

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

Ana Laura Vendramel Joaquim

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

São Carlos  
2017



ANA LAURA VENDRAMEL JOAQUIM

**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**

Monografia apresentada ao curso de Engenharia de Produção Mecânica, da Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheira de Produção Mecânica.

Orientador: Prof. Dr. Kleber Francisco Esposto

São Paulo  
2017



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 e  
Seção Técnica de Informática, EESC/USP com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

V532e      Vendramel Joaquim, Ana Laura  
              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 / Ana Laura Vendramel Joaquim;  
orientador Kleber Francisco Esposto. São Carlos, 2017.

Monografia (Graduação em Engenharia de Produção  
Mecânica) -- Escola de Engenharia de São Carlos da  
Universidade de São Paulo, 2017.

1. WCM. 2. Manufatura de Classe Mundial. 3.  
Manutenção Autônoma. I. Título.

Bibliotecário responsável pela estrutura de catalogação da publicação:

Eduardo Graziosi Silva - CRB - 8/8907









# RESUMO

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. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2017.

Atualmente, existe uma busca constante por competências que diferenciem as empresas frente ao mercado consumidor. Elas buscam se tornar mais competitivas e mais eficientes do que as outras, de maneira a exceder as expectativas dos clientes com menor custo, maior qualidade, flexibilidade e produtividade. São esses os conceitos que definem hoje uma empresa de Manufatura Classe Mundial.

A metodologia WCM proposta pelo prof. Dr. Hajime Yamashina da Universidade de Kyoto e membro da Academia Real de Ciências da Suécia (The Royal Swedish Academy of Science), tem sua base no Sistema Toyota de Produção (STP), que por sua vez foi o precursor do conceito de *lean manufacturing*. Esse conceito vem com o objetivo de otimizar a qualidade do produto por meio da melhoria contínua de seus processos e da eliminação de desperdícios.

Dessa forma, este trabalho abordou os conceitos bases da metodologia WCM com ênfase nos detalhes do pilar de Manutenção Autônoma. Em seguida, será apresentado um estudo de caso em que mostra os resultados positivos, como aumento de OEE e Zero quebras por falta de condição básica, devido à implementação dos passos 1 a 3 do pilar de manutenção autônoma da metodologia de WCM em uma manufatura do setor de bens de consumo.

Palavras-Chave: WCM, Manufatura de Classe Mundial, Manutenção Autônoma



# ABSTRACT

JOAQUIM, A. L. V. Case study on the implementation of Autonomous Maintenance pillar from World Class Manufacturing (WCM) methodology in a multinational company from consumer goods sector. 2017. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2017.

Nowadays there is a constant desire for competences that differentiate companies in front of the consumer market. They try to become more competitive and efficient than others in order to exceed customer expectations with lower costs, higher quality, flexibility and productivity. Those are the concepts that defines a World Class Manufacturing company.

The WCM methodology proposed by prof. Dr. Hajime Yamashina of Kyoto University and member of the Royal Swedish Academy of Sciences, is based in the Toyota Production System (TPS), which also originated the concepts of lean manufacturing . The objective of this concept is the optimization of the product' s quality through the continuous improvement of its processes and elimination of waste.

This paper will briefly address the basic concepts of the WCM methodology and give emphasis on the details of the Autonomous Maintenance pillar. Next, a case study will be presented in order to show the positive results, such as increase of OEE and Zero breaks due to lack of basic condition, due to the implementation of steps 1 to 3 of the autonomous maintenance pillar of the WCM methodology in a manufacturing from consumer goods sector.

**Keywords:** WCM, World Class Manufacturing, Autonomous Maintenance



# LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Estrutura de WCM (Adaptado de GARBERDING, 2009) .....	27
Figura 2 - Pilares WCM (Adaptado de YAMASHINA, 2014) .....	28
Figura 3 - Classificação AM dos Operadores baseados nos 7 passos de AM (Adaptado de Yamashina, 2014) .....	37
Figura 4-Interação de AM com outros pilares - Fonte: Autonomous Maintenance Pillar Overview. Material Interno, 2014 .....	45
Figura 5 - Quebras por equipamento por pilar.....	46
Figura 6-Pareto de Quebras de AM na fábrica .....	47
Figura 7 - Evolução do radar chart da operação .....	48
Figura 8 - Pareto de Fonte de Sujeira - min/mês por fonte de sujeira .....	51
Figura 9 - Análise de Tempo - Resultados do Passo 1 .....	52
Figura 10 - Novo sistema de exaustão .....	53
Figura 11 - Análise Porque-Porte do entupimento no transporte pneumático .....	54
Figura 12 - Kaizen do mangote do transporte pneumático .....	55
Figura 13 - Análise Porque-Porte do entupimento da válvula rotativa.....	56
Figura 14 - Novo layout dos direcionadores de noodle .....	56
Figura 15 - Inversão do sentido da válvula rotativa.....	57
Figura 16 - Aumento da profundidade de caneca da válvula rotativa .....	58
Figura 17 - Vedação da placa perfurada .....	58
Figura 18 - Análise de tempo - Resultados do passo 2 .....	60
Figura 19 - Análise de tempo - Resultados do passo 3 .....	62
Figura 20 – Eficiência (OEE) e número de quebras por AM durante os meses de implementação do pilar .....	63
Figura 21 – Evolução da redução do tempo LIRL em minutos durante os meses de implementação do pilar.....	63



# LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Sete passos do pilar de manutenção autônoma.....	36
Quadro 2 - Indicadores de performance e atividade .....	64
Quadro 3 - Comparação de resultados entre a teoria e a prática.....	66





# LISTA DE ABREVIACÕES

EWO: *Emergency Work Order*

JIT: *Just in Time*

KPI: *Key Performance Indices*

KAI: *Key Activities Indicators*

LIRL: *Limpeza, Inspeção, Reaperto e Lubrificação*

LOTO: *Lock Out and Tag Out*

MTBF: *Mean Time Between Failures*

OEE: *Overall Equipment Efficiency*

OPL: *One Point Lesson*

OTJ: *On the Job*

TIE: *Total Industrial Engineering*

TPM: *Total Productive Maintenance*

TQC: *Total Quality Control*

TQM: *Total Quality Management*

TWTTP: *The Way To Teach People*

WCM: *World Class Manufacturing*

CD: *Cost Deployment*

SAF: *Safety*

FI: *Focused Improvement*

AM: *Autonomous Maintenance*

PM: *Professional Maintenance*

QC: *Quality Control*

LCS: *Logistics and Customer Service*

EEM: *Early Equipment Management*

PD: *People Development*

ENE: *Environment and Energy*



# Sumário

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>21</b>
1.1 Contextualização .....	21
1.2 Objetivo .....	22
1.3 Método de Pesquisa .....	22
1.4 Estrutura do Trabalho .....	23
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>25</b>
2.1 Metodologia WCM .....	25
2.1.1 Pilares .....	28
2.1.2 Ferramentas de Apoio .....	32
2.1.3 Benefícios do WCM .....	35
2.2 PILAR DE MANUTENÇÃO AUTÔNOMA .....	36
2.2.1 Objetivo .....	36
2.2.2 Passo a passo do pilar de AM .....	36
2.2.3 Indicadores .....	42
2.2.4 Interação entre Pilares .....	44
<b>3. ESTUDO DE CASO.....</b>	<b>46</b>
3.1 Passo 0 – Atividades Preliminares.....	46
3.1.1 O Processo e Princípio de Funcionamento .....	47
3.1.2 A Equipe.....	48
3.1.3 Segurança .....	49
3.1.4 Resultados .....	49
3.2 Passo 1 – Grande Limpeza.....	49
3.2.1 Atividades .....	49
3.2.1 Resultados .....	51
3.3 Passo 2 – Eliminação de Fonte de Sujeira e Local de Difícil Acesso .....	52
3.3.1 Atividades .....	52
3.3.2 Resultados .....	59
3.4 Passo 3 – Padrões AM.....	59
3.4.1 ECRS .....	60
3.4.2 Padrões .....	61

3.4.3 Resultados .....	61
3.5 Resultados – Indicadores .....	62
4. CONCLUSÃO .....	66
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	66

# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1 Contextualização

Após a segunda guerra mundial, na metade do século XX, o conceito de produção enxuta foi concebido por Taiichi Ohno, engenheiro da Toyota Motor Company no Japão, como resposta às dificuldades econômicas do período para o aumento de produtividade (WOMACK; JONES, ROOS, 1990). *Lean Manufacturing*, também conhecido como Sistema Toyota de produção, foi relatado por Womack e Jones no livro “*The Machine that Changed the World*” ao mostrar os resultados excelentes da Toyota com relação aos seus competidores.

O conceito chave do Sistema Toyota de Produção é otimizar a qualidade através da melhoria contínua de seus processos e da eliminação de desperdícios, como por exemplo excesso de estoque, de produtos, defeitos e movimentos. Ou seja, esse conceito surge para mostrar que é necessário fazer mais, com menos, para manter a competitividade das empresas.

O modelo do TPS está baseado em 4Ps: *Philosophy* - filosofia, *Process* - processo, *People and Partness* - pessoas e parceiros e *Problems Solve* - solução de problemas. Ou seja, para que a companhia se desenvolva usando os conceitos de produção enxuta é necessário que ela se preocupe não só com o Processo em si, mas também com as Pessoas (OHNO, 1997).

Englobando os conceitos chaves da metodologia proposta por Taiichi Ohno, o termo *World Class Manufacturing* surgiu no final do século XX como equivalente à melhoria rápida e contínua proposta por Schonberger em seu livro “*World Class Manufacturing*” (1986) em resposta a globalização e ao aumento da competitividade mundial. Dentro das ferramentas de *lean*, Shonberger (1986) destaca três conceitos bases: *Just in Time*, *Total Quality Management* e *Total Preventive Maintenance*, sendo fundamental o envolvimento das pessoas em todas as atividades.

De acordo com Maskell (1991), muitas vezes o conceito WCM pode ser amplo, porém ele sempre incluirá uma nova abordagem para a qualidade, técnicas de produção *Just in Time*, mudança no gerenciamento da operação e uma abordagem flexível.

Seguindo os conceitos de TPS e aplicando as ferramentas de *lean*, o WCM tem como objetivo simplificar as operações e alcançar o zero estoque, zero quebras e zero defeitos. Ou seja, assim como TPS busca fazer mais com menos ao reduzir o desperdício, WCM vem para eliminar

defeitos, quebras, estoques e excesso de material com o objetivo de melhorar a qualidade do produto e reduzir os custos da empresa para garantir a sua participação no mercado.

Yamashina (2014) defende que uma empresa não pode simplesmente cortar custos para se tornar um competidor de classe mundial, é necessário investir os recursos nas áreas certas para aumentar o seu diferencial competitivo. E é isso que a metodologia WCM propõe, afinal ela foi desenvolvida para identificar facilmente os problemas de acordo com custo de cada um e engajar os colaboradores que são capazes e estão dispostos a resolver os mesmos. É importante ressaltar que as pessoas são fundamentais no processo de mudança e implantação dos princípios da manufatura enxuta dentro da companhia com o intuito de ser uma manufatura de classe mundial.

A necessidade do aumento da competitividade devido a globalização, a busca para se tornar uma manufatura de classe mundial e o sucesso das técnicas de WCM implementados em empresas do setor automobilístico, apresentam o principal questionamento a ser discutido nesse trabalho: *O pilar de manutenção autônoma da metodologia WCM garante os resultados esperados da teoria na prática em uma empresa do setor de bens de consumo?*

## 1.2 Objetivo

Este trabalho tem como objetivo apresentar brevemente a metodologia World Class Manufacturing proposta pelo prof. Dr. Hajime Yamashina da Universidade de Kyoto e membro da Academia Real de Ciências da Suécia (The Royal Swedish Academy of Science) e o impacto da implementação do pilar de Manutenção Autônoma para o aumento da eficiência dos equipamentos (OEE) e redução do número de quebras por falta de condição básica.

Para isso, foi apresentado uma discussão sobre a diferença entre a teoria e a prática da implementação do pilar, uma vez que o setor de manufatura é dinâmico e conta com desafios diferentes a cada dia que podem dificultar a implementação da metodologia somado com o aspecto comportamental dos colaboradores da empresa, uma vez que a metodologia busca a colaboração de todas as pessoas envolvidas, desde a liderança até a operação.

## 1.3 Método de Pesquisa

Ao analisar os métodos de pesquisas propostos por Gil (2002, p.41) no seu livro “Como Elaborar Projetos de Pesquisa”, tem-se a pesquisa exploratória como um método qualitativo com o objetivo de apresentar o problema de forma mais explícita e até elaborar hipóteses, ou seja, uma

pesquisa para promover a familiaridade do tema, assumindo assim, na maioria dos casos, a forma de pesquisa bibliográfica, entrevistas sobre a teoria na prática e análise de exemplos para garantir a compreensão.

O trabalho foi realizado a partir de pesquisa em livros, artigos e teses, bem como todo o material interno disponibilizado pela companhia para aplicação da metodologia dentro da mesma. Seguido de um estudo de caso da implementação dessa metodologia dentro de uma fábrica de bens de consumo para maior contato e compreensão com a metodologia na prática. Dessa forma, é possível classificar o trabalho como uma pesquisa exploratória.

Além disso, segundo Thiollent (1985) *apud* Gil (2002, p.55) a pesquisa ação é

*"...um tipo de pesquisa com base empírica que é concebida e realizada em estreita associação com uma ação ou com a resolução de um problema coletivo e no qual os pesquisadores e participantes representativos da situação ou do problema estão envolvidos de modo cooperativo ou participativo."*

Dessa forma, como a segunda etapa do trabalho conta com a participação ativa da pesquisadora para a implementação do pilar de AM para um equipamento específico dentro de uma das fábricas, ela é então classificada como uma pesquisa-ação.

#### 1.4 Estrutura do Trabalho

O trabalho apresenta a origem da metodologia de Manufatura de Classe Mundial proposta por Richard J. Schonberger em 1986 com título de um de seus livros e seu desdobramento até hoje no capítulo 1. Em seguida, são apresentados os pilares técnicos e gerenciais da metodologia já incorporando os valores e conceitos propostos pelo prof. Dr. Hajime Yamashina da Universidade de Kyoto e membro da Academia Real de Ciências da Suécia (The Royal Swedish Academy of Science) no início dos anos 2000. Logo depois, são apresentadas algumas ferramentas de apoio para a implementação das técnicas de WCM e os benefícios dessa metodologia.

A segunda parte do referencial teórico, ainda no capítulo 2, apresenta em detalhe toda a metodologia da aplicação do pilar de Manutenção Autônoma. Contém a descrição e resultados esperados de cada passo, bem como os indicadores de performance e de atividade do pilar, seguido pela interação do mesmo com outros pilares.

No capítulo 3 é apresentado o estudo de caso da implementação do pilar AM do passo 1 ao 3 em uma multinacional de bens de consumo seguido da discussão entre a teoria e a prática da aplicação da metodologia no capítulo 4.



## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Metodologia WCM

O termo *World Class Manufacturing* foi apresentado por Schonberger (1986) nos anos 80 como equivalente a melhoria rápida e contínua. Schonberger (1986) considera 3 grandes conceitos importantes do WCM sendo eles: *Just in Time* (JIT) com foco para alcançar a quantidade ideal, na hora e local ideal, *Total Quality Management* (TQM) que tem como objetivo o fazer certo pela primeira vez, *Total Productive Maintenance* (TPM) que busca a manutenção preventiva dos equipamentos para evitar quebras e pequenas paradas. Porém, esses conceitos isolados não caracterizam WCM como metodologia. É necessário garantir o envolvimento das pessoas, tanto liderança quanto operação, e a simplicidade. WCM tem como objetivo simplificar todas as operações.

Hoje, a disseminação do conceito WCM, se deve ao professor da Universidade de Kyoto Hajime Yamashina. A diferença é que ele propõe o pilar de desdobramento de custo como método de priorização das perdas para o desenvolvimento de projetos de melhoria que atacarão as mesmas.

Assim, como desde o princípio já proposto por Schonberger (1986) e complementado por Yamashina (2000), WCM tem como objetivo zero desperdício, zero defeito, zero parada e zero estoque, o que conecta sua evolução com os princípios de *Total Industrial Engineering* (TIE), TQM, TPM e JIT

- **TIE:** é um sistema que abrange diferentes métodos para maximizar o desempenho da operação ao diminuir Muri (sobrecarga), Mura (irregularidade) e Muda (atividades com valor não agregado);
- **TQM:** gestão de melhoria contínua que tem como objetivo buscar a excelência da qualidade do produto de forma que ele atenda sempre as necessidades do cliente;
- **JIT:** tem o objetivo de produzir apenas o que é necessário, quando for necessário e onde for necessário, evitando assim possíveis desperdícios;
- **TPM:** é o que garante a excelência na prática de manutenção devido a diversidade de demanda, pois os equipamentos precisam estar disponíveis para produzir sempre que necessário dentro dos padrões de qualidade definidos.

Ao relacionar os conceitos apresentados, é possível dizer que TPM faz parte de TQM e que TPM é a base para o JIT (YAMASHINA, 2000). Outra possível analogia é enxergar o TQM como cérebro, JIT como o sistema nervoso e TPM como músculos. Dessa forma, WCM busca zero estoque (JIT), zero defeitos (TQC), zero quebras (TPM) e menor custo (TIE) (YAMASHINA, 1995).

Nos dias de hoje TPM é algumas vezes referencia para *Total Productive Management*, ou seja, quando bem implementado, ele é muito mais do que simplesmente o foco na manutenção. Ele é visto como um sistema completo de gerenciamento da produção, por isso algumas empresas referem-se ao WCM como uma evolução do TPM, quando na verdade, TPM faz parte da metodologia WCM.

É necessário ressaltar que, segundo Yamashina (2014), existe um inconveniente sobre TPM, TQC, JIT e atividades TIE que é a falta de relação direta entre uma atividade e seus benefícios de redução de custos. Ou seja, nenhum sistema pode ser considerado satisfatório sem ter a capacidade de avaliar os custos. Portanto, o principal conceito que o Prof. Dr. Yamashina propõe com a implementação do novo modelo de WCM é o conceito do pilar de Desdobramento de Custo que justifica, através de uma matriz de perda por custo, a aplicabilidade da ferramenta para tratar determinada perda, ou seja, é a justificativa financeira para a aplicação de WCM.

A metodologia *World Class Manufacturing* busca então aumentar a produtividade, reduzir o número de quebras e garantir a qualidade do produto através do envolvimento das pessoas com foco na melhoria contínua e eliminação das atividades que não agregam valor. A Chrysler Group (2009), que também implementou WCM em 2009 com base nos conceitos do professor Yamashina, apresentou um esquema em que é possível resumir a estrutura de WCM a cima apresentada de acordo com a Figura 1.

