

ALBERT LOPES DE OLIVEIRA

APERFEIÇOAMENTO DA FUNÇÃO

MANUTENÇÃO DE UMA FÁBRICA DE CAFÉ

Trabalho de Formatura apresentado à
Escola Politécnica da Universidade de
São Paulo para obtenção do diploma
de Engenheiro de Produção

SÃO PAULO

2011

ALBERT LOPES DE OLIVEIRA

APERFEIÇOAMENTO DA FUNÇÃO

MANUTENÇÃO DE UMA FÁBRICA DE CAFÉ

Trabalho de Formatura apresentado à
Escola Politécnica da Universidade de
São Paulo para obtenção do diploma
de Engenheiro de Produção

Orientador:

Prof. Dr. Antonio Rafael Namur Muscat

SÃO PAULO

2011

FICHA CATALOGRÁFICA

Oliveira, Albert Lopes de
Aperfeiçoamento da função manutenção de uma fábrica de
café / A.L. de Oliveira. -- São Paulo, 2011.

Trabalho de Formatura - Escola Politécnica da Universidade
de São Paulo. Departamento de Engenharia de Produção.

1. Manutenção industrial I. Universidade de São Paulo. Esco-
la Politécnica. Departamento de Engenharia de Produção II. t.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Manoel e Antônia, pelo apoio fundamental durante toda a minha vida.

Ao meu irmão Andrew pelas brincadeiras, viagens e conversas.

Aos familiares e amigos pela companhia em todos os momentos.

Ao meu tutor de trabalho de formatura, Filippo Bertoglio da empresa *Lavazza*, que me acolheu com simpatia e gentileza em sua equipe e me deu a oportunidade de realizar uma experiência enriquecedora pessoal e profissionalmente.

Ao Professor Antonio Rafael Namur Muscat, da Escola Politécnica, e ao Professor Domenico Augusto Maisano, do Politecnico di Torino, pela orientação fundamental durante todo o período do meu trabalho.

A todos que participaram em algum momento dessa longa caminhada.

Obrigado.

RESUMO

Até um passado recente, a função manutenção era vista como um mal necessário às organizações. Afinal, alguém deveria ter a responsabilidade pelo funcionamento dos equipamentos. Porém, as condições competitivas presentes atualmente nas diversas indústrias, com a produção sendo cuidadosamente programada e controlada, e cada operação devendo ser executada com a máxima eficiência, paradas devido a falhas em equipamentos e operação ineficientes são custos muito altos para serem tolerados. Nesse contexto, recai sobre a função manutenção a responsabilidade por manter a máxima eficiência dos ativos.

O presente trabalho de formatura consiste na elaboração de um novo modelo de gestão da manutenção para a planta industrial de estocagem, torrefação, moagem e embalagem de café da empresa Luigi Lavazza S.p.A, localizada na cidade de Turim, Itália. A abordagem majoritariamente reativa da manutenção não é mais uma opção viável para o estabelecimento e a reformulação proposta apresenta soluções para a evolução em direção a um modelo preventivo e em contínua melhoria.

Baseando-se nas normas técnicas e melhores práticas encontradas no campo de manutenção industrial, inicialmente é feita uma análise da função manutenção encontrada no início do trabalho. A partir daí, são identificados três processos críticos: execução e análise da manutenção corretiva, definição de procedimentos e planos de manutenção, e gestão de peças de reposição.

Para cada um desses processos, inicialmente foram criados indicadores que possibilitem a comparação do desempenho do processo ao longo do tempo. Em seguida, causas de possíveis desvios são investigadas, priorizadas, algumas soluções são estudadas e finalmente, sucessos de implantação são apresentados.

Palavras chave: Manutenção Industrial, Manutenção Preventiva.

ABSTRACT

Until the recent past, the maintenance function was viewed as a necessary evil to the organization, because someone had to take the responsibility to the plant functioning. But, under present highly competitive conditions in almost every field of industry, with production carefully scheduled and controlled, where every operation must be performed in the most efficient manner possible, delays due to failure and inefficient operation of equipment are too costly to be tolerated. In this context, lies on the maintenance function the responsibility for maintaining as high efficiency as is humanly and mechanically possible.

This work presents an investigation into the maintenance processes at the coffee processing plant of Luigi Lavazza S.p.A located in Turin, Italy. It suggests some methods to develop the design, the organization, the management and the continuous improvement of the maintenance function.

Based on the norms and best practices related found in the field, the analysis begins with a diagnose of the maintenance function. From this investigation, three main processes emerged as the most critical: definition of maintenance procedures and plans, corrective maintenance management and spare parts management.

For each of these processes, the first step was creating an indicator that makes possible the comparison of the performance along the time. Then, the causes of the problems are investigated, prioritized, some solutions are purposed and finally, successful cases of improvements are presented.

Keywords: Industrial Maintenance, Preventive Maintenance.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CMMS – Computerized Maintenance Management System

ERP – Enterprise Resource Planning

FMECA – Failure Mode Effect and Criticality Analysis

MTBF – Mean Time Between Failures

MTTR – Mean Time to Repair

OEE – Overall Equipment Efficiency

PM – Preventive Maintenance

RPN – Risk Priority Number

SKU – Stock Keeping Unit

SOP – Standard Operating Procedure

TPM – Total Productive Maintenance

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
2. LAVAZZA.....	11
2.1 Apresentação da empresa	11
2.2 Sistema produtivo	12
2.3 Embalagens a vácuo	13
2.4 Latas	15
2.5 Cápsulas e sachês	15
3. MANUTENÇÃO INDUSTRIAL	16
3.1 Definições	16
3.2 Tipos de manutenção	16
3.4 Principais atividades da manutenção	18
3.5 Reliability Centered Maintenance	19
3.6 Total Productive Maintenance	19
3.7 Medindo a produtividade: OEE	20
3.7.1 Definição de OEE	20
3.7.2 Disponibilidade	21
3.7.3 Desempenho	22
3.7.4 Qualidade	23
3.7.5 As seis perdas	23
3.7.6 Práticas de manutenção nas organizações	24
4. A FUNÇÃO MANUTENÇÃO NA FÁBRICA LAVAZZA DE TURIM.....	26
4.1 O departamento de manutenção	26
4.2 Atividades do departamento de manutenção	26
4.3 Possíveis pontos de melhoria	29
4.3.1 Gestão da manutenção corretiva	29
4.3.2 Planos e procedimentos de manutenção	29
4.3.3 Gestão do estoque de peças de reposição	30

5. GESTÃO DA MANUTENÇÃO CORRETIVA.....	31
5.1 Design do software de gestão da manutenção corretiva.....	31
5.2 Criação do código de falhas	32
5.3 Implementação do sistema de apoio à manutenção corretiva.....	34
5.4 Análise dos dados	35
5.5 Seleção dos subsistemas críticos	36
5.6 Priorização dos modos de falha	39
5.7 Escolha da política de manutenção.....	45
5.8 Relatórios	47
5.9 Programa de formação de operadores multifuncionais	48
6. PLANOS E PROCEDIMENTOS DE MANUTENÇÃO	52
6.1 Criação de planos de manutenção	53
6.2 Monitoramento da manutenção preventiva	54
7. GESTÃO DO ESTOQUE DE PEÇAS DE REPOSIÇÃO	58
7.1 Indicadores de gestão do estoque de peças de reposição	59
7.2 Análise ABC.....	60
7.2 Modelagem da demanda	61
7.4 Teste de adequação da distribuição	62
7.4.1 Teste de normalidade.....	62
7.4.2 Teste “Goodness-of-Fit” para a Poisson.....	63
7.5 Resultados.....	65
8. CONCLUSÃO.....	68
9. REFERÊNCIAS	70
ANEXOS	73
ANEXO A: relatório de gestão da manutenção.....	73
ANEXO B: relatório técnico.....	74
ANEXO C: standard operating procedure SOP).....	75
ANEXO D: ordem de manutenção preventiva.....	77
ANEXO E: relatório de manutenção preventiva.....	79

1. INTRODUÇÃO

No contexto dos sistemas industriais, a manutenção é cada vez mais citada como um fator crucial para o sucesso dos negócios. Impactando diretamente em aspectos fundamentais como custo, qualidade, prazo e serviços, a manutenção quando bem projetada pode ser uma ferramenta preciosa para ajudar a companhia em manter e aumentar sua vantagem competitiva.

A Lavazza tem dado cada vez mais atenção a esse fato. Apesar de recentemente a companhia ter reforçado sua orientação para o mercado, a busca por excelência operacional continua sendo um dos de seus principais objetivos. A alta gestão procura sempre enfatizar que apenas mantendo a alta qualidade de seus produtos é possível atender (ou ainda melhor, superar) as crescentes expectativas dos consumidores influenciadas pelas suas estratégias de marketing de sucesso.

Na fábrica onde esse estudo foi conduzido, quatro tipos de produtos são processados. Como na maioria da indústria de alimentos, que geralmente produz artigos similares com algumas variantes, podemos categorizar o tipo de manufatura do estabelecimento como sendo por batelada.

A função manutenção é crítica para o sucesso da planta. Devido ao alto grau de automação e nível de utilização dos equipamentos, cada minuto de parada pode ter impacto no faturamento da empresa. Além disso, os equipamentos são relativamente antigos e a reposição de boa parte deles não é uma opção considerada nesse momento.

Visando aperfeiçoar os processos envolvidos na manutenção, a companhia tem intensificado seus esforços em direção a um modelo mais pró-ativo, orientando sua força de trabalho para uma maior padronização e racionalização de suas atividades por meio da criação de procedimentos, planos de ação e relatórios. Porém, apesar dos avanços recentes, três processos ainda são vistos como desafios: execução e análise da manutenção corretiva, definição de procedimentos e planos de manutenção, e gestão de peças de reposição

2. LAVAZZA

2.1 Apresentação da empresa

A Lavazza é uma das principais empresas processadores de café do mundo. Líder no varejo italiano com uma participação de 47.6% no mercado e presente em mais de 90 países, A Lavazza atualmente tem por objetivo tornar-se a líder no segmento de café expresso, estabelecendo sua identidade como uma marca italiana de qualidade. O faturamento em 2010 alcançou 1,1 bilhões de euros, sendo 40% de operações fora da Itália. A empresa é de capital fechado, pertencendo à família Lavazza, que ainda tem forte atuação na administração do negócio.

A história da empresa se inicia com um pequeno negócio aberto em 1895 por Luigi Lavazza, no centro da cidade de Turim. Especializado em torrefação e comércio de café, em 1927 a empresa se torna a Luigi Lavazza S.p.A. Nos anos 60, a empresa revoluciona o mercado, sendo pioneira na produção de pó de café em embalagens a vácuo no mercado italiano. A capacidade de manter o aroma intacto ao longo do tempo leva a companhia a conquistar o consumidor da Itália e o sucesso da marca “Paulista” acarreta em um grande aumento na escala de produção. Em 1965, a fábrica em que este estudo foi realizado foi aberta, no distrito de Settimo Torinese (LAVAZZA, 2009).

Em meados dos anos 80, a companhia inicia sua expansão internacional criando subsidiárias na França, Alemanha, Áustria, Inglaterra e Estados Unidos, movimento seguido pela criação das operações espanhola e portuguesa. O próximo passo foi em direção aos mercados emergentes, com a criação em 2005 de sua subsidiaria no Brasil e com a criação da filial indiana em 2007. Além de sua atuação global, a companhia se destaca por suas campanhas publicitárias. O lançamento dos calendários Lavazza, que anualmente conta com a colaboração de renomados fotógrafos de todo o mundo, é o principal destaque nessa área.

Qualidade e inovação são valores distintivos da marca. Para suportar essa estratégia, A Lavazza criou uma rede internacional com 43 laboratórios em todo o mundo onde jornalistas, consumidores, e líderes de opinião – total de 25 mil pessoas por ano – participam de estudos relacionados ao mundo do café.

2.2 Sistema produtivo

As atividades industriais da companhia são fundamentalmente estocagem, torrefação, moagem e embalagem de café. A matéria-prima principal, grãos de café crus produzidos em países como Brasil, Vietnã, Colômbia, Indonésia e Índia, chegam à fábrica em sacos de juta ou a granel em caminhões tanque. Após serem descarregados dos caminhões, os grãos são armazenados em silos. Depois, o café é transferido para silos menores, onde é pesado, misturado e então enviado para as torrefadoras.

Uma vez torrado, o café é armazenado em silos intermediários, é novamente pesado e pode passar por um segundo processo de mistura. Finalmente, o produto é moído, embalado e enviado para o estoque de produto final (**Figura 1**). Toda a movimentação é feita sem contato humano, por meio de transporte mecânico e pneumático.

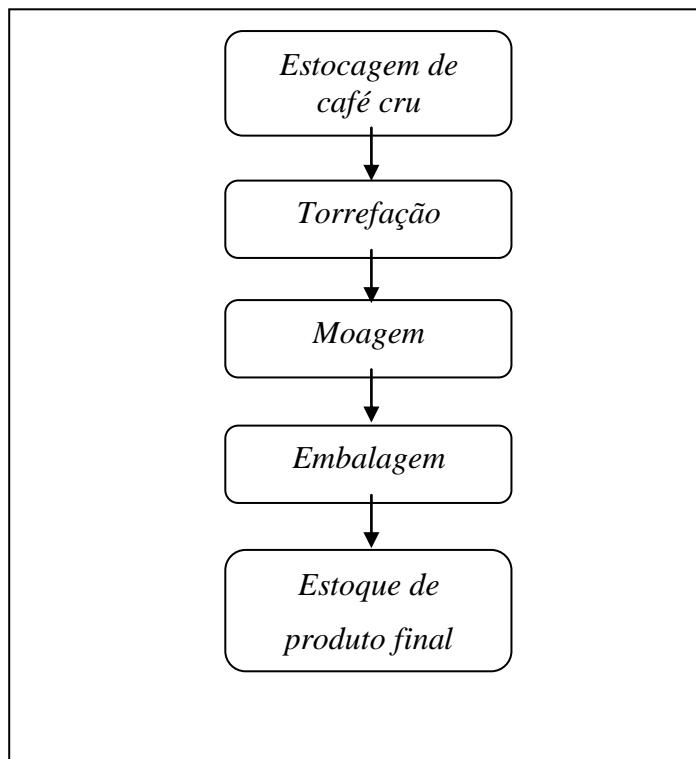


Figura 1 : Fluxo produtivo do beneficiamento de café (autor, 2011)

Diversos controles de qualidade são realizados ao longo do processo. No recebimento da mercadoria são aferidas características como tamanho dos grãos, umidade e densidade. Esses testes permitem avaliar a qualidade e a consistência do lote e fornecem dados de entrada que determinarão fatores como a quantidade de calor e o tempo utilizados para obter a torrefação

desejada. Após torrada, cada carga é submetida a uma análise colorimétrica para identificar o nível de torrefação, que tem influência direta no sabor. Finalmente, ao longo das linhas de embalagem, estão presentes posições que checam tanto peso como o vácuo das embalagens: se o pacote não atende os requisitos ele é automaticamente descartado.

As variações mais importantes no processo estão concentradas nas linhas de embalagem. São encontrados diferentes equipamentos nessa etapa, de acordo com a apresentação final do produto (**Figura 2**).



Figura 2 – Portfolio de produtos Lavazza (empresa Lavazza, 2011)

2.3 Embalagens a vácuo

Nesse processo, o café, em pó ou em grão, é transportado dos silos intermediários até as linhas de embalagem onde é empacotado a vácuo por sistemas automáticos em uma série de estações de processamento.

A embalagem é pré-formada a partir de uma bobina de filme plástico (“Unwiding” – **Figura 3**) através de quatro operações de soldagem térmica por contato (“Package Maker” – **Figura 3**). O abastecimento do café é feito por um funil de carga localizado sobre a máquina de embalagem (“Dosing System” - **Figura 3**).

Após atingir a quantidade determinada de café, a embalagem é parcialmente fechada, é transferida para o carrossel de vácuo, onde o ar dos pacotes é forçadamente sugado e subsequentemente a embalagem é selada por mais uma operação de soldagem térmica (“Vacuum Carousel” - **Figura 3**).

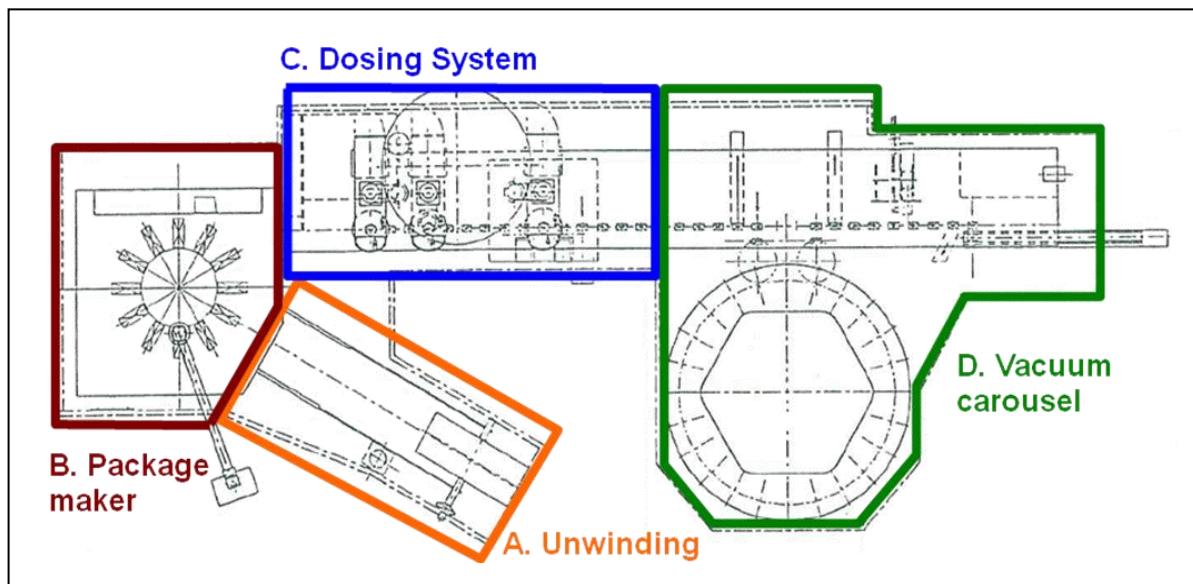


Figura 3 – Equipamento de embalagem à vácuo – vista superior (empresa Bosch, 2011)

Na próxima estação de trabalho, as máquinas de pacotes múltiplos, denominadas internamente pela sigla WCA (**Figura 4**), os pacotes individuais podem ser agrupados com uma embalagem secundária para obtenção de apresentações comerciais duplas, triplas ou quádruplas. Os pacotes individuais ou em formato múltiplo são então agrupados em fardos através de termo encolhimento de filme plástico no equipamento denominado MAF (**Figura 4**). Finalmente, os fardos são empilhados por um robô paletizador.

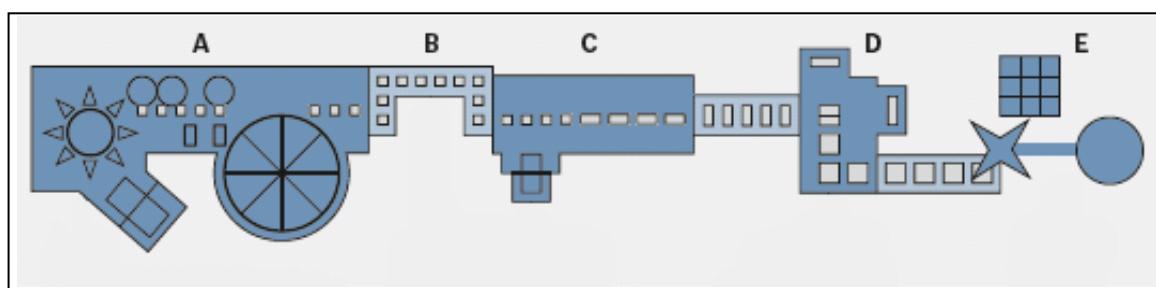


Figura 4 – Linha de embalagem de café à vácuo. A – Formador de embalagem, B – Transporte, C – WCA, D – MAF, E – Paletizador (empresa Bosch, 2011).

2.4 Latas

Na apresentação enlatada, o café é embalado em latas cilíndricas de aço com uma tampa de alumínio para fácil abertura. Há também uma tampa plástica projetada para possibilitar ao consumidor o fechamento hermético da embalagem após o primeiro uso, quando a fina cobertura de alumínio é removida

As latas chegam à fábrica previamente formadas, isto é, com o tubo de aço e a cobertura de alumínio já integradas, e sem a base de aço que será aplicada após o preenchimento da lata com café.

As latas são então enviadas para o sistema dosador através de guias que permitem seu correto posicionamento, onde são preenchidas e pesadas. Subseqüentemente, as latas são fechadas com a colocação de suas bases por agrafagem. Finalmente as latas são agrupadas em fardos e paletizadas.

2.5 Cápsulas e sachês

As cápsulas pré-formadas por deformação plástica são enviadas para o sistema dosador, e depois de preenchidas com café em pó, são seladas com a aplicação de uma cobertura de filme plástico por meio de um processo de solda térmica.

