

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS

TAÍS FADEL DE CAMARGO

Implementação da metodologia WCM (World Class Manufacturing) para o
aumento da produtividade de uma fábrica de argamassa: estudo de caso

São Carlos
2019

TAÍS FADEL DE CAMARGO

Implementação da metodologia WCM (World Class Manufacturing) para o aumento da produtividade de uma fábrica de argamassa: estudo de caso

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Materiais e Manufatura, da Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheira de Materiais.

Orientador: Prof. Dr. José Benedito Marcomini

VERSÃO CORRIGIDA

São Carlos
2019

AUTORIZO A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO,
POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS
DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Prof. Dr. Sérgio Rodrigues Fontes da
EESC/USP com os dados inseridos pelo(a) autor(a).

C135i Camargo, Taís Fadel de
Implementação da metodologia WCM (World Class
Manufacturing) para o aumento da produtividade de uma
fábrica de argamassa: estudo de caso / Taís Fadel de
Camargo; orientador José Benedito Marcomini. São
Carlos, 2019.

Monografia (Graduação em Engenharia de Materiais e
Manufatura) -- Escola de Engenharia de São Carlos da
Universidade de São Paulo, 2019.

1. WCM. 2. argamassa. 3. produtividade. 4.
eficiência industrial. I. Título.

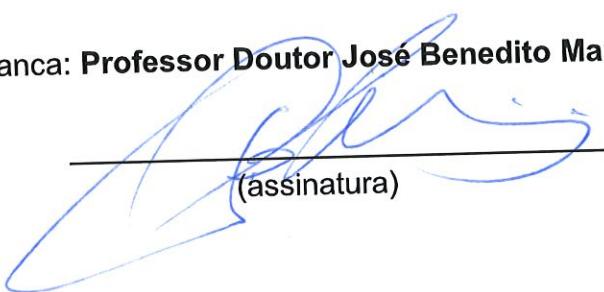
FOLHA DE APROVAÇÃO

Candidato: Taís Fadel de Camargo
Título do TCC: Implementação da metodologia WCM (World Class Manufacturing) para o aumento da produtividade de uma fábrica de argamassa: estudo de caso
Data de defesa: 31/05/2019

Comissão Julgadora	Resultado
Professor Doutor José Benedito Marcomini (orientador)	APROVADO
Instituição: EESC - SMM	
Professor Doutor Marcelo Aparecido Chinelatto	Aprovada
Instituição: EESC - SMM	
Pesquisador Joseane Moreira Giarola	Aprovado
Instituição: EESC - SEM	

Presidente da Banca: Professor Doutor José Benedito Marcomini

(assinatura)



DEDICATÓRIA

Aos meus pais Eliana e André, por sempre batalharam para realizar meus sonhos, especialmente este. Ao meu irmão Tiago, por me inspirar a ser engenheira. Por fim, aos meus amigos, por tornarem esses anos mais leves, divertidos, e por me ensinarem que é possível encontrar uma segunda família, mesmo fora de nossa casa.

AGRADECIMENTOS

À Universidade de São Paulo, que me acolheu nestes últimos anos, me mostrando que existe esperança na educação brasileira.

Aos meus pais, André e Eliana, e ao meu irmão, Tiago, que forneceram todos os recursos necessários para que eu chegassem até aqui e que são a melhor família que eu poderia ter.

Agradeço o professor José Benedito Marcomini, que me deu total apoio para a confecção deste trabalho, tornando-o viável, e também a todos os docentes que batalham todos os dias para desenvolver e tornar os alunos seres humanos melhores, com destaque para o professor Alessandro Roger, um ser humano de extremo bem.

À empresa deste estudo de caso, por me proporcionar um ambiente de trabalho repleto de ensinamentos e por me guiar no início da minha jornada profissional, consolidando meus aprendizados antes vistos na Universidade.

Às minhas amigas de classe e de vida, mulheres maravilhosas e dedicadas, Bia, Bruna e Bel, pois sem elas essa experiência não teria sido tão rica quanto foi.

Às amigas que não são de classe, mas que também me ensinaram muito na vida em São Carlos e sempre me apoiaram, especialmente Raíssa, Larissa, Rebeca e Furiosa.

A todos os amigos próximos que fizeram esses anos se tornarem divertidos, leves e maravilhosos, destacando os prezados B1, B2, Churros, Fernandinho, Fred Becker, Giu, Guga, Jerry, Max, Palmito, Titas, Zoega, Meio, Coxa e meu companheiro especial, Curioso.

Agradeço finalmente a todos que passaram pela minha vida e que, mesmo que eu não tenha citado o nome aqui, foram fundamentais para compor a pessoa que eu me tornei.

RESUMO

CAMARGO, T. F. **Implementação da metodologia WCM (World Class Manufacturing) para o aumento da produtividade de uma fábrica de argamassa: estudo de caso.** Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2019.

Com o aumento da competitividade das indústrias, a necessidade da implementação de programas de melhoria de performance é crescente. O presente trabalho trata um estudo de caso da aplicação da metodologia *World Class Manufacturing* ou Manufatura de Classe Mundial (WCM) para aumento de produtividade de uma fábrica de argamassa, com o foco voltado para o processo de ensaque. A metodologia conta com diversos pilares, sendo um deles referente à eficiência industrial, o qual serviu de base para o projeto estudado. O indicador de performance escolhido para o projeto foi a produtividade medida em toneladas por horas homem trabalhadas (HHT). O incremento desse indicador ocorreu pela redução de horas investidas no processo produtivo, sem a alteração do volume. Um roteiro de seis passos foi seguido com a aplicação de ferramentas como o diagrama de espaguete, análise ECRS, 5 porquês e Ishikawa. Metas foram propostas no início do projeto e acompanhadas durante a implantação. As principais ações foram tomadas com o intuito de reduzir as atividades que não agregavam valor ao processo, como a movimentação de pessoas e materiais, e a limpeza dos equipamentos, por exemplo. Ao final do projeto foi possível atingir a meta de HHT proposta e, consequentemente, a meta de produtividade, que sofreu um incremento de 50,4%, passando de 11,3 tons/HHT para 17 tons/HHT. Além disso as condições de trabalho da operação foram melhoradas e a cultura WCM disseminada.

Palavras-chave: WCM; argamassa; produtividade; eficiência industrial.

ABSTRACT

CAMARGO, T. F. Implementation of WCM (World Class Manufacturing) methodology to increase the productivity of a mortar factory: case study. Monograph – Escola de Engenharia de São Carlos, University of São Paulo, São Carlos, 2019.

The competitiveness between industries nowadays is forcing them to pursue high performance programs in order to achieve operational excellence. The present work brings a case of study of the World Class Manufacturing (WCM) methodology applied in a mortar factory, specifically in the bagging process, to increase its productivity. This methodology is based on several pillars as industrial efficiency, which is the basis for this study. A six-step route was the guideline for the project, where WCM important tools were used, as the spaghetti diagram, Ishikawa, 5 whys and ECRS analysis. The productivity was chosen as the key performance indicator (KPI) and it is measured in mortar tons per hour men worked. To increase the KPI, the strategy was to reduce the hour men worked variable, without changing the production volume. Thereby, activities that did not add value to the process, such as people movement, handling and machine cleaning were mapped and actions were taken in order to eliminate or reduce them. At the beginning of the project a target was proposed to the KPI and in the end of the sixth step it was possible to achieve it, increasing 50,4% the productivity. In addition, operating conditions were improved and the WCM culture was disseminated.

Keywords: WCM; mortar; productivity; industrial efficiency.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Representatividade dos custos com mão de obra das seções produtivas da planta.....	32
Figura 2 – Proporção dos custos com mão de obra na Seção A.....	33
Figura 3 – Representação de uma ensacadeira rotativa de seis bicos.....	35
Figura 4 – Piso das ensacadeiras.....	36
Figura 5 – Plataforma de depósito dos paletes.....	37
Figura 6 – Piso das moegas.....	37
Figura 7 – Piso da sala de análises.....	38
Figura 8 – Visão geral dos pisos envolvidos no processo de ensaque.....	38
Figura 9 – O templo WCM.....	40
Figura 10 – Exemplo de um diagrama de Pareto.....	42
Figura 11 – Exemplo Diagrama de Ishikawa e análise dos 4 M's.....	42
Figura 12 – Exemplo análise dos 5 porquês.....	43
Figura 13 – Diagrama de espaguete.....	44
Figura 14 – Diagrama de espaguete do operador A.....	50
Figura 15 – Distância em metros gasta diariamente em cada trecho pelo OP A.....	51
Figura 16 – Diagrama de espaguete do operador de revezamento A/B.....	53
Figura 17 – Distância em metros gasta diariamente em cada trecho pelo OP A/B.....	53
Figura 18 – Atividades realizadas por cada operador e suas durações.....	55
Figura 19 – Pareto das atividades com potencial de redução de tempo.....	56
Figura 20 – Adição de bandeja para coleta de resíduos.....	57
Figura 21 – Alteração estrutural da proteção da ensacadeira.....	58
Figura 22 – Layout do Piso 1 após a construção do novo escorregador.....	58
Figura 23 – Ficha de apontamento de anomalias.....	60
Figura 24 – Gráfico de acompanhamento das anomalias.....	61
Figura 25 – Classificação das atividades dos operadores quando à VA, SVA e NA.....	63
Figura 26 – Novo diagrama de espaguete do operador de revezamento A/B.....	65
Figura 27 – Nova distância em metros gasta diariamente em cada trecho pelo OP A/B.....	65
Figura 28 – Pareto de priorização das anomalias encontradas.....	67
Figura 29 – Análise dos 5 porquês da anomalia.....	67
Figura 30 – Nova classificação das atividades dos operadores quanto à VA, SVA e NA.....	68

Figura 31 – Nova lista das atividades realizadas pelo OP A e suas durações.....	69
Figura 32 – Diagrama de esaguete com todas as atividades atribuídas ao OP A.....	70

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Quem faz o que e quando.....	47
Tabela 2 – Trechos percorridos pelo operador A.....	50
Tabela 3 – Trechos percorridos pelo operador de revezamento A/B.....	52
Tabela 4 – Novos trechos percorridos pelo operador de revezamento A/B.....	64

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	–	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CIL	–	<i>Cleaning Inspection Lubrication</i> (Limpeza, Inspeção e Lubrificação)
DDS	–	Diálogo Diário de Segurança
ECRS	–	Eliminar Combinar Reorganizar Simplificar
HHT	–	Horas homem trabalhadas
IHM	–	Interação homem máquina
KPI	–	<i>Key Performance Indicator</i> (Indicador chave de performance)
NA	–	Não valor agregado
SVA	–	Semi valor agregado
TPM	–	<i>Total Productive Maintenance</i> (Manutenção Produtiva Total)
VA	–	Valor agregado
WCM	–	<i>World Class Manufacturing</i> (Manufatura de Classe Mundial)

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	31
1.1 Contextualização.....	31
1.2 Justificativa	31
1.3 Objetivo	33
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	34
2.1 Processo produtivo da argamassa	34
2.2 Metodologia WCM	39
2.2.1 Principais Ferramentas do WCM	41
2.3 Produtividade	45
3 METODOLOGIA.....	46
3.1 Roteiro utilizado	46
3.2 Desenvolvimento dos passos do roteiro.....	46
3.2.1 Passo 1	46
3.2.2 Passo 2	49
3.2.3 Passo 3.....	59
3.2.4 Passo 4.....	60
3.2.5 Passo 5.....	61
3.2.6 Passo 6.....	62
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	63
4.1 Resultados obtidos com a aplicação dos passos	63
4.1.1 Resultados do Passo 1	63
4.1.2 Resultados do Passo 2	64
4.1.3 Resultados do Passo 3	66
4.1.4 Resultados do Passo 4	66
4.1.5 Resultados do Passo 5	68
4.1.6 Resultados do Passo 6	70
5 CONCLUSÃO.....	72
REFERÊNCIAS.....	75
ANEXO A – ECRS.....	79

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

A competitividade das indústrias se torna cada vez mais evidente com o avanço da tecnologia, flexibilização e abertura do mercado, o que passa a exigir das organizações um constante aumento de performance industrial e redução de gastos.

Pensando nisso, além da participação estratégica de áreas organizacionais como a comercial, o marketing, vendas, inteligência de mercado, etc, surgem programas focados em melhoria contínua, baseados na filosofia *Lean*, tais como o TPM (*Total Productive Maintenance* ou Manutenção Produtiva Total) e o WCM (*World Class Manufacturing* ou Manufatura de Classe Mundial) (TOSTES, 2017). A filosofia *Lean*, que se refere ao sistema de manufatura enxuta, no caso do *Lean Manufacturing*, tem como objetivo minimizar os desperdícios e promover a melhoria contínua dos processos em que é aplicada.

A empresa tratada no presente estudo de caso é uma indústria argamassas e rejantes, a qual faz o uso do programa de performance industrial WCM, que será descrito com mais detalhes no item 2.2 deste trabalho.

Tratando-se mais especificamente do mercado de argamassas, e tendo em vista que a empresa envolvida neste estudo de caso é de grande porte, entende-se como os principais desafios: o baixo valor agregado do produto e o alto número de micro e pequenas empresas concorrentes no mercado, caracterizando assim um setor fragmentado (FINDES, 2015).

A pulverização desse setor dá-se justamente pelo fato da produção de argamassa ser relativamente simples, com matérias primas de fácil acesso e baixo custo. Por essa razão, grande parte da argamassa é produzida de forma artesanal no próprio canteiro de obra, o que faz com que a representatividade da argamassa industrializada no Brasil seja de apenas 2% (FINDES, 2015).

Ainda com relação aos desafios das empresas produtoras de argamassa no Brasil, tem-se a falta de informações e estatísticas precisas, o que dificulta as previsões de mercado e posicionamento estratégico (CAMPORA, 2010).

1.2 Justificativa

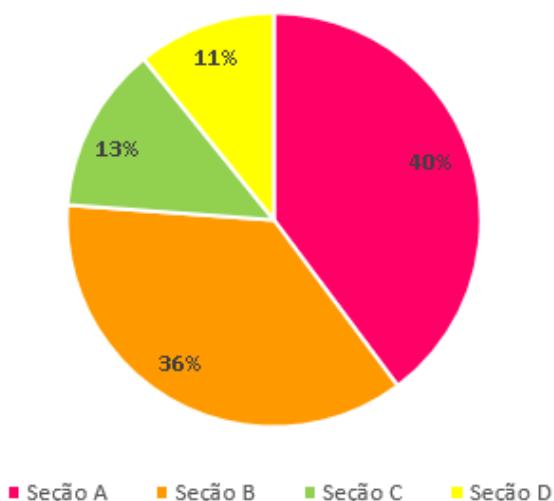
A planta da empresa possui cinco seções produtivas, sendo três delas de argamassa (Seções A, C e D) e uma de rejuntamento (Seção B). Para o estudo de aumento da performance,

foram feitos desdobramentos dos custos da empresa para analisar qual seria a área de atuação mais significativa que justificasse a atuação de um projeto.

Quando os custos totais da empresa são analisados, tem-se que os dois maiores custos são com matéria prima e com mão de obra. Como a redução de custos com matéria prima não é explorável, decidiu-se atuar nos custos com mão de obra.

Primeiramente foi analisada a representação percentual dos custos despendidos com mão de obra em cada seção, demonstrados na Figura 1.