De acordo com Yamashina (2014) existem sete pontos chaves para a compreensão e implementação de WCM, sendo eles:

1. A importância de ser uma visão de perspectiva: ter uma visão horizontal que vá do global para o detalhe para garantir a priorização correta das ações;
2. Visualização: de acordo com Yamashina (2014), o que define uma manufatura de classe mundial é a existência de um sistema que torna possível identificar qualquer anomalia visualmente de forma que qualquer pessoa consiga reconhecê-la como um problema imediatamente”

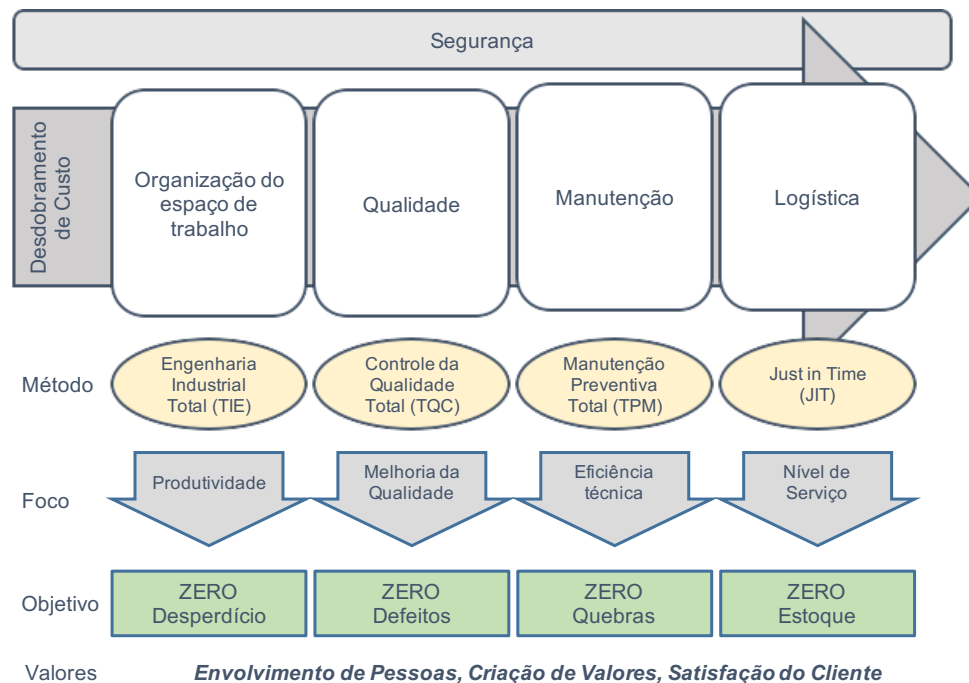


Figura 1 - Estrutura de WCM (Adaptado de GARBERDING, 2009)

3. Ferramentas e métodos ideais para cada etapa: é necessário entender cada problema para então identificar a ferramenta ideal de solução, só assim será possível entender a verdadeira causa raiz de cada problema.
4. Conceito ótimo do “Zero”: zero acidentes, zero quebras, zero defeitos, zero desperdício;
5. Contramedidas para causas raízes e não sintomas: WCM busca resolver o problema na causa raiz e não perder tempo tratando apenas os sintomas;
6. Orientado a detalhes: é necessário entender no detalhe para poder tratar os problemas mais complexos;
7. Guiado pelo custo: o pilar de WCM é o que indicará quais perdas devem ser priorizadas de acordo com o custo gerado por cada uma delas.

E também sete passos para a implementação do modelo completo de WCM:

1. Identificar quais os problemas;
2. Detectar onde estão os problemas;
3. Priorizá-los de acordo com o desdobramento de custo;

4. Analisar cada um e escolher os métodos e ferramentas corretos;
5. Estimar o custo da solução;
6. Implementar as soluções com rigor;
7. Avaliar os resultados finais de acordo com o objetivo.

Dessa forma, para garantir a implementação da metodologia devemos adotar métodos e indicadores que possam medir a evolução das melhorias e a habilidade de manufatura competitiva de todas as empresas. Dessa forma cada pilar possuirá indicadores de performance (KPI) e indicadores de atividades (KAI) de acordo com seus objetivos.

### 2.1.1 Pilares

*World Class Manufacturing* é composto por 10 pilares técnicos que têm como base 10 pilares gerenciais (Figura 2). De acordo com Yamashina (2014), a estrutura de WCM se baseia em 4 pilares bússolas que guiaram os projetos e atividades de acordo com Segurança, Qualidade (Controle de Qualidade) e Custo (Desdobramento de Custo).

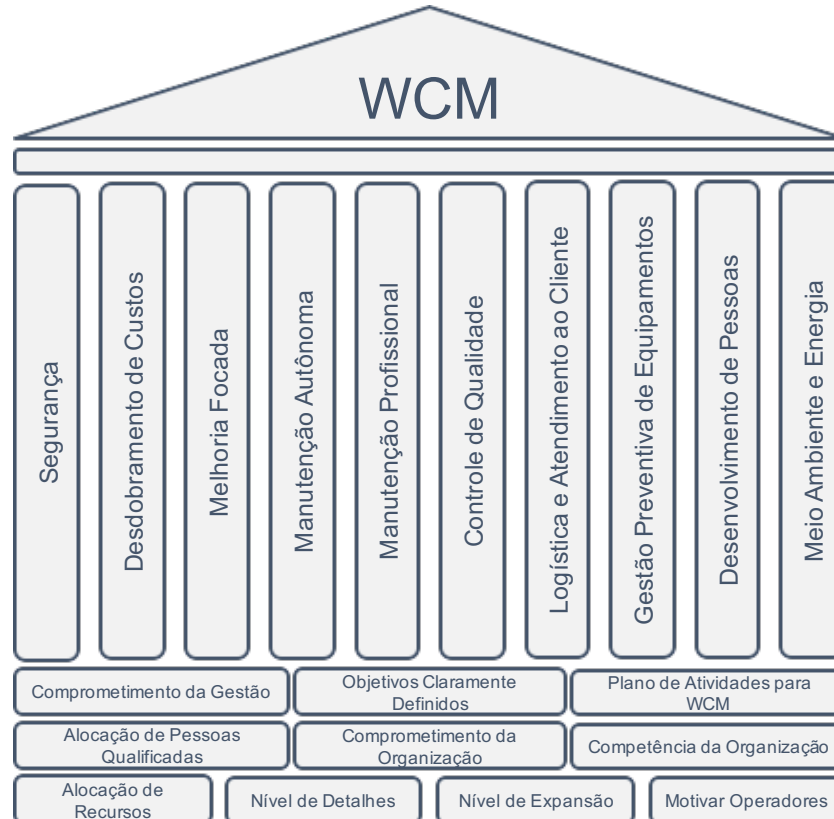


Figura 2 - Pilares WCM (Adaptado de: YAMASHINA, 2014)

#### 2.1.1.1 Pilares Técnicos

**Segurança - *Safety* (SAF):** Tem como objetivo reduzir o número de acidentes através da mudança para uma cultura preventiva com foco em segurança e da melhoria ergonômica do ambiente de trabalho para garantir um local de trabalho totalmente seguro. (FELICE; PETRILLO; MONFREDA, 2013)

**Desdobramento de Custo – *Cost Deployment* (CD):** É o pilar responsável pela análise das perdas e ganhos. Tem como objetivo identificar as principais perdas da cadeia através da implementação de uma matriz de custos e repassar essas informações para todos os outros pilares de forma que cada pilar possa, de maneira estratégica e eficaz, atacar aquelas perdas que trarão maior retorno para a companhia.

De acordo com Yamashina (2014), esse é o conceito de maior importância para o WCM, uma vez que os planos de ações definidos pelos outros pilares tenham um objetivo único e uma justificativa real e coerente com o desenvolvimento/ambiente da companhia.

**Melhoria Focada – *Focused Improvment* (FI):** Ataca as perdas mais importantes de acordo com a priorização feita por CD. Ele busca eliminar as ineficiências e as atividades que não agregam valor com o intuito de aumentar a competitividade do custo do produto. Além de dar suporte metodológico para todos os outros pilares (FELICE; PETRILLO; MONFREDA, 2013).

**Manutenção Autônoma – *Autonomous Maintenance* (AM):** Tem como objetivo aumentar a eficiência do equipamento através da redução e eliminação de quebras por condição básica, além de promover melhorias para o posto de trabalho (YAMASHINA, 2014).

**Manutenção Profissional – *Professional Maintenance* (PM):** Facilita a colaboração e o comprometimento entre o manutentor e o operador de forma a reduzir quebras aplicando técnicas de análise de falhas. Desenvolve a cultura de práticas de manutenção com o intuito de prorrogar a vida útil dos equipamentos (FELICE; PETRILLO; MONFREDA, 2013).

**Controle de Qualidade – *Quality Control (QC)*:** Com o intuito de atender às necessidades do cliente, o pilar de controle da qualidade busca diminuir a quantidade de produtos não conformes, desenvolver as habilidades dos operadores e garantir as especificações de qualidade do produto (FELICE; PETRILLO; MONFREDA, 2013).

**Logística e atendimento ao cliente – *Logistics and Customer Service (LCS)*:** Tem como objetivo a definição de um fluxo eficiente, garantindo a redução do estoque, minimizando a movimentação de materiais e promovendo o abastecimento dos materiais diretamente na linha de produção. Redução de estoque, movimentação de materiais e fluxo logístico (FELICE; PETRILLO; MONFREDA, 2013).

**Gestão Preventiva de Equipamentos - *Early Equipment Management (EEM) Early Product Management (EPM)*:** Garante que os novos projetos entreguem equipamentos que tenham as melhores performances e para garantir a participação da companhia compatível com competitividade do mercado. Tem como objetivo a redução do lead time e do tempo de comissionamento garantindo a implementação de novos equipamentos com melhores performances, facilidade de manutenção e baixo custo (YAMASHINA, 2014).

**Desenvolvimento de Pessoas – *People Development (PD)*:** Este pilar trabalha com o desenvolvimento de cada colaborador. É necessário desenvolver pessoas competentes para cada grau de forma a garantir a implementação do WCM. Dessa forma, o pilar de PD garante um sistema estruturado para desenvolver e treinar as pessoas de acordo com as competências necessárias para cada cargo.

A perda principal do pilar é o erro humano, portanto ele tem envolvimento com todos os pilares, principalmente AM e PM, que contam com colaboradores especialistas nos equipamentos de produção (YAMASHINA, 2014).

**Meio Ambiente e Energia – *Environment and Energy (ENE)*:** O pilar garante o cumprimento dos requisitos da gestão ambiental (ISSO 14001) desenvolvendo a cultura de reduzir o consumo de energia e suas possíveis perdas (FELICE; PETRILLO; MONFREDA, 2013).

#### 2.1.1.2 Pilares Gerenciais

**Comprometimento da Gestão:** Segundo Yamashina (2014), a liderança deve estar 100% comprometida com a implementação e execução das atividades de WCM, uma vez que ela é a responsável por repassar e traduzir os objetivos para toda a operação garantindo o envolvimento e o comprometimento dos mesmos para alcançar todas as metas.

**Objetivos Claramente Definidos:** É importante que os objetivos sejam bem definidos e comunicados para todos de forma clara. Para garantir que todos os objetivos sejam alcançados, é necessário a definição de indicadores para cada um deles, de forma que esses indicadores e seus respectivos metas estejam sempre visualmente disponíveis para todos os colaboradores (YAMASHINA, 2014).

**Plano de Atividades para WCM:** É importante que a liderança estabeleça um plano de atividades de WCM dividido em etapas. Esse plano de ação deve estar conectado às mudanças de mercado a curto, médio e longo prazo, de forma que apresentando o valor agregado, inovações e melhorias com suas respectivas descrições em cada etapa resulte na satisfação do cliente (YAMASHINA, 2014).

**Alocação de pessoas capacitadas para área modelo:** De acordo com Yamashina (2014), a essência do WCM é o envolvimento e o comprometimento das pessoas, garantindo que as pessoas capacitadas estejam alocadas nas áreas modelos para disseminar o *know how* aos outros envolvidos. Por isso, o pilar de PD deve, em conjunto com os outros pilares, garantir o desenvolvimento dos membros em cada área.

**Comprometimento da Organização:** A organização, seja a liderança ou os colaboradores, devem estar comprometidos de forma a resolver todos os problemas. Trabalhando em conjunto é necessário ter a visão de que todos os problemas podem ser solucionados ao invés de procurar motivos para não resolvê-los (YAMASHINA, 2014).

**Competência da organização para aplicação dos métodos e ferramentas:** É importante a formação de um time suporte que dissemina o conhecimento dos métodos e ferramentas ao lidar

com os desperdícios e perdas. WCM utiliza várias ferramentas de apoio, porém é necessário saber qual utilizar em cada passo, caso contrário, os resultados podem não ser alcançados como o planejado (YAMASHINA, 2014).

**Tempo e Dinheiro (Alocação de Recursos):** Assim como ter um planejamento de atividades, é necessário também um planejamento para alocação de recursos, de forma que todas as melhorias consigam ser implementadas de maneira eficaz e eficiente ao tratar das perdas que trarão um maior retorno para a companhias (PABLO RIBEIRO, 2014).

**Nível de Detalhes:** O nível de detalhe estratificado para cada perda é de suma importância para poder encontrar os problemas reais e ataca-los da maneira correta, uma vez que os recursos são limitados

**Nível de Expansão:** Segundo Yamashina (2014), para ter o máximo proveito da metodologia WCM, o que foi desenvolvido em uma área deve ser transmitido para outra. Por isso, o plano de expansão deve ser realizado a partir do pilar de CD para priorizar as seguintes áreas e equipamentos que trarão maiores impactos com a diminuição dos custos com quebras. Além disso, para usufruir ao máximo da metodologia e garantir todos os seus benefícios, a expansão deve ocorrer também fora da companhia, por exemplo para os fornecedores

**Motivar Operadores:** Este pilar garante a importância de promover a motivação da operação para que todos os resultados planejados sejam alcançados.

### 2.1.2 Ferramentas de Apoio

Para garantir a eficácia da implementação do WCM, é necessário a aplicação de algumas ferramentas que dão suporte à execução do mesmo.

#### 2.1.2.1 *Quick Kaizen*

Kaizen, que em japonês significa melhoria contínua, é uma ferramenta utilizada no dia a dia com o objetivo de propor melhoria nos equipamentos ou no ambiente de trabalho, seja para



aumento de eficiência, garantia de qualidade, diminuição de desperdício ou diminuição de riscos ergonômicos (FELICE; PETRILLO; MONFREDA, 2013).

#### 2.1.2.2 EWO:

Ferramenta de análise de quebra que contém toda a investigação do ocorrido com o intuito de identificar a(s) causa(s) raiz(es) da quebra e determinar um plano de ação para evitar que o mesmo tipo de quebra ocorra novamente. A folha de preenchimento da EWO contém os métodos 5W1H e 5PQ's.

#### 2.1.2.3 5 Porquês:

Técnica utilizada para encontrar a causa raiz do problema através de 5 consecutivas perguntas “Porquê?”. Essa técnica é considerada por Ohno (1997) a base da abordagem científica da Toyota, pois de acordo com ele, ao se repetir a pergunta cinco vezes, tanto a natureza do problema, quanto a sua solução se tornam claras. É válido ressaltar que, se necessário deve-se realizar a pergunta mais de 5 vezes até encontrar a causa raiz.

#### 2.1.2.4 5S:

A metodologia 5S tem como objetivo a redução de desperdícios com a implementação de cinco etapas que ajudam a promover a organização e a limpeza do posto de trabalho (WERKEMA, 2011):

1. *Seiri* – Eliminação do desnecessário: o que não é utilizado deve ser descartado;
2. *Seiton* – Organização: cada objeto deve ter o seu único e exclusivo lugar;
3. *Seiso* – Limpeza: o ambiente de trabalho deve estar sempre limpo;
4. *Seiketsu* – Padronização: é necessário o estabelecimento de práticas padrão para garantir o que foi alcançado com os S's anteriores;
5. *Shitsuke* – Disciplina: é necessária uma mudança comportamental dos membros envolvidos de maneira assumir um compromisso com os padrões estabelecidos.

#### 2.1.2.5 OPL: One Point Lesson – Lição de Um Ponto

Metodologia simples que permite em uma única folha dar ênfase em apenas um único ponto de maneira clara e breve priorizando desenhos e fotografias com relação de certo e errado para determinada atividade. Ela deve ser uma ferramenta autoexplicativa e estar sempre disponível no posto de trabalho.

#### 2.1.2.6 AM Tag:

Etiqueta azul que deve ser preenchida e fixada no equipamento para identificar anomalias encontradas nos equipamentos que podem ser resolvidas pela própria operação através da manutenção autônoma.

#### 2.1.2.7 Poka-Yoke:

Também conhecido como dispositivos à prova de erros, são mecanismos que impedem o operador de cometer algum erro ao realizar uma atividade, além de consequentemente, impedir que algum defeito chegue ao cliente sem ser detectada pela produção (WERKEMA, 2011). Assim, esse método pode ser utilizado tanto para a detecção quanto para a prevenção de um erro.

#### 2.1.2.8 Diagrama de Causa e Efeito – 4M:

Também conhecido como Diagrama de Ishikawa, o método dos 4M tem como objetivo identificar as possíveis causas do problema de maneira segmentada em Máquina (*Machine*), Material (*Material*), Homem (*Man*) e Método (*Method*).

#### 2.1.2.9 7WCM Tools:

1. Priorização: Podem ser utilizados ferramentas como o diagrama de pareto, estratificação ou curva ABC, com ajudas da matriz de risco, de qualidade e de desdobramento de custo, de forma a priorizar o problema que gera maior impacto negativo para a companhia (POOR; KOCISKO; KREHEL, 2016);
2. Sistematização e Lógica: identificar onde o problema ocorreu por meio da lógica;
3. Sketches: Desenhos e esquemas utilizados para entender o problema;
4. 5W1H + 5G:

- Método para compreensão do problema por meio da resposta de 6 perguntas: *What* (o quê): O que é o problema? *When* (quando): Quando aconteceu o problema? *Where* (onde): Onde ocorreu o problema? *Who* (quem): O problema é relacionado à capacidade técnica? *Which* (qual): Quais características estão do problema? *How* (como): Como mudou em relação ao original?;
  - Metodologia utilizada, quando necessária, para a investigação de acidentes de maneira a remediar e evitar possíveis novos acidentes com a mesma causa (POOR; KOCISKO; KREHEL, 2016);
5. Análise da Causa Raiz: tem o objetivo de encontrar a causa raiz do problema, podendo ser utilizado tanto o método dos Porquês quanto 4M;
  6. Visualização: promover a visualização do problema através de imagens e detalhes;
  7. A maneira de ensinar pessoas (TWTTP): Consiste em uma entrevista com 4 perguntas para verificar o nível de treinamento que será necessário aplicar para a operação.

### 2.1.3 Benefícios do WCM

De acordo com Yamashina (2014), a principal desvantagem do TPM, TQC, JIT e TIE é a ausência de relação direta entre as atividades propostas e a redução de custo. Dessa forma, o principal diferencial do WCM para as outras metodologias de melhoria continua, é que ele prioriza suas ações a partir do desdobramento de custo. Ou seja, o WCM tem como base atacar primeiro as perdas que geram mais custos para a empresa, de forma que a aplicação da metodologia traga retorno financeiro para companhia. O pilar de Desdobramento de Custo é quem fornece toda a base para a implementação de WCM trazendo o benefício da redução de custos.

Outro pilar muito importante para garantir a excelência da implementação de WCM é o pilar de desenvolvimento de pessoas. Fator chave de competitividade no mercado. Uma vez que ele fornece base para a atuação de todos os pilares ele é também o que mantém a essência dos pilares gerencias, ou seja, a essência do WCM. Através desse pilar as pessoas saberão quais são as características e capacidades necessárias para cada atividade e terão o suporte necessário para se desenvolver através de treinamentos e exercícios na prática. Dessa forma, o envolvimento do pilar de PD traz o benefício do desenvolvimento de todos os membros da companhia.

Garantindo a execução minuciosa dos sete passos de todos os pilares, WCM trará como benefício principal a redução de custo, junto com a redução de desperdício e melhora da qualidade além de proporcionar um melhor ambiente de trabalho.

