p.1 11. Disponível em: [https://aprepro.org.br/conbrepro/2020/anais/arquivos/10092020\\_161034\\_5f80b65e5909f.pdf](https://aprepro.org.br/conbrepro/2020/anais/arquivos/10092020_161034_5f80b65e5909f.pdf). Acesso em: 25 jul. 2023.

RODRIGUES, D. L.; BRISTOT, V. M.; GUIMARÃES, L. P. Análise de rupturas de estoques de manutenção de uma indústria cerâmica do Sul de Santa Catarina. **Cerâmica Industrial**, [s.l.], v. 28, n. 1, p. 1-10, 2023.

ROSA, E.; TAVARES, L. B. F. **Proposta de implementação do lean manufacturing em uma multinacional de bioenergia: um estudo de caso**. 2022. 69 f. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Uberlândia, Ituiutaba, 2022.

ROTHER, M.; SHOOK, J. **Aprendendo a Enxergar**. 1. ed. [S. l.]: Lean Institute Brasil, 2012.

SABINO, A. R. **Características físico-químicas das argilas utilizadas na indústria de cerâmica vermelha no município de Tabatinga-AM: um estudo de caso em indústrias do município**. 2016. 121 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de processos) – Universidade Federal do Pará, Belém (PA), 2016.

SAMPAIO, M. B. *et al.* Inovações tecnológicas e saúde do trabalhador: estudo comparativo

da operação de fornos em uma indústria de cerâmica vermelha na região do Cariri, no Ceará. **Research, Society and Development**, [s. l.], v. 11, n. 13, p. 1- 12, 2022.

SANTOS, L. F.; LIMA, R. H. C. Caracterização tecnológica das matérias primas argilosas do médio Amazonas. **Cerâmica Industrial**, [s. l.], v. 20, n. 5-6, p. 44-49, 2016.

SANTOS, M. M. M. P. *et al.* A modelagem de processos como apoio à identificação de problemas de qualidade em uma indústria de cerâmica vermelha. **Revista Principia-Divulgação Científica e Tecnológica do IFPB**, João Pessoa, v. 60, n. 1, p. 138–153, 2023.

SCHULZE, F.; DALLASEGA, P. Barriers to lean implementation in engineer-to-order manufacturing with subsequent assembly on-site: state of the art and future directions. **Production Planning & Control**, Bolzano, v. 34, n. 1, p. 91-115, 2021.

SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS. **SEBRAE**. Estudo de mercado: Relatório completo: Cerâmica vermelha para construção: telhas, tijolos e tubos. São Paulo: SEBRAE, 2008.

SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS. **SEBRAE**. Cerâmica Vermelha: Panorama do mercado no Brasil. Boletim Inteligente, [s. l.], 2015.

SILVA, D. C.; ICHIHAR, J. A. Balanceamento de linhas de produção de uma empresa de cerâmica vermelha de são miguel do guamá através de simulação de eventos discretos. **Produção & Engenharia**, [s. l.], v. 8, n. 1, p. 679-695, 2016.

SHOU, W. *et al.* Value adding and non-value adding activities in turnaround maintenance process: classification, validation, and benefits. **Production Planning & Control**, [s. l.], v. 31, n. 1, p. 60-77, 2019.

SINGH, J. *et al.* Managing industrial operations by lean thinking using value stream mapping and six sigma in manufacturing unit: Case studies. **Management decision**, [s. l.], v. 58, n. 6, p. 1118-1148, 2020.

SMIRNOV, S.; ZYABRIKOV, V. Implementation of lean practices in Russian manufacturing companies. In: International Conference on Information Management (ICIM), 7., 2021, Londres. **Advancing technology for humanity**, 2021. p. 177-181.

TAQUETTE, S. R.; BORGES, L. **Pesquisa qualitativa para todos**. 1. ed. Petrópolis: Vozes, 2021.

TOMAZI, L. F. *et al.* Sistema de sincronização de ordens operacionalizado por cartões kanban em uma empresa de cerâmica vermelha. **Cerâmica Industrial**, [s. l.], v. 20, n. 3, p. 23-29, 2015.

TRUBETSKAYA, A.; MCDERMOTT, O.; BROPHY, P. Implementing a customised lean Six Sigma methodology at a compound animal feed manufacturer in Ireland. **International journal of lean six sigma**, [s. l.], v. 14, n. 4, p. 1-21, 2023.