Figura 1 – Representatividade dos custos com mão de obra das seções produtivas da planta

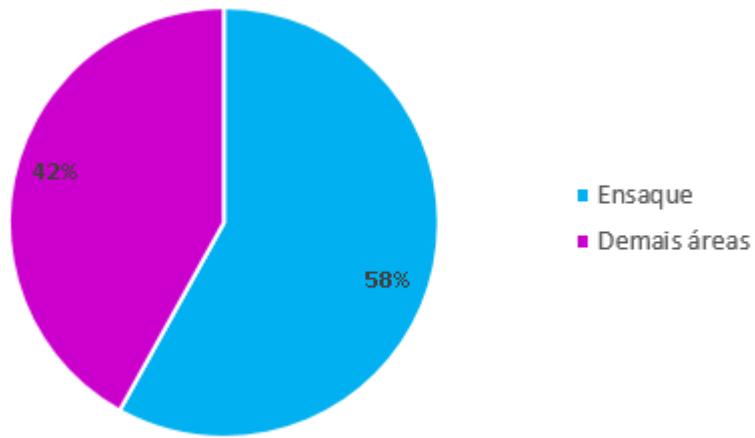


Fonte: Autoria própria (2019).

Como indicado no gráfico da Figura 1, o maior custo com mão de obra é o da Seção A, correspondendo a 40% do total com mão de obra gasta na produção.

A seção produtiva conta com áreas de dosagem, mistura, ensaque e paletização. Para refinar ainda mais a área de atuação, decidiu-se atuar no ensaque, pois nessa etapa estavam concentrados os maiores custos com mão de obra, representando 58% do total da seção, como indicado na Figura 2.

Figura 2 – Proporção dos custos com mão de obra na Seção A



Fonte: Autoria própria (2019).

Ainda, a área de ensaque conta com quatro ensacadeiras, sendo uma delas com a aplicação automatizada e as outras três com aplicação manual. Mostradas as estratificações acima, fica evidente que a atuação de um projeto de redução de custos converge para a área de ensaque da Seção A. Pelo fato de uma das ensacadeiras ser automatizada, um projeto visando a redução do custo com mão torna-se viável.

1.3 Objetivo

O objetivo do projeto que motivou o presente estudo de caso é utilizar as ferramentas do WCM para diminuir as atividades sem valor agregado, reduzindo os custos com mão de obra sem que haja impacto negativo na produção, aumentando assim a produtividade da linha e, consequentemente, melhorando a performance industrial.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Processo produtivo da argamassa

A argamassa pode ser definida como “Mistura homogênea de agregado(s) miúdo(s), aglomerante(s) inorgânico(s) e água, contendo ou não aditivos, com propriedades de aderência e endurecimento, podendo ser dosada em obra ou em instalação própria (argamassa industrializada)” (ABNT, 2005).

Em outras palavras, a composição da argamassa é essencialmente areia (agregados miúdos), cal e/ou cimento (aglomerantes inorgânicos) e água. A adição dos tipos e quantidades de aditivos depende dos requisitos de uso do produto, por exemplo, área de aplicação, umidade do ambiente, tipo de material e superfície a ser empregada, etc.

Para vias deste trabalho, somente será tratada a argamassa industrializada, a qual possui dosagem controlada e estado seco e homogêneo (pó), sendo necessária apenas a adição de água pelo usuário final (ABNT, 1995).

Ainda, as argamassas são classificadas em quatro tipos: AC-I, AC-II, AC-III e AC-III E, que devem ser escolhidos com base na aplicação desejada (PEREIRA, 2015).

Segundo Pereira (2015), o tipo AC-I é recomendado para o assentamento de revestimentos e pisos cerâmicos em ambientes internos. Sua composição permite que seja utilizado tanto em ambientes secos como em ambientes molhados, como quartos e banheiros. Esse produto é relativamente o mais simples, com menor valor agregado, e de maior volume produzido na Seção A, mencionada anteriormente, a qual é referência neste estudo.

A AC-II possui a característica de absorver variações de temperatura, umidade e ação do vento, dos revestimentos cerâmicos e de pisos, e por isso é recomendada para ambientes tanto internos quanto externos. Pode também ser utilizada externamente em paredes e fachadas, assentamento de revestimento de piscinas de água fria e em áreas públicas (PEREIRA, 2015).

O tipo AC-III trata do mais forte grau de aderência, quando comparado com os outros tipos. Por esse motivo, é recomendado para o assentamento de placas de dimensões superiores a 60 cm x 60 cm, fachadas em locais altos que apresentam risco de acidente por desprendimento de revestimento e até mesmo piscinas de água quente e saunas (PEREIRA, 2015).

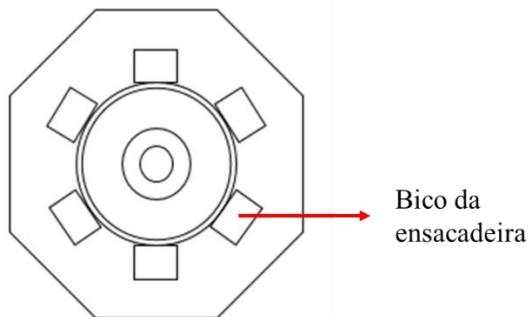
Ainda, Pereira (2015) afirma que o tipo AC-III E refere-se a qualquer um dos tipos mencionados acima (I, II e III), porém com tempo de cura estendido, ou seja, possui efeito de retardar o endurecimento da massa homogênea.

Como mencionado no item 1.2, as etapas macro do processo são a dosagem, a mistura, o ensaque e a paletização.

Na dosagem, as proporções requeridas de cada matéria prima são devidamente adicionadas a um silo. Nessa etapa, as quantidades devem seguir uma lista técnica previamente feita e validada, dependendo do material desejado, para que haja padrão de produção. A mistura é a etapa responsável pela homogeneização do pó de argamassa. O ensaque é a etapa em que o produto já em sua forma final é adicionado à embalagem, que nesse caso é em forma de sacos de plástico com peso de 20 kg. Por fim, a paletização é a fase em que esses sacos são agrupados em paletes para serem direcionados ao estoque.

Como o foco deste estudo é a área de ensaque, esta será descrita com mais detalhes a seguir. O ensaque da Seção A conta com quatro ensacadeiras rotativas, que possuem 6 bicos de saída de produto em cada. A representação de uma ensacadeira é mostrada na Figura 3 abaixo.

Figura 3 – Representação de uma ensacadeira rotativa de seis bicos



Fonte: Autoria própria (2019).

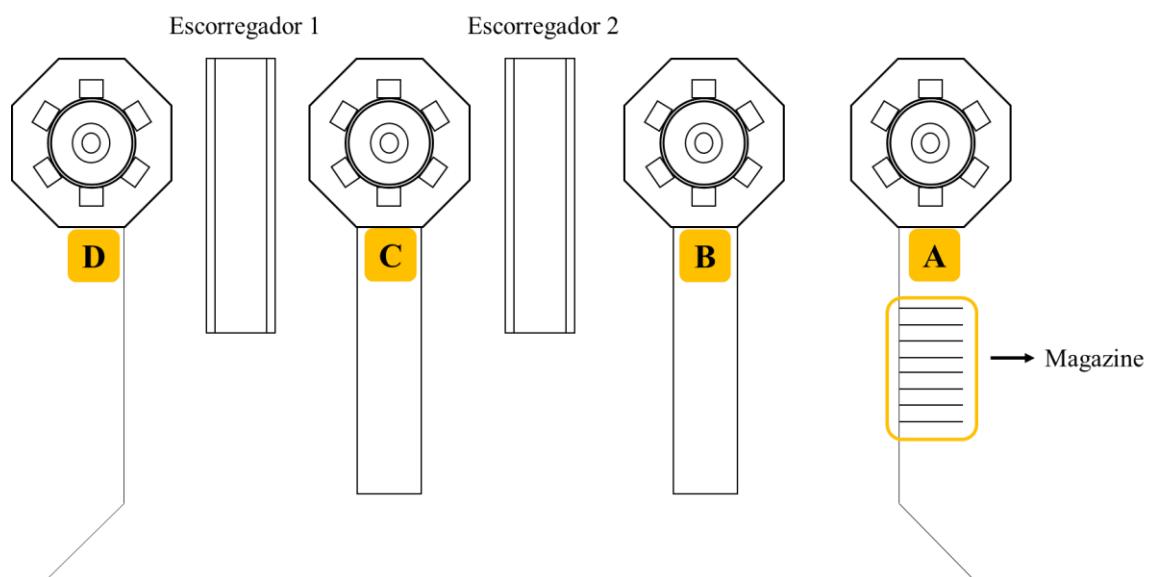
A ensacadeira rotativa funciona da seguinte maneira: os bicos rotacionam ao redor do eixo principal (centro do círculo da imagem), enquanto expulsam material para preencher a embalagem, que é inserida manualmente no bico pelo operador, no caso das ensacadeiras manuais, e automaticamente, no caso da ensacadeira automatizada. Cada bico possui uma balança acoplada, que ao registrar a massa nominal da embalagem, ou seja, a massa em que o bico deve parar de enchê-la, a expulsa para uma esteira que a leva até a paletização.

Para que as embalagens sejam inseridas no bico da ensacadeira, é necessário que um operador faça essa aplicação de forma manual, no caso das ensacadeiras manuais, e que outro operador deixe as embalagens prontas e organizadas para que o primeiro operador as pegue e as insira no bico. No caso da ensacadeira automática (ensacadeira denominada A), o operador

não necessita fazer a aplicação manual, porém é preciso que a organização das embalagens seja feita, e que elas sejam adicionadas em espécies de pastas, chamadas magazines.

A planta da Seção A conta com diferentes níveis de andares, sendo que o piso do ensaque é diferente do piso de armazenamento das embalagens. Como o piso de armazenamento dessas embalagens fica um piso acima do ensaque, a área conta com dois escorregadores que transportam essas embalagens de um piso para o outro. A Figura 4 ilustra o piso das ensacadeiras, bem como os escorregadores de transporte de embalagens.

Figura 4 – Piso das ensacadeiras

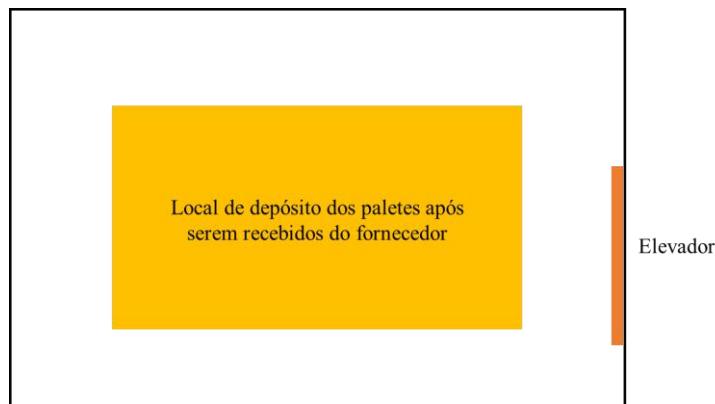


Fonte: Autoria própria (2019).

Para o entendimento do contexto e da metodologia aplicada, é importante que fique claro cada local e cada atividade envolvida no processo de ensaque. Para isso, outros três pisos devem ser apresentados, sendo eles: a plataforma (Piso 0), o piso das moegas (Piso 2) e o piso da sala de análises (Piso 3).

Mais adiante, no tópico de metodologia, os detalhes das atividades serão descritos, bem como as sequências delas. Nessa etapa, os pisos irão somente ser apresentados, mostrando o que está presente em cada um. Dessa forma, a Figura 5 ilustra o piso da plataforma em que os paletes com embalagens são estocados em um primeiro momento, logo que chegam do fornecedor.

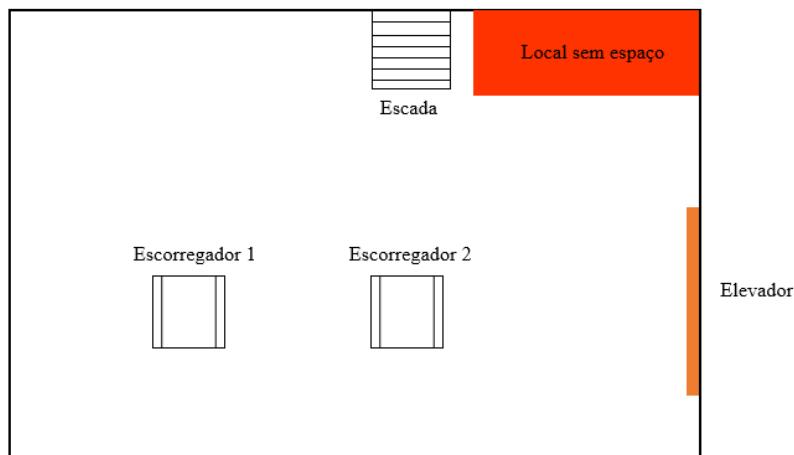
Figura 5 – Plataforma de depósito dos paletes



Fonte: Autoria própria (2019).

Esse local, representado pela Figura 5, fica no térreo, pois os paletes com as embalagens são recebidos do fornecedor através de caminhões. Ao lado, na imagem, é possível enxergar a representação de um elevador, que é utilizado para transportar esses paletes de embalagens até um segundo local de estocagem, chamado piso das moegas (Piso 2), que fica um piso acima do piso de ensaque. É desse piso das moegas que as embalagens são transportadas para o piso de ensaque através dos escorregadores. Esse piso está representado abaixo através da Figura 6.

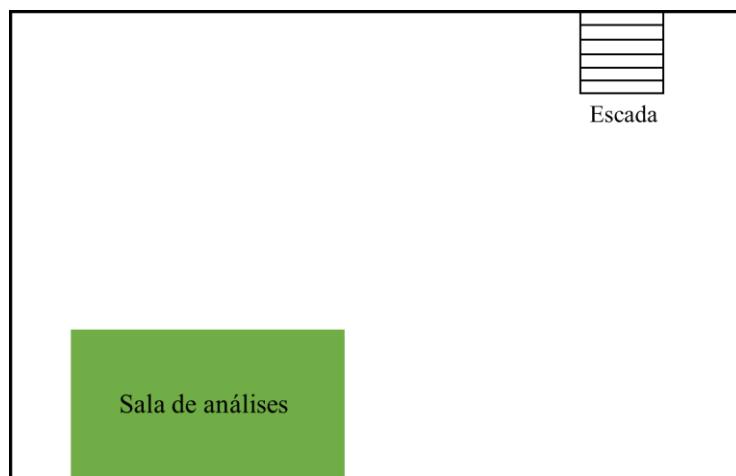
Figura 6 – Piso das moegas



Fonte: Autoria própria (2019).

O próximo piso a ser mostrado é o piso da sala de análises, que fica localizado no andar mais alto com relação aos já mostrados. Ele fica no terceiro andar e é utilizado para fazer análise de qualidade das amostras de argamassa produzidas, exigida pelo controle de qualidade. A Figura 7 ilustra o piso da sala de análises.

Figura 7 – Piso da sala de análises



Fonte: Autoria própria (2019).

Por fim, com o intuito de mostrar uma visão geral dos pisos envolvidos no processo de ensaque, a Figura 8 é apresentada abaixo.

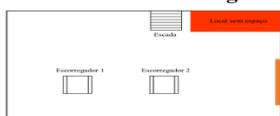
Figura 8 – Visão geral dos pisos envolvidos no processo de ensaque

Piso 3 – Piso da sala de análises



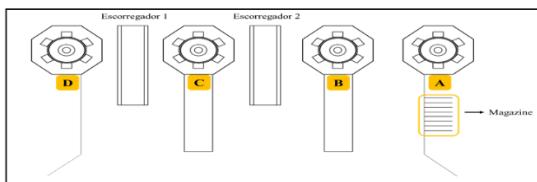
Testes de qualidade do produto acabado

Piso 2 – Piso das moegas



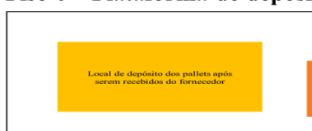
Armazenamento das embalagens e envio via escorregador para o piso 1

Piso 1 – Piso das ensacadeiras



Área de ensaque

Piso 0 – Plataforma de depósito dos paletes



Chegada das embalagens

Fonte: Autoria própria (2019).

