“ Preparação do Sistema Produtivo para a Filosofia Kaizen”

Ana Sofia Machado Ferreira

Projecto Final do MIEM

Orientador na Empresa: Engenheiro Filipe Silva

Orientador na FEUP: Prof. Manuel Pina Marques

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto
Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica

Julho 2008

Aos meus pais

Ao meu irmão

Ao meu namorado

Resumo

Este Projecto, intitulado Preparação do Sistema Produtivo para a Filosofia Kaizen, foi realizado na Preh Portugal no âmbito do Projecto do 5º ano, da opção de Gestão da Produção do Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica.

O objectivo da sua realização é a preparação das bases para a aplicação da Filosofia Kaizen, nomeadamente a organização a nível dos postos de trabalho e a eliminação de "Desperdícios" para posterior aplicação do "Projecto Kaizen". O Projecto Kaizen é um novo desafio da Preh que será implementado em parceria com o "Kaizen Institute" e tem como objectivo melhorar a disponibilidade de algumas linhas de montagem e aumentar a sua produtividade.

O projecto realizou-se em três áreas distintas e começou pela implementação de Manutenção de Primeiro Nível nas linhas Opel, MMI B8 e LDS B8.

Depois de analisados os principais motivos de paragens não programadas, e com base em metodologias TPM (Total Productive Maintenance) e 5S foram realizadas fichas de instrução e acompanhamento para a aplicação de manutenção de 1º nível em todos os postos de trabalho, promovendo um maior envolvimento das pessoas, com o intuito de garantir maior produtividade e menor número de paragens por avaria, aumentando assim a eficiência da linha.

A segunda fase do Projecto incidiu no equilíbrio das linhas John Deere e MMI B8 de modo a garantir uma maior flexibilidade de produção, tanto a nível do número de operadores a trabalhar na linha como a nível de mudanças de referências. Para tal, foi necessário cronometrar o tempo das operações de montagem em cada posto e para cada referência e aplicar um modelo de programação linear em Excel, com o objectivo de optimizar a distribuição das operadoras por posto de trabalho.

Na última parte do projecto deu-se especial atenção à observação do funcionamento da linha LDS B8, à cronometragem de tempos de produção e à sugestão de acções necessárias para a eliminação de tarefas ou operações que não trazem valor acrescentado ao produto final.

Nem todas as acções sugeridas durante o Projecto foram possíveis de implementar, mas este projecto serviu para consciencializar os operadores da importância da manutenção preventiva e do aumento de produtividade que advém da sua implementação, além do aspecto visual mais cuidado e organizado das linhas de montagem.

Em relação ao modelo de equilíbrio de linhas, a empresa dispõe agora de um ferramenta que lhe permite planear a produção de acordo com as suas necessidades.

Relativamente à linha LBS B8, há ainda muito a fazer, sendo certo que futuramente algumas das acções aqui apresentadas serão implementadas.

Abstract

This project, entitled “Preparation of the production system for the Kaizen Philosophy", was held in Preh Portugal under the Project class, 5th grade of the Integrated Master in Mechanical Engineering, Production Management option.

The main goal is to prepare the groundwork for the implementation of Kaizen Philosophy, including organising jobs and the elimination of "Waste" for further implementation of the "Kaizen Project". The Kaizen Project is a new challenge of Preh which will be implemented in partnership with the "Kaizen Institute" and aims to improve the availability of some assembly lines and increase their productivity.

The project took place in three distinct areas and began by the implementation of First Level Maintenance on the Opel, MMI B8 and LDS B8 lines.

After analysing the main reasons for not planned stops and based on TPM methodologies (Total Productive Maintenance) and 5S, instruction sheets were made, for the implementation and monitoring of 1st level maintenance in all jobs, promoting greater involvement of people in order to ensure higher productivity and fewer breakouts, thereby increasing the efficiency of the line.

The second phase of the project focused on the balance of John Deere and MMI B8 lines to ensure greater flexibility of production, both in the number of operators working on the line as the changes of references. To do so, it was necessary to do the timing of assembly operations in each post, in each and every reference and apply an Excel algorithm in order to obtain the optimal distribution of operators per job for each particular situation.

The last part of the project was primarily focused in observing the operation of the line of the LDS B8 line, timing production and suggesting actions needed for the elimination of tasks or operations that do not bring added value to the final product.

Not all suggested actions were possible to implement, but this project served to make the company aware of the importance of preventive maintenance and the increased productivity that it provides, beyond the more accurate visual aspect and organized the assembly lines.

For the line balance, the company now has a tool that allows them to plan production according to their needs.

Regarding LBS B8, much remains to be done, but the promise is that in future some actions will be implemented.

Agradecimentos

Ao Engenheiro Filipe Silva, pela oportunidade, pela orientação e pela sua disponibilidade.

A todas as pessoas da Preh, que com sua disponibilidade contribuíram para a minha integração na empresa e para a realização deste Projecto.

Ao Professor Manuel Pina Marques, pelo acompanhamento e orientação durante a execução do Projecto.

Índice

1 Introdução ... 1
1.1 O Grupo Preh ... 1
1.1.1 Preh Portugal ... 1
1.2 O Projecto ... 3
1.3 Desenvolvimento do Projecto ... 3
1.4 Estrutura dos Temas Abordados ... 4
2 Preparação do sistema produtivo para a Filosofia Kaizen ... 6
2.1 Kaizen ... **6**
2.2 Gemba Kaizen ... 7
2.2.1 5 “S” ... 8
2.2.2 Eliminação de “Muda” ... 9
2.2.3 Normalização ... 10
2.3 O Kaizen e o TPM (Total Productive Maintenance) ... 10
3 As Linhas de Montagem ... 15
3.1 As linhas de montagem Opel ... 15
3.1.1 A linha ECC ... 16
3.1.2 A linha MCP ... 17
3.2 A linha John Deere ... 18
3.3 A linha LDS B8 ... 20
3.4 A linha MMI B8 ... 21
4 O Projecto ... 23
4.1 Manutenção de 1º Nível ... 23
4.1.1 Observação das linhas de montagem ... 23
4.1.2 Recolha de informação ... 24
4.1.3 Pesquisa de Soluções ... 26
4.1.4 Plano de implementação ... 28
4.1.5 Implementação ... 29
4.2 Equilíbrio de linhas ... 29
4.2.1 Funcionamento das linhas e tempos de operação ... 30
4.2.2 Modelo de Programação Linear Inteira ... 30
4.2.3 Aplicação do modelo de PLI às linhas ... 31

4.3 Eliminação de “ Mudas”..... 38

5 Apresentação e Discussão dos Resultados..... 46

6 Conclusão e Trabalho Futuro 47

7 Referências Bibliográficas..... 48

Anexo A – Fichas de Manutenção de 1º Nível..... 49

Anexo B – Análise dos tempos de paragem das linhas 73

Anexo C - Equilíbrio de Linhas..... 80

Anexo D – Modelo de Programação Linear Inteira 88

Anexo E – Lista dos defeitos encontrados no prato rotativo 91

Índice de Figuras

Figura 1 – Distribuição das empresas do Grupo Preh 1
Figura 2 – Ciclo PDCA 6
Figura 3 – Os 5 “S” 8
Figura 4 – As 7 Mudas 9
Figura 5 – Pilares do TPM 12
Figura 6 – Variantes da Manutenção 13
Figura 7- Placa electrónica LDS B8 e MMI B8 respectivamente 15
Figura 8 – Exemplos de blendas; A: LDS B8; B: Opel ; C: MMI B8 15
Figura 9 – Exemplo de painéis Opel: A – SAC e MCP; B - Corsa 16
Figura 10 – *Layout* da linha Opel ECC 17
Figura 11 – Layout da linha Opel MCP 18
Figura 12 – Exemplos das referências produzidas; A: sem LCD; B: com LCD 19
Figura 13 - Layout da linha John Deere 19
Figura 14 – Exemplos de interruptores produzidos na linha LDS B8 20
Figura 15 – Layout da linha LDS B8 20
Figura 16 – Exemplo de Painel produzido na linha MMI B8 21
Figura 17 – Layout da linha MMI B8 22
Figura 18 – Exemplos de sujidade nos equipamentos 24
Figura 19 – Diagrama de Pareto do dispositivo de montar mola de ressalto 26
Figura 20 – Exemplo das fichas de manutenção para colocar em todos os postos de trabalho 27
Figura 21 – Ficha de instrução para a limpeza dos tubos de vácuo (Linha Opel ECC) 28
Figura 22 – Exemplo de medição dos tempos das operações 2 e 3 da linha John Deere 30
Figura 23 – Comparação dos tempos de operação das referências com e sem LCD da linha John Deere 31
Figura 24 – Exemplo da aplicação do algoritmo em Excel para as referências 90151-285 e 90151- 282 32
Figura 25 – Diagrama de precedências e postos de trabalho para as referências 90151-285 e 90151-282 33
Figura 26 – Aplicação do algoritmo em Excel para as referências que não integram LCD. 33
Figura 27 – Diagrama de precedências para as referências sem LCD 34
Figura 28 – Aplicação do modelo de PLI em função do número de operadoras 35
Figura 29 – Diagrama de precedências evidenciando a distribuição das operações para 3 operadoras 35
Figura 30 – Comparação dos tempos de produção para as referências que não incluem LCD 36
Figura 31 – Comparação dos tempos de produção das referências que incluem LCD 36

Figura 32 – Exemplo da aplicação do algoritmo para a linha MMI B8 (encoder) 37
Figura 33 – Diagrama de precedências da linha MMI B8 37
Figura 34 – Identificação de desperdícios no posto de trabalho número 5 – prato rotativo 38
Figura 35 – Alterações Efectuadas no Posto número 5 39
Figura 36 – Pormenor dos movimentos no posto número 5 40
Figura 37 – Novos movimentos no posto 5 40
Figura 38 – Abastecimento e movimentação dos operadores 41
Figura 39 – Posto de trabalho número 3 42
Figura 40 – Dispositivo de lubrificação da caixa e fixação das molas 42
Figura 41- percentagem de defeitos por produto 43
Figura 42- Principais defeitos da referência 74850- 083 44
Figura 43- Legenda dos defeitos encontrados nos produtos 44

Índice de Tabelas

Tabela 1- Lista de tipos de paragens e soluções adoptadas 25
Tabela 2 – Tempo de paragem do dispositivo de montar mola de ressalto 26
Tabela 3 – Localização e materiais para a realização de manutenção de 1º Nível 27

1 Introdução

1.1 O Grupo Preh

O grupo Preh teve origem na Alemanha e foi fundado em 1919 pelo Sr. Jakob Preh.

Os cerca de 6000 trabalhadores distribuídos pela Alemanha, Portugal, França e E.U.A. são responsáveis pela alta qualidade e inovação que estão associados a esta empresa, reconhecida como um parceiro fabricante de componentes para automóveis de elevada reputação.

As produções localizadas em Bad Neustadt, Willich e Trofa constituem a base do desenvolvimento da actividade, particularmente no que respeita à criação de soluções inovadoras para a mecatrónica.

O grupo Preh divide-se em três áreas de negócio essenciais: *Preh Automotive, Preh Electronics e Preh Engenharia.*

Figura 1 – Distribuição das empresas do Grupo Preh

1.1.1 Preh Portugal

A empresa hoje denominada Preh Portugal foi fundada em 1969 tendo iniciado a sua actividade em 1970 produzindo, através do recurso a mão-de-obra intensiva, componentes electromecânicos, potenciómetros, interruptores e fichas para a indústria de grande consumo.

Em 1982 iniciou a produção de cablagens especiais destinadas à indústria informática, nomeadamente para a transmissão de dados a alta velocidade, entretanto já extinta.

A área de negócio automóvel arrancou em Portugal em 1982 com a montagem dos primeiros painéis de controlo de ventilação e de aquecimento com tecnologia baseada em sistemas de

comando mecânicos.

Em 1997 é instalada a 1ª linha automática de inserção de componentes electrónicos (SMD), ficando o ano de 2001 a marcar o momento da grande viragem quer na tecnologia utilizada, quer nos produtos fabricados. Foi então encerrada a produção dos originais produtos electromecânicos tradicionais desactivando-se as linhas mais antigas como a estampagem e o torneamento, concretizando-se desta forma a aposta nos processos de elevada tecnologia. Passou-se então em definitivo dos processos totalmente manuais para os semi-automáticos e automáticos.

Em 2005 iniciou-se a pintura de peças plásticas, colocando-se assim a Preh Portugal ao mesmo nível da Alemanha. Este projecto estratégico, que permitiu uma maior autonomia na gestão do negócio, implicou um forte investimento financeiro, tecnológico, de recursos e ainda a salvaguarda do ambiente.

Hoje a Preh Portugal tem cerca de 460 colaboradores e a sua actividade é centrada na produção de componentes electrónicos destinados à industria automóvel, nomeadamente painéis de comando de climatização, painéis de sinalização dos sistemas automáticos de transmissão, sensores potenciométricos e interruptores destinados aos principais construtores de automóveis (Opel, BMW, Audi…), mantendo ainda, como segunda área de actividade, a produção de sistemas de comando e controlo destinados à indústria electrónica de equipamentos para o lar, assim como a produção de fichas.

O volume de negócios da Preh Portugal tem tido nos últimos 3 anos taxas de crescimento que rondam os 10% ao ano.

A constante pressão dos clientes para a redução dos preços com o aumento da qualidade tem sido e vai continuar a ser o maior desafio que se coloca à empresa. Para garantir o seu futuro de uma forma sustentada, tem-se recorrido a uma política clara de gestão por objectivos, usada nos vários níveis da organização e a planos de negócio bem definidos.

Num contexto de competitividade cada vez mais exigente, apenas sobrevivem e crescem os melhores, e porque as empresas são compostas por pessoas, a gestão dos recursos humanos da Preh tem sido uma das apostas mais fortes a par da aquisição de novas tecnologias.

A Preh Portugal é neste momento uma empresa modelo no concelho da Trofa e na sua região.

Política de Qualidade

"Um objectivo explícito da Gerência da Preh Portugal é a permanente melhoria da eficácia do Sistema de Gestão da Qualidade e do Ambiente, com o objectivo da Gestão pela Qualidade Total e a daí resultante estratégia dos zero-defeitos para os nossos produtos e serviços."

H. Schäfer e R. Marques Dias – Directores da Preh Portugal

Política Ambiental

"Entre as estratégias com maior relevância é de salientar a política eficaz da protecção do Ambiente, o que significa apoiar o desenvolvimento, produzir, bem como eliminar resíduos de produtos e serviços, tanto quanto possível, de acordo com o estado actual do conhecimento tecnológico.

A Preh Portugal compromete-se a desenvolver e manter um Sistema de Gestão Ambiental que visa implementar boas práticas ambientais, avaliar o desempenho e corrigir os desvios técnicos e organizativos encontrados no sentido da melhoria contínua."

H. Schäfer e R. Marques Dias – Directores da Preh Portugal

1.2 O Projecto

Sendo a Preh Portugal uma empresa bastante desenvolvida, tanto a nível tecnológico como a nível de gestão e sendo cada vez maior a necessidade de uma empresa estar na vanguarda das tecnologias para liderar o mercado, a gerência da Preh decidiu implementar no seu sistema produtivo uma nova filosofia: a Filosofia Kaizen.

Para implementar este projecto, a Preh contratou o "Kaizen Institute", uma consultora reconhecida pelo seu mérito e pela eficácia do seu método.

O presente projecto, intitulado " Preparação do Sistema Produtivo para a Filosofia Kaizen", vem na sequência deste novo desafio da Preh e tem como principal objectivo criar as bases essenciais, sobre as quais se apoia esta filosofia.

Kaizen é uma palavra de origem Japonesa que significa mudar para melhor. Mais do que uma filosofia de trabalho, para os japoneses, Kaizen é uma filosofia de vida que tem como bases fundamentais a melhoria contínua, o asseio e a organização.

Ao nível do sistema produtivo, esta filosofia visa o melhoramento contínuo, quer da empresa quer dos trabalhadores, e envolve todos os órgãos desde a gerência até aos operários. Partindo do princípio de que o tempo é o melhor indicador isolado de competitividade, o objectivo da filosofia kaizen é identificar e eliminar os desperdícios existentes na empresa, sejam em processos produtivos, manutenção de máquinas ou processos administrativos.

Kaizen assenta sobre temas como melhoria da produtividade, melhoria da qualidade, zero defeitos, disciplina do local de trabalho e relações cooperativas entre administração e mão-de-obra e apoia-se essencialmente, em metodologias TPM (Total Productive Maintenance), 5S's e Just-In-Time.

Apesar de alguns destes conceitos já estarem implementados na Preh, o objectivo do Projecto é preparar algumas linhas de montagem, no que respeita a manutenção de 1º Nível, organização dos postos de trabalho, equilíbrio de linhas e eliminação de "desperdícios" para a aplicação da Filosofia Kaizen.

No final do Projecto espera-se uma melhoria na eficiência da linha, através da diminuição do tempo de paragens não programadas e consequente aumento da produtividade.

1.3 Desenvolvimento do Projecto

O projecto teve início no dia 18 de Fevereiro e desenvolveu-se em várias fases. Seguidamente apresenta-se uma breve descrição do trabalho desenvolvido.

Durante as primeiras semanas na Preh tive a oportunidade de conhecer a empresa, numa visita guiada aos diversos departamentos onde me foi explicado o seu funcionamento e os conceitos utilizados. Seguidamente foi apresentado em pormenor o meu Projecto e o seu relacionamento com o Projecto Kaizen. Definidos os objectivos finais, traçaram-se as etapas para a sua concretização. Foram-me apresentadas com mais pormenor as linhas de montagem em que eu iria intervir.

O período seguinte foi dedicado essencialmente ao estudo das linhas Opel ECC e MCP.

Este estudo começou pela observação das linhas para perceber o seu funcionamento e os produtos montados e pelo diálogo com as operadoras e mecânicos. Paralelamente, foi feita uma análise do histórico de ocorrências e desenharam-se diagramas de Pareto para se detectarem os motivos de paragem mais frequentes. Depois de estudados e detectados alguns problemas decidiu-se implementar Manutenção de 1º Nível. Para tal, elaborou-se uma lista com todos os materiais e alterações nos equipamentos necessárias para se proceder a esse tipo de manutenção.

Elaboraram-se, então, fichas de instrução e acompanhamento para a realização de manutenção autónoma para colocar em todos os equipamentos destas linhas.

A fase seguinte foi a aplicação dos mesmos procedimentos e acções descritas anteriormente nas linhas MMI B8 e LDS B8.

A segunda etapa do Projecto foi dedicada ao equilíbrio de linhas. Este estudo incidiu nas linhas John Deere e MMI B8.

Iniciou-se pela análise detalhada das linhas, começando por perceber o seu funcionamento, as diferentes referências produzidas e sobretudo as relações de precedência. Depois da fase de cronometragem dos diversos tempos de operação, foi formulado um modelo em Programação Linear Inteira e implementado em Excel, com o objectivo optimizar a distribuição das tarefas das operadoras de modo a minimizar o número de postos de trabalho necessários. Foram comparados os tempos de operação reais com os tempos teóricos esperados.

A última fase do Projecto foi dedicada ao estudo da linha LDS B8. O objectivo era a eliminação de “desperdícios” de forma a aumentar a produtividade. Este estudo baseou-se na observação da linha, e dos diversos movimentos, quer das operadoras quer de materiais. Paralelamente estudaram-se os tempos de paragem do prato rotativo que é o *bottleneck* da linha, em função das referências e dos turnos para se perceber as diferenças de produtividade. Foram feitas sugestões de alterações e procedeu-se à implementação de algumas dessas alterações.

Em paralelo com o Projecto deu-se início ao Projecto Kaizen, no qual eu tive a oportunidade de integrar uma equipa de trabalho e participar em reuniões e formações dirigidas pelo *Kaizen Institute.*

1.4 Estrutura dos Temas Abordados

O presente relatório está estruturado da seguinte forma:

- Capítulo 1 – Apresentação da empresa e do Projecto realizado;
- Capítulo 2 – Abordagem de alguns conceitos teóricos que se utilizaram como base

para a realização de Projecto;

- Capítulo 3 – Apresentação das linhas de montagem, dos produtos e descrição dos processos produtivos;
- Capítulo 4 – Apresentação do trabalho realizado;
- Capítulo 5 – Análise do trabalho realizado;
- Capítulo 6 – Conclusões e avaliação do Projecto.

2 Preparação do sistema produtivo para a Filosofia Kaizen

2.1 Kaizen

"Existem duas abordagens para a resolução de problemas. A primeira envolve a inovação – aplicação da mais recente tecnologia ao menor custo – e investimento de grandes somas.

A segunda abordagem utiliza o bom senso, ferramentas de baixo custo, checklists e esforços, para os quais não precisamos de muito dinheiro. Esta abordagem começa com Kaizen. O Kaizen envolve todos na organização, e o trabalho em equipa é o segredo do sucesso."

Masaaki Imai (1996), em *Gemba Kaizen*

Kaizen é uma palavra japonesa que significa mudança para melhor ou aprimoramento contínuo, e é a base de toda a Administração Japonesa. O conceito de Kaizen surgiu da tradição de educação de berço japonês, complementada por conhecimentos do *management* norte-americano a partir dos anos 50. Por outras palavras, valores humanos japoneses complementados por conhecimentos técnicos em administração norte-americanos, e aplicados em empresas japonesas. Este conceito foi introduzido no Japão por Juran e Deming e surgiu da combinação dos seus ideais com o lema de vida japonês.

Para Juran a organização estratégica da qualidade *"é uma abordagem sistemática para o estabelecimento e obtenção de metas de qualidade em toda a empresa"*. Isto é, qualidade é responsabilidade de todos numa empresa e não só de um departamento específico de qualidade.

E de acordo com a visão de Deming *"O objectivo do administrador do sistema é o de optimizar o sistema como um todo. Sem uma administração do sistema visto como um todo, sub optimizações certamente irão ocorrer. Sub optimizações geram perdas".* Ou seja, a qualidade deve ser desenvolvida pela própria empresa.

Deming também introduziu o "Ciclo de Deming", uma das ferramentas cruciais de Controlo de Qualidade para assegurar o melhoramento contínuo no Japão. O ciclo de Deming ou ciclo PDCA (Planear-Executar-Verificar-Agir) reflecte a importância da interacção constante entre pesquisa, projecto, produção e vendas para a empresa chegar à melhor qualidade para satisfazer os consumidores. (Figura 2)

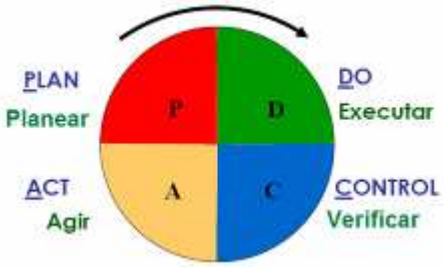


Figura 2 – Ciclo PDCA

"Planear" significa estabelecer um alvo para a melhoria (como Kaizen é um estilo de vida,

deve haver sempre um alvo para aperfeiçoamento em qualquer área) e elaborar planos para atingir o alvo. “Fazer” significa implementar o plano; “Verificar” significa determinar se a implementação proporcionou a melhoria desejada; e “Agir” significa realizar e normalizar os novos procedimentos para o caso de recorrência do problema original ou estabelecer metas para as novas melhorias.

O ciclo PDCA age continuamente; logo que se obtém uma melhoria, o *status quo* resultante torna-se alvo de novas melhorias. A melhoria contínua ocorre quanto mais “rodado” for o Ciclo PDCA.

Segundo Masaaki Imai, a essência do Kaizen é simples e directa: Kaizen significa melhoramento contínuo e envolve todos os elementos da empresa, inclusive administração e operários. A filosofia Kaizen afirma que o nosso modo de vida – seja no trabalho, na sociedade ou em casa – merece ser constantemente melhorado.

O recado da estratégia do Kaizen é que nenhum dia deve passar sem que nenhuma melhoria tenha sido feita em qualquer lugar da empresa.

“Se um homem não foi visto por três dias, os seus amigos devem examiná-lo para ver quais as mudanças que nele ocorreram.”

Este é um antigo provérbio japonês que retrata a forma de como o conceito de mudança contínua está entranhado na mentalidade japonesa e é este conceito que deve ser interiorizado e aplicado nas empresas ocidentais.

Pelas palavras de Masaaki Imai (1996), Kaizen é: *“Um estado de contínua satisfação com o status-quo”*, ou seja, nunca nos devemos dar por satisfeitos.

A Filosofia Kaizen visa a melhoria contínua, quer da empresa quer dos trabalhadores e segundo esta filosofia é tão importante fazer bem feito (eficiência) quanto obter o resultado certo (eficácia). O conceito do Kaizen significa que todos, independentemente do cargo que ocupam, devem admitir abertamente quaisquer erros que tenham cometido ou quaisquer falhas que existam no seu trabalho e tentar fazer melhor da próxima vez.

Segundo o Kaizen para obter os resultados desejados na empresa, todos devem ter objectivos e missões comuns e todos devem viver e trabalhar da forma mais equilibrada e satisfatória possível, pois só assim é possível aumentar a produtividade e melhorar a qualidade.

O termo Kaizen abrange conceitos como produtividade, TQC (Controlo Total da Qualidade), Zero Defeitos, Kanban, 5S´s e Just-in-time, ou seja, Kaizen é um conceito que abrange a maioria das práticas “exclusivamente japonesas”.

2.2 Gemba Kaizen

Gemba é uma palavra japonesa que significa “verdadeiro lugar”, ou seja, o local onde tudo acontece.

Preparar o Sistema Produtivo para a Filosofia Kaizen significa preparar o sistema produtivo para se poder aplicar a Filosofia Kaizen no Gemba, isto é, aplicar a Filosofia Kaizen no local onde se pretende implementar a melhoria.

O Gemba Kaizen apoia-se em três pilares fundamentais: 5 “S” (Housekeeping), eliminação de “Muda” e normalização.

2.2.1 5 "S"

Esta filosofia é uma prática de qualidade que surgiu no Japão no início da década de 50. O seu nome resulta das iniciais de cinco palavras japonesas:

Figura 3 – Os 5 "S"

1. Seiri – significa evitar o desnecessário – separar o desnecessário do necessário, e guardá-lo num lugar que lhe é próprio, para que não atrapalhe a rotina de trabalho ou qualquer outra actividade.

2. Seiton – significa privilegiar a arrumação e deixar tudo em ordem – todos os materiais têm de ser mantidos em ordem, para que possam ser encontrados de imediato e estejam prontos para uso sempre que necessários. Deixar as coisas no lugar certo, para não se perder tempo e gastar energia desnecessária a procurá-las.

3. Seiso – significa manter sempre limpo – o local de trabalho ou qualquer outro lugar, com tudo em ordem e somente com o necessário, para que a sujidade não atrapalhe a produtividade nem provoque má qualidade na produção. Quando limpa uma máquina o operário pode encontrar defeitos funcionais ou identificar anomalias no equipamento. Quando são identificados, os problemas são mais facilmente corrigidos.

4. Seiketsu – significa normalização, ou seja usar uniformes de trabalho correctos, óculos de segurança, luvas e sapatos, além de manter um ambiente de trabalho limpo e saudável. Uma outra interpretação de *Seiketsu* é manter o trabalho de *seiri*, *seiton* e *seiso* continuamente e todos os dias.

5. Shitsuke – significa disciplina – não só aprender e seguir os princípios anteriores como hábitos salutares e invioláveis, como também educar com carácter recto, firme e honrado.

O método dos 5 "S" foi originalmente desenvolvido pela Toyota, embora Henry Ford também tivesse desenvolvido uma abordagem semelhante chamada " CANDO":

- Clean (Limpar)
- Arrange (Arrumar)
- Neatness (Esmero)
- Discipline (Disciplina)
- Orderliness (Ordem)

Os principais objectivos da prática dos 5 “S” são a simplicidade do ambiente de trabalho, a redução de desperdício, o aumento da segurança e a obtenção de um maior nível de eficiência e qualidade.

A aplicação desta filosofia permite obter uma melhor definição do espaço, um ambiente mais ordenado, uma redução significativa de tempo de execução das actividades e um acesso mais fácil aos materiais.

5 “S” também pode ser associado a “Housekeeping”, ou seja, conservação da casa, uma vez que define as regras básicas para o bom funcionamento, asseio e organização do local de trabalho.

Em resumo, a aplicação dos 5 “S” promove a habilitação das operações normalizadas, a viabilização da qualidade perfeita, a gestão através do controlo visual, a facilidade de identificação de desperdícios, a segurança e desenvolve a satisfação dos funcionários.

2.2.2 Eliminação de “Muda”

“Muda” significa desperdício. É um dos conceitos mais importantes e fundamentais na criação de uma cultura Kaizen. São consideradas “Muda” todas as actividades que não acrescentam valor ao produto num processo produtivo.

Segundo Taichi Ohno (1986), “são *valor acrescentado unicamente as actividades pelas quais o cliente está disposto apagar.”*

Figura 4 – As 7 Mudas

De acordo com o livro *Gemba Kaizen* (1986*)*, existem sete tipos de “Muda”:

1. **Produção em excesso** – produzir em excesso é tão mau como produzir a menos. Deve ser produzido unicamente o que o cliente deseja

2. **Inventário** – ter produtos em stock é um sintoma de produção em excesso. Este é um “Muda” que causa muitos problemas: ocupação de espaço, dinheiro empatado, necessita de pessoas para movimentar e armazenar, sistemas para localizar, possibilidade de danificação e escondem problemas.

Quando os níveis de inventário são baixos, os problemas de qualidade tornam-se mais facilmente visíveis.

3. **Espera** – os operadores estão muitas vezes parados. Estas paragens são causadas por diversos problemas como mau balanceamento, falta de material, mudanças de trabalho, avarias, etc.

4. **Transporte de Material** – esta actividade, embora muitas vezes necessária, não acrescenta valor, e deve ser minimizada. Causa "Muda" de inventário, tempo perdido, necessidade de localização e sincronização, necessidade de meios de transporte, etc.

5. **Movimentação de Operadores** – toda a movimentação de operadores deve também ser minimizada. Normalmente existe muita movimentação no abastecimento de materiais numa linha produtiva: a linha é mal construída, e os operadores têm de se deslocar para obter os materiais – o abastecimento deve ser frontal e próximo de operador.

6. **Sobre-processamento** – são detectadas muitas vezes operações excessivas feitas ao longo do processo produtivo. Isto acontece essencialmente devido à falta de normalização e controlo do processo, que resulta em operações excessivas que são uma falsa "segurança" e que controlam a variabilidade do processo

7. **Defeitos** – a produção de peças defeituosas é considerado o sétimo "Muda".

2.2.3 Normalização

Para que a administração de uma empresa seja eficiente é necessário que existam normas. Assim sendo, sempre que surjam problemas e irregularidades devem ser investigados para que se identifiquem as causas e se apliquem soluções existentes já normalizadas para a sua resolução. Quando estas soluções ainda não existem, devem ser criados normas de modo a evitar a recorrência desses problemas. As normas tornam-se parte integrante do Gemba Kaizen, servindo como alicerce da administração quotidiana e da melhoria.

Importância da normalização numa organização:

A normalização garante que as tarefas são executadas da melhor forma possível, reduz a variabilidade dos processos e permite que conhecimento fique na organização (não se está dependente do conhecimento exclusivo de indivíduos mas de indivíduos que cumpram as normas).