## 2.2 PILAR DE MANUTENÇÃO AUTÔNOMA

### 2.2.1 Objetivo

O pilar de manutenção autônoma tem como objetivo trazer a máquina para seu estado ideal de funcionamento, prevenir a deterioração do mesmo através de operações autônomas corretas e *check lists* diários, e estabelecer as condições básicas necessárias para garantir que o equipamento esteja sempre em boas condições de funcionamento. Tem como meta eliminar as quebras por falta de condição básica e garantir o aumento da eficiência do equipamento, deixando-o sempre disponível para produzir quando necessário (YAMASHINA, 2014).

### 2.2.2 Etapas do pilar de AM

O pilar de manutenção autônoma é implementado em 7 passos. Os três primeiros correspondem à etapa reativa que busca gerar mudança na máquina, ou seja, identificando fontes de sujeira e buscando melhorias no equipamento para eliminar ou conter essas fontes e consequentemente alcançar zero quebras por falta de limpeza, ou seja, por falta de condição básica.

O quarto e o quinto passo correspondem à fase preventiva, eles buscam gerar uma mudança nas pessoas, fazendo com que a inspeção seja conduzida pelos próprios operadores e que os padrões a serem seguidos sejam também definidos por eles, de forma que eles tenham a responsabilidade de controle do equipamento e consequentemente da qualidade do produto.

*Quadro 1 - Sete passos do pilar de manutenção autônoma*

<b>Passo</b>	<b>Descrição</b>	<b>Caracterização</b>
Passo 1	Limpeza Inicial	Reativo
Passo 2	Eliminação das fontes de sujeira e locais de difícil acesso	
Passo 3	Estabelecimento de padrões de AM	
Passo 4	Inspeção Geral da Máquina	Preventivo
Passo 5	Inspeção Geral do Processo	
Passo 6	Melhoria dos Padrões	Proativo
Passo 7	Sistema de gestão autônoma completamente implantado	

Por fim, o sexto e o sétimo passo buscam alcançar uma mudança na gestão da manutenção, ou seja, a partir da definição de todas as atividades e padrões de AM implementados, o operador deve ser responsável pela área de trabalho, da qualidade do produto e da confiabilidade dos equipamentos.

É importante ressaltar que, de acordo com Yamashina (2014) e Xenos (1998), para garantir a excelência na implementação do pilar, os operadores devem ser capacitados em quatro níveis que abrangem os 7 passos de AM, sendo eles:

1. Habilidades para entender a performance do processo, suas funções e a maneira correta de operar: esse nível corresponde aos passos 1 a 3 de AM;
2. Habilidades para entender as propriedades dos materiais que estão sendo manuseados e executar ajustes e montagem: esse nível corresponde aos passos 4 e 5 de AM;
3. Habilidades para detectar anomalias prontamente e tomar ações de emergência contra elas: esse nível corresponde ao passo 6 de AM;
4. Habilidades para reconhecer sinais de anormalidades, lidar com elas corretamente e executar verificações de revisões periódicas e substituição correta de peças: esse nível corresponde ao passo 7 de AM;

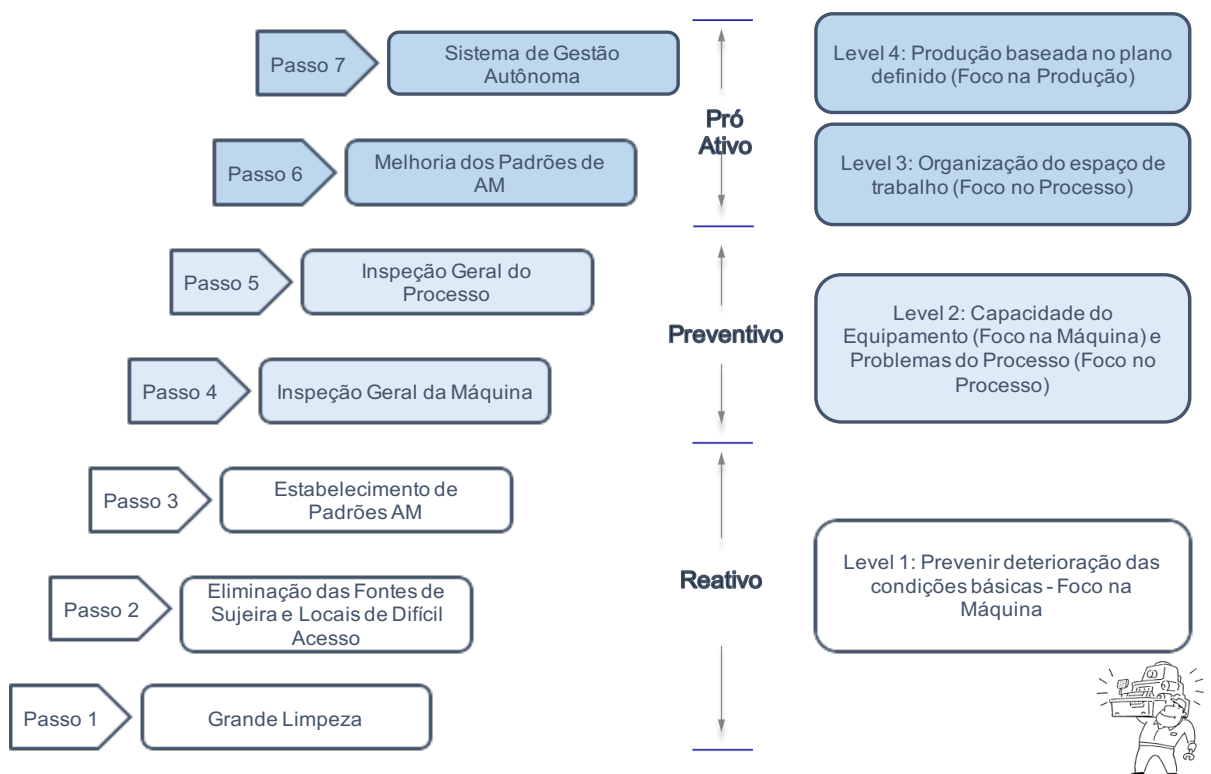


Figura 3 - Classificação AM dos Operadores baseados nos 7 passos de AM (Adaptado de: Yamashina, 2014)

#### *2.2.2.1 Passo 0: Atividades Preliminares de Preparação*

Para dar início às atividades de manutenção autônoma com excelência, é necessário o alinhamento junto com o pilar de desdobramento de custos para identificar a máquina modelo de acordo com o maior custo de quebras por falta de condições básicas.

Uma vez definido o equipamento modelo, é de suma importância que AM trabalhe junto com o pilar de segurança para garantir que todas as atividades serão feitas de modo correto e seguro. Dessa forma, é necessário um treinamento de aplicação correta de LOTO (*Lock out and Tag Out*) que garantirá energia zero no equipamento quando necessário. Em seguida deve-se criar ou revisar o padrão de gerenciamento de riscos do equipamento de forma a identifica-los e criar medidas para eliminar qualquer possível risco de segurança. Por fim, é importante promover um treinamento para o entendimento básico das suas funções, componentes e princípios de operação do equipamento (YAMASHINA, 2014).

#### *2.2.2.2 Passo 1: Limpeza Inicial*

O primeiro passo do pilar de manutenção autônoma tem como foco a limpeza inicial com o objetivo de trazer a máquina ao mesmo estado de quando ela foi comprada. A etapa deve durar de 1 a 2 meses e consiste na limpeza interna e externa do equipamento, análise de toda a sujeira retirada, identificação das anomalias do equipamento que devem ser resolvidas pela equipe de manutenção, compreensão dos princípios de funcionamento da máquina e a identificação de fontes de sujeira, locais de difícil acesso e pontos de limpeza.

As fontes de sujeira são os locais que contaminam pontos da máquina. Elas devem ser priorizadas de acordo com aquelas que geram maiores impactos no número de quebras por falta de condição básicas. Essa priorização é necessária, pois no segundo passo deverão ser tomadas ações para eliminar ou conter cada uma das fontes encontradas. Os locais de difícil acesso podem ser mapeados por diferentes motivos, seja para aplicação de loto, limpeza, operação, lubrificação ou manutenção. É necessário priorizá-los do mesmo modo que as fontes de sujeira, pois eles também deverão ser tratados no passo 2.

É importante que todos os membros do pilar participem da limpeza inicial. Essa etapa não é apenas para garantir a limpeza da máquina, mas sim fazer com que o operador conheça a mesma

e saiba identificar as anomalias antes que elas gerem alguma quebra, como por exemplo sons ou vibrações fora do padrão (XENOS, 1998).

Nessa etapa o envolvimento de PM é fundamental para garantir todos os benefícios do passo 1. Isso acontece, pois PM trabalhará em conjunto com AM para identificar as anomalias do equipamento e resolvê-las de forma que os dois pilares trabalhando em cooperação conseguiram restaurar as condições básicas do equipamento.

Como resultado do passo 1 deve ser apresentado o mapa das fontes de sujeira e dos locais de difícil acesso que serão priorizados e atacados no próximo passo e um calendário (*checklist*) de limpeza, inspeção e lubrificação com os pontos levantados para garantir as condições básicas do equipamento. Além de obter uma pequena redução do tempo de limpeza de acordo com o calendário e um aumento de 2 e 3% de OEE garantindo que a mesma seja maior que 65%.

#### *2.2.2.3 Passo 2: Eliminação das fontes de sujeira e locais de difícil acesso*

O passo dois consiste em encontrar medidas para eliminar fontes de sujeira e locais de difícil acesso. Após a limpeza inicial, fica claro quais são os lugares possíveis de identificar as anomalias. Dessa forma os operadores devem ser treinados a ver, ouvir e sentir o equipamento de forma que todas as possíveis anomalias sejam identificadas e tratadas (XENOS, 1998).

Sugerido pelo prof. Yamashina (2014) existem 12 maneiras para tratar as fontes de sujeiras e diminuir o tempo de limpeza: eliminar, selar, bloquear, guiar, utilizar coberturas localizadas, não deixa espaço, aplicar coberturas, fornecer ar comprimido, aspirar, aplicar pressão positiva ou negativa, instalar cortinas, instalar novas tecnologias. A equipe deve então estabelecer ciclos de PDCA's para tratar cada uma das fontes de sujeira de acordo com a prioridade.

É importante utilizar a gestão visual em todas as etapas. Principalmente para acompanhar os indicadores de performance e garantir que todas as atividades de limpeza, inspeção, lubrificação e reaperto estão sendo realizadas de acordo com a frequência definida (XENOS, 1998).

O passo 2 deve durar de 3 a 6 meses e alcançar entre 70 e 80% de redução do número de quebras, além de 80% de redução do tempo de limpeza. Isso tudo deveria garantir um aumento de 6 a 9% na OEE sendo a mesma maior que 72%.

#### 2.2.2.4 Passo 3: Estabelecimento de padrões de AM

O terceiro passo tem como objetivo controlar as atividades básicas e garantir a não deterioração do equipamento (XENOS, 1998), ou seja, é a etapa de padronização das atividades de manutenção autônoma para que possamos parar de corrigir os problemas e sim aprender a evitá-los. Dessa forma o passo três é o último passo da etapa de ações reativas.

Os operadores devem seguir todos os padrões definidos por eles mesmos nas etapas anteriores e neste passo. É necessário que eles tenham clareza dos motivos para o cumprimento desses padrões e das consequências caso eles não sejam seguidos (XENOS, 1998).

Baseado sempre na gestão visual, o calendário AM deverá mostrar e definir a melhor rota e sequencia das atividades de Limpeza, Inspeção, Lubrificação e Reaperto. Ou seja, é necessário realizar uma análise de ECRS (Eliminar, Combinar, Reorganizar e Simplificar) para otimizar o a rota das atividades autônomas determinada pela operação (YAMASHINA, 2014).

Com a definição de uma rota mais eficiente e a padronização dos controles visuais, o passo três tem duração de 2 a 3 meses e espera manter zero quebras por condição básica, 90% ou mais de redução de limpeza AM e o aumento de 2 a 3% de OEE garantindo que essa já esteja maior que 75%.

#### 2.2.2.5 Passo 4: Inspeção Geral da Máquina

Com uma duração de 3 a 6 meses, a primeira etapa do modo preventivo, busca desenvolver nos operadores as habilidades de inspeção geral dos equipamentos. Esse passo teve uma grande mudança entre TPM e WCM. De acordo com Xenos (1998), que ainda descreveu o passo 4 dentro da metodologia TPM, os operadores deveriam ser treinados *on the job* (OTJ) para melhorar suas habilidades de inspeção da máquina.

Porém, de acordo com Yamashina, com a implantação do pilar dentro de WCM, o passo agora se baseia em atacar as perdas que estão atreladas à máquina. Ou seja, deve-se dividir as perdas nos 4 M's: máquina (*Machine*), método (*Method*), homem (*Man*) e material (*Material*) e analisar aquelas que são relacionadas ao primeiro M. Dessa forma, prioriza-se os defeitos de qualidade, caso esses sejam responsáveis pelas maiores perdas de OEE, e em seguida as outras perdas de máquina, como pequenas paradas e velocidade reduzida, por exemplo. Para isso, o pilar de melhoria focada deve trabalhar em conjunto com AM nessa etapa buscando as melhores soluções para tratar as maiores perdas. É necessário ressaltar, que o custo de implementação dessa



etapa é alto, portanto é necessário realizar uma avaliação dos benefícios das soluções para justificar economicamente a implementação das mesmas (YAMASHINA, 2014).

Para garantir excelência na implementação da etapa preventiva, é necessário aumentar as habilidades dos operadores. Ao trabalhar junto com o pilar de desenvolvimento de pessoas, os operadores deverão ser treinados para mudar do nível 1 para o 2 de acordo com a classificação já apresentada no tópico 2.2.2. Etapa do pilar AM.

Com a implementação do passo, espera-se que todos os resultados do passo 3 sejam mantidos, ou seja, zero quebras por falta de condição básica do equipamento, padrões de limpeza e inspeção seguidos e um aumento de 4 a 5% na OEE garantindo que essa seja maior que 80%.

#### *2.2.2.6 Passo 5: Inspeção Geral do Processo*

Com os mesmos conceitos e duração do passo 4, essa etapa tem o foco no processo e não só no equipamento. Ou seja, no passo 5 é necessário trabalhar nas perdas que impactam a OEE relacionadas ao método, homem e material, como por exemplo a perda por troca de produto. Assim como no passo anterior, o pilar de melhoria focada é o principal suporte para essa etapa, lembrando que em todas as etapas o pilar de manutenção preventiva também estará trabalhando lado a lado com AM para garantir os melhores resultados.

Além disso, é necessário que todos os operadores estejam no nível 2 de classificação de habilidades. Dessa forma, o pilar de AM deve trabalhar junto com PD para encontrar os gaps de habilidades da operação e desenvolve-los de forma que todos alcancem o nível dois, sendo capaz de entender as propriedades do material que estão trabalhando e ajustar e configurar o equipamento de maneira correta.

O passo 5 é o último passo fase preventiva, dessa forma, após sua implementação, todos os operadores devem ser classificados como nível dois, o número de quebras por condição básica deve ser nulo e deve ser possível notar um aumento de 4 a 5% na OEE com a garantia de que essa seja maior que 85% (YAMASHINA, 2014).

#### *2.2.2.7 Passo 6: Melhoria dos Padrões*

O passo 6 propõe a eliminação do *work in process* (WIP), redução dos tempos de ajuste e *set up* e definição dos fluxos do local de trabalho, ferramentas, pessoas, materiais e dados. É nessa etapa que se dá o início do autogerenciamento das atividades autônomas (YAMASHINA, 2014).

Dessa forma, de acordo com Xenos (1998), é possível dividir as atividades dessa etapa em 3 grandes grupos: “ (1) Estabelecer itens de inspeção adicionais para os equipamentos; (2) organizar e gerenciar o manuseio de ferramentas e materiais; (3) estabelecer padrões para as responsabilidades individuais”. Com isso é importante consolidar a gestão 5S da área e do equipamento utilizando sempre as práticas e gestão a vista. Essa etapa tem a uma duração de 3 a 6 meses, e seus resultados devem ser mantidos mesmo após a implementação do último passo.

#### *2.2.2.8 Passo 7: Sistema de gestão autônoma completamente implantado*

A última etapa do pilar de manutenção autônoma, que conta com ações proativas, garante o gerenciamento total das atividades autônomas envolvendo todos os membros do time. Ele tem como foco o gerenciamento da produção e interação com as outras funções da fábrica.

Dessa forma a equipe mantém zero quebras por condição básica e zero defeitos de qualidade enquanto pode trabalhar com a otimização do custo e atendimento ao cliente. Garante-se assim, que o ciclo de melhoria continua será mantido e otimizado pelo time de manutenção autônoma reduzindo custos e eliminando desperdícios (YAMASHINA, 2014).

### 2.2.3 Indicadores

Para mensurar a evolução das ações propostas e garantir que a implementação do pilar de manutenção autônoma traz benefícios à companhia é necessário acompanhar os indicadores de performances (KPI) e de atividades (KAI). O primeiro monitora o desempenho da máquina e do processo, enquanto o segundo monitora o envolvimento da operação com o pilar, de forma a ver a importância das atividades de AM.

#### *2.2.3.1 Indicadores de Performance (KPI)*

**OEE (Overall Equipment Efficiency):** Tem como objetivo mostrar o aumento da eficiência do equipamento devido a redução e eliminação de quebras por falta de condições básicas. Esse indicador deve ser monitorado em todas as etapas desde o início da implementação do pilar.

**Número de Quebras:** Mostra a redução e eliminação de quebras por falta de condição básica do equipamento. Esse indicador deve ser monitorado em todas as etapas desde o início da implementação do pilar e tem como *target* alcançar zero quebras por falta de condição básica.

**Tempo LIRL:** Indicador que apresenta o tempo de Limpeza, Inspeção, Reaperto e Lubrificação. Dessa forma ele mostra a redução desse tempo conforme o avanço do pilar. Esse indicador deve ser monitorado em todas as etapas desde o início da implementação do pilar. Sua meta é chegar a 90% de redução do tempo com a implementação do passo 2.

**MTBMS** (*Mean Time Between Minor Stoppages*): Tem como objetivo mostrar a redução de pequenas paradas. Esse indicador deve ser monitorado a partir do Passo 4, uma vez que essa perda seja a de maior impacto na OEE. O pilar de Melhoria Focada (FI) é o principal pilar que atacará essa perda.

**Defeitos de Qualidade:** Com o intuito de satisfazer as necessidades do cliente, o indicador garante que os parâmetros de qualidade estão dentro das especificações e mantém a conexão entre o pilar de QC. Esse indicador é medido a partir do passo 4, uma vez que este começa a trabalhar com ações preventivas.

#### 2.2.3.2 Indicadores de Atividades (KAI)

**AM Tag:** Monitora a quantidade de etiquetas de manutenção autônoma abertas pelos operadores para a resolução de anomalias ou controles visuais, por exemplo. Bem como a resolução e o fechamento dessas mesmas etiquetas. Essa quantidade deve ter aumento percentualmente com relação a quantidade de etiquetas vermelhas, uma vez que o objetivo da implementação do pilar é dar mais autonomia aos operadores para cuidar do equipamento. Esse indicador é controlado desde o primeiro passo.

**Número de Kaizens Implementados:** Indicador que mostra a quantidade de *kaizens* implementados por passo e por operador. Ele monitora a evolução da colaboração da operação para que seja atingido zero quebras por condições básicas. Esse indicador deve apresentar o seu pico no passo 2 e 3 com a criação de contramedidas para a eliminação de fontes de sujeira e locais de difícil acesso.

**Razão B/C:** A razão custo benefício mostra o quanto as melhorias implementadas trouxeram de impacto positivo para o pilar em função do seu custo de implementação no período de um ano. O cálculo para esse indicador é específico para cada passo, uma vez que as metas e a essência das atividades são diferentes em cada uma das etapas.