Feitas as considerações acima, será possível entender, nos tópicos seguintes, qual a situação atual de trabalho dos operadores e qual a situação desejada.

2.2 Metodologia WCM

Segundo Poor, Kocisko e Krehel (2016), o WCM é uma metodologia de melhoria de processos e qualidade, que visa a redução de custos e a satisfação dos clientes. Para tal, lança mão de um sistema integrado e alinhado entre a gestão, funcionários, fornecedores, parceiros e todos os envolvidos na cadeia produtiva.

Como um dos primeiros autores a falar sobre o assunto, Schonberger (1986) realça em seu livro “*World class manufacturing: The lessons of simplicity applied*” pontos importantes de gerenciamento que antes não haviam sido enxergados. Um deles trata o fato de que somente os números contábeis não são suficientes para entender a realidade fabril pois não mostram as causas reais dos desvios enfrentados e assim, não são suficientes para direcionar um plano de ação para sanar os problemas em suas origens.

O WCM deve estar enraizado na cultura da organização, sempre visando a identificação de perdas e as melhores ações para saná-las, obtendo-se assim resultados rápidos e efetivos. O ponto chave do WCM é eliminar as atividades que não agregam valor e resultam diretamente em perda financeira.

Uma atividade de valor agregado (VA) é entendida como aquela em que o cliente final vê valor e deseja pagar por aquilo, como por exemplo a pintura de um automóvel. Esse tipo de atividade nas empresas tradicionais representa um percentual muito baixo, visto que durante o processo produtivo, a maior parte das atividades que são realizadas não interessam ao consumidor final. Existe ainda uma categoria chamada semi valor agregado (SVA), onde estão alocadas as atividades que não agregam valor, mas que são necessárias para que a produção ocorra, por exemplo a limpeza de um silo para a troca de produto (ESPÔSTO, 2018).

As atividades que não se enquadram em VA e SVA são as de não valor agregado (NA), ou seja, aquelas não interessam ao cliente e tampouco são necessárias para a produção. Essas atividades representam puramente os desperdícios da organização, pois somam tempo e custo que não são necessários.

Yamashina¹ *(2010 *apud* BORGES, OLIVEIRA, E., e OLIVEIRA A., 2013, p2), outro grande nome quando se fala em WCM, faz uma definição do sistema, onde deixa claro que de forma simples deve-se identificar um problema e suas perdas, definir qual o melhor método para atacá-las e em seguida controlar os resultados garantindo a sustentabilidade das ações tomadas.

¹ *Yamashina, H. 2010.

Ainda, Yamashina² *(2014 *apud* JOAQUIM, 2017, p28), propôs para a estrutura da metodologia, um formato de templo, composto por dez pilates técnicos e dez pilares gerenciais, que funcionam em sinergia e garantem que todos na organização sejam envolvidos.

Apesar desse padrão de dez pilares técnicos e dez gerenciais ter sido proposto por Yamashina, alguma empresas fazem adaptações de acordo com suas necessidades. Para a empresa do estudo de caso, entendeu-se que o modelo de oito pilares técnicos mais os tópicos das fundações seria mais adequado, como exemplificado na Figura 9.

Figura 9 – O templo WCM



Fonte: Saint-Gobain (2017)

Assim, para a empresa do estudo de caso, os pilares do WCM são: Saúde de Segurança, Meio Ambiente e Prevenção de Riscos, Confiabilidade, Eficiência Industrial, Qualidade e Controle de Processos, Foco no Cliente e Serviços, Desenvolvimento de Pessoas e Inovação, Desenvolvimento e Crescimento.

Mesmo com um número reduzido de pilares, todos os temas do modelo de Yamashina são abordados. Cada pilar do WCM controla seus principais indicadores, chamados KPIs (*Key Performance Indicator* ou Indicadores Chave de Performance). Os KPIs são indicadores chaves

² *Yamashina, H. 2014.

que controlam o desempenho do que se deseja medir. São altamente utilizados na gestão de negócios e através de seu acompanhamento é possível entender quais as necessidades e traçar as metas de qualquer organização.

É importante que cada pilar entenda profundamente seus KPIs, uma vez que são responsáveis pela gestão destes. Por isso, o pilar deve saber primeiramente quais são os seus KPIs, como calculá-los, como fazer suas estratificações, como traçar planos de ação e projetos para tratá-los, e por fim como dar sustentabilidade a eles.

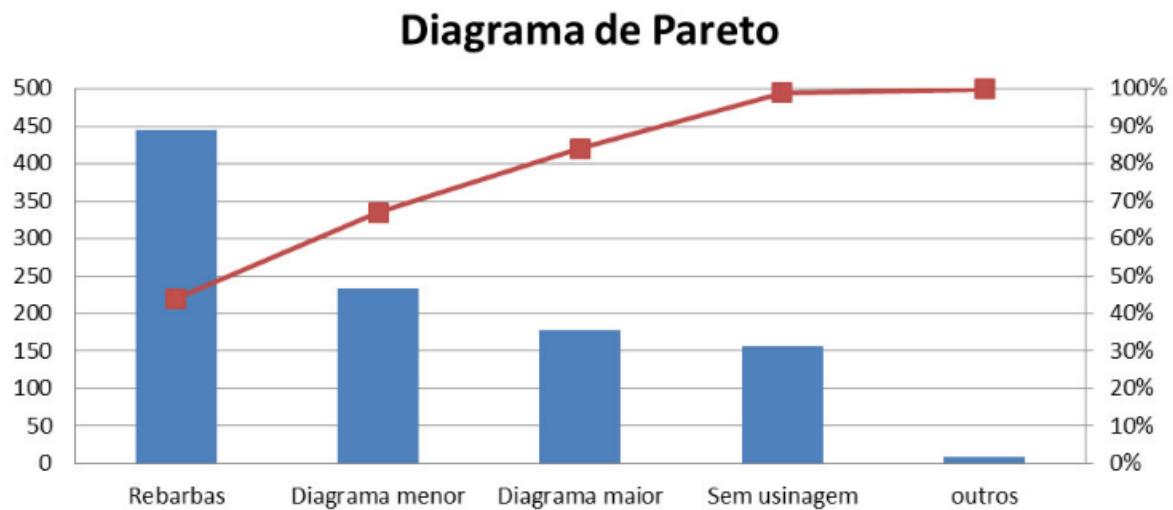
Como o estudo de caso irá abordar ações e ferramentas que convergem para o aumento da produtividade de uma linha de argamassa, o projeto foi inserido no pilar de eficiência industrial.

O pilar de Eficiência Industrial para a empresa de estudo de caso, corresponde a um pilar chamado Melhoria Focada (*Focused Improvement*) no modelo de Yamashina, e é responsável por aumentar a competitividade no custo do produto através da eliminação de atividades sem valor agregado, ou seja, das ineficiências, e também através da capacitação de profissionais quando à resolução de problemas (FELICE; PETRILLO; MONFREDA, 2013).

2.2.1 Principais Ferramentas do WCM

O WCM possui algumas ferramentas que auxiliam a análise de dados e a resolução de problemas. Essas ferramentas visam a priorização dos principais assuntos a serem tratados e para isso, o uso de desdobramentos é essencial (POOR; KOCISKO; KREHEL, 2016). Um exemplo clássico de estratificação visual é através do diagrama de Pareto, que ordena as frequências de ocorrências em um eixo horizontal do maior para o menor (da esquerda para a direita) e mostra uma linha de tendência em porcentagem, como ilustrado na Figura 10.

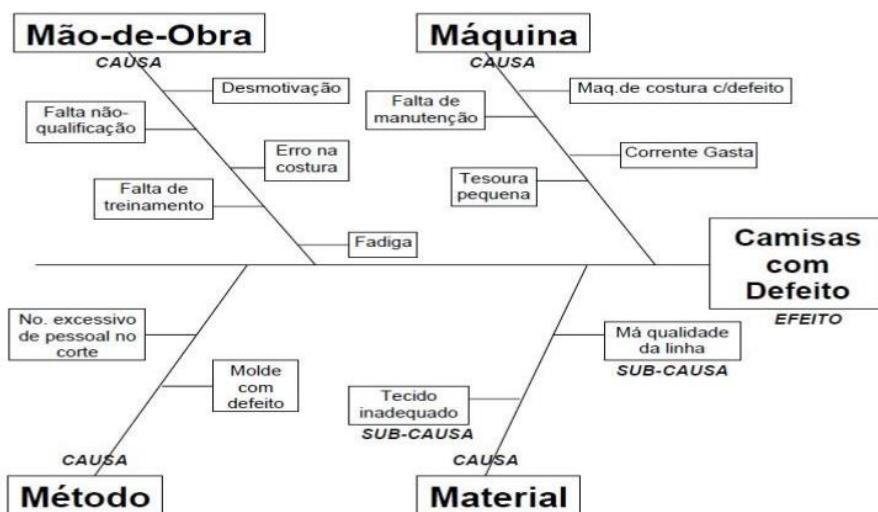
Figura 10 – Exemplo de um diagrama de Pareto



Fonte: Citisystems (2018)

Ferramentas como o Diagrama de Ishikawa e a análise dos 4 M's podem ser utilizadas em conjunto e tem como objetivo encontrar a(s) causa(s) raiz de um determinado problema. Enquanto o Diagrama de Ishikawa (também conhecido como espinha de peixe ou diagrama de causa e efeito) lista todas as possíveis causas para um efeito (problema), os 4 M's classificam essas causas em categorias podendo ser elas: método, material, mão de obra e máquina (Yamashina¹ *, 2010 *apud* Borges, Oliveira, E., e Oliveira A., 2013, p6). A Figura 11 ilustra um exemplo de um Diagrama de Ishikawa com a classificação dos 4 M's.

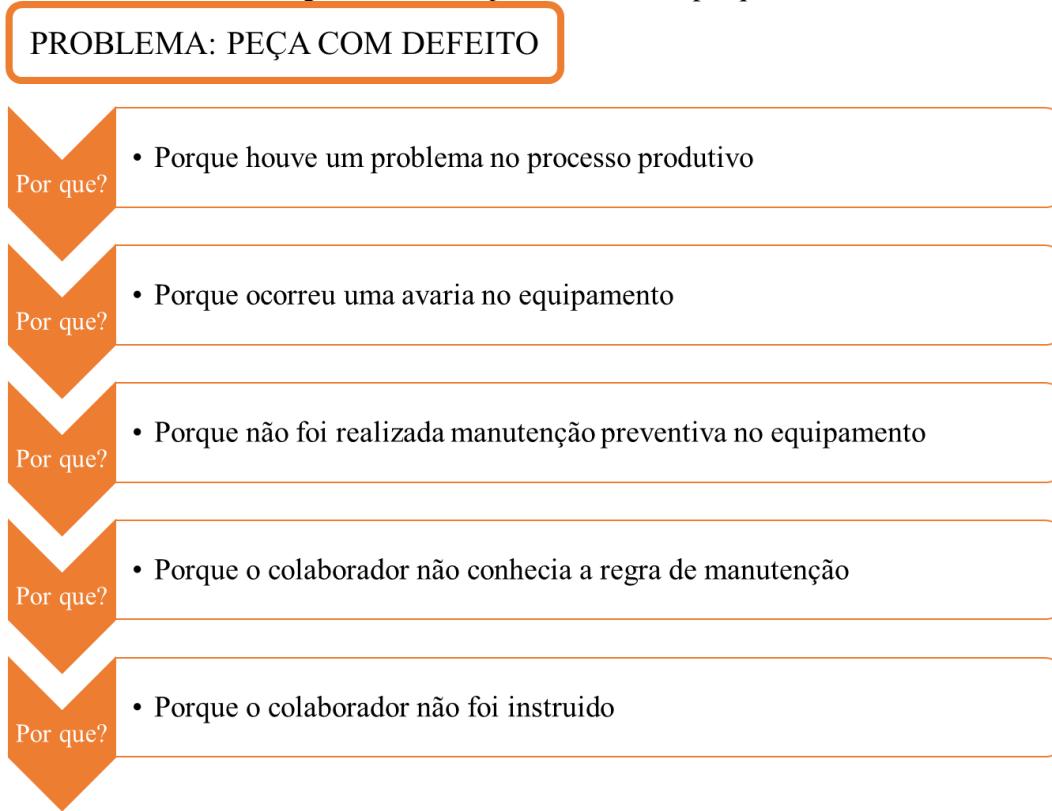
Figura 11 – Exemplo Diagrama de Ishikawa e análise dos 4 M's



Fonte: ARRUDA, F. Administração Geral – Gestão da Qualidade (2018)

Outra ferramenta de análise de causa raiz é a chamada 5 Porquês. Essa ferramenta chega ao entendimento da causa raiz através de uma série consecutiva de perguntas de “por que” a partir do problema inicial encontrado (FELICE; PETRILLO; MONFREDA, 2013). Um exemplo dessa ferramenta pode ser visto na Figura 12 abaixo.

Figura 12 – Exemplo análise dos 5 porquês



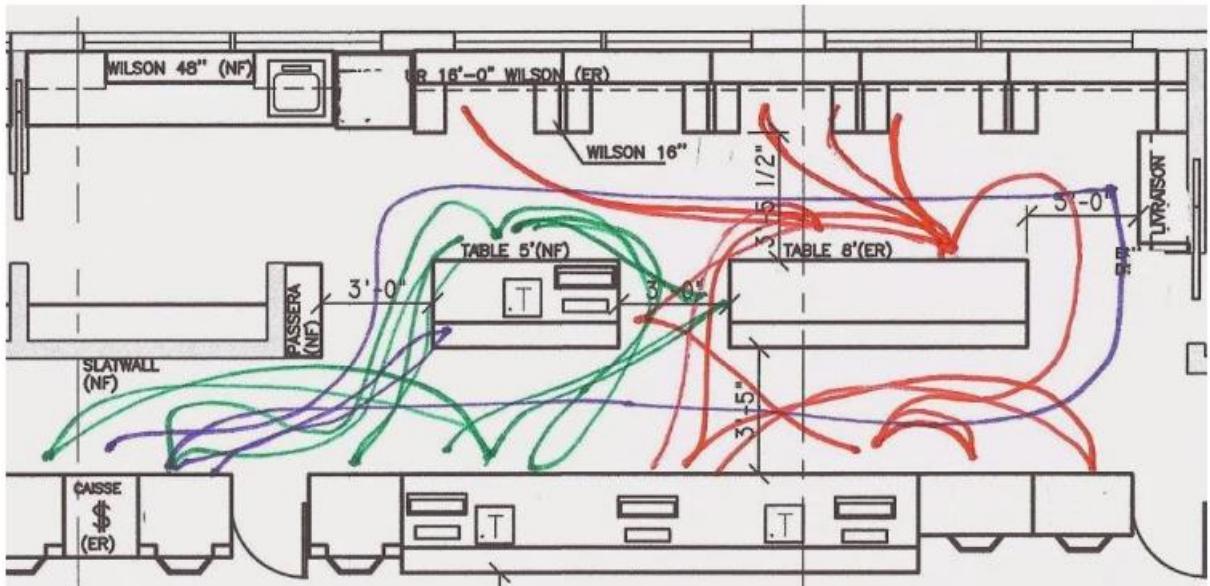
Fonte: Autoria própria (2019)

Uma ferramenta complementar as já descritas acima é a chamada 5W1H, usada para que se tenha uma visão direta, geral e um plano de ação sobre o problema. Seu nome vem das palavras do inglês e faz as seguintes perguntas: *Who?* (Quem?), *What?* (O que?), *Why?* (Porque?), *Where?* (Onde?) e *How?* (Como?) (FELICE; PETRILLO; MONFREDA, 2013). Essa ferramenta permite que o foco seja mantido durante a execução do problema pois serve como um direcionamento, justamente pela objetividade que carrega.