As normas são obtidas de forma iterativa, e a sua melhoria não tem fim. É importante que numa organização exista disciplina para existir cumprimento das normas.

2.3 O Kaizen e o TPM (Total Productive Maintenance)

Tal como a filosofia Kaizen, a metodologia TPM também teve a sua origem no Japão, embora deriva de técnicas usadas nos Estados Unidos.

De acordo com Masaaki Imai (1996), TPM é uma das actividades de Kaizen, tal como TQC (Total Quality Control). Enquanto a principal orientação do TQC é o melhoramento da qualidade total da administração, a TPM é dirigida para o melhoramento dos equipamentos. Deste modo, TPM é orientada mais para o "hardware" e o TQC, mais para o "software".

TPM visa a maximização da efectividade do equipamento com um sistema de manutenção preventiva que abrange a vida inteira do equipamento. Ao envolver todos em todos os

departamentos e a todos os níveis, ele motiva as pessoas para realizarem a manutenção da fábrica através de actividades voluntárias e em grupos pequenos.

De acordo com Seiichi Nakajima (1990), TPM é:

- Maximização do rendimento operacional global dos equipamentos;
- Colaboração através de actividades voluntárias desenvolvidas em pequenos grupos, para além da criação de um ambiente propício para a condução dessas actividades;
- Participação e integração de todos os departamentos envolvidos, tais como a programação, a produção e a manutenção;
- Envolvimento e participação de todos, desde os elementos da direcção até aos operadores.

Para a obtenção do máximo rendimento de um equipamento devemos procurar eliminar as seis grandes perdas apontadas pelo TPM:

1. Perda por avaria dos equipamentos;
2. Perda para mudança de linha ou ajustes;
3. Perdas por interrupções momentâneas;
4. Perdas por redução da velocidade nominal de produção;
5. Perdas por defeitos gerados no processo;
6. Perdas por não se atingir o regime normal de produção.

A eliminação destas perdas é obrigatória, já que estas não permitem o aumento do rendimento operacional dos equipamentos, e acabam por influenciar o funcionamento da própria empresa.

A metodologia TPM tem como principais objectivos a consolidação da manutenção espontânea, ou seja, a condução do trabalho sem a necessidade de ordem, a autoconfiança na obtenção de zero defeitos, assim como a limpeza e o asseio das áreas de trabalho, com eliminação de óleo, limalhas e outras formas de sujidade, contribuído para um ambiente salutar de trabalho. Um outro objectivo, não menos importante, é a boa impressão causada aos visitantes e clientes, contribuindo positivamente para o incremento das vendas.

O conceito de TPM pode ser explicado pela seguinte frase de Seiichi Nakajima (1990):

“ Mudando o homem, podemos promover mudanças nas máquinas e nos equipamentos”

A filosofia TPM assenta em 8 pilares todos interligados entre si (Figura 5).

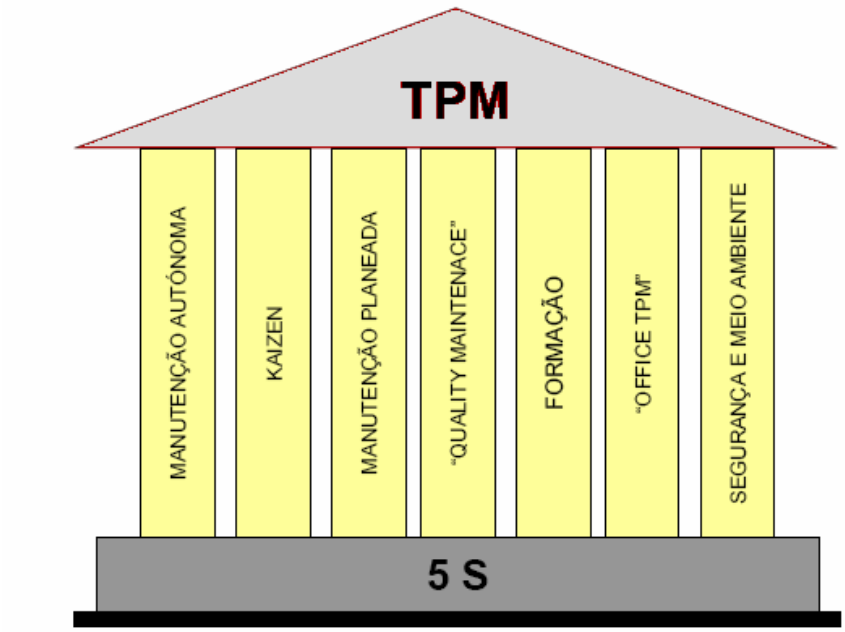


Figura 5 – Pilares do TPM

Pilar 1 – 5 S

Este pilar é a base de sustentação para qualquer projecto de melhoria como foi referido no capítulo 2.2.1.

Pilar 2 – Manutenção Autónoma

A Manutenção Autónoma desenvolve as capacidades dos operadores para serem capazes de levar a cabo pequenas tarefas de manutenção (limpeza, inspecção e lubrificação), libertando a equipa de manutenção para a execução de tarefas que exijam o seu conhecimento técnico.

Os operadores devem exercer o seu próprio auto-controlo desenvolvendo o espírito de que são responsáveis pela sua máquina, sendo capazes de executar as tarefas de manutenção de forma voluntária, sem a necessidade de uma ordem.

Pilar 3 – Manutenção Planeada

Este pilar tem como objectivo minimizar o tempo de paragem dos equipamentos, aumentando o seu rendimento operacional.

A Manutenção divide-se em dois grandes grupos: Manutenção Correctiva e Manutenção Planeada. O pilar de Manutenção Planeada estrutura a manutenção da empresa com o fim de conduzir intervenções planeadas, gerindo a manutenção e eliminando paragens não programadas. A Figura 6 demonstra os diversos tipos de manutenção planeada.

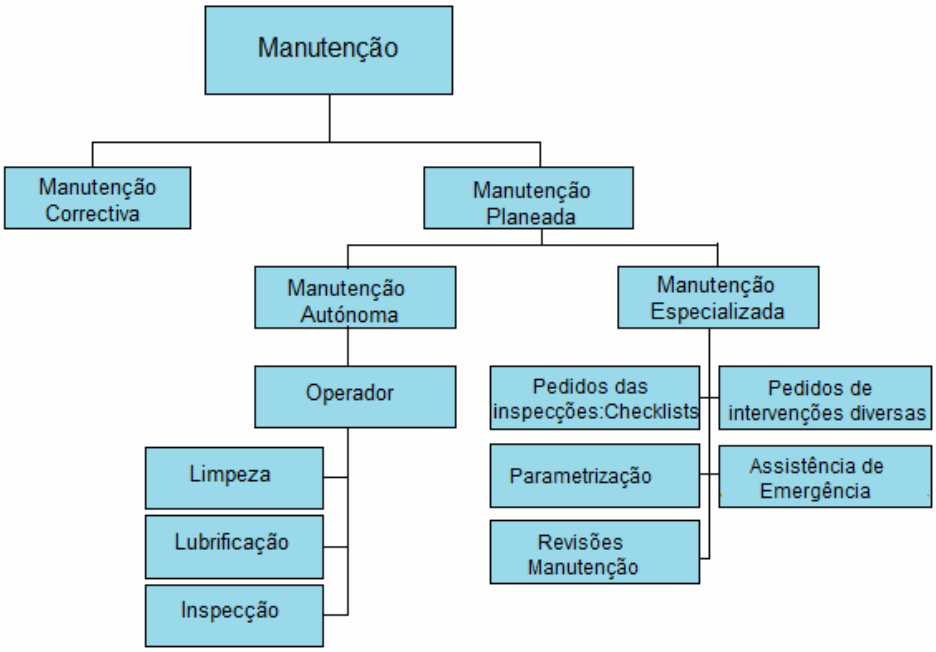


Figura 6 – Variantes da Manutenção

Dentro da Manutenção Planeada distinguem-se a Manutenção Autónoma e a Especializada. O objectivo é responsabilizar os operadores para o início da manutenção de uma forma espontânea (Manutenção Autónoma), libertando a equipa de manutenção para tarefas que exijam o seu conhecimento (Manutenção Especializada). No entanto, a equipa de manutenção estará sempre disponível para o apoio aos operadores na execução das tarefas de manutenção.

Pilar 4 – Kaizen

O conceito de Kaizen já foi referido no capítulo 2.1 e como podemos constatar, pelas suas bases, TPM e Kaizen interligam-se, uma vez que para fazer TPM, cuidando dos equipamentos é necessário praticar Kaizen.

Pilar 5 – Quality Maintenance

A Manutenção pela Qualidade tem como objectivo dar resposta aos requisitos dos clientes através da qualidade. Assenta numa análise sistematizada de não conformidades de produção para entender de que forma as máquinas ou equipamentos estão a afectá-las e para detectar o componente responsável por esse defeito. Tal como na filosofia Kaizen, assenta em melhorias específicas. O conceito será manter o equipamento perfeito para a obtenção de produtos perfeitos.

Pilar 6 – Formação

O objectivo deste pilar é tornar os operadores multifacetados, aumentando a sua motivação e responsabilidade de forma a levarem a cabo as tarefas de manutenção espontânea e eficazmente. A formação é dada aos operadores não só para melhorar as suas competências técnicas mas também para explicar o conceito de TPM para que desta forma se consiga a sua motivação e participação no projecto. Para além do "*know-how*" é muito importante o "*know-why*".

Pilar 7 – Office TPM

Office TPM está directamente ligado com as áreas administrativas e consiste em criar serviços de suporte para analisar processos e procedimentos com vista à gestão operacional do TPM. Tem como objectivo melhorar a produtividade e eficiência em funções administrativas e identificar e eliminar desperdício. Este pilar só deve ter início após a activação dos pilares anteriores.

Pilar 8 – Segurança e Meio Ambiente

Esta vertente vai desempenhar um papel fundamental nos restantes pilares. Tendo por objectivo alcançar zero acidentes, cria um ambiente de trabalho seguro e uma envolvente que não prejudique os processos operativos.

3 As Linhas de Montagem

Neste capítulo pretende-se fazer uma apresentação mais detalhada das linhas de montagem, dos processos produtivos e dos produtos que serão tratados ao longo do Projecto.

Ao longo do projecto referem-se os termos PCB e *Blenda*. O termo PCB refere-se à placa electrónica. Na Figura 7 encontram-se exemplos de placas electrónicas.

Figura 7 – Placa electrónica LDS B8 e MMI B8 respectivamente

O termo blenda refere-se ao painel frontal dos equipamentos produzidos. É um componente pintado e normalmente gravado a laser (Figura 8).

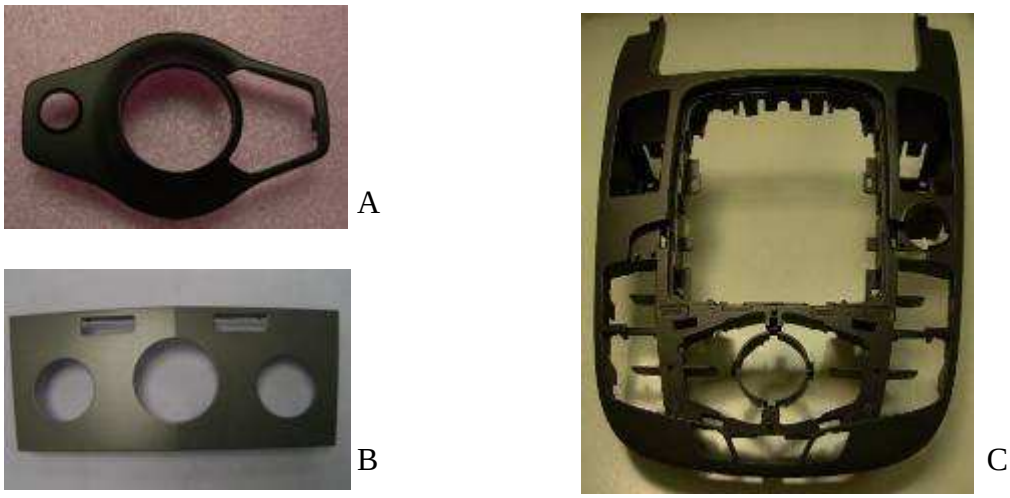


Figura 8 – Exemplos de blendas; A: LDS B8; B: Opel; C: MMI B8

3.1 As linhas de montagem Opel

Existem duas linhas de montagem Opel: ECC e MCP.

Nestas linhas produzem-se painéis de comando de climatização para diversos automóveis da marca Opel.

Na figura seguinte estão representados alguns desses equipamentos.

Figura 9 – Exemplo de painéis Opel: A – SAC e MCP; B - Corsa

Embora inicialmente as duas linhas tivessem um funcionamento muito semelhante, ao longo do tempo foi necessário implementar algumas alterações na linha ECC, para se poder responder às necessidades dos clientes, e deste modo se poderem produzir mais referências.

Estas linhas funcionam em três turnos, embora o terceiro turno alterne entre as duas linhas.

3.1.1 A linha ECC

A linha ECC está preparada para produzir essencialmente três referências: ECC, Corsa e SAC. Apesar de existirem algumas variantes, estas referências distinguem-se essencialmente pela placa electrónica, pela *blenda* e pelos botões, embora a sequência de montagem seja semelhante para todas.

Inicialmente esta linha apresentava uma disposição em U, mas com a introdução de uma nova referência houve a necessidade de se alterar o *layout* da linha.

Os componentes da montagem da nova referência SAC diferem das restantes referências nos postos de trabalho 1 e 2 (figura 12), e como tal foi necessário acrescentar à linha os postos 1A e 2A. Assim, quando se produz a referência SAC as operadoras que ocupam os postos de trabalho 1 e 2 passam a trabalhar nos postos 1A e 2A, mantendo-se a restante sequência de montagem inalterada.

A Figura 10 demonstra essa particularidade da linha ECC.

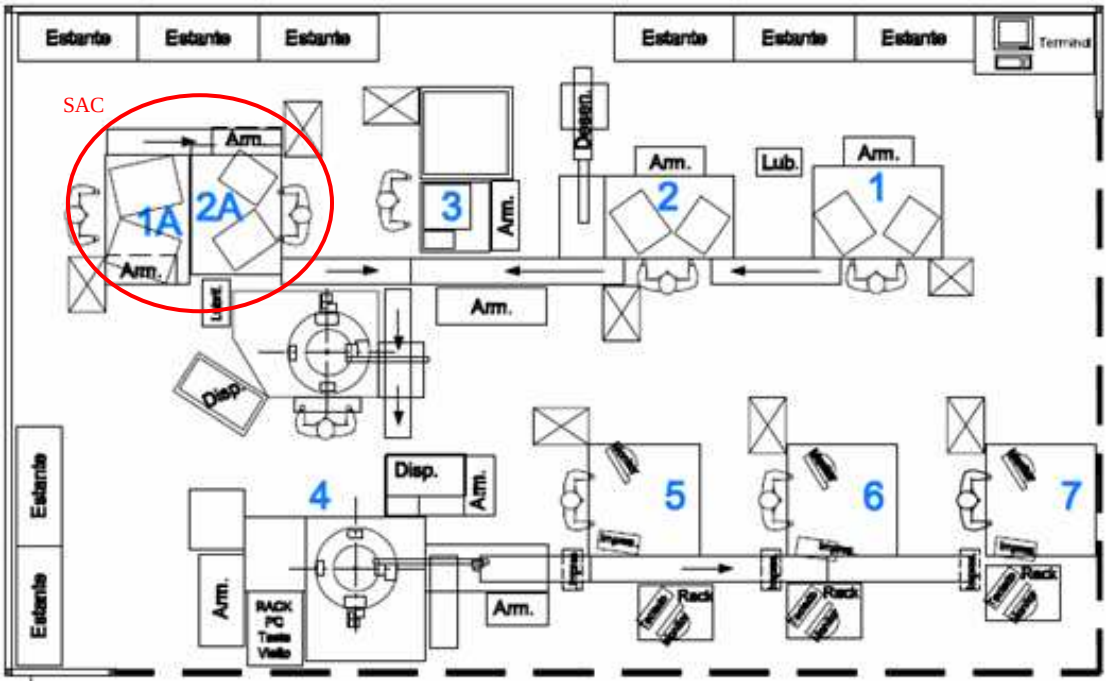


Figura 10 – *Layout* da linha Opel ECC

Operações realizadas na linha para a produção das referências ECC e Corsa:

No posto 1 é feita a lubrificação da caixa e são montadas as molas de ressalto. No posto 2 monta-se a placa electrónica, os suportes das teclas e a tampa superior no conjunto vindo do posto 1. No posto 3 é feita a montagem dos condutores de luz das teclas e dos botões rotativos. No posto 4 são coladas as coronas às *blendas* e posteriormente montadas no conjunto vindo do posto 3. São também colocados os botões e a peça já totalmente montada é enviada para o laser, onde será gravada, de acordo com a referência e com a versão que está a ser produzida. Os postos 5, 6 e 7 são os postos de teste, onde é feita uma inspecção electrónica, funcional e visual dos produtos montados. Depois de inspeccionados, os produtos são embalados.

Operações realizadas para produzir a referência SAC:

No posto 1A faz-se a lubrificação da caixa e montam-se as molas de ressalto. Este conjunto passa para o posto 2A onde é montada a placa electrónica, os suportes das teclas e a tampa superior. As restantes operações de montagem são efectuadas nos postos de trabalho comuns às referências ECC e Corsa e as operações de montagem são as mesmas.

3.1.2 A linha MCP

O funcionamento da linha MCP é muito semelhante ao da linha ECC, embora as operações de montagem sejam distribuídas de forma diferente.

Esta linha está preparada apenas para um tipo de produto, existindo no entanto duas versões: *clima* e *aquecimento*. Estas versões diferem no que respeita à cor da *blenda*, placa electrónica, tipo de teclas e gravações do laser.

Na Figura 11 apresenta-se o *layout* da linha Opel MCP.

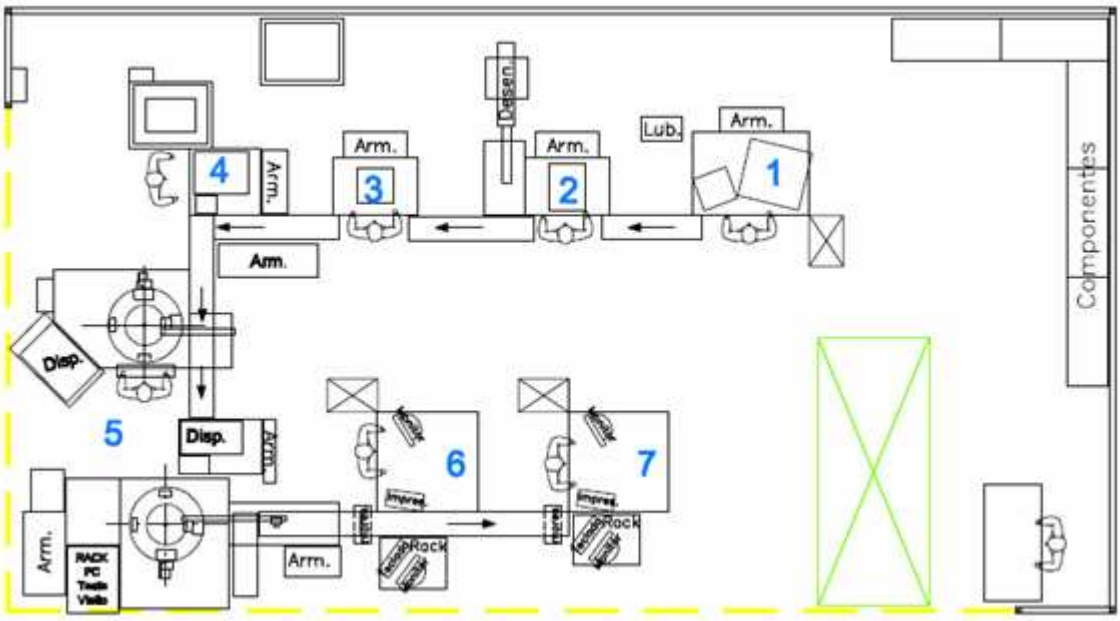


Figura 11 – *Layout* da linha Opel MCP

Operações realizadas na linha MCP

No posto de trabalho 1 lubrifica-se a caixa e monta-se o comutador de ventilação. O conjunto vai para o posto 2 onde é montada a aplaca electrónica. No posto 3 monta-se a tampa superior e no posto 4 montam-se os condutores de luz dos botões e das teclas. No posto de trabalho 5 são coladas as coronas às *blendas* e posteriormente montadas no conjunto vindo do posto 4. São também colocados os botões e a peça já totalmente montada é enviada para o laser, onde será gravada, de acordo com a referência e com a versão que está a ser produzida. Nos postos de teste 6 e 7, é feita uma inspecção electrónica, funcional e visual dos produtos montados. Depois de inspeccionados, os produtos são limpos e embalados.

3.2 A linha John Deere

A linha John Deere é recente na Preh e produz painéis de comando de climatização para tractores desta marca.

As referências produzidas nesta linha diferem essencialmente na existência ou não de LCD, na placa electrónica e nos símbolos das escalas.

Uma particularidade desta linha é que quando se produz uma referência com LCD é necessário recorrer um posto de trabalho extra, onde o LCD é montado na placa electrónica.

Outra particularidade é que as *blendas* não são gravadas a laser. São coladas umas películas autocolantes nas *blendas* com os desenhos de acordo com as referências produzidas. Apenas os botões pintados são gravados a laser (Figura 12).

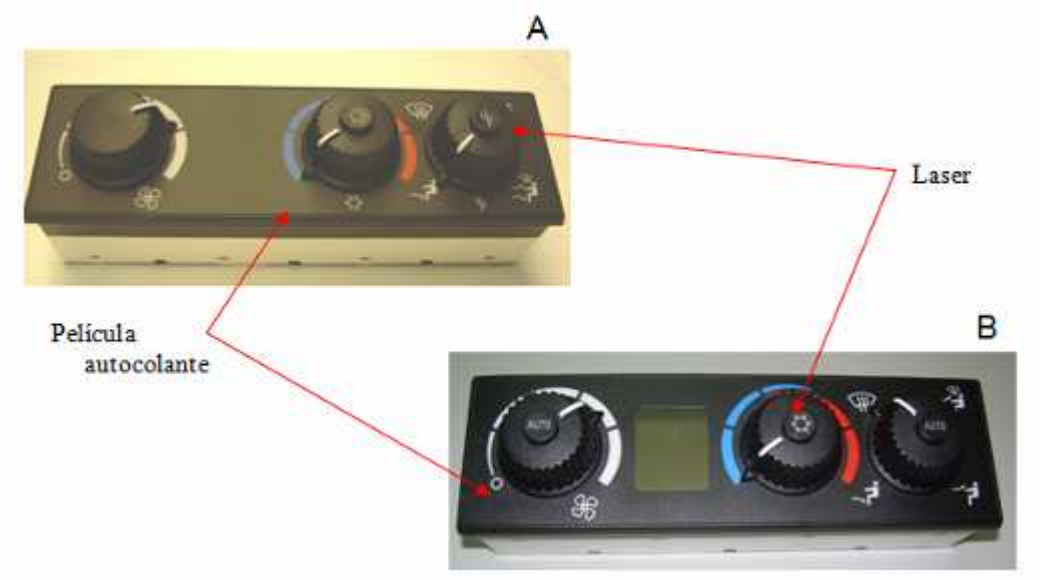


Figura 12 – Exemplos das referências produzidas; A: sem LCD; B: com LCD

Na Figura 13 apresenta-se o *layout* desta linha, onde se pode visualizar a disposição dos equipamentos.

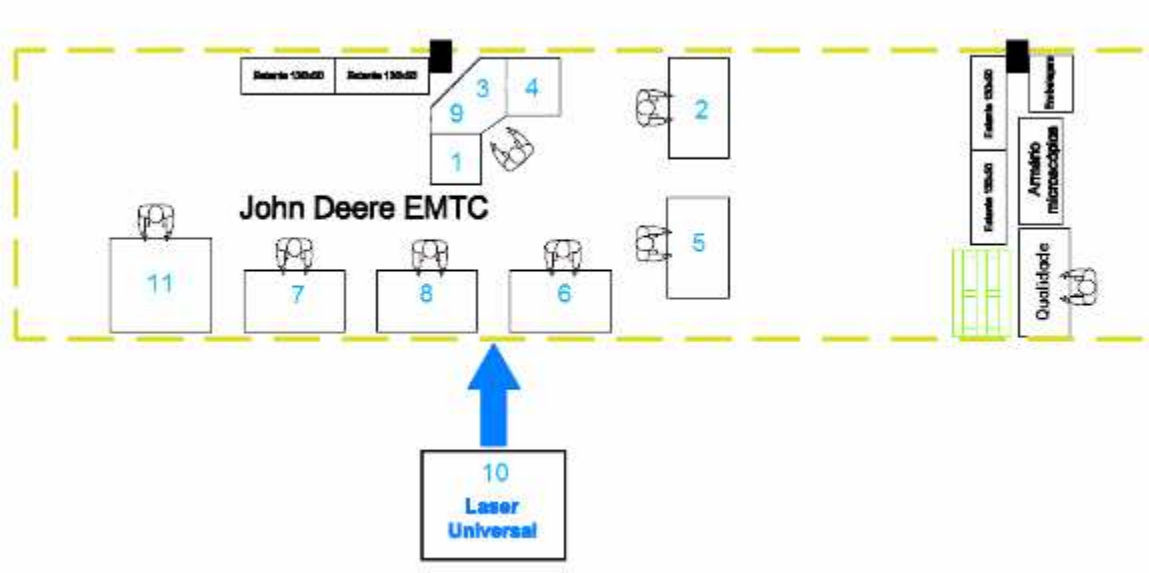


Figura 13 – Layout da linha John Deere

Operações de produção da linha John Deere:

No posto de trabalho 1 lubrifica-se a caixa e montam-se as molas de fixação. No posto 2 cola-se a película autocolante na *blenda* e monta-se o vidro, no caso da produção de referências com LCD. No posto 3 lubrificam-se as *blendas* e no 4 montam-se os botões interiores. No posto 5 monta-se a blenda completa e colocam-se os botões. O conjunto vai para o posto 6 onde se monta a caixa. No caso da produção de referências com LCD, é no posto 7 que os LCD's são montados nas placas electrónicas. No posto 8 montam-se as placas electrónicas na tampa superior e coloca-se a tampa no conjunto vindo do posto 6. Entretanto, no posto 9 são montados os *o'rings*, os eixos e os botões pintados. No posto 10 gravam-se os botões

pintados. No caso desta linha utiliza-se o laser universal, uma vez que esta linha não incorpora um equipamento de laser na sua constituição. É necessário que as operadoras se desloquem e desloquem os produtos acabados para efectuarem esta operação. No posto 11 faz-se o teste electrónico e funcional e os produtos finais são embalados.

3.3 A linha LDS B8

A linha LDS B8 é uma linha recente na Preh e produz os interruptores das luzes de alguns automóveis da marca Audi. Tal como noutras linhas de montagem, as principais diferenças das referências produzidas encontram-se nas gravações dos desenhos das *blendas*, nas placas electrónicas e na pintura dos botões. Na Figura 14 podem-se observar algumas dessas diferenças.

Figura 14 – Exemplos de interruptores produzidos na linha LDS B8

Na Figura 15 encontra-se representado o *layout* da linha LBS B8

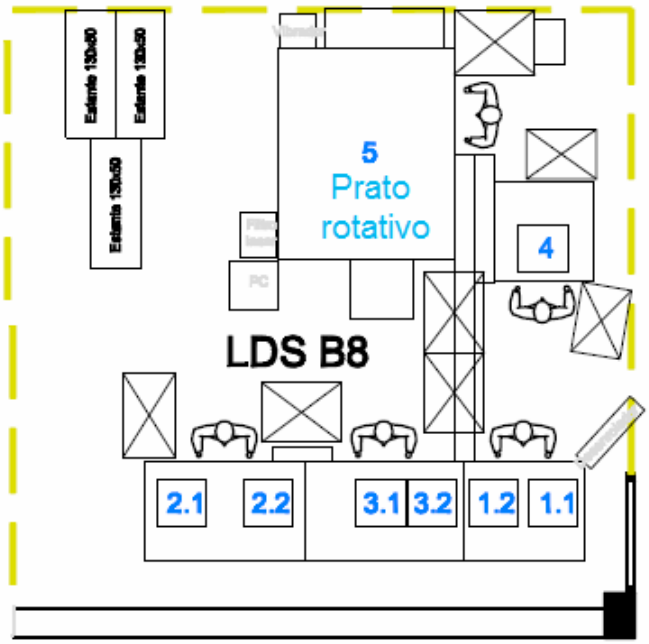


Figura 15 – Layout da linha LDS B8

Operações realizadas na linha LDS B8:

No posto de trabalho 1 realizam-se duas operações, o corte e alimentação da mola de contacto e a sua fixação termoplástica. No posto 2 monta-se a mola em forma de "T" e o veio de ressalto da mola axial na caixa. No posto 3 monta-se a caixa completa: lubrifica-se a tampa e montam-se as molas de ressalto e fixação, monta-se o suporte da mola, a placa electrónica e o botão completo. No posto 4 separam-se os condutores de luz dos suportes e das tampas das teclas e monta-se o conjunto. No posto 5, o prato rotativo, montam-se as *blendas*, os botões e as teclas no conjunto vindo do posto 3, programa-se a placa electrónica e gravam-se a laser as *blendas* e as teclas. Ainda no posto 5 faz-se o teste visual e funcional e embalam-se os produtos finais.

3.4 A linha MMI B8

Tal como a linha LDS B8, esta linha também produz equipamentos para a marca Audi. Neste caso produzem-se painéis de controlo sistemas multimédia. Na Figura 16 apresenta-se esse equipamento.

Figura 16 – Exemplo de Painel produzido na linha MMI B8

Uma das características desta linha é possuir uma grande parte das operações automáticas, nas quais não é necessária a intervenção das operadoras. No *layout* da linha (Figura 17) essas operações estão identificadas com os números 7 a 13.