**Resultado Auditoria por Passo:** A pontuação da auditoria é apresentada por passo por meio do preenchimento de um *check list* de mudança de passo. Dessa forma, a cada final de passo é necessário realizar a auditoria para garantir que os resultados esperados foram alcançados.

#### 2.2.4 Interação entre Pilares

CD é responsável pela priorização das perdas. De acordo com Yamashina (2014), esse é o pilar base para todos os outros, pois sem esse pilar, WCM não seria implementado de forma eficiente, uma vez que os recursos poderiam ser gastos para atacar uma perda de baixo retorno para a companhia.

Algumas vezes, podem aparecer divergências de priorização de equipamentos na matriz C de perdas de PM e AM, ou seja, não necessariamente os equipamentos aparecerão na mesma ordem de priorização. Porém, é de suma importância que esses pilares alinhem juntos em cima de qual equipamento (perda) eles vão trabalhar de acordo com a realidade da companhia. AM e PM são pilares que caminham juntos, pois só assim eles garantem a colaboração, o comprometimento e a cooperação entre os operadores e os mantenedores para garantir o aumento da eficiência do equipamento e a redução de quebras do mesmo.

O pilar de PD também é base para as atividades de AM, ou seja, além dele garantir o desenvolvimento de habilidades da operação que participa do pilar para obter o melhor desempenho, ele também buscará a eliminação de quebras no equipamento por erro humano.

A Figura 4 apresenta a relação do pilar de manutenção autônoma com todos os outros. Para garantir o sentido e a eficiência da metodologia de WCM é necessário que todos os pilares trabalhem em conjunto. Um estará sempre relacionado com outro de alguma forma. Seja para receber inputs, gerar outputs ou trabalhar em conjunto. Só assim a empresa alcançará o nível de excelência mundial necessária para se destacar no mercado.

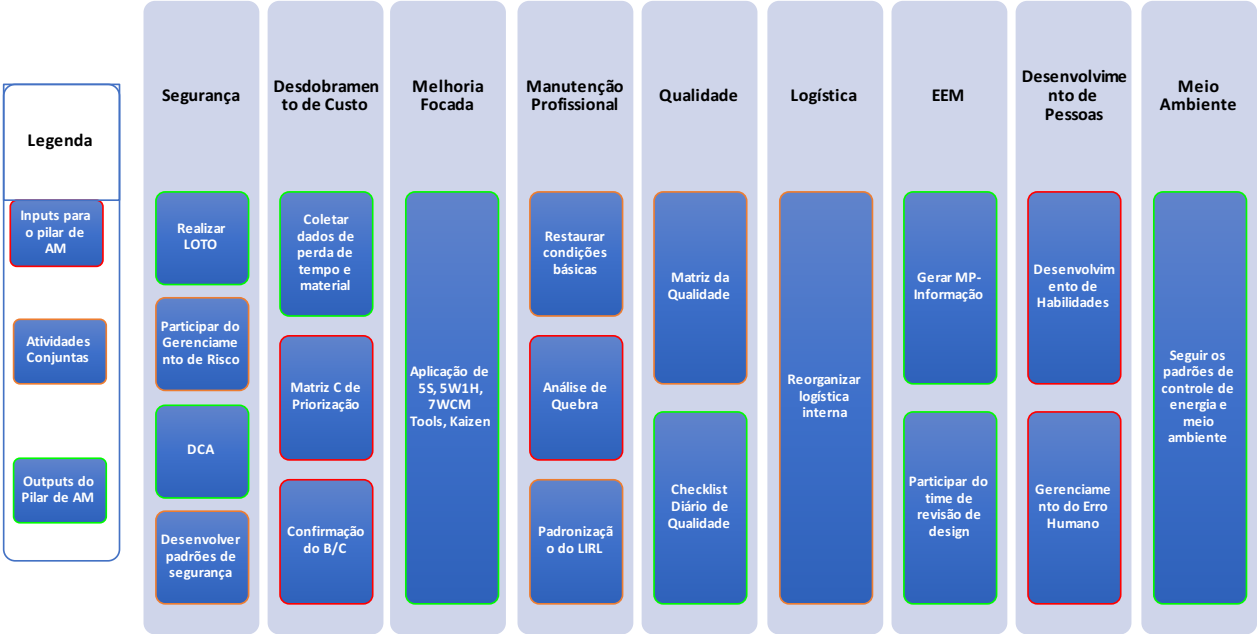


Figura 4-Interação de AM com outros pilares - Fonte: Autonomous Maintenance Pillar Overview. Material Interno, 2014

### 3. ESTUDO DE CASO

O estudo de caso acompanhou a implementação dos passos da 1 a 3 do pilar de Manutenção Autônoma da metodologia WCM em uma empresa multinacional de bens de consumo em uma fábrica produtora de sabonete em barra.

#### 3.1 Passo 0 – Atividades Preliminares

Guiado pela priorização do pilar de Desdobramento de Custo do segundo trimestre de 2016, foi possível identificar que o terceiro maior gasto na companhia com perdas era devido a quebras. Porém, ainda foi necessário estratificar as quebras por equipamento e consequentemente por pilar, para entender qual equipamento devemos levar em consideração as quebras por falta de condição básica. Dessa forma, foi analisado o gráfico de pareto (Figura 5) para entender quais são as quebras atreladas aos pilares de Manutenção Autônoma, Manutenção Preventiva, Melhoria Focada ou Desenvolvimento de Pessoas.

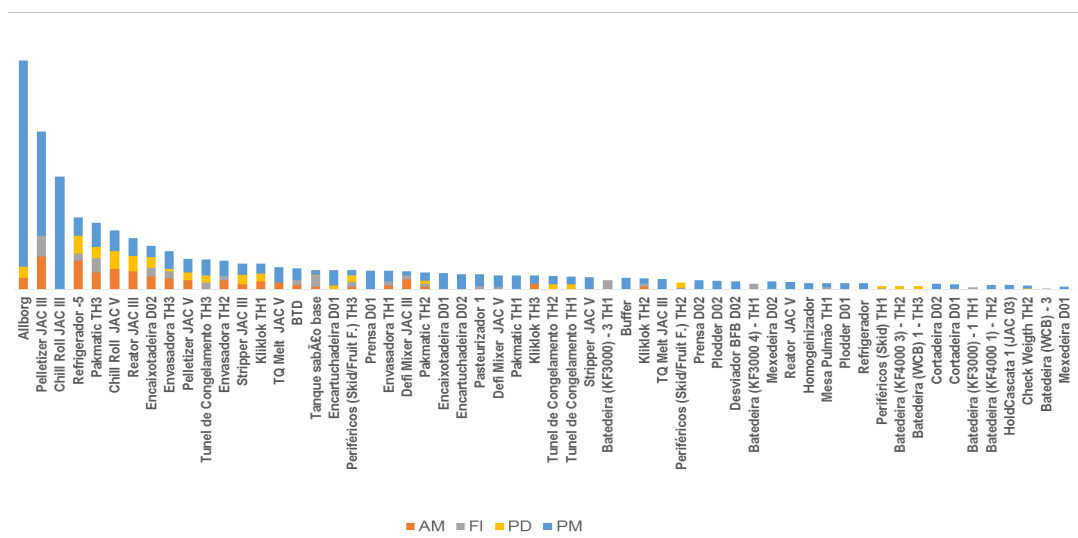


Figura 5 - Quebras por equipamento por pilar

Por fim, estratificamos no ultimo gráfico de Pareto (Figura 6) apenas os equipamentos que tiveram quebras por falta de condição básica (Pilar AM). De acordo com a metodologia, os equipamentos devem ser classificados por ordem de prioridade AA, A, B e C, sendo que a soma dos equipamentos AA corresponde a 50% do custo total gasto em quebras. Dessa forma, o

equipamento modelo a ser implementado toda a metodologia do pilar de Manutenção Autônoma dentro da fábrica é a Pelletizer da Cascata 1 (Jac III).

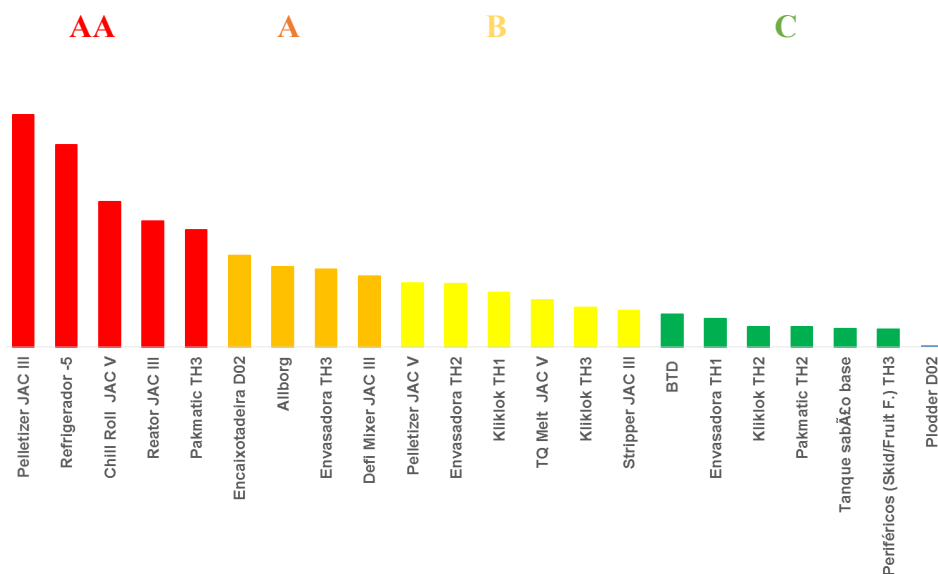


Figura 6-Pareto de Quebras de AM na fábrica

Esse equipamento faz parte do processo de produção de sabonetes em barras. A Pelletizer é uma extrusora que é o último equipamento da etapa de processo, ou seja, é o equipamento responsável por finalizar o processo de formação da massa do produto antes de liberá-lo para a linha de embalagem.

### 3.1.1 O Processo e Princípio de Funcionamento

O equipamento em estudo é a Pelletizer. Uma extrusora que é responsável pela parte final do processo de formação da massa base do sabonete em barra, denominado como *noodle*. Junto com a extrusora foi analisado também o sistema de transporte pneumático, o qual transportará o *noodle* do primeiro piso para os silos que se encontram no terceiro piso da fábrica.

A extrusora é composta por um *turboflow* que tem como objetivo garantir a refrigeração da camisa da rosca sem fim, e uma válvula rotativa que direcionará o *noodle* para o transporte pneumático. Já o transporte, conta com um compressor de ar, um desumidificador e um trocador de calor.

### 3.1.2 A Equipe

Para implementação das atividades do Pilar AM foi necessário montar uma equipe de trabalho. A equipe contou com seis operadores, sendo dois de cada turno para garantir um maior envolvimento das pessoas.

Assim, como propõe a metodologia, é necessário que os operadores envolvidos nas atividades de manutenção autônoma tenham habilidades específicas para entender a performance do processo, suas funções e a maneira correta de operar o equipamento. Dessa forma, para garantir a evolução dos passos e o desenvolvimento dos membros do time, foi necessário a implementação de um Radar Chart desenvolvido pelo time do Pilar de Desenvolvimento de Pessoas. O radar conta com 14 vozes para os passos 1 a 3, todas as habilidades referentes às ações reativas. São elas:

- |                                    |                              |
|------------------------------------|------------------------------|
| 1. 5G (Ferramenta de Investigação) | 8. LPP (Lição Ponto a Ponto) |
| 2. 5W1H+Porque Porque              | 9. SOP (Procedimento Padrão) |
| 3. <i>Quick Kaizen</i>             | 10. Lubrificação             |
| 4. Passo 1 de AM                   | 11. Fixação e Reaperto       |
| 5. Gestão de Etiquetas             | 12. EWO                      |
| 6. Gestão de Quebras               | 13. Passo 2 de AM            |
| 7. GGA (Priorização de Etiquetas)  | 14. Passo 3 de AM            |

De acordo com a Figura 7 é possível verificar a evolução das habilidades da operação desde a metade da implementação de AM até o final do passo 3.

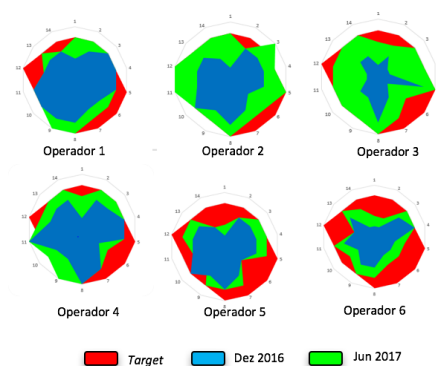


Figura 7 - Evolução do radar chart da operação



### 3.1.3 Segurança

É no passo zero, antes de iniciar qualquer atividade, que precisamos garantir o envolvimento com o pilar de Segurança. Nesse momento, toda a avaliação de risco do equipamento é revisada de maneira a buscar alternativas para eliminação dos riscos do equipamento.

Nessa etapa, todos os pontos de bloqueio das guias de LOTO do equipamento foram revisas para garantir o bloqueio de todas as fontes de energia do equipamento antes de qualquer intervenção. As guias de loto ficam expostas ao lado do equipamento e devem ser assinadas por todos os operadores e manutentores que fazem intervenções nesse equipamento para garantir que estão cientes dos pontos de bloqueio do mesmo.

### 3.1.4 Resultados

Para garantir a compreensão do passo e ter certeza de que o time está preparado para avançar para o próximo passo, é realizada a auditoria de mudança de passo. Cada etapa possui o seu próprio *checklist*, sendo assim, antes da auditoria é necessário realizar uma pré-auditoria interna. Para garantir a aprovação no passo, é necessário que se obtenha pelo menos 85% da pontuação.

De acordo com o formulário em Anexo A os resultados do passo 0 foram: 91% na pré-auditoria e 94% na auditoria de mudança de passo. Dessa forma, a equipe foi aprovada para seguir com o passo 1 da metodologia.

## 3.2 Passo 1 – Grande Limpeza

### 3.2.1 Atividades

O dia da grande limpeza é um dos mais importantes para a metodologia. O dia começou com uma conversa sobre segurança, sobre a importância de garantir o bloqueio de energia dos equipamentos antes de realizar qualquer intervenção, a importância de utilizar os EPIs corretos para a limpeza e a organização do espaço de trabalho para todas as atividades.

É imprescindível a participação não apenas da operação, mas também da liderança e do time de manutenção preventiva. O time de manutenção preventiva tem um conhecimento técnico que deverá complementar a visão da operação, além de aproveitarem o dia para já iniciarem a resolução das etiquetas de anomalias encontradas. A liderança demonstrará o comprometimento da companhia com as atividades de WCM.

Foram sete horas de limpeza e inspeção com a participação de 17 pessoas envolvendo liderança, operação e manutentores, de maneira a identificar todas as anomalias. Além disso, mais de 30Kg de resíduos retirados do equipamento. Foram abertas 78 etiquetas vermelhas (manutenção preventiva) para relatar anomalias relacionadas a falta de manutenção, 19 etiquetas azuis (AM tags) que podem ser resolvidas pela operação e 19 etiquetas de segurança para relatar condição insegura do equipamento. De acordo com a teoria, o índice de resolução de etiquetas deve ser de 95% no passo 1.

A atividade também serviu para a identificação dos pontos de limpeza, inspeção e lubrificação que devem ser monitorados pela operação. Dessa forma, foram identificados 78 pontos de limpeza, 83 pontos de inspeção e 6 pontos de lubrificação. As atividades referentes a esses pontos deverão ser cumpridas de acordo com a frequência determinada.

Todas essas atividades devem ser colocadas no calendário AM (Anexo B). Esse calendário deve ser impresso em uma folha A0 e estar ao lado do equipamento. A atividade planejada deve ser impressa no calendário de acordo com a legenda apresentada no final no calendário. Assim, quando o operador for realizar a atividade, ele deve pintar manualmente o triângulo indicado também de acordo com a legenda. Dessa maneira, conseguimos ter o histórico mensal de quando as atividades foram realizadas.

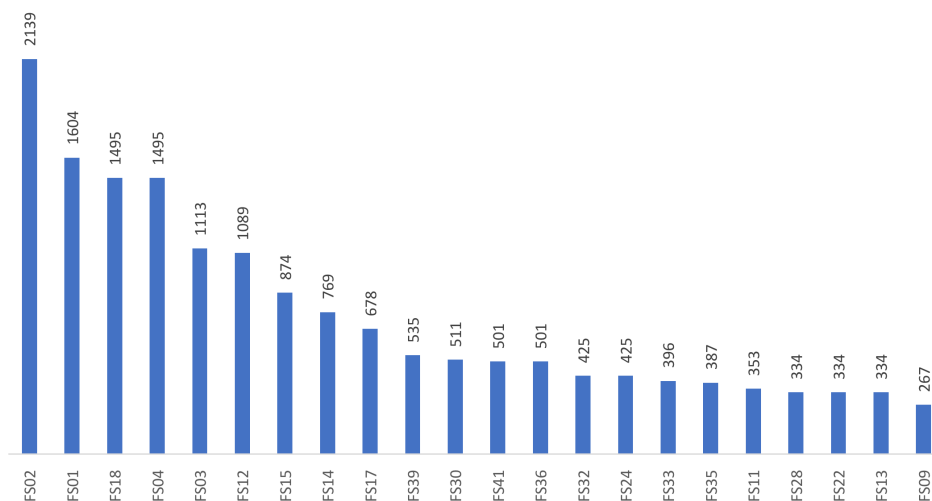
O tempo total de cada atividade deve ser cronometrado a partir do momento em que o operador começa a ler a descrição da atividade no calendário, busca o material necessário para realizar a ação e pinta o calendário após concluir a mesma.

Foram necessários 2 meses para a finalização do passo 1. Uma vez que todas as atividades de limpeza e inspeção deveriam ser cronometradas e a maioria das etiquetas de segurança, vermelhas e azuis deveriam ser resolvidas para garantir que o equipamento voltasse para a sua condição básica. Com a resolução das etiquetas, foi possível identificar uma pequena diminuição (6%) no tempo total de LIRL (limpeza, inspeção, reaperto e lubrificação) no passo 1.

Além disso, foram identificadas 49 fontes de sujeira (Anexo C) e 38 locais de difícil acesso (Anexo D) para limpeza, inspeção e lubrificação. A importância desse levantamento é que a metodologia foca no conceito de que “mais importante do que limpar é não sujar”. Dessa forma, o levantamento de fontes de sujeira e locais de difícil acesso são a base para dar início no passo 2.

Para garantir a priorização de qual fonte de sujeira deveria ser tratado primeiro, cada atividade de limpeza foi cronometrada e associada a uma, ou mais, fontes de sujeira. Assim, os

dados foram cruzados em uma planilha em excel de modo a gerar o seguinte gráfico de pareto de fontes de sujeira (Figura 8):



*Figura 8 - Pareto de Fonte de Sujeira - min/mês por fonte de sujeira*

### 3.2.1 Resultados

De acordo com o *check list* de mudança de passo no Anexo E, a pontuação do passo 1 foi 85% na pré-auditoria e 89,5% na auditoria. O custo-benefício (BC) do passo foi de 0,34 o que está de acordo com a metodologia, uma vez que é necessário a utilização de muitos recursos (custo) para retornar o equipamento em suas condições iniciais e a diminuição do tempo LIRL não é significativa (benefício).

A Figura 9 apresenta o resumo do levantamento de pontos e análise de tempo dos pontos definidos no passo 1. É possível notar que o maior tempo de limpeza se dá com máquina rodando (hora homem – hora máquina), o que não afeta diretamente a eficiência do equipamento. Porém precisamos focar na redução do tempo de limpeza com máquina parada.