Outra ferramenta importante para o WCM é o diagrama de espaguete, utilizado para analisar a movimentação em uma determinada área, de pessoas, produtos, matéria prima, distribuição, etc. Esses itens também podem ser visualizados simultaneamente desde que sejam diferenciados um do outro, através de cores, por exemplo. Através do diagrama de espaguete é possível visualizar as maiores perdas de movimentação e transporte (MOURA, 2017). A

utilização dessa ferramenta é simples e pode ser feita apenas com papel e caneta, partindo do desenho do layout da área, como ilustrado na Figura 13.

Figura 13 – Diagrama de espaguete



Fonte: Blog Voiotto (2019)

Por fim, é de extrema importância que se fale sobre a técnica chamada *Kaizen*, palavra de origem japonesa que significa mudança para melhor (*kai*=mudança; *zen*=melhor), representando assim o termo melhoria contínua (TITU; OPREAN; GRECU, 2010).

Essa técnica é descrita por Titu, Opreatan e Grecu (2010), como uma forma de melhoria com custo de implementação mínimo, que estreita as relações entre gerência e funcionários, uma vez que os resultados são obtidos conforme as forças de ambos os lados são unidas. Ainda que se fale em melhoria, é importante deixar claro que o principal objetivo dessa técnica é a redução de custos, junto ao aumento de qualidade, eficiência e produtividade.

É imprescindível que algumas ações sejam tomadas na gestão de um kaizen, sendo elas, na ordem descrita: ir ao chão de fábrica ou ao local em que os processos de fato ocorrem (utilizase o termo GEMBA para esse local), quando algum desvio ou oportunidade de melhoria é identificado; verificar as inconformidades; encontrar ações temporárias a serem tomadas; descobrir as causas raízes dos problemas encontrados e padronizar as melhorias para evitar que os problemas voltem a ocorrer (TITU; OPREAN; GRECU, 2010).

Ainda que algumas ferramentas utilizadas pelo WCM tenham sido introduzidas acima, é importante reforçar que essas não são as únicas ferramentas das quais o WCM lança mão. Por

isso, é interessante que ao longo do desenvolvimento do programa outras ferramentas sejam estudadas e aplicadas conforme a necessidade de resolução/visualização de problemas.

2.3 Produtividade

A produtividade é um indicador altamente utilizado na indústria e pode ser entendida como a relação entre a produção e os recursos utilizados para tal (PIMENTA, 2019). Pode ser calculada de diversas formas, desde que se relacione as saídas do processo (*outputs*) com as entradas (*inputs*). Sendo sua fórmula geral descrita abaixo.

$$\text{Produtividade} = \frac{\text{Outputs}}{\text{Inputs}}$$

Os recursos utilizados podem ser tais como pessoas, máquinas, matéria prima, etc., e a produção pode ser medida por exemplo em quantidade de peças produzidas ou volume produzido (PIMENTA, 2019). Como esse indicador já era utilizado previamente pela empresa do estudo de caso, e o objetivo do projeto consiste em eliminar as atividades sem valor agregado feitas pela operação, entendeu-se que o cálculo da produtividade utilizado seria tal como indicado a seguir.

$$\text{Produtividade} = \frac{\text{Volume produzido (toneladas)}}{\text{Horas Homem Trabalhadas (HHT)}}$$

De acordo com esta fórmula é possível medir a quantidade de volume produzido a cada uma hora trabalhada por colaborador, ou seja, o quanto a hora efetiva de trabalho de um funcionário consegue produzir. A produtividade em toneladas/HHT tornou-se assim o KPI do projeto.

3 METODOLOGIA

3.1 Roteiro utilizado

O projeto realizado na empresa do estudo de caso foi baseado em um roteiro específico que apresenta passo a passo as ações e estudos a serem realizados. Esse roteiro foi construído pela empresa juntamente a uma consultoria externa especializada no assunto.

O roteiro, chamado “Eficiência de Time” é composto por seis passos e está inserido no Pilar do WCM chamado Eficiência Industrial, como já descrito no tópico 2.2 deste trabalho.

3.2 Desenvolvimento dos passos do roteiro

3.2.1 Passo 1

O primeiro passo do roteiro é responsável principalmente pela identificação e definição das atividades, bem como pela coleta inicial de dados.

Como já descrito e justificado no item 1.2 deste trabalho, a área de atuação do projeto foi definida através dos desdobramentos e convergiu para a área de ensaque da Seção produtiva A. Nessa etapa, no entanto, foi especificado ainda mais o escopo de atuação do projeto. Pelo fato de uma das ensacadeiras ser automatizada, deu-se foco à ela durante o roteiro.

Apesar do foco ser na ensacadeira A (automatizada), algumas atividades foram aplicadas para toda a área de ensaque, pois como ela conta com quatro ensacadeiras e com seis operadores, enquanto cada ensacadeira possui um operador específico, os outros dois operadores são compartilhados para auxiliar na organização das embalagens a serem aplicadas.

Para maior facilidade de entendimento, os operadores específicos das ensacadeiras A, B, C e D foram chamados respectivamente de OP A, OP B, OP C e OP D, e os operadores compartilhados foram chamados de operador de revezamento A/B (OP A/B), que reveza entre as ensacadeiras A e B e operador de revezamento C/D (OP C/D), que reveza entre as ensacadeiras C e D.

Para melhor visualização das atividades de cada operador envolvido, foi elaborada uma tabela relacionando qual operador faz o que e onde, Tabela 1.

Tabela 1 – Quem faz o que e quando

Quem	O que	Onde
OP A	Controla e monitora a massa e os parâmetros do processo da ensacadeira A	No painel de controle da linha A e no abastecimento do magazine de sacarias (Piso 1)
OP A/B	Abastece a quantidade de sacaria de acordo com o que é solicitado, realiza a análise de amostras e auxilia nas atividades dos operadores A e B	Nos magazines (Piso 1), no piso das moegas (Piso 2), na plataforma de depósito dos paletes (Piso 0) e na sala de análises (Piso 3)
OP B	Controla os parâmetros do processo e aplica sacos nos bicos da ensacadeira B	No painel de controle e na ensacadeira da linha B (Piso 1)
OP C	Controla os parâmetros do processo e aplica sacos nos bicos da ensacadeira C	No painel de controle e na ensacadeira da linha C (Piso 1)
OP C/D	Abastece a quantidade de sacaria de acordo com o que é solicitado, realiza a análise de amostras e auxilia nas atividades dos operadores C e D	Nos magazines (Piso 1), no piso das moegas (Piso 2), na plataforma de depósito dos paletes (Piso 0) e na sala de análises (Piso 3)
OP D	Controla os parâmetros do processo e aplica sacos nos bicos da ensacadeira D	No painel de controle e na ensacadeira da linha D (Piso 1)

Fonte: Empresa do estudo de caso (2018).

Em seguida, foram listadas todas as atividades/situações rotineiras que ocorrem no turno produtivo as mesmas foram divididas em categorias que as classificaram quanto à agregação ou não de valor. As atividades listadas inicialmente foram:

- Abastecer o magazine;
- Aplicar manualmente a embalagem;

- Operar ajustes na máquina;
- Colocar o palete no elevador;
- Retirar o palete do elevador;
- Levar a sacaria próxima ao escorregador;
- Jogar a sacaria no escorregador;
- Retirar a sacaria do escorregador;
- Posicionar a sacaria próxima à ensacadeira;
- Esperar a máquina;
- Esperar por instruções;
- Esperar por verificações;
- Paradas em função de falha na aplicação;
- Quebras;
- Pequenas paradas;
- Retirar os refugos;
- Procurar;
- Falta de ordem;
- Acompanhar o processo de aplicação;
- Pegar a sacaria;
- Verificar a quantidade de sacaria a ser utilizada;
- Retirar as fitas de amarração da sacaria;
- Selecionar a quantidade de sacaria para abastecimento;
- Limpar a organizar a máquina;
- Analisar o produto acabado;
- Refeição/reposo;
- Controlar o peso.

Após listadas essas atividades foi entendido que nenhuma é classificada como VA, somente como SVA e NA. Além disso, apenas três dessas atividades são SVA, sendo elas: o abastecimento do magazine, a aplicação manual da embalagem e a operação de ajustes na máquina. De forma aleatória foram colhidas amostras visuais das frequências dessas atividades, para que fosse entendido qual o percentual de SVA e NA por operador. A forma aleatória de coleta consiste na ida ao gemba e na anotação instantânea da atividade que cada operador está fazendo no momento.

Por fim, no Passo 1 foi estudada a situação atual e a situação desejada. Como o objetivo do projeto é aumentar a produtividade da linha através da redução de horas gastas, ou seja, da redução recursos fornecidos para a produção (*inputs*), da equação de produtividade, algumas considerações foram feitas. Sendo elas:

- A meta do KPI somente para a ensacadeira A;
- Como a ensacadeira A possui um operador destinado somente a ela, e um operador compartilhado entre ela e a ensacadeira B, foi considerado o valor de hora homem trabalhada (HHT) para uma pessoa e meia. Os turnos de produção são compostos por 8 horas de trabalho, dessa forma, as horas consideradas no início do projeto, por turno, para a produção da ensacadeira A foram 12 horas (8 horas vezes 1,5 pessoas);
- O volume de produção é variável, e por isso a meta foi construída com base em um valor médio de volume de produção, e na redução de metade das horas de um colaborador.

Em resumo, para o aumento da produtividade nesse caso, tem-se dois caminhos, o aumento de produção em volume (*output*), ou a redução dos recursos (*input*). A redução do *input* (denominador da função da produtividade) foi escolhida devido à uma limitação na previsão de vendas de mercado. Em outras palavras, não havia previsão de vendas que justificasse investimento em aumento significativo de volume de produção, o que tornou inviável a alteração no numerador da fórmula da produtividade, nos restando explorar a redução de recursos.

Foi considerada a produção média da linha 17 toneladas (tons) por hora, o que resulta em um volume de 136 tons por turno (17 toneladas vezes 8 horas). Sendo o nosso recurso inicial de 12 horas para essa produção, como explicado acima, temos inicialmente uma produtividade de 11,3 tons/HHT. Ao reduzirmos essas horas de 12 para 8, e mantendo o volume de produção, nossa meta se torna 17 ton/HHT.

3.2.2 Passo 2

O passo 2 é iniciado já com o resultado de algumas considerações do Passo 1 como a análise das atividades SVA e NA, descritas anteriormente. Nesse passo a movimentação dos operadores e o layout atual são analisados. É feita uma mudança provisória, como forma de teste, no local de trabalho e para isso também são feitas padronizações.

A análise da movimentação é feita separadamente para os dois operadores envolvidos na ensacadeira A. Para isso uma ferramenta semelhante ao diagrama de espaguete foi utilizada. Além do desenho da movimentação de cada um dos operadores, também foram medidas as distâncias percorridas por eles em cada trecho e a frequência com que cada movimento ocorria.

Os trechos percorridos pelo operador A são indicados na Tabela 2 abaixo.

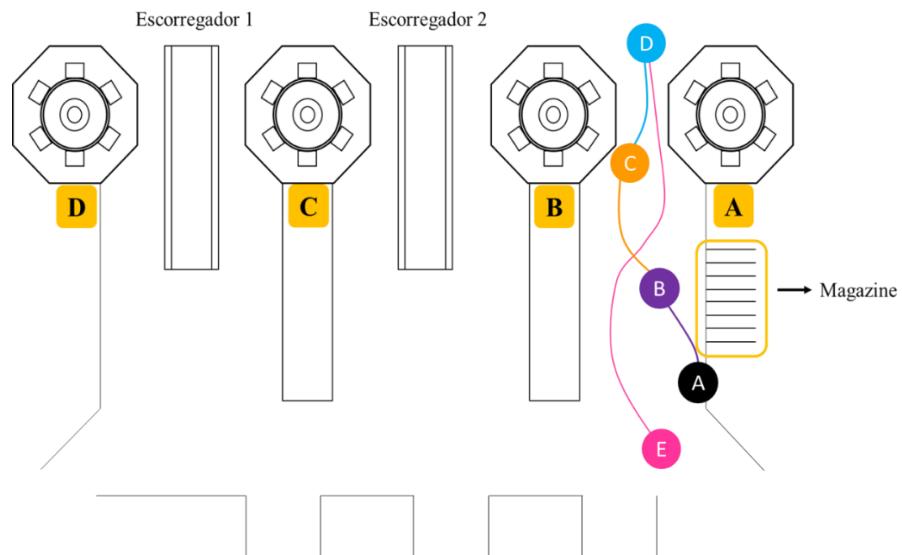
Tabela 2 – Trechos percorridos pelo operador A

Trecho	Caminho
A-B	Mesa de apoio próxima ao magazine até o magazine
B-C	Magazine até o painel de controle da ensacadeira
C-D	Painel de controle da ensacadeira até a parte lateral da ensacadeira
D-E	Parte lateral da ensacadeira até o controle de peso

Fonte: Autoria própria (2019).

Conhecidos esses trechos, a Figura 14 ilustra, através do conceito do diagrama de espaguete, a trajetória desse operador.

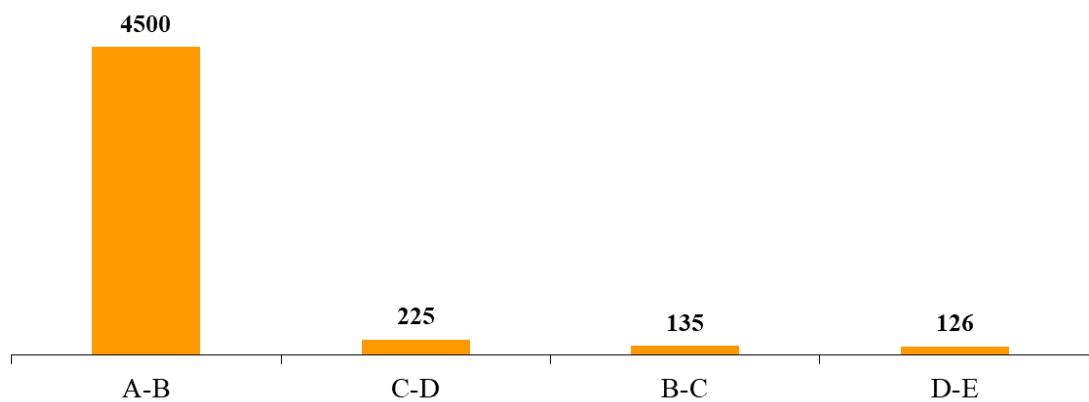
Figura 14 – Diagrama de espaguete do operador A



Fonte: Autoria própria (2019).

Quando combinadas as distâncias de cada trecho com a frequência em que o operador realizava o trajeto e estendendo essa realidade para os três turnos, foi possível observar que o maior gasto com deslocamento era encontrado no trecho A-B, segundo ilustrado pela Figura 15.