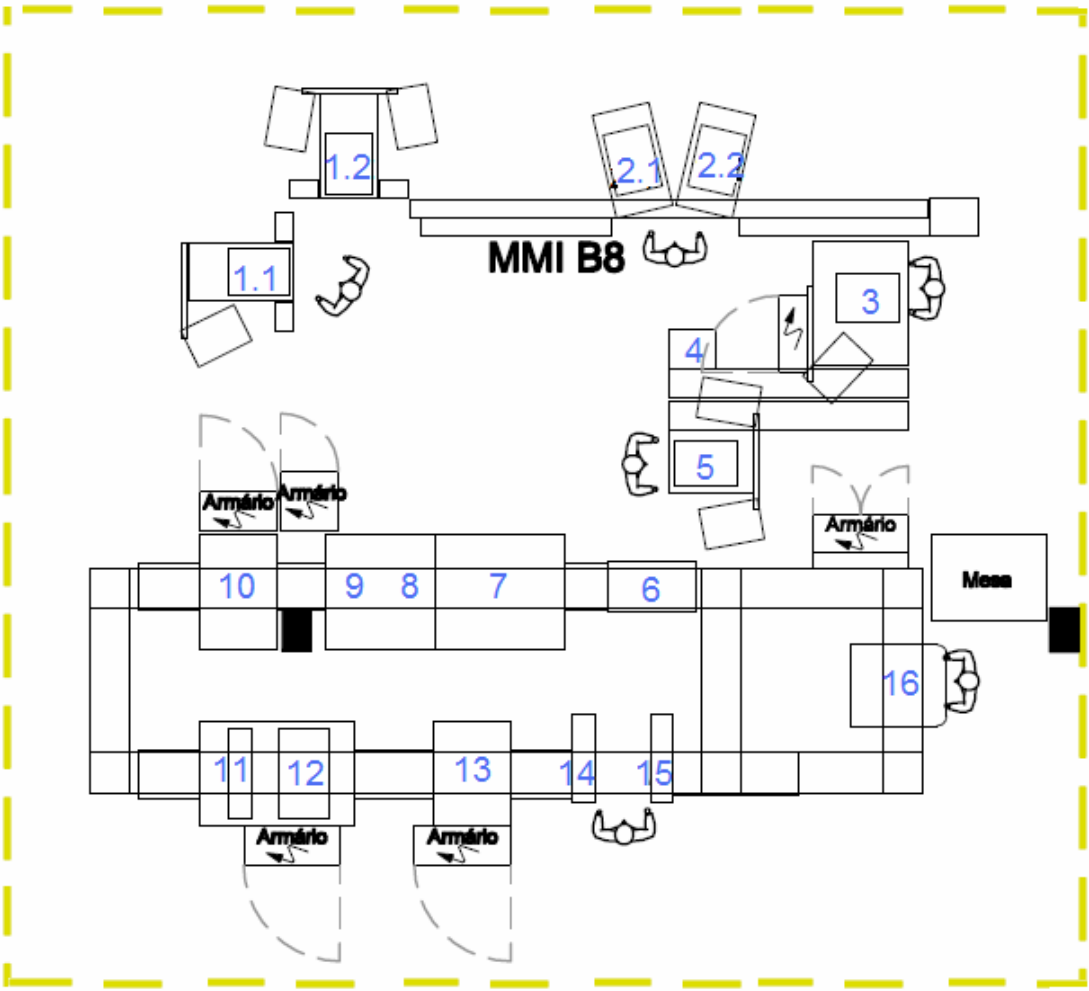


Figura 17 – Layout da linha MMI B8

Operações realizadas na linha MMI B8:

No posto 1 cortam-se os gitos dos botões interiores (1.1) e montam-se as molas e os botões interiores nas guias (1.2). No posto 2 cortam-se os condutores de luz (2.1), encaixam-se as teclas e montam-se os condutores de luz nos botões interiores (2.2). No posto 3 monta-se o anel condutor de luz do *encoder/joystick* e o kit completo das teclas, a placa electrónica e a tampa. A operação 4 é a montagem da borracha no contorno da *blenda* a 5 é a montagem das molas omega e dos batentes do cinzeiro. No posto 6 coloca-se a *blenda* na banda (tapete rolante onde encaixam os carrinhos que transportam os conjuntos para montar) e encaixa-se a blenda central. Posicionam-se nos carrinhos o condutor de luz, o botão do *encoder/joystick* e o botão do volume.

Seguem-se as operações automáticas: no posto 7 encaixam-se os condutores de luz e a *blenda* central, no 8 encaixa-se os botões do *encoder/joystick* e do volume. No posto 9 é feita a gravação a laser das teclas e da *blenda*. Seguidamente verifica-se a planicidade do *encoder/joystick* e no caso de produtos com *joystick*, a sua calibração é efectuada no posto 11. Segue-se o teste de visão para verificação dos símbolos (12) e o teste eléctrico funcional (13).

No posto 14 a operadora faz a verificação visual (*tubus*), é colocada automaticamente a etiqueta (15) e embala-se o produto montado.

No posto 16 é feita a verificação dos produtos defeituosos.

4 O Projecto

Preparar o sistema produtivo para a aplicação da Filosofia Kaizen implica conhecer de forma aprofundada as linhas de montagem para perceber quais as necessidades de intervenção. Depois de conhecidas essas necessidades é necessário estabelecer um plano de acções para que se consiga implementar as alterações desejadas.

O projecto realizado na Preh divide-se em três fases: Manutenção de 1º Nível, Equilíbrio de Linhas e Eliminação de "Muda". Contudo, estas metodologias foram aplicadas em linhas distintas, uma vez que os objectivos pretendidos para cada uma delas também eram distintos.

4.1 Manutenção de 1º Nível

Esta metodologia foi aplicada inicialmente às linhas Opel (ECC e MCP). Decidiu-se começar por estas linhas, uma vez que estas estavam definidas como as linhas piloto para a implementação do Projecto Kaizen. Seguidamente aplicou-se o mesmo método às linhas MMI B8 e LDS B8.

Para aplicar a metodologia Kaizen ao sistema produtivo é necessário que estejam já implementadas as bases da sua aplicação. A opção pela realização de manutenção de 1º Nível advém exactamente desta necessidade.

A manutenção de 1º nível reúne conceitos utilizados como bases da Filosofa Kaizen. Assim sendo, apoia-se essencialmente em metodologias como o TPM (Total Productive Maintenance), manutenção preventiva e 5S's.

Com a Manutenção de 1º Nível pretende-se diminuir o tempo de paragens não programadas, aumentando-se a fiabilidade e, consequentemente, a produtividade das linhas.

Ter um posto de trabalho limpo e organizado, com cada coisa no seu lugar é uma das principais bases da filosofia Kaizen. Só com um posto de trabalho arrumado e com um operador interessado e que perceba o seu funcionamento é que se podem evitar algumas avarias e criar as condições para que, caso aconteçam, sejam resolvidas mais rapidamente. É o que se pretende com a Manutenção de 1º Nível.

Para se chegar à implementação da Manutenção de 1º Nível foi necessário estabelecer um método que passa pelas seguintes fases: observação das linhas de montagem, recolha de informação, sugestão de possíveis soluções e finalmente elaboração de um plano de implementação.

4.1.1 Observação das linhas de montagem

O conhecimento detalhado do funcionamento das linhas, dos processos produtivos, dos movimentos das operadoras e dos produtos fabricados requer que se ocupe bastante tempo na sua observação.

Nesta fase, o diálogo com as operadoras foi importante para perceber a sua motivação e os principais problemas das linhas. Depois da explicação detalhada do funcionamento dos seus postos de trabalho, tiveram ainda a oportunidade de enumerar as suas principais dificuldades e sugerir soluções.

A visita às linhas com o mecânico também foi bastante útil, uma vez que permitiu determinar as tarefas de manutenção que podem ser feitas pelas operadoras, diminuindo a ocorrência de avarias. Por outro lado, havendo situações que possam se resolvidas, sem que para isso seja necessário recorrer aos serviços dos mecânicos, estes podem dedicar mais tempo às suas operações de manutenção programada.

Nesta fase de observação foi possível constatar que os postos de trabalho não se encontravam muito organizadas, tendo alguns equipamentos alguma sujidade e até pedaços de material no seu interior, podendo estes causar encravamento dos equipamentos. A Figura 18 exemplifica o estado em que se encontravam os equipamentos.

Figura 18 – Exemplos de sujidade nos equipamentos

4.1.2 Recolha de informação

Para saber em que situação se encontravam as linhas e para se poder determinar acções a implementar de forma a melhorar o seu funcionamento, foi necessário recorrer à análise das fichas de paragem da manutenção, onde são registadas todas as paragens, quer por avaria quer para manutenção programada, e aos planos de manutenção.

A partir destes documentos foi possível agrupar as diversas paragens por tipo de avaria e por soluções adoptadas para cada avaria. Na Tabela 1 estão representados alguns tipos de paragens e as soluções adoptadas para a sua resolução.

Tabela 1 – Lista de tipos de paragens e soluções adoptadas

Tipos de Paragens	Solução adoptada
Máquina não detecta mola	o Ajuste fibra óptica o Substituição de micros o Ajuste de sensor o Afinar micro switch
Erro de sensor	o Afinar sensor o Substituir sensor o Limpar sensor o Limpeza dos contactos o Limpeza da máquina
Não prende a peça	o Afinar sensor o Substituir sensor
Cor blenda	o Ajustar sensores o Ajuste cor blenda
Teste prende a peça	o Limpeza
Erro no botão da distribuição	o Afinar sensores
Não termina a operação	o Limpar sensores o Afinar sensores de vácuo
Erro no laser	o Limpeza do laser o Ajuste dos parâmetros
Cola não seca	o Afinar sensor que verifica se a blenda tem cola
Símbolos defeituosos	o Diminuir velocidade do laser o Substituição do laser o Díodos (laser avariado)

Depois de realizados vários *diagramas de Pareto*, constatou-se que muitos dos tempos de paragem se deviam a intervenções que seriam evitadas com a limpeza dos equipamentos e tarefas de manutenção simples, como ajuste de alguns sensores e lubrificações. A Tabela 2 e o gráfico da Figura 19 são exemplos do estudo efectuado. No anexo B encontra-se o estudo efectuado para os restantes equipamentos.

Tabela 2 – Tempo de paragem do dispositivo de montar mola de ressalto

Avaria	Tempo de paragem (min.)	%	Acumulado
Erro sensor	16:05	71,0%	71,0%
Não acaba a operação	3:05	13,6%	84,6%
Não fixa mola de ressalto	1:30	6,6%	91,2%
Fita reflectora danificada	1:30	6,6%	97,8%
Máquina não iniciava	0:30	2,2%	100,0%
Total	22:40	100,0%	

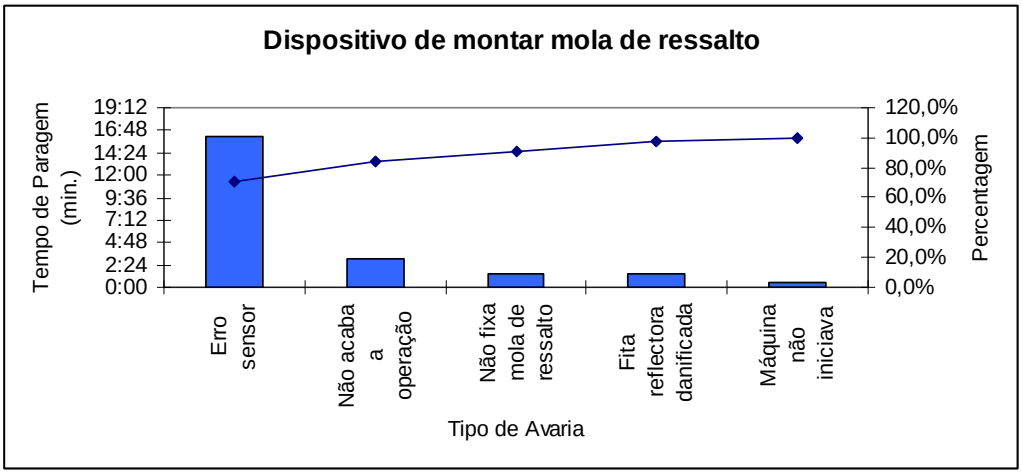


Figura 19 – Diagrama de Pareto do dispositivo de montar mola de ressalto

Como se pode ver na Figura 19, cerca de 16 horas, ou seja, cerca de 80% do tempo de paragens deve-se a erros de sensores. Pela análise do relatório da manutenção efectuada verifica-se que uma grande parte das paragens se deve a causas que podem ser eliminadas apenas com a limpeza dos equipamentos, embora existam outras paragens em que é necessária a intervenção da equipa de manutenção. Esta análise foi efectuada para todos os equipamentos e para todas as avarias e foi a base do estudo para a decisão das medidas a adoptar.

4.1.3 Pesquisa de Soluções

Com base nas informações recolhidas foi feito um estudo das metodologias que poderiam ser aplicadas para resolver esta situação. Chegou-se então à conclusão que baseado nas metodologias TPM e 5S's se podia criar um procedimento de manutenção preventiva que permitisse eliminar algumas paragens não programadas.

Decidiu-se implementar TPM começando pela Manutenção de 1º Nível. O objectivo desta manutenção é criar uma maior responsabilização dos operadores pelo seu próprio posto de trabalho, mantendo-o sempre limpo e organizado.

Para esse efeito foram criadas fichas de instrução e acompanhamento para a aplicação de Manutenção de 1º Nível em todos os postos de trabalho, indicando os locais onde a manutenção é mais importante e os materiais que devem ser utilizados para cada situação.

A Tabela 3 indica os principais locais onde a manutenção deve ser efectuada e os materiais

que se devem utilizar.

Tabela 3 – Localização e materiais para a realização de manutenção de 1º Nível

Local	Materiais a utilizar para a manutenção
Acrílicos e Superfícies Exteriores	Papel absorvente, pincel e líquido
Plataforma deslizante	Aspirador pneumático, papel absorvente pincel e líquido
Mesa	Papel absorvente e líquido
Interior	Aspirador pneumático, papel absorvente e líquido
Lâminas	Escova de aço
Calhas	Aspirador pneumático, papel absorvente e pincel
Sensores	Pistola / Aspirador pneumático, papel absorvente e pincel

Na Figura seguinte apresenta-se um exemplo das fichas de Manutenção de 1º Nível que foram criadas. No Anexo A encontram-se alguns exemplos das restantes fichas de Manutenção criadas

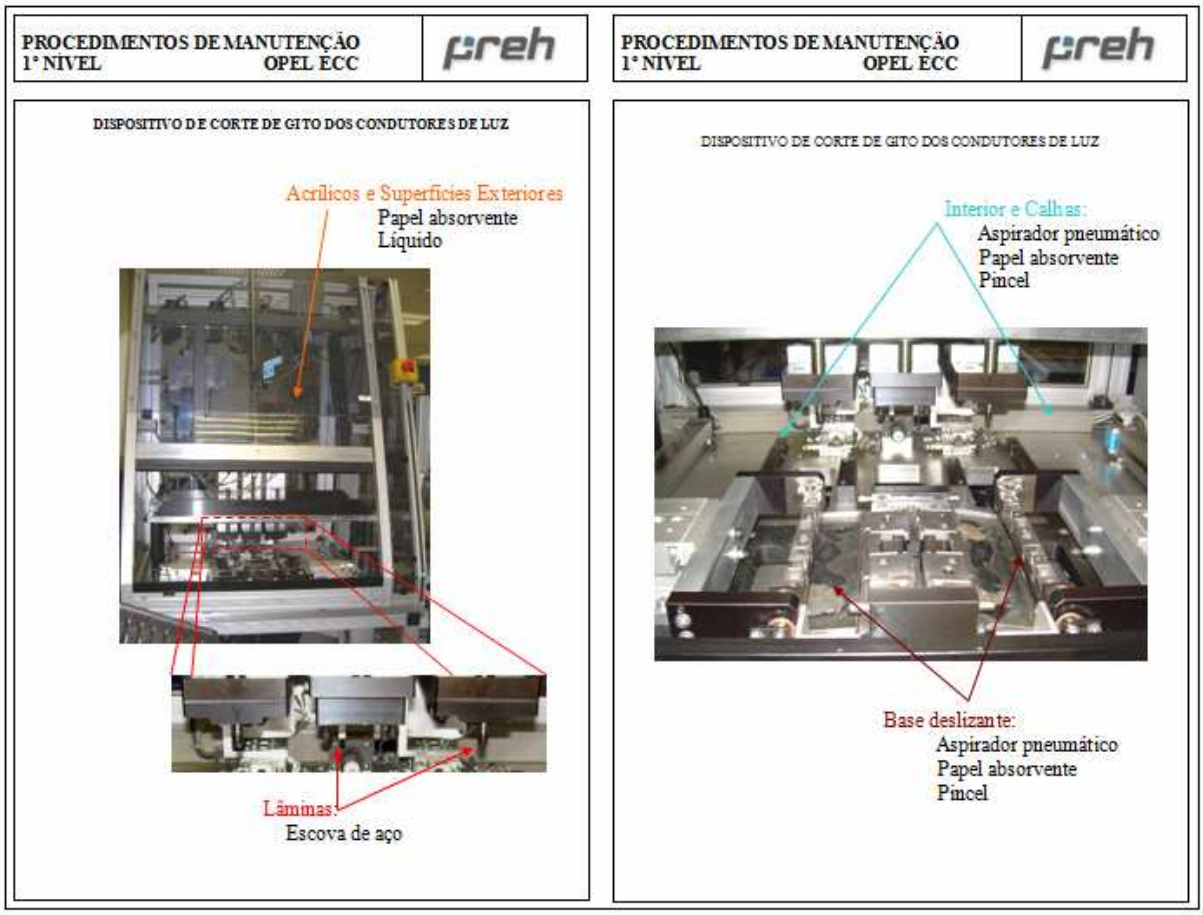


Figura 20 – Exemplo das fichas de manutenção para colocar em todos os postos de trabalho

Criaram-se também fichas de instrução para a limpeza dos tubos dos sensores de vácuo do posto de trabalho número 1 (Figura 21). É importante que se limpem frequentemente os tubos de vácuo, uma vez que estes acumulam bastante massa lubrificante e deixam de detectar os componentes. Esta é uma tarefa simples de efectuar, mas foi sempre realizada pela equipa de manutenção e sem uma periodicidade definida. Este facto leva a que muitas vezes se acumule demasiado lubrificante e seja necessário mudar os tubos, perdendo-se muito tempo. Assim, se esta operação de manutenção for realizada em todos os turnos, perdem-se apenas cinco minutos que serão facilmente recuperados com o melhor funcionamento do mecanismo.

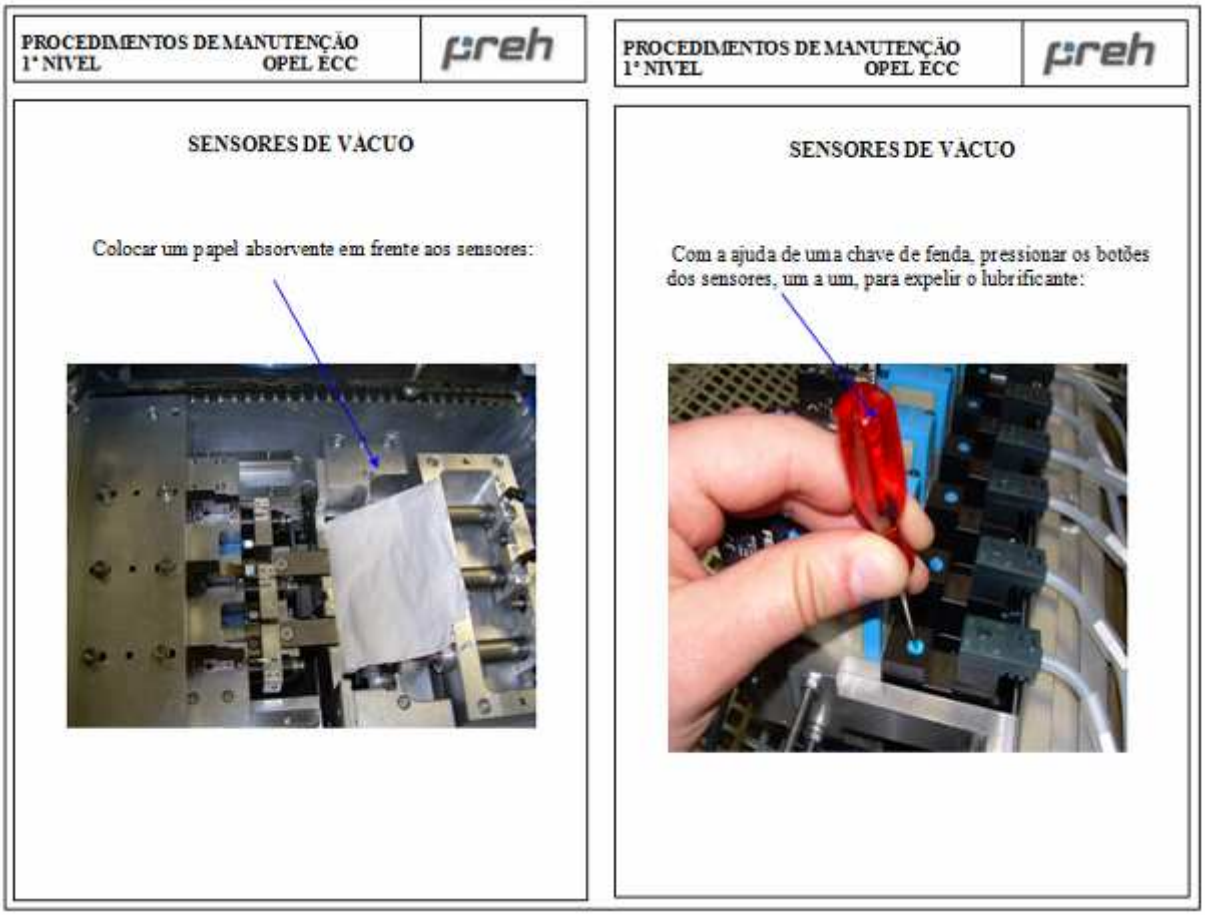


Figura 21 – Ficha de instrução para a limpeza dos tubos de vácuo (Linha Opel ECC)

4.1.4 Plano de implementação

Para se proceder à Manutenção de 1º Nível, foi necessário definir um horário de paragem e a sua periodicidade.

Decidiu-se que para se obter melhores resultados, a operação de manutenção deveria ser realizada diariamente em todos os turnos e que o melhor horário seria a meio de cada turno, depois da paragem do almoço ou jantar, com uma duração de cinco minutos. Estes cinco minutos acabam por ser recuperados, uma vez que são insignificantes quando comparados com o tempo que se perde em paragens não programadas.

Uma vez que muitos dos equipamentos não estavam preparados para esta operação de manutenção, devido à falta de acessibilidade ao seu interior, foi necessário elaborar uma

lista das alterações necessárias, nomeadamente, colocação de portas nos equipamentos e tomadas de ar para a ligação de pistolas e aspiradores pneumáticos. Foi criada uma *nota de avaria* com essas necessidades e envida ao departamento de manutenção para que se pudessem efectuar as devidas alterações.

Em reunião com os chefes da produção, acordou-se que a melhor forma para a implementação da Manutenção de 1º Nível, seria começar por informar as chefes de turno da aplicação da nova metodologia, e só depois, quando estivessem criadas todas as condições e acessibilidades, dar uma formação às operadoras e colocar as fichas de instrução em cada posto.

4.1.5 Implementação

Devido à elevada carga de trabalho da equipa de manutenção, causada pela implementação de uma nova linha de montagem de grande dimensão, não foi possível realizar no tempo previsto, as alterações necessárias nas linhas, nomeadamente a colocação de portas de acesso ao interior das máquinas e das tomadas de ar para os aspiradores e pistolas. Por não estarem todos os equipamentos disponíveis ao mesmo tempo, não foi possível implementar a Manutenção de 1º Nível, apesar de estar tudo encaminhado para tal e os restantes materiais já estarem disponíveis.

4.2 Equilíbrio de linhas

O problema de equilíbrio de linhas de produção consiste na alocação das operações de produção aos postos de trabalho, com o objectivo de minimizar o número de postos capazes de satisfazer a cadência desejada.

Assim sendo, o número de tarefas que cada operadora realiza na linha pode variar de acordo com a referência que se pretende produzir ou com o tempo disponível para a realização da produção.

Para resolução do problema de equilíbrio de linhas foi formulado um modelo em Programação Linear Inteira e implementado em Excel. Para se proceder à formulação do modelo foi necessário perceber o funcionamento das linhas e as relações de precedência e conhecer os tempos de cada operação de montagem.

A abordagem deste problema também permitiu estabelecer uma comparação entre os tempos efectivos de operação e os tempos teóricos descritos no SAP e estudar a sua relação com o cumprimento dos objectivos programados.

Este modelo foi aplicado a duas linhas de montagem: John Deere e MMI B8.

Embora sejam linhas distintas e com produtos muito diferentes, a abordagem do problema foi semelhante.

O estudo do problema de equilíbrio de linhas foi realizado em duas fases: análise do funcionamento das linhas e formulação do modelo para a aplicação em Excel.

4.2.1 Funcionamento das linhas e tempos de operação

A observação das linhas de montagem é fundamental para compreender o seu funcionamento e o processo produtivo. Para a formulação do modelo com base em Programação Linear Inteira é necessário conhecer as relações de precedência entre as operações e os tempos de cada operação.

Cronometraram-se todas as operações em todas as referências produzidas na linha. Para tal efectuaram-se seis medições e calculou-se o tempo médio de cada operação para se poder aplicar ao modelo matemático.

Na Figura 22 exemplificam-se as medições efectuadas para duas operações. Os restantes tempos cronometrados encontram-se no Anexo C.

Operação 2
Montagem da escala na blenda + vidro

Medição(seg.)	Tempo de Operação
72,36	
139,18	66,82
202,09	62,91
269,40	67,31
334,90	65,50
400,40	65,50
Tempo médio(s)	65,61
Tempo por 100 peças(min.)	109,35

Operação 3
Lubrificação manual da blenda

Medição(seg.)	Tempo de Operação
15,79	
30,29	14,5
45,74	15,45
58,53	12,79
74,16	15,63
88,6	14,44
Tempo médio(s)	14,56
Tempo por 100 peças(min.)	24,27

Figura 22 – Exemplo de medição dos tempos das operações 2 e 3 da linha John Deere

No exemplo anterior, além do tempo médio de operação também se pode consultar o tempo médio de operação por 100 peças e expresso em minutos. Este cálculo foi efectuado para que se possam comparar os tempos de operação reais com os tempos de operação teóricos, pois esta é a unidade utilizada pela empresa.

4.2.2 Modelo de Programação Linear Inteira

A partir dos tempos de cada operação e das relações de precedência, implementou-se em Excel um modelo formulado em PLI (Programação Linear Inteira). O modelo de formulação do problema encontra-se no Anexo D.

Este modelo permite a resolução do problema de equilíbrio de linhas através de duas opções. Pode ser utilizado fixando-se um tempo limite para as operações realizadas em cada posto de trabalho ou fixando-se o número de postos de trabalho que se pretende para a linha.

Na primeira situação, o tempo limite para as operações realizadas em cada posto de trabalho é fixado pelo utilizador e a solução apresentada pelo modelo aplicado em Excel distribui as operações de montagem pelo número mínimo de postos de trabalho que respeita o tempo de operação imposto pelo utilizador.

Quando é fixado pelo utilizador o número de postos de trabalho pretendido, a solução do Excel consiste na distribuição óptima das tarefas pelo número de postos fixado, respeitando as relações de precedência.

4.2.3 Aplicação do modelo de PLI às linhas

John Deere

As referências produzidas na linha John Deere diferem essencialmente na existência de um LCD na composição de uma delas. Este facto faz com que exista mais uma operação na sequência de montagem, além de que as operações anteriores também se tornam mais demoradas devido à existência de mais componentes.

Assim, sempre que se muda de referência torna-se necessário ajustar as tarefas às operadoras para que a produção seja mais eficiente. Na Figura 23 apresentam-se as diferenças dos tempos de operação das diferentes referências.

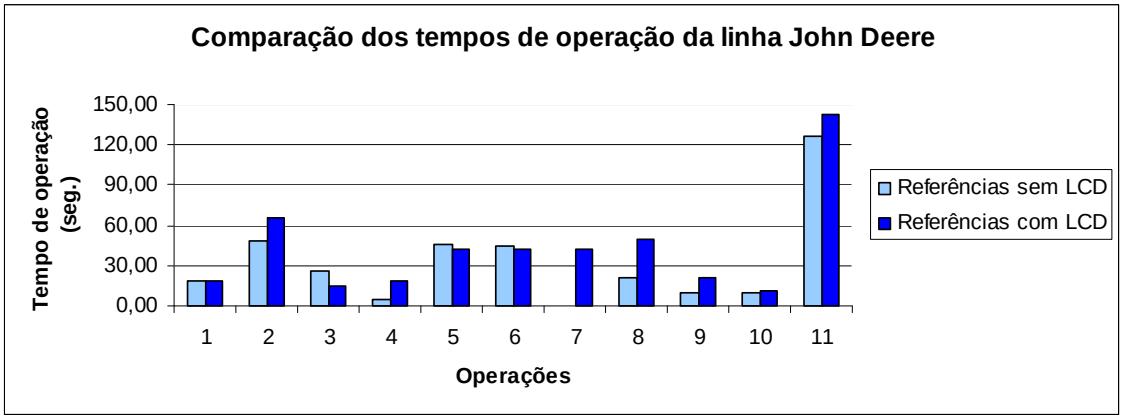


Figura 23 – Comparação dos tempos de operação das referências com e sem LCD da linha John Deere

Depois de cronometrados os tempos de cada operação e analisadas as relações de precedência, aplicou-se o modelo de PLI em Excel.

Aplicação do modelo em função de um tempo imposto

Este modelo pode ser utilizado para determinar o número mínimo de operadoras necessário para que o tempo de operação de cada posto seja igual ou inferior a um tempo determinado pelo utilizador.

Seguidamente apresenta-se o resultado a aplicação em Excel do modelo, quando se determina que o tempo de operação máximo de cada posto deve ser igual ao tempo da operação mais demorada do processo produtivo.

O modelo da Figura 24 foi aplicado para as referencias 90151-285 e 90151-282: produto com LCD.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
27																
28					j=1	j=2	j=3	j=4	j=5							
29		Operação	Tempo de operação (s)	Operações precedentes	posto					custo por posto/tempo						
30					A	B	C	D	E	A	B	C	D	E		
31		1	18,99	--	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0		
32		2	65,61	3	0	1	0	0	0	0	2	0	0	0		
33		3	14,56	--	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0		
34		4	18,34	--	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0		
35		5	42,16	2;4;9	0	1	0	0	0	0	2	0	0	0		
36		6	41,83	1;5	0	0	1	0	0	0	0	3	0	0		
37		7	42,77	6	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0		
38		8	49,41	7	0	0	1	0	0	0	0	3	0	0		
39		9	20,77	--	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0		
40		10	10,39	8	0	0	1	0	0	0	0	3	0	0		
41		11	142,01	10	0	0	0	1	0	0	0	0	4	0		
42				custo	1	2	3	4	5	5	4	9	4	0	22	
43															F. objectivo	
44																
45			Restrições													
46																
47			Tempo limite:	142,01												
48																

Figura 24 – Exemplo da aplicação do algoritmo em Excel para as referências 90151-285 e 90151 – 282

Como se pode observar na Figura 24, na coluna C insere-se o tempo de operação de cada tarefa e na coluna D as respectivas relações de precedência.

As colunas seguintes representam os postos de trabalho (j=1, j=2,.., j=n), neste caso identificados pelas letras A, B, C, D e E. Nestas colunas o Modelo de Programação Linear Inteira atribui numeração binária às células, sendo que a atribuição do número 1 representa a realização de uma determinada operação nesse posto, caso contrário é atribuído o número 0.

Como exemplo ilustrativo desta situação podemos atender à Figura anterior, onde a atribuição do número 1 à célula E31 significa que a operação 1 é realizada no posto A.

É atribuído a cada posto um "custo", sendo que o objectivo do Modelo de PLI é minimizar o "custo" total. Este "custo" é utilizado para que o modelo atribua o número máximo de operações a cada posto, minimizando desta forma o número de postos de trabalho necessários.

Para aplicar o Modelo é necessário introduzir um tempo limite de duração das operações em cada posto. No exemplo anterior estabeleceu-se como limite o tempo da operação mais longa (célula D47).