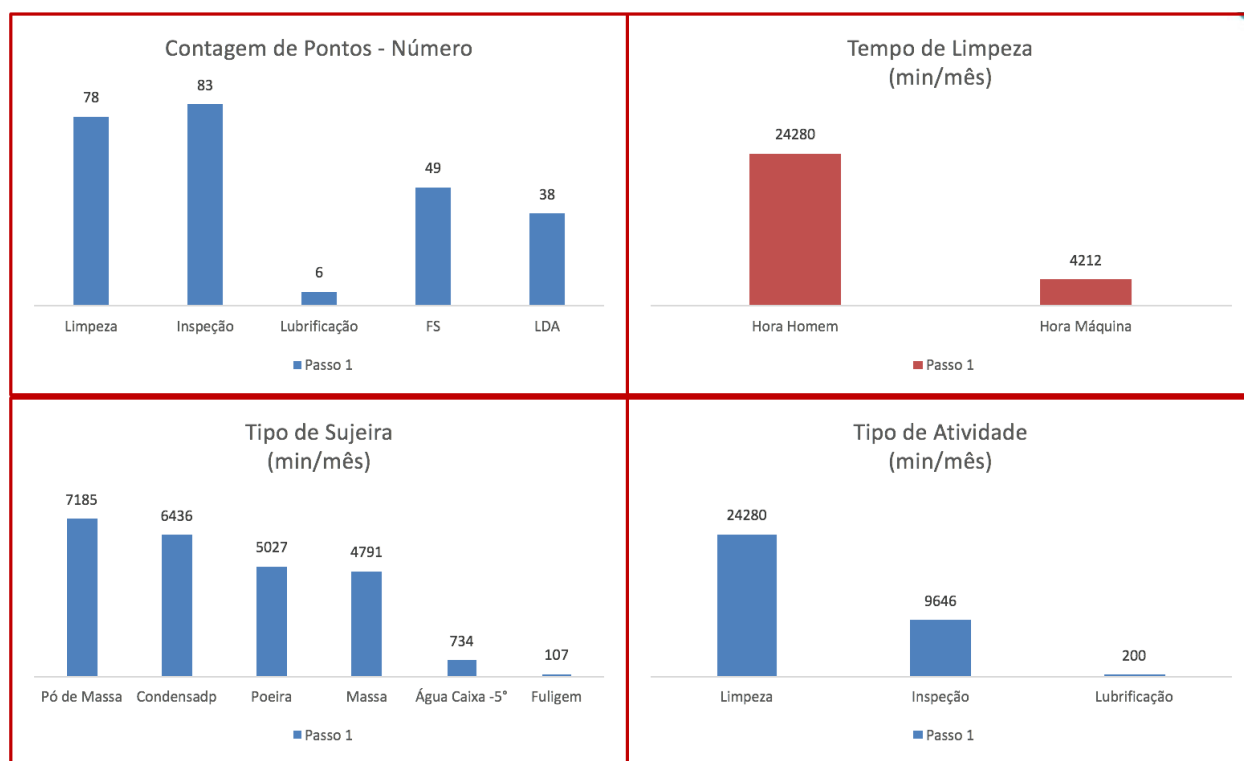


Figura 9 - Análise de Tempo - Resultados do Passo 1

### 3.3 Passo 2 – Eliminação de Fonte de Sujeira e Local de Difícil Acesso

#### 3.3.1 Atividades

De acordo com o levantamento de fontes de sujeira associados aos pontos de limpeza do equipamento, é possível notar que as quatro primeiras fontes (Figura 8) de sujeira estão relacionadas ao layout da cabine da extrusora, impactando diretamente no acúmulo de pó na parte interna da cabine e na parte externa. Esses dados também são mostrados no gráfico Tipo de Sujeira (Figura 9), no qual o maior tipo de sujeira apresentado no equipamento é o pó da massa.

Fazendo uma análise do layout da cabine, notou-se que havia muitos pontos sem vedação, fazendo com o que o pó gerado do processo fosse para a parte externa da cabine. Além disso, havia um acúmulo grande de pó no interior da cabine na parte do fundo, uma vez que o sistema de exaustão possuía apenas uma saída no topo da mesma. Não obstante, para realizar intervenção nessa parte do equipamento era necessário abrir a cabine e desparafusar a parte de baixo da mesma, o que gastava muito tempo do operador para realizar qualquer atividade, ou seja, era considerado um local de difícil acesso.

Foi realizado um estudo para alterar o layout da cabine juntamente com o sistema de exaustão da mesma para garantir a qualidade do produto evitando o acúmulo de pós no sistema. Foram desenhados dois novos pontos de exaustão no fundo da cabine para que não houvesse o acúmulo de pós que pode gerar problemas de qualidade para o produto. A Figura 10 mostra a comparação entre o antigo e o novo sistema de exaustão. Além disso, a cabine passou a ser reta apenas com apenas uma porta para acesso interno, sem a necessidade de desparafusar partes da mesma.

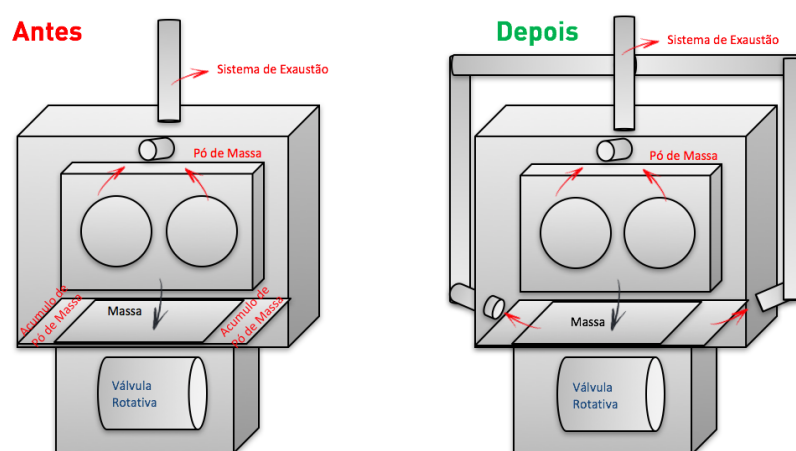


Figura 10 - Novo sistema de exaustão

Esse *kaizen* gerou uma redução de tempo de limpeza de 26% além de garantir a qualidade do produto por meio da eficiência do sistema de exaustão.

Após eliminar as fontes de sujeiras geradoras de pós, foi feita a análise das fontes que geravam quebras por entupimento de massa, ou seja, quebras por falta de condição básica que causavam o entupimento do transporte pneumático.

Pelo menos uma vez por turno os operadores precisavam abrir a tubulação do transporte pneumático para desobstruir a massa que ficava acumulada na flange do mesmo. Essa atividade demorava pelo menos cerca de 15 minutos, uma vez que o operador precisava de uma escada para acessar o local do entupimento. Caso o operador não realizasse essa atividade uma vez por turno, o entupimento resultava em uma quebra por falta de condição básica. Como um dos objetivos do pilar é zerar as quebras por falta de condição básica, foi aplicado uma análise de Porque-Porque (Figura 11) dentro da EWO para entender qual a causa raiz do entupimento.



CAUSAS RAIZES DOS POR QUÊS ?			 PROCEDE ( V )	 NÃO PROCEDE ( X )				
(Fenômeno)	Por que?	Por que?	Por que?	Por que?	Por que?	Por que?	Por que?	Ação a ser tomada
Obstrução na flange do desviador do piso 01	Acúmulo de massa na parte interna da flange do desviador do Piso 01	Falha no fim do curso do desviador						
		Aderência de massa em condições normais de envio de Noodle para o Silo	Os eletrólitos do complexo DEF1 se ligam aos íons do metal da flange					Teflonar a flange do desviador
		Ponto de contato existente na parte interna da flange, durante a passagem de Noodle	Restrição no diâmetro interno da flange em 11 mm	Erro na construção da flange				Construir a flange na medida correta
			Anteparo criado pela flange com relação ao mangote					Construir a flange na medida correta
		Mangote amassado, em condição deteriorada						
		Pontos de fixação solto / desalinhado						

Figura 11 - Análise Porque-Porque do entupimento no transporte pneumático

A primeira causa raiz se dá pelo composto químico no produto, o qual não será discutido nesse estudo, que adere às superfícies metálicas. Dessa forma, a solução proposta foi aplicar uma camada de teflon no mangote. Além disso, ao analisar o layout do mesmo, notou-se que o seu diâmetro era 11 milímetros menor que a tubulação e que a sua conexão possuía um ângulo de 90 graus, não deixando a massa correr livremente pelo transporte. A solução proposta foi aumentar o diâmetro do mangote e fazer um chanfro de 45° para que o fluxo de massa não fosse obstruído (Figura 12).

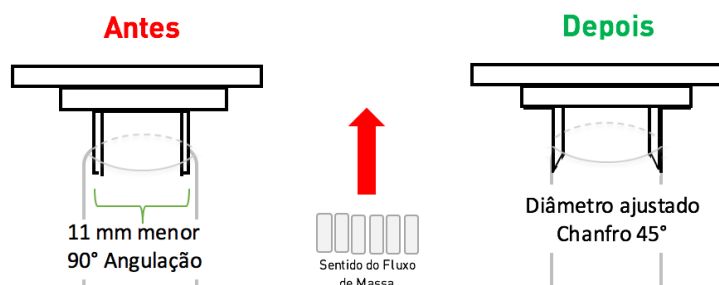


Figura 12 - Kaizen do mangote do transporte pneumático

Esse *kaizen* teve uma redução de 5% no tempo de limpeza total e 25% no tempo de limpeza de máquina parada, além de gerar um impacto significativo na eficiência do equipamento, uma vez que agora não é mais necessário parar o equipamento para a desobstrução. Por fim, essa melhoria garantiu zero quebras por falta de condição básica no transporte pneumático e foi replicada para todas as flanges do sistema.

Outra quebra por AM também analisada foi a obstrução da válvula rotativa. Assim como no caso do mangote do transporte pneumático, o operador deveria parar o equipamento para limpar o acúmulo de massa na válvula rotativa pelo menos uma vez por hora. Essa atividade poderia durar de 2 a 4 minutos dependendo da quantidade de massa acumulada. Quando o operador não realizava essa atividade, ocorria uma quebra por obstrução da válvula rotativa demorando mais de 15 minutos para ser resolvida.

Fazendo a análise de quebra através da EWO, foi preenchida a folha de Porque-Porque (Figura 13) para identificar as causas raízes dessa obstrução. A primeira causa identificada foi o layout ineficiente dos direcionadores de *noodle*, que fazia com o que o *noodle* não fosse direcionado para o centro da válvula rotativa aglomerando-se nas laterais da cabine. Dessa forma, o layout dos defletores foi modificado para garantir o direcionamento do *noodle* para todo o interior da abertura da válvula rotativa. Na Figura 14 é possível ver o *skech* da situação antes e depois dos defletores.

CAUSAS RAIZES DOS POR QUÊS ?				PROCEDE ( V )	NÃO PROCEDE ( X )				
(Fenômeno)	Por que?	Por que?	Por que?	Por que?	Por que?	Por que?	Por que?	Por que?	Ação a ser tomada
Obstrução, acúmulo de massa na válvula rotativa	A caneca fica cheia de massa	Devido à aderência de massa na vedação da caneca	Formação de um anteparo na passagem de noodle	O material da vedação está dobrando	Perda de função do material da vedação				Retirar vedação
		Acúmulo de massa na base da cabine	Os defletores não direcionam o noodle para o centro da rotativa	O layout dos defletores não é adequado					Confeccionar defletores semelhantes ao da Cascata 02
				O noodle acumula no defletor	O noodle adere ao material do Defletor	Os eletrólitos do complexo DEFI se ligam aos íons do metal da flange			Teflonar defletores
		O noodle adere ao material da cabine	Os eletrólitos do complexo DEFI se ligam aos íons do metal da flange						Teflonar cabine
			A rotativa trabalha em sentido contrário à queda dos noodles						Inverter o sentido de rotação da válvula rotativa
	A caneca da válvula rotativa não comporta a vazão de noodle	A profundidade da válvula rotativa foi alterada sem estudo							Fazer estudo para aumentar a profundidade da válvula rotativa
	Acúmulo de raspas na válvula rotativa	Escape de raspas pelas laterais da placa perfurada	Falta de vedação da placa perfurada						Fazer a correção para vedação

Figura 13 - Análise Porque-Porte do entupimento da válvula rotativa

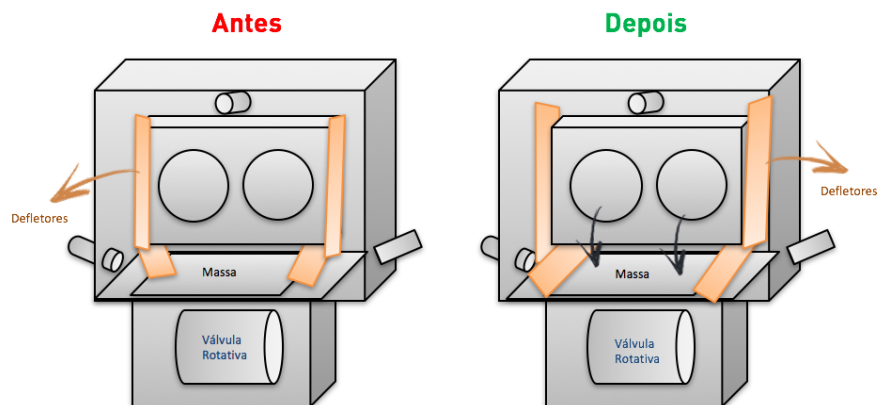


Figura 14 - Novo layout dos direcionadores de noodle



A segunda causa raiz, assim como já apresentada no exemplo anterior, é a aderência do produto às superfícies metálicas, dessa forma a solução proposta foi aplicar uma camada de teflon nos direcionadores de *noodle* e na parte interna de toda a cabine.

Uma outra causa raiz identificada foi o sentido de rotação da válvula rotativa. Ela girava em sentido contrário a queda da massa, o que dificultava a eficiência da mesma, fazendo com o que os *noodles* se acumulassem na parte traseira da abertura da rotativa. A Figura 15 mostra o *sketch* do antes e depois da inversão do sentido de rotação da válvula rotativa.

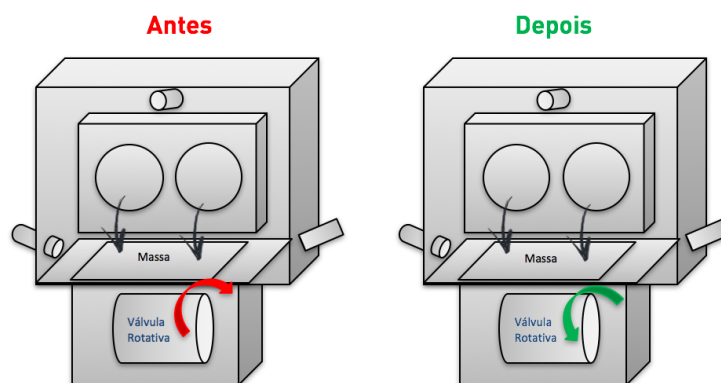


Figura 15 - Inversão do sentido da válvula rotativa

Mesmo após essa mudança, os operadores ainda precisavam intervir no equipamento algumas vezes no turno para evitar a obstrução da válvula rotativa. Então, seguindo com a análise de causa raiz da mesma, notou-se uma peça de nylon no fundo de cada caneca da rotativa fazendo com o que o seu volume fosse menor. Ao realizar os cálculos de capacidade de volume da rotativa e do volume material produzido pela extrusora, notou-se uma inconsistência de capacidade.

O equipamento tem capacidade para produzir 4,5 tons/hora e, de acordo com os cálculos no Anexo F baseados no volume de cada caneca com o calço de nylon, a rotativa era capaz de acomodar apenas 4,09 tons/hora, o que gerava acúmulo de massa e obstrução da mesma. Para garantir que a remoção do calço de nylon trouxesse o resultado esperado, foi calculado então a capacidade da mesma sem o calço de nylon, obtendo uma capacidade de acomodar 4,77 tons/hora. Dessa maneira, a solução proposta foi retirar os calços de nylon de todas as canecas (Figura 16).

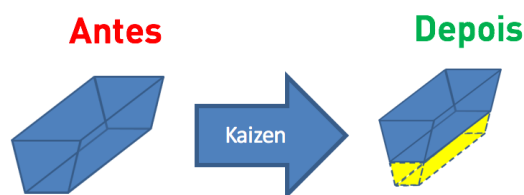


Figura 16 - Aumento da profundidade de caneca da válvula rotativa

Por fim, a última possível causa raiz para a obstrução da válvula rotativa, seria o desacoplamento das lascas de massa que eram formadas entre a placa perfurada e a estrutura do equipamento devido a falta de vedação. Dependendo da lasca formada ela poderia obstruir o sistema ao se soltar e cair diretamente na válvula rotativa. Dessa forma, a solução proposta foi colocar uma vedação ao redor da placa perfurada assim como mostra a Figura 17.

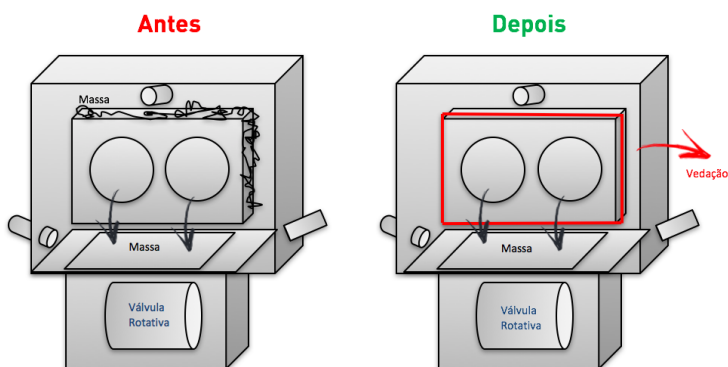


Figura 17 - Vedação da placa perfurada

Todas essas melhorias juntas reduziram 16% do tempo total de limpeza e 40% do tempo de máquina parada, além de gerar um impacto significativo na eficiência do equipamento, uma vez que agora não é mais necessário parar o equipamento para a desobstrução. Por fim, essa melhoria fez alcançar a meta de zero quebras por falta de condição básica na válvula rotativa.

Para garantir os 90% de redução de tempo de limpeza, foram aplicados um total de 60 *kaizens* utilizando como base os 12 métodos para eliminação de fonte de sujeira propostos pelo professor Yamashina. Dessa forma, seguem mais alguns exemplos.

A substituição das mangueiras do turbo flow por tubulações de aço inox com proteção térmica adequada garantindo a eficiência do sistema de refrigeração e evitando o acúmulo de condensado no equipamento.

O desenvolvimento de um sifão interno no desumidificador para evitar o acúmulo de água dentro do mesmo que transbordava para fora causando risco de segurança. Juntamente com um dreno por baixo do solo que guiará o condensado acumulado diretamente para um ralo sem gerar risco de segurança por piso molhado. Bem como a construção ao redor do trocador de calor do transporte pneumático para conter todo o condensado em um só lugar de maneira a evitar condições inseguras por piso molhado.

A troca de parafusos por manoplas borboletas, que garantissem um acesso fácil ao equipamento sem a necessidade de uma ferramenta específica para a remoção das proteções (de qualquer forma, as proteções só podem ser removidas após a aplicação do LOTO).

### 3.3.2 Resultados

No passo dois foram eliminadas 39 fontes de sujeira e 26 pontos de limpeza, o que resultou em uma redução de 92% do tempo de limpeza total e 66% do tempo de máquina parada (Figura 18).