No processo dos sachês, quantidades pré-determinadas de café são depositadas em um filme com uma cobertura de papel e na estação seguinte, uma segunda folha de papel é depositada. A terceira estação corta os sachês em suas dimensões finais e une as duas camadas de papel através de solda térmica. Os sachês ou cápsulas são então embalados em pacotes de 18 a 36 unidades, agrupados em fardos e então paletizados.

3. MANUTENÇÃO INDUSTRIAL

Neste capítulo são apresentados os principais conceitos relacionados à manutenção industrial. O objetivo é construir um quadro de conceitos que irá suportar as análises da situação inicial e também discutir algumas ferramentas que ajudaram na elaboração das propostas de melhoria.

Inicia-se com algumas definições oferecidas por normas internacionais e uma visão geral das atividades da função manutenção. Em seguida, metodologias como TPM (Total Productive Maintenance) e RCM (Reliability Centered Maintenance) são abordadas e com a ajuda de um exemplo numérico discutimos o conceito de OEE (Overall Equipment Efficiency), como medida da eficiência das operações de manufatura. Por fim, algumas das melhores práticas encontradas nas organizações são discutidas.

3.1 *Definições*

De acordo com a norma européia UNI EN 13306:2010 a manutenção industrial é a combinação de todas as ações técnicas e administrativas durante o ciclo de vida de um item visando reter ou restaurar seu funcionamento. Esta definição leva a primeira classificação das atividades de manutenção em dois principais grupos: ações orientadas a reter o funcionamento e ações dedicadas a restaurar certas condições operacionais. Essas duas classes são denominadas manutenção “preventiva” e manutenção “corretiva”

3.2 *Tipos de manutenção*

Manutenção preventiva é definida como a manutenção realizada com intervalos pré-determinados ou de acordo com algum critério prescrito visando reduzir a probabilidade de falha ou degradação do funcionamento do equipamento. Ela pode ser:

- *Baseada em condições* – manutenção preventiva baseada no monitoramento do desempenho do equipamento ou de algum parâmetro e subsequente ação. Este monitoramento pode ser programado, contínuo ou por requisição. Dentro da manutenção sob condição está inclusa a manutenção preditiva, pode ser definida como a manutenção executada segundo uma previsão derivada da análise e avaliação de parâmetros críticos da degradação do equipamento.

- *Programada* – manutenção realizada de acordo com intervalos de tempo definidos ou de acordo com alguma unidade relacionada ao uso do ativo (ou seja, manutenção programada) mas sem análise prévia das condições do item.

Já a **manutenção corretiva** refere-se à manutenção realizada após o reconhecimento da falha e visa restaurar o equipamento ao estado em que esse possa desempenhar a função requerida. Ela pode ser classificada em:

- *Imediata* – manutenção realizada imediatamente após a falha ser detectada.
- *Diferida* – manutenção corretiva realizada com atraso em relação ao reconhecimento da falha, sendo adiada de acordo com uma regra pré-determinada (**Figura 5**).

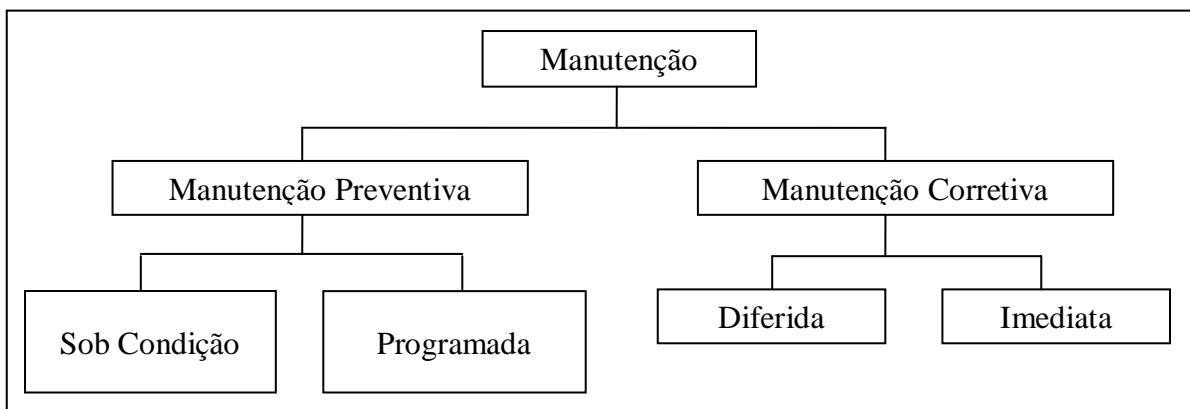


Figura 5 - Classificação da manutenção de acordo com a norma europeia de terminologia para a manutenção (UNI EN 13306:2010 – Anexo A, 2010)

3.3 Considerações sobre os diferentes tipos de manutenção

Se um equipamento está funcionando perfeitamente e na rotina de limpeza e inspeção não é notado nenhum comportamento ou desgaste anormal, então se torna desnecessário realizar uma atividade de manutenção apenas para realizar o plano de manutenção e se necessário, pode ser realizada uma revisão dessa programação.

Programas de manutenção preventiva, se bem projetados para atender as reais necessidades dos equipamentos e se executados consistentemente, obtêm melhores resultados que estratégias puramente reativas (CRESPO, 2007). Isto porque a manutenção preventiva ajuda a organização a ter um melhor controle no planejamento e acompanhamento das condições do equipamento, da capacidade de produção e dos custos de manutenção.

Dessa forma, podemos sintetizar as vantagens da manutenção preventiva como a seguir:

- Diminuição do desgaste do equipamento por este estar limpo e lubrificado.
- Detecção de forma antecipada de possíveis falhas.
- Aumento de produção devido à redução no tempo de downtime do equipamento.
- Redução dos custos de manutenção devido à redução de serviços emergenciais de reparação.
- Prevenção de falhas inesperadas que causem problemas de qualidade.
- Reparos completos ao invés da realização de inúmeros consertos parciais.
- Melhor alocação e programação dos recursos da manutenção.

3.4 Principais atividades da manutenção

De acordo com a norma técnica UNI 10224:2007, espera-se que a seguintes atividades sejam realizadas pela função manutenção:

- Estratégicas
 - Planejamento estratégico.
 - Planejamento da manutenção.
 - Definição do modelo organizacional.
- Operacionais
 - Definição dos planos de manutenção e orçamento.
 - Planejamento operacional.
 - Programa de execução.
 - Gestão de emergências.
 - Documentação.
 - Controle do orçamento.
 - Análise técnica.
 - Controle de desempenho.
 - Melhoria contínua.
- Suporte
 - Sistema de informação.
 - Desenvolvimento dos recursos humanos.
 - Gestão de fornecedores de serviço de manutenção.
 - Gestão de peças de reposição.

3.5 Reliability Centered Maintenance

Reliability Centered Maintenance (RCM) é uma abordagem sistêmica usada na otimização de estratégias de manutenção preventiva. A RCM é focada em manter o sistema funcionado, sendo reconhecidamente uma metodologia extremamente eficaz. Visando manter o sistema funcionando a custos adequados, a RCM é baseada nas seguintes características (SMITH, 1993):

- O objetivo primário da metodologia RCM é preservar o funcionamento do sistema, o que já é um diferencial em relação ao pensamento tradicional.
- Os modos de falha devem ser identificados.
- Os modos de falha precisam ser priorizados, refletindo sua importância para o funcionamento do sistema.
- Ações de manutenção preventiva que apresentem vantagens em termos de custo e disponibilidade do equipamento devem ser identificadas, planejadas e realizadas.

A metodologia RCM pode ser utilizada para implementar os quatro passos apresentados acima. O resultado deve prover uma justificativa racional para a manutenção preventiva de cada parte do equipamento e de sua escolha, com base em um conhecimento profundo sobre o funcionamento do equipamento e de seus modos de falha. Assim, observamos que a metodologia RCM oferece um quadro geral para a otimização dos esforços de manutenção para obter o máximo resultado dos recursos disponíveis para o programa de manutenção preventiva.

3.6 Total Productive Maintenance

Total Productive Maintenance (TPM) é uma metodologia que possibilita uma melhoria contínua dos processos de manufatura através do envolvimento e autonomia dos empregados, acompanhada de uma medição objetiva dos resultados obtidos (BARRAT, 2008). A TPM possui como foco o envolvimento dos operadores com a devida capacitação nas atividades de manutenção

Essa abordagem é construída a partir do conceito de completa integração entre as funções manutenção e produção. A definição moderna, como descrita pelo Japan Institute of Plant Maintenance (MCCARTHY & WILLMOTT, 2001), diz que o TPM:

- Visa construir uma cultura organizacional que busca sistematicamente um aperfeiçoamento da eficiência do sistema produtivo.
- Estabelece um sistema que previne todos os tipos de perdas.
- Requer o envolvimento completo de todos os membros da organização, desde os altos executivos até os empregados da linha de frente.

O objetivo do TPM é obter zero quebras e zero defeitos, focando nos esforços de reduzir as perdas de produção devido a paradas por quebras, equipamentos operando a velocidades reduzidas, e defeitos nos produtos. O principal indicador utilizado para medir essas perdas é conhecido como Overall Equipment Effectiveness (OEE).

3.7 Medindo a produtividade: OEE

Essencialmente, devemos adotar um indicador que estabeleça uma base para a comparação do desempenho do processo e avalie o impacto das melhorias implementadas. Para esse propósito, o indicador mais comumente utilizado é o Overall Equipment Efficiency, ou simplesmente OEE (JONSSON & LESSHAMMAR, 1999).

3.7.1 Definição de OEE

A medida clássica do Overall Equipment Effectiveness é essencialmente – em termos percentuais – a *Disponibilidade* de uma parte do equipamento multiplicado pelo seu *Índice de Desempenho* quando em operação, multiplicado pelo *Índice de Qualidade* da produção (WILLMOTT, MCCARTHY, 2001).

$$OEE = \text{Disponibilidade} \times \text{Desempenho} \times \text{Qualidade}$$

O indicador OEE é baseado em quantidades mensuráveis que permitem o cálculo de dois parâmetros:

- *Eficácia Real* do equipamento, levando em consideração sua disponibilidade, desempenho e qualidade dos produtos fabricados. Esses medidas podem ser medidas

com base em um período de tempo que varia de um turno a alguns meses (JONSSON & LESSHAMMAR, 1999). Na fábrica em questão, a freqüência de monitoramento adotada para avaliar a eficácia das melhorias é de um turno.

- *Melhoria Potencial* – o primeiro objetivo é o de alcançar, através de padronização e estabilização do processo, o melhor resultado já obtido em cada uma das categorias: disponibilidade, desempenho e qualidade. Este parâmetro oferece um objetivo teórico.

Em detalhes, o cálculo dos três fatores dos quais o produto determina o OEE é apresentado nas próximas seções. Para facilitar o entendimento das fórmulas, apresentamos os cálculos baseados nos dados de uma linha de produção coletados durante o período de uma semana. Os dados são apresentados na **Tabela 1**.

Tempo programado de produção	120 h
Paradas programadas	8h
Paradas não programadas	28.75 h
Número de falhas	388
Produção total	29,517 SKU
Produção com defeito	218 SKU
Ciclo ideal	12 s

Tabela 1 – Dados para cálculo de OEE (Autor, 2011)

3.7.2 Disponibilidade

A disponibilidade é uma medida do tempo que o equipamento esteve apto a realizar sua função. Esse indicador é baseado no tempo total disponível para a produção na fábrica e o tempo de paradas não planejadas:

$$\text{Disponibilidade} = \frac{\text{Tempo total disponível} - \text{Paradas não planejadas}}{\text{Tempo total disponível}} \times 100\%$$

Paradas não programadas são causadas por quebras, ajustes e trocas. O tempo total disponível é igual à diferença entre o tempo programado de produção e as paradas programadas. Em nosso exemplo, o tempo programado de produção é de 120 horas e as paradas programadas somam 8 horas, resultando em um tempo total disponível igual a 112 horas. Assim, a disponibilidade resulta:

$$\text{Disponibilidade} = \frac{112 \text{ h} - 28.75 \text{ h}}{112 \text{ h}} \times 100\% = 74\%$$

Aqui, podemos apresentar dois importantes conceitos conhecidos como *Mean Time Between Failures* (MTBF) e *Mean Time To Restoration* (MTTR). Esses dois indicadores ajudam a identificar o impacto da freqüência (MTBF) e do tempo de reparação (MTTR) na disponibilidade:

$$MTBF = \frac{\text{Tempo total disponível}}{\text{número de falhas}} = \frac{112 \text{ h}}{388} = 0.288 \text{ h}$$

$$MTTR = \frac{\text{Paradas não programadas}}{\text{número de reparos}} = \frac{28.75 \text{ h}}{388} = 0.074 \text{ h}$$

Com esses dois conceitos, podemos redefinir a disponibilidade como:

$Disponibilidade = \frac{MTBF - MTTR}{MTBF} = \frac{0.288 - 0.074}{0.288} = 74\%$, que como esperado coincide com o resultado obtido com a primeira definição.

3.7.3 Desempenho

Um equipamento pode produzir uma quantidade objetivo se opera a velocidade de projeto. Porém, perdas com pequenas pausas e velocidade aquém da ideal produzem um impacto negativo na produção real. O tempo de ciclo ideal define a taxa de produção para a qual o equipamento foi projetado, sendo geralmente definido pelo fabricante.

No cálculo do desempenho, a produção total representa a quantidade produzida incluindo itens defeituosos. Também são levados em consideração o tempo de ciclo ideal e o tempo total disponível:

$$\begin{aligned} \text{Performance} &= \frac{\text{ciclo ideal} \times \text{produção total}}{\text{tempo total disponível}} \times 100\% = \frac{12 \text{ s} \times 29,517}{403,200 \text{ s}} \times 100\% \\ &= 88\% \end{aligned}$$

3.7.4 Qualidade

Tipicamente, a maior parte da produção é de produto sem defeitos. No entanto, parte da produção não atende as especificações e deve ser descartada ou retrabalhada. Algum descarte também pode ser produzido durante a realização de ajustes e testes das máquinas, reduzindo a eficiência na utilização da matéria-prima. Assim:

$$\begin{aligned} \text{Qualidade} &= \frac{\text{produção total} - \text{produção com defeito}}{\text{produção total}} \times 100\% \\ &= \frac{29,517 - 218}{29,517} \times 100\% = 99\% \end{aligned}$$

E finalmente, o indicador OEE:

$$\begin{aligned} \text{OEE} &= \text{Disponibilidade} \times \text{Desempenho} \times \text{Qualidade} \\ &= 74\% \times 88\% \times 99\% \\ &= 64\% \end{aligned}$$

3.7.5 As seis perdas

Um dos mais importantes objetivos na medição do OEE é reduzir ou eliminar as mais comuns causas de ineficiência na manufatura. Os três fatores utilizados no cálculo do OEE são todos afetados em diferentes graus pelas seis perdas comumente encontradas em ambientes de processos de manufatura:

- Quebras e paradas não planejadas.
- Substituições de peças e ajustes excessivos.
- Funcionamento de equipamento em velocidade reduzida.
- Inatividade e pequenas pausas.
- Produtos com baixa qualidade produzidos em testes após reparos e ajustes.
- Produtos com defeito e retrabalho.

As duas primeiras categorias afetam principalmente a disponibilidade do equipamento. As duas seguintes impactam o desempenho quando em funcionamento enquanto que as duas últimas afetam fator qualidade.

3.7.6 Práticas de manutenção nas organizações

Após a apresentação dos principais conceitos relacionados à manutenção industrial, nesta seção identificamos as práticas de manutenção mais comuns no cotidiano das organizações industriais e discutimos a partir de informações encontradas na literatura as metodologias que apresentam os melhores resultados.

Tradicionalmente, muitas companhias empregam uma estratégia reativa de manutenção, realizando reparos somente quando o equipamento deixa de funcionar (MCCARTHY & WILLMOTT, 2001). Mais recentemente, melhores tecnologias e uma crescente qualificação dos profissionais da área de manutenção têm levado algumas companhias a evoluir para um modelo mais pró-ativo.

Baseado em uma pesquisa conduzida entre 1992 e 2000, que envolveu aproximadamente 300 companhias industriais norte-americanas, MOORE (2004) identificou algumas plantas industriais que serviam como referência de boas práticas. Esses estabelecimentos se destacaram por alcançar um nível extraordinário de melhorias e/ou desempenho em suas operações e pela forte disciplina em planejar e programar boa parte de suas atividades de manutenção.

Como a força de trabalho distribui seu tempo, é um dos principais indicadores usado pelo autor na avaliação da cultura de manutenção encontrada nas organizações. Uma comparação entre a distribuição das atividades de manutenção encontradas em uma típica fábrica estudada

por MOORE, em uma fábrica classificada como referência e as atividades da Lavazza são apresentadas na **Figura 6**.

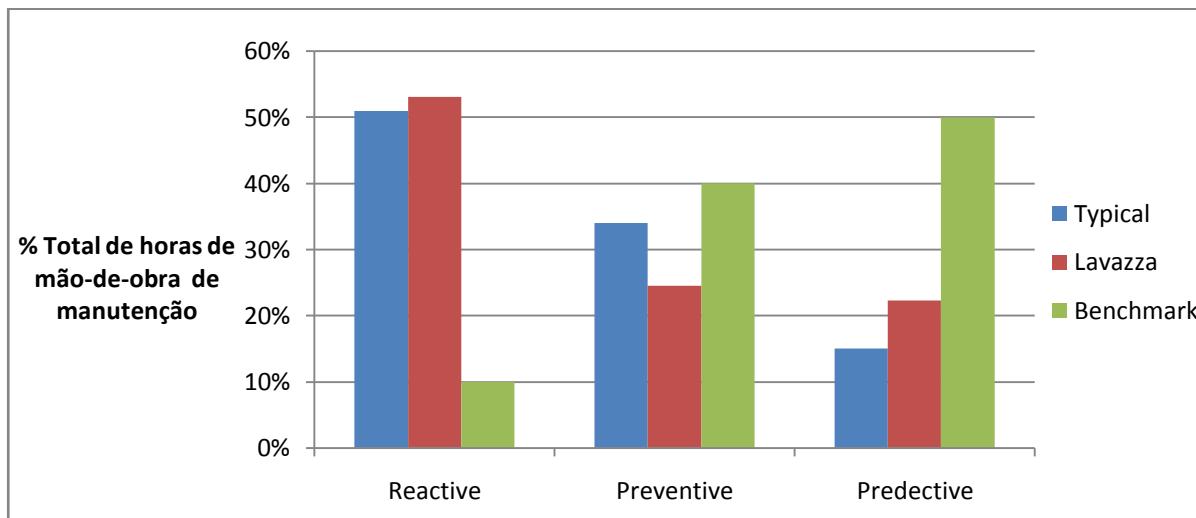


Figura 6 – Comparação entre a distribuição das atividades de manutenção em indústria típicas, na Lavazza e as de melhores práticas (adaptado de Moore, 2004).

A distribuição das atividades da empresa objeto de estudo foi obtida segundo a percepção do responsável pela área de manutenção na empresa.

Nota-se que as organizações consideradas como as de melhores práticas concentram a maior parte de seus esforços de manutenção em outras modalidades que não manutenção corretiva. Aproximadamente 90% da manutenção é planejada e programada, comparada a menos de 50% sendo planejada em indústrias típicas. Sendo capaz de planejar manutenções preventivas e preditivas essas organizações apresentam uma abordagem menos incerta e com melhor eficiência em custos de entrega de confiabilidade na manufatura (WAEYENBERGH & PINTELON, 2004).

É razoável assumir que uma organização com abordagem de manutenção pró-ativa foca envolver todas as partes interessadas (técnicos, engenheiros, gestores, operadores, fornecedores, etc.) na entrega de capacidade produtiva (MCCARTHY & WILLMOTT, 2001). Deste modo, a área de produção deve reconhecer o valor de uma função manutenção eficaz e a manutenção deve reconhecer sua missão de suportar a produção em seu objetivo de entregar produtos que atendam as expectativas dos consumidores (WIREMAN, 2005).

4. A FUNÇÃO MANUTENÇÃO NA FÁBRICA LAVAZZA DE TURIM

Após a apresentação de uma visão geral de seu sistema produtivo e dos principais conceitos relacionados a manutenção industrial, neste capítulo explora-se a realidade do departamento de manutenção da fábrica objeto de estudo do presente trabalho.

4.1 *O departamento de manutenção*

A fábrica possui um departamento de manutenção centralizado, que é responsável tanto pela manutenção da infra-estrutura (sistema de iluminação, vias internas, sistema hidráulico) como pelo maquinário produtivo. As atividades são divididas em tarefas mecânicas e tarefas elétricas, sendo que a força de trabalho é composta por 9 técnicos em elétrica, 20 técnicos em mecânica e 3 líderes de turno. A unidade industrial opera de segunda a sexta-feira, 24 horas por dia, sendo que a mão-de-obra é dividida no sistema de três turnos de oito horas cada. Extraordinariamente, os técnicos da manutenção trabalham aos sábados para a realização de atividades que não forem completadas durante a semana.