A solução apresentada pelo modelo está representada por cores. Assim no posto A efectuam-se as operações 1, 3, 4, 7 e 9. No posto B as operações 2 e 5. No posto C realizam-se as operações 6, 8 e 10 e no posto D realiza-se a operação 11.

A Figura seguinte demonstra de forma mais explícita a solução obtida.

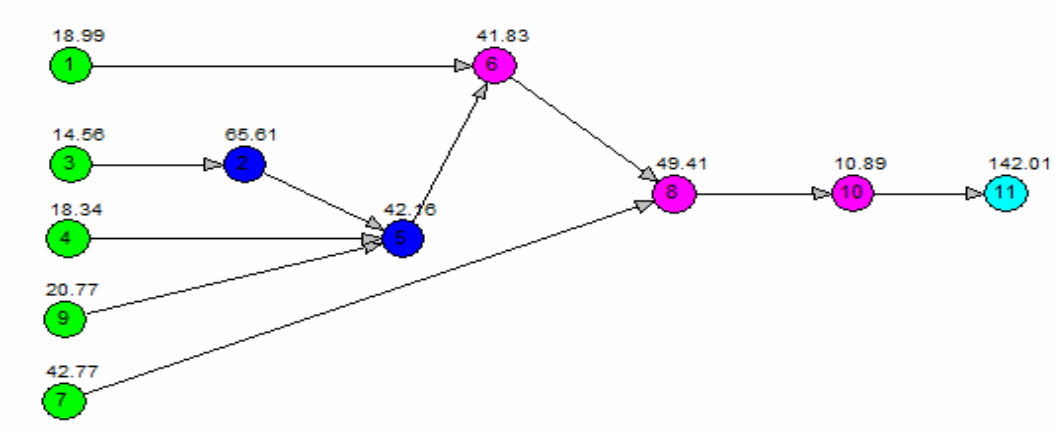
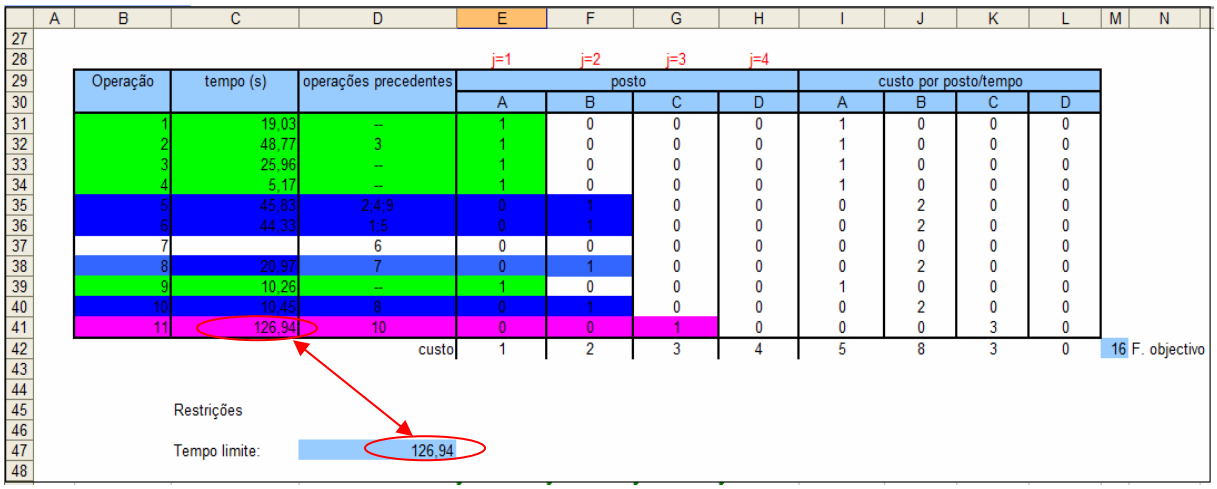


Figura 25 – Diagrama de precedências e postos de trabalho para as referências 90151-285 e 90151-282

Aplicando o mesmo critério para as referências que não integram LCD, referências 90151-280 e 90151-281, verifica-se que apenas precisamos de três operadoras. A Figura seguinte apresenta o resultado obtido.



Operação	tempo (s)	operações precedentes	posto A (j=1)	posto B (j=2)	posto C (j=3)	posto D (j=4)	custo por posto/tempo A	B	C	D
1	19,03	--	1	0	0	0	1	0	0	0
2	48,77	3	1	0	0	0	1	0	0	0
3	25,96	--	1	0	0	0	1	0	0	0
4	5,17	--	1	0	0	0	1	0	0	0
5	45,83	2;4;9	0	1	0	0	0	2	0	0
6	44,33	1;5	0	1	0	0	0	2	0	0
7		6	0	0	0	0	0	0	0	0
8	20,97	7	0	1	0	0	0	2	0	0
9	10,26	--	1	0	0	0	1	0	0	0
10	10,45	8	0	1	0	0	0	2	0	0
11	126,94	10	0	0	1	0	0	0	3	0
		custo	1	2	3	4	5	8	3	0

16 F. objectivo

Restrições

Tempo limite: 126,94

Figura 26 – Aplicação do algoritmo em Excel para as referências que não integram LCD.

Como se pode verificar na Figura 26, estabeleceu-se que o tempo limite de cada posto de trabalho é o tempo de duração da operação mais demorada.

De acordo com a solução obtida, a operadora A efectua as tarefas 1,2,3,4 e 9. A operadora B fica responsável pelas operações 5,6,8 e 10, e a operadora C fica com a operação.

A solução pode também ser verificada na Figura seguinte.

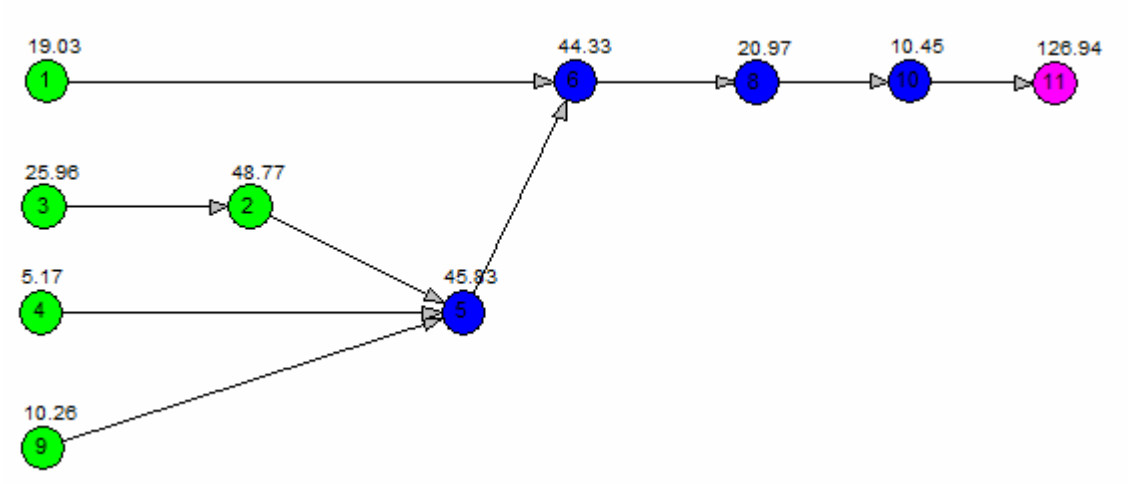


Figura 27 – Diagrama de precedências para as referências sem LCD

Nos dois exemplos anteriores utilizou-se como tempo limite de duração das tarefas em cada posto de trabalho o tempo da operação mais longa, mas o modelo de PLI também pode ser utilizado em função de outros tempos, como por exemplo o *Takt time*. *Takt time* é a medida que define o tempo de ciclo de um produto em função das necessidades do cliente.

$$Takt\ \ time = \frac{Tempo\ \ disponível}{Quantidade\ \ necessária}\ \ [\mathrm{h}]$$

A utilização do modelo em função desta unidade é de grande importância, uma vez que permite organizar a distribuição das tarefas por posto de trabalho em função das necessidades de produção.

Aplicação do modelo de PLI em função do número de operadoras

O modelo de PLI também pode ser utilizado para optimizar a distribuição das operações de produção em função do número de postos de trabalho disponíveis, ou seja, em função do número de operadoras.

Para que a solução do problema seja em função do número de postos de trabalho é necessário impor ao modelo o número de postos desejado.

A Figura 28 representa a solução do modelo quando se impõe que apenas existam três postos de trabalho para a produção de referências com LCD.

Operação	Tempo de operação (s)	Operações precedentes	posto A	posto B	posto C	posto D	custo por posto/tempo A	B	C	D
			j=1	j=2	j=3	j=4				
1	18,99	--	1	0	0	0	1	0	0	0
2	65,61	3	1	0	0	0	1	0	0	0
3	14,56	--	1	0	0	0	1	0	0	0
4	18,34	--	1	0	0	0	1	0	0	0
5	42,16	2;4;9	0	1	0	0	0	2	0	0
6	41,83	1;5	0	1	0	0	0	2	0	0
7	42,77	6	1	0	0	0	1	0	0	0
8	49,41	7	0	1	0	0	0	2	0	0
9	20,77	--	0	1	0	0	0	2	0	0
10	10,89	8	0	0	1	0	0	0	3	0
11	142,01	10	0	0	1	0	0	0	3	0
		custo	1	2	3	4	5	8	6	0

19 F. objectivo

0

Restrições

Tempo limite: 200,00

Figura 28 – Aplicação do modelo de PLI em função do número de operadoras

Na situação anterior o Modelo de PLI é o mesmo que foi aplicado anteriormente, diferindo apenas nos parâmetros introduzidos. Já não é imposto um tempo limite de operação para cada posto, mas sim o número de postos de trabalho pretendidos. Como se pode verificar na figura anterior, para se impor que as operações são distribuídas por três postos de trabalho, impôs-se que o número de tarefas realizadas no posto 4 seria igual a zero (célula H44).

Diagrama de precedências:

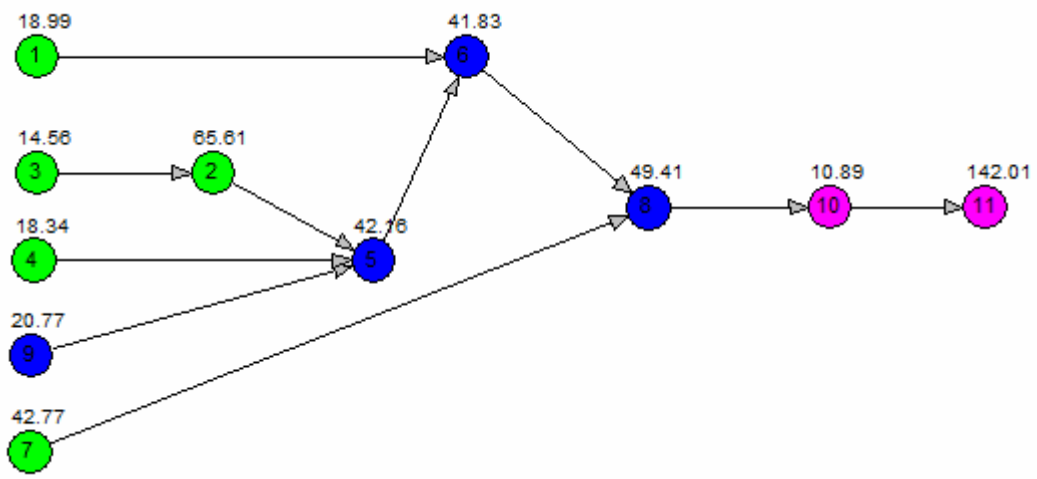


Figura 29 – Diagrama de precedências evidenciando a distribuição das operações para 3 operadoras

Nesta situação a operadora A ficaria responsável pelas operações 1,2,3,4 e 7. A operadora B ficaria com as operações 5, 6, 8 e 9. Finalmente a operadora do posto C efectua as operações 10 e 11.

Como se pode constatar com os exemplos anteriores, com este modelo de Programação Linear Inteira para a resolução de problemas de Equilíbrio de Linhas, é possível distribuir com alguma flexibilidade as operações de produção pelos vários postos de trabalho.

Outro objectivo da cronometragem de todas as operações desta linha era comparar os tempos de operação efectivos com os tempos de operação teóricos descritos no SAP. Nas figuras seguintes é feita essa comparação.

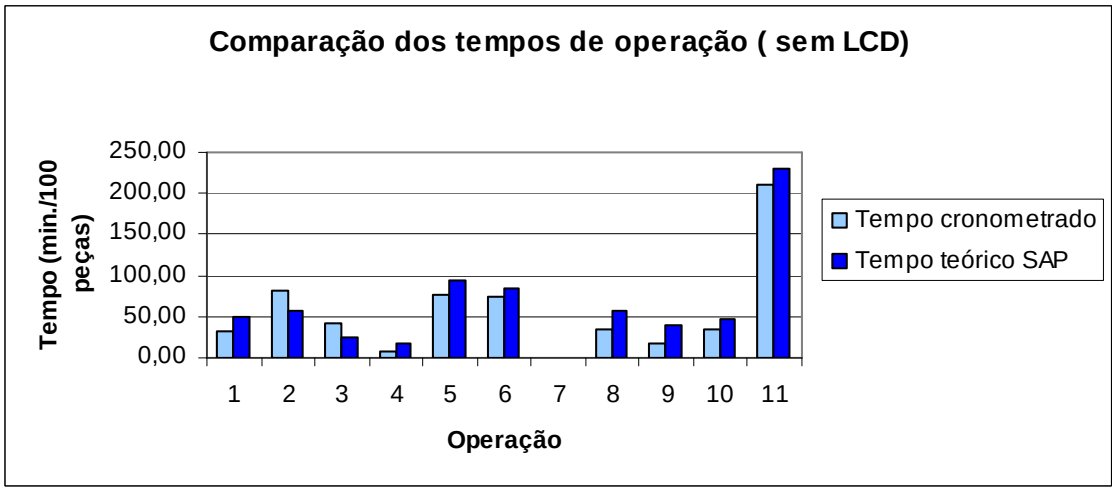


Figura 30 – Comparação dos tempos de produção para as referências que não incluem LCD

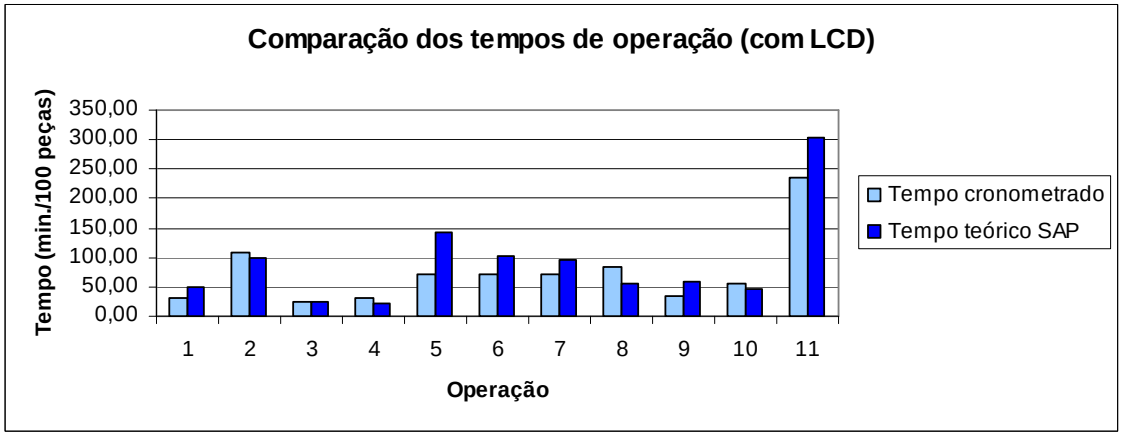


Figura 31 – Comparação dos tempos de produção das referências que incluem LCD

Verificam-se algumas diferenças entre os tempos reais e teóricos, embora e possam ser diluídas, uma vez que o tempo efectivo de operação não contempla o tempo de deslocações necessárias das operadoras e dos materiais. Assim, se a esse tempo total acrescentarmos 20% para os movimentos, verifica-se que os tempos de operação correspondem aos valores teóricos do SAP, e como tal é possível alcançar os objectivos propostos para as necessidades de produção.

MMI B8

Devido ao elevado número de operações, a linha MMI B8 exige também um elevado número de operadoras. Por esse motivo torna-se importante saber o tempo de cada operação e poder dispor de um modelo que permita uma distribuição mais flexível das operadoras e das tarefas.

A principal diferença na produção desta linha é a existência de referências com *encoder* ou *joystick* sendo que as referencias com *joystck* têm um tempo de operação superior. Os tempos medidos encontram-se no Anexo C.

Com a mesma flexibilidade que se aplicou o modelo de PLI à linha Jonh Deere, também pode ser aplicado à linha MMI B8. Seguidamente apresenta-se um exemplo da aplicação do modelo a esta linha de montagem.

Aplicação do modelo em função do número de operadoras

Neste exemplo pretende-se distribuir as tarefas desta linha por 5 operadoras. A Figura 32 demonstra o resultado obtido. O Modelo de Programação Linear Inteira aplicado ao Excel nesta linha tem os mesmos princípios de funcionamento do modelo utilizado para a linha John Deere. Na figura seguinte pode-se verificar a solução obtida.

				J=1	J=2	J=3	J=4	J=5	J=6								
Operação	tempo (s)	operações precedentes		posto						custo por posto/tempo							
				A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F		
1	58,81	---		1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0		
2	63,50	1		0	1	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0		
3	71,61	2;4		0	0	1	0	0	0	0	0	3	0	0	0		
4	39,14	---		1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0		
5	27,64	3		0	0	0	1	0	0	0	0	0	4	0	0		
6	26,15	5		0	0	0	1	0	0	0	0	0	4	0	0		
14	56,34	6		0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	5	0		
			custo	1	2	3	4	5	6	2	2	3	8	5	0	20	F. objectivo
									0								
Restrições																	
Tempo limite:		100,00															

Figura 32 – Exemplo da aplicação do algoritmo para a linha MMI B8 (encoder)

De acordo com a distribuição do algoritmo a operadora A ficaria com as operações 1 e 4, a operadora B com a operação 2 e a operadora C com a operação 3. O posto 4 seria constituído pelas operações 5 e 6 e, por último o posto 5 constituído pela operação 14.

Esta distribuição também pode ser ilustrada no seguinte diagrama de precedências:

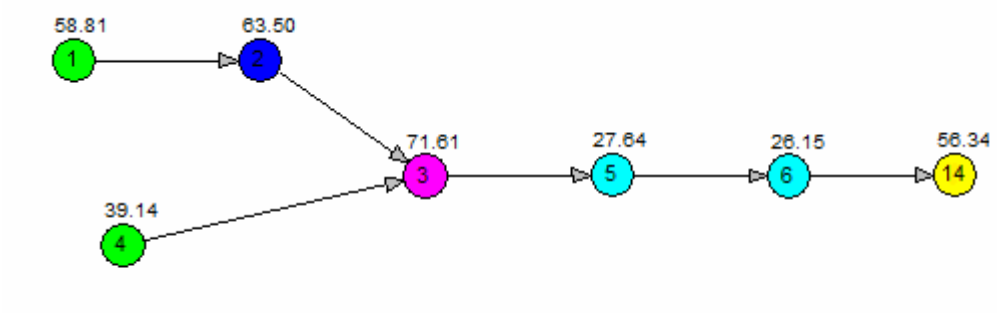


Figura 33 – Diagrama de precedências da linha MMI B8

4.3 Eliminação de " Mudas"

O estudo da linha LDS B8 baseou-se em duas abordagens distintas, a eliminação de desperdícios, quer a nível de tarefas, materiais ou equipamentos e a percepção e determinação das causas dos principais problemas que afectam a produtividade da linha. No entanto, o objectivo destas duas abordagens é o aumento da produtividade da linha.

A primeira abordagem da linha consistiu na sua observação, de modo a que se pudessem identificar "desperdícios", para se proceder à sua alteração.

Seguidamente apresentam-se alguns dos principais problemas encontrados e as soluções aplicadas para a sua resolução. O estudo começou pelo posto número 5, o prato rotativo, que é o *bottleneck* da linha e como tal torna-se prioridade do estudo.

Na Figura 34 encontram-se identificados alguns aspectos onde foi possível intervir para se eliminarem desperdícios.

Figura 34 – Identificação de desperdícios no posto de trabalho número 5 – prato rotativo

1 – Dificuldade de acesso para reposição das blendas.

A estante está encostada e como tal não é possível repor o material pela parte de trás. Como o espaço também é bastante reduzido, mesmo para repor as blendas pela frente é necessário que a operadora se desloque do seu lugar, deixando de produzir.

2 – Excesso de material em espera.

O excesso de material representa uma das "7Mudas" que deve ser eliminada. Além de ocupar espaço dificulta o movimento das operadoras e dos restantes materiais.

3 – Difícil acesso aos botões.

Com esta disposição da prateleira onde se colocam os tabuleiros dos botões, torna-se difícil para a operadora o acesso aos botões de accionamento do prato rotativo.

Depois de identificados estes desperdícios, efectuaram-se as alterações descritas de seguida:

Figura 35 – Alterações Efectuadas no Posto número 5

1 - O dispositivo que continha as blendas e o tabuleiro dos produtos acabados foi alterado e deslocado para o lado direito da operadora. Com esta disposição as blendas já podem ser repostas sem que a operadora tenha necessidade de se deslocar.

2 - Com este novo suporte também foi possível colocar os tabuleiros com os botões num local de fácil acesso e sem ocupar tanto espaço, facilitando os movimentos da operadora.

3 - As mudanças efectuadas permitiram um melhor acesso aos botões de accionamento do prato rotativo.

Ainda no posto de trabalho número 5 foram detectados alguns movimentos desnecessários que podiam ser eliminados. A Figura 36 demonstra esses movimentos.

Figura 36 – Pormenor dos movimentos no posto número 5

4 – Excesso de movimentos do material: Nesta situação o produto acabado sai do ponto A, a operadora retira a etiqueta da impressora (B), coloca a etiqueta na peça pronta, passa-a no leitor óptico (C), e coloca-a no tabuleiro dos produtos acabados (D). Para efectuar esta operação, a operadora tem duas alternativas, ou roda 360º, ou troca a peça de mão para colocá-la no tabuleiro pelo seu lado esquerdo, o que implica que tenha de se voltar para trás. Qualquer destes movimentos não é ergonómico.

5 – Localização da caixa de material não conforme: Sempre que é necessário colocar um produto na caixa de material não conforme, o operador tem de se deslocar do seu lugar.

Com a nova disposição do suporte dos materiais, esses movimentos foram reduzidos e tornou-se mais confortável o trabalho da operadora. A Figura 37 evidencia os novos movimentos.

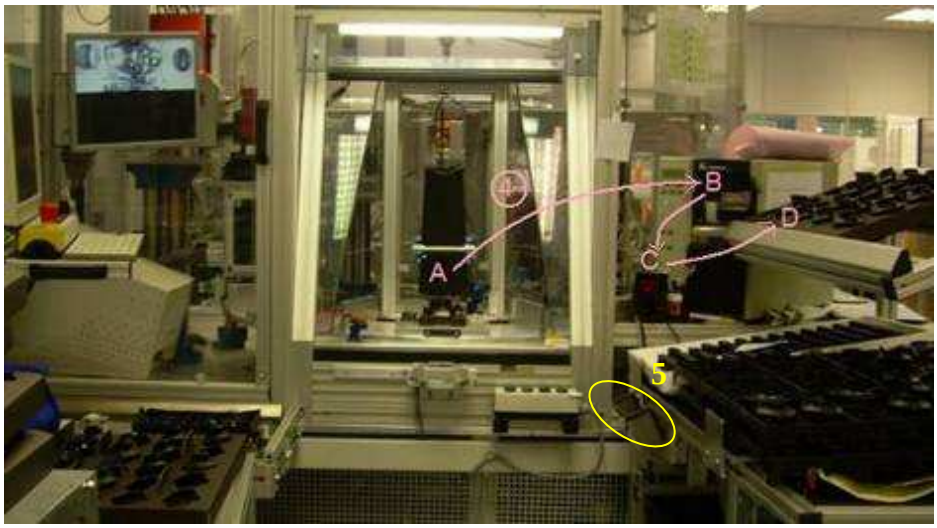


Figura 37 – Novos movimentos no posto 5

4 – Com esta nova solução, verifica-se um menor manuseamento dos produtos acabados. Agora todas as operações de manuseamento do produto acabado são efectuadas do mesmo lado e de frente para a operadora, reduzindo-se tempo de operação e movimentos desconfortáveis da operadora.

5 – Com esta localização da caixa de material não conforme, já não é necessário que a operadora se desloque do seu lugar sempre que precisa de colocar material na caixa.

Embora tenha sido alterada a disposição dos equipamentos neste posto de trabalho e seja agora mais fácil o manuseamento dos materiais, sabe-se que esta não é a solução óptima do ponto de vista da ergonomia dos postos de trabalho. Esta é a solução mais aproximada, uma vez que o equipamento não dispõe de espaço suficiente para uma melhor solução. A Figura 38 representa a situação ideal para a disposição dos materiais e movimentos das operadoras.

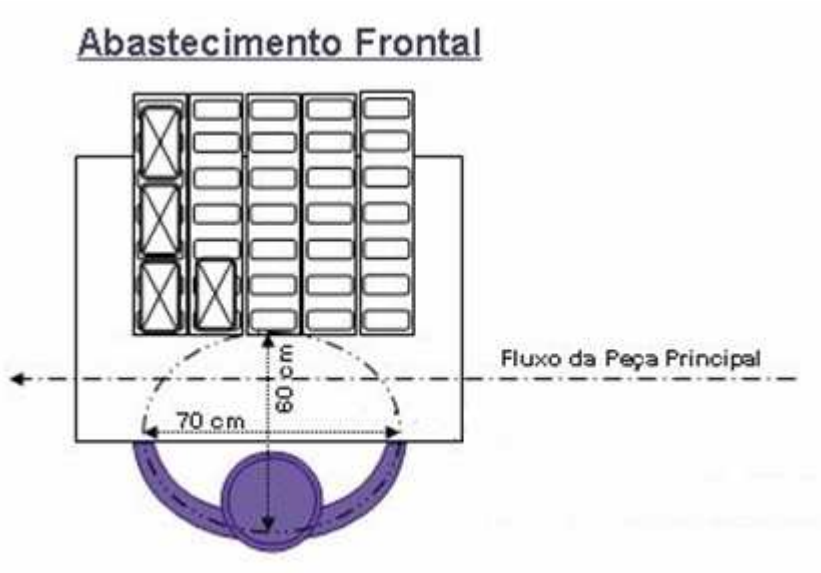


Figura 38 – Abastecimento e movimentação dos operadores

Como se pode observar na figura, a posição dos componentes deve ser frontal e o operador não se deve deslocar do seu lugar para efectuar movimentos.

No posto de trabalho número 3 também se verificaram necessidades de intervenção. A Figura 39 evidencia o equipamento e os movimentos dos materiais.

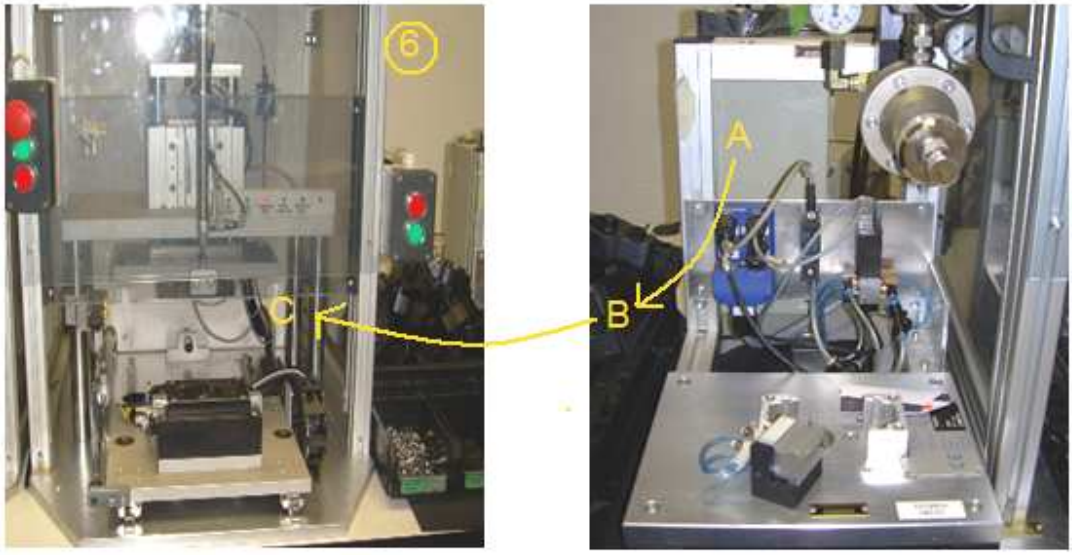


Figura 39 – Posto de trabalho número 3

6 - Excesso de movimento do material: Como se pode verificar na figura, as caixas são retiradas do tabuleiro e lubrificadas no mecanismo A, sendo colocadas novamente no tabuleiro (B). A operação seguinte consiste em pegar novamente nas caixas, agora já lubrificadas, e coloca-las no mecanismo C.

Nesta situação há um manuseamento desnecessário das caixas.

Procedeu-se então à alteração do posto número 3 e integrou-se o mecanismo de lubrificação das caixas, no dispositivo de fixação das molas como demonstra a Figura 40.

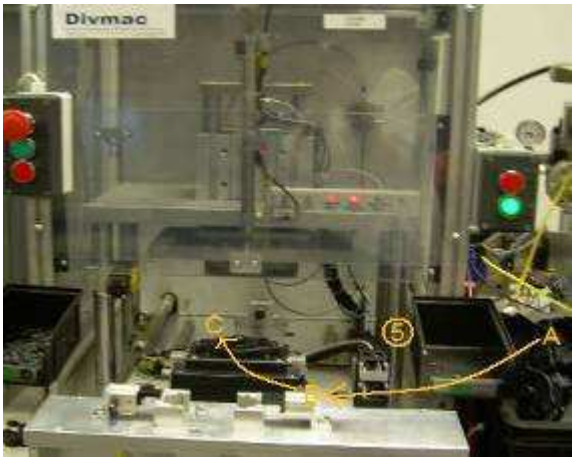


Figura 40 – Dispositivo de lubrificação da caixa e fixação das molas

6 - Com esta nova solução, a operadora pega na caixa que se encontra no tabuleiro (A), coloca-a no dispositivo de lubrificação (B) e depois de encaixar as molas, coloca-a no dispositivo (C). Como se verifica há um menor manuseamento das caixas, o que leva ao aumento do tempo disponível para a produção.

Estas são as soluções que foram implementadas, havendo ainda outras que possam ser aplicadas a esta linha a fim de eliminar desperdícios.