A metodologia diz que ainda no passo dois é possível ter um aumento de 2 a 3% de OEE. Porém, esse resultado ainda não foi atingido, uma vez que as fontes de sujeira que impactavam diretamente na eficiência do equipamento só foram tratadas no final do passo, portanto não alcançando a confiabilidade necessária para o aumento da eficiência ainda no passo 2.

De acordo com o *check list* de mudança de passo no Anexo G, a pontuação do passo 2 foi de 85% no *self assessment* e 88% na auditoria. O BC do passo foi de 6,8 o que está de acordo com a metodologia, pois, apesar do alto investimento na implementação de *kaizens* o retorno em diminuição de tempo LIRL e aumento de eficiência é maior, o que resulta em um BC mais alto.

### 3.4 Passo 3 – Padrões AM

Após atingir a meta de 90% de redução do tempo de limpeza, devemos então garantir que no calendário AM teremos apenas os pontos de limpeza, inspeção e lubrificação necessários para que não ocorra quebras por falta de condição básica de maneira otimizada. Para isso, foi aplicado o ECRS e a definido a padronização das identificações visuais de manutenção autônoma.

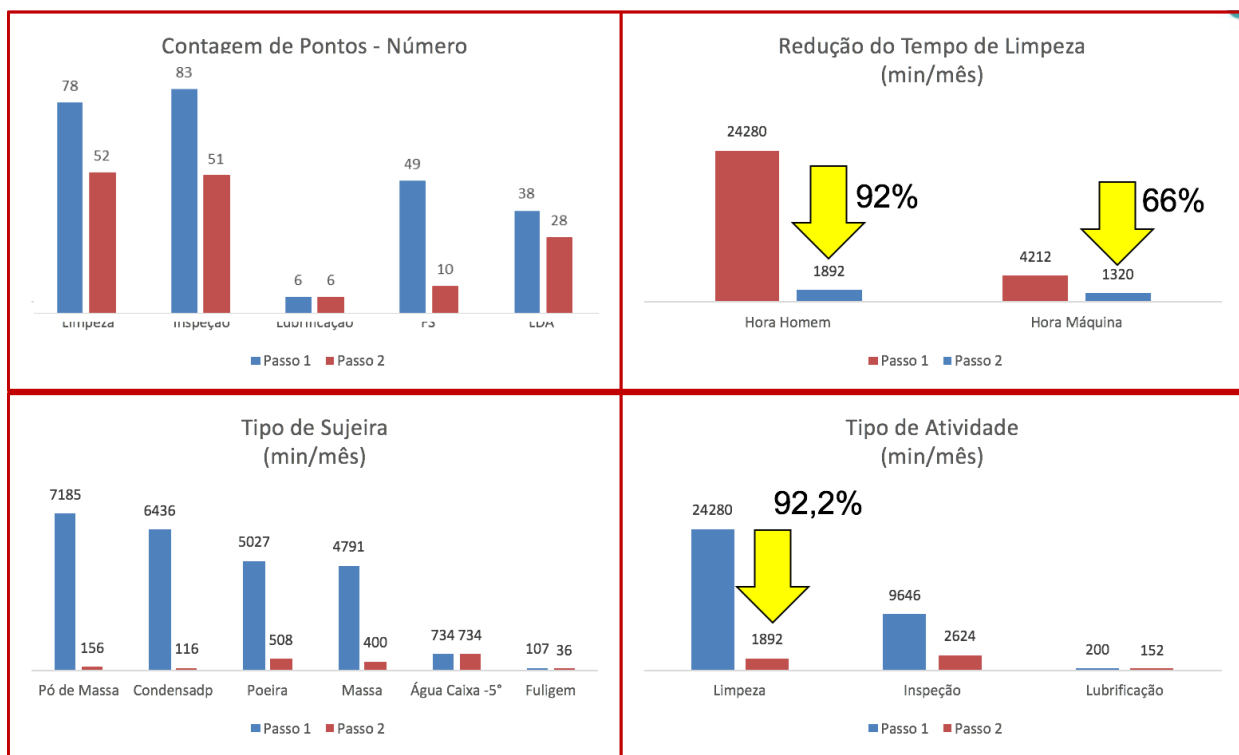


Figura 18 - Análise de tempo - Resultados do passo 2

### 3.4.1 ECRS

O ECRS definido como eliminar, combinar, reorganizar e simplificar, buscou otimizar os pontos de limpeza, inspeção e lubrificação de maneira a diminuir o tempo total que o operador precisar para realizar as atividades de manutenção autônoma.

Um exemplo no qual o ECRS foi aplicado foi a atividade de leitura da vazão de água de entrada do turbo flow. Esse procedimento foi simplificado, uma vez que o medidor de vazão se encontrava em um Local de Difícil Acesso no qual o operador precisava do auxílio de uma escada para realizar a leitura uma vez por turno. O sinal do medidor foi transferido diretamente para o painel de controle que fica ao lado do equipamento, fazendo com a atividade que durava 3 minutos passasse a durar 10 segundos.

Outra atividade simplificada foi a medição da velocidade de exaustão do transporte pneumático. O operador precisava do instrumento correto e de uma escada para realizar a medição todo turno. Foi então instalado um vacuômetro digital para fazer a inspeção da eficiência do sistema de exaustão. Dessa forma, a atividade que durava 3,5 minutos passasse a durar 7 segundos.

Outro exemplo, que é um dos focos do passo três, é o sistema de lubrificação. No passo 2 já havia sido implementado um *kaizen* de lubrificação automática, e agora, no passo três com o intuito de combinar todas as lubrificações, todos os bicos graxeiros bem como os lubrificadores automáticos foram colocados juntos no lado externo do equipamento, de modo que agora não é mais preciso parar o equipamento para realizar a lubrificação e é possível inspecionar o nível de todas as graxas de uma só vez (combinar).

Por fim, para garantir a efetividade do ECRS foram estabelecidas diferentes rotas (Anexo H) de acordo com a frequência de cada ponto otimizando o tempo que o operador precisa para realizar as atividades de AM. Os pontos principais da rota foram pintados no chão e todas as rotas estão disponíveis ao lado do equipamento para que o operador possa segui-las de acordo com as atividades planejadas para o dia.

#### 3.4.2 Padrões

No terceiro passo foram definidos os padrões de identificação visual. Os procedimentos padrões das atividades de limpeza ficarão expostos ao lado dos equipamentos em pastas azuis, os de inspeção em pastas verdes e os de lubrificação em pastas amarelas.

Identificação de manômetros e barômetros será sempre verde para a faixa de trabalho e vermelha fora da faixa de trabalho. As identificações de níveis de óleo e graxa são graduais nos tons de verde, amarelo e vermelho para garantir que não falte lubrificação no equipamento.

Todos os motores devem ter a ventoinha da cor verde e uma seta indicando o sentido de rotação da mesma, para garantir a eficiência do equipamento.

#### 3.4.3 Resultados

De acordo com o *check list* de mudança de passo no Anexo I, a pontuação do passo 3 foi de 88% no *self assessment* e 90% na auditoria e o BC do passo foi de 3,8. Nessa etapa o calendário ficou apenas 46 pontos de limpeza, 34 de inspeção e 2 de lubrificação, o que resultou em 92,6% de redução de tempo LIRL total e 71% de redução do tempo LIRL de máquina parada (Figura 19).

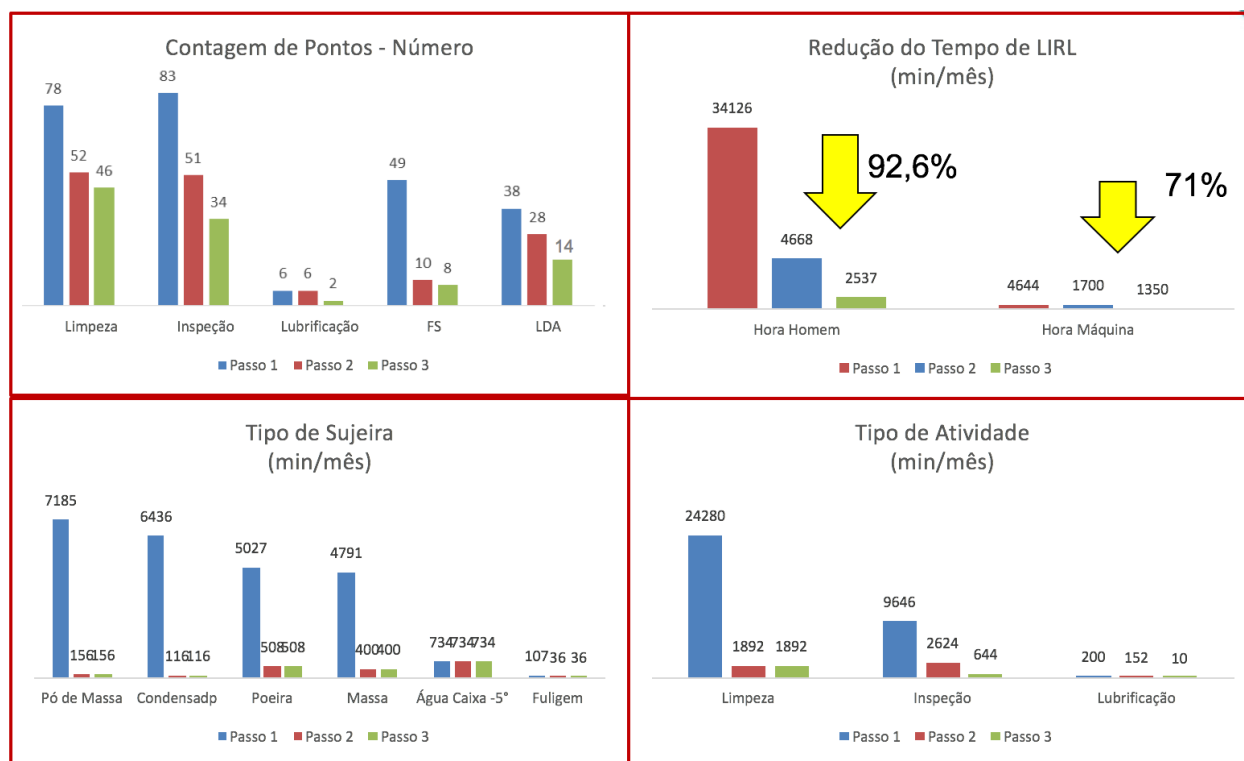


Figura 19 - Análise de tempo - Resultados do passo 3

### 3.5 Resultados – Indicadores

Acompanhando a evolução dos indicadores de performance desde o início da implementação da metodologia de manutenção autônoma nesse equipamento, podemos notar um aumento significativo de eficiência (Figura 20), atrelado à redução de quebras por falta de condição básica (Figura 20) e diminuição do tempo de limpeza e inspeção (Figura 21).

É válido ressaltar que no mês de março tivemos uma baixa eficiência devido à uma quebra atrelada ao pilar de Manutenção Preventiva que não faz parte da discussão desse estudo de caso.

A análise dos indicadores de performance e de atividade (Tabela 2) após a implementação das etapas reativas nos mostra os resultados positivos que a metodologia traz. Foi alcançado zero quebras por condição básica (3 meses seguidos), sendo que as 9 quebras do ano de janeiro ocorreram no início no ano, 2% de aumento na eficiência, que poderia ter sido maior sem a quebra do mês de março, e 92,6% de redução do tempo LIRL.

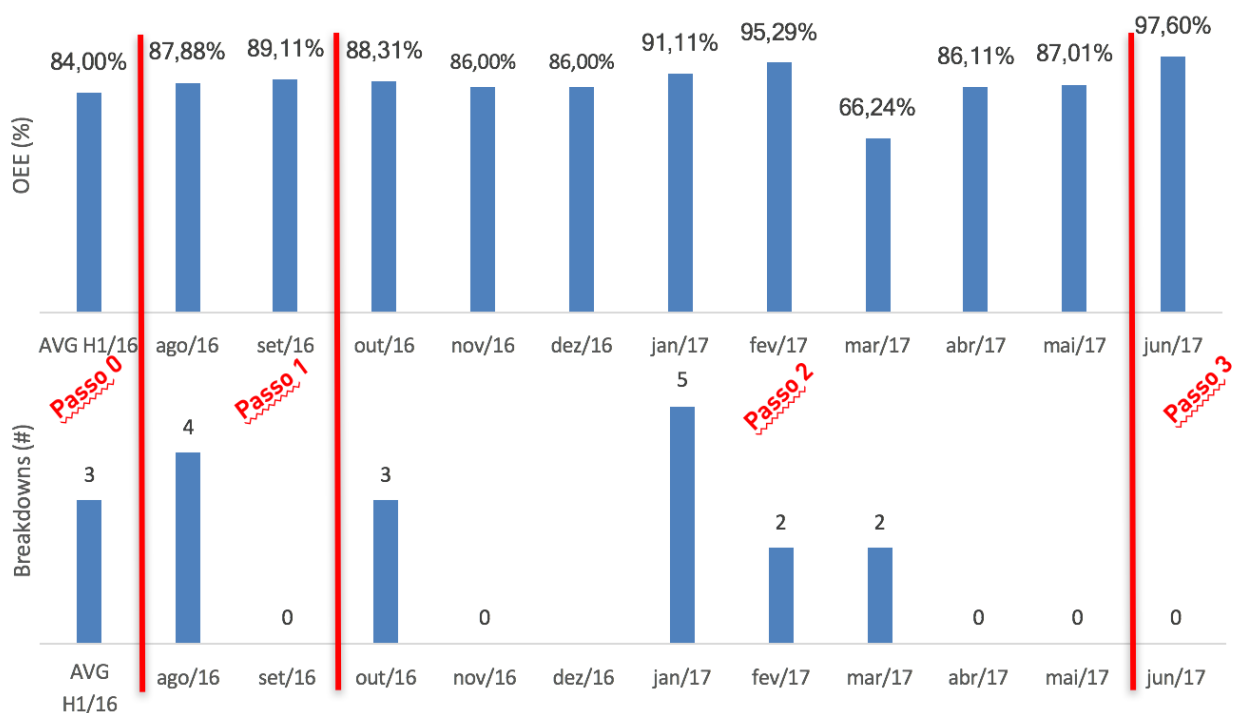


Figura 20 – Eficiência (OEE) e número de quebras por AM durante os meses de implementação do pilar

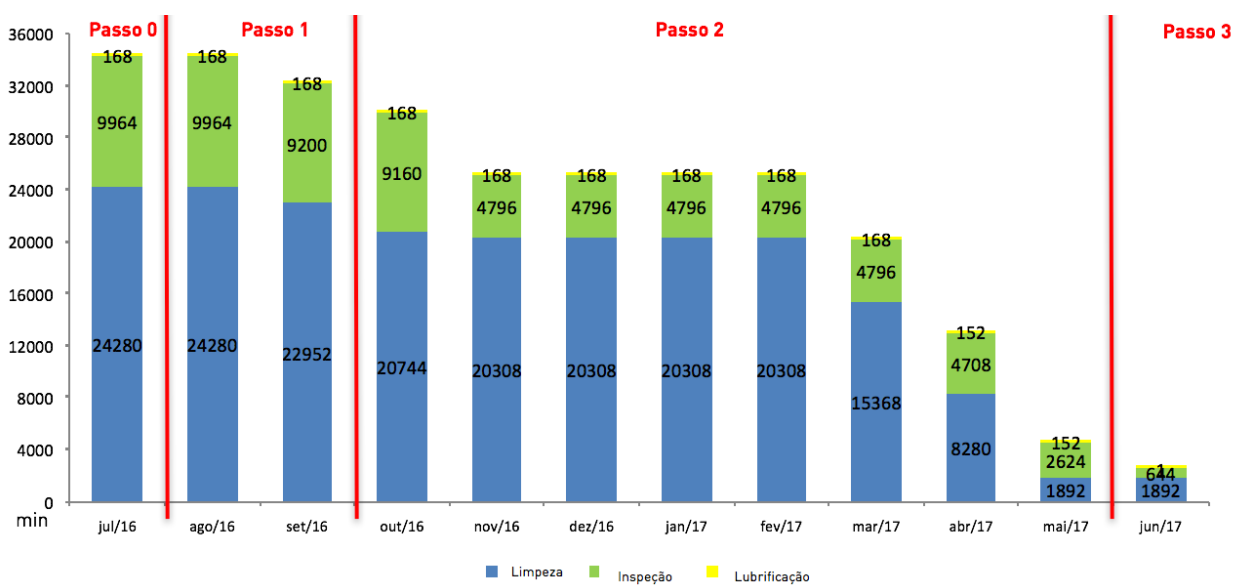


Figura 21 – Evolução da redução do tempo LRL em minutos durante os meses de implementação do pilar

Quadro 2 - Indicadores de performance e atividade

	<b>Indicador</b>	<b>Unidade</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>Target</b>
<b>KPI</b>	Quebras por AM	#	28	9	0
	Redução de tempo LIRL	%	26	92,6	90
	OEE	%	85,57	87,3	95
	<i>Savings</i>	k€	-	-	-
	OEE	%	61,54	67,64	95
<b>KAI</b>	SOP's	#	96	106	90
	<i>Kaizens</i> Implementados	#	9	57	30
	Abertura de Etiquetas Azuis	#	51	90	NA
	Resolução de Etiquetas Azuis	%	100	100	100

Na prática, resultados positivos também foram apresentados através de comportamentos. Os operadores se sentiram motivados ao ver o equipamento renovado, e mais que isso, ao ver que eles não precisavam mais parar o equipamento para realizar intervenções de limpeza com o objetivo de evitar a quebra por falta de condição básica. Agora o equipamento não quebrava mais. Isso fez com o que operadores tivessem orgulho do seu próprio trabalho e passassem a cuidar do equipamento com o espírito de “dor de dono”. Isso fez com que eles influenciassem também outros operadores que não enxergavam sentido na metodologia, facilitando então o trabalho de expansão de AM em outros equipamentos da fábrica.





## 4. CONCLUSÃO

Após realizar a implementação dos três passos de manutenção autônoma proposta pelo prof. Yamashina, é possível verificar que a metodologia traz resultados na prática. Mas, nem sempre é tão simples implementar a teoria, às vezes é necessário adaptá-la da melhor maneira.

No estudo em questão, as três primeiras etapas da metodologia foram implementadas em um ano. Porém, de acordo com a metodologia, o tempo ideal seria cerca de 6 meses. Analisando o Quadro 3, é possível notar que a etapa mais demorada foi o passo 2. Ela tem duração ideal de 3 meses podendo se estender até 6 meses de implementação. Porém, na prática, o passo foi finalizado em 8 meses, o que excede o tempo máximo esperado pela metodologia. Além disso, as principais melhorias que eliminaram as quebras por falta de condição básica foram implementadas no final do passo, não apresentando tempo o suficiente para garantir a consistência no aumento de eficiência (OEE). Já no passo 3 conseguimos garantir zero quebras por falta de condição básica e ganhar consistência no aumento de eficiência.