VALSECHI, D. A. **Identificação dos riscos ocupacionais em uma indústria de cerâmica vermelha no município de Morro da Fumaça-SC**. 2018. 47 f. Monografia (Especialização

em Engenharia de Segurança do Trabalho) – Universidade do Sul de Santa Catarina, Tubarão, 2018.

VAZ, E. J. A. **Estudo do impacto do “lean maintenance” e do TPM na indústria Portuguesa**. 2020. 24 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial) – Instituto Politécnico do Porto, Portugal, 2020.

VIEIRA, B. I. P. **Implementação de metodologias lean com ênfase na eficiência global de equipamentos**. 2021. 17 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Gestão da Qualidade) – Universidade do Minho, Portugal, 2021.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. **A mentalidade enxuta das empresas lean thinking**. 6. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROOS, D. **The machine that changed the world: The story of lean production-Toyota's secret weapon in the global car wars that is now revolutionizing world industry**. 1. ed. New York: Free Press, 2007.

YOKOYAMA, T. T. *et al.* Bayesian networks as a guide to value stream mapping for lean office implementation: a proposed framework. **Operations Management Research**, [s. l.], v. 16, n. 1, p. 49-79, 2022.

ZACCARON, A. **Estudo do processo de secagem rápida em argilas utilizadas para fabricação de cerâmica Vermelha**. 2018. 200 f. Dissertação (Mestrado em ciências e engenharia de materiais) – Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2018.

ZONOTEL, D. R. *et al.* Proposta de melhoria para redução de divergências do estoque de uma empresa do setor cerâmico. **Cerâmica Industrial**, [s.l.], v. 22, n. 2, p. 25-31, 2017.

## APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE TIJOLOS

### **Mapeamento do Fluxo de Valor como proposta de melhoria no segmento de cerâmica vermelha**

Olá! Sou Alafan Jeferson da Costa Lima e irei aplicar um questionário a você. Estas perguntas referem-se a uma pesquisa de campo que compõe o procedimento que coleta informações para a dissertação de mestrado, a qual sou a pesquisador: **“Mapeamento do Fluxo de Valor como proposta de melhoria no segmento de cerâmica vermelha”**.

Sua colaboração, embora voluntária, é de suma importância. Por esse motivo, gostaríamos de contar com sua participação. Asseguramos que os dados pessoais serão mantidos em sigilo. Certos de sua presteza antecipamos nossos sinceros agradecimentos.

1. Quantas horas a maromba funciona à noite?

- a) 1,5 h
- b) 2 h
- c) 3 h
- d) 4 h
- e) Mais de 4 h

2. Existe abastecimento do caixão à noite?

- a) Não, o abastecimento só é feito durante o dia
- b) Sim, mas com a supervisão do técnico de segurança

3. Depois de abastecido, o caixão alimentador quanto tempo estimado demora para abastecer novamente?

- a) 0,5 h
- b) 1 h
- c) 2 h
- d) 3 h
- e) Mais de 4 h

4. Quanto é o lote de produção?

- a) 480 tijolos

- b) 1920 tijolos
- c) 3840 tijolos
- d) 5760 tijolos
- e) Mais de 6000 tijolos

5. Como é verificado se o caixão alimentador está precisando ser abastecido?

- a) Costumo ir a cada 50 min verificar o nível de barro no equipamento
- b) Geralmente deixar acumular até no máximo \_\_\_\_\_ conchas da pá carregadeira que equivale \_\_\_\_\_ toneladas com tempo médio de \_\_\_\_\_ min

6. Existe um controle de estoque de segurança?

- a) Sim, mas não é eficiente
- b) Sim, e estamos sempre monitorando o nível do estoque
- c) Não, apresentamos problema para medir esse estoque
- d) Não, mas vamos implementar um controle futuramente

7. Quantos turnos cada área da indústria funciona?

- a) Costumo ir logo postando: a atividade, nota e considerações finais no sistema, conforme terminei vou finalizando a correção
- b) Costumo esperar acabar todo o lote que separei para corrigir e assim postar tudo no mesmo dia

8. Qual a capacidade do forno e secador?

- a) 3 turnos- 3 h de intervalo e o Horário comercial
- b) 1 Turno - 3 h intervalo e o Horário comercial
- c) Horário comercial somente