Também fazem parte do departamento da manutenção um engenheiro da principal fornecedora de equipamentos (Bosch), o técnico sênior, responsável pela supervisão dos prestadores externos de serviços de manutenção e por treinamentos, e um estagiário com formação em engenharia (essa última, posição ocupada pelo autor do presente trabalho). A estrutura organizacional é apresentada em resumo na **Figura 7**.

4.2 *Atividades do departamento de manutenção*

Aproximadamente 45% das atividades de manutenção realizada na fábrica são planejadas, sendo o restante classificado como manutenção corretiva. A prioridade das atividades é determinada caso a caso pelos líderes dos turnos, com o aval final sendo do gerente de manutenção.

A base do conhecimento da manutenção, como manuais, esquemas das máquinas e procedimento, não se encontram sistematicamente organizados ou estruturados, e dessa forma novos contratados são treinados por membros mais experientes. Segundo o gerente de manutenção, em termos gerais, os técnicos apresentam níveis de conhecimento muito heterogêneo em relação aos diferentes equipamentos existentes na fábrica, sendo comum a especialização dos técnicos em algum sistema particular. A planta foi construída em diversos

estágios ao longo do tempo, o que levou a uma grande variedade na idade e nos tipos de tecnologias empregadas nos equipamentos.

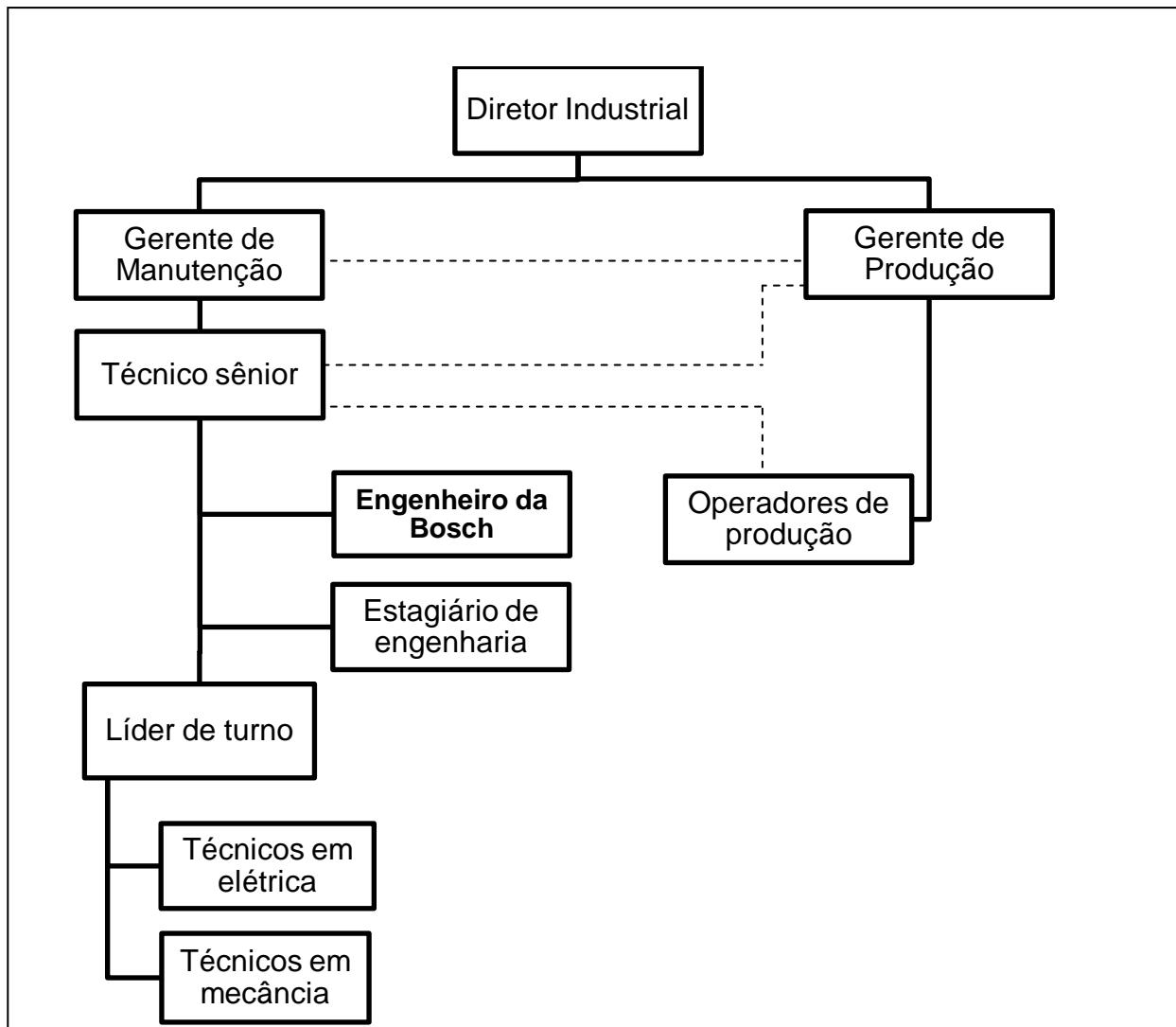


Figura 7 – Organograma do departamento de manutenção (Autor, 2011)

A ênfase na execução das manutenções corretivas diminui a capacidade do departamento em planejar as atividades de manutenção. Além disso, a responsabilidade pelas atividades de planejamento e execução da manutenção se encontram concentradas no gerente de manutenção o que acaba levando a uma ênfase maior na supervisão do que no planejamento. A motivação dos operadores em realizar atividades básicas de manutenção é percebida como fraca entre os gerentes.

A companhia possui um sistema ERP (Enterprise Resource Planning) com um módulo de apoio à gestão da manutenção (Computerized Maintenance Management System – CMMS) bastante completo em relação às atividades suportadas por esses tipos de sistema descritas por BAGADIA, 2008. O sistema permite a programação de tarefas, rastreamento de material, descrição de procedimentos, gestão de equipamentos, gestão de ações corretivas e criação de relatórios para cada uma dessas atividades. A maior parte do maquinário e das peças de reposição já estão catalogadas no sistema.

Infelizmente, nenhum dos técnicos recebeu treinamento para a utilização do sistema, e até o início da realização do presente estudo, não se conhecia nem mesmo a existência de um manual do usuário para o sistema. O gerente de manutenção possui um conhecimento superficial das ferramentas do sistema, e apesar de apontar algumas deficiências do sistema como dificuldade em personalizar os relatórios, mostrou-se interessado em uma maior utilização do módulo.

Nos últimos cinco anos, três profissionais se revezaram no cargo de gerente de manutenção. O diretor industrial aponta essa falta de continuidade como um dos fatores que levaram a dificuldade de planejamento de longo prazo na gestão dos ativos da fábrica.

O novo gerente assumiu o departamento de manutenção um ano antes do início desse estudo com a intenção de ajudar a função a evoluir para uma estratégia de manutenção mais focada em prevenção. Ele possui um bom relacionamento pessoal com o gerente produção. Isso facilita a realização de manutenções preventivas nas lacunas do programa de produção.

Mas conflitos ainda são presentes. Por exemplo, a cada dois anos, as linhas de embalagem são submetidas a um processo de revisão programada realizada pelos técnicos da Bosch, fabricante dos equipamentos. Em março de 2011, uma dessas revisões foi atrasada em quatro meses devido à resistência do gerente de produção em parar essa linha, mesmo essa apresentando desempenho 20% menor em relação ao desempenho médio de outras linhas semelhantes.

O diretor industrial, atento a esses problemas, tem buscado suportar os esforços de racionalizar a função manutenção e sempre destaca a importância da integração entre manutenção e produção. Existia também a preocupação da companhia de construir um modelo de gestão da manutenção que pudesse ser exportado para a nova fábrica em

construção na Índia. Essas é a realidade encontrada quando do início da realização desse trabalho.

4.3 Possíveis pontos de melhoria

Após analisar as atividades de manutenção presentemente realizadas contra a base de conceitos discutidos nos capítulo anteriores, foi possível identificar algumas áreas de maior atenção.

O diretor industrial e o gerente de manutenção indicam que a companhia está lidando com mais manutenção corretiva do que o desejado. Com o objetivo de evoluir para uma estratégia mais preventiva, três processos foram julgados como críticos:

- Execução e análise da manutenção corretiva.
- Definição de procedimentos e planos de manutenção.
- Gestão de peças de reposição.

Os problemas encontrados em cada uma dessas áreas são apresentados de forma breve neste capítulo e posteriormente aprofundados nas próximas seções.

4.3.1 Gestão da manutenção corretiva

A primeira questão nessa área é que não havia um registro sobre as atividades de manutenção corretiva. Segundo os técnicos, há algum tempo atrás o registro era feito por meio de formulários de papel, mas como não havia uma análise desses registros, eles foram gradualmente abandonados. Sem dados sobre a manutenção corretiva, é impossível analisar que tipo de falhas ocorre na fábrica e como preveni-las.

4.3.2 Planos e procedimentos de manutenção

Investigando as atividades diárias da manutenção, observou-se que diversas atividades de manutenção preventiva eram realizadas, mas sem nenhum registro. Portanto, elas são realizadas com intervalos de tempo irregulares, e suas prioridades eram estabelecidas pelos líderes dos turnos. Isso levava a manutenção demasiada de alguns equipamentos e deficiente de outros. Essas atividades identificadas como preventivas compreendem lubrificações, inspeções, limpezas e ajustes realizadas pelos técnicos. Outro fato que chamou a atenção foi a

falta de procedimentos, que em muitos casos causava a perda do conhecimento por parte da empresa de como realizar a manutenção em caso de desligamento ou aposentadoria de alguns técnicos.

Além disso, grande parte da manutenção é executada por prestadores externos de serviços de manutenção (aproximadamente um terço do orçamento do departamento é gasto com esse tipo de despesa). A escassa documentação sobre os procedimentos, e a quantidade de trabalho executadas por esses subcontratados dificulta o controle sobre essas atividades.

4.3.3 Gestão do estoque de peças de reposição

A companhia apresenta um grande problema na gestão de seu estoque de peças de reposição. A Lavazza enfrenta ao mesmo tempo um alto nível de estoque (giro de aproximadamente seis anos) e grande número de eventos de falta de itens. Essa aparente contradição revela um alto nível de obsolescência e uma atitude reativa na aquisição de peças de reposição.

5. GESTÃO DA MANUTENÇÃO CORRETIVA

A principal dificuldade enfrentada nessa área era a falta de informação sobre as ações corretivas. O módulo de manutenção corretiva do CMMS da companhia é considerado muito burocrático e definitivamente não é um sistema amigável ao usuário. Como consequência, o sistema nunca foi utilizado de fato no controle sobre a manutenção corretiva.

Foi decidido pelos gestores que a companhia deveria desenvolver internamente uma aplicação baseada na web para auxiliar na gestão da manutenção corretiva. Uma solução desenvolvida “in-house” foi escolhida devido a sua flexibilidade e pronta adaptação as atividades correntes das operações de manutenção. Já existia uma infra-estrutura de computadores e servidores destinada à inserção de dados relacionados à produção, e o uso desses equipamentos apenas foi estendido ao software de manutenção, e assim não houve necessidade de novos investimentos em hardware.

5.1 Design do software de gestão da manutenção corretiva

Dados sobre as falhas são cruciais na medida em que eles proporcionam a base para a inteligência necessária na construção de um programa eficaz de manutenção preventiva (MOBLEY, 2002). Em primeiro lugar, o objetivo é prevenir que essas falhas sejam recorrentes. Segundo BAGADIA, 2006, um sistema de relatórios deve identificar falhas, causas e ações corretivas para cada reparo. Esses dados devem ser analisados de forma a identificar ações adequadas de prevenção tanto no curto como no longo prazo. Além disso, o monitoramento do número e complexidade das ações corretivas ajudam a avaliar a eficácia dos programas de manutenção preventiva, bem como podem suportar as decisões sobre dimensionamento de pessoal para o departamento de manutenção.

Nesta etapa, coube ao autor do presente trabalho a identificação dos dados relevantes para serem registrados em cada ação de manutenção corretiva. Após a discussão e análise de literatura especializada (BAGADIA, 2006; CRESPO, 2007; SMITH, 1993), os seguintes dados foram sugeridos como apropriados para atender as necessidades da organização:

1. *ID Number* – número que identifica univocamente cada intervenção. É um número seqüencial automaticamente gerada pelo sistema.
2. *Início* – Hora da inserção da ordem de manutenção corretiva. Automaticamente preenchida pelo sistema.

3. *Fim* – Hora em que o técnico fecha a ordem da manutenção corretiva após a conclusão dos trabalhos. Automaticamente preenchida pelo sistema.
4. *Duração* – Diferença entre a hora em que o técnico fecha a ordem de manutenção corretiva e o momento de abertura da ordem. Calculada pelo sistema.
5. *Nome da linha de produção* – Escolhido a partir de uma lista pelo operador.
6. *ID number da linha de produção* – Automaticamente preenchido pelo sistema de acordo com o campo “nome da linha de produção”.
7. *Departamento de produção* – Automaticamente preenchido pelo sistema de acordo com o campo “nome da linha de produção”.
8. *Nome do equipamento* – Escolhido a partir de uma lista pelo operador.
9. *ID number do equipamento* – Automaticamente preenchido pelo sistema de acordo com o campo “nome do equipamento”.
10. *Modo de falha* – Escolhido a partir de uma lista pelo operador.
11. *Failure code* – Automaticamente preenchido pelo sistema de acordo com o campo “modo de falha”
12. *Causa da falha* – Campo de preenchimento livre preenchido pelo técnico após a realização do diagnóstico do equipamento.
13. *Corrective action* – Campo de preenchimento livre descrevendo as ações de reparo.
14. *Tipo e quantidade de técnicos envolvidos* – Dois campos de preenchimento numérico, divididos entre técnicos elétricos e técnicos mecânicos.

Chama a atenção à falta de um campo com informações relativas às peças de reposição e aos materiais de consumo utilizados em cada ação de reparo. A decisão de não incluir essa informação no sistema foi tomada pelo gerente de manutenção, baseado no fato de que no momento que o técnico retira um material do estoque de reposição, já existe um registro relacionado o consumo de cada um dos equipamentos. Assim, essa informação foi considerada redundante.

5.2 Criação do código de falhas

Para facilitar o estudo dos problemas foi importante a criação de um código relacionando aos típicos modos de falha. Uma alternativa seria a descrição detalhada de cada um dos problemas, porém um código permite uma maior facilidade na criação de relatórios e análises com o auxílio de planilhas eletrônicas. Dessa forma, o autor do trabalho foi solicitado a criar, com o auxílio dos técnicos, um código de falhas, e devido a complexidade da planta estudada,

o escopo deste trabalho foi concentrado na análise das falhas de 6 linhas de embalagem à vácuo que juntas correspondem a aproximadamente 25% da capacidade da produção. A extensão do uso do sistema ficaria então condicionada ao sucesso obtido nesse projeto piloto.

A companhia possuía em seus arquivos um código com aproximadamente 400 modos de falha classificados. Este código foi considerado excessivamente detalhado, e a falta de praticidade em sua utilização levou a criação de um sistema simplificado. Foram utilizados registros impressos das ações corretivas durante um mês, e após uma observação e agrupamento das falhas, um sistema revisado foi estabelecido. O seu número de identificação, o subsistema onde ocorre e as causas mais comuns de problema são listados abaixo:

- 211 – *Desbobinador* – Filme plástico perde o passo, filme plástico se rompe.
- 217 – *Guilhotina principal* – Guilhotina não corta.
- 218 – *Formação de embalagem* – Pacote fica preso, pacote não encaixa no mandril.
- 219 – *Solda longitudinal* – Solda mal feita, borracha da barra de soldagem gasta ou rompida.
- 220 – *Formação da base* – O pacote perde o vácuo devido a canais na solda da base, borracha da barra de soldagem gasta ou rompida.
- 222 – *Impressora pacote individual* – Caracteres ilegíveis, impressão mal posicionada.
- 254 – *Esteira transportadora* – Pacote fica preso, alimentadores de pacotes perde o passo, rompimento do pacote na entrada ou na saída da esteira.
- 235 – *Coffee feeder* – O café não chega aos dosadores.
- 236 – *Dosing System* – Um dos três dosadores dispensa quantidade errada de café ou não dispensa café.
- 238 – *Balança* – muitos pacotes são descartados (abaixo da especificação)
- 249 – *Formação do topo* – O pacote perde o vácuo devido a canais no solda de topo, barra de pré-soldagem não funciona, guilhotina de rebarba não funciona.
- 231 – *Vacuum carousel* – Rompimento da embalagem na entrada ou na saída.
- 245 – *Câmara de vácuo* – câmara de vácuo não fecha perfeitamente, pacote com vácuo fora da especificação.
- 247 – *Soldagem de topo* – Barras não aquecem até a temperatura suficiente para a soldagem, problema no paralelismo das barras.
- 356 – *WCA (Formato múltiplo) Unwinding* – Filme plástico perde o passo, filme plástico se rompe.

- 357 – *Entrada de pacote individual* – empurrador de pacote não funciona, pacote se rompe ou empaca na entrada, esteira de transporte não funciona.
- 358 – *WCA formação de embalagem de formato múltiplo* – soldagem longitudinal, de base ou de topo não atende as especificações, guilhotina não funciona, ilustração da embalagem desalinhada.
- 359 – *WCA impressora* – Caracteres ilegíveis, impressão mal posicionada.
- 360 – *MAF Unwinding* – filme de nylon se rompe, motor elétrico de desbobinamento não funciona.
- 365 – *MAF entrada dos pacotes* – pacote rompe-se ou fica bloqueado na entrada, empurrador de pacote não funciona.
- 368 – *MAF formação dos fardos* – problema de solda térmica, etiquetador não funciona, mudança de formato.
- 371 – *Entrada do paletizador* – problemas no elevador, problemas no empurrador de fardos.
- 372 – *Robô paletizador – dificuldade em pegar o pacote, robô rompe o fardo, problemas na programação do robô*.
- 385 – Empilhadeira automática – empilhadeira automática não funciona, dificuldade em suspender o pallet.

5.3 Implementação do sistema de apoio à manutenção corretiva

Definidos os parâmetros do software, a etapa de programação foi passada a um técnico em informática. De desenvolvimento relativamente simples, em aproximadamente um mês a aplicação já estava em sua forma operacional estável. Essa etapa foi sendo realizada em paralelo à construção do código de falhas.

No novo modelo, ao invés de informar o líder de turno diretamente quando da ocorrência de alguma falha, os operadores deveriam inserir o problema no sistema e aguardar pela chegada do técnico. No início da utilização do software, foi encontrada uma dificuldade em formalizar as atividades de manutenção devido a certa resistência de operadores e técnicos em se adaptar ao novo processo. Os operadores simplesmente continuavam a chamar técnicos diretamente. Já os técnicos se sentiram ameaçados e inconfortáveis com o maior controle sobre suas atividades.

Para resolver esse problema, os gerentes de manutenção e produção fizeram algumas reuniões, primeiramente com lideranças sindicais e depois com vários grupos de trabalhadores para esclarecer os reais objetivos das mudanças e também para situar essas mudanças no contexto das melhorias que seriam implementadas nos próximos meses. Todas as pessoas envolvidas também receberam mini cursos de como utilizar o programa. Essas ações, reforçadas pela ênfase do diretor industrial em apoiar a importância do programa de melhorias resultou em um uso satisfatório da aplicação (**Figura 8**) por parte de operadores e técnicos dentro de aproximadamente um mês.