Figura 15 – Distância em metros gasta diariamente em cada trecho pelo OP A



Fonte: Autoria própria (2019).

A mesma análise é feita para o operador de revezamento A/B. Os trechos percorridos por esse operador são mostrados Tabela 3.

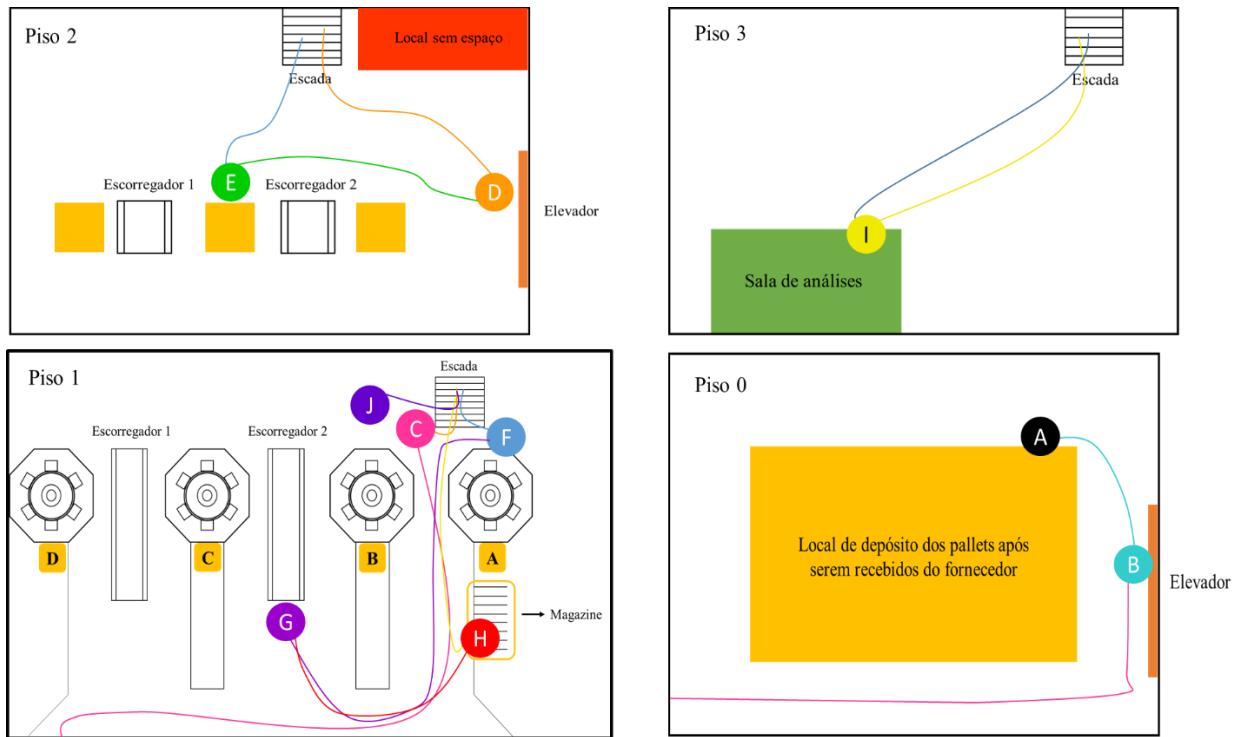
Tabela 3 – Trechos percorridos pelo operador de revezamento A/B

Trecho	Caminho
A-B	Pegar embalagem na plataforma e colocar no elevador (Piso 0)
B-C	Ir do piso da plataforma (Piso 0) até a ensacadeira (Piso 1)
C-D	Ir da ensacadeira (Piso 1) até o elevador no piso das moegas (Piso 2)
D-E	Elevador até o escorregador (Piso 2)
E-F	Escorregador (Piso 2) até a ensacadeira (Piso 1)
F-G	Ensacadeira até a parte inferior do escorregador
G-H	Parte inferior do escorregador até até a mesa de apoio próxima ao magazine
H-I	Parte lateral da ensacadeira até a sala de análises (Piso 3)
I-J	Sala de análises (Piso 3) até a ensacadeira (Piso 1)

Fonte: Autoria própria (2019).

É possível notar que o operador de revezamento A/B se desloca entre os diferentes pisos da seção produtiva, pois precisa coletar e organizar toda a embalagem a ser aplicada, além de realizar as amostras de qualidade. Por esse motivo o seu diagrama de espaguete é representado incluindo os demais pisos como representado na Figura 16 abaixo.

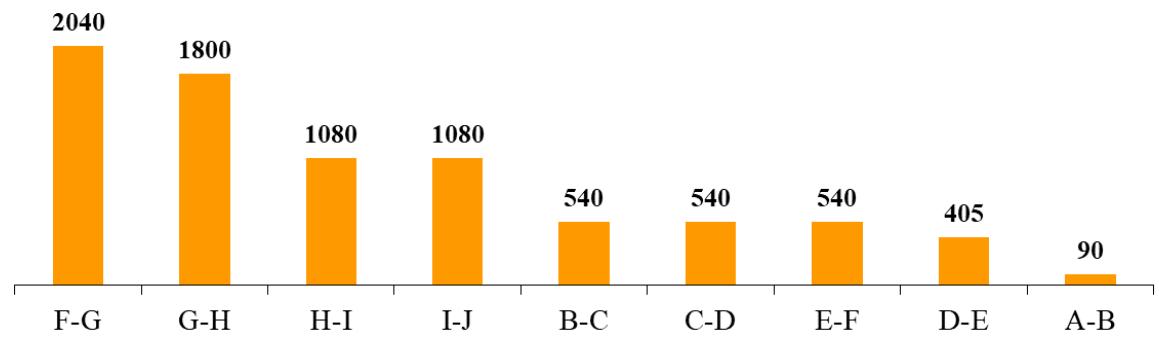
Figura 16 – Diagrama de espaguete do operador de revezamento A/B



Fonte: Autoria própria (2019).

Também foi considerada a distância de cada trecho combinada à frequência com que o operador faz o trajeto, o resultado é mostrado na Figura 17.

Figura 17 – Distância em metros gasta diariamente em cada trecho pelo OP A/B



Fonte: Autoria própria (2019).

Ainda que as macro atividades tenham sido descritas e os trechos acima medidos e mostrados, foi necessário que uma análise micro das atividades fosse feita. Para isso, foi

utilizada uma técnica chamada ECRS – Eliminar, Combinar, Reorganizar e Simplificar. Como as palavras que dão origem à sigla já dizem, a intenção é otimizar as etapas do processo (SANTOS, 2017). Para aplicar essa técnica, todas as tarefas no estado atual são descritas, quem as realiza e quanto tempo cada uma delas demora.

Como agora as atividades serão descritas de forma mais detalhada, é necessário que alguns termos e atividades sejam apresentados. São eles:

- Abrir o fitilho das malas – as embalagens chegam do fornecedor em blocos de 250 unidades, chamados malas, que são unidas por fitilhos. Esses fitilhos devem ser removidos para que as embalagens sejam organizadas e inseridas no magazine;
- DDS - Diálogo Diário de Segurança;
- CIL – A sigla vem das palavras do inglês *Cleaning* (limpeza), *Inspection* (inspeção) e *Lubrication* (lubrificação). O CIL é uma prática realizada nas máquinas que controla as três variáveis descritas, para que seu funcionamento básico seja garantido;
- Separar e bater a sacaria – a sacaria (embalagem) vem em forma de malas, como descrito acima, que por sua vez vem compactadas em paletes. Por conta desse contato entre elas, e por fatores externos, as embalagens tendem a ficar levemente grudadas umas às outras, o que pode vir a prejudicar o processo de aplicação. Por esse motivo, os operadores batem e separam a sacaria, a fim de reduzir esse contato entre elas;
- IHM da ensacadeira – o IHM, que significa interação homem máquina, é um visor localizado próximo à ensacadeira, que faz a comunicação entre o operador e a máquina, ou seja, é onde os parâmetros do processo são inseridos/ajustados pelo operador.

As informações iniciais das atividades, suas durações e quem as realiza estão contidas na Figura 18.

Figura 18 – Atividades realizadas por cada operador e suas durações

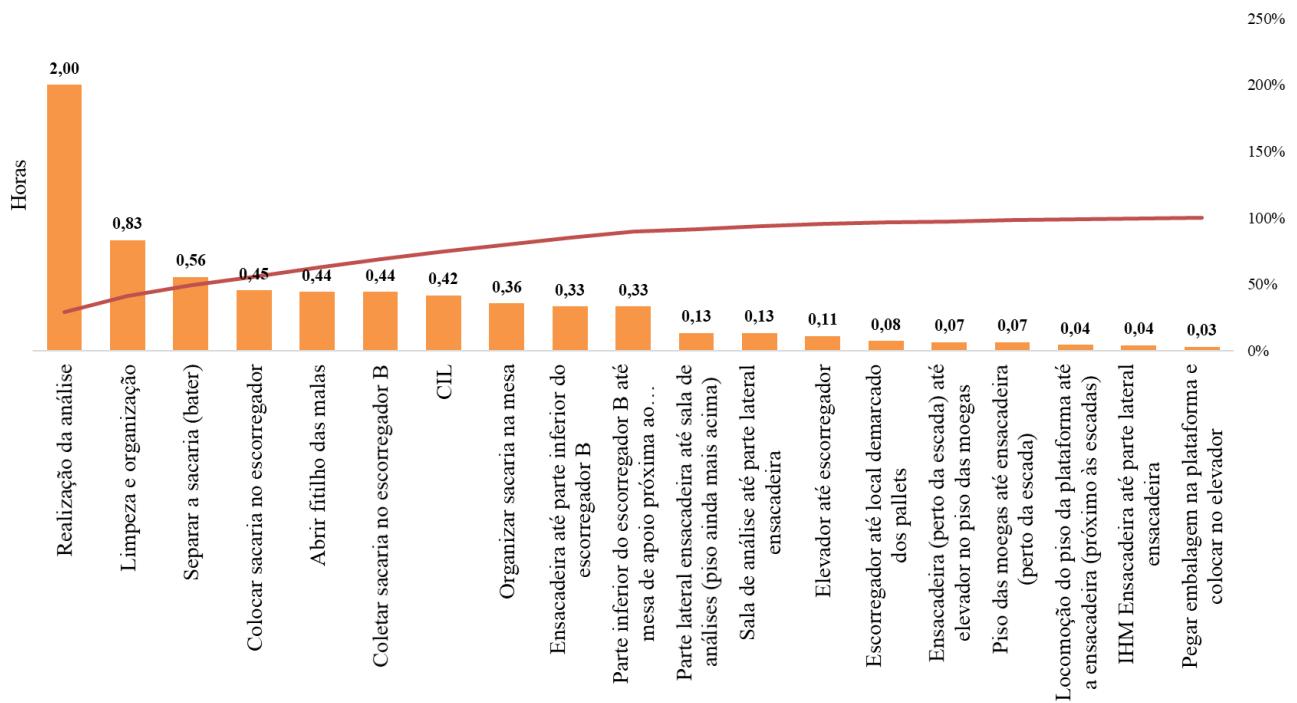
Descrição da tarefa	Quem realiza	Duração
Pegar embalagem na plataforma e colocar no elevador (Piso 0)	OP A/B	00:01:48
Locomoção do piso da plataforma (Piso 0) até a ensacadeira (Piso 1)	OP A/B	00:02:40
Ensacadeira (Piso 1) até elevador no piso das moegas (Piso 2)	OP A/B	00:04:00
Elevador até escorregador	OP A/B	00:06:45
Colocar sacaria no escorregador	OP A/B	00:27:18
Escorregador até local demarcado dos paletes	OP A/B	00:04:30
Piso das moegas (Piso 2) até ensacadeira (Piso 1)	OP A/B	00:04:00
Ensacadeira até parte inferior do escorregador 2	OP A/B	00:20:00
Coletar sacaria no escorregador 2	OP A/B	00:26:40
Parte inferior do escorregador 2 até mesa de apoio próxima ao magazine da ensacadeira A	OP A/B	00:20:00
Abrir fitilho das malas	OP A/B	00:26:40
Organizar sacaria na mesa	OP A/B	00:21:20
Parte lateral ensacadeira (Piso 1) até sala de análises (Piso 3)	OP A/B	00:08:00
Realização da análise	OP A/B	02:00:00
Sala de análise (Piso 3) até parte lateral ensacadeira (Piso 1)	OP A/B	00:08:00
Almoço/Jantar	OP A/B	00:30:00
Ginástica Laboral/DDS	OP A/B	00:15:00
Limpeza e organização	OP A/B	00:50:00
CIL	OP A/B	00:25:00
Separar e bater a sacaria	OP A/B	00:33:20
Necessidades Fisiológicas e outros	OP A/B	00:10:00
Mesa de apoio próxima ao magazine até o magazine	OP A	01:00:00
Abastecimento do magazine	OP A	00:32:54
Parametrização da IHM Ensacadeira	OP A	01:00:00
IHM Ensacadeira até parte lateral ensacadeira	OP A	00:02:30
Parte lateral ensacadeira até o controle de peso	OP A	00:01:36
Almoço/Jantar	OP A	01:00:00
Ginástica Laboral/DDS	OP A	00:15:00
Necessidades Fisiológicas e outros	OP A	00:15:00
Tempo total		11:52:01

Fonte: Autoria própria (2019).

É possível notar que o tempo total após a listagem de todas as atividades foi de quase 12 horas, o que é compatível com as horas de um trabalhador e meio por turno, como descrito anteriormente. O próximo passo foi de fato analisar quais atividades poderiam ser eliminadas, combinadas, reorganizadas ou simplificadas, tendo em vista que aproximadamente 4 horas devem ser reduzidas, para que se passe de 12 para 8 horas.

Pensando em ações para o atingimento da meta de redução de horas, um gráfico de pareto foi feito para priorizar as atividades com maior duração. Algumas atividades não foram consideradas na confecção desse gráfico, pois não apresentavam potencial de redução. Assim, o pareto indica os tempos das atividades em que foram vistas oportunidades de melhoria, como indicado na Figura 19.

Figura 19 – Pareto das atividades com potencial de redução de tempo



Fonte: Autoria própria (2019).

Após o pareto da Figura 19 ser feito, ficou evidente que a realização da análise é a atividade que possui maior prioridade de atuação. O tempo elevado por turno destinado a essa atividade ocorria pois, a cada 1 hora, uma amostra era coletada e levada até a sala de análises para ser examinada. A equipe do projeto entrou em contato com o departamento técnico da empresa para checar se essa alta frequência era necessária. Foi descoberto então, que existe um procedimento específico para a realização de análises que dita que elas devem ser feitas a cada 2 horas, e não 1. A equipe operacional foi então informada sobre esse procedimento, e passou a realizar essa atividade a uma frequência de 2 em 2 horas.

Ainda com relação ao tempo destinado à análise, percebeu-se que o fato da sala destinada a essa atividade localizada no Piso 3 também influenciava. Pensando nisso, iniciou-se um estudo para a construção da sala de análises no Piso 1.

Também nessa etapa foi feita uma reorganização do Piso 2. Na Figura 6, ilustrada anteriormente, é possível notar um espaço antes não disponível (mostrado em vermelho), esse espaço foi organizado de forma a permitir a estocagem de paletes de embalagens vindo do fornecedor.