*Quadro 3 - Comparação de resultados entre a teoria e a prática*

		Teoria	Prática	OK/NOK
<b>Passo 1</b>	<b>OEE</b>	> 65%	84,3%	OK
	<b>Aumento OEE</b>	2 e 3 %	0 %	NOK
	<b>Duração</b>	1 a 2 meses	2 meses	OK
	<b>Quebras</b>	Zero	4	NOK
	<b>Redução LIRL</b>	Baixa	6%	OK
<b>Passo 2</b>	<b>OEE</b>	> 72%	85,6%	OK
	<b>Aumento OEE</b>	6 a 9 %	1%	NOK
	<b>Duração</b>	3 a 6 meses	8 meses	NOK
	<b>Quebras</b>	Zero	9	NOK
	<b>Redução LIRL</b>	80%	92,0%	OK
<b>Passo 3</b>	<b>OEE</b>	> 75%	87,3%	OK
	<b>Aumento OEE</b>	2 a 3 %	2%	OK
	<b>Duração</b>	2 a 3 meses	1 mês	OK
	<b>Quebras</b>	Zero	Zero	OK
	<b>Redução LIRL</b>	90%	92,6%	OK

A principal dificuldade de aplicar a teoria na prática é garantir a participação da operação através do convencimento de que a metodologia realmente traz resultados. Isso ocorre, pois, as três

primeiras etapas de manutenção autônoma são muito trabalhosas, de maneira que o operador precisa dedicar muito tempo para realizar as atividades referentes à metodologia, e as atividades de limpeza, inspeção e lubrificação na frequência adequada para evitar a quebra por falta de condição básica. A própria demora na obtenção de resultados promove a desmotivação da operação, uma vez que eles não conseguem enxergar o sentido na atividade.

Além disso, os passos 1 a 3 de AM correspondem ao primeiro passo de PM que consiste em garantir as condições básicas do equipamento. Dessa forma o envolvimento entre AM e PM é algo fundamental para garantir a velocidade necessária da implementação dos pilares, e mais que isso, tem que ser algo natural para ambos os lados. Tanto a operação quanto a manutenção devem ser autônomos o suficiente para garantir a resolução de etiquetas e implementação de *kaizens*, porém não foi o que ocorreu nesse estudo. A liderança ainda tinha um peso muito grande em fazer as coisas acontecerem, seja por processos burocráticos ou mesmo falta de trabalho em equipe.

Outro desafio encontrado, porém, não o principal, é providenciar as paradas de processo para a implementação dos *kaizens* sem atrapalhar o plano de produção garantindo a entrega do volume esperado no mercado. Devido ao alto volume de vendas, nem sempre é possível parar a linha de produção por vários dias para implementar as melhorias. Por isso, essas paradas precisam ser bem planejadas, de maneira que todos ou uma grande parte dos *kaizens* possam ser implementados em uma única parada. Se o time não estiver trabalhando em equipe, essas paradas não vão ser aproveitadas da melhor maneira possível, gerando atrasos nas implementações de melhorias.

Manutenção Autônoma não é um pilar que deve ficar bonito apenas no papel. Ele tem que fazer diferença na eficiência da fábrica e no dia a dia dos operadores que fazem as atividades de AM. A rotina dos operadores deve ser mais leve, de maneira que ele pode utilizar o seu tempo apenas com atividades que agreguem valor.

Por fim, é possível concluir que, apesar da metodologia ter sido desenvolvido para empresas do setor automobilístico, ela é sim capaz de trazer excelentes resultados na prática em uma empresa do setor de bens de consumo uma vez que você implemente todos os passos na ordem proposta, sem tentar começar pelo final, pulando as etapas de embasamento da metodologia até alcançar a consistência e confiabilidade dos resultados.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

FELICE, F.; PETRILLO, A.; MONFREDA, S. **Improving Operations Performance with World Class Manufacturing Technique: A Case in Automotive Industry**. InTech - Open Science Open Minds, p. 1–30, 2013

GARBERDING, Scott. **World Class Manufacturing**. Chrysler Group LLC 2010-14 Business Plan, 2009. Disponível em <[http://www.fcausllc.com/Investor/presentations/other/Chrysler Documents/World\\_Class\\_Manufacturing.pdf](http://www.fcausllc.com/Investor/presentations/other/Chrysler Documents/World_Class_Manufacturing.pdf)> Acesso em: 27 de maio de 2017

MASKELL, Brian H. **Performance Measurement for World Class Manufacturing**: A model for American companies. Productivity Press. Portland – USA, p. 3-20, 1991.

OHNO, T. **O Sistema Toyota de Produção: além da produção em larga escala**. Porto Alegre: Bookman, 1997.

PABLO RIBEIRO, A. **Utilização da manufatura de classe mundial (WCM) como uma ferramenta estratégica de diferenciação competitiva**. Monografia de Especialização em Engenharia de Produção - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, p. 27–30, 2014.

POOR, P.; KOCISKO, M.; KREHEL, R. **World Class Manufacturing Model (WCM) as a tool for company management**. 27<sup>th</sup> DAAAM International Symposium on Intelligent Manufacturing and Automation. Viena – Austria, p. 386–390, 2016.

SCHONBERGER, Richard J. **World Class Manufacturing**: The lessons of simplicity applied. The Free Press, Nova York, p.1-17, 1986.

WERKEMA, C. **Lean Seis Sigma**: Introdução Às Ferramentas Do Lean Manufacturing. Elsevier, 2<sup>a</sup>ed. Rio de Janeiro, p. 70-95, 2011.

WOMACK J. P., JONES D. T., ROOS D. **The Machine that Changed the World**. Free Press, New York, 1990.

XENOS, H. G. S. **Gerenciando a Manutenção Produtiva**. Belo Horizonte, p.237-278, 1998.

YAMASHINA, H. **Japanese manufacturing strategy and the role of total productive maintenance**. Journal of Quality in Maintenance Engineering, v. 1, n. 1, p. 27–38, 1995.

YAMASHINA, H. **Challenge to world-class manufacturing**. International Journal of Quality & Reliability Management, v. 17, n. 2, p. 132–143, 2000.

YAMASHINA, Hajime. **Autonomous Maintenance Pillar Overview**. Material Interno da empresa em estudo, 2014.

YAMASHINA, Hajime. **WCM Introduction**. Material interno da empresa em estudo, 2014.

ANEXOS

ANEXO A - Check List de Mudança de Passo – Passo 0

CHECK-LIST			PONTOS	OBSERVAÇÕES	PADRÕES DE CLASSIFICAÇÃO						
TÓPICOS	No.	Classificação									
		B			M	A	B (baixo)	M (medio)	A (alto)		
1. Classificação de Equipamentos em AA, A, B, C		A classificação de equipamento em AA, A, B, C foi feita em conjunto com CD considerando quebras devido à falta de condições básicas? Se a classificação máquina de CD não está disponível no início da jornada WCM, AM pode, alternativamente, definir a máquina (a) de prioridade / modelo baseado no número de quebras e seu impacto de custo e produção (ou seja downtime, afetando várias linhas, a linha de restrição de capacidade , linha impactando atendimento ao cliente, etc.)	5				Não	Alguma priorização feita, mas não em linha com CD ou quebras e seu impacto de custo e produção	Sim		
	0.02	As Máquinas prioritárias são conhecidas e estão demonstradas na planta da linha?	5				0	2.5	5	Sim, mas não muito visível	Sim
	0.03	os riscos de segurança das máquinas e ações para mitigação estão claramente identificados e são bem conhecidos por todos os membros do time?	3	Existem oportunidades para instalação de EVA em locais onde há o tráfego de operadores e existem equipamentos que oferecem risco de batida contra, Ex: suporte atrás do turbodflow							Parcialmente
2. Riscos de Segurança da máquina & PPE	0.04	os requerimentos de EPIs são bem conhecidos por todos os membros do time?	6				0	3	6	Parcialmente	Sim
	0.05	todos os EPIs requeridos estão em boas condições e disponíveis no ponto de uso?	6				0	3	6	Parcialmente	Sim
	0.06	a política de LOTO é bem conhecida por todos os membros do time?	6				0	N/A	6	N/A	Sim
3. LOTO	0.07	o procedimento LOTO está disponível e visível no ponto de uso? Os pontos de bloqueio estão claramente marcados na máquina?	6				0	3	6	Parcialmente	Sim
	0.08	todos os membros do time são capazes de aplicar o procedimento LOTO considerando os propósitos e objetivos do pilar de AM estão claramente entendidos e prontamente à vista?	6				0	N/A	6	N/A	Sim
	0.09	os operadores conhecem os pontos de AM e estão claramente entendidos e compreendidos a nível de subgrupos?	5				0	2.5	5	Parcialmente	Sim
4. Teoria de AM	0.10	os 7 passos de AM são compreendidos com ênfase especial nos passos 1-3 de AM? É especialmente importante entender completamente o passo 2 pois ele é o passo mais importante de AM	5				0	2.5	5	Parcialmente	Sim
	0.11	a divisão de funções entre os operadores AM e manutenção PM claramente entendidos e prontamente à mostra?	5				0	2.5	5	Parcialmente	Sim
	0.12	os operadores conhecem os sistemas, subsistemas e nomes dos componentes da máquina?	6				0	3	6	Parcialmente	Sim
5. Sistemas do equipamento, subsistemas, componentes e princípio de funcionamento	0.13	os operadores conhecem as funções e o princípio da operação dos subsistemas e componentes da máquina?	6				0	3	6	Parcialmente	Sim
	0.14	os parâmetros das máquinas e dos processos (velocidade, temperatura, pressão, componentes de montagem) documentados e estão a mostra no nível SKU? Os pontos de configuração são baseados na aplicação dos princípios de 5G?	3				0	3	6	Parcialmente	Sim
	0.15	os operadores conhecem os pontos de configuração da máquina e dos parâmetros do processo?	6				0	3	6	Parcialmente	Sim
7. Fluxo de etiquetas	0.16	os operadores conseguem explicar os diferentes tipos de etiquetas?	5				0	2.5	5	Parcialmente	Sim
	0.17	os operadores conseguem aplicar o processo de etiquetamento efetivamente?	5				0	2.5	5	Parcialmente	Sim
	0.18	o checklist tem sido usado pelo time para se auto avaliar o passo?	5				0	N/A	5	N/A	Sim

Fonte: Autonomous Maintenance Pillar Overview. Material Interno, 2014

## ANEXO B – Modelo de Calendário AM

[illegible]

Fonte: Autonomous Maintenance Pillar Overview. Material Interno, 2014

## ANEXO C – Tabela de Fontes de Sujeira

FS	Fontes de Sujeira - Descrição	Tipo de Sujeira
FS01	Escape de massa pela abertura entre a placa perfurada e estrutura da Pelletizer da C01	Massa
FS02	Abertura entre a porta de acrílico frontal da Pelletizer e a estrutura da cabine	Pó de Massa
FS03	Abertura entre a parte inferior frontal da cabine e a superior e a superior do funil da válvula rotativa	Pó de Massa
FS04	Abertura entre a parte inferior traseira da cabine e a superior do funil da válvula rotativa	Pó de Massa
FS05	Tampa de inspeção da rosca transportadora de raspa para o funil da Pelletizer	Massa
FS06	Proteção de acrílico para inspeção do nível do funil da Pelletizer	Massa
FS07	Correia de tração do motor da Pelletizer	Fuligem
FS08	Dreno de água da camisa e da rosca do turbo flow	Condensado
FS09	Tampas de contenção abaixo do transportador de raspas	Pó de Massa
FS10	Correia de tração do compressor	Fuligem
FS11	Dreno de condensado do desumidificador	Condensado
FS12	Porta de acrílico do transportador de raspas	Pó de Massa
FS13	Válvula manual de água na entrada do desumidificador	Condensado
FS14	Trocador de calor de entrada de água para o transporte pneumático	Condensado
FS15	Tanque -5°C e tubulação de água de aço carbono	Sujidade
FS16	Abertura da estrutura do funil sobre a plataforma da Pelletizer C01	Massa
FS17	Encaixe entre o funil da cabine e a válvula rotativa	Massa
FS18	Acúmulo de massa na parte inferior da tampa de inspeção frontal da Pelletizer	Massa
FS19	Saída da válvula rotativa e entrada do mangote do transporte pneumático	Massa
FS20	Desviador do transporte pneumático da C01	Condensado
FS21	Dreno na tubulação de água para o transportador pneumático	Condensado
FS22	Filtro de água da saída do desumidificador	Condensado
FS23	Válvula controladora da entrada de água do resfriador	Condensado
FS24	Válvula manual da entrada de água do trocador de calor	Condensado
FS25	Válvula automática de água na saída do resfriador	Condensado
FS26	Válvula manual na saída de água do resfriador	Condensado
FS27	Válvula manual na entrada de água do resfriador	Condensado
FS28	Válvula automática na saída de água do desumidificador	Condensado
FS29	Suporte da tubulação de água para o transp. pneumático	Condensado
FS30	Válvula manual tubulação água gelada	Condensado
FS31	Resfriador de ar do transp. Pneumático	Condensado
FS32	Tubulação de água na saída da válvula controladora	Condensado
FS33	Válvula Manual de Retorno	Condensado
FS34	Mangueira no turbo flow	Condensado
FS35	Termômetros de entrada e saída de água para o turbo flow	Condensado
FS36	Mangote do desviador da Pelletizer	Massa
FS37	Dreno na entrada/retorno do turbo flow	Condensado
FS38	Válvula rotativa	Pó de Massa
FS39	Acúmulo de massa no funil da válvula rotativa	Massa
FS40	Manômetro de entrada de água para o transporte pneumático	Condensado
FS41	Redutor da tubulação de entrada do trocador de calor	Condensado
FS42	Manômetro na tubulação de entrada de água do resfriador	Condensado
FS43	Manômetro da Tubulação de retorno	Condensado
FS44	Entrada de ar do compressor	Poeira
FS45	Sapata da tubulação de água gelada	Condensado
FS46	Suporte da tubulação de ar comprimido	Condensado
FS47	Abertura no acrílico da cabine do turbo flow	Massa
FS48	Tubulação Água Gelada	Condensado



## ANEXO D – Tabela de Locais de Difícil Acesso

<b>LDA</b>	<b>Local de Difícil Acesso - Descrição</b>	<b>TIPO</b>
LDA01	Corrente da válvula rotativa	LUBRIFICAÇÃO
LDA06	Dreno de óleo do redutor	LUBRIFICAÇÃO
LDA02	Bicos graxeiros do motor da Pelleteizer	LUBRIFICAÇÃO
LDA26	Lubrificação do compressor (Interno)	LUBRIFICAÇÃO
LDA25	Bicos graxeiros da válvula rotativa de água	LUBRIFICAÇÃO
LDA20	Cabine da Pelletizer (Interna)	LIMPEZA
LDA21	Caixa -5°C	LIMPEZA
LDA19	Estrutura externa da Pelletizer (altura)	LIMPEZA
LDA29	Cabine externa do compressor (altura)	LIMPEZA
LDA24	Magote do Desviador da Pelletizer	LIMPEZA
LDA22	Base do motor da Válvula Rotativa	LIMPEZA
LDA09	Funil	LIMPEZA
LDA27	Cabine interna do compressor	LIMPEZA
LDA34	Parte interna do desumidificador	LIMPEZA
LDA37	Bandeja do Trocador de Calor	LIMPEZA
LDA38	Tubulações do Sistema de Água	LIMPEZA
LDA12	Cabine do turbo flow (Interna)	LIMPEZA
LDA16	Redutor da Pelletizer	LIMPEZA
LDA18	Tubulação aérea	LIMPEZA
LDA14	Motor da Pelletizer	LIMPEZA
LDA17	Tubulação de água (6 polegadas na chegada no Turbo Flow)	LIMPEZA
LDA35	Base inferior do desumidificador	LIMPEZA
LDA10	Medidor de vazão de água para o turbo flow	INSPEÇÃO
LDA23	Instrumentos e sensores de nível do funil	INSPEÇÃO
LDA13	Válvula manual na linha de água do turbo flow da camisa e da rosca	INSPEÇÃO
LDA32	Manômetros do ar de reativação e processo	INSPEÇÃO
LDA30	Sentido de rotação da sílica	INSPEÇÃO
LDA03	Termômetro da temperatura de água de entrada e saída dos turbo flows	INSPEÇÃO
LDA15	Sentido de rotação do motor	INSPEÇÃO
LDA05	Válvulas de by-pass da linha de água para os turbo flows	INSPEÇÃO
LDA36	Painel de temperatura do desumidificador	INSPEÇÃO
LDA33	Manômetro da tubulação de retorno	INSPEÇÃO
LDA04	Termômetro da temperatura da camisa e rosca da Pelletizer	INSPEÇÃO
LDA07	Válvulas de água abaixo da camisa da Pelletizer	INSPEÇÃO
LDA11	Damper da linha de exaustão 01	INSPEÇÃO
LDA08	Válvula de ar comprimido para a válvula rotativa	INSPEÇÃO
LDA31	Condições da Sílica	INSPEÇÃO
LDA28	Motor do Compressor	INSPEÇÃO