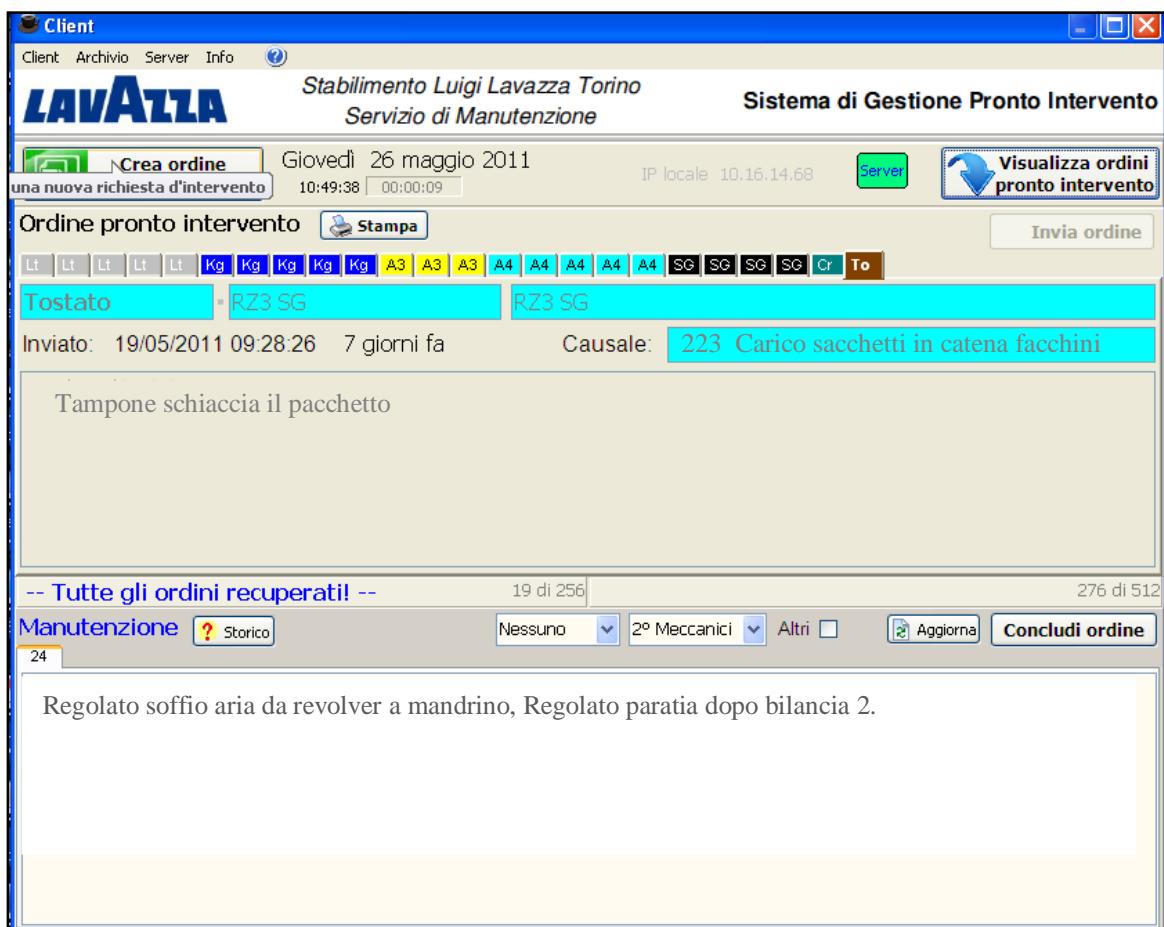


Figura 8 - Tela principal do software de gestão de manutenção corretiva (empresa Lavazza, 2011)

5.4 Análise dos dados

Em seguida à implementação do software, e seu uso efetivo durante um mês, a companhia possuía uma boa quantidade de informações que permitiam a compreensão da natureza dos problemas enfrentados. Neste ponto, o desafio foi criar um modelo de análise, classificação e priorização das atividades de manutenção corretiva. A primeira questão levantada pelos

gestores foi em que tipo de atividade a mão-de-obra da manutenção estava sendo empregada. Os resultados são apresentados na **Figura 9**.

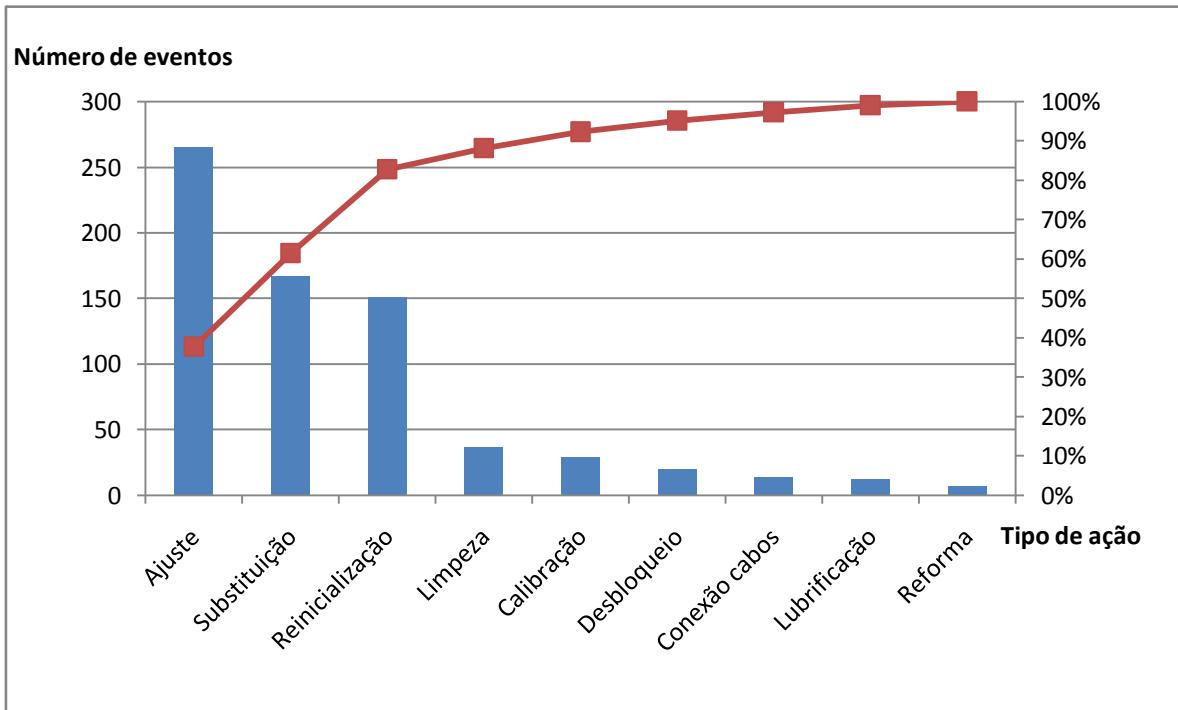


Figura 9 – Classificação das ordens de manutenção corretiva por tipo ação (Autor, 2011)

Podemos observar que o trabalho dos técnicos é concentrado em operações de ajustes, reinicialização e calibração, que juntas correspondem a 64% das intervenções, sendo o grupo mais importante. Substituições e reformas de peças somam 24% e atividades como limpeza, desbloqueio e lubrificação correspondem a 12% das tarefas. A primeira informação que pode ser extraída é que apenas um quarto dos problemas é relacionado a falhas em componentes.

5.5 Seleção dos subsistemas críticos

O próximo passo foi o de identificar os subsistemas com maiores complicações, que atuam como gargalos no desempenho do processo (**Figura 10**). Essa classificação foi realizada considerando o MTTF e o MTBF de cada subsistema.

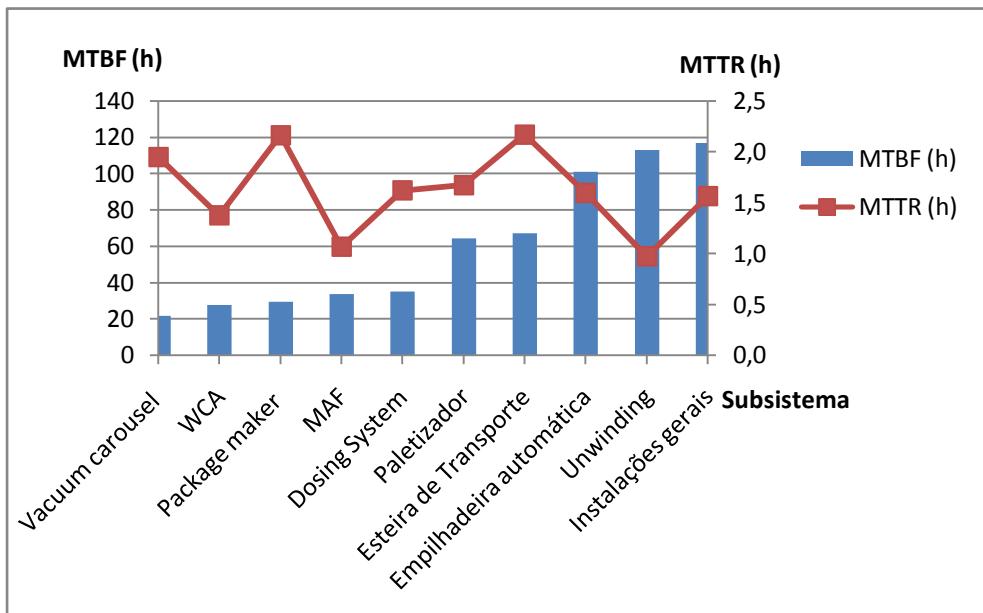


Figura 10 – Análise da criticidade dos subsistemas do processo de embalagem a vácuo através da comparação dos respectivos índices MTBF e MTTR (autor, 2011)

Em uma primeira análise, observa-se que o subsistema “Vacuum Carousel” é o que enfrenta maiores problemas. Com um MTBF de 22 horas e um MTTR igual a 1,9 horas, esse é o subsistema com maior freqüência de falhas e o terceiro pior em termos de tempo de reparo. Esses dois parâmetros fornecem uma boa indicação da confiabilidade e da complexidade de reparo de cada subsistema.

Porém, em alguns casos, a priorização da criticidade de alguns subsistemas se torna complexa porque cada um desses índices pode apontar em um sentido diferente. Por exemplo, o “Paletizador” apresenta um MTBF (64h) pior que o do “Transporte” (75h). Mas quando analisados em termos de MTTR, o “Paletizador” (1,7h) é menos crítico que o “Transporte” (2,2 h).

Visando esse aparente impasse, a priorização dos subsistemas foi feita considerado o parâmetro “Disponibilidade”. Relembrando, a “Disponibilidade” pode ser definida como:

$$\text{Disponibilidade} = \frac{MTBF - MTTR}{MTBF}$$

Como pode ser observada, a “Disponibilidade” sintetiza ambas as medidas em um único indicador. Então, calculando a “Disponibilidade” para cada subsistema e classificando como mais críticos aqueles com menor desempenho obtemos o resultado apresentado na **Tabela 2**.

Classificação	Subsistema	Disponibilidade
1°	Vacuum carousel	91,11%
2°	Package maker	92,65%
3°	WCA	95,07%
4°	Dosing System	95,38%
5°	MAF	96,69%
6°	Esteira de transporte	97,11%
7°	Paletizador	97,41%
8°	Empilhadeira automática	98,42%
9°	Instalações gerais	98,66%
10°	Unwinding	99,14%

Tabela 2 – Classificação dos subsistemas em termos de disponibilidade (Autor, 2011)

5.6 Priorização dos modos de falha

Após identificar os subsistemas críticos, o próximo passo foi investigar quais são as falhas que ocorrem tipicamente nesses equipamentos. A partir daqui, a análise concentra-se nos cinco subsistemas de maior criticidade que juntos correspondem a 80% das ordens de manutenção corretiva nas seis linhas de embalagem em estudo.

A ferramenta criada para analisar essas falhas foi uma adaptação da Failure Mode and Criticality Analysis (FMECA), detalhadamente descrita por STAMATIS, 2003. Para cada subsistema, foram identificados os modos de falha, a causa das falhas e o componente afetado, informações resumidas na **Tabela 3**.

Subsistema	Modo de Falha	Causa	Componente
Vacuum carousel	<i>Vácuo inadequado</i>	Sujeira	Filtro
		Descalibrada	Bomba de vácuo
	<i>Canais na solda de topo da embalagem</i>	Desgaste, rompimento, baixa temperatura	Barra de solda
	<i>Pacote emperrado</i>	Desajuste	Guia
	<i>Canais na solda longitudinal ou de base</i>	Desgaste, rompimento, baixa temperatura	Barra de solda
Package maker			
<i>Formato pacote inadequado</i>	Parâmetros inadequados	Comando central	
	Lâmina sem corte	Guilhotina principal	
<i>Filme plástico perde o passo</i>		Sensores	
WCA	<i>Caracteres ilegíveis ou mal posicionados</i>	Sujeira	Sensores, impressora
		Parâmetros inadequados	Impressora
	<i>Pacote perfurado</i>	Desajuste	Guia

	<i>Solda formato múltiplo inadequada</i>	Desgaste, rompimento	Teflon da barra de solda
	<i>Desenho da embalagem desalinhado</i>	Desajuste	Guia
Dosing System	<i>Quantidade errada de café</i>	Desajuste Sujeira, dano	Alimentador Sensor
	<i>Fardo desagrupado</i>	Parâmetros inadequados	Sistema de checagem de peso
MAF	<i>Pacote/fardo perfurado</i>	Desgaste, rompimento, baixa temperatura	Barra de solda

Tabela 3 – Falhas recorrentes nos cinco subsistemas classificados como críticos, suas causas e componentes onde ocorrem (autor, 2011)

A partir da análise dos problemas identificados, podemos verificar que a maior parte dos problemas está relacionada aos quatro diversos tipos de solda térmica distribuídos ao longo do processo de embalagem. Outras importantes categorias são: desajustes de guias, configurações de parâmetros e sensores.

Feito isso, partimos para a priorização das falhas, que foi realizado utilizando-se o Risk Priority Number (RPN) para cada modo de falha. O RPN é obtido através da multiplicação de três parâmetros: Severidade, Ocorrência e Detecção.

Aqui, o MTBF será utilizado como indicador da ocorrência e o MTTR como medida da severidade. Essa é uma interpretação particular da ferramenta FMECA, que também considera impactos em segurança e meio ambiente no item severidade (STAMATIS, 2003). Essa adaptação foi realizada considerando que o presente estudo é focado no aumento da disponibilidade dos equipamentos. A companhia também possui diversos projetos integrados para o aumento de índices relacionados à saúde, segurança e meio ambiente.

Após serem calculados, MTTR e do MTBF foram convertidos para uma base dez de números inteiros. A conversão foi realizada utilizando-se uma escala que permite a classificação dos dados observados. Foi então definido que o valor de MTTR igual a 0,5 horas corresponde a uma severidade igual a 1, e um valor de MTTR igual a 4 horas corresponde a um índice de severidade igual a 10. Valores intermediários são obtidos por transformação linear e arredondamento simples. Por exemplo, o modo de falha “*Canais na solda de topo da embalagem*” apresentou MTTR igual a 2,2 horas. Então a severidade é calculada como:

$$\begin{aligned}
 \text{Severidade} &= 1 + \left(\frac{\text{MTTR} - 0.5}{4 - 0.5} \right) * 9 \\
 &= 1 + \left(\frac{2.2 - 0.5}{4 - 0.5} \right) * 9 \\
 &= 5.37 \cong 5
 \end{aligned}$$

Um procedimento similar foi adotado para o índice de Ocorrência. Aqui, o MTBF igual a 280 horas corresponde a um valor de Ocorrência igual a 1, e um MTBF igual a 35 horas equivale a uma pontuação de Ocorrência igual a 10. A seguir, o cálculo do fator Ocorrência para o modo de falha “*vácuo inadequado*” (MTBF = 73h) é ilustrado:

$$\begin{aligned}
 \text{Severity} &= 10 - \left(\frac{\text{MTBF} - 35}{280 - 35} \right) * 9 \\
 &= 10 - \left(\frac{73 - 35}{280 - 35} \right) * 9 \\
 &= 8.6 \cong 9
 \end{aligned}$$

Para o fator Detecção, a avaliação foi realizada com a ajuda dos líderes de turno da equipe de manutenção, sendo baseada em suas experiências. Os resultados são apresentados detalhadamente na **Tabela 4**.

Modo de Falha	MTTR (h)	MTBF (h)	Severidade	Ocorrência	Detecção	RPN	Ranking
<i>Canais na solda longitudinal ou de base</i>	3,3	123,4	8	7	10	560	1
<i>Canais na solda de topo da embalagem</i>	2,2	42,1	5	10	8	400	2
<i>Vácuo inadequado</i>	1,6	73	4	9	7	252	3
<i>Formato pacote inadequado</i>	1,9	40,7	5	10	4	200	4
<i>Quantidade errada de café</i>	1,6	38,5	4	10	3	120	5
<i>Pacote emperrado</i>	1,9	40,7	5	10	2	100	6
<i>Desenho da embalagem desalinhado</i>	0,8	102,2	2	8	6	96	7
<i>Solda formato múltiplo inadequada</i>	1,3	55,9	3	9	3	81	8
<i>Fardo desagrupado</i>	1,1	188,3	3	4	6	72	9
<i>Caracteres ilegíveis ou mal posicionados</i>	1,8	255,6	4	2	4	32	10
<i>Pacote/fardo perfurado</i>	0,8	137,6	2	6	2	24	11
<i>Pacote perfurado</i>	0,5	143,1	1	6	1	6	12

Tabela 4 – Classificação dos modos de falha (Autor, 2011)

Apesar de o RPN ser um índice amplamente utilizado (STAMATIS, 2003) na priorização de modos de falha, algumas vezes ele pode levar a uma concepção errônea da realidade. Primeiramente, por envolver a multiplicação de diferentes fatores de risco sem levar em consideração a importância relativa entre eles. Outro problema é que pequenas variações na avaliação de cada fator pode gerar grandes impactos no valor final do RPN. Visando minimizar este problema, propusemos a apresentação dos fatores Severidade, Ocorrência e Detecção em gráficos do estilo radar e bolha, que permite a visualização de cada dimensão separadamente.

Na **Figura 11**, podemos ver dois gráficos representando resultados da análise FMECA. O gráfico da esquerda é um gráfico bolha enquanto que o da direita é conhecido como gráfico radar. No gráfico bolha, a Severidade é representada pela dimensão da bolha e seu valor é representado pela etiqueta localizada no centro de cada bolha. Neste gráfico, quanto mais para cima e mais para a direita a localização da bolha, maior é a criticidade do modo de falha representado.

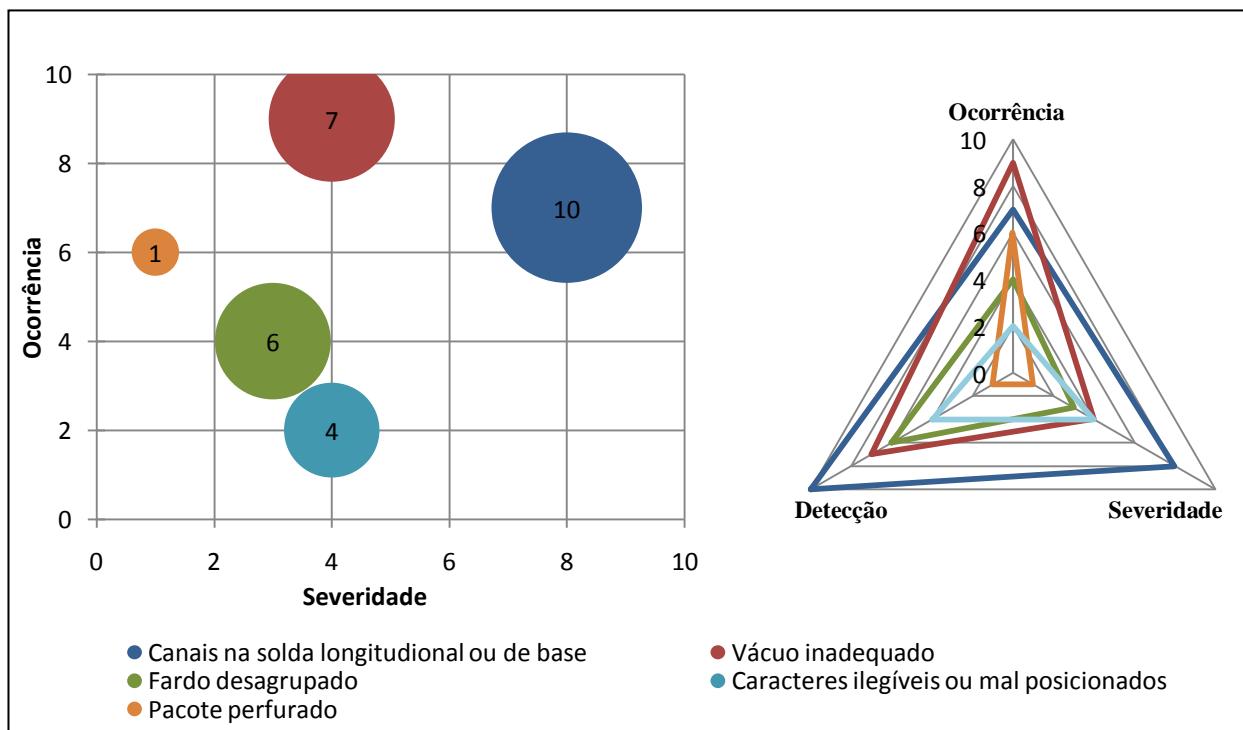


Figura 11 – Representação gráfica da análise FMECA (Autor, 2011)

Na apresentação em modelo radar, os resultados são amostrados com o auxílio de três eixos. A ocorrência é representada pelo eixo vertical, a detecção pelo eixo da esquerda e a severidade pelo eixo da direita. Neste gráfico, quanto maior a área do triângulo, maior a criticidade do modo de falha representado. O gráfico radar também permite a comparação de cada componente do RPN (Por exemplo, enquanto em termos de detecção o modo de falha “*Canais na solda longitudinal ou de base*” tem pior desempenho do que “*Vácuo inadequado*”, em termos de ocorrência o contrário é verdadeiro.

5.7 Escolha da política de manutenção

A etapa final é decidir qual é a melhor estratégia a ser adotada em relação a cada modo de falha. O objetivo é o de estabelecer a melhor política de manutenção na tentativa de reduzir os impactos em termos de severidade, ocorrência e detecção para cada modo de falha, levando em consideração tanto aspectos técnicos como as restrições de custos. Para auxiliar esse processo, foi criado o seguinte diagrama de tomada de decisão, ilustrado na **Figura 12**.