9. Como a informação é passada para a fabricação?

- a) É feita uma previsão da demanda que é passada para o gerente de produção e informado para os operadores por reunião diária
- b) Não é feita uma previsão de demanda, mas apenas uma produção empurrada e passada informalmente para o gerente de produção

10. Quanto tempo em média leva para uma vagoneta ser carregada com tijolos crus?

- a) 30 min
- b) 15 min
- c) 3,5 min
- d) 4,5 min
- e) 8 min
- f) 9 min

11. Após a saída do forno, quanto tempo os tijolos levam para esfriar antes de serem movidos para a plataforma?

- a) Imediatamente após a saída do forno
- b) 60 min
- c) 35 min
- d) 120 min
- e) 150 min
- f) 25 min tempo de movimentação de um conjunto de 480 tijolos
- g) Assim que o tijolo sai do forno o vagão é retirado e posicionado para ser movimentado

12. Quanto tempo em média leva para realizar a inspeção de qualidade dos tijolos após a saída do forno?

- a) Imediatamente após a saída do forno
- b) Não é feita na saída do forno
- c) 35 min
- d) 120 min
- e) 150 min

13. Quantos tijolos são descartados em média por lote devido a defeitos de fabricação?

- a) Menos de 1%
- b) 1-2%
- c) 3-4%
- d) 5-6%
- e) 7-8%

14. Quanto tempo em média leva para embalar e preparar os tijolos para transporte após a paletização?

- a) 38 min
- b) 15 min
- c) 3,5 min
- d) 4,5 min
- e) 8 min
- f) 9 min

15. Desde o início da operação da fabricação, quanto tempo em média leva para o tijolo sair da maromba e entrar no secador?

- a) 38 min
- b) 15 min
- c) 3,5 min
- d) 4,5 min
- e) 8 min
- f) 9 min

16. Em geral, quantas vagonetas secas ficam no pátio aguardando a utilização pela torre de carga?

- a) Nenhuma, as vagonetas são utilizadas imediatamente
- b) 1 vagoneta
- c) 2-3 vagonetas
- d) 10-15 vagonetas
- e) 30-70 vagonetas
- f) 100-150 vagonetas

17. Quanto tempo, em média, o secador processa uma vagoneta com 560 tijolos?

- a) 1000 min
- b) 2000 min
- c) 3500 min
- d) 4500 min
- e) 5000 min

18. Quantos tijolos, em média, ficam aguardando para ser descarregados e em seguida montados no vagão?

- a) Menos de 500 tijolos
- b) 500-1000 tijolos
- c) 1001-1500 tijolos
- d) 1501-2000 tijolos
- e) 2001-2500 tijolos
- f) 2501-3000 tijolos
- g) 3001-3500 tijolos
- h) Mais de 3500 tijolos

19. Após a saída do secador, quanto tempo, em média, o vagão leva para entrar no pré-forno?

- a) Imediatamente após a saída do secador
- b) 60 min
- c) 35 min
- d) 120 min
- e) 150 min

20. Quanto tempo, em média, após sair do pré-forno, o vagão fica dentro do forno?

- a) 10 min
- b) 60 min
- c) 35 min
- d) 120 min
- e) 150 min

21. Após o vagão sair do forno, quanto tempo leva para a pinça movimentar os tijolos para a plataforma?

- a) Imediatamente após a saída do forno
- b) 60 min
- c) 35 min
- d) 120 min
- e) 150 min

22. Quanto tempo, em média, leva para o operador realizar a amarração no caminhão?

- a) 20 min
- b) 60 min

- c) 35 min
- d) 120 min
- e) 150 min

23. Quantas vagonetas de tijolos são produzidas em média por dia?

- a) Menos de 5 vagonetas
- b) 5-10 vagonetas
- c) 11-15 vagonetas
- d) 16-20 vagonetas
- e) 21-25 vagonetas
- f) 26-30 vagonetas
- g) 31-35 vagonetas
- h) Mais de 35 vagonetas

24. Quanto tempo em média leva para realizar a manutenção preventiva das máquinas envolvidas no processo de fabricação dos tijolos?