ANEXO E - *Check List* de Mudança de Passo – Passo1

CHECK-LIST			TOTAL		PADRÕES DE CLASSIFICAÇÃO					
ITEM	No.	QUESTÕES	PONTOS	OBSERVAÇÕES	Classificação			Critérios de Classificação		
					B	M	A	B (baixo)	M (médio)	A (alto)
Participação e grau de projetos	1.01	A metodologia de MA foi entendida e fez os operadores participarem das atividades?	5		0	3	5	Praticamente nenhum conhecimento ou participação	Somente alguns membros do time	Todos, incluindo técnicos, tomam as decisões com as necessidades
	1.02	O quadro foi atualizado e seu objetivo está claramente entendido?	3	Deixar exposto as EVOs de AM	0	3	5	Não atualizado e ninguém lá (entende)	Atualizado mas não lido (entende)	Ele é a ferramenta de comunicação
	1.03	Os objetivos e os indicadores de resultados são exibidos (KAs) e os indicadores de desempenho (KPIs) são exibidos (KAs) dos pesos, melhorias, ações, etc. e ele é exibido?	5	Após a revisão do quadro deixar as informações somente de um lado	0	1,5	3	Não existem	Existem mas não são exibidos	São exibidos no quadro
	1.04	Um plano de atividades foi elaborado (MasterPlan) e/ou diagrama de Gantt?	2		0	1	2	Não existe	Existe mas não é exibido	Está exibido no quadro
	1.05	As anomalias e problemas são etiquetados adequadamente?	3		0	1,5	3	Não, os espaços são feitos de forma direta (sem abrir etiquetas)	As causas e os efeitos são analisados apenas pelo Coordenador de área	As causas e os efeitos são analisados por um time
	1.06	Existe um plano para fechar as etiquetas e ele é seguido?	3		0	1,5	3	Não existe	Existe mas não é seguido	Existe e é seguido
	1.07	As paradas para as atividades de MA são planejadas e são seguras?	1,5	Existem oportunidades para melhorar a resolução das etiquetas perdidas nas paradas, principalmente as vermelhas	0	1,5	3	A decisão é tomada no último momento, não há planejamento	Existem algumas programações mas não há planejamento de gerenciamento, os resultados não são limitados	As atividades são programadas e seguras corretamente
	1.08	As tarefas foram atribuídas (quem faz o que, quando e como)?	3		0	1,5	3	Não existe	Indicações precisas mas não há planejamento	Indicações corretas e precisas
Arumação e limpeza da máquina	1.09	Todas as ferramentas/equipamentos estão presentes, funcionando, armados e posicionados corretamente?	3	Existem muitas oportunidades de melhorar de 88 ao redor do equipamento, principalmente no piso	0	1,5	3	Não estão todos os lugares, então espalhados	Indicações precisas mas não há planejamento	Indicações corretas e precisas
	1.10	Há algum resíduo como pedaços de papel/papelão, material de embalagem, sacos, bombonas espalhados na área de trabalho?	0	Colocar controles visuais nos pontos de risco conforme mapeamento demonstrado no quadro	0	1		Desordem visual	Indicações precisas mas não há planejamento	Indicações corretas e precisas
	1.11	Todas as placas de identificação estão visíveis?	1	Devido a própria condição do ambiente as proteções a serem feitas de pó	0	1		Difícil para ler	Indicações precisas mas não há planejamento	Indicações corretas e precisas
	1.12	Existe alguma sujeira, poeira, algo solto sobre as proteções?	1		0	1		Presente	Indicações precisas mas não há planejamento	Indicações corretas e precisas
	1.13	As mangueiras e cabos estão limpos e organizados?	1	Vários pontos com resíduo de pó ao redor e sobre a proteção superior	0	1		Não de maneira evidente	Indicações precisas mas não há planejamento	Indicações corretas e precisas
	1.14	Existe alguma poeira ou sujeira em torno da máquina ou acúmulo de pó na parte superior da máquina?	1		0	1		Sim	Indicações precisas mas não há planejamento	Indicações corretas e precisas
	1.15	Há peças / ferramentas / equipamentos / etc. obsoletos que não deveriam estar na área e áreas soltas?	1		0	1		Sim	Indicações precisas mas não há planejamento	Indicações corretas e precisas
	1.16	As etiquetas apresentam a data de validade vencida?	0	Existem etiquetas vermelhas com prazo vencido	0	1		Sim	Indicações precisas mas não há planejamento	Indicações corretas e precisas
Fonte de sujeira e áreas de difícil acesso	1.17	Tem um espaço reservado para material não conforme claramente identificado?	NA		0	2		Não claramente identificado	Indicações precisas mas não há planejamento	Indicações corretas e precisas
	1.18	As áreas sujas e as fontes de sujeira foram identificadas?	3		0	3	5	Sim, elas foram identificadas mas não foram registradas	Registrada mas incompleta	Lista completa e detalhada
	1.19	Existe algum resíduo, poeira, sujeira, óleo ou objetos estranhos, etc. em toda a área?	5		0	3	5	Não existe	Existe mas é imprecisa	Há uma lista completa e detalhada
	1.20	Existe algum resíduo, poeira, sujeira, óleo ou objetos estranhos, etc. em toda a área?	3	Existem alguns parafusos com a fixação um pouco solta na proteção da máquina	0	3	5	A sujeira é evidente em toda a área	Algumas áreas que contendo sujeira	Perfeitamente limpa
	1.21	Tem algum parafuso ou porca solto?	3		0	1,5	3	Alguns faltando, a marcação de tinta está faltando	Alguns parafusos/pocas soltas	Nada solto
	1.22	Há objetos estranhos nas partes da máquina	4		0	2	4	Presença de superfícies e de objetos espalhados	Presença de superfícies, mas não há objetos desmontados	Não há objetos desmontados
	1.23	Existe alguma parte designada, vibração ou temperatura irregular?	2		0	1	2	Algumas irregularidades	Algumas pequenas irregularidades	Nenhuma falta
	1.24	Existe qualquer indicador luminoso/lâmpada não funcionando?	3		0	1,5	3	Mais que 2 não funcionam	Mais que 1 não funciona	Todas estão funcionando
Partes elétricas (verificações específicas)	1.25	Os motores e fios estão limpos?	3		0	1,5	3	Completamente obstruídos	Sujeira mas não obstruídos	Limpos
	1.26	Os interruptores e bobinas estão limpos?	1		0	1		Praticamente cobertos de sujeira		Limpos
	1.27	Os painéis de controle estão limpos?	1		0	1		Presença de superfícies		Limpos
	1.28	Os cabos e mangueiras/tubos estão limpos?	1		0	1		Partes descobertas ou cabos/mangueiras/tubos mal ausentes		Limpos
	1.29	Existe alguma parte quebrada, solta, ausente ou sobrando?	3		0	1,5	3	Algumas partes quebradas ou ausentes	Algumas superfícies ou peças soltas	Sem irregularidades
	1.30	Existe alguma parte desgastada, vibrando ou com temperatura irregular?	2		0	1	2	Algumas partes quebradas ou ausentes	Algumas pequenas irregularidades	Sem irregularidades
	1.31	Os indicadores estão funcionando? Existe uma lista de instalação e eles estão trabalhando dentro desta lista?	3		0	1,5	3	Quadrado, sujo e ineficiente	Não há falta	Limpo, eficiente e dentro do tempo
	1.32	Os visores do nível de óleo/graxa estão limpos?	2		0	1	2	Sujeira por dentro e por fora	OK mas aproximado	Completamente limpos por dentro e por fora
Sistemas hidráulicos, de refrigeração e verificações (específicas)	1.33	Existe alguma irregularidade no óleo/graxa (tipo, contaminação, nível)?	3	Existem alguns parafusos enferrujados no equipamento, ex: suporte dos rasps	0	1,5	3	Irregularidades graves	Irregularidades pequenas	Sem irregularidades
	1.34	Existe alguma peça quebrada/superfície, falhando, solta, gasta, etc?	1		0	1	2	Algumas irregularidades visíveis	Algumas irregularidades pequenas	Todas as coisas OK
	1.35	Há falta de óleo/graxa nas partes móveis?	2		0	1	2	Muito falta de óleo	Pode ser notada facilmente	Há lubrificação suficiente de todas as partes
	1.36	A quantidade de lubrificante é suficiente?	2		0	1	2	Nenhuma recarga, nível do lubrificante está baixo	Níveis abaixo do padrão	Recarga regular: Nível dentro do padrão
Sistemas de lubrificação e verificações (específicas)	1.37	Todos os tanques e tampas estão cobertos?	1		0	1		Alguns tanques sem cobertura ou quebrada		Cobertura presente e eficiente
	1.38	Existem vazamentos, manchas, sujeira em tubulações de alimentação?	3		0	1,5	3	Vazamentos e pingos de óleo	Pequenos vazamentos de óleo	Sem vazamentos
	1.39	Os raspadores da guila são eficientes?	3		0	1,5	3	Quebrado ou faltando	Não eficiente	Sim
Auto avaliação	1.40	Este check-list foi usado pelo time como auto avaliação do passo?	2		0	2		Não		Sim

Fonte: Autonomous Maintenance Pillar Overview. Material Interno, 2014

## ANEXO F – Cálculo da capacidade da válvula rotativa

**ANTES**

Periodo de tempo	60	Minutos
% de ocupação da Caneca	35%	%
Nº de canecas	10	unidades
Densidade Noodle	0,56	Tons/m3
Velocidade Rotativa	12	RPM
Volume Quadrado	0,00243	m3
Volume triangulo (*2)	0,0004725	m3
Volume Total 1 caneca	0,0029025	m3
Volume Total 1 Caneca com Densidade	0,0016254	Tons
Volume Total 1 Caneca com % utilização	0,0005689	tons
Volume Total da Rotativa 1 RPM	0,0068267	Tons/minutos
Volume Total da rotativa para 60 minutos	4,096008	Tons/hora

**DEPOIS**

Periodo de tempo	60	Minutos
% de ocupação da Caneca	35%	%
Nº de canecas	10	unidades
Densidade Noodle	0,56	Tons/m3
Velocidade Rotativa	12	RPM
Volume Quadrado	0,002835	m3
Volume triangulo (*2)	0,00055125	m3
Volume Total 1 caneca	0,00338625	m3
Volume Total 1 Caneca com Densidade	0,0018963	Tons
Volume Total 1 Caneca com % utilização	0,00066371	tons
Volume Total da Rotativa 1 RPM	0,00796446	Tons/minutos
Volume Total da rotativa para 60 minutos	4,778676	Tons/hora

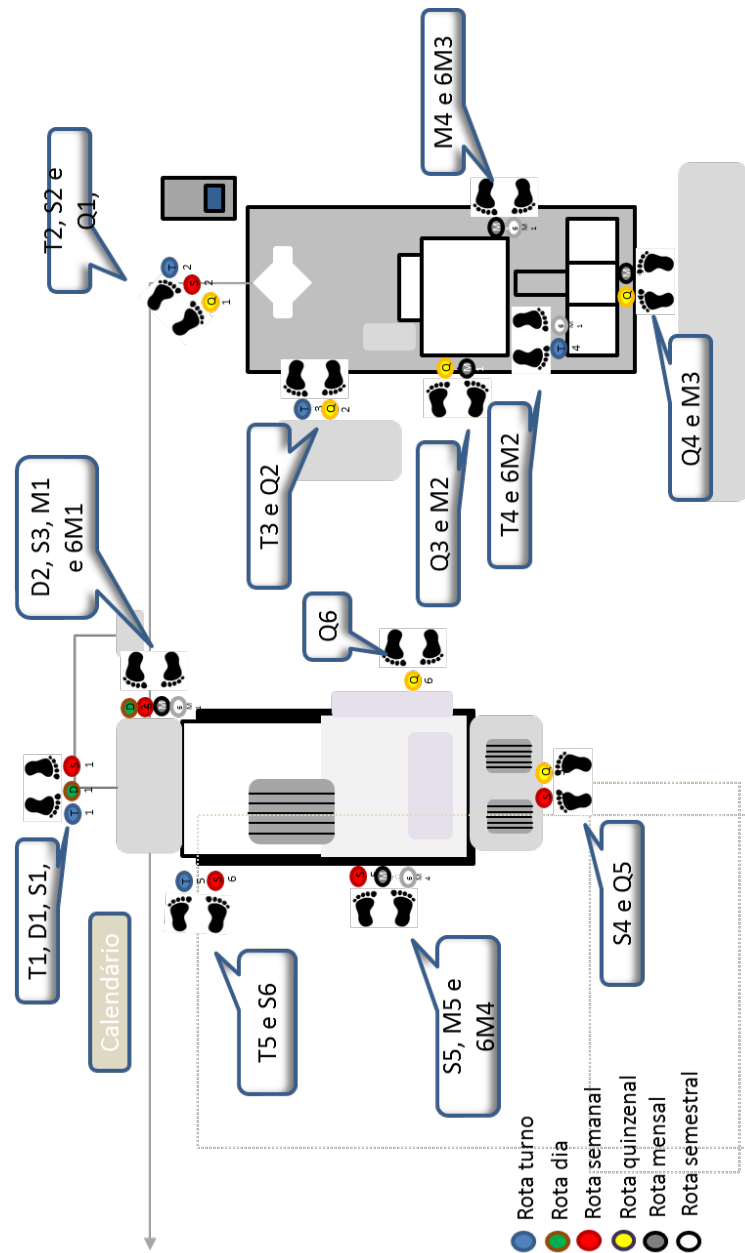


## ANEXO G - Check List de Mudança de Passo – Passo 2

CHECK-LIST			Pontos	TOTAL	PADRÕES DE CLASSIFICAÇÃO				
Item	No.	Questões			Classificação	B	M	A	Coluna de Classificação
						B (Baixo)	M (Médio)	A (Alto)	
(1) Manutenção da limpeza das partes da máquina e ferramentas	2.01	As condições a seguir estão mantidas: (1) Limpeza das partes da máquina; (2) Lubrificação dos componentes e das partes auxiliares; (3) Lubrificação? (4) SS em volta da máquina?	5			Nada foi feito	As ações corretivas foram tomadas. Os resultados foram verificados.	Ações corretivas foram tomadas. Os resultados foram verificados.	
	2.02	Existe um sistema de gerenciamento de etiquetas contínuo e com tempo hábil?	3			De forma aleatória	Com bastante regularidade	Sempre	
(2) Ações para eliminar as causas dos problemas	2.03	Ações foram tomadas para resolver os problemas indicados pelas etiquetas? Redução no tempo de limpeza, inspeção e lubrificação.	5			Nada foi feito	As ações corretivas foram tomadas. Os resultados não foram verificados.	Os resultados foram verificados	
	2.04	Existem programas para as ações identificadas mas ainda não realizadas?	2			Não existe	Existe, mas não são cumpridos	Existem e são cumpridos	
	2.05	Existem etiquetas de MA com causa não definida?	5			> que 3	<= que 3	Alguns, depende dos intervalos técnicos	
	2.06	Têm ações que foram identificadas para eliminar os locais de difícil acesso para limpeza?	5			Muito pouco	Sim, sem a definição de prioridade	Sim e com priorização	
	2.07	As fontes de sujeira foram eliminadas?	5			Muito pouco	Sim, sem a definição de prioridade	Sim e com priorização	
	2.08	Bandejas, cassetes, etc. foram colocadas para restringir a sujeira? ( eficiente, simples, barata e fácil para remover )	5			Muito pouco	As ações corretivas foram tomadas. Os resultados não foram verificados	Os resultados foram verificados	
(3) Atividades para eliminar os locais de difícil acesso	As condições foram melhoradas para facilitar:								
	2.09	(1) Limpeza do equipamento?	3			Nenhuma proposta	Sem métodos de maneira aleatória	Interações com o tempo reduzido e com método	
	2.10	(2) Remoção de vários tipos de colúmen?	3			Sim	Por acaso	Não	
	2.11	(3) Limpeza do local de trabalho?	3			Sim	Por acaso	Não	
(4) Identificação do consumo	2.12	Existe um local adequado e definido para as ferramentas de limpeza?	0			Não definido, cada operador tem suas próprias ferramentas e as mantém pessoalmente	Definido, racional e conhecido de todos	Todas as ações de identificação marcadas e claras	
	2.13	Os códigos de identificação do produto que está sendo limpo estão escritos no ponto de cada ponto de identificação, sem o risco de serem apagados no sistema (pintura ou outro material com tinta)?	NA			Não há indicação	Não em forma de rotina	Cada recipiente tem sua própria etiqueta	
	2.14	Há em cada recipiente, uma data de identificação do produto que está dentro dele?	NA			Não há indicação	Não em forma de rotina	Posições estão definidas e válidas. Separação entre produtos OK e Não OK está clara	
	2.15	Os materiais PROCESSADOS/ A SER PROCESSADOS, OK/Não OK foram definidos e separados?	NA			Eles estão espalhados	Não em forma de rotina	Eles estão armazoados e completamente identificados	
(5) Área em volta da máquina	2.16	As ferramentas, instrumentos e equipamentos foram identificados?	4			Eles estão espalhados	Ocasionalmente	Sempre	
	2.17	Depois da etiquetagem de MA, o problema foi analisado com a contribuição de todas as áreas ( ex. todos os turnos )?	5			Nunca	Posteriormente	Frequentemente	
(6) Gerenciamento de projeto	2.18	Para melhorar a resolução de problemas, as causas foram analisadas e os dados são sistematicamente verificados?	5			Não são conhecidos	Posteriormente	Frequentemente	
	2.19	Todos os membros do time de MA participam da execução das modificações planejadas para análise de falha?	3			Não	Somente parte do time	A equipe inteira	
(7) Padrões	2.20	O relatório/plano das ações tomadas foi emitido?	5			Não foi feito	Foi emitido mas não está exibido no quadro	Todas as melhorias estão expostas no quadro. A aplicação destas melhorias nas máquinas e equipamentos adquiridos é facilitada.	
	2.21	Os indicadores KPI's e KAT's mostram melhorias?	4			Não	Existem mas não são detalhados e seguros	Sim	
Auto avaliação	2.22	Existem padrões providos para limpeza e inspeção?	2			Não existe	Existem mas não são detalhados e seguros	Existem e são seguros	
	2.23	Existem LPP ou Normas para explicar os padrões de limpeza e inspeção?	5			Sim	Alguns	Todos	
	2.24	Quem tem-ê-las foi usado pelo time como auto avaliação do passo?	2			Sim		Não	

Fonte: Autonomous Maintenance Pillar Overview. Material Interno, 2014

## ANEXO H - Resumo das Rotas – Passo 3



ANEXO I - *Check List* de Mudança de Passo – Passo 3

CHECK-LIST			90	TOTAL	PADRÕES DE CLASSIFICAÇÃO					
ITEM	No.	QUESTÕES	PONTO S	OBSERVAÇÕES	Classificação			Critério de Classificação		
					B	M	A	B (Baixo)	M (Médio)	A (Alto)
(1) Eliminação das causas dos problemas de acesso local de difícil acesso	3.01	Onivelobito, após a aplicação das ações identificadas, os problemas foram resolvidos? (1) Eliminação das causas dos problemas? (2) Eliminação dos locais de difícil acesso para limpeza?	8		0	4	8	Não é possível manter o nível obtido (80% do valor do objetivo)	Os problemas surgem, mas não são resolvidos, extras programadas (85% do valor do objetivo)	Manutenção garantida por atividades programadas e concluídas. Processos em funcionamento (90% do valor do objetivo)
	3.02	Ainda existem problemas para serem resolvidos relacionados a fontes de sujeira e locais de difícil acesso?	3		0	3	6	Ainda existem questões e não há ações planejadas para resolvê-las	Questões tem recorrentes, mas ações estão sendo planejadas	Problemas não existem e ações programadas estão sendo realizadas
2) Manutenção da limpeza inicial	3.03	Qual é a situação de limpeza dos instrumentos, ferramentas e peças auxiliares?	4		0	4	7	Evidência clara de sujeira, objetos estranhos ou em excesso de partes auxiliares.	Somente a presença de sujeira, objetos estranhos ou em excesso nas áreas próximas.	Não há sujeira, objetos estranhos ou em excesso nas áreas próximas ou nos pontos de trabalho.
	3.04	Qual é a situação no que diz respeito à limpeza e ordem da máquina?	6		0	3	6	Evidência clara de sujeira, objetos estranhos ou em excesso.	Somente a presença de sujeira, objetos estranhos e/ou em excesso nas áreas próximas.	Não há sujeira, objetos estranhos e/ou em excesso nas áreas próximas.
(3) Padrões de limpeza, lubrificação e inspeção	3.05	Os pontos de limpeza, inspeção e lubrificação foram identificados?	10		0	5	10	Não identificados. Não listados	A lista existe mas alguns pontos ainda não foram identificados	Identificação dos pontos de limpeza, lubrificação e inspeção completada e estes estão indicados na lista
	3.06	As normas de Manutenção presentes na máquina?	8		0		8	Não		Sim
	3.07	As normas possuem tempos, frequências, descrição e responsáveis para o trabalho? Há evidências de que as normas estão sendo usadas?	7		0	4	7	Sem análise e sem métodos de acompanhamento não foi realizado	A análise existe mas o acompanhamento não foi realizado	Melhores e métodos estão claramente exibidos
	3.08	O calendário de Manutenção sendo seguido?	10		0	5	10	Seguido <70%	Seguido >70%	Seguido 100%
(4) Situação da lubrificação	3.09	Os pontos de lubrificação estão mapeados e podem ser identificados com uma marca?	10		0	5	10	Pontos não mapeados e identificados	Existem o mapa mas os pontos não estão mapeados na máquina	O mapa existe e dele estão sendo retirados os pontos mapeados
	3.10	O óleo e a graxa para a lubrificação, floresta e empre identificados, rasreados e disponíveis?	8		0	4	8	Óleo e graxa para a lubrificação não estão em uma maneira organizada/ disponível	Alguns itens ordenados, limpeza, identificação ou disponibilidade	Devidamente arrumado e organizado, claramente identificados e disponíveis
	3.11	Os equipamentos necessários para a lubrificação existem e estão disponíveis de forma organizada e organizada?	4		0	4	8	Os equipamentos necessários não existem	Existem mas não organizados da maneira ideal	O equipamento está organizado e devidamente arrumado
	3.12	Os medidores do nível de óleo e os controles visuais estão indicados corretamente?	8		0	4	8	Identificação, ausência de algumas identifições nenhuma de gestão ou uso de óleo e lubrificantes	Identificação, ausência de algumas identifições nenhuma de gestão ou uso de óleo e lubrificantes	Tudo está devidamente visível e identificado com boa gestão de lubrificação
Autoavaliação	3.13	Este checklist foi lido pelo time como auto avaliação do passo?	4		0		4	Não		Sim

Fonte: Autonomous Maintenance Pillar Overview. Material Interno, 2014