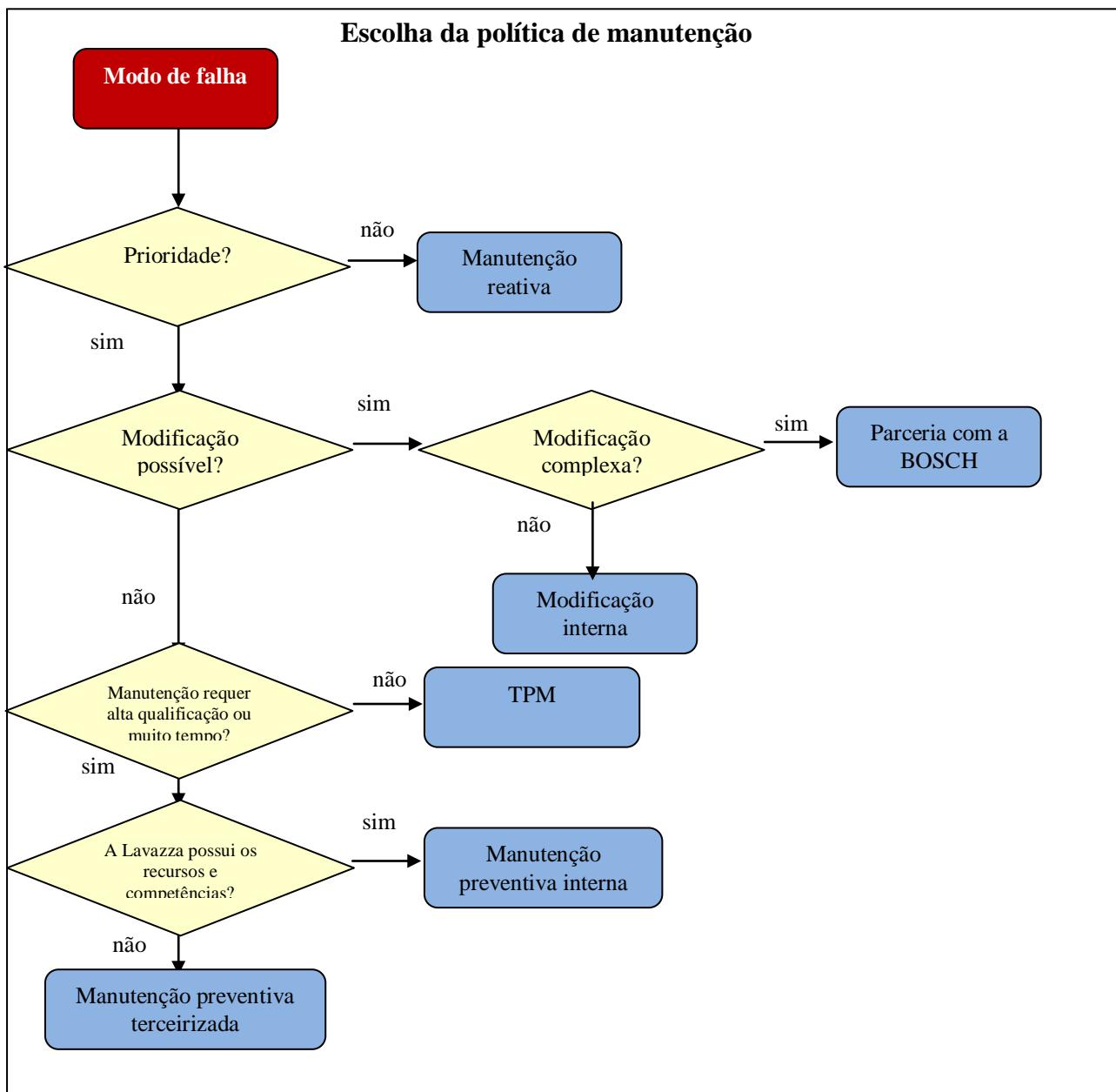


Figura 12 - Fluxograma representando o processo de decisão na escolha da política de manutenção (Autor, 2011)

Em uma primeira impressão, a ferramenta de apoio a decisão mostrada na **Figura 12** pode parecer um instrumento muito superficial, mas na prática ele possibilitou a criação de uma linguagem comum para as discussões em relação aos critérios e as diferentes estratégias possíveis de serem adotadas. A primeira reunião de discussão dos resultados obtidos dessa investigação foi concluída com a adoção de uma política de manutenção para cada um dos componentes estudados. Um sumário dessas decisões é apresentado na **Tabela 5**.

Componente	Prioridade	Modificação possível	Complexa	Alto nível de qualificação	Compet. e recursos	Conclusão
Filtro	sim	não	-	não	-	TPM
Bombas de vácuo	sim	não	-	sim	sim	Preventiva Interna
Barras de solda de topo	sim	não	-	não	-	TPM
Guia do Vacuum Carousel	sim	não	-	sim	sim	Preventiva Interna
Barras de solda long./ base	sim	não	-	não	-	TPM
Comando Central	sim	não	-	não	-	TPM
Sensor de filme plástico	sim	não	-	sim	sim	Preventiva Interna
Guilhotina Principal	sim	não	-	não	-	TPM
Sensores Impressão	sim	não	-	não	-	TPM
Impressora	sim	não	-	sim	não	Preventiva terceirizada
Guias pacote WCA	não	-	-	-	-	Manutenção reativa
Teflon	sim	sim	não	sim	sim	Modificação Interna
Guias filme plástico WCA	sim	não	-	sim		Manutenção reativa
Alimentador	sim	sim	sim	sim	não	Parceria Bosch
Sensores de alimentação	sim	não	-	não	-	TPM
Balanças	sim	não	-	sim	não	Manutenção terceirizada
Barras MAF	não	-	-	-	-	Manutenção reativa
Guias MAF	não	-	-	-	-	Manutenção reativa

Tabela 5 – Resultado da análise de política de manutenção (Autor, 2011)

5.8 Relatórios

Após o período de testes, o software passou a ser utilizada na gestão da manutenção corretiva de todos os equipamentos presentes na planta. Visando a padronização da análise dos dados e uma melhoria contínua das estratégias de manutenção, dois relatórios semanais foram criados para monitorar as atividades de manutenção corretiva. Esses relatórios são gerados com o auxílio de planilhas automatizadas utilizando o Microsoft Excel e funções da linguagem VBA. Eles são gerados em aproximadamente 20 segundos, cabendo ao usuário selecionar informar apenas a semana de interesse.

O primeiro relatório é visto principalmente com uma ferramenta administrativa e apresenta informações sobre o número de ordens de manutenção corretiva, o MTTR geral, o tempo total de parada, a divisão das ações corretivas entre eventos de caráter mecânico e elétrico, a distribuição dos eventos por linha de produção e por tipo de subsistema (**Anexo A**).

Uma parte do relatório administrativo é apresentada na **Figura 13**. Nesse gráfico, as linhas de produção são identificadas pelos seus números de identificação no eixo horizontal, sendo agrupadas pelo tipo de produto final (Latas, cápsulas e sachês, pacotes de 250g, pacotes de 1 kg, na seqüência da esquerda para a direita). A altura das barras representa o número de reparos executados em cada linha de embalagem na semana em questão, e seu valor é representado no eixo da esquerda. As seções vermelhas das barras representam a proporção de eventos mecânicos enquanto as seções azuis são relacionadas aos reparos elétricos. As horas de produção são representadas pelos pontos verdes, e seus valores podem ser lidos no eixo vertical da direita.

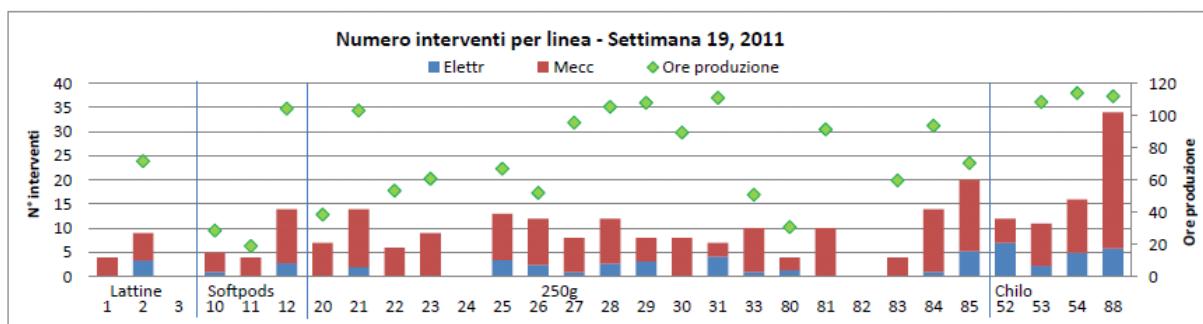


Figura 3 – Trecho do relatório de gestão da manutenção (Autor, 2011)

O outro relatório possui caráter técnico. Ele apresenta semanalmente os cinco modos de falha mais freqüentes para cada linha de produção (**Anexo B**). As linhas são classificadas

considerando os respectivos valores de MT BF. Um extrato do relatório técnico para referente à vigésima segunda semana de 2011 é apresentado na **Figura 14**. Neste exemplo, observa-se que o MTBF da linha de produção 54 é igual a 6,37 h (célula no topo, na direita da tabela), conferindo a segunda posição na classificação das linhas com o maior número de falhas no período, na categoria “embalagens de 1 kg” (célula no topo, à esquerda da tabela).

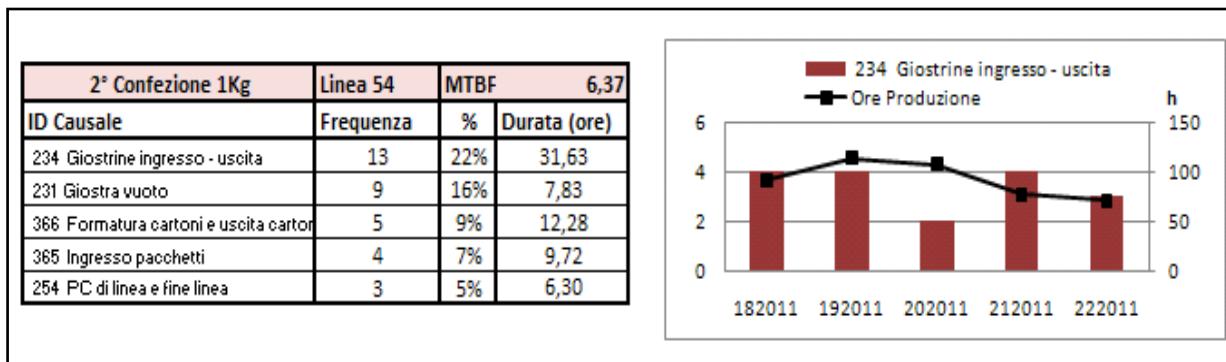


Figura 44 – Trecho do relatório técnico (Autor, 2011)

Para cada um dos cinco mais freqüentes modos de falha, é apresentado o número de ocorrências (coluna “Frequenza”), a porcentagem que esse valor representa em relação ao número total de ocorrências para as últimas cinco semanas e o total de tempo de reparo. Para o modo mais freqüente, é apresentado um gráfico com a freqüência absoluta (barras vermelhas, com valores no eixo da esquerda) e as horas de produção dessa linha (linha negra, valores lidos no eixo da direita). No eixo horizontal são indicadas as semanas, no formato semana/ano (por exemplo, 222011 representa a 22º semana de 2011)

5.9 Programa de formação de operadores multifuncionais

A partir da observação de que ajustes (64%) e ações simples como lubrificação e limpeza (12%) compreendem a maioria das ações corretivas, conclui-se que grande parte dessas ações não requer grande qualificação e poderiam ser realizadas pelos próprios operadores.

Os operadores, até o início da implantação das melhorias aqui descritas, eram orientados segundo próprio depoimento de um dos trabalhadores, “*em caso de qualquer problema, avisar o pessoal de manutenção e esperar, de preferência o mais distante possível do equipamento, para não causar distúrbio ao trabalho dos técnicos*”. Deste modo, mesmo após trabalhar durante muitos anos com estes equipamentos, alguns dos operários não conheciam princípios básicos do funcionamento das máquinas.

Uma manutenção autônoma requer operadores motivados e treinados, capazes de realizar de forma crítica a manutenção dos equipamentos com os quais trabalham (MCCARTHY, WILLMOTT, 2001). Alinhado com esse conceito, foi criado um programa de treinamento para operadores com o objetivo de qualificá-los a manterem seus equipamentos sem problemas e em caso de condições anormais de operação, modos de reconhecê-las e de intervir proativamente.

Neste programa piloto, doze operários voluntários foram instruídos em conceitos de segurança em manutenção, execução de inspeções, limpeza, reparos simples, checagens de precisão, focadas principalmente nos modos de falha identificados na análise FMECA apresentada neste capítulo.

As seções de treinamento possuem uma duração de 1,5 horas, divididas entre trinta minutos de explicação teórica e uma hora de atividades práticas. Estas seções ocorrem semanalmente e as aulas são ministradas pelo técnico sênior, com o suporte do engenheiro da Bosch e do estagiário em engenharia. Essa equipe também é responsável pela criação de Standard Operating Procedures (SOP), documentos com as etapas detalhadas de cada atividade de manutenção. O resultado foi a criação de uma biblioteca de referência tanto para os operadores multifuncionais quanto para os demais técnicos.

O programa visa prover os operários com os conhecimentos e competências necessárias para a preservação das condições normais de operação tanto quanto possível. Eles também são instruídos das limitações de suas atribuições e a respeito do reconhecimento de condições que ditem o envolvimento dos técnicos nos reparos e ajustes.

Além disso, foi introduzida uma ficha para os doze operários do programa piloto na qual são registrados os níveis de competência de cada operador multifuncional nas diversas atividades na qual esses são treinados. Para cada atividade, o trabalhador pode ser classificado como, “não-treinado”, “em treinamento”, “competente”, “instrutor”. A expectativa é de que todos possuam fichas semelhantes e com o tempo as promoções, entre outros fatores, levem em consideração essas competências.

A manutenção das barras de soldagem térmica foi escolhida como a primeira atividade a ser realizada pelos operadores multifuncionais no programa piloto. Já estão programados

treinamentos na área de identificação, limpeza, diagnose e substituição de sensores e testes e lubrificação da guilhotina principal.

Barras de soldagem

A partir dos resultados da análise FMECA, identificamos os modos de falha “*Canais na solda longitudinal ou de base*” e “*Canais na solda de topo da embalagem*” como sendo os de maior criticidade. Ambos estão relacionados aos processos de soldagem térmica distribuídos ao longo da linha de embalagem, já que como explicado anteriormente, os pacotes são formados a partir de bobinas de filme plástico através de três soldas térmicas. Em cada posição de solda, as bordas do filme plástico são unidas após serem posicionadas e pressionadas entre as barras de soldagem aquecidas, fechando-as como uma pinça (**Figura 15**).

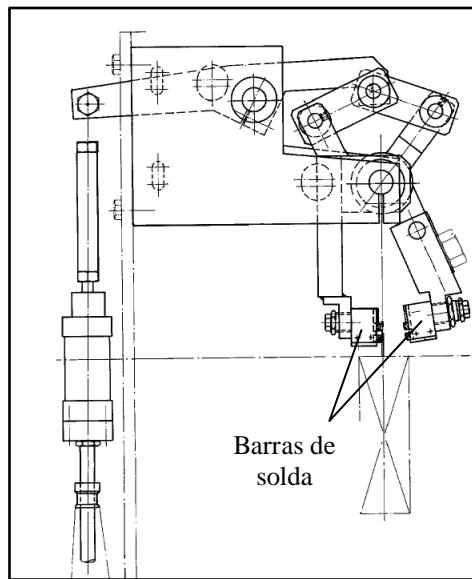


Figure 15 – Esquema do sistema de solda térmica (empresa Bosch, 2011)

Neste processo, apenas uma das barras é aquecida. A outra é coberta por uma camada de borracha. A função dessa camada é assegurar a adesão perfeita entre os filmes plásticos e a barra aquecida. Devido à alta temperatura de operação, essa borracha tende a cristalizar-se e deteriorar-se, resultando em uma soldagem incompleta. É necessário realizar a substituição da borracha tão logo ela perca seu perfil linear perfeito.

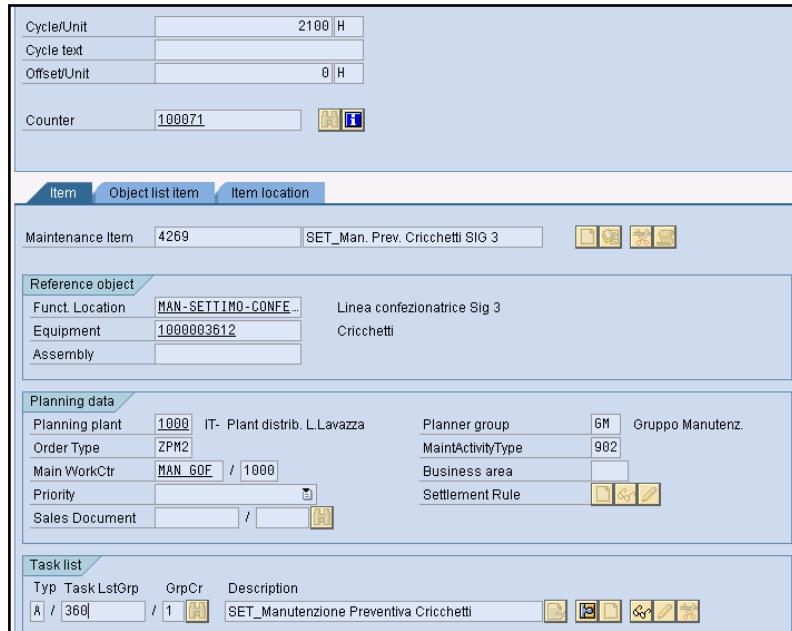
Baseada na política de manutenção escolhida com a ajuda do fluxograma da **Figura 12** decidiu-se pela adoção de uma estratégia TPM para a manutenção das barras de solda. Isso

significa que a inspeção desse item e eventuais substituições passam a ser realizadas pelos próprios operadores multifuncionais. Além do treinamento recebido, os operadores podem consultar o procedimento detalhado da SOP apresentada no **Anexo C**. Com isso, espera-se a observação da redução tanto no número de ocorrências quanto no tempo de reparo relacionado a esse problema. Além disso, com atividades simples realizando tarefas simples como essas, espera-se que os técnicos possam concentrar seus esforços em manutenções preventivas e atividades de inspeção e corretivas de maior complexidade.

6. PLANOS E PROCEDIMENTOS DE MANUTENÇÃO

A análise dos principais modos de falha nos possibilitou a identificação de um grande número de eventos que poderiam ser evitados por meio de atividades preventivas. Mais do que isso, foi identificado como uma melhoria chave na organização da manutenção a criação de planos e procedimentos para manutenção preventiva interna e também para a manutenção provida por subcontratadas. Essa documentação permite um melhor controle sobre as condições dos equipamentos, um melhor planejamento da força de trabalho e contribuirá para o objetivo da companhia de alcançar uma abordagem mais pró-ativa em sua estratégia de manutenção.

A ferramenta primária neste item será o já presente, mas até então, pouco utilizado CMMS da companhia (**Figura 16**). A empresa fez um investimento significativo na aquisição do sistema e o diretor industrial considera importante uma maior utilização do mesmo, e por isso atendeu a sugestão da realização de um treinamento sobre o CMMS para os líderes de turno e para o técnico sênior.