Ações relacionadas aos fornecedores de embalagens também foram importantes. Os paletes enviados pelos fornecedores possuíam 15.000 embalagens cada um, esse número foi

alterado para 16.000 após algumas negociações. Essas alterações permitiram que a frequência em que o operador percorria os trechos A-B, B-C, C-D, D-E, E-F, fosse reduzida, uma vez que é possível transportar mais embalagens com o mesmo número de paletes e estocar uma maior quantidade deles no Piso 2.

Outra ação relacionada aos fornecedores foi a redução de embalagens por mala, que passaram de 250 para 50 unidades. Apesar do número de malas ter aumentado, os fitilhos para segurar as 250 malas eram mais resistentes e precisavam ser removidos com o auxílio de tesoura. A mala com 50 unidades vem com fitilhos mais fracos e fáceis de remover, assim, apesar da frequência da atividade ter aumentado, seu tempo diminuiu em uma proporção maior, o que foi positivo no contexto geral.

O tempo de limpeza e organização (segundo maior tempo no pareto da Figura 19), levou a equipe a tomar duas ações, principalmente. A primeira foi a adição de uma bandeja para a coleta de resíduos embaixo de uma parte específica da esteira que transporta o saco de argamassa, como visto na Figura 20 abaixo.

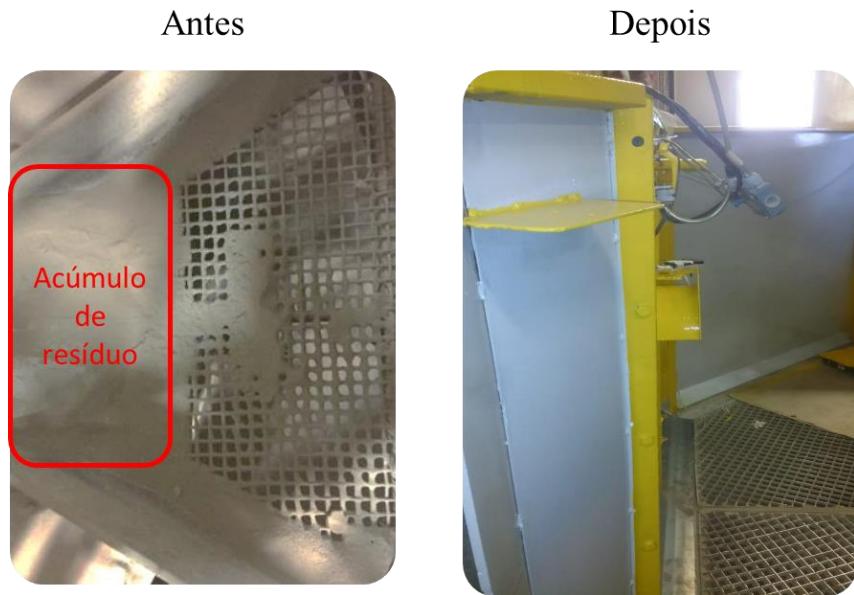
Figura 20 – Adição de bandeja para coleta de resíduos



Fonte: Empresa do estudo de caso (2018).

A segunda ação foi uma mudança estrutural na proteção da ensacadeira. Antes, a proteção que ficava ao redor da ensacadeira, fazia com que o pó da argamassa residual ficasse acumulado em uma espécie de vão. A proteção foi reformulada para que esse vão não mais existisse, fazendo com que o pó residual caísse direto na grade de reaproveitamento. A Figura 21 ilustra o antes e depois dessa melhoria.

Figura 21 – Alteração estrutural da proteção da ensacadeira

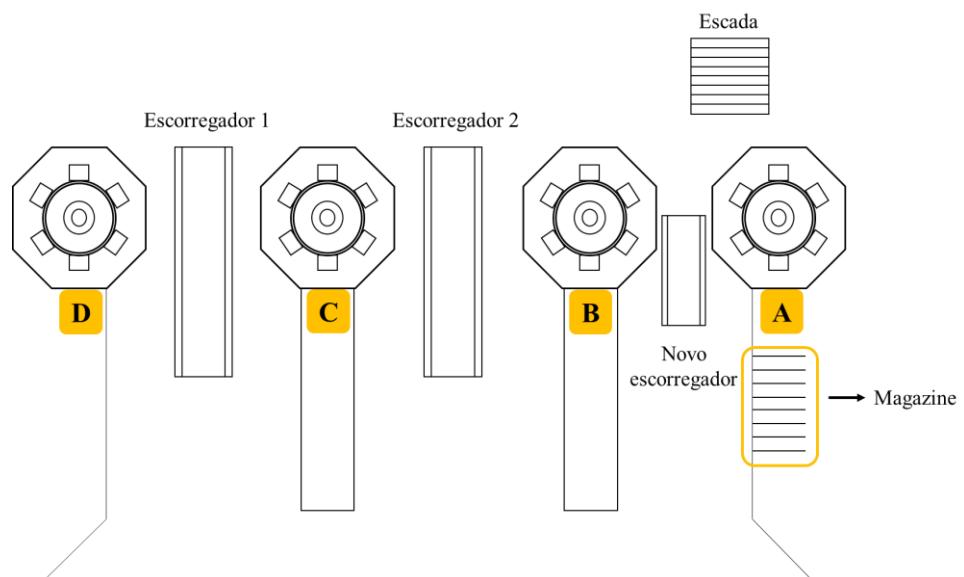


Fonte: Empresa do estudo de caso (2018).

Essas duas ações foram significativas para a redução de tempo de limpeza e organização, e de realização da CIL.

Por fim, a última ação tomada nesta etapa foi a construção de um escorregador de embalagens próximo à ensacadeira A, a fim de reduzir o tempo de deslocamento entre ela e o escorregador 2. O novo layout, com a construção do escorregador, ficou tal como indicado na Figura 22.

Figura 22 – Layout do Piso 1 após a construção do novo escorregador



Fonte: Autoria própria (2019).

Conforme visualização da Figura 22, nota-se que o novo escorregador é menor do que os demais, no entanto, isso não é prejudicial à estrutura, pois esse escorregador irá somente alimentar a ensacadeira A, ou seja, seu volume de embalagens transportadas permite que ele seja menor.

O time operacional da área teve grande envolvimento no projeto, dando ideias e sugestões, participando das ações e dando retorno quanto às mudanças. Assim que as ações acima foram definidas, toda a operação foi treinada nos novos padrões, para que os conhecimentos entre eles fosse nivelado.

3.2.3 Passo 3

O terceiro passo do roteiro é introduzir um sistema de detecção de anomalias residuais dos padrões implementados no Passo 2. Esse passo é fundamental, pois, mesmo que diversas ações de melhorias tenham sido tomadas no passo anterior, muitas vezes alguns detalhes continuam passíveis a erro.

Para isso, todos os novos padrões que podem sofrer anomalias são registrados e uma ficha de desvios a esses padrões é confeccionada, comparando-se a forma ideal de realização da atividade, com a forma real em que ela ocorreu. De acordo com as divergências dessa lista as anomalias são detectadas.

Como todas as atividades otimizadas são do escopo de trabalho do operador de revezamento, a ficha de anomalias foi confeccionada diretamente para ele. As atividades identificadas como potenciais desvios são aquelas que foram eliminadas, como por exemplo o deslocamento do operador da ensacadeira A até o escorregador 2 (pois agora existe um escorregador ao lado da ensacadeira A), e também atividades que tiveram a sua frequência reduzida, como a quantidade de vezes em que o operador se desloca para estocar paletes de embalagem no Piso 2.

A ficha de registro de desvios então foi criada levando em conta as seguintes atividades:

- Deslocamento da ensacadeira A até o escorregador 2;
- Coleta de sacaria no escorregador 2;
- Deslocamento do escorregador 2 até a ensacadeira A;
- Coleta das embalagens da plataforma no Piso 0 até o elevador;
- Deslocamento da ensacadeira até o Piso 2;
- Deslocamento do elevador do Piso 2 até o escorregador do Piso 2;

- Deslocamento do Piso 2 até a ensacadeira A no Piso 1.

As frequências ideais dessas atividades que permaneceram foram estudadas levando em conta o total de embalagens utilizadas na produção diária, bem como a quantidade de embalagem em cada palete e quantidade de paletes que, agora, podem ser estocados no Piso 2. Dessa forma, a ficha de anomalias foi confeccionada segundo o modelo da Figura 23 abaixo.

Figura 23 – Ficha de apontamento de anomalias

Apontamento de anomalias													
Operador :	Número de Ocorrências												
	Frequênci a Inicial	Frequênci a Ideal	Frequênci a Atual	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Deslocamento da ensacadeira A até o escorregador 2	40	0											
Coleta de sacaria no escorregador 2	40	0											
Deslocamento do escorregador 2 até a ensacadeira A	40	0											
Coleta das embalagens da plataforma no Piso 0 até o elevador	4	1											
Deslocamento da ensacadeira até o Piso 2	6	3											
Deslocamento do elevador do Piso 2 até o escorregador do Piso 2	9	4											
Deslocamento do Piso 2 até a ensacadeira A no Piso 1	6	3											
Data:	Observações												
Supervisor													

Fonte: Autoria própria (2019).

Os operadores foram instruídos a preencher as fichas de anomalias caso algum desvio acontecesse e, além disso, descrever na parte de observações o porque ela veio a ocorrer, para que posteriormente um plano de ação fosse traçado a partir das identificações dos desvios e suas causas. Após preenchidas, os supervisores de produção ficavam responsáveis por validar esses apontamentos para garantir a qualidade deles.

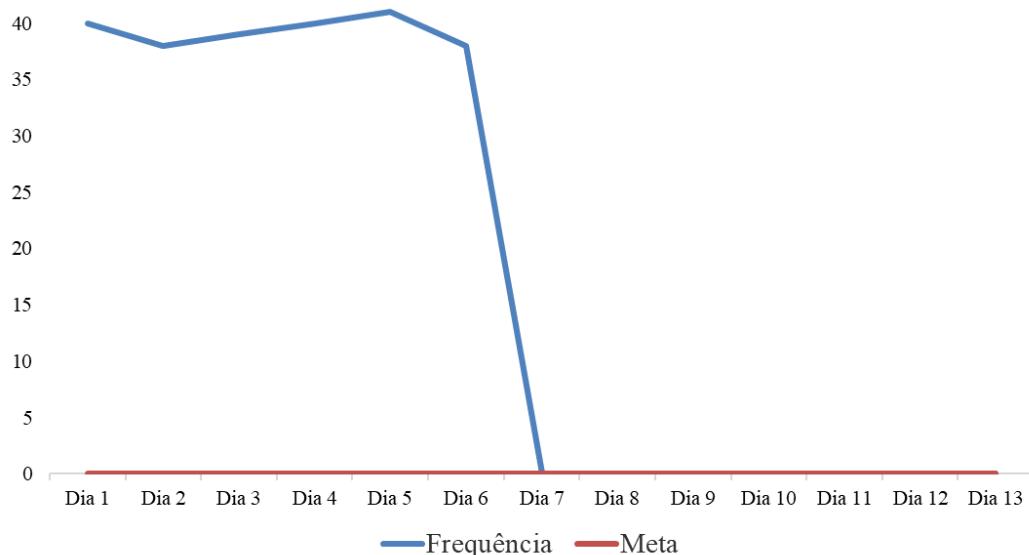
3.2.4 Passo 4

Dito que o Passo 3 foi responsável por criar um sistema de identificação de anomalias, o Passo 4 irá analisar e resolver as anomalias identificadas anteriormente.

Como 7 anomalias foram medidas através da ficha criada, os acompanhamentos de cada uma delas foram plotados em gráficos separadamente. Esses gráficos acompanharam a quantidade de ocorrências através do tempo, bem como uma sinalização da meta, vide exemplo indicado na Figura 24.

Figura 24 – Gráfico de acompanhamento das anomalias

Deslocamento da ensacadeira A até o escorregador 2



Fonte: Autoria própria (2019).

Após todas as anomalias serem registradas, foi feita uma priorização para uma análise mais aprofundada. Essa análise foi feita através das ferramentas de Ishikawa e dos 5 Porquês e os resultados serão mostrados com detalhes no tópico 4 deste trabalho.

3.2.5 Passo 5

No Passo 5, após todas as ações de melhorias implantadas e as anomalias resolvidas, foram feitos cálculos teóricos de saturação do grupo, bem como a redistribuição das atividades de forma a eliminar as horas necessárias.

A saturação foi calculada através da medição estatística, agora no novo cenário, das atividades SVA e NA para os dois operadores atuantes na ensacadeira A, seguindo a mesma metodologia do Passo 1. A partir dessa saturação foi possível medir o quanto cada um dos

operadores trabalhava e esperava e, consequentemente, qual o número ideal de operadores para as atividades.

De forma geral, o Passo 5 é responsável por verificar se as ações tomadas nos passos anteriores foram suficientes para o atingimento da meta. Além dos estudos mencionados uma nova lista com todas as atividades e seus tempos foram listadas e um novo diagrama de espaguete foi plotado, para que a nova situação seja vista. Os resultados também serão mostrados no tópico 4 deste trabalho.

3.2.6 Passo 6

O Passo 6 é o último passo do projeto, e é responsável pela sua sustentabilidade, ou seja, é uma forma de garantir que as ações tomadas e as boas práticas continuem vigentes após o seu término. É de suma importância que seja feita uma gestão visual no chão de fábrica para que a operação acompanhe e entenda os indicadores da área e que saibam tomar ações necessárias quando ocorrerem desvios.

Essa etapa é focada na construção e/ou melhoramento do quadro de linha da área e no treinamento da operação. É também a fase em que o potencial de replicação das ações é estudado e se viável, aplicado.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Resultados obtidos com a aplicação dos passos

4.1.1 Resultados do Passo 1

Como descrito no tópico 3.2.1, foi feita uma coleta de dados para os seis operadores das ensacadeiras quanto às atividades de semi valor agregado (SVA) e de não valor agregado (NA), visto que nenhuma atividade pode ser classificada como sendo de valor agregado (VA). A coleta de dados foi composta por 101 amostras e seu resultado pode ser visto na Figura 25.

Figura 25 – Classificação das atividades dos operadores quando à VA, SVA e NA



Fonte: Empresa do estudo de caso (2018).

De acordo com a Figura 25 é possível perceber que os operadores com maior porcentagem de SVA são aqueles destinados diretamente às ensacadeiras. Isso se dá pois durante grande parte do tempo eles estão aplicando manualmente as embalagens nos bicos das ensacadeiras (exceto o OP A, pois trata-se da máquina automatizada). Também é possível notar que mais de 90% das atividades dos operadores de revezamento não agregam valor, o que indica que existe um potencial muito grande para a eliminação dessas atividades.

4.1.2 Resultados do Passo 2

A análise inicial do layout e dos movimentos apresentou os resultados já mostrados nas Figuras 14 e 15 para o OP A e 16 e 17 para o OP A/B. Esses resultados, junto às ações também descritas no tópico 3.2.2, serviram de base para a aplicação da ferramenta ECRS, encontrada no ANEXO A.

Na ferramenta ECRS é possível observar que houve uma redução de 34% do tempo gasto nas atividades, passando de 11:51:01 [horas;minutos;segundos], para 07:51:44. Um novo diagrama de espaguete foi traçado para o OP A/B, levando em conta os novos trechos descritos na Tabela 4 abaixo.