As possíveis alterações passam de seguida a ser descritas:

- Colocação de menores quantidades de material nas estantes e aplicação de gestão visual;

  Existe demasiado material nas estantes e não se encontra devidamente identificado e separado. Assim sendo, sempre que se pretende buscar material desperdiça-se tempo. Deste modo a sugestão é colocar menor quantidade de material nas estantes e aplicar gestão visual, ou seja, colocar uma referência em cada lugar com uma etiqueta identificativa para tornar mais simples a sua visualização;

- Realização de todas as operações em pé. Em alguns postos de trabalho desta linha umas operações são efectuadas em pé e outras sentadas. Se todas as operações se efectuarem em pé poderá haver uma maior entreajuda nas operações e a linha torna-se mais flexível;

- Existência de uma pessoa responsável pela reposição dos materiais nesta linha e pela embalagem dos produtos finais;

- Colocação de um degrau no posto de trabalho número 5, para permitir uma melhor visualização no *tubus*, uma vez que este equipamento está muito alto e é necessário um maior esforço da operadora para conseguir trabalhar.

Além da eliminação de "Muda" desta linha, foi feita uma análise a nível dos defeitos que afectam a produtividade da linha.

Mais uma vez, o objecto de estudo foi o posto de trabalho número 5, uma vez que é o mais importante e problemático da linha.

Começou-se pela análise dos principais defeitos e da sua distribuição pelos vários produtos. Essa análise foi feita a partir de um ficheiro do equipamento que regista todas as ocorrências e realizou-se sobre mês de Março de 2008.

O gráfico da Figura 41 representa a percentagem de ocorrências de defeitos por produto.

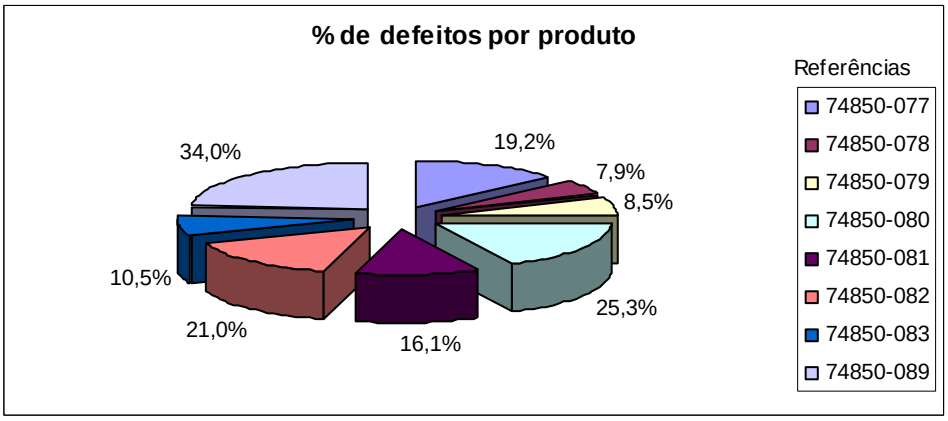


Figura 41 – percentagem de defeitos por produto

O passo seguinte foi determinar o tipo de defeitos que ocorrem em cada referência. Para tal, apresenta-se, como exemplo, a referência 74850-083, que é a mais produzida. O estudo realizado para as restantes referências é descrito no Anexo E.

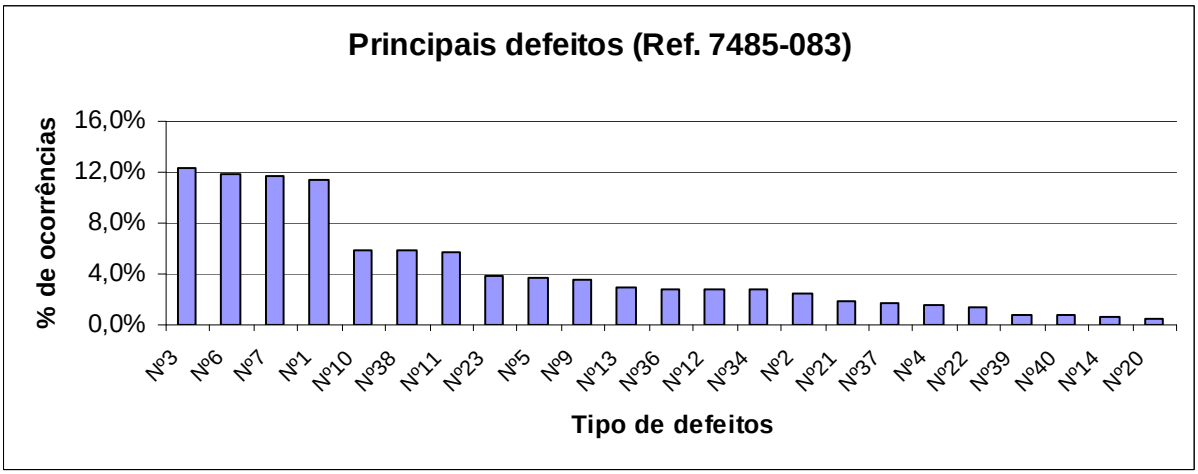


Figura 42 – Principais defeitos da referência 74850-083

Legenda:

Número	Defeito	Número	Defeito
Nº1	St.1 EEPROM Write Block 1	Nº21	St.6 Screw3
Nº2	St.1 Night Design	Nº22	St.7 Pop-Out Function
Nº3	St.1 Day Design	Nº23	St.7 LDS LIN Function
Nº4	St.1 Quiescent Current	Nº24	St.7 Redundancy voltage
Nº5	St.1 Max Current	Nº25	St.7 LDS Torque CW
Nº6	St.1 Snaps Test	Nº26	St.7 LDS Torque CCW
Nº7	St.1 Pop-Out	Nº27	St.7 EEPROM Write Block 0
Nº8	St.1 O_Ring	Nº28	St.7 EEPROM Write Block 2
Nº9	St.1 EEPROM_INFO	Nº29	St.7 EEPROM Write Block 3
Nº10	St.2 Cam PartCheck	Nº30	St.7 Screw 1
Nº11	St.2 PCB Coding R1	Nº31	St.7 Screw 2
Nº12	St.2 PCB Coding R2	Nº32	St.7 Screw 3
Nº13	St.2 PCB Coding R3	Nº33	St.8 LIN Button fog lamp Low Preasure
Nº14	St.3 Lasering	Nº34	St.8 LIN Button fog lamp High Preasure
Nº15	St.4 Cam Symbols Check	Nº35	St.8 LIN Button rear fog lamp Low Preasure
Nº16	St.4 Cam LEDs Check	Nº36	St.8 LIN Button rear fog lamp High Preasure
Nº17	St.5 Pick&Place	Nº37	St.8 LIN Calibration dimmer left
Nº18	St.6 Pick&Place	Nº38	St.8 LIN Calibration dimmer right
Nº19	St.6 Screw1	Nº39	St.8 torque dimmer CW
Nº20	St.6 Screw2	Nº40	St.8 torque dimmer CCW

Figura 43 – Legenda dos defeitos encontrados nos produtos

A lista com a explicação dos defeitos encontra-se no Anexo E.

Deve-se salientar que muitos dos defeitos representados no gráfico anterior, não se devem a mau funcionamento dos equipamentos, mas sim a defeitos dos componentes, que muitas vezes só são detectados depois do produto montado. Este é um problema grave e tem de ser resolvido com os fornecedores. Tenta-se, portanto, resolver todos os outros problemas de modo melhorar a produtividade da linha.

Constata-se também que para a mesma referência existem diferenças a nível produtivo mediante o turno em que se está a produzir. Um dos principais objectivos do estudo desta linha é perceber as causas dessas diferenças e tentar eliminá-las.

Para perceber essas diferenças foi necessário observar o funcionamento da linha e cronometrar os tempos de produção das peças no prato rotativo durante o primeiro e segundo turnos.

Dessa observação foi possível aferir que a forma de como os operadores trabalham interfere na quantidade de peças produzidas. Outra razão para a diferença de produção entre os turnos é o tempo que se gasta para a manutenção e para a realização de experiências na linha, geralmente efectuadas no turno da manhã.

Pela análise dos tempos de produção também é possível verificar que a percentagem de peças defeituosas também interfere no tempo de produção de uma peça boa. Assim sendo, quanto maior for o número de peças defeituosas, maior é o tempo médio de produção de uma peça boa.

Este facto explica-se pelo modo de funcionamento do prato rotativo e pela forma de como os dados são registados. No ficheiro regista-se o intervalo de tempo entre cada peça que saia, boa ou má. No caso de uma peça ser defeituosa, esta é retestada três vezes e a peça seguinte fica em espera no prato, o que faz com que o seu ciclo seja mais demorado.

5 Apresentação e Discussão dos Resultados

Devido à sobrecarga de trabalho do sector da manutenção resultante da implementação do projecto da Linha PL6, não foi possível estabelecer as condições de acessibilidade e os equipamentos necessários para que se pudesse implementar a Manutenção de 1º Nível nas linhas desejadas. Contudo, o trabalho até aqui efectuado, foi importante no sentido de consciencializar tanto os órgãos de gestão da empresa como as operadoras da importância de cuidar dos postos de trabalho, tanto a nível de limpeza como de organização. E que a realização de Manutenção Autónoma é crucial para que se possam diminuir as paragens por avaria, aumentando assim a fiabilidade dos equipamentos e consequentemente a produtividade.

Espera-se que depois de implementada a Manutenção de 1º Nível, se possam reduzir estas paragens em cerca de 20%.

O objectivo de formular um modelo para o equilíbrio das linhas John Deere e MMI B8 foi cumprido, sendo agora possível distribuir as operações das linhas em função das necessidades de produção.

Em relação à linha LDS B8, foram identificados vários aspectos em que é possível obter melhorias, eliminando “desperdício”.

Algumas acções foram implementadas no sentido de melhorar o funcionamento da linha e aumentar a produtividade. Mudaram-se equipamentos, outros foram alterados e implementaram-se novos hábitos de trabalho. No entanto há ainda muito que se pode fazer, e certamente será feito num futuro próximo.

A eliminação de “Mudas” foi a última fase deste projecto e como tal não é possível apresentar resultados da sua implementação, uma vez que a linha ainda se encontra em fase experimental e as operadoras ainda se encontram em fase de adaptação.

Espera-se no entanto, um aumento da produtividade, uma vez que algumas operações e movimentos desnecessários foram eliminados, podendo o tempo recuperado ser traduzido em melhorias da produtividade.

6 Conclusão e Trabalho Futuro

Apesar do pouco tempo em que decorreu este Projecto e de nem todas as acções terem sido implementadas, pode-se considerar que o balanço é positivo.

Relativamente à Manutenção de 1º Nível, apesar de não ter sido implementada, foram criadas todas as bases para a sua implementação. É de referir ainda que se conseguiu consciencializar as operadoras para esta temática sendo assim facilitada a tarefa de implementação desta metodologia no futuro. Espera-se que, pela sua importância esta metodologia seja aplicada a todas as linhas de montagem.

No final deste projecto é já possível distribuir as tarefas de produção pelos postos de trabalho das linhas abordadas, em função das necessidades de produção. Seria importante no futuro alargar este modelo de PLI às restantes linhas de produção.

Relativamente à eliminação de "Mudas", foi possível detectar oportunidades de melhoria e implementar alterações, sendo que no futuro será importante um acompanhamento contínuo procurando sempre novas oportunidades de melhoria.

A nível pessoal esta oportunidade proporcionada pela Preh foi importante. Permitiu-me um primeiro contacto com o Mundo do Trabalho, e ainda com o apoio directo por parte da Faculdade.

Este projecto permitiu-me alargar os meus conhecimentos e aplicar algumas das ferramentas estudadas durante o meu percurso académico. Proporcionou-me ainda um enriquecimento pessoal devido à interacção com diferentes tipos de pessoas.

É importante ainda salientar a oportunidade que me foi concedida em participar em várias acções de formação ministradas pelo "Kaizen Institute".

Em resumo considero que este projecto foi um sucesso em termos pessoais, e penso ter contribuído com o meu trabalho e dedicação para a evolução da Preh.

7 Referências Bibliográficas

Nakajima, Seiichi, Seminário Internacional de TPM – Total Productive Maintenance ou “Zero Avarias”, Lisboa 19 e 20 de Fevereiro 1990.

Imai, Maasaki, “Gemba Kaizen: Estratégias e técnicas do Kaizen no piso de fábrica”, Instituto IMAM, 1996.

Imai, Maasaki, “Kaizen: a estratégia para o sucesso competitivo”, Instituto IMAM, 1988.

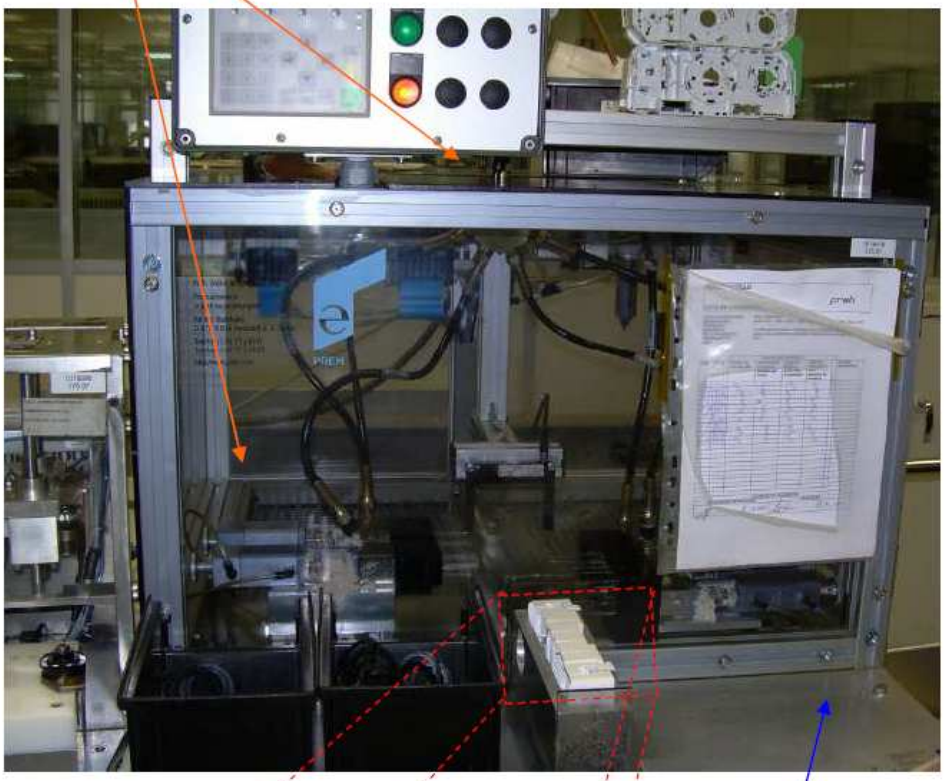
Nakajima, Seiichi, “La maintenance productive totale: nouvelle vague de la production industrielle: TPM”, AFNOR, 1987.

Anexo A – Fichas de Manutenção de 1º Nível

PROCEDIMENTOS DE MANUTENÇÃO 1º NÍVEL OPEL MCP	preh

DISPOSITIVO DE LUBRIFICAÇÃO DA CAIXA

Acrílicos e Equipamentos Exteriores:
Papel absorvente
Líquido

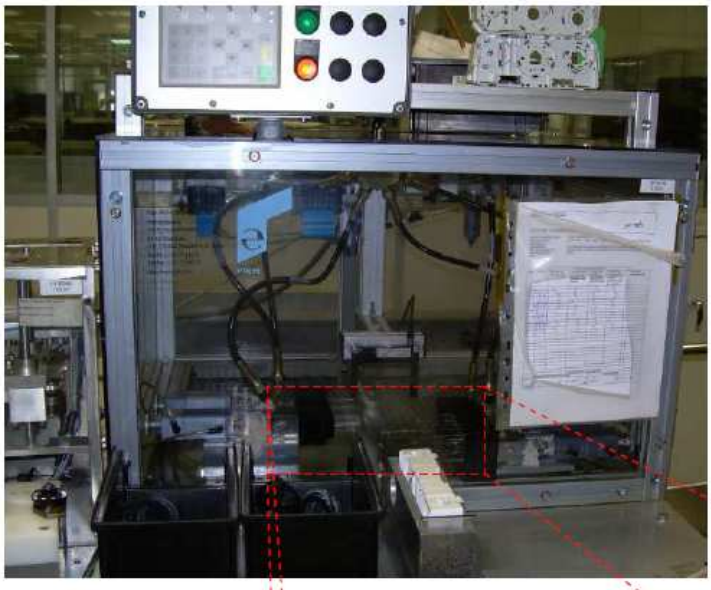


Mesa:
Papel absorvente
Líquido

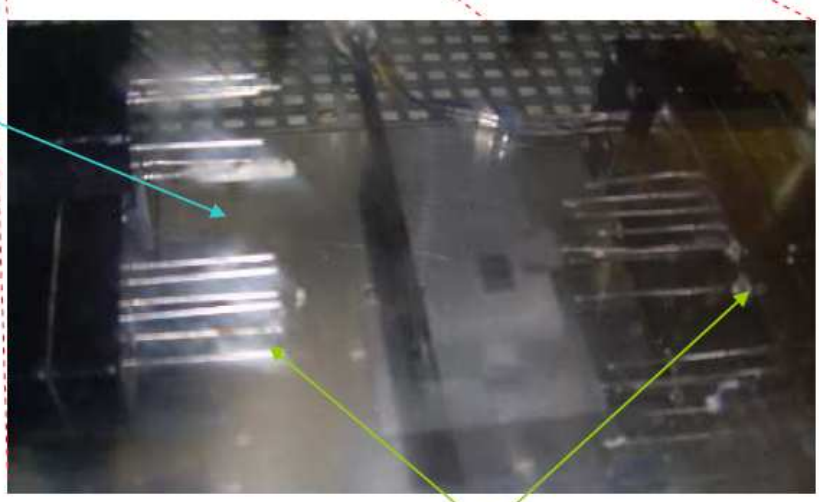
Base onde se coloca a caixa:
Aspirador pneumático
Papel absorvente
Pincel

PROCEDIMENTOS DE MANUTENÇÃO 1º NÍVEL OPEL MCP	preh

DISPOSITIVO DE LUBRIFICAÇÃO DA CAIXA



Interior:
Aspirador pneumático
Papel absorvente
Pincel



Agulhas e Mecanismos de lubrificação:
Papel absorvente
Pinça
Pincel

PROCEDIMENTOS DE MANUTENÇÃO 1º NÍVEL OPEL MCP	preh

DISPOSITIVO DE MONTAR COMUTADOR DE VENTILAÇÃO NA CAIXA

Acrílicos e Equipamentos Exteriores:

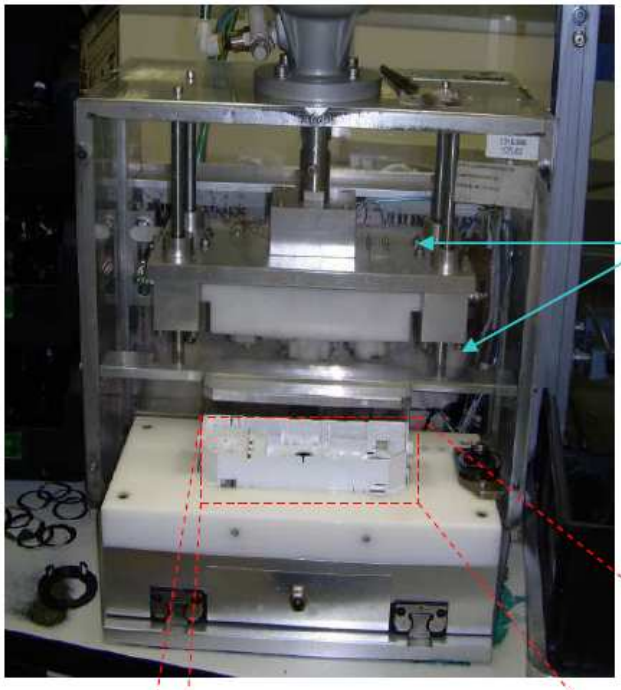
Aspirador pneumático
Papel absorvente
Líquido

Mesa:

Papel absorvente
Líquido

PROCEDIMENTOS DE MANUTENÇÃO 1º NÍVEL OPEL MCP	preh

DISPOSITIVO DE MONTAR COMUTADOR DE VENTILAÇÃO NA CAIXA



Interior:
Aspirador pneumático
Papel absorvente
Pincel

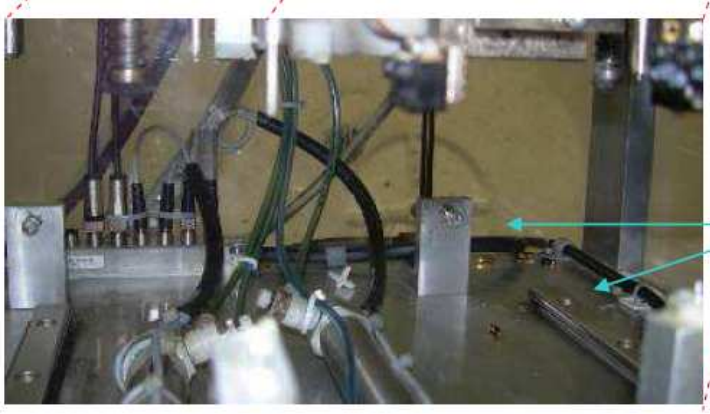
Base onde se coloca a caixa:
Aspirador pneumático
Papel absorvente
Pincel

PROCEDIMENTOS DE MANUTENÇÃO 1º NÍVEL OPEL MCP	preh

DISPOSITIVO DE MONTAGEM DA PLACA ELECTRÓNICA

Acrílicos e Equipamentos Exteriores:

Aspirador pneumático
Papel absorvente
Líquido



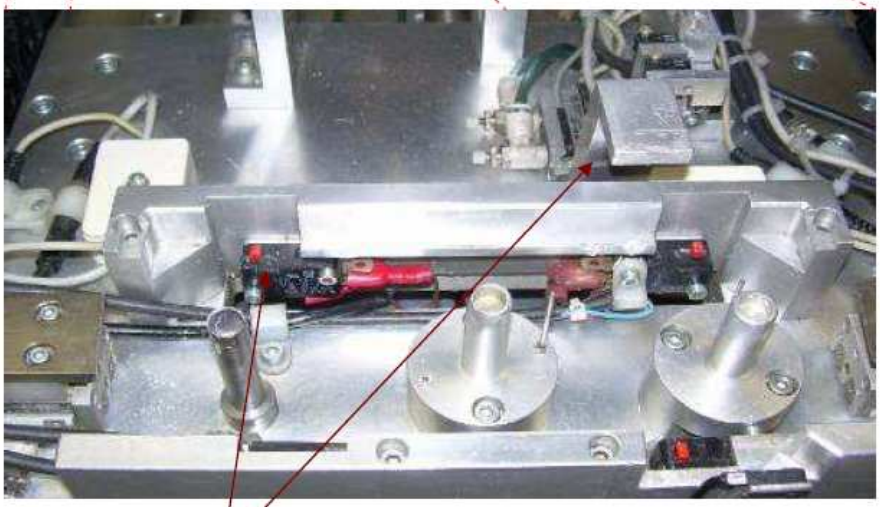
Interior e Calhas:

Aspirador pneumático
Papel absorvente
Pincel

PROCEDIMENTOS DE MANUTENÇÃO 1º NÍVEL OPEL MCP	preh

DISPOSITIVO DE MONTAGEM DA PLACA ELECTRÓNICA

Mesa:
Aspirador pneumático
Líquido
Papel absorvente



Base deslizante e Sensores:
Aspirador pneumático
Papel absorvente
Pincel

PROCEDIMENTOS DE MANUTENÇÃO 1º NÍVEL OPEL MCP	preh

DISPOSITIVO DE MONTAGEM DA TAMPA

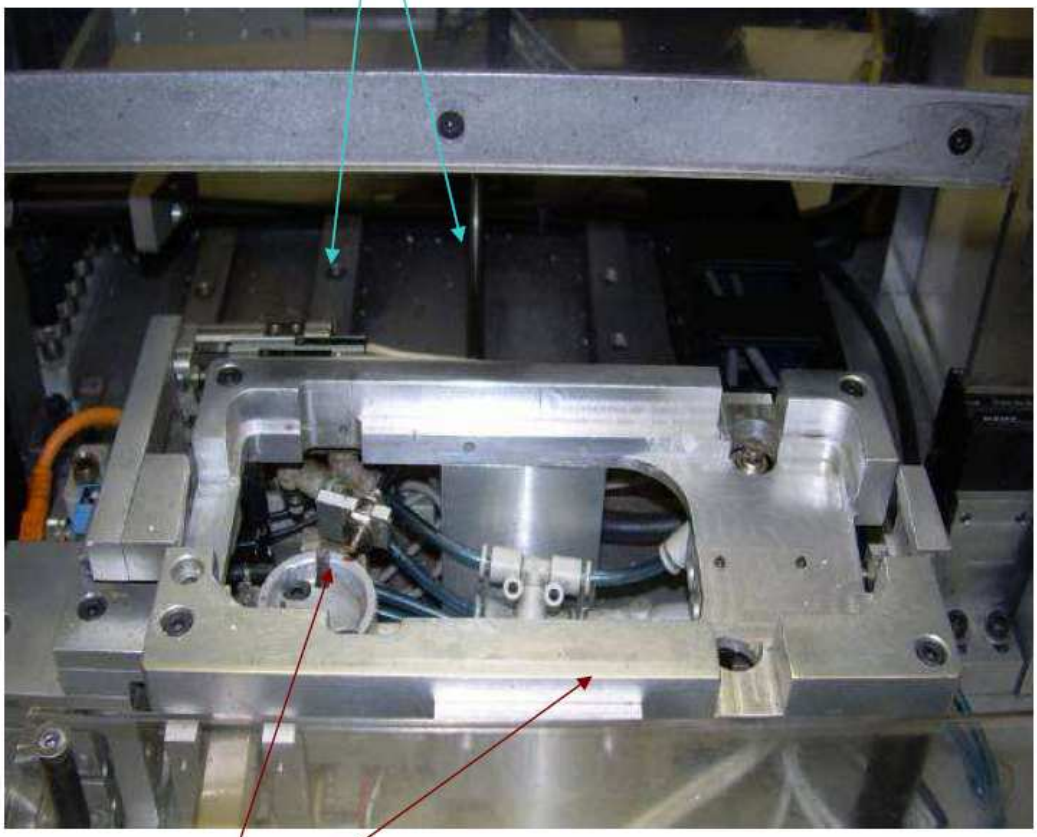
Acrílicos e Equipamentos Exteriores:
Aspirador pneumático
Papel absorvente
Líquido

Mesa:
Aspirador pneumático
Papel absorvente
Líquido

PROCEDIMENTOS DE MANUTENÇÃO 1º NÍVEL OPEL MCP	preh

DISPOSITIVO DE MONTAGEM DA TAMPA

Interior e Calhas:
Aspirador pneumático
Papel absorvente
Pincel



Base deslizante e Sensores:
Aspirador pneumático
Papel absorvente
Pincel

PROCEDIMENTOS DE MANUTENÇÃO 1º NÍVEL OPEL MCP	preh

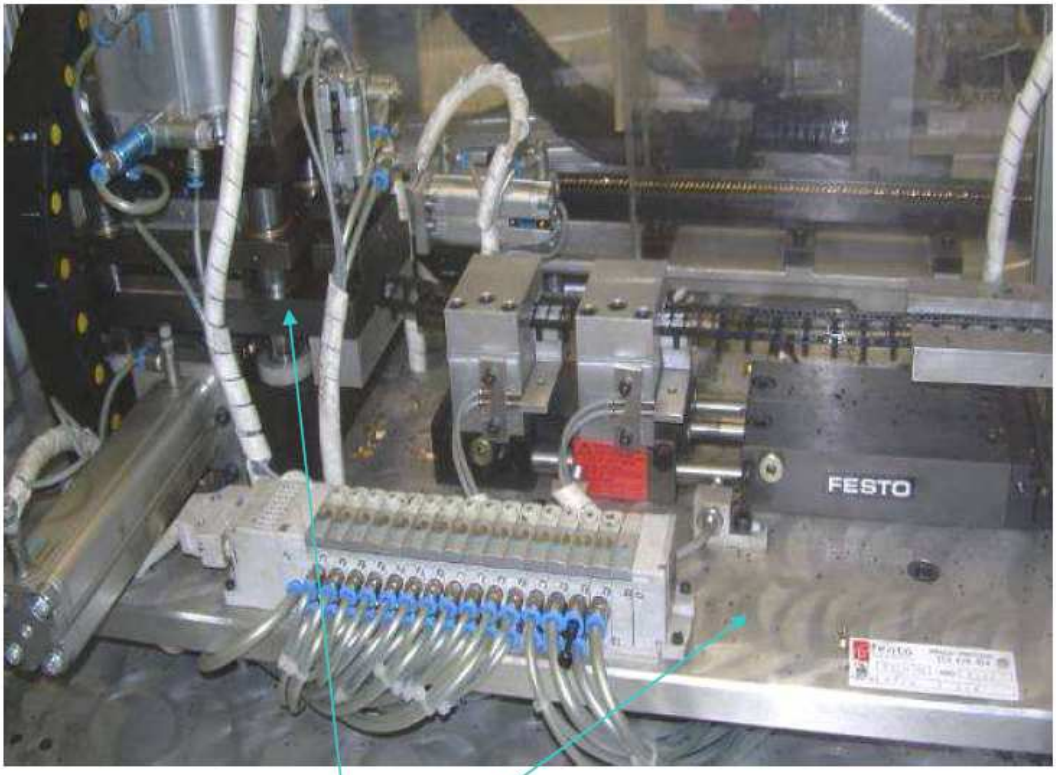
DISPOSITIVO DA MOLA INOVAN

Acrílicos e Superfícies Exteriores:
Papel absorvente
Líquido
Pincel

Mesa :
Papel absorvente
Líquido

PROCEDIMENTOS DE MANUTENÇÃO 1º NÍVEL OPEL MCP	preh

DISPOSITIVO DA MOLA INOVAN

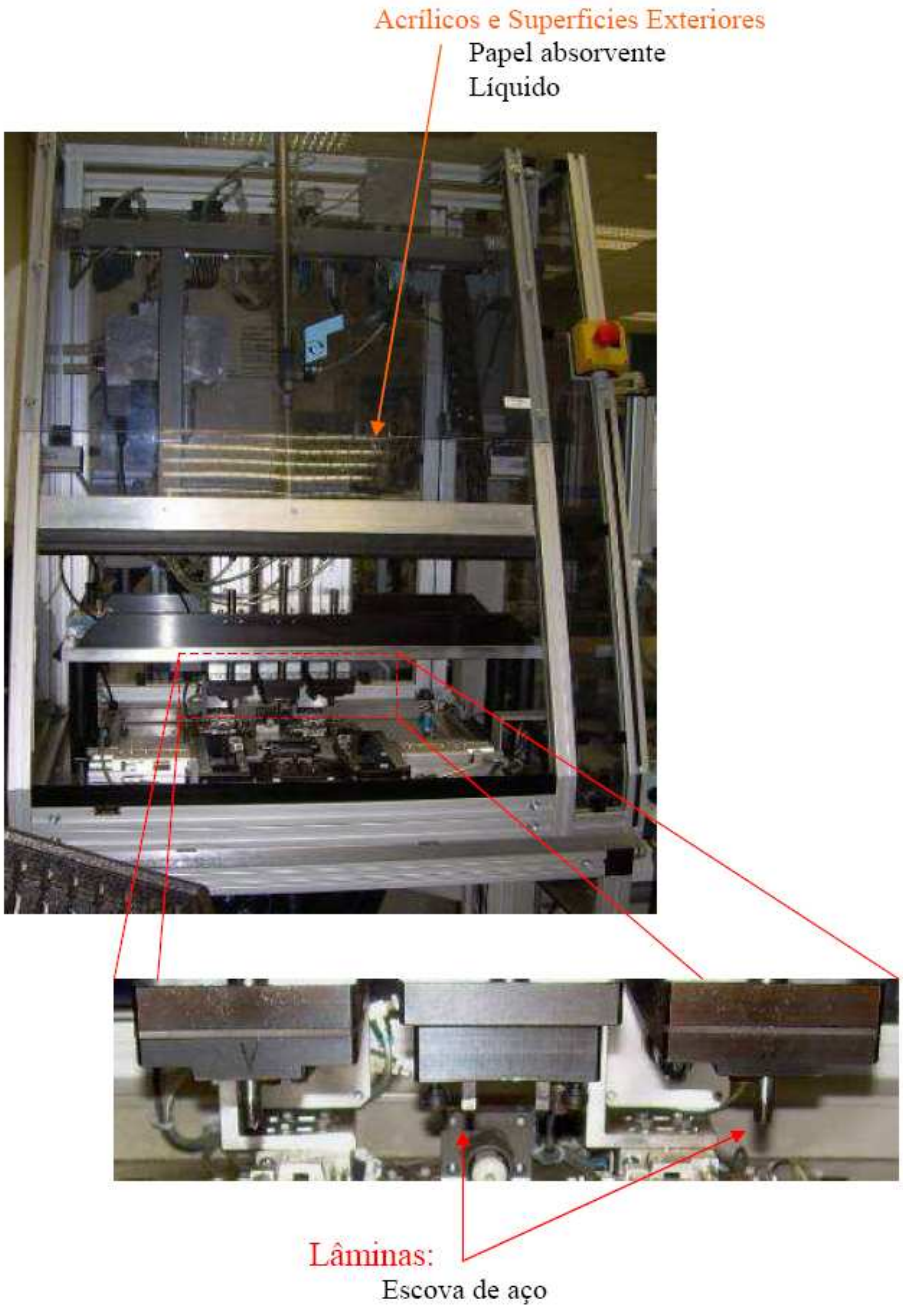


Interior:

Aspirador pneumático
Papel absorvente
Pincel

PROCEDIMENTOS DE MANUTENÇÃO 1º NÍVEL OPEL MCP	preh

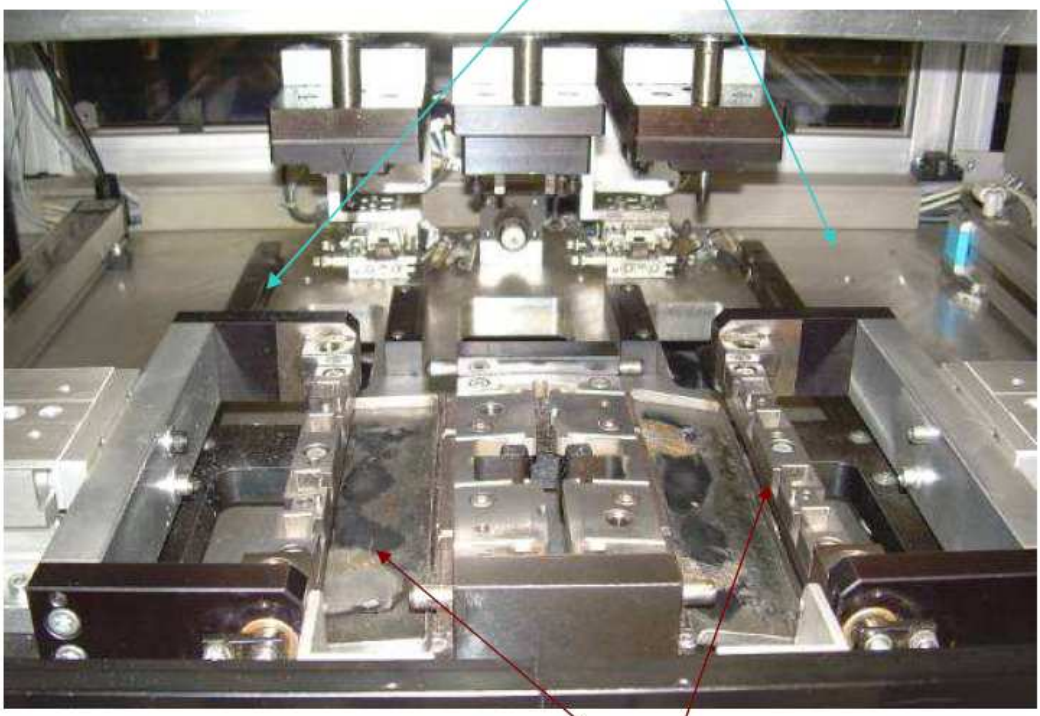
DISPOSITIVO DE CORTE DE GITO DOS CONDUTORES DE LUZ



PROCEDIMENTOS DE MANUTENÇÃO 1º NÍVEL OPEL MCP	preh

DISPOSITIVO DE CORTE DE GITO DOS CONDUTORES DE LUZ

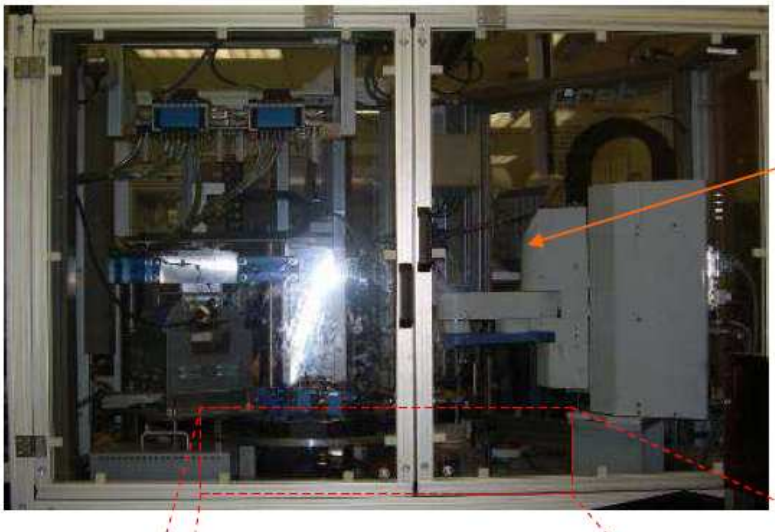
Interior e Calhas:
Aspirador pneumático
Papel absorvente
Pincel



Base deslizante:
Aspirador pneumático
Papel absorvente
Pincel

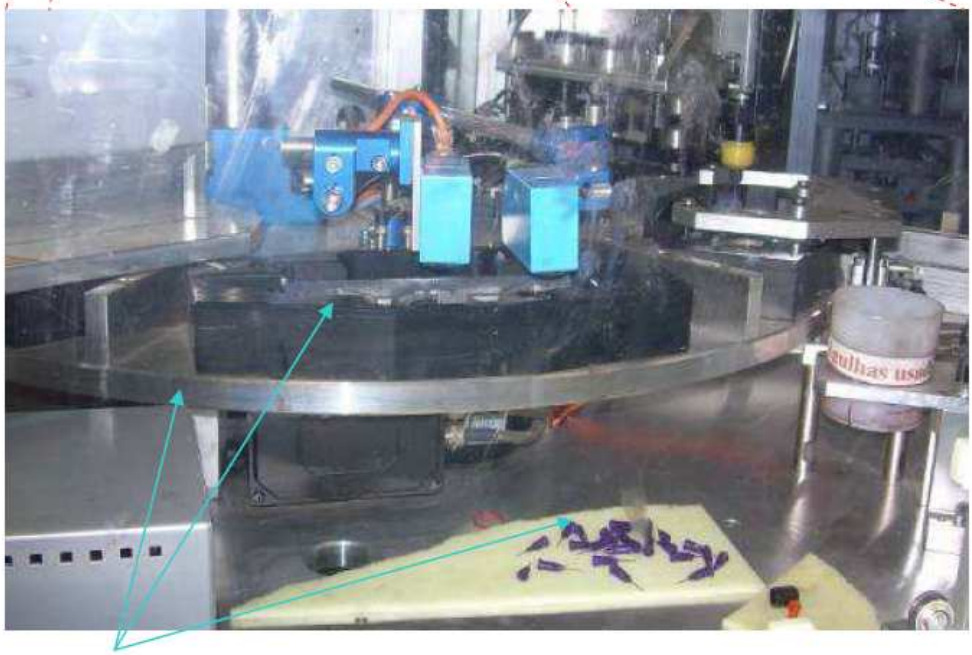
PROCEDIMENTOS DE MANUTENÇÃO 1º NÍVEL OPEL MCP	preh

DISPOSITIVO DE ENCAIXE E COLAGEM DOS CONDUTORES DE LUZ



Acrílicos e Superfícies Exteriores:

Papel absorvente
Líquido

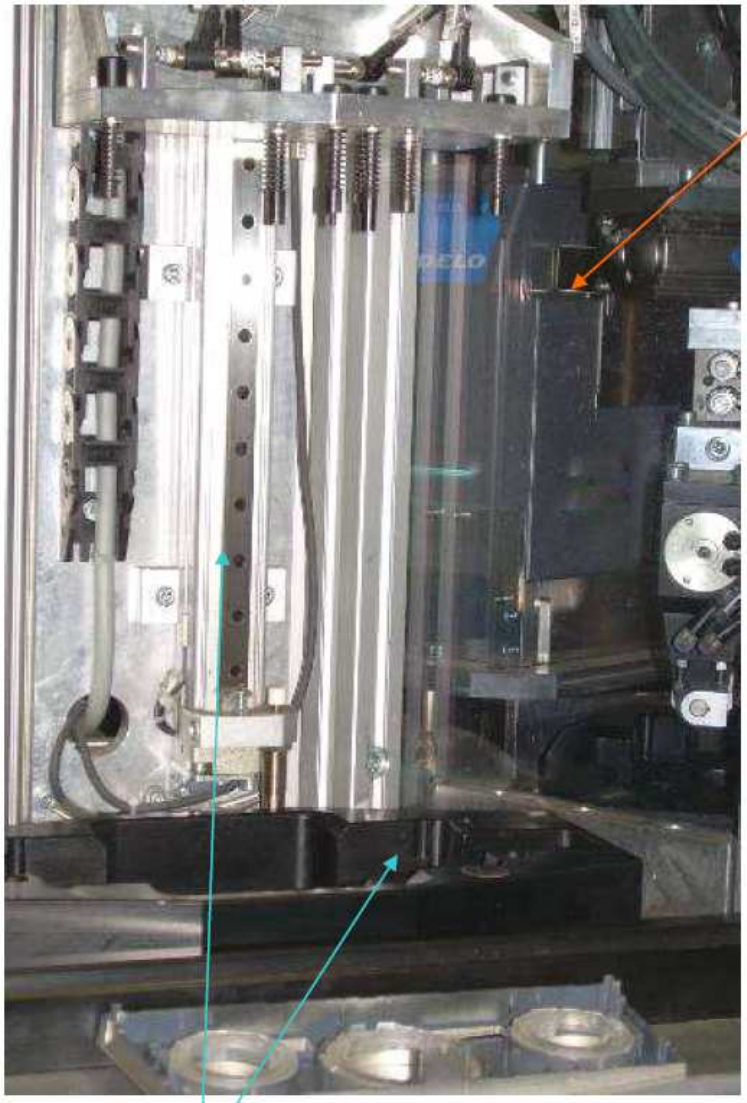


Interior e Ninhos:

Aspirador pneumático
Papel absorvente
Líquido
Pincel

PROCEDIMENTOS DE MANUTENÇÃO 1º NÍVEL OPEL MCP	preh

DISPOSITIVO DE ENCAIXE E COLAGEM DOS CONDUTORES DE LUZ



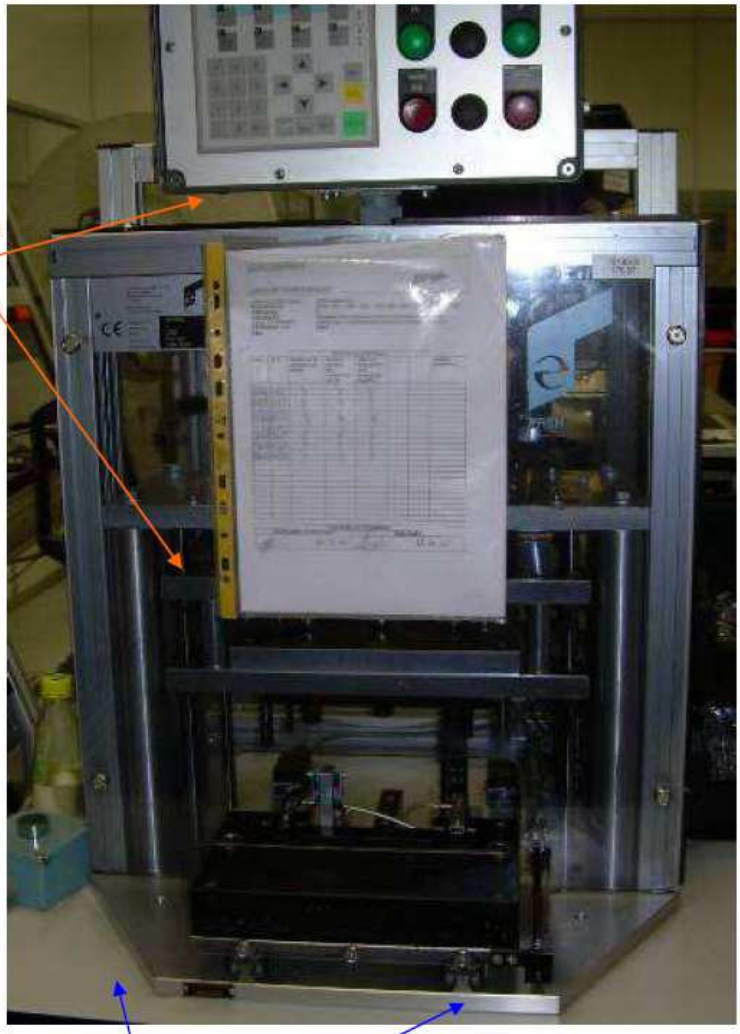
Acrílicos:
Papel absorvente
Líquido

Interior:
Aspirador pneumático
Papel absorvente
Pincel

PROCEDIMENTOS DE MANUTENÇÃO 1º NÍVEL OPEL MCP	preh

DISPOSITIVO DE MONTAGEM DAS TECLAS

Acrílicos e Equipamentos Exteriores:
Papel absorvente
Líquido

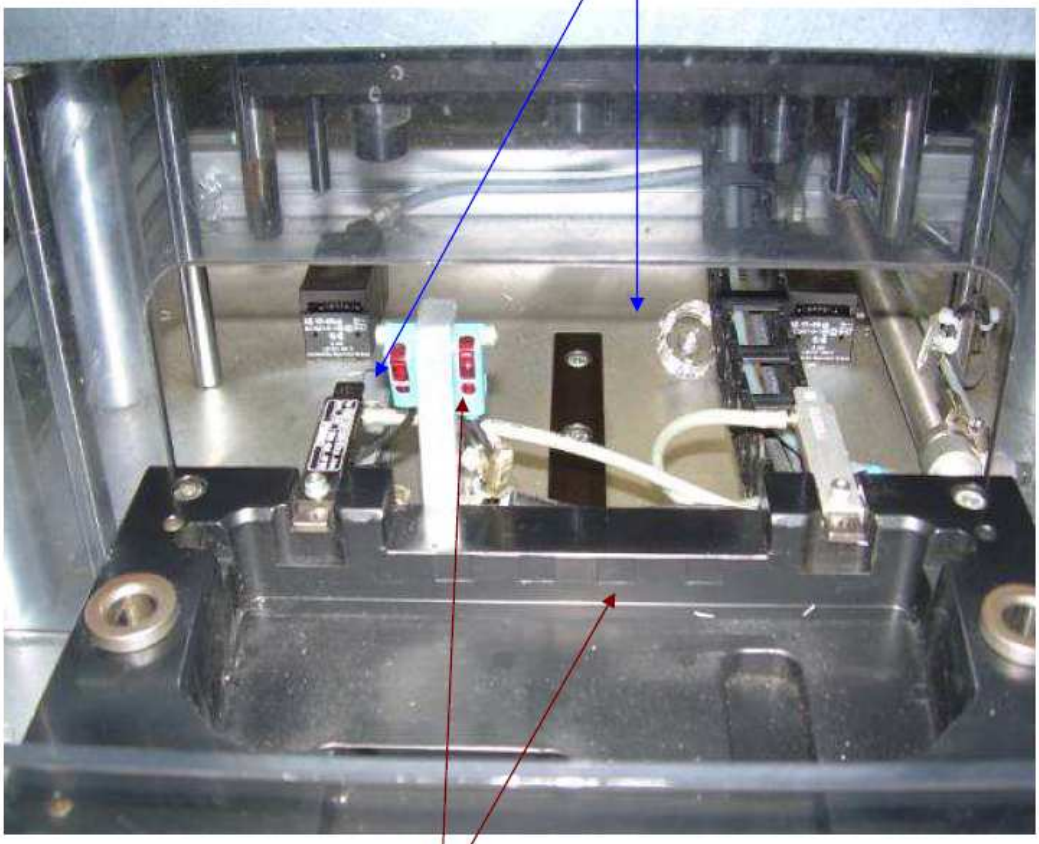


Mesa:
Aspirador pneumático
Papel absorvente
Líquido

PROCEDIMENTOS DE MANUTENÇÃO 1º NÍVEL OPEL MCP	preh

DISPOSITIVO DE MONTAGEM DAS TECLAS

Interior e Calhas:
Aspirador pneumático
Papel absorvente
Pincel



Base deslizante e Sensores:
Aspirador pneumático
Papel absorvente
Pincel

PROCEDIMENTOS DE MANUTENÇÃO 1º NÍVEL OPEL MCP	preh

DISPOSITIVO CORTE DE GITO

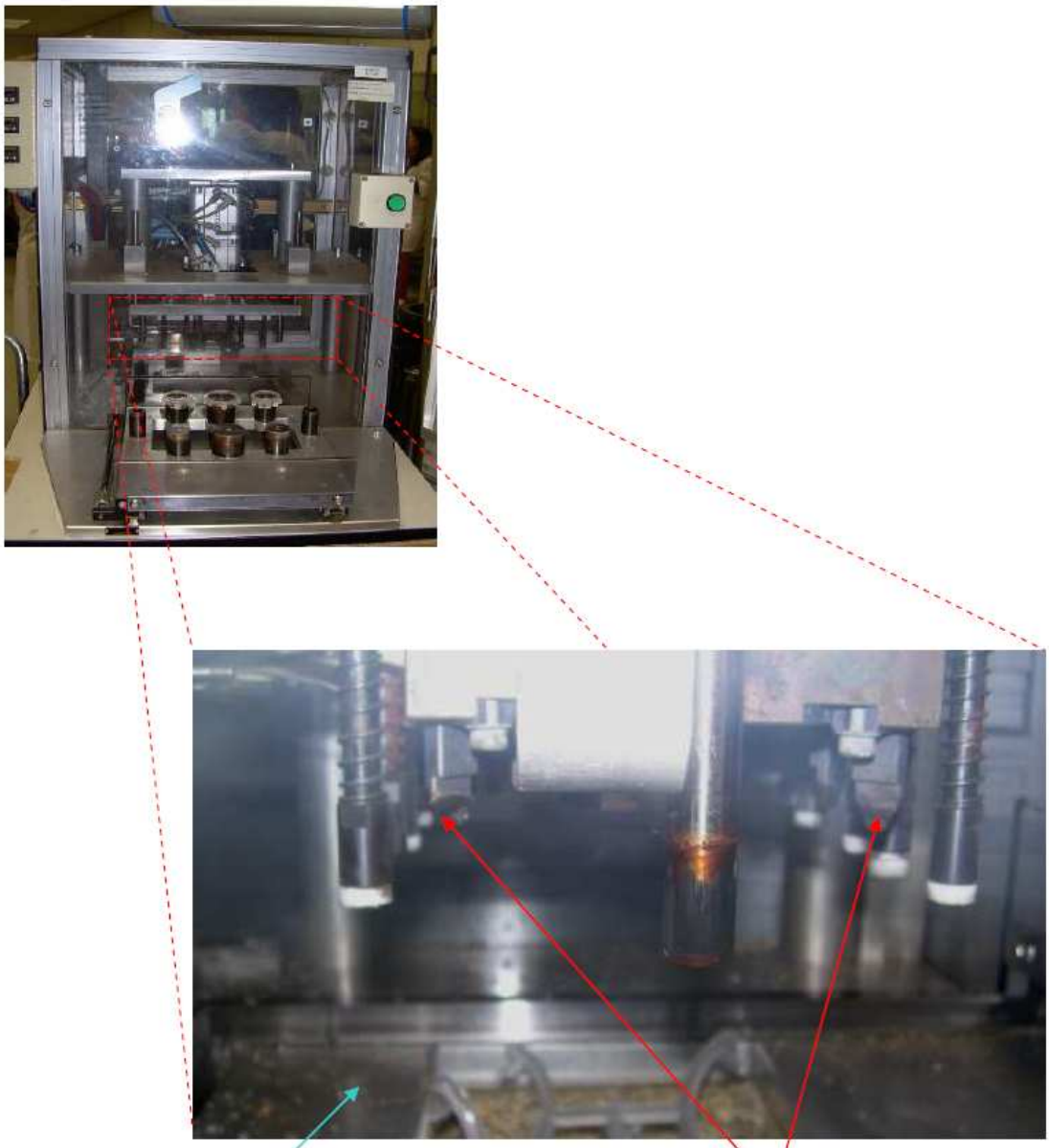
Acrílicos e Superfícies Exteriores:
Papel absorvente
Líquido

Base deslizante:
Aspirador pneumático
Papel absorvente
Pincel

Mesa:
Papel absorvente
Líquido

PROCEDIMENTOS DE MANUTENÇÃO 1º NÍVEL OPEL MCP	preh

DISPOSITIVO DE CORTE DE GITO



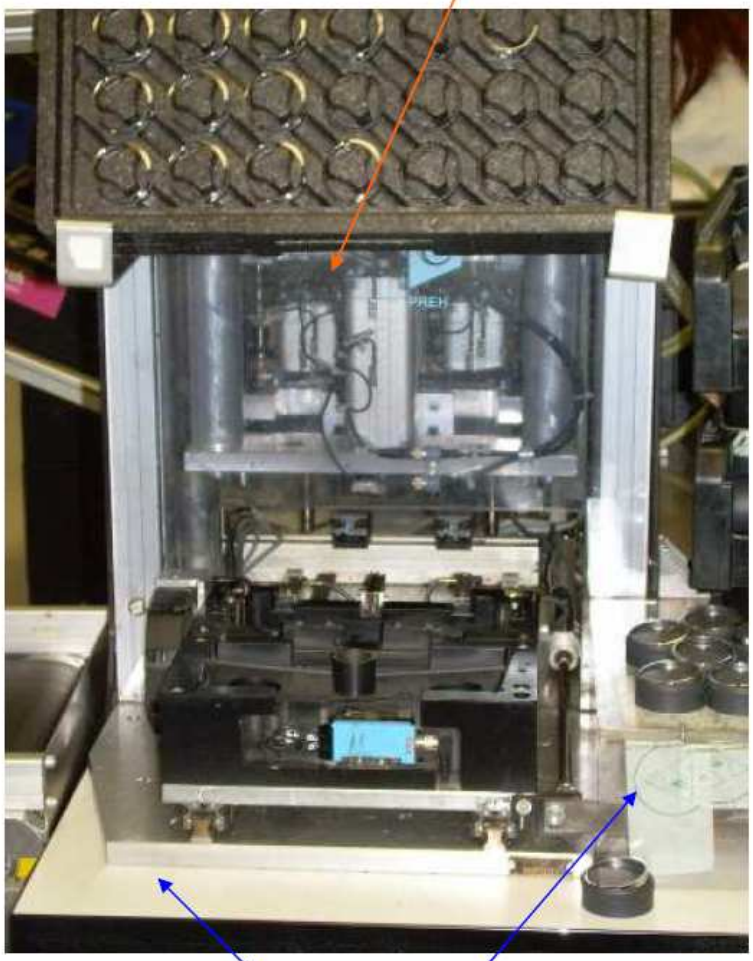
Interior:
Aspirador pneumático
Papel absorvente
Pincel

Lâminas:
Escova de aço

PROCEDIMENTOS DE MANUTENÇÃO 1º NÍVEL OPEL MCP	preh

DISPOSITIVO DE MONTAR PEÇAS DESIGN

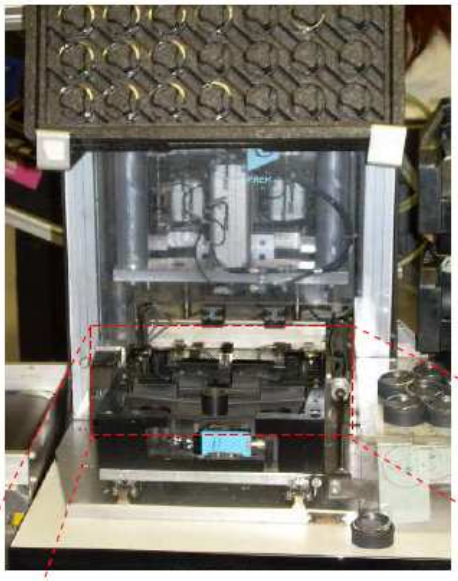
Acrílicos e Superfícies Exteriores:
Papel absorvente
Líquido

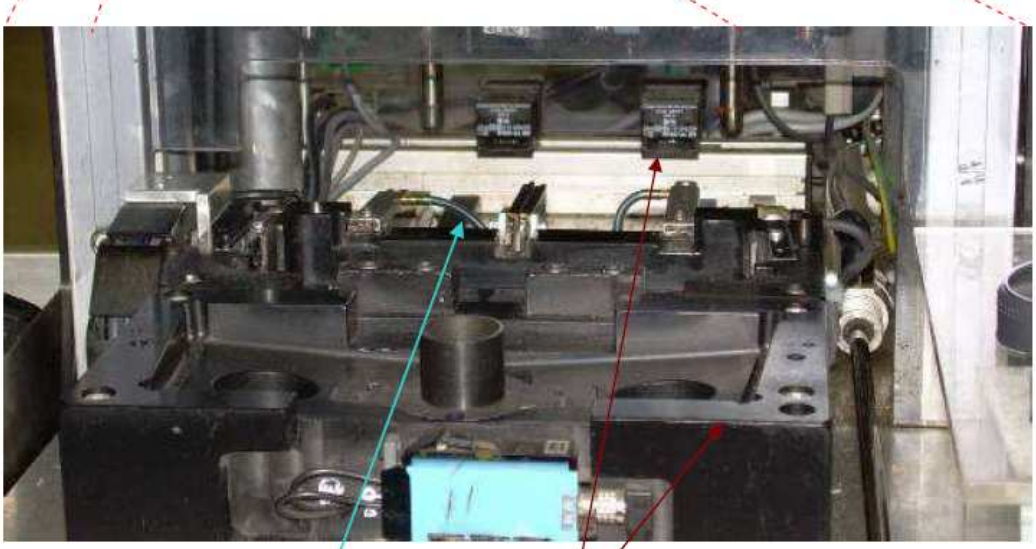


Mesa:
Papel absorvente
Líquido

PROCEDIMENTOS DE MANUTENÇÃO 1º NÍVEL OPEL MCP	preh

DISPOSITIVO DE MONTAR PEÇAS DESIGN





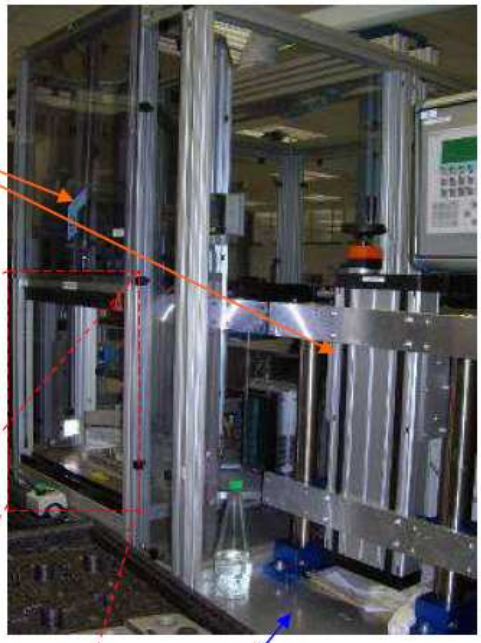
Interior e Calhas:
Aspirador pneumático
Papel absorvente
Pincel

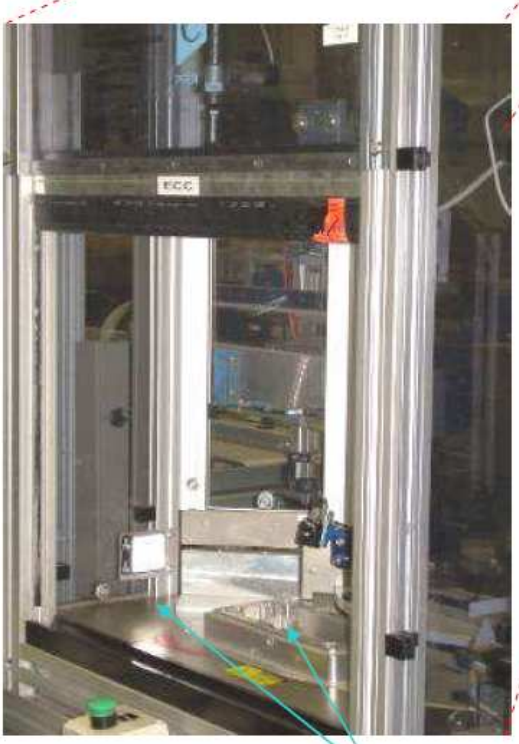
Base deslizante e Sensores:
Aspirador pneumático
Papel absorvente
Pincel

PROCEDIMENTOS DE MANUTENÇÃO 1º NÍVEL OPEL MCP	preh

TESTE ROTATIVO COM TESTE CÂMARA

Acrílicos e Equipamentos Exteriores:
Papel absorvente
Aspirador pneumático
Líquido