The screenshot displays the SAP CMMS interface for creating a maintenance plan. The main window is divided into several sections:

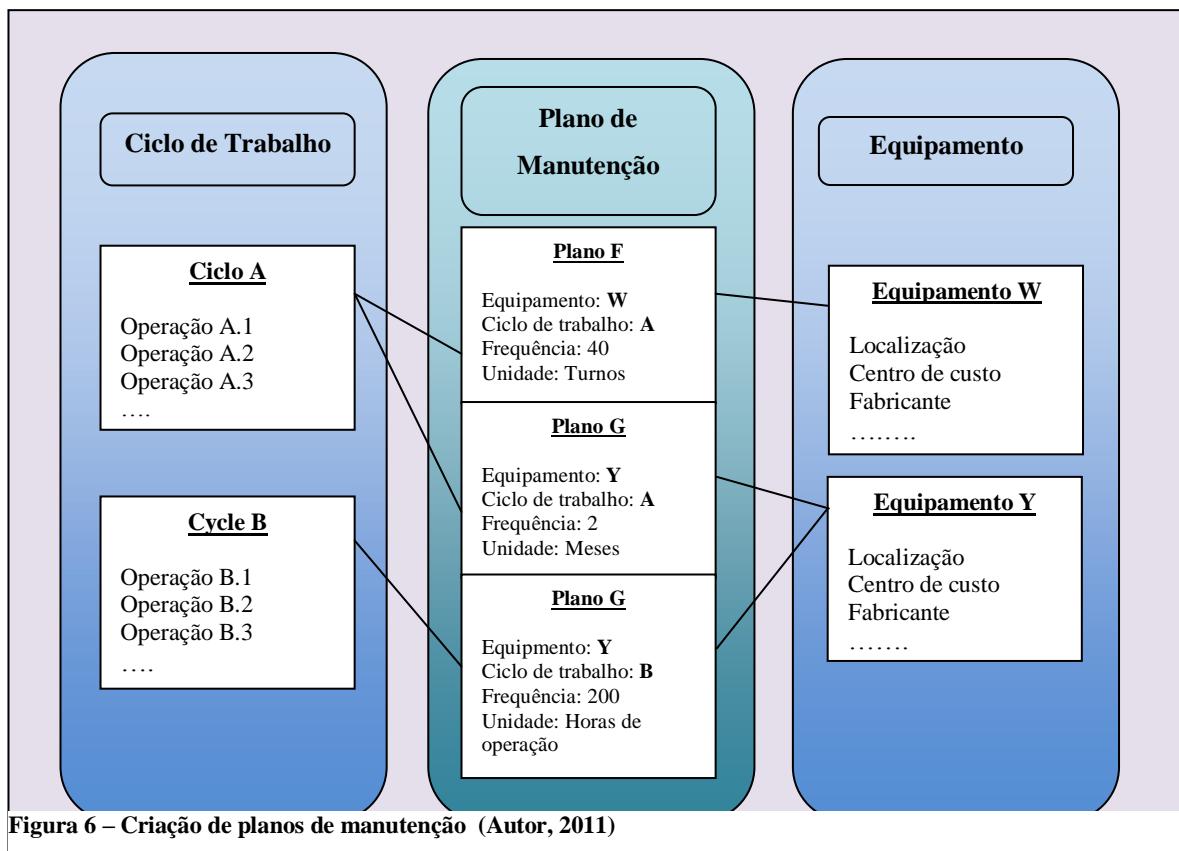
- Header:** Contains fields for Cycle/Unit (2100 H), Cycle text, and Offset/Unit (0 H). Below these is a Counter field (100071) with a dropdown menu.
- Maintenance Item:** Shows the item number (4269) and description (SET_Man. Prev. Cricchetti SIG 3) with associated icons.
- Reference object:** Lists the functional location (MAN-SETTIMO-CONFE...), equipment (1000003612), and assembly (Cricchetti).
- Planning data:** Includes planning plant (1000, IT- Plant distrib. L.Lavazza), order type (ZPM2), main work center (MAN_GOF / 1000), priority, sales document, planner group (6M, Gruppo Manutenz.), maintenance activity type (902), business area, and settlement rule.
- Task list:** Shows a task entry for Type (A / 360), Task LstGrp (1), and Description (SET_Manutenzione Preventiva Cricchetti) with a list of icons for task management.

Figura 56 – Criação de planos de manutenção no CMMS da companhia (empresa SAP, 2011)

6.1 Criação de planos de manutenção

Após identificar os componentes para a qual serão adotadas as estratégias de manutenção preventiva interna ou terceirizada, o primeiro passo é a criação de um procedimento detalhado da realização da tarefa, a qual daremos o nome de “ciclo de trabalho”. Também é incluída nessa descrição uma estimativa de esforço e de utilização de materiais.

Em seguida, ao associar um “ciclo de trabalho” a um determinado “equipamento” damos origem a um “plano de manutenção” (**Figura 17**). Um mesmo “ciclo de trabalho” pode ser associado a diversos “equipamentos”, o que facilita imensamente a criação dos planos de manutenção.



Os planos de manutenção também incluem informações como a identificação do técnico ou da empresa subcontratada responsável por sua realização, a freqüência de realização e sua unidade de medida (meses, turnos, toneladas produzidas, horas de operação), a primeira data de execução.

Após a criação dos planos de manutenção, o CMMS cria periodicamente ordens de manutenção que são enviadas por e-mail aos líderes dos turnos 15 dias antes da data de sua realização. Os líderes de turno então imprimem as ordens, nomeando um técnico como responsável por aquela atividade. Baseada na lista de materiais, o sistema cria automaticamente um alerta de previsão de uso de material no ERP da companhia.

No período entre março e maio de 2011, foram criados e lançados 67 novos planos de manutenção. Um exemplo de ordem de manutenção planejada para a limpeza do “Vacuum Carrousel” é apresentado no **Anexo D**.

6.2 Monitoramento da manutenção preventiva

Os registros das manutenções preventivas arquivados no CMMS permitem um fácil monitoramento dos trabalhos realizados em comparação aos trabalhos planejados. Visando um melhor controle da efetiva execução das ordens de manutenção preventiva, foram criados os seguintes indicadores:

$$Turnover = \frac{\text{Número de ordens executadas no período}}{\text{Número de ordens criadas no período}}$$

$$Acúmulo = \frac{\text{Número de ordens abertas no sistema}}{\text{Número de ordens executadas no período}}$$

Estes dois indicadores são apresentados em um relatório semanal gerado com o auxílio de planilhas automatizadas utilizando o Microsoft Excel. Neste relatório também estão presentes informações como o número de ordens criadas e o número de ordens executadas nas últimas seis semanas, o tempo médio para conclusão de uma ordem no mês corrente e o número de ordens executadas distribuídas por departamento (**Anexo E**).

Settimana 20, 2011		Maggio 2011	
(16/05/2011 - 22/05/2011)			
Ordini aperti	8	Ordini aperti	53
Ordini chiusi	3	Ordini chiusi	55
Ordini in elab.	25	Chiusura medio [g]	17,8
Turnover	38%	Turnover	104%
Accumulo [sett.]	8,3	Accumulo [mesi]	0,5

Figura 7 – Extrato do relatório de manutenção preventiva (Autor, 2011)

A **Figura 18** apresenta um trecho do relatório de manutenção preventiva. Nas tabelas, encontramos os principais indicadores referentes à semana e ao acumulado no mês. Para a vigésima semana de 2001, oito novas ordens de manutenção preventiva foram criadas, três ordens foram executadas, a ao final da semana, vinte e cinco ordens continuavam abertas. Assim, o turnover para essa semana foi:

$$\text{Turnover} = \frac{3}{8} = 38\%$$

Um resultado menor que 100% neste indicador indicamos que a companhia realizou menos atividades de manutenção preventiva do que estava previsto. Isso também é confirmado pelo indicador acúmulo:

$$\text{Acúmulo} = \frac{25}{3} = 8,3 \text{ semanas}$$

O resultado do acúmulo, igual 8,3 semanas indica que ao ritmo de trabalho verificado na semana de análise, as ordens acumuladas equivalem a aproximadamente 8 semanas de trabalho.

Felizmente, quando observamos os mesmos indicadores para o período mensal a situação é um melhor desempenho. O número de ordens executadas é maior que o número de ordens criadas (Turnover é igual a 104%) e o acúmulo equivale a 15 dias. Podemos compreender de forma melhor essa diferença entre os desempenhos mensal e semanal com a ajuda do gráfico de barras também presente no relatório de manutenção preventiva (**Figura 89**).

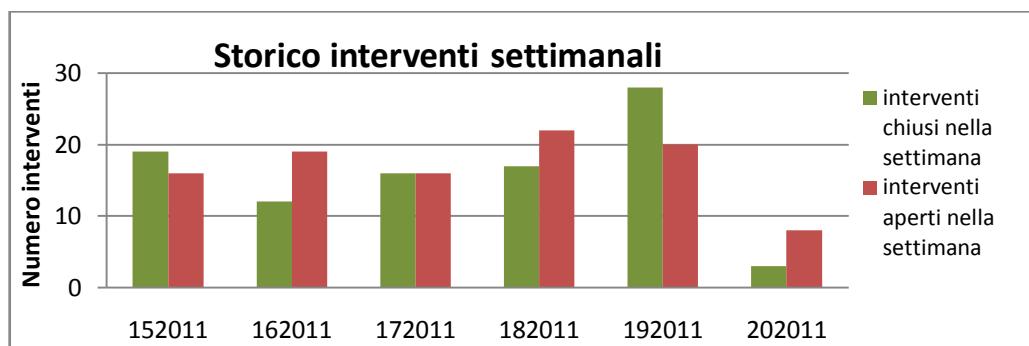


Figura 89 – Comparação entre o número de ordens criadas e executadas (Autor, 2011)

Neste gráfico, o eixo horizontal indica a semana de referência no formato semana/ano (isto é, 202011 representa a vigésima semana de 2011). O número de ordens executadas é representado pelas barras na cor verde enquanto que o número de ordens criadas é representado pelas barras vermelhas. Podemos observar que apesar do baixo desempenho na semana 20, o equilíbrio no mês foi garantido pelo grande volume de ordens fechadas na semana 19.

O primeiro resultado da implementação das ações descritas neste capítulo foi a observação de uma diminuição gradual na quantidade de ações corretivas nas seis linhas piloto observadas a partir da décima quarta semana de 2011 (**Figura 20**). Na semana 19, podemos identificar um grande aumento no número de eventos corretivos, possivelmente pela ineficácia na execução da manutenção planejada para a semana precedente. A reação foi uma intensiva realização de manutenção preventiva que resultou em um impacto positivo no período subsequente.

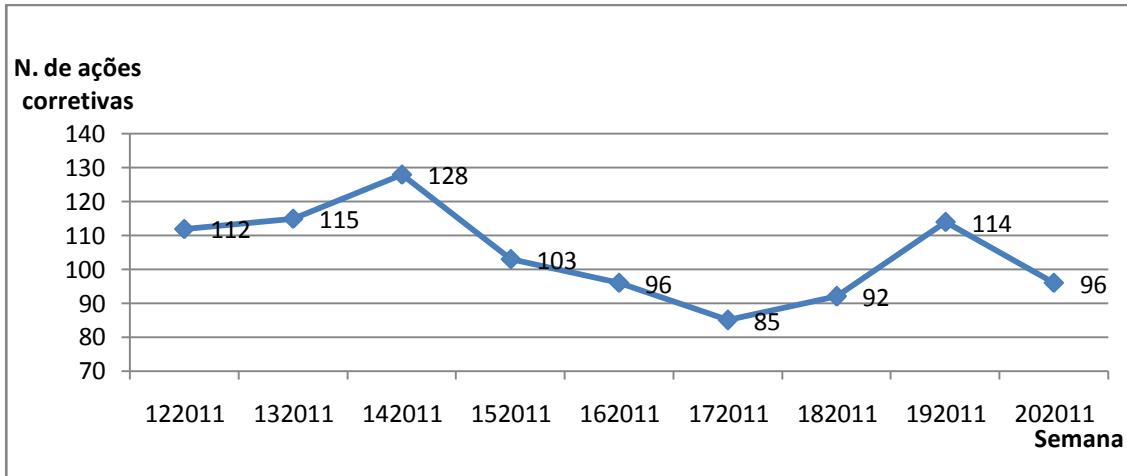


Figura 20 – Evolução do número de ações corretivas nas seis linhas de embalagem a vácuo em estudo (Autor, 2011)

Estes resultados mostram que as ferramentas e métodos sugeridos ajudaram a companhia no aperfeiçoamento de seu processo de identificação, planejamento, programação, execução e monitoramento de manutenção preventiva.

Após a identificação dos principais modos de falha e do aperfeiçoamento dos processos de manutenção corretiva e preventiva, a companhia ainda enfrentava um desafio no aumento da disponibilidade das linhas de produção: a falta de peças de reposição. Uma breve investigação da área é apresentada no próximo capítulo.

7. GESTÃO DO ESTOQUE DE PEÇAS DE REPOSIÇÃO

Uma gestão adequada do estoque de peças de reposição é um elemento crucial na construção de um sistema de manutenção eficaz. Baixa disponibilidade de peças pode acarretar maiores períodos de reparo e equipamentos parados.

É consenso entre os profissionais da manutenção da Lavazza que a falta de peças de reposição estava contribuindo negativamente na disponibilidade do maquinário, porém não existia uma medida objetiva desse problema. Nesta análise, não buscamos a construção de um modelo definitivo de pedidos de peças de reposição, e sim a criação de um sistema de indicadores que ajudem a monitorar o desempenho da gestão do estoque de peças de reposição e também a sensibilização dos gestores em relação à adoção de uma política de compras baseada em análise dos dados de consumo.

A determinação de um nível ótimo de estoque de peças de reposição é um problema de complexa resolução. Enquanto a previsão de necessidade de material para as manutenções preventivas é relativamente simples, é o consumo relacionado às manutenções corretivas que complicam a questão. Freqüentemente, peças possuem uma demanda errática, sendo menor do que uma por ano em alguns casos, e com custos de falta extremamente elevados (LONARDO et al. 2008). Com o rápido avanço da tecnologia o número de diferentes itens estocados tem crescido exponencialmente, tornando previsões, decisões de armazenagem e políticas de compra para peças de reposição cada vez mais complicadas (WIREMAN, 2005). Isso pode levar a situações como a encontrada na fábrica da Lavazza, onde encontramos tanto um elevado nível de estoque de peças de posição como um grande número de eventos de falta e consequentemente, altos custos combinados a um baixo nível de serviço.

Um importante passo no aperfeiçoamento da gestão desse tipo de estoque é a tentativa de modelar as demandas de cada item. As peças podem falhar por uma variedade de razões, como desgaste natural, acidentes ou uso inadequado do equipamento. Podemos considerar desgastes naturais aqueles relacionados com a idade dos itens enquanto que nos demais casos os fatores são múltiplos e aleatórios. Itens com demandas mais elevadas podem ser modelados com a ajuda das distribuições de Laplace, gamma e normal. Entre as distribuições geralmente utilizadas na modelagem da demanda de itens de baixa rotatividade podemos citar Poisson, binomial, binomial negativa e beta (REGO & MESQUITA, 2011). Por fim, é aconselhável a utilização de um teste estatístico para checar a apropriação da utilização da distribuição.

7.1 Indicadores de gestão do estoque de peças de reposição

Dada a falta de medidas objetivas do desempenho da gestão do estoque de peças de reposição o primeiro passo foi a criação de indicadores que permitissem o acompanhamento da evolução da gestão ao longo do tempo. Entre os indicadores mais utilizados podemos citar a precisão das previsões, o giro do estoque, a taxa de obsolescência, número de faltas, tempo de atraso e nível de serviço (WIREMAN, 2005).

O giro igual a 6 anos encontrados no estoque de peças de reposição, aparentemente indicava um nível excessivo de estoque. Mais do que isso, representava um alerta para um problema de obsolescência. Para verificar essa possibilidade, calculamos o índice de inatividade:

$$\text{Índice de inatividade} = \frac{\text{itens inativos nos últimos dois anos}}{\text{total de itens}}$$

O resultado foi um índice de inatividade igual a 70%, o que deixou claro para os gestores o enorme problema de obsolescência e de custos de armazenamento desse material. Foram então apresentadas à companhia algumas alternativas, como a desmontagem de alguns desses itens para a utilização de suas peças ou a venda de parte desse material como sucata.

A análise dos 30% restantes também revelou alguns problemas. Apesar da constatação de que um número razoável de equipamentos estava inoperante por falta de peças de reposição, não havia uma medida concreta do nível de serviço do estoque. Assim, foi proposta a criação de um registro de eventos de falta e consequentemente um monitoramento do nível de serviço do estoque. Esse indicador foi definido como:

$$\text{Nível de serviço} = \frac{\text{Número de requisições de peças atendidos prontamente}}{\text{Número total de requisições}}$$

O valor encontrado do nível de serviço no mês de março de 2011 foi de 91%. De acordo com WIREMAN (2005), um valor de referência para esse indicador deve estar entre 95% e 97%.

Um desempenho abaixo de 95% irá ter um impacto negativo na disponibilidade de equipamentos e alguns casos podem levar a criação de estoques individuais nos departamentos de produção. Resultados acima de 97% sugerem o armazenamento excessivo de peças de reposição.

Atualmente, os pedidos de peças de reposição são reativos em sua maior parte ou baseados em quantidades mínimas impostadas no sistema ERP da companhia. Essas quantidades são determinadas baseadas na experiência do profissional encarregado da gestão do estoque, mas sem a utilização de ferramentas estatísticas ou análises numéricas baseados no consumo histórico. Devido ao baixo nível de serviço obtido por essa estratégia, um novo modelo baseado na análise do histórico de consumo foi proposto.

7.2 Análise ABC

Visando a criação de uma metodologia baseada em dados para a determinação do nível mínimo de estoque de peças de reposição e na tentativa de encontrar um meio potencial de reduzir os investimentos em estoques, analisamos o consumo de peças de reposição do período compreendido entre janeiro de 2009 e dezembro de 2010.

Focamos nossa análise nas partes associadas em seis linhas de produção (as mesmas citadas na seção 5.2 *Criação do código de falhas*). Análises preliminares dos dados revelaram que muitas partes não apresentaram movimentação no período observado. Outros itens não apresentavam dados sobre o valor de aquisição. Em ambos os casos, esses itens foram excluídos de nossas análises. Apesar de ser uma decisão arbitrária e da possibilidade de que esses itens possam ser associados a equipamentos chave, esse corte foi julgado apropriado para os fins desse estudo pelos gestores da empresa. O conjunto final de dados compreendia um conjunto de 2.357 linhas de itens a serem analisadas.

O próximo passo foi a categorização desses itens. Foi adotada a análise ABC. A análise ABC consiste em separar o estoque em três categorias de importância: A – importante, B – menos importante e C – sem importância. Essa categorização proporciona um ponto de partida para a determinação da atenção que deve ser dedicada aos diferentes tipos de peça.

Nem todos os itens são críticos para a confiabilidade das linhas. Existem alguns componentes cuja falha pode comprometer a disponibilidade de uma linha de produção inteira muito rapidamente. A falta de um item como esse representa um custo maior do que a falta de outros componentes. Dessa forma, esses itens foram classificados na categoria A.

Peças de reposição de fornecedores com grande tempo de entrega (maior que 15 dias) e preços elevados (maior que € 50,00) foram agrupadas na categoria B. Esses componentes, apesar de não serem tão críticos funcionalmente, requerem um longo tempo de reposição, o que afeta a posição de estoque. Os itens com tempo de entrega menor, não associado a equipamentos críticos e baratos foram atribuídos a categoria C. O número e a porcentagem de itens classificados em cada categoria são mostrados na **Figura 21**.

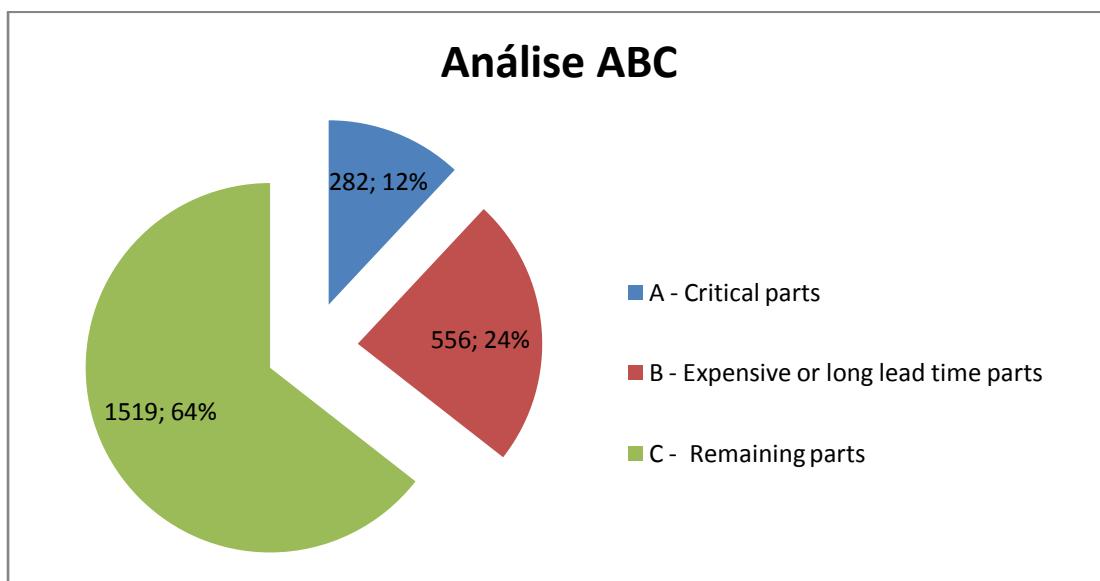


Figura 9 – Categorização do estoque de peças de reposição (Autor, 2011)

7.2 Modelagem da demanda

A distribuição normal foi proposta como primeiro modelo, decisão apoiado por referências como CROSTON (1972) e LONARDO et al. (2008). Dado que essa era a primeira vez que uma análise desse tipo era feita na empresa, a simplicidade e conhecimento da distribuição normal também foram consideradas importantes, porque isso possibilita o entendimento do modelo pelos gestores. Além disso, o histograma do consumo de muitos dos itens apresentavam uma distribuição aproximadamente normal.

Outro grupo de itens apresentava muitos meses com demanda igual a zero, com consumo esporádico. Aparentemente a distribuição Poisson apresentava uma melhor descrição do comportamento desses itens. Assim o modelo final foi de modelar o consumo mensal de peças de reposição com o auxílio da distribuição normal para os itens de alto giro e da distribuição de Poisson para os itens de consumo esporádico.