- a) Menos de 1 hora
- b) 1-2 horas
- c) 3-4 horas
- d) 5-6 horas
- e) 7-8 horas
- f) 9-10 horas
- g) 11-12 horas
- h) Mais de 12 horas

25. Quantas pessoas estão envolvidas, em média, no processo completo de fabricação de uma vagoneta de tijolos?

- a) 1-2 pessoas
- b) 3-4 pessoas
- c) 5-6 pessoas
- d) 7-8 pessoas
- e) 9-10 pessoas
- f) 11-12 pessoas
- g) 13-14 pessoas

h) Mais de 14 pessoas

26. Qual é o tempo médio de espera para a chegada de matérias-primas necessárias para a fabricação dos tijolos?

a) Menos de 1 dia

b) 1-2 dias

c) 3-4 dias

d) 5-6 dias

e) 1 semana

f) 2 semanas

g) 3 semanas

h) Mais de 3 semanas

27. Quanto tempo em média leva para misturar e preparar a argila antes de ser moldada em tijolos?

a) Menos de 1 hora

b) 1-2 horas

c) 3-4 horas

d) 5-6 horas

e) 7-8 horas

f) 9-10 horas

g) 11-12 horas

h) Mais de 12 horas

28. Qual é o tempo médio de operação contínua do forno antes de precisar de uma pausa para manutenção?

a) Menos de 1 semana

b) 1-2 semanas

c) 3-4 semanas

d) 5-6 semanas

e) 7-8 semanas

f) 9-10 semanas

g) 11-12 semanas

h) Mais de 12 semanas

29. Qual é o tempo médio de cura dos tijolos após a moldagem e antes de entrarem no secador?

- a) Menos de 1 hora
- b) 1-2 horas
- c) 3-4 horas
- d) 5-6 horas
- e) 7-8 horas
- f) 9-10 horas
- g) 11-12 horas
- h) Mais de 12 horas

30. Quantos tijolos, em média, são produzidos por hora em uma linha de produção?

- a) Menos de 100 tijolos
- b) 100-200 tijolos
- c) 201-300 tijolos
- d) 301-400 tijolos
- e) 401-500 tijolos
- f) 501-600 tijolos
- g) 601-700 tijolos
- h) Mais de 700 tijolos

31. Quanto tempo em média leva para realizar a limpeza completa das máquinas após um ciclo de produção?

- a) Menos de 1 hora
- b) 1-2 horas
- c) 3-4 horas
- d) 5-6 horas
- e) 7-8 horas
- f) 9-10 horas
- g) 11-12 horas
- h) Mais de 12 horas

32. Quantos funcionários são necessários, em média, para operar o secador durante um turno de trabalho?

- a) 1 funcionário

- b) 2 funcionários
- c) 3 funcionários
- d) 4 funcionários
- e) 5 funcionários
- f) 6 funcionários
- g) 7 funcionários
- h) Mais de 7 funcionários

33. Qual é o tempo médio de transporte dos tijolos desde a plataforma até o local de armazenamento?

- a) Menos de 30 minutos
- b) 30-60 minutos
- c) 1-2 horas
- d) 2-3 horas
- e) 3-4 horas
- f) 4-5 horas
- g) 5-6 horas
- h) Mais de 6 horas

34. Qual é a capacidade média de produção diária de tijolos em uma linha de produção?

- a) Menos de 500 tijolos
- b) 500-1000 tijolos
- c) 1001-1500 tijolos
- d) 1501-2000 tijolos
- e) 2001-2500 tijolos
- f) 2501-3000 tijolos
- g) 3001-3500 tijolos
- h) Mais de 3500 tijolos

35. Quanto tempo em média leva para fazer a manutenção corretiva das máquinas em caso de falha?

- a) Menos de 1 hora
- b) 1-2 horas
- c) 3-4 horas

- d) 5-6 horas
- e) 7-8 horas
- f) 9-10 horas
- g) 11-12 horas
- h) Mais de 12 horas

36. Quanto tempo em média leva para um novo lote de argila ser preparado e adicionado à linha de produção?

- a) Menos de 1 hora
- b) 1-2 horas
- c) 3-4 horas
- d) 5-6 horas
- e) 7-8 horas
- f) 9-10 horas
- g) 11-12 horas
- h) Mais de 12 horas

37. Quanto tempo em média leva para um operador ser treinado para operar a linha de produção de tijolos?

- a) Menos de 1 semana
- b) 1-2 semanas
- c) 3-4 semanas
- d) 1-2 meses
- e) 3-4 meses
- f) 5-6 meses
- g) 7-8 meses
- h) Mais de 8 meses