Mesa:
Papel absorvente
Líquido

Interior e Ninhos:
Aspirador pneumático
Papel absorvente
Pincel

PROCEDIMENTOS DE MANUTENÇÃO 1º NÍVEL OPEL MCP	preh

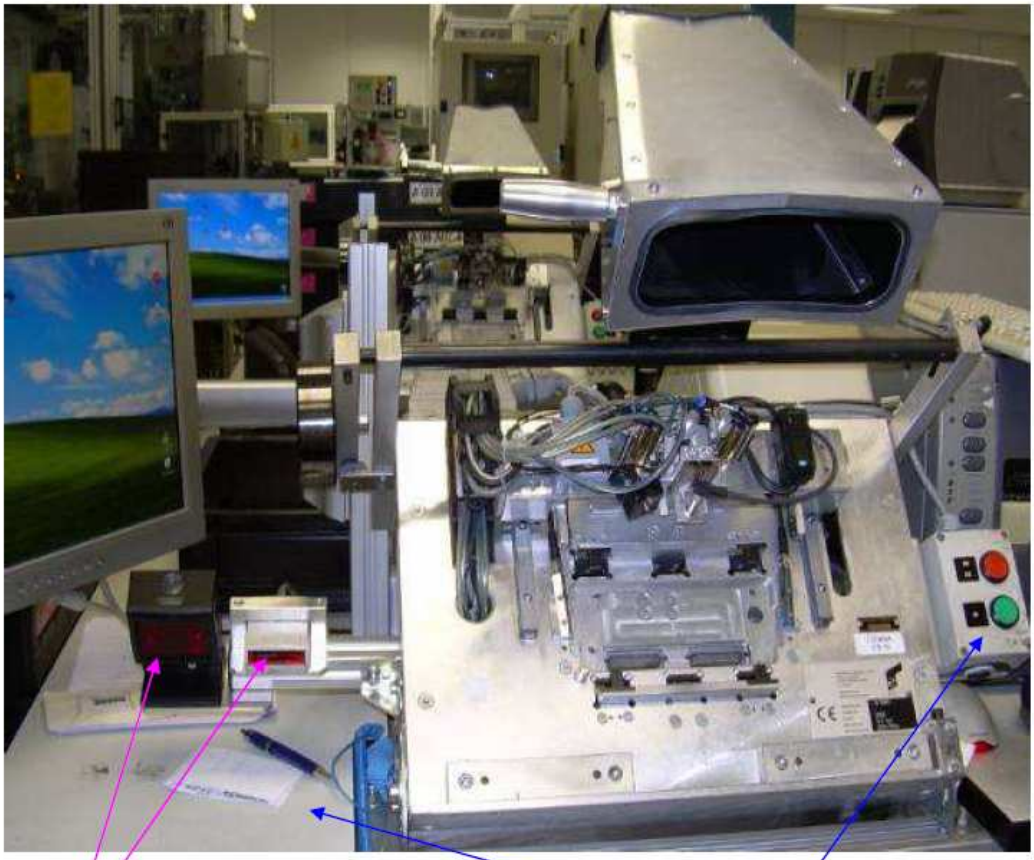
TESTE ROTATIVO COM TESTE CÂMARA

Ninhos e Equipamentos Interiores:
Aspirador pneumático
Papel absorvente
Pincel

Interior:
Aspirador pneumático
Papel absorvente
Líquido
Pincel

PROCEDIMENTOS DE MANUTENÇÃO 1º NÍVEL OPEL MCP	preh

TESTE ELÉCTRICO FUNCIONAL

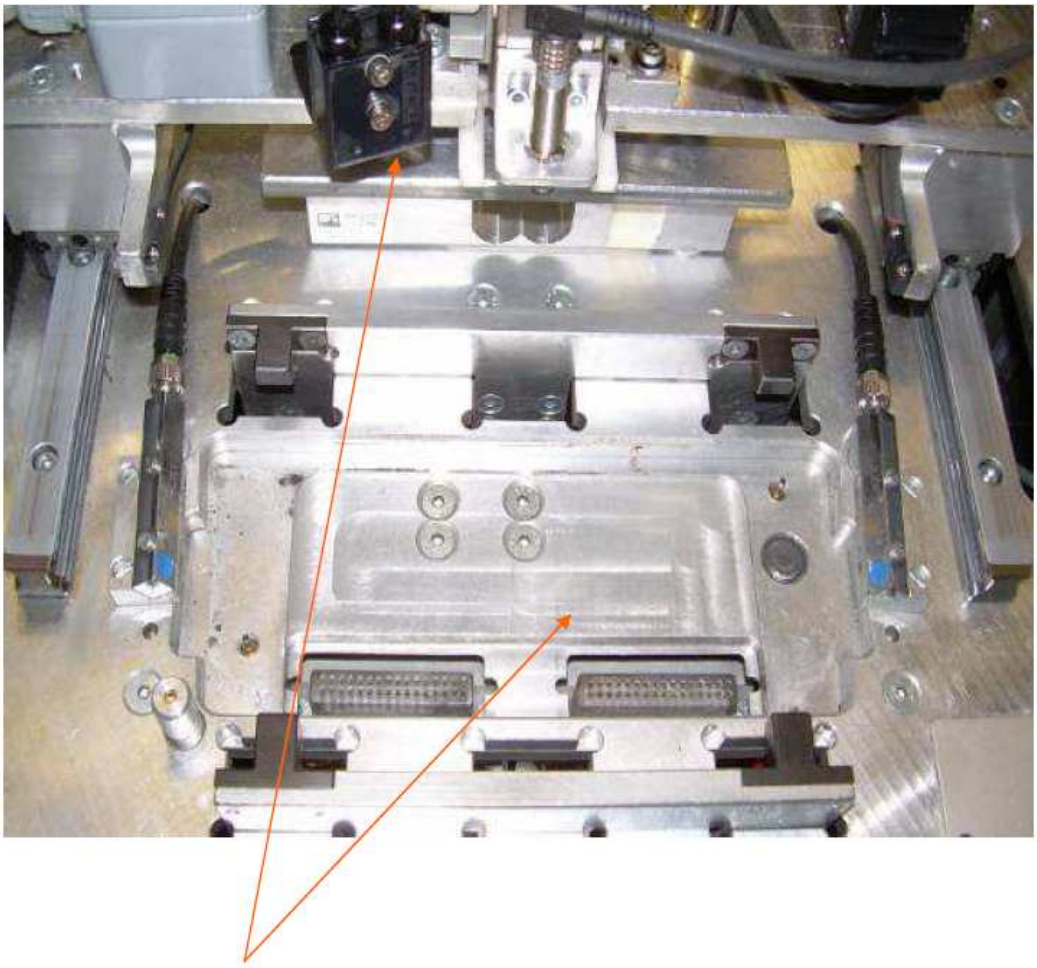


Leitores ópticos:
Papel absorvente
Líquido

Mesa e Equipamentos Exteriores:
Papel absorvente
Líquido

PROCEDIMENTOS DE MANUTENÇÃO 1º NÍVEL OPEL MCP	preh

TESTE ELÉCTRICO FUNCIONAL



Base do teste e Sensores:

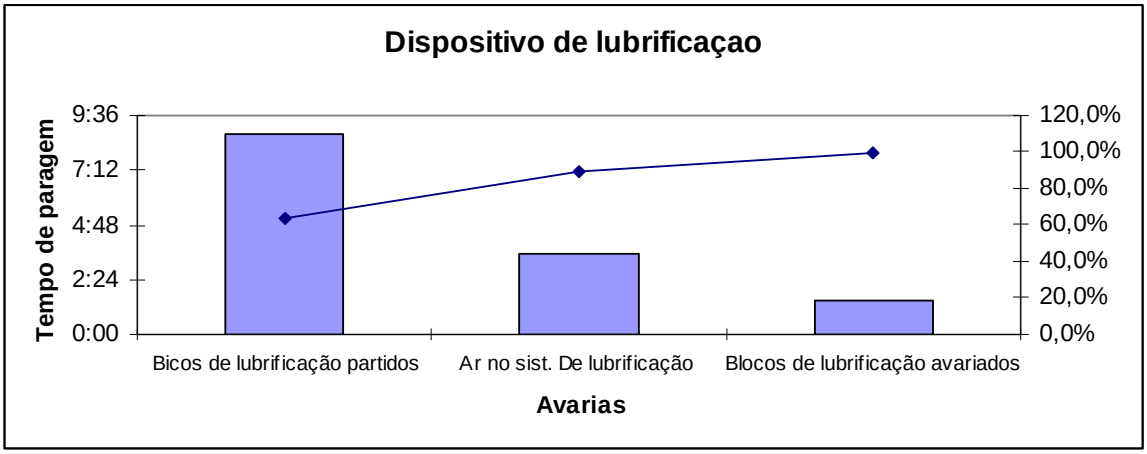
Aspirador pneumático
Papel absorvente
Pincel

Anexo B – Análise dos tempos de paragem das linhas

Linhas Opel

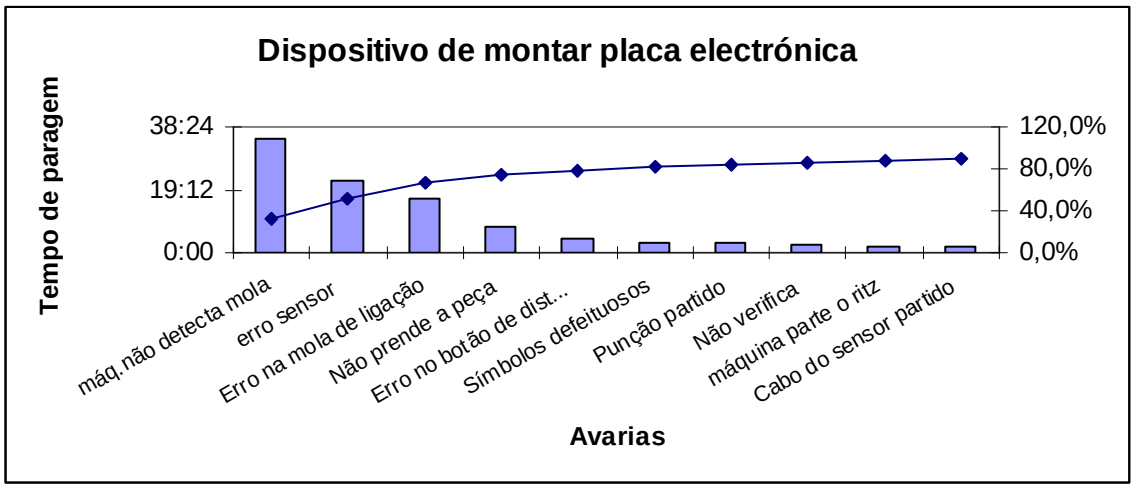
Dispositivo de Lubrificação

Avaria	Tempo de paragem (min.)	%	Acumulado
Bicos de lubrificação partidos	8:45	63,6%	63,6%
Ar no sist. De lubrificação	3:30	25,5%	89,1%
Blocos de lubrificação avariados	1:30	10,9%	100,0%
Lata de lub. Com problemas			
Total	13:45	100,0%	



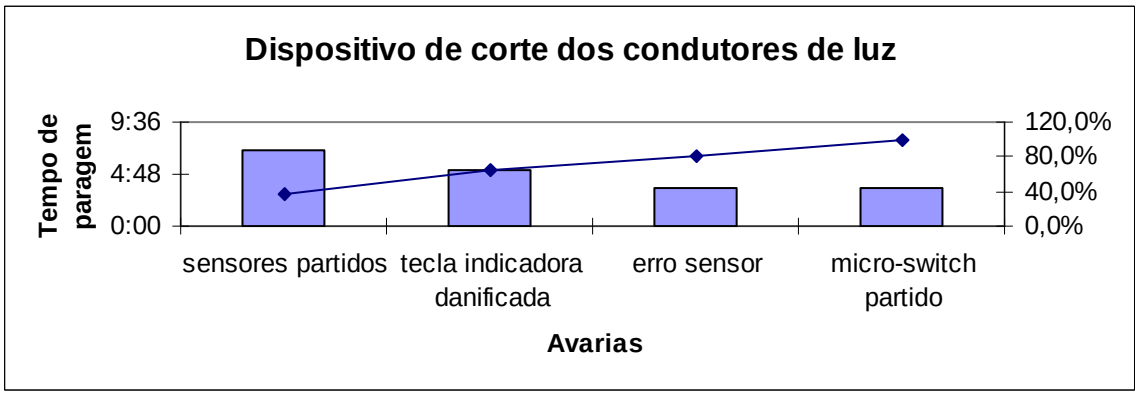
Dispositivo de montar placa electrónica

Avaria	Tempo de paragem (min.)	%	Acumulado
máq.não detecta mola	34:38	31,8%	31,8%
erro sensor	21:40	19,9%	51,7%
Não prende a peça	7:55	7,3%	59,0%
Erro na mola de ligação	16:40	15,3%	74,3%
Micro switch partido	1:00	0,9%	75,3%
Fuga de ar	1:55	1,8%	77,0%
Mudar fibra óptica	1:50	1,7%	78,7%
Laser parte os gandros	1:30	1,4%	80,1%
máquina parte o ritz	2:05	1,9%	82,0%
Não verifica	2:20	2,1%	84,1%
Erro de ventilação	1:00	0,9%	85,1%
Máquina parte placa	0:30	0,5%	85,5%
Punção partido	2:45	2,5%	88,1%
Cilindro da mesa partido	1:55	1,8%	89,8%
Erro no botão de distribuição	4:15	3,9%	93,7%
Cabo do sensor partido	2:00	1,8%	95,6%
Símbolos defeituosos	3:00	2,8%	98,3%
Suporte da pinça partido	1:50	1,7%	100,0%
	108:48	100,0%	



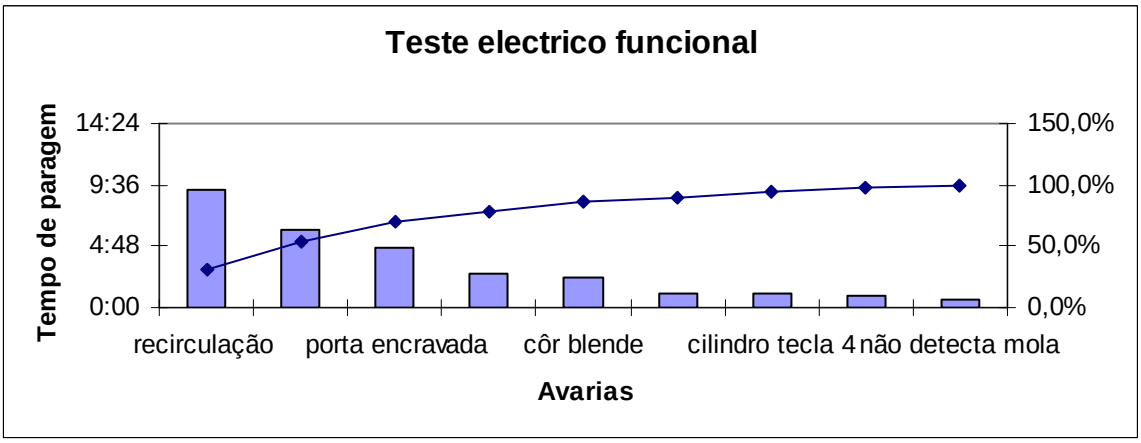
Dispositivo de corte dos condutores de luz e montagem das teclas

Avaria	Tempo de paragem (min.)	%	Acumulado
sensores partidos	7:00	36,4%	36,4%
tecla indicadora danificada	5:15	27,3%	63,6%
erro sensor	3:30	18,2%	81,8%
micro-switch partido	3:30	18,2%	100,0%
	19:15	100,0%	



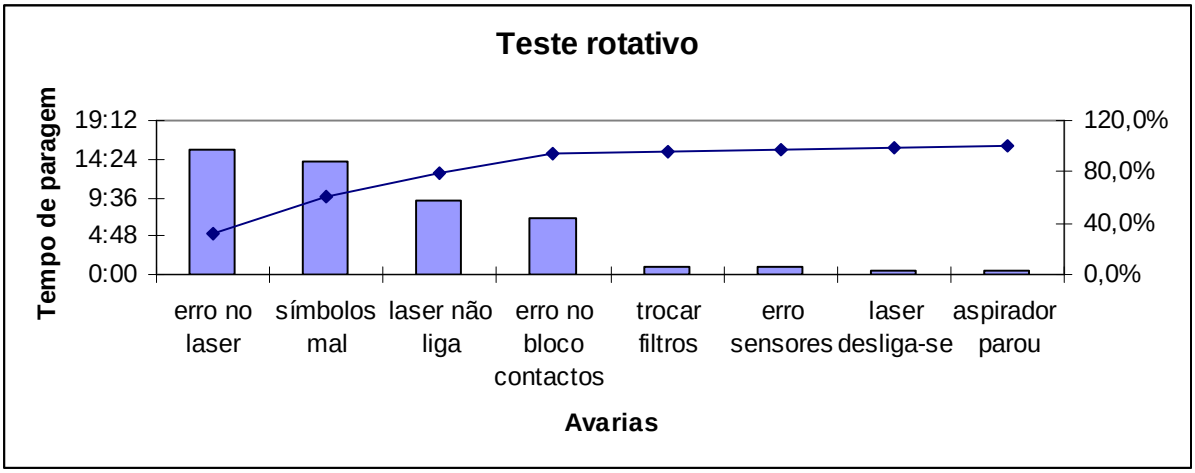
Teste electrico funcional

Avaria	Tempo de paragem (min.)	%	Acumulado
recirculação	9:10	31,8%	31,8%
máquina não liga	6:10	21,4%	53,2%
porta encravada	4:40	16,2%	69,4%
erro de sensores	2:40	9,2%	78,6%
côr blende	2:20	8,1%	86,7%
teste prende a peça	1:05	3,8%	90,5%
cilindro na tecla 4	1:05	3,8%	94,2%
teste erro no conector	1:00	3,5%	97,7%
não detecta mola	0:40	2,3%	100,0%
	28:50	100,0%	



Teste Rotativo

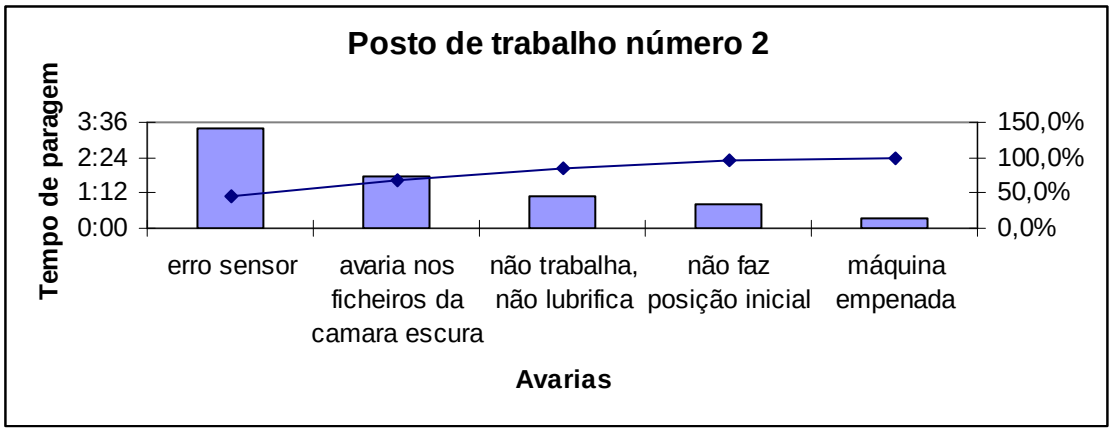
Avaria	Tempo de paragem (min.)	%	Acumulado
erro no laser	15:35	31,9%	31,9%
símbolos mal	14:00	28,6%	60,5%
laser não liga	9:20	19,1%	79,6%
erro no bloco contactos	7:00	14,3%	93,9%
trocar filtros	1:00	2,0%	95,9%
erro sensores	0:55	1,9%	97,8%
laser desliga-se	0:35	1,2%	99,0%
aspirador parou	0:30	1,0%	100,0%
símbolos escuros		0,0%	100,0%
	48:55	100,0%	



Linha MMI B8

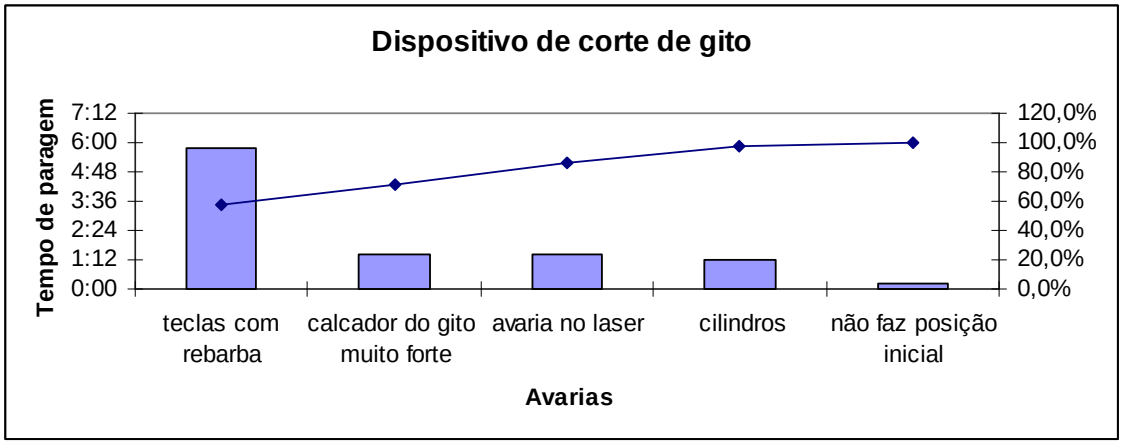
Posto de trabalho número 2

Avaria	Tempo de paragem (min.)	%	Acumulado
erro sensor	3:24	45,7%	45,7%
avaria nos ficheiros da camara escura	1:45	23,5%	69,3%
não trabalha, não lubrifica	1:07	15,0%	84,3%
não faz posição inicial	0:50	11,2%	95,5%
máquina empenada	0:20	4,5%	100,0%
	7:26	100,0%	



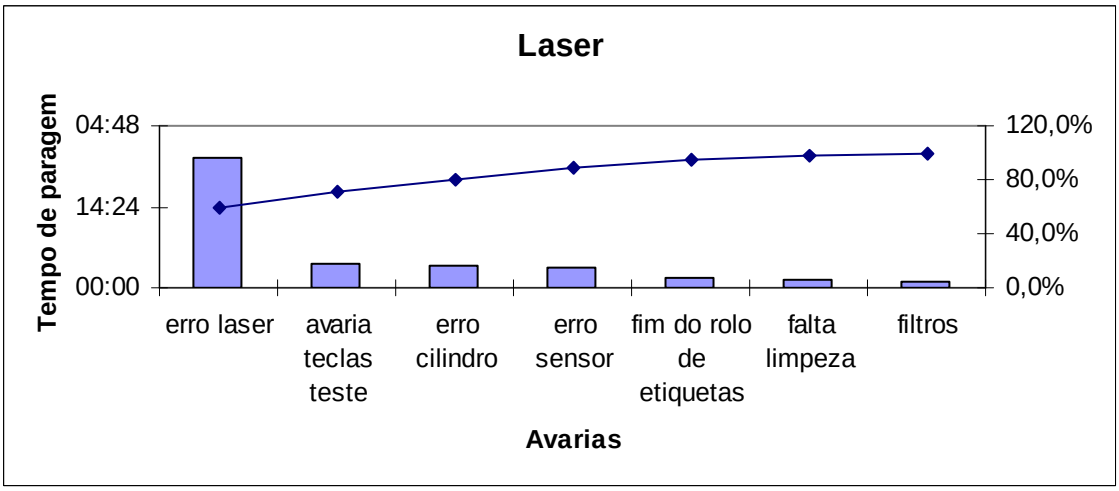
Dispositivo de corte de gito

Avaria	Tempo de paragem (min.)	%	Acumulado
teclas com rebarba	5:45	57,5%	57,5%
calcador do gito muito forte	1:25	14,2%	71,7%
avaria no laser	1:25	14,2%	85,8%
cilindros	1:10	11,7%	97,5%
não faz posição inicial	0:15	2,5%	100,0%
	10:00	100,0%	



Laser

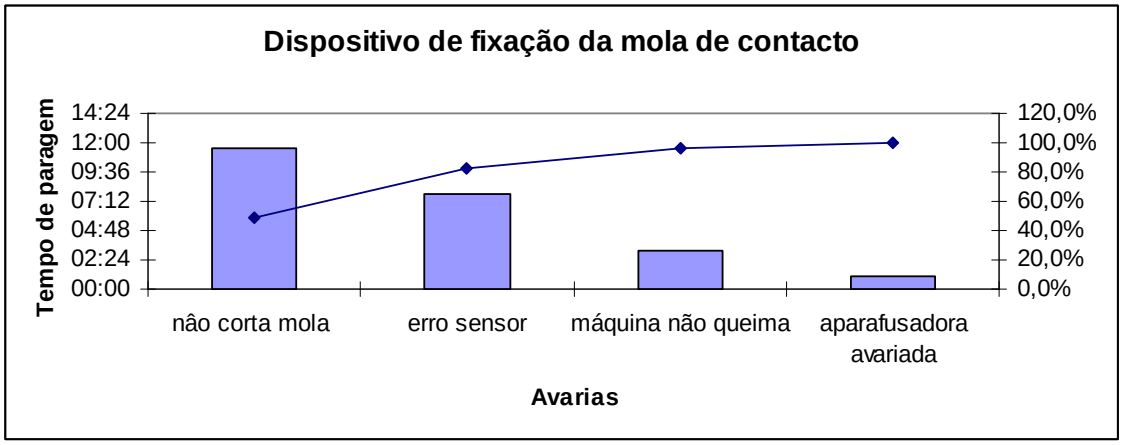
Avaria	Tempo de paragem (min.)	%	Acumulado
erro laser	23:00	60,0%	60,0%
avaria teclas teste	04:10	10,9%	70,9%
erro cilindro	03:45	9,8%	80,7%
erro sensor	03:25	8,9%	89,6%
fim do rolo de etiquetas	01:45	4,6%	94,1%
falta limpeza	01:15	3,3%	97,4%
filtros	01:00	2,6%	100,0%
	38:20	100,0%	



Linha LDS B8

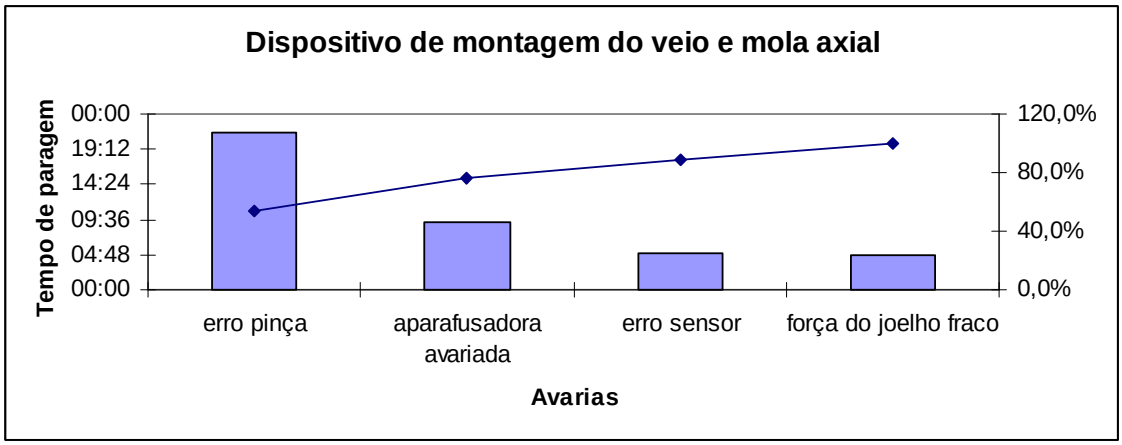
Dispositivo de fixação da mola de contacto

Avaria	Tempo de paragem (min.)	%	Acumulado
não corta mola	11:30	49,3%	49,3%
erro sensor	07:45	33,2%	82,5%
máquina não queima	03:05	13,2%	95,7%
aparafusadora avariada	01:00	4,3%	100,0%
	23:20	100,0%	



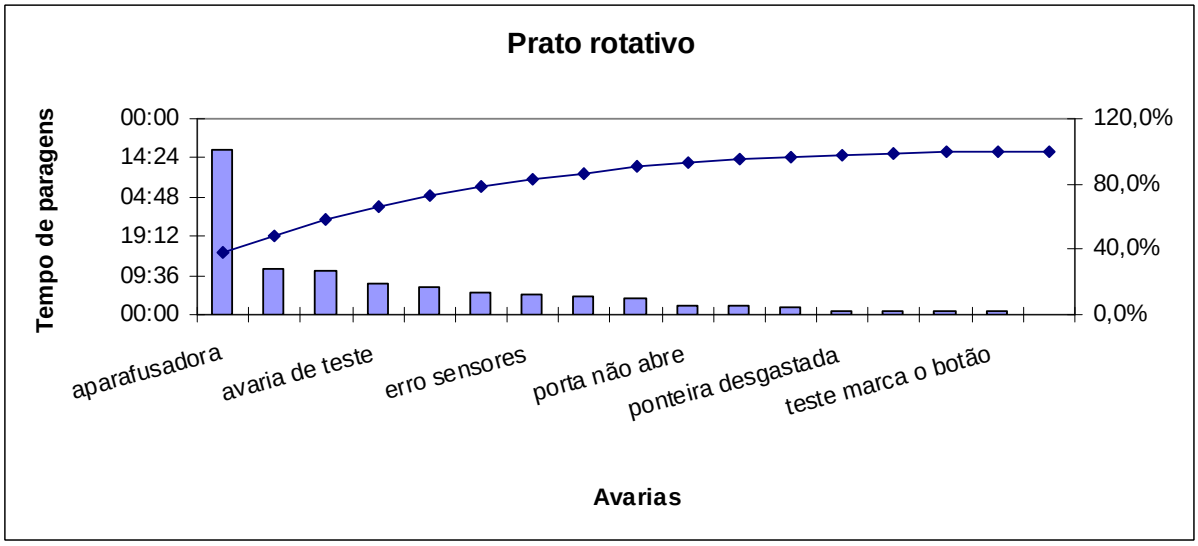
Dispositivo de montagem do veio e mola axial

Avaria	Tempo de paragem (min.)	%	Acumulado
erro pinça	21:36	53,3%	53,3%
aparafusadora avariada	09:10	22,6%	75,9%
avaria na máquina		0,0%	75,9%
erro sensor	05:00	12,3%	88,3%
erro mola		0,0%	88,3%
força do joelho fraco	04:45	11,7%	100,0%
	16:31	100,0%	



Prato Rotativo

Avaria	Tempo de paragem (min.)	%	Acumulado
aparafusadora	16:13	38,2%	38,2%
cilindro teste das teclas danificado	11:00	10,5%	48,7%
parafuso não entra	10:40	10,1%	58,8%
avaria de teste	07:50	7,4%	66,2%
motor da estação 7 sem posição inic	06:50	6,5%	72,7%
agulhas desalinhadas	05:30	5,2%	78,0%
erro sensores	05:00	4,8%	82,7%
erro de parâmetros	04:18	4,1%	86,8%
avaria de laser	04:13	4,0%	90,8%
porta não abre	02:20	2,2%	93,0%
falta de iluminação	02:15	2,1%	95,2%
tubo guia da aparafusadora danificado	01:35	1,5%	96,7%
ponteira desgastada	01:01	1,0%	97,6%
não corta mola	01:00	1,0%	98,6%
máquina encravada	00:45	0,7%	99,3%
teste marca o botão	00:45	0,7%	100,0%
amostras de trabalho não passavam		0,0%	100,0%
	09:15	100,0%	


Prato rotativo
Tempo de paragens
00:00
14:24
04:48
19:12
09:36
00:00
120,0%
80,0%
40,0%
0,0%
aparafusadora
avaria de teste
erro sensores
porta não abre
ponteira desgastada
teste marca o botão
Avarias