7.4 Teste de adequação da distribuição

7.4.1 Teste de normalidade

Inicialmente, testamos a normalidade da distribuição do consumo dos itens. Para esta finalidade, aplicamos o teste de Ryan-Joiner (similar ao Shapiro-Wilk), com o auxílio do software Minitab 16. Esse teste avalia a normalidade calculando a correlação entre os dados e a pontuação normal dos dados. Se o coeficiente de correlação é próximo de um, há indícios de que a população é normal. . O teste Ryan-Joiner avalia a força dessa correlação; se o teste cai abaixo do valor crítico apropriado, a hipótese nula de a população ser normal é rejeitada.

Por exemplo, analisemos a saída do software para o teste do item identificado pelo código de registro 70123072, do qual o consumo é apresentado na **Tabela 6**.

Ano	Mês											
	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
2009	2	1	0	5	1	0	0	5	1	0	4	2
2010	2	6	3	0	1	1	3	1	0	2	4	3

Tabela 6 – Dados de consumo do componente ID 70123072 (Autor, 2011)

Para realizar o teste no Minitab, utilizamos o menu *Stat > Basic Statistics > Normality Test*.

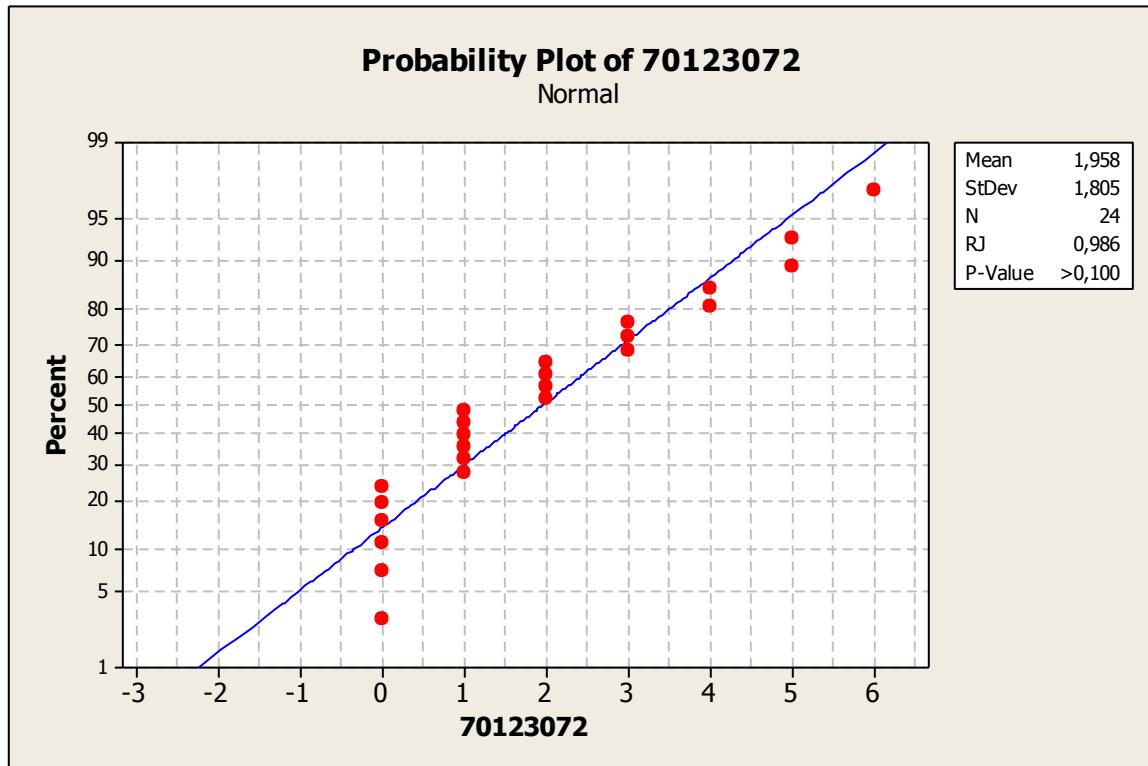


Figura 22 – Resultado gráfico do Minitab para o teste de normalidade (software Minitab, 2011)

O resultado do teste é apresentado na **Figura 22**. Testamos a hipótese H_0 : os dados seguem uma distribuição normal contra a hipótese H_1 : os dados não seguem uma distribuição normal. A escala do eixo vertical representa a escala vertical encontrada no papel de probabilidade normal. O eixo horizontal é uma escala linear. As retas representam uma estimativa da função de distribuição cumulativa da população analisada. Estimativas numéricas dos parâmetros da população, média e desvio padrão, o valor do teste normal, e o p-valor associado são apresentados na tabela no canto superior direito.

Neste exemplo, o p-valor do teste Ryan-Joiner indica que, a níveis de confiança menores que 10%, não há evidências de que os dados não seguem uma distribuição normal (não podemos rejeitar H_0).

7.4.2 Teste “Goodness-of-Fit” para a Poisson

Para os dados de consumo que não puderam ser modelados como sendo de uma distribuição normal, realizamos o teste “Goodness-of-Fit” para a Poisson. Como discutido previamente, muitos dos itens possuem demandas erráticas, sendo zero para a maior parte dos meses.

Assim, a distribuição Poisson apresenta-se como uma boa alternativa para descrever a demanda mensal desses materiais. É o caso, por exemplo, dos dados de consumo do componente de código de registro 70122015, apresentados na **Tabela 7**.

Ano	Mês											
	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
2009	0	0	0	4	1	0	0	0	0	0	3	0
2010	0	4	1	0	1	0	1	5	0	1	2	1

Tabela 7 – Dados de consumo do componente ID 70122015 (Autor, 2011)

O teste “Goodness-of-Fit” determina se o modelo estatístico se ajusta aos dados analisando a diferença entre os valores observados e seus valores esperados no modelo (**Figura 23**).

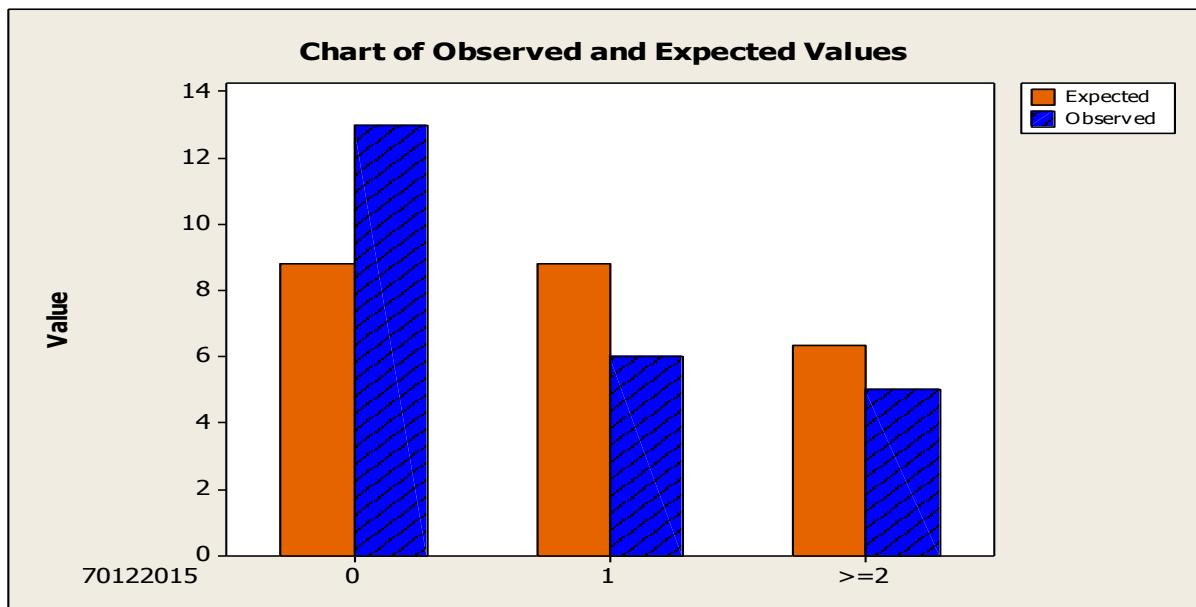


Figura 103 - Resultado gráfico do Minitab para o teste Goodness-of-Fit para Poisson (software Minitab, 2011)

Testa-se a hipótese H_0 : os dados seguem uma distribuição Poisson contra a hipótese H_1 : os dados não seguem uma distribuição Poisson. Para realizar o teste com o auxílio do software Minitab, seleciona-se o menu Stat > Basic Statistics > Goodness-of-Fit Test for Poisson. Os resultados numéricos do teste são apresentados a seguir:

Category	Observed	Probability	Expected	Contribution to Qui-Sq
0	13	0,367879	8,82911	1,97034
1	6	0,367879	8,82911	0,90653
≥ 2	5	0,264241	6,34179	0,28389
N N* DF qui-Sq P-Value				
24	0	1	3,16076	0,075

O Minitab calcula a contribuição de cada categoria para o valor de qui-square como o quadrado da diferença entre o valor observado e esperado para a categoria, dividido pelo valor esperado para a categoria. A maior a diferença entre os valores observado e esperado é da categoria com demanda igual a 0, logo esta é a categoria com a maior contribuição para a estatística qui-square. Porém, a contribuição não é suficiente para rejeitar a hipótese nula. Com um nível de confiança de 5%, o p-valor para o teste é 0,075. Dessa forma, pode-se concluir que não temos evidências suficientes para rejeitar a hipótese de que a distribuição da demanda do item 70122015 segue uma distribuição de Poisson.

7.5 Resultados

Cálculos semelhantes de normalidade e referentes à distribuição de Poisson foram realizados para os demais componentes com o auxílio de planilhas eletrônicas. Aproximadamente 40% das peças investigadas apresentaram uma distribuição adequadamente descrita por uma das duas distribuições. O modelo proposto está restrito a esses componentes. O objetivo é de que após a validação do modelo simplificado, os componentes restantes possam ser submetidos a uma análise mais profunda e modelos mais sofisticados podem ser construídos.

Como uma restrição na determinação da quantidade mínima a ser estocada para essas peças, assumimos que o nível de serviço deve ser maximizado, sem que haja um incremento no capital empregado. Deste modo, houve a tentativa de demonstrar que o nível de serviço poderia ser melhorado, com o mesmo nível de investimento, apenas reduzindo o estoque excessivo de alguns itens e reinvestindo esse montante no estoque de componentes críticos.

Dessa forma, com o objetivo de atingir um determinado nível de serviço para cada categoria julgado conveniente pelos gestores, o seguinte modelo foi proposto, sendo Q a quantidade mínima a ser estocada:

Categoria A

- Se normal, $Q = \text{média} + 3 * \text{desvios padrões}$
- Se Poisson, $Q = \text{menor inteiro } q \text{ tal que } P(X > q) > 99\%$

Categoria B:

- Se normal, $Q = \text{média} + 2 * \text{desvios padrões}$
- Se Poisson, $Q = \text{menor inteiro } q \text{ tal que } P(X > q) > 97\%$

Categoria C:

- Se normal, $Q = \text{média} + 1.5 * \text{desvios padrões}$
- Se Poisson, $Q = \text{menor inteiro } q \text{ tal que } P(X > q) > 93\%$

Exemplos das quantidade mínimas recomendadas para cada item são indicadas na **Tabela 8**.

Nº de registro do material	Consumo mensal médio	Desvio padrão	Categorização	Distribuição	Quantidade em estoque (Feb/2011)	Q proposta
70100090	6,6	5,0	A	normal	67	22
70001036	2,5	2,1	B	normal	2	7
70101376	4,0	4,2	A	Poisson	0	11
70102136	2,5	4,5	A	normal	3	16
70005072	12,1	9,1	B	Poisson	91	20
70005754	4,3	6,0	C	normal	178	13
70008266	8,0	7,0	B	normal	18	22
70018001	15,0	32,4	C	Poisson	361	21
70018002	10,8	19,1	C	normal	429	39
70135123	2,5	1,5	A	normal	34	7
70036025	7,3	11,3	B	Poisson	85	13
70036183	15,8	16,3	C	normal	72	40
70037045	3,6	3,6	B	normal	5	11
70041049	9,6	21,5	B	Poisson	95	16
70067221	126,5	32,7	C	normal	300	176
70067051	15,9	42,3	C	normal	162	79

Tabela 8 – Quantidade mínima proposta para peças selecionadas (Autor, 2011)

Finalmente, foi realizada uma simulação considerando o consumo do período entre janeiro e março de 2011. Nesta simulação, foi comparado o consumo com a quantidade real estocada e com a quantidade proposta, considerando lead time de cada item

	jan-11	fev-11	mar-11
Total de requisições	111	142	131
Eventos de falta - Real	13	10	12
Eventos de falta - Proposta	4	5	7
Nível de serviço - Real	88%	93%	91%
Nível de serviço - Proposta	96%	96%	95%

Tabela 9 – Modelagem do consumo de peças de reposição - resultados da simulação (Autor, 2011)

Os resultados da simulação, apresentados na **tabela 9**, indicam que se o modelo proposto fosse implantado, haveria uma redução consistente no número de eventos de falta e o nível de serviço do estoque de peças de reposição seria superior para os três meses analisados.

8. CONCLUSÃO

No presente trabalho, investiga-se as atividades do departamento de manutenção de uma fábrica de processamento de café de grande porte. O principal objetivo do trabalho foi desenvolver novas ferramentas, processos e relatórios que auxiliassem a empresa na evolução pra um modelo mais proativo de manutenção.

Iniciamos examinando o processo de manutenção corretiva. Após uma apresentação contextual e a implementação de um sistema de registro de dados de falhas, realizamos um estudo técnico dos modos de falha, a partir do qual subsistemas críticos foram identificados e classificados. O “carrossel de vácuo” e o “formador de embalagem” emergiram como os sistemas de maior criticidade e as operações de soldagem térmica como os processos chave.

Com o auxílio de um diagrama de decisão, atribuímos uma política adequada de manutenção para cada um dos componentes estudados. Foram então criados dezenas de planos de manutenção com ações como limpeza, inspeção e lubrificação e a execução desses planos passa a ser monitorada por meio de um novo relatório.

Além disso, com a criação de programa de formação de operadores multifuncionais, os trabalhadores da produção passam a ser qualificados a reconhecer condições de operação anormais e podem intervir. O primeiro resultado concreto do programa dessas atividades preventivas foi a observação de uma diminuição gradual no número de ações corretivas.

As ferramentas de análise, novos processos e relatórios das atividades de manutenção corretiva e preventiva foram integralmente implementados na companhia. A empresa encontra-se agora em uma melhor posição para planejar, programar e monitorar as atividades relacionadas à gestão de seus ativos.

Por fim, foi discutida a gestão do estoque de peças de reposição da empresa. O giro e o nível de serviço do estoque foram analisados, indicando que a companhia enfrenta simultaneamente um excessivo nível de estoque e um baixo nível de serviço. Visando aprimorar essa situação, foi proposto um modelo de política de estoque baseada na análise dos dados de consumo e sua modelagem através de funções densidade de probabilidade. As simulações referentes ao consumo dos três primeiros meses de 2011 indicam que se o modelo fosse adotado, os eventos seriam reduzidos de 35 para 16.

Devido ao curto período de tempo, o modelo de quantidade mínima de peças de reposição ainda não foi implantado. Porém, o modelo está sob análise do diretor industrial e o monitoramento do desempenho real do estoque através dos indicadores criados foi considerado um avanço na área.

A principal contribuição deste trabalho, como indicada pelos gestores envolvidos, foi a padronização e racionalização das atividades da manutenção e a construção de um sistema de indicadores que permitem a comparação do progresso do departamento ao longo do tempo.

Uma análise mais profunda dos resultados decorrentes das melhorias apresentadas aqui é deixada para a companhia ou para outro investigador. Outras sugestões para futuros trabalhos incluem:

- Quais tecnologias de manutenção preditiva são apropriadas do ponto de vista econômico e tecnológico para o contexto da Lavazza.
- Determinação da necessidade de mão-de-obra dado certo nível de serviço do departamento de manutenção.
- Estudo da relação entre nível de utilização da fábrica, número de manutenções preventivas realizadas conforme o programado, número de quebras e tempo total de reparo.

9. REFERENCIAS

- BAGADIA, K. **Computerized Maintenance Management Systems Made Easy.** Blacklick, OH, USA: McGraw-Hill Professional Publishing, 2006.
- BARRAT, M. **Total Productive Maintenance (TPM):** A brief TPM overview, including OEE and key terminology. SKF Reliability Systems. San Diego, 2008.
- CHASE, H. R. **Improving Maintenance Work Flow Processes in a Volatile Assembly Factory Environment:** Maintenance People and Processes, Spares Inventory, and Equipment Reliability. 2005. Department of Materials Science and Engineering and the Sloan School of Management – Massachusetts, 2005.
- CRESPO , A. M. **The maintenance management framework: models and methods for complex systems maintenance.** London: Springer-Verlag, 2007.
- CROSTON, J. D. **Forecasting and Stock Control for Intermittent Demand.** Operational Research Quarterly, v. 23-3, p. 289-303, 1972.
- Ente Nazionale Italiano di Unificazione. **UNI 10144: Classification of maintenance services.** Milano, 2006.
- Ente Nazionale Italiano di Unificazione. **UNI 10147: Additional terms and definitions to UNI 13306.** Milano, 2003.
- Ente Nazionale Italiano di Unificazione. **UNI 10224: Process, sub-processes and main activities.** Milano, 2007.
- Ente Nazionale Italiano di Unificazione. **UNI 10366: Design criteria of maintenance.** Milano, 2007.
- Ente Nazionale Italiano di Unificazione. **UNI 11063: Definitions of ordinary and extraordinary maintenance.** Milano, 2003.
- Ente Nazionale Italiano di Unificazione. **UNI EN 13306: Maintenance terminology.** Milano, 2010.

Ente Nazionale Italiano di Unificazione. **UNI EN 15341: Maintenance Key Performance Indicators.** Milano, 2007.

JONSSON, P.; LESSHAMMAR M. **Evaluation and improvement of manufacturing performance measurement systems - the role of OEE.** International Journal of Operations & Production Management, Vol. 19 Issue 1, pp.55 – 78, 1999.

LAVAZZA PUBLIC RELATIONS. **The story of a successful company.** Turin, 2009. Retrieved May 19, 2011 from <http://www.lavazza.com/corporate/au/pressarea>.

LONARDO, P. et al. **A stochastic linear programming approach for service parts optimization.** CIRP Annals - Manufacturing Technology, v. 57, p. 441-444, 2008.

MCCARTHY, D., WILLMOTT, P. **TPM - A Route to World-Class.** Oxford: Reed Educational and Professional Publishing Ltd, 2001.

MOORE, R., **Making Common Sense Common Practice: Models for Manufacturing Excellence.** Third Edition, Burlington, MA: Elsevier Butterworth-Heinemann, 2004.

Packazine Food & Confectionery. **Customer magazine of the Packaging Technology Product Division.** Bosch, Waiblingen, Issue 2010, p 16-18.

PARK, H. M. **Univariate Analysis and Normality Test Using SAS, Stata, and SPSS.** Working Paper. The University Information Technology Services (UIT) Center for Statistical and Mathematical Computing, Indiana University. 2008.

REGO, J. R.; MESQUITA, M. A. **Single location spare parts inventory control: the state of the art.** Sao Paulo. Produçao, Vol. 2 Issue 2. 2011.

SMITH, A.M. **Reliability Centered Maintenance**, McGraw-Hill, New York, NY.1993.

STAMATIS, D. H. **Failure Mode and Effect Analysis: FMEA from Theory to Execution.** Amer Society for Quality, Milwaukee. 2003.

WAEYENBERGH, G.; PINTELON, L. **Maintenance concept development: A case study.** International Journal of Production Economics. Volume 89, Issue 3, 18 June 2004, Pages 395-405.

WIREMAN, D. T. **Developing performance indicators for managing maintenance.** New York, Industrial Press. 2005.