Tabela 4 – Novos trechos percorridos pelo operador de revezamento A/B

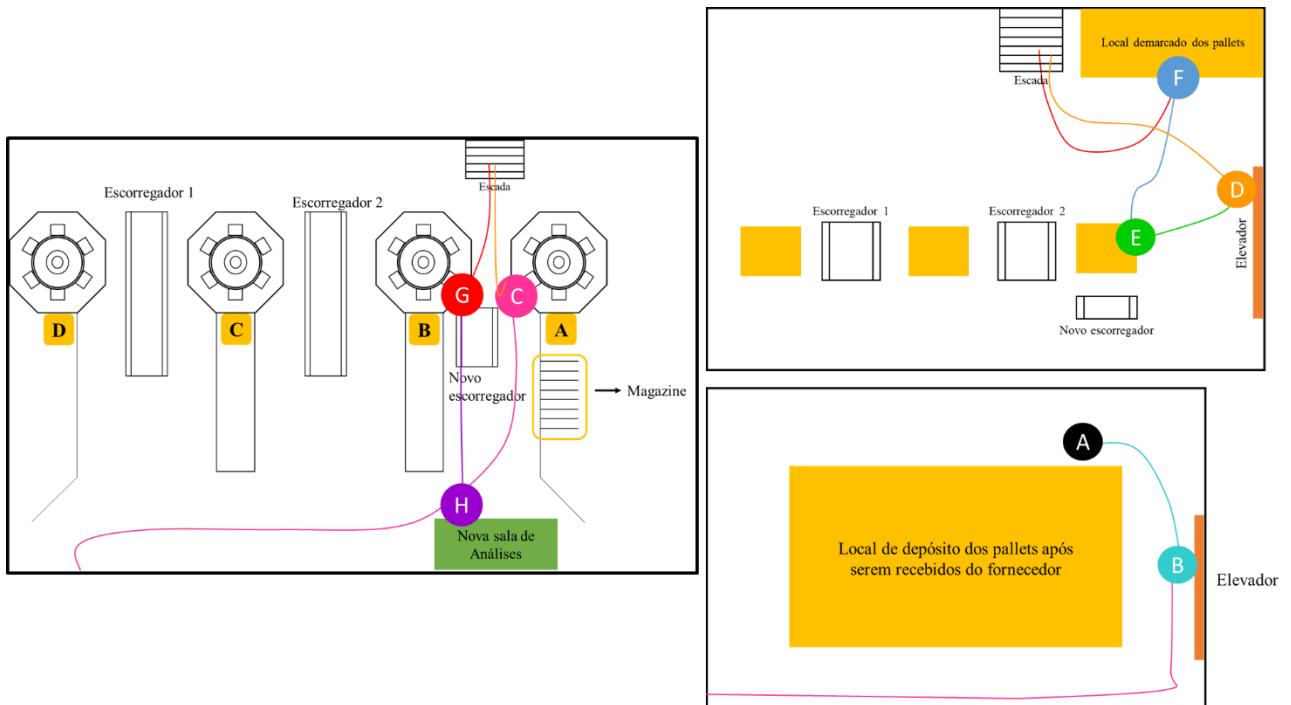
Trecho	Caminho
A-B	Pegar embalagem na plataforma e colocar no elevador (Piso 0)
B-C	Ir do piso da plataforma (Piso 0) até a ensacadeira (Piso 1)
C-D	Ir da ensacadeira (Piso 1) até o elevador no piso das moegas (Piso 2)
D-E	Elevador até o escorregador (Piso 2)
E-F	Escorregador (Piso 2) até o local demarcado dos paletes (Piso 2)
F-G	Local demarcado dos paletes (Piso 2) até o novo escorregador (Piso 1)
G-H	Novo escorregador (Piso 1) até a nova sala de análises (Piso 1)

Fonte: Autoria própria (2019).

As principais diferenças encontradas são quanto à estocagem dos paletes no novo espaço do Piso 2, o deslocamento até o novo escorregador, não tendo mais o operador que realizar o deslocamento até o escorregador 2, e a nova localização da sala de análises.

O novo diagrama de espaguete para o OP A/B é encontrado na Figura 26.

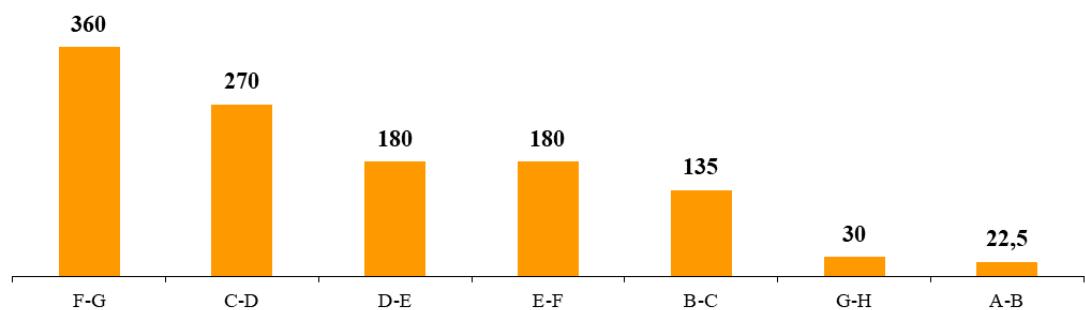
Figura 26 – Novo diagrama de espaguete do operador de revezamento A/B



Fonte: Autoria própria (2019).

É importante ressaltar que o novo diagrama de espaguete do OP A/B não contempla o Piso 3 da sala de análises, mostrando que o projeto irá alterar essa sala para o Piso 1, conforme indicado na Figura 26. A nova distância percorrida pelo OP A/B foi medida e impressa em um gráfico de pareto conforme a Figura 27 abaixo.

Figura 27 – Nova distância em metros gasta diariamente em cada trecho pelo OP A/B



Fonte: Autoria própria (2019).

Comparando a distâncias totais do OP A/B de antes e depois, vê-se uma redução de 85% na sua movimentação, por conta das melhorias implantadas.

4.1.3 Resultados do Passo 3

Como a resolução das anomalias detectadas é destinada ao Passo 4, os resultados do Passo 3 foram basicamente os desafios encontrados na coleta de anomalias e o entendimento do porquê estavam ocorrendo.

A coleta de anomalias foi dificultada pois os próprios operadores precisaram fazer esse registro e muitas vezes os mesmos não dispunham de tempo para tal. Outro ponto de atenção foi que, como os operadores estavam acostumados às atividades rotineiras, não se atentaram à frequência exata em que estavam se deslocando entre um ponto e outro.

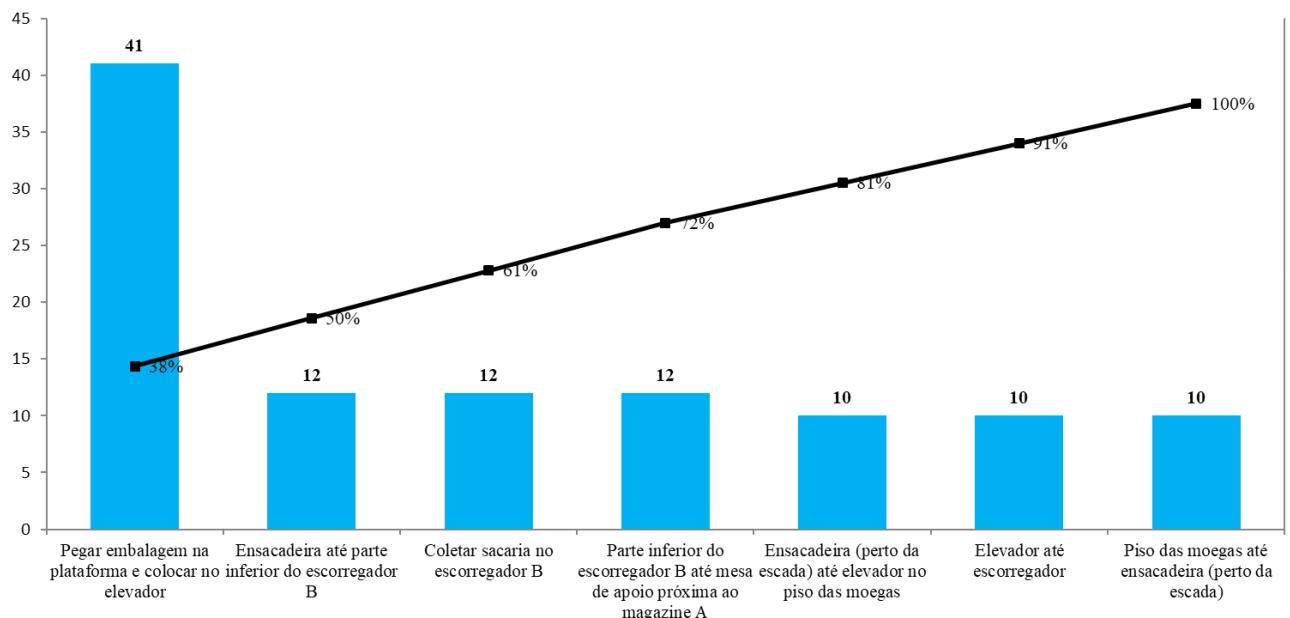
Essas dificuldades trouxeram a necessidade dos supervisores validarem a ficha preenchida, monitorando assim a coleta.

4.1.4 Resultados do Passo 4

Os resultados da coleta de anomalias foram colocados em gráficos, conforme o modelo da Figura 24, e posteriormente foi feita uma priorização para o tratamento das anomalias, levando em conta qual atividade estava sendo realizada com frequência mais distante da frequência ideal.

A priorização foi feita através de um gráfico pareto, e pode ser observada segundo a Figura 28.

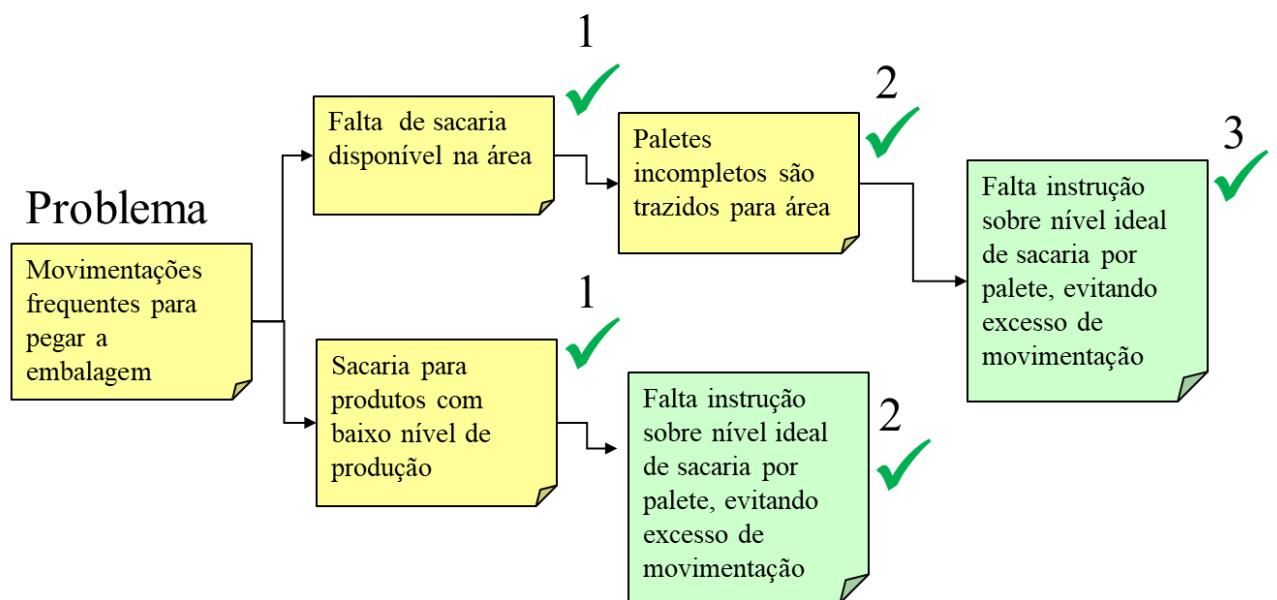
Figura 28 – Pareto de priorização das anomalias encontradas



Fonte: Autoria própria (2019).

Para tratar a anomalia priorizada, foi feita uma análise de 5 porquês do problema, que nesse caso é a alta frequência de movimentações do OP A/B para pegar a embalagem, como indicado na Figura 29.

Figura 29 – Análise dos 5 porquês da anomalia



Fonte: Empresa do estudo de caso (2018).

Entendeu-se então que a frequência alta de movimentação se dava nos casos em que os paletes eram transportados com um baixo nível de sacaria. Isso ocorre quando os paletes vindos do fornecedor precisam ser abertos para a coleta de menores quantidades de sacaria em produções mais específicas. A solução para a anomalia seria um novo treinamento dos operadores juntamente a uma padronização visual na área, instruindo-os a movimentar os paletes somente quando eles estiverem com o nível correto de sacaria.

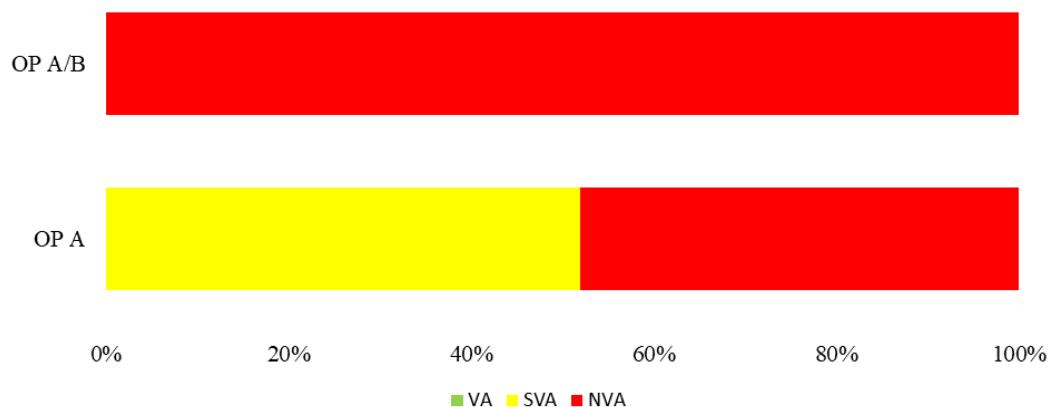
O treinamento mais específico fez com que os operadores seguissem o padrão de quantidade de sacaria por palete, o que necessariamente reduz a frequência em que eles os transportam da plataforma para o Piso 2.

As ficha de anomalias continuou a ser monitorada, mas os desvios não voltaram a acontecer.

4.1.5 Resultados do Passo 5

A nova análise SVA e NA foi feita para os dois operadores envolvidos no processo de ensaque da ensacadeira A. Como pode ser visto na Figura 30, 100% das atividades realizadas pelo OP A/B não agregam valor.

Figura 30 – Nova classificação das atividades dos operadores quanto à VA, SVA e NVA



Fonte: Empresa do estudo de caso (2018).

Ainda, outra listagem das atividades foi feita, levando em conta as modificações, e atribuindo todas elas ao OP A. A Figura 31 ilustra essa lista.