Anexo C - Equilíbrio de Linhas

Tempos cronometrados da Linha John Deere

Referencias: 90151-285 (com LCD)
90151-282

1-Lubrificação caixa e montagem das molas de fixação

Medição(s)	Tempo de Operação
18,22	
36,02	17,8
57,13	21,11
75,17	18,04
94,65	19,48
113,16	18,51

Tempo médio(s)	18,99
x 100 pcs(min.)	31,65

2-Montagem da escala na blenda + vidro

Medição(s)	Tempo de Operação
72,36	
139,18	66,82
202,09	62,91
269,40	67,31
334,90	65,50
400,40	65,50

Tempo médio(s)	65,61
x 100 pcs(min.)	109,35

3-Lubrificação manual da blenda

Medição(s)	Tempo de Operação
15,79	
30,29	14,5
45,74	15,45
58,53	12,79
74,16	15,63
88,6	14,44

Tempo médio(s)	14,56
x 100 pcs(min.)	24,27

4-Montagem do botão interior

Medição(s)- 4pcs	1 pc	Tempo de Operação
23,55	5,89	
46,42	11,61	5,72
74,76	18,69	7,09
96,39	24,10	5,41
119,76	29,94	5,84
145,81	36,45	6,51

Tempo médio(s)	6,11
x 100 pcs(min.)	10,19

5-Montagem da blenda completa

Medição(s)	Tempo de Operação
43,56	
81,57	38,01
125,98	44,41
174,82	48,84
211,84	37,02
254,38	42,54

Tempo médio(s)	42,16
x 100 pcs(min.)	70,27

6-Montagem da caixa com a blenda completa

Medição(s)	Tempo de Operação
45,22	
85,69	40,47
123,46	37,77
160,37	36,91
203,18	42,81
254,38	51,2

Tempo médio(s)	41,83
x 100 pcs(min.)	69,72

7-Montagem do LCD

Medição(s)	Tempo de Operação
41,11	
84,94	43,83
130,67	45,73
170,61	39,94
211,63	41,02
254,94	43,31

Tempo médio(s)	42,77
x 100 pcs(min.)	71,28

8-Montagem da tampa

Medição(s)	Tempo de Operação
39,10	
81,77	42,67
128,95	47,18
178,22	49,27
237,95	59,73
286,16	48,21

Tempo médio(s)	49,41
x 100 pcs(min.)	82,35

9-Montagem do o-ring, do eixo e do botão pintado

Medição(s)- 3pcs	1 pc	Tempo de Operação
17,55	5,85	
36,82	12,27	6,42
56,51	18,84	6,56
77,88	25,96	7,12
99,28	33,09	7,13
121,38	40,46	7,37

Tempo médio(s)	6,92
x 100 pcs(min.)	11,54

10-Laser

Medição(s) 2pçs	1pç	Tempo de Operação
17,97	8,99	
35,97	17,99	9,00
54,58	27,29	9,31
71,81	35,91	8,62
98,49	49,25	13,34
126,91	63,46	14,21

Tempo médio(s)	10,89
x 100 pcs(min.)	18,16

11-Teste final

Medição(s)	Tempo de Ciclo
162,08	
298,67	136,59
431	132,33
578,98	147,98
722,71	143,73
872,12	149,41

Tempo médio(s	142,01
x 100 pcs(min.)	236,68

Referencias: 90151-281 (sem LCD)

90151-280

1-Lubrificar caixa e montagem das molas de fixação

Medição(s)	Tempo de Produção
17,53	
37,28	19,75
55,67	18,39
75,12	19,45
94,99	19,87
112,66	17,67

Tempo médio(s)	19,03
x 100 pcs(min.)	31,71

2-Montagem da escala na blenda

Medição(s)	Tempo de Produção
40,24	
76,16	35,92
118,82	42,66
174,4	55,58
227,48	53,08
284,1	56,62

Tempo médio(s)	48,77
x 100 pcs(min.)	81,29

3-Lubrificação manual da blenda

Medição(s)	Tempo de Produção
21,02	
47,64	26,62
72,02	24,38
92,2	20,18
125,06	32,86
150,8	25,74

Tempo médio(s)	25,96
x 100 pcs(min.)	43,26

4-Montagem do botão interior

Medição(s)- 4pcs	1 pc	Tempo de Produção
20,12	5,03	
41,63	10,41	5,38
64,18	16,05	5,64
81,95	20,49	4,44
102,54	25,64	5,15
123,45	30,86	5,23

Tempo médio(s)	5,17
x 100 pcs(min.)	8,61

5-Montagem da blenda completa

Medição(s)	Tempo de Produção
44,15	
83,11	38,96
121,35	38,24
164,45	43,1
209,25	44,8
261,87	52,62
319,11	57,24

Tempo médio(s)	45,83
x 100 pcs(min.)	76,38

6-Montagem da caixa com a blenda completa

Medição(s)	Tempo de Produção
46,81	
98,86	52,05
142,1	43,24
187,53	45,43
229,47	41,94
268,44	38,97

Tempo médio	44,33
x 100 pcs(mi	73,88

8-Montagem da tampa

Medição(s)	Tempo de Produção
22,05	
43,06	21,01
65,95	22,89
87,35	21,4
106,76	19,41
126,91	20,15

Tempo médio(s)	20,97
x 100 pcs(min.)	34,95

9-Montagem do o-ring, do eixo e do botão pintado

botão		o-ring			
Medição(s)- 5pcs		5 pc		T Ciclo 5 pcs	Tempo de Produção
14,27		10,51			
26,73	12,46	25,47	14,96	27,42	5,484
41,43	14,7	38,6	13,13	27,83	5,566
52,91	11,48	50,84	12,24	23,72	4,744
67,59	14,68	61,41	10,57	25,25	5,05
80,59	13	72,39	10,98	23,98	4,796

Tempo médio(s)	5,13
x 100 pcs(min.)	8,55

10-Laser

Medição(s) 2pcs	1pc	Tempo de Produção
19,85	9,93	
39,70	19,85	9,93
59,52	29,76	9,91
79,91	39,96	10,20
104,31	52,16	12,20
124,31	62,16	10,00

Tempo médio(s)	10,45
x 100 pcs(min.)	17,41

11-Teste final

Medição(s)	Tempo de Produção
94,56	
190,52	95,96
321,2	130,68
464,25	143,05
602,31	138,06
725,36	123,05

Tempo médio(s)	126,94
x 100 pcs(min.)	211,56

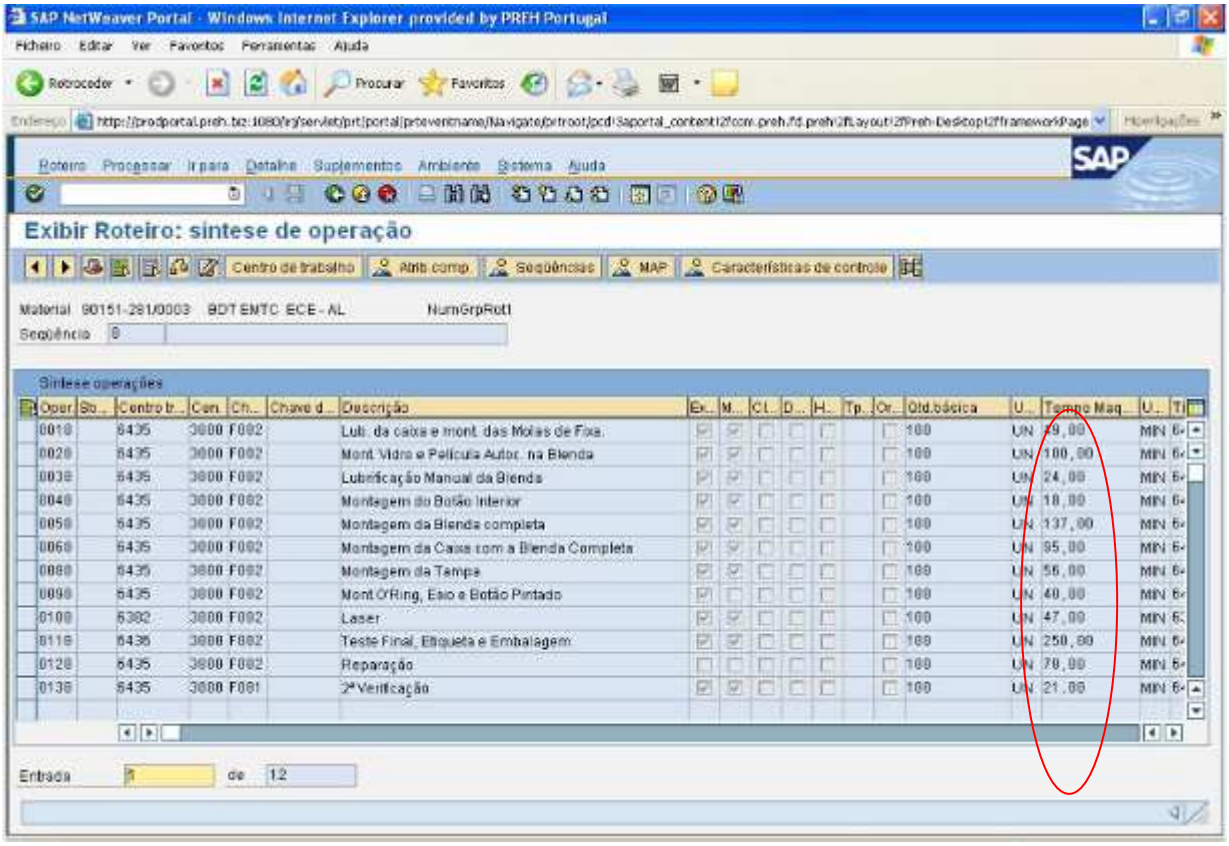
Comparação dos tempos reais com os tempos teóricos do SAP

com LCD			
Operação	Tempo cronometrado	Tempo SAP	Factor Incorporação
1	31,65	49,00	
2	109,35	100,00	
3	24,27	24,00	
4	30,56	23,00	3
5	70,27	143,00	
6	69,72	103,00	
7	71,28	96,00	
8	82,35	56,00	
9	34,61	60,00	3
10	54,47	47,00	3
11	236,68	305,00	
Total	815,21	1006,00	

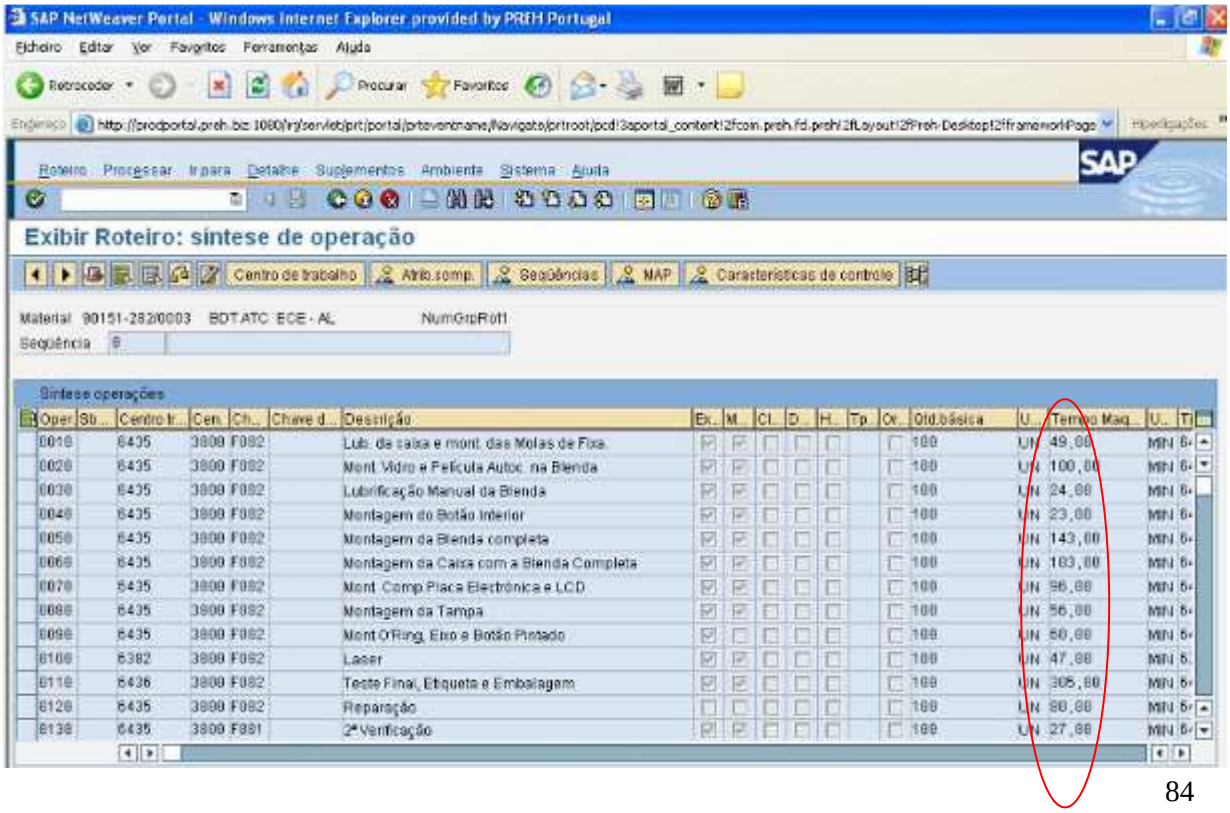
sem LCD			
Operação	Tempo cronometrado	Tempo SAP	Factor incorporação
1	31,71	49	
2	81,29	58	
3	43,26	24	
4	8,61	18	
5	76,38	95	
6	73,88	84	
7			n tem LCD
8	34,95	56	
9	17,09	40	2
10	34,82	47	2
11	211,56	230	
Total	613,55	701,00	

Consulta dos tempos teóricos de produção no SAP

Referência 90151-281



Referência 90151-282



Linha MMI B8

Tempos cronometrados

1- corte e montagem dos botões interiores

Medição(s)	Tempo de Ciclo
77,03	
140,53	63,5
194,35	53,82
257,45	63,1
313,96	56,51
371,06	57,1

Tempo médio(s)	58,81
x 100 pcs(min.)	98,01

2- encaixe das capas e cond. Luz nos botões int.

Medição(s)	Tempo de Ciclo
66,2	
133,03	66,83
198,66	65,63
257,32	58,66
322,41	65,09
383,68	61,27

Tempo médio(s)	63,50
x 100 pcs(min.)	105,83

3- mont. Cond. Luz , teclas PCB e tampa

Medição(s)	Tempo de Ciclo
83,9	
153,98	70,08
235,42	81,44
304,48	69,06
371,05	66,57
441,94	70,89

Tempo médio(s)	71,61
x 100 pcs(min.)	119,35

4- mont. Da borracha na blenda

Medição(s)	Tempo de Ciclo
39,95	
76,23	36,28
125,17	48,94
162,13	36,96
196,49	34,36

Tempo médio(s)	39,14
x 100 pcs(min.)	65,23

5- montagem das molas omega

Medição(s)	Tempo de Ciclo
14,99	
34,66	19,67
61,15	26,49
94,74	33,59
125,95	31,21
153,17	27,22

Tempo médio(s)	27,64
x 100 pcs(min.)	46,06

6- colocação da blenda na banda

Medição(s)	Tempo de Ciclo
17,84	
41,86	24,02
62,81	20,95
92,8	29,99
120,2	27,4
148,6	28,4

Tempo médio(s)	26,15
x 100 pcs(min.)	43,59

7 a 13- automático - encoder
saída da 13

Medição(s)	Tempo de Ciclo
393,22	
437,61	44,39
480,93	43,32
524,35	43,42
569,65	45,3
610,81	41,16

Tempo médio(s)	43,52
x 100 pcs(min.)	72,53

7 a 13- automático - Joystick
saída da 13

Medição(s)	Tempo de Ciclo
406,64	
453,03	46,39
506,35	53,32
532,99	26,64
591,07	58,08
630,19	39,12

Tempo médio(s)	44,71
x 100 pcs(min.)	74,52

14- verificação visual e etiqueta

Medição(s) 2pçs	1pç	Tempo de Ciclo
86,26	43,13	
166,66	83,33	40,20
256,45	128,23	44,90
332,64	166,32	38,10
459,09	229,55	63,23
531,79	265,90	36,35

Tempo médio(s)	
x 100 pcs(min.)	

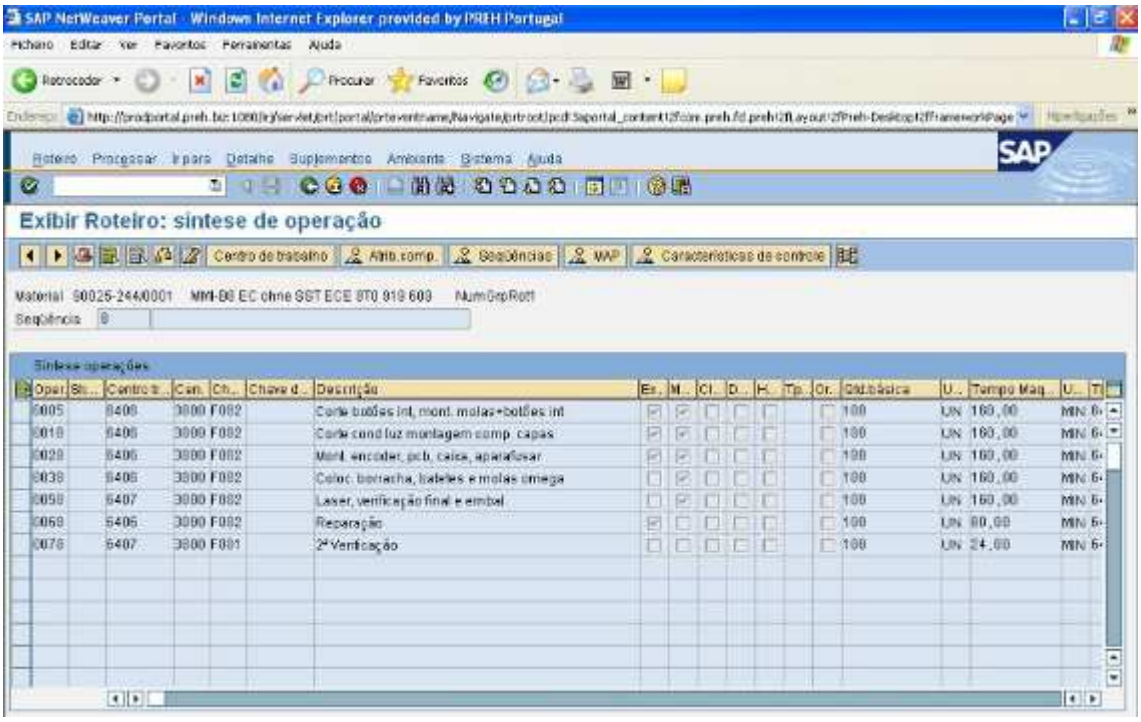
embalagem

Medição(s) 2pçs	1pç	Tempo de Ciclo
10,68	5,34	
34,06	17,03	11,69
56,83	28,42	11,39
78,05	39,03	10,61
105,03	52,52	13,49

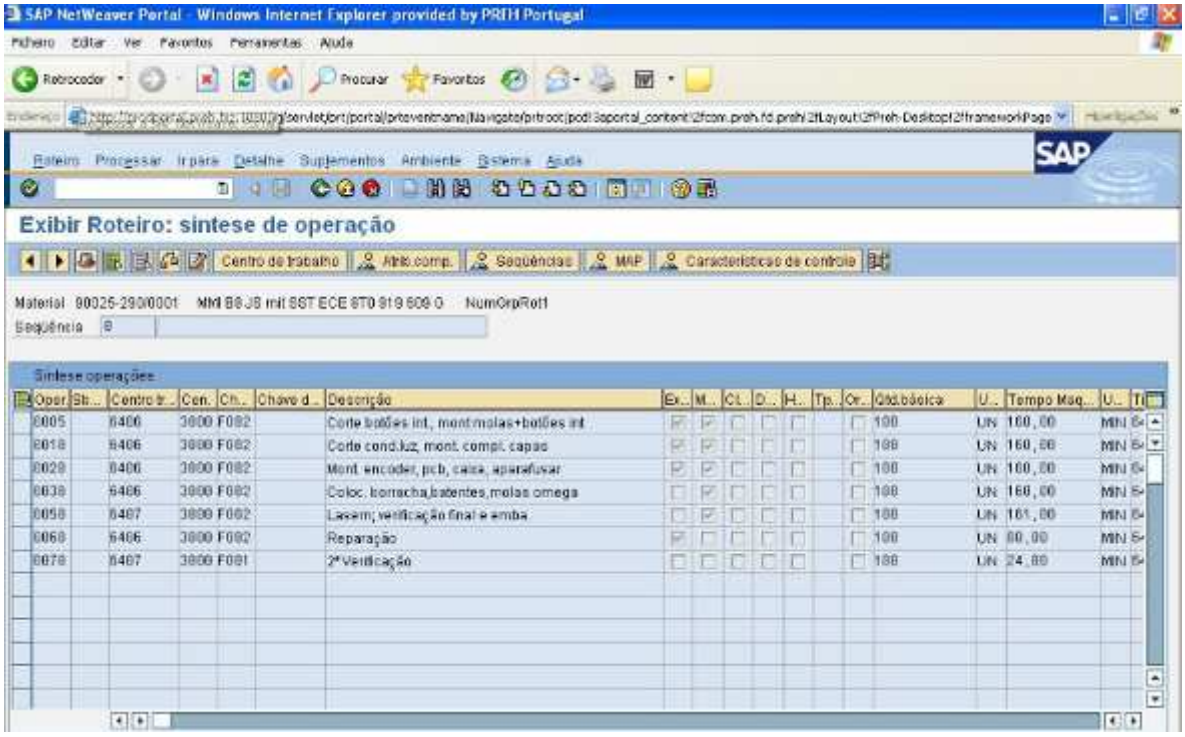
Tempo médio(s)	11,79
x 100 pcs(min.)	19,66

Consulta dos tempos teóricos de produção no SAP

Encoder



Joystick


SAP NetWeaver Portal - Windows Internet Explorer provided by PREH Portugal
Exibir Roteiro: sintese de operação
Sintese operações

Anexo D – Modelo de Programação Linear Inteira

Maximizar : $f = (0.3x_1 - 2y_1) + (0.3x_2 - 4y_2)$

Satisfazendo :

$$0.25x_1 + 0.50x_2 \leq 40$$

$$0.40x_1 + 0.20x_2 \leq 40$$

$$0.80x_2 \leq 40$$

$$x_1 - M.y_1 \leq 0$$

$$x_2 - M.y_2 \leq 0$$

$$x_1, x_2 \geq 0$$

$$y_1 = (0,1)$$

$$y_2 = (0,1)$$

2.4. EQUILIBRAGEM DE UMA LINHA DE MONTAGEM

Uma linha de montagem é constituída por uma série de postos, em cada uma dos quais se efectua uma ou mais operações.

Normalmente existem relações de precedência entre as operações. Cada relação exprime o facto de uma operação não poder ser executada num posto sem que uma outra ou mais operações tenham sido executadas no mesmo posto ou em postos anteriores.

O número de operações que podem ser executadas num mesmo posto é limitado pelo facto de o produto a montar não poder ser retido no posto mais do que um certo tempo limite (relacionado com o 'output' global desejado para a linha de montagem).

Uma das perspectivas com que se pode encarar a equilibragem de uma linha de montagem é a seguinte:

Comecemos por considerar as restrições do problema, antes de definir a função objectivo.

(a) Restrições referentes ao tempo limite de execução das operações efectuadas em qualquer posto (12 minutos):

Admitiremos, à partida, que o número de postos necessários não ultrapassa o valor 4 (da análise da Tabela 2, é fácil concluir que, de facto, não são necessários mais do que 4 postos).

$$6x_{1j} + 5x_{2j} + 7x_{3j} + 6x_{4j} + 5x_{5j} \leq 12 \qquad (j=1,\ldots,4)$$

(b) Restrições referentes às relações de precedência:

Afirmar que a operação 3 precede a operação 4 (ver Tabela 2), significa que se a operação 4 é efectuada num posto k então o trabalho 3 é efectuado num posto $j \leq k$. Isto só se verificará se

$$\sum_{j=1}^{k} x_{3j} = 1 \qquad \text{(e não se verificará se } \sum_{j=1}^{k} x_{3j} = 0\text{).}$$

As relações de precedência podem ser então expressas da forma seguinte:

. Operação 3 precede operação 4 :

$$\sum_{j=1}^{k} x_{3j} \geq \sum_{j=1}^{k} x_{4j} \qquad (k=1,\ldots,4)$$

. Operação 2 precede operação 5 :

$$\sum_{j=1}^{k} x_{2j} \geq \sum_{j=1}^{k} x_{5j} \qquad (k=1,\ldots,4)$$

. Operação 4 precede operação 5 :

$$\sum_{j=1}^{k} x_{4j} \geq \sum_{j=1}^{k} x_{5j} \qquad (k=1,\ldots,4)$$

(c) Restrições estabelecendo que cada operação é efectuada uma e só uma vez:

$$\sum_{j=1}^{4} x_{ij} = 1 \qquad (i=1,\ldots,5)$$

Tal como anteriormente foi referido, o objectivo é o de minimizar o número de postos envolvidos na linha de montagem. Tal objectivo é equivalente a:

(i) atribuir a cada operação um "custo" tanto menor quanto menor for a ordem do posto no qual ele for realizado; e

(ii) minimizar o "custo" global de execução das cinco operações em questão.

A função objectivo (a minimizar) pode então escrever-se:

$$f = \sum_{i=1}^{5} x_{i1} + 2.\sum_{i=1}^{5} x_{i2} + 3.\sum_{i=1}^{5} x_{i3} + 4.\sum_{i=1}^{5} x_{i4}$$

A esta função objectivo juntam-se as restrições (a), (b) e (c) acima apresentadas, acrescidas das restrições de não-negatividade e de integralidade das variáveis de decisão x_{ij} (note-se que impor que x_{ij} são variáveis não-negativas e inteiras e, simultaneamente, impor as restrições (c) implica que x_{ij} tomam os valores 0 ou 1).

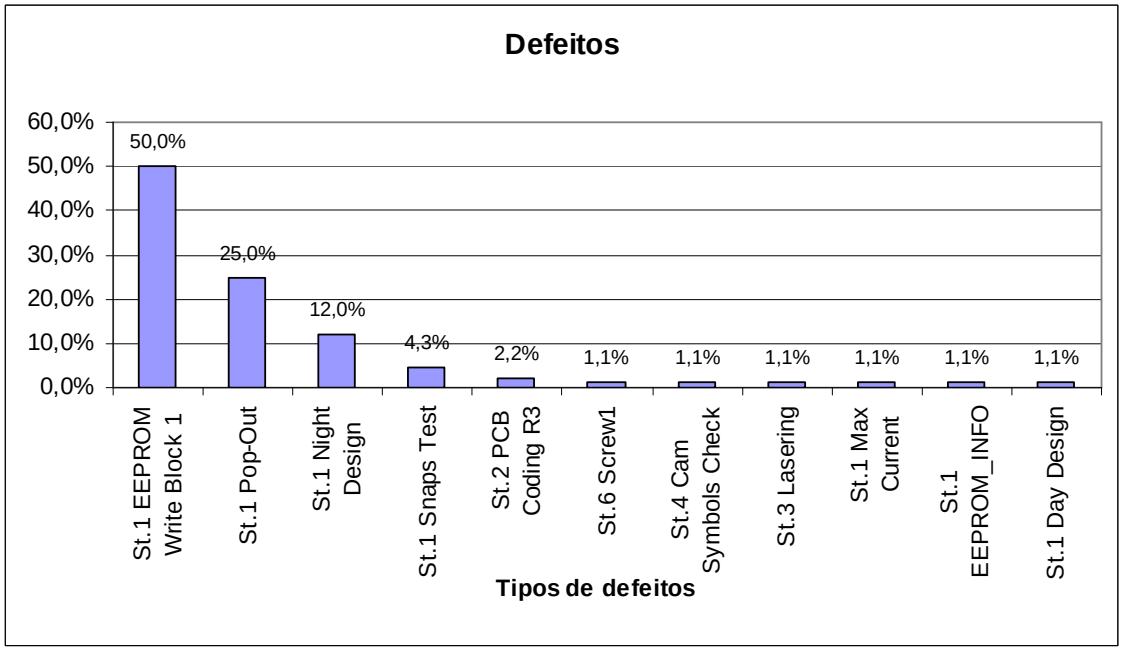
Anexo E – Lista dos defeitos encontrados no prato rotativo

	Defeitos	Significados
N°1	St.1 EEPROM Write Block 1	verifica se é necessário fazer reset e verifica os valores
N°2	St.1 Night Design	tubus com a peça iluminada
N°3	St.1 Day Design	verificação da peça pela operadora
N°4	St.1 Quiescent Current	testa a corrente residual da peça (sleep mode)
N°5	St.1 Max Current	testa a iluminação da peça ligada
N°6	St.1 Snaps Test	testa os snaps
N°7	St.1 Pop-Out	
N°8	St.1 O_Ring	verifica a altura do pop-out (tem ou não o-ring)
N°9	St.1 EEPROM_INFO	lê algumas posições de memória e verifica se estão correctas
N°10	St.2 Cam PartCheck	verifica se todos os componentes estão de acordo com a ref
N°11	St.2 PCB Coding R1	seleccionada
N°12	St.2 PCB Coding R2	mede as resistências dos PCB's
N°13	St.2 PCB Coding R3	
N°14	St.3 Lasering	laser
N°15	St.4 Cam Symbols Check	teste de visão dos símbolos
N°16	St.4 Cam LEDs Check	teste de iluminação dos LED´s (cond. De luz)
N°17	St.5 Pick&Place	detecta a exiatência das teclas e botão (sensor de vácuo)
N°18	St.6 Pick&Place	encaixa a blenda e detecta (sensor de vácuo)
N°19	St.6 Screw1	
N°20	St.6 Screw2	verifica se os parafusos estão apertados (muito ou pouco)
N°21	St.6 Screw3	
N°22	St.7 Pop-Out Function	testa o accionamento do pop-out (força alta ou baixa)
N°23	St.7 LDS LIN Function	testa comunicação no botão (posição)
N°24	St.7 Redundancy voltage	testa comunicação no botão (tensão)
N°25	St.7 LDS Torque CW	mede o torque num sentido
N°26	St.7 LDS Torque CCW	mede o torque no outro sentido
N°27	St.7 EEPROM Write Block 0	
N°28	St.7 EEPROM Write Block 2	memoriza data, nº de série, ref. Cliente, variantes,
N°29	St.7 EEPROM Write Block 3	nº diário da peça
N°30	St.7 Screw 1	
N°31	St.7 Screw 2	verifica a presença de parafusos
N°32	St.7 Screw 3	
N°33	St.8 LIN Button fog lamp Low Preasure	testa teclas a baixa pressão
N°34	St.8 LIN Button fog lamp High Preasure	testa teclas a alta pressão
N°35	St.8 LIN Button rear fog lamp Low Preasure	
N°36	St.8 LIN Button rear fog lamp High Preasure	
N°37	St.8 LIN Calibration dimmer left	calibração do potenciometro (esquerda)
N°38	St.8 LIN Calibration dimmer right	calibração do potenciometro (direita)
N°39	St.8 torque dimmer CW	testa torque do potenciometro
N°40	St.8 torque dimmer CCW	

Quantificação dos defeitos encontrados