Settimana 20, 2011

(16/05/2011 - 22/05/2011)

Interventi chiusi: 501

T totale interventi [h:min]: 1134:42

T medio chiusura interv. [h:min]: 2:15

Area intervento	n°	E	M
Area Goglio	96	24	26
Area 4	126	23	26
Reparto Chilo	29	24	26
San Giorgio	158	24	26
Reparto Cialde/Lattine	46	23	26
Tostato	35	24	26
Crudo	11	23	26

Maggio 2011

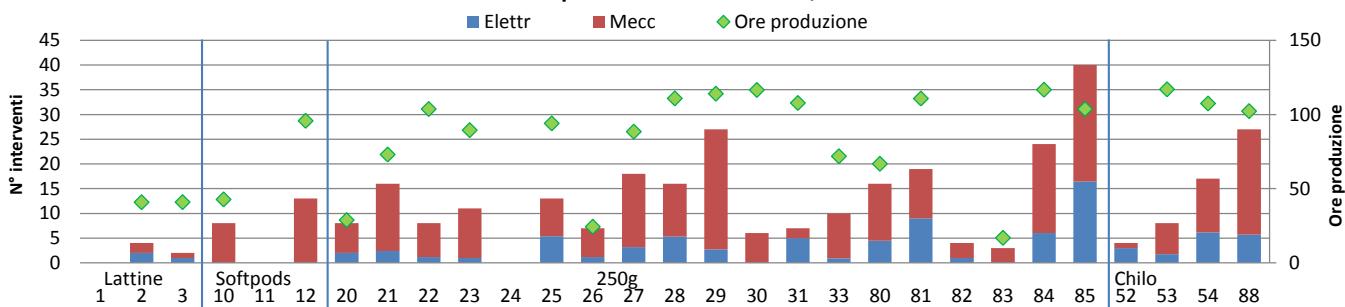
Interventi chiusi: 1871

T totale interventi [h:min]: 4984:51

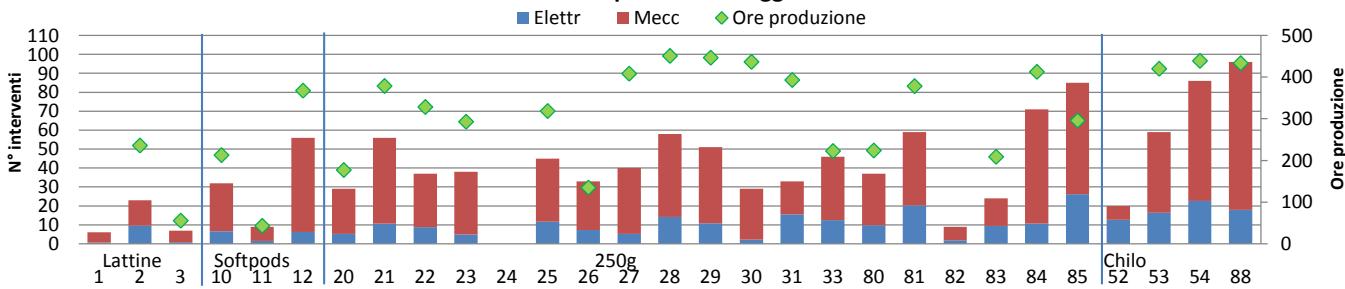
T medio chiusura interv. [h:min]: 2:39

Area intervento	n°	E	M
Area Goglio	398	88	100
Area 4	428	54	100
Reparto Chilo	185	54	100
San Giorgio	484	54	100
Reparto Cialde/Lattine	211	34	100
Tostato	127	82	100
Crudo	38	82	100

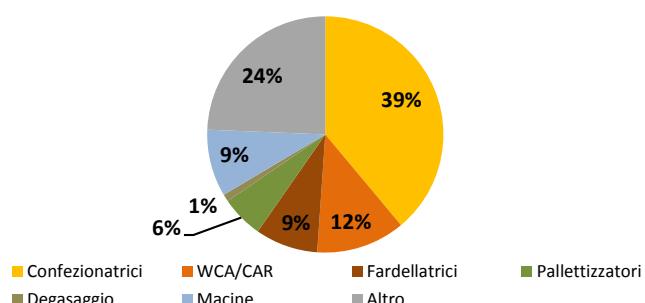
Número interventi per linea - Settimana 20, 2011



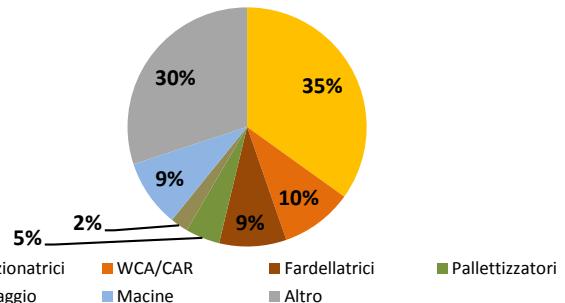
Número interventi per linea - Maggio 2011



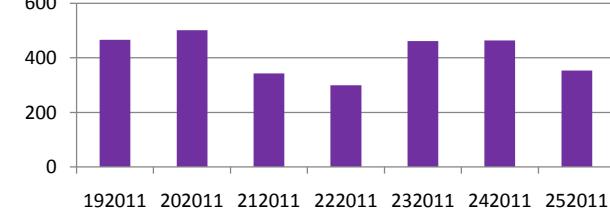
Distribuzione interventi - Settimana 20, 2011



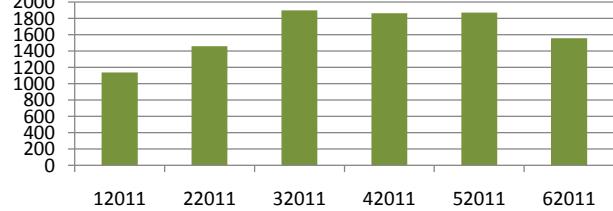
Distribuzione interventi - Maggio 2011



Storico interventi (settimana)



Storico interventi (mese)

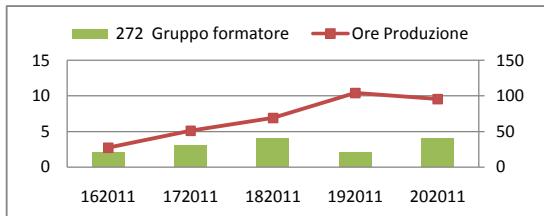




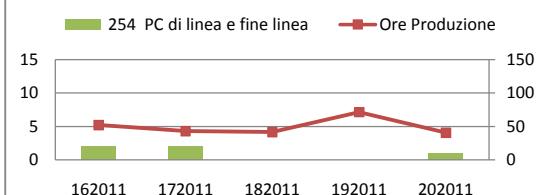
Periodo: 25/04/2011 - 22/05/2011

Settimane 17, 18, 19 e 20

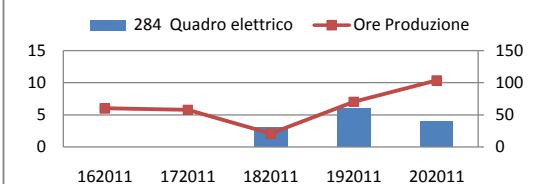
1º Lattine / Softpods	Linea 12	MTBF	6,28
ID Causale	Frequenza	%	Durata (ore)
272 Gruppo formatore	13	28%	14,93
366 Formatura cartoni e uscita cartoni	4	9%	12,03
224 Unità di trasporto	3	7%	5,13
237 Modulo di sigillatura - formatura	3	7%	3,40
0	3	7%	2,92



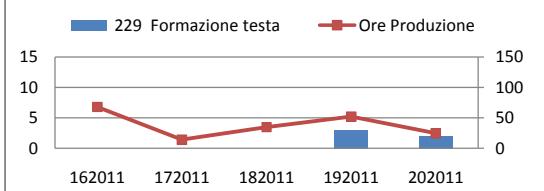
2º Lattine / Softpods	Linea 2	MTBF	6,81
ID Causale	Frequenza	%	Durata (ore)
254 PC di linea e fine linea	3	14%	9,98
249 Linee trasporto fardelli	3	14%	6,47
376 Carico celle	3	14%	5,50
251 Etichettatrici di linea	2	9%	5,27
235 Campane del vuoto	2	9%	1,27



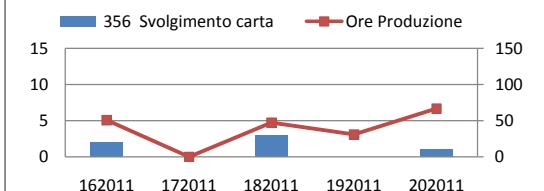
1º Confezione 250g	Linea 85	MTBF	3,09
ID Causale	Frequenza	%	Durata (ore)
284 Quadro elettrico	13	16%	23,07
253 Impianti generali	8	10%	6,08
362 Formatura fardello	8	10%	3,42
254 PC di linea e fine linea	4	5%	5,67
235 Campane del vuoto	4	5%	2,15



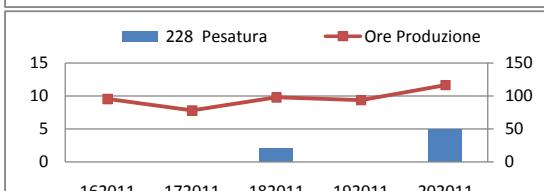
2º Confezione 250g	Linea 26	MTBF	3,68
ID Causale	Frequenza	%	Durata (ore)
229 Formazione testa	5	15%	21,00
225 Alimentazione caffè	4	12%	21,65
235 Campane del vuoto	3	9%	2,55
211 Sbobinatore	3	9%	2,45
284 Quadro elettrico	2	6%	8,07



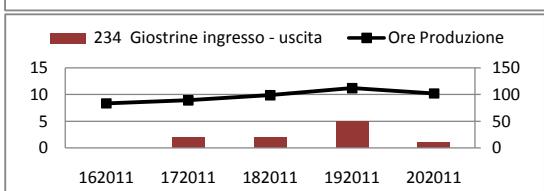
3º Confezione 250g	Linea 80	MTBF	4,13
ID Causale	Frequenza	%	Durata (ore)
356 Svolgimento carta	4	11%	4,33
358 Formatura pacco multiplo	4	11%	1,07
357 Ingresso pacchetti	3	9%	0,62
0	3	9%	0,03
231 Giostra vuoto	2	6%	7,25



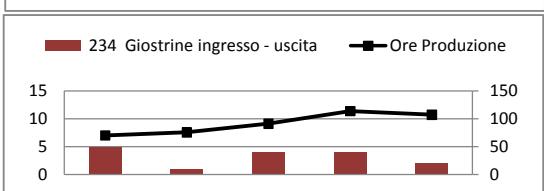
4º Confezione 250g	Linea 84	MTBF	4,89
ID Causale	Frequenza	%	Durata (ore)
228 Pesatura	7	9%	7,52
231 Giostra vuoto	7	9%	2,85
220 Formazione fondo	6	8%	6,02
358 Formatura pacco multiplo	6	8%	3,18
217 Coltello principale	5	6%	10,12



1º Confezione 1Kg	Linea 88	MTBF	4,15
ID Causale	Frequenza	%	Durata (ore)
234 Giostrine ingresso - uscita	10	10%	9,92
231 Giostra vuoto	9	9%	5,75
366 Formatura cartoni e uscita cartoni	8	8%	8,83
220 Formazione fondo	7	7%	14,50
372 Robot prelievo e posizionamento fardelli	7	7%	10,12



2º Confezione 1Kg	Linea 54	MTBF	4,80
ID Causale	Frequenza	%	Durata (ore)
234 Giostrine ingresso - uscita	11	14%	17,07
366 Formatura cartoni e uscita cartoni	10	12%	20,87
231 Giostra vuoto	9	11%	7,00
237 Saldatura giostra vuoto	8	10%	9,98
365 Ingresso pacchetti	8	10%	2,97



LAVAZZA ITALY'S FAVOURITE COFFEE	Tema:	Sostituzione gommini campane giostra del vuoto confezionatrice Bosch	Numero Scheda SOP-11-015		
Note:	Operazione finalizzata alla sostituzione dei gommini delle campane nella giostra del vuoto sulla confezionatrice Bosch				
Stabilimento:	Torino	Categoria: AM	Autore: G. Apone		
Area:	Macchina: Confezionatrice Bosch				
Informazione di sicurezza					
Rischi esistenti	Misure di tutela				
Rischio di contatto con superfici o elementi caldi	Utilizzare DPI per la protezione degli arti superiori				
Componenti richiesti					
Tipologia	Descrizione		Cod. mag. ricambi		
DPI	Guanti termici anti calore		40123806		
	Maniche lunghe protettive anticalore		40123416		
Attrezzature	Giravite testa taglio		40123419		
Materiali	Gommino		70035001		
Documenti di riferimento					
Sequenza operazioni					
Caratteri generali					
La funzione dei gommini è quella di garantire perfetta adesione alla barra metallica contrapposta e consentire la saldatura del pacchetto.					
Il gommino presente sulle barre saldanti di fondo, causa la temperatura, tende a cristallizzare e deteriorarsi: ne deriva saldatura incompleta.					
E' necessario procedere alla sostituzione quando il gommino non presenta più un profilo lineare e completo. Frequenza consigliata di intervento: Mensile					
Ogni campana del vuoto presenta un solo gommino					
Predisposizione della macchina					
a) Svuotamento macchina					
b) Arresto in fase					
c) Spegnere saldature giostra del vuoto su quadro comandi					
d) Azionare il sollevamento campane sul quadro comandi					
e) Azionare il tasto di avvio macchina per sollevare tutte le campane					

Rimozione gommino su una campana del vuoto

- a) Attraverso l'utilizzo di un cacciavite rimuovere il gommino facendo particolare attenzione ad eventuali residui cristallizzati

Gommino da sostituire



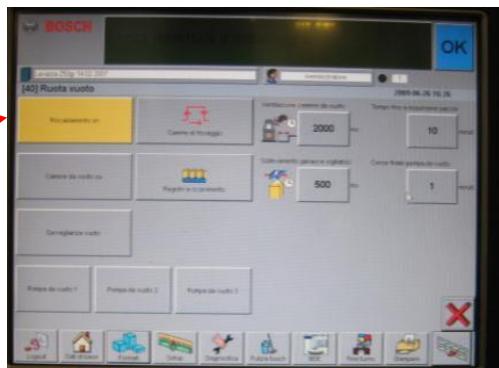
Inserimento nuovo gommino

- a) Inserire il nuovo gommino su tutta la lunghezza della sede e rifilare la lunghezza in eccesso con la forbice
- b) Verificare il corretto inserimento del gommino nella sede mediante l'assenza di protuberanze



Ripristino macchina

- a) Disinserire l'emergenza
- b) Disinserire il sollevamento campane sul quadro comandi
- c) Azionare il tasto di avvio macchina per abbassare tutte le campane
- d) Riaccendere le saldature
- e) Effettuare un ciclo a vuoto della macchina per permettere l'assestamento dei gommini



Far eseguire un ciclo alla macchina per verificare che saldi correttamente

- a) Verificare la corretta tenuta dei sacchetti su un numero di pacchetti almeno superiore al numero delle stazioni della giostra

Ref di Contenuto	Ref Operativo	Ref del miglioramento	Approvato il	Rev:
E. Fratesi	Capo Reparto	D. Balzola		0

Ordine di Manutenzione Ordinaria - Manutentore/Ditta
MODULO IO 103 I-M/IMP

<i>Stabilimento di</i>	Torino	<i>Odl n°</i>	100000045120	Pulizia tecnica giostra vuoto
<i>Sede tecnica</i>	MAN-SETTIMO-CONFE-LINEA 53		Linea confezionatrice Sig 6	
<i>Equipment</i>	1000000213	Confezionatrice Sig 6		
<i>Stato impianto</i>				
<i>Centro di costo</i>				
<i>Data Pianif. Int.</i>	06.05.2011	<i>Data stampa</i>	20.06.2011	
<i>Data esecuzione</i>	03.06.2011	<i>Ora esecuzione</i>	06:30:00	
<i>Data ripristino</i>	03.06.2011	<i>Ora ripristino</i>	14:30:00	<i>Durata intervento</i> 0008:00 H
<i>N°turni/tostate</i>	111			

Attività:

Operazioni	Eseguito (Sì/No)
Pulire ruote di ingresso-uscita sacchett	<__>
	Pulire ruote di ingresso-uscita sacchetto dalla giostra vuoto.
Smontaggio e rimontaggio campane per pul	<__>
	Smontaggio e rimontaggio campane per pulizia e sostituzione gomme barre saldanti.
Smontaggio valvole vuoto.	<__>
Pulizia e lubrificazione con straccio im	<__>
	Pulizia e lubrificazione con straccio imbevuto d'olio degli steli delle campane, utilizzando olio...

Note:

.....

Ordine di Manutenzione Ordinaria - Manutentore/Ditta
MODULO IO 103 I-M/IMP

<i>Stabilimento di</i>	Torino	<i>Odl n°</i>	100000045120	Pulizia tecnica giostra vuoto
<i>Sede tecnica</i>	MAN-SETTIMO-CONFE-LINEA 53	Linea confezionatrice Sig 6		
<i>Equipment</i>	1000000213	Confezionatrice Sig 6		
<i>Stato impianto</i>				
<i>Centro di costo</i>				
<i>Data Pianif. Int.</i>	06.05.2011	<i>Data stampa</i>	20.06.2011	
<i>Data esecuzione</i>	03.06.2011	<i>Ora esecuzione</i>	06:30:00	
<i>Data ripristino</i>	03.06.2011	<i>Ora ripristino</i>	14:30:00	<i>Durata intervento</i> 0008:00 H
<i>N°turni/tostate</i>	III			

Attività:

Operazioni	Eseguito (Sì/No)
-------------------	----------------------------

Aprire carter attorno alla giostra, puli <__>

Aprire carter attorno alla giostra, pulire e ingrassare con grasso...la camma di alzo abbasso campane, le camme lineari e tutti i cilindri scorrevoli esistenti.

Note:

.....
.....
.....
.....

Firma ditta esterna***Firma manutentore******Firma capo turno di manutenzione******Firma capo turno di produzione***



Settimana 20, 2011

(16/05/2011 - 22/05/2011)

Ordini aperti	8
Ordini chiusi	3
Ordini in elab.	25
Turnover	38%
Accumulo [sett.]	8,3

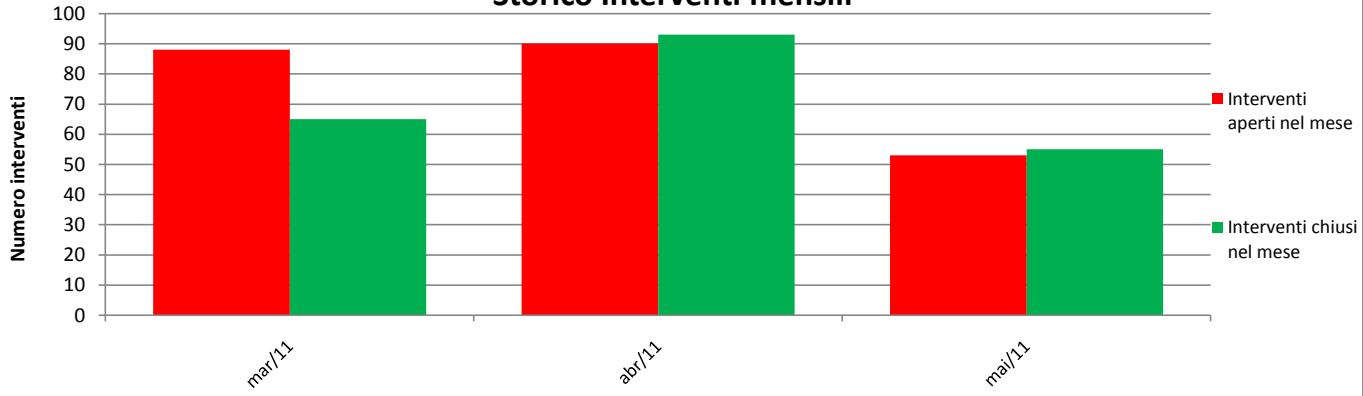
Area intervento	n°
Confezionamento	3
Tostatura	0
Degasaggio	0
Crudo	0
Magazz. Prod. finito	0
Servizi Generali	0

Maggio 2011

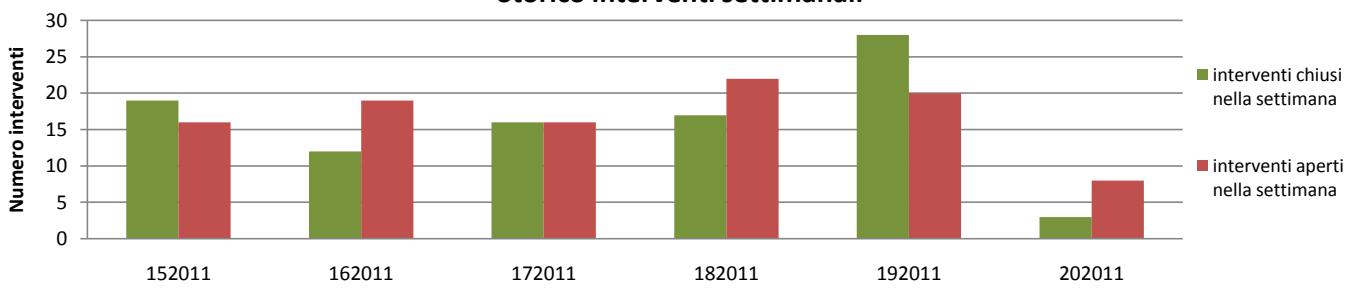
Ordini aperti	53
Ordini chiusi	55
Chiusura medio [g]	17,8
Turnover	104%
Accumulo [mesi]	0,5

Area intervento	n°
Confezionamento	41
Tostatura	4
Degasaggio	7
Crudo	2
Magazz. Prod. finito	1
Servizi Generali	0

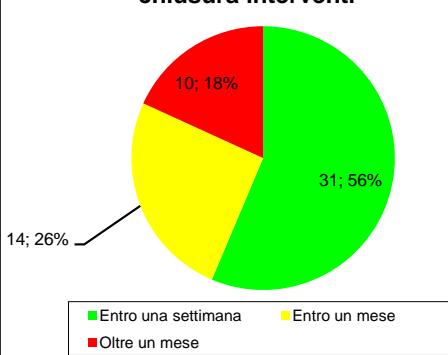
Storico Interventi mensili



Storico interventi settimanali



Ripartizione tempo mensile chiusura interventi



Storico mensile tempo medio chiusura intervento [g]