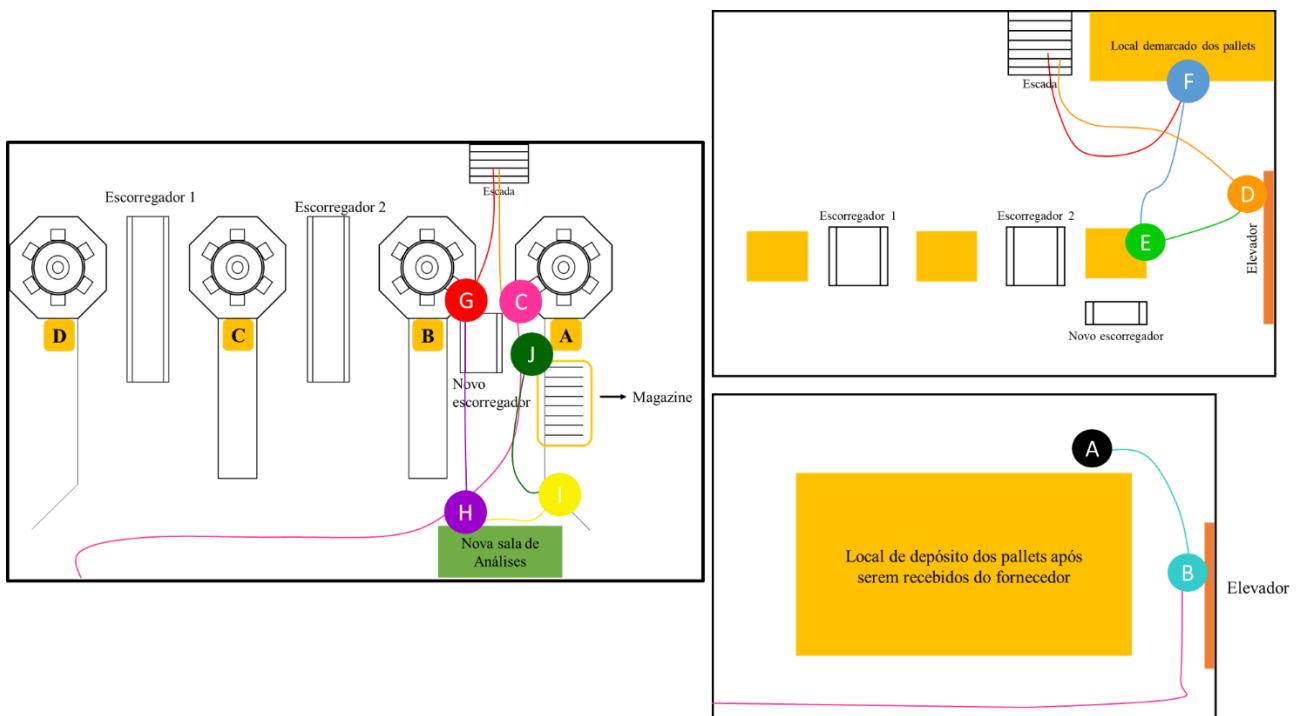
Figura 31 – Nova lista das atividades realizadas pelo OP A e suas durações

Descrição da tarefa	Quem realiza	Duração
Pegar embalagem na plataforma e colocar no elevador (Piso 0)	OP.A	00:00:27
Locomoção do piso da plataforma (Piso 0) até a ensacadeira (Piso 1)	OP.A	00:00:40
Ensacadeira (Piso 1) até elevador no piso das moegas (Piso 2)	OP.A	00:02:00
Elevador até novo escorregador (Piso 2)	OP.A	00:03:00
Colocar sacaria no escorregador	OP.A	00:18:12
Escorregador até local demarcado dos paletes (Piso 2)	OP.A	00:03:00
Piso das moegas (Piso 2) até ensacadeira (Piso 1)	OP.A	00:02:00
Parametrização da IHM Ensacadeira	OP.A	01:00:00
IHM Ensacadeira até parte lateral ensacadeira	OP.A	00:01:15
Abrir fitilho das malas	OP.A	00:15:00
Separar e bater a sacaria	OP.A	00:21:00
Organizar sacaria na mesa	OP.A	00:15:00
Mesa de apoio próxima ao magazine até o magazine	OP.A	01:00:00
Abastecimento do magazine	OP.A	00:32:54
Parte lateral ensacadeira (Piso 1) até a nova sala de análises (Piso 1)	OP.A	00:00:20
Realização da análise	OP.A	01:00:00
Sala de análises até parte lateral ensacadeira	OP.A	00:00:20
Checagem de peso	OP.A	00:01:36
Acompanhamento do processo	OP.A	00:15:00
Ginástica Laboral/DSS	OP.A	00:15:00
Limpeza e organização	OP.A	00:15:00
CIL	OP.A	00:15:00
Necessidades Fisiológicas e outros	OP.A	00:30:00
Almoço/Jantar	OP.A	01:00:00
Tempo total		07:26:44

Fonte: Autoria própria (2019).

Um diagrama de espaguete foi feito para que a movimentação do OP A, já com todas as atividades atribuídas a ele fosse estudada. O cenário é praticamente igual ao da Figura 26 do tópico 4.1.2, porém com a adição da atividade de checagem de massa e do acompanhamento do processo. O diagrama é mostrado na Figura 32.

Figura 32 – Diagrama de esaguete com todas as atividades atribuídas ao OP A



Fonte: Autoria própria (2019).

O passo 5 deixa evidente que as ações tomadas ao longo do projeto tornaram o cenário tal qual que seja suficiente para o trabalho de somente um operador, podendo o outro operador (OP A/B) se dedicar à outras atividades fora na seção produtiva A.

4.1.6 Resultados do Passo 6

As principais ações de sustentabilidade do projeto são ligadas ao quadro de linha da máquina, já existente antes da execução do projeto. Esse quadro contém tanto informações do planejamento de produção, como os programas de manutenção, CIL e acompanhamento dos indicadores da área.

Esse quadro deve ficar em um local visível e acessível a todos os envolvidos da produção, e devem haver reuniões de diárias de acompanhamento das informações contidas nele. Ainda, o quadro deve ser intuitivo e de fácil entendimento.

O projeto trouxe algumas atualizações a esse quadro, como o acompanhamento do volume de produção diário, preenchido pelos operadores, uma atualização da CIL para a área das ensacadeiras e a adição de um plano de reação padrão para o tratamento de possíveis desvios. Esse plano de reação indica ferramentas de tratativas para os desvios dependendo do

local em que ocorreu o desvio e do conhecimento ou não da causa raiz, bem como da complexidade do problema e o tempo de resolução.

O final do último passo do projeto focou no treinamento dos operadores após essas atualizações do quadro de linha.

5 CONCLUSÃO

A proposta do trabalho foi reduzir os custos com mão de obra da fábrica de argamassa através do incremento do indicador de produtividade na Seção A, descrita no item 1.2. A melhoria do referido indicador teve como base a redução das horas homem trabalhadas.

A meta de redução de 12 para 8 horas foi atingida, o que foi verificado ao longo do trabalho, mais especificamente na ferramenta ECRS apresentada. O acompanhamento do volume de produção foi medido e comprovado que não sofreu alteração, mesmo com a redução de recursos, ou seja, foi possível alcançar o KPI de 17 ton/HHT proposto no tópico 3.2.1.

O projeto então possibilitou a eliminação da mão de obra de um colaborador, sem impactar negativamente as condições de trabalho dos demais operadores da área, reduzindo o custo financeiro em aproximadamente 60 mil reais ao ano. Esse redução de custos no processo permitiu a alocação de recursos para futuras melhorias, como a automação das demais ensacadeiras da área, por exemplo.

Ainda que na fábrica de argamassa os serviços desse colaborador não sejam mais necessários, é importante contar que a empresa encontra-se dentro de um grupo de grande porte, o que possibilita realocação do funcionário em outros segmentos que na fase presente compreendem maior demanda.

Além de disseminar a cultura do WCM, aprendizados absorvidos ao longo do projeto foram tais como a importância do contato próximo com o chão de fábrica e o seguimento de um roteiro, para que as atividades sejam feitas de forma organizada e em tempo ideal.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13281:2005. **Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Requisitos.** Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13529:1995. **Revestimentos de paredes e tetos de argamassas inorgânicas.** Rio de Janeiro, 1995.

BORGES, R. C.; OLIVEIRA, E.H.; OLIVEIRA, A. S. **Estudo da implementação do pilar de controle de qualidade da metodologia World Class Manufacturing (WCM) em uma empresa do setor automotivo no sul de Minas Gerais.** Simpósio de Administração da Produção. Logística e Operações Internacionais - SIMPOI. Minas Gerais, 2013.

CAMPORA, F.L. **Argamassas industrializadas no Brasil.** 3º Congresso português de argamassas de construção, 2010, Lisboa.

ESPÔSTO, K. F. **Apostila do curso de Planejamento e Organização da Manufatura: Lean Manufacturing.** Departamento de Engenharia de Produção, Universidade de São Paulo. São Carlos, 2018.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESPÍRITO SANTO - FINDES. **Análise de competitividade do setor das indústrias de argamassa do estado do Espírito Santo.** Vitória (ES): FINDES, 2015.

FELICE, F.; PETRILLO, A.; MONFREDA, S.; *Improving Operations Performance with World Class Manufacturing Technique: A Case in Automotive Industry.* Web of Science. 2013. DOI: 10.5772/54450. Disponível em: <<https://www.intechopen.com/books/operations-management/improving-operations-performance-with-world-class-manufacturing-technique-a-case-in-automotive-indus>>. Acesso em 07/04/2019.

JOAQUIM, A.L.V. **Estudo de caso sobre a implementação do pilar de manutenção autônoma da metodologia World Class Manufacturing (WCM) em uma multinacional do setor de bens de consumo.** 2017. 78f. Monografia (Graduação em Engenharia de Produção Mecânica) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2017.

MOURA, R. **Você sabe o que é diagrama de espaguete? A ferramenta de análise da layout?.** 2017. Disponível em: <<http://renatofmoura.com.br/2017/09/14/voce-sabe-o-que-e-diagrama-de-espaguete-a-ferramenta-de-analise-de-layout/>>. Acesso em 08/04/2019

PEREIRA, C. **Tipos de argamassa colante – AC-I, AC-II, AC-III, AC-IIIIE.** Escola Engenharia, 2015. Disponível em: <https://www.escolaengenharia.com.br/tipos-de-argamassa-colante/>. Acesso em: 17 de março de 2019.

PIMENTA, J. **Como calcular e aumentar a eficiência do chão de fábrica com o OEE na prática.** Nomus Blog Industrial, 2019. Disponível em: <https://www.nomus.com.br/blog-industrial/como-calcular-e-aumentar-a-eficiencia-do-chao-de-fabrica-com-oee-na-pratica/>. Acesso em: 20 de abril de 2019.

POOR, P.; KOCISKO, M.; KREHEL, R. *World Class Manufacturing (WCM) Model as a Tool for Company Management.* Proceedings of the 27th DAAAM International Symposium, pp.0386-0390, B. Katalinic (Ed.), Published by DAAAM International, ISBN 978-3-902734-08-2, ISSN 1726-9679. Vienna, Austria. 2016.

SANTOS, V. M. D. **O que é ECRS: eliminar, combinar, reorganizar e simplificar?.** FM2S, 2017. Disponível em: <https://www.fm2s.com.br/o-que-e-ecrs-eliminar/>. Acesso em: 27 de abril de 2019.

SCHONBERGER, R. J. *World class manufacturing: The lessons of simplicity applied.* Nova York, The Free Press, p. 1-17, 1986.

TITU, M. A.; OPREAN, C.; GRECU, D. *Applying the kaizen method and the 5S technique in the activity of post-sale services in the knowledge-based organization.* Proceedings of the International MultiConference of Engineers and Computer Scientists 2010 Vol III, IMECS. Hong Kong, 2010.

TOSTES, P.M. **Otimização do processamento de carbeto de silício: estudo de caso da metodologia WCM (World Class Manufacturing).** 2017. 49f. Monografia (Graduação em Engenharia de Minas) - Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2017.

ANEXO A – ECRS

Descrição da tarefa	Quem	E	C	R	S	IDÉIA	Antes	Depois	AÇÕES
Pegar embalagem na plataforma e colocar no elevador (Piso 0)	OP A/B		X			Aumentar quantidade de posições de paletes	00:01:48	00:00:27	Eliminar componentes desnecessários no Piso 0
Locomoção do piso da plataforma (Piso 0) até a ensacadeira (Piso 1)	OP A/B		X			Aumentar quantidade de posições de paletes	00:02:40	00:00:40	Aumentando o espaço de armazenamento no Piso 2, eliminando componentes desnecessários
Ensacadeira (Piso 1) até elevador no piso das moegas (Piso 2)	OP A/B		X			Aumentar quantidade de posições de paletes	00:04:00	00:02:00	Mudar o layout e demarcar o local
Elevador até escoregador	OP A/B		X			Aumentar quantidade de posições de paletes	00:06:45	00:03:00	Mudar o layout e demarcar o local
Colocar sacaria no escoregador	OP A/B						00:27:18	00:18:12	
Escoregador até local demarcado dos paletes	OP A/B						00:04:30	00:03:00	
Piso das moegas (Piso 2), até ensacadeira (Piso 1)	OP A/B		X			Aumentar quantidade de posições de paletes	00:04:00	00:02:00	Mudar o layout e demarcar o local
Ensacadeira até parte inferior do escoregador 2	OP A/B		X			Construir um novo escoregador	00:20:00	00:00:00	Solicitar mão de obra e materiais para a construção
Coletar sacaria no escoregador 2	OP A/B		X			Construir um novo escoregador	00:26:40	00:00:00	Solicitar mão de obra e materiais para a construção
Parte inferior do escoregador 2 até mesa de apoio próxima ao magazine da ensacadeira A	OP A/B	X				Construir um novo escoregador	00:20:00	00:00:00	Solicitar mão de obra e materiais para a construção
Abri filhão das malas	OP A/B					Reducir a quantidade de embalagens por mala	00:26:40	00:15:00	Negociar com o fornecedor a redução de quantidade de embalagens por mala
Organizar sacaria na mesa	OP A/B						00:21:20	00:15:00	
Parte lateral ensacadeira (Piso 1) até sala de análises (Piso 3)	OP A/B		X			Construção sala de análise próxima à ensacadeira	00:08:00	00:00:20	Ver a viabilidade do projeto e adquirir materiais e mão de obra
Realização da análise	OP A/B					Reducir a frequência de análises no turno	02:00:00	01:00:00	Checar com o departamento técnico se é possível realizar a análise de 2 em 2 horas
Sala de análises (Piso 3) até parte lateral ensacadeira (Piso 1)	OP A/B					X Construção sala de análise próxima à ensacadeira	00:08:00	00:00:20	Ver a viabilidade do projeto e adquirir materiais e mão de obra
Almoço/Jantar	OP A/B						00:30:00	00:30:00	
Ginástica LaboradSS	OP A/B						00:15:00	00:15:00	
Limpeza e organização	CLL					Instalar chapa para direcionar X material, condições básicas, braço ensacadeira	00:50:00	00:15:00	Checar viabilidade e mão de obra
	OP A/B						00:25:00	00:15:00	
Separar e bater a sacaria	OP A/B	X				Reducir a quantidade de embalagens por mala	00:33:20	00:21:00	Negociar com o fornecedor a redução de quantidade de embalagens por mala
Necessidades Fisiológicas e outros	OP A/B						00:10:00		
Mesa de apoio próxima ao magazine até o magazine	OP A						01:00:00		
Abastecimento do magazine	OP A						00:32:54	00:32:54	
Parametrização da IHM Ensacadeira	OP A	X				Checar o processo com menor frequência	01:00:00	01:00:00	Treinamento dos operadores
IHM Ensacadeira até parte lateral ensacadeira	OP A						00:02:30	00:01:15	
Parte lateral ensacadeira até o controle de peso	OP A						00:01:36	00:01:36	
Almoço/Jantar	OP A						01:00:00		
Ginástica LaboradSS	OP A						00:15:00		
Necessidades Fisiológicas e outros	OP A						00:15:00		
Tempo total							11:52:01	07:51:44	

Fonte: Empresa do estudo de caso (2018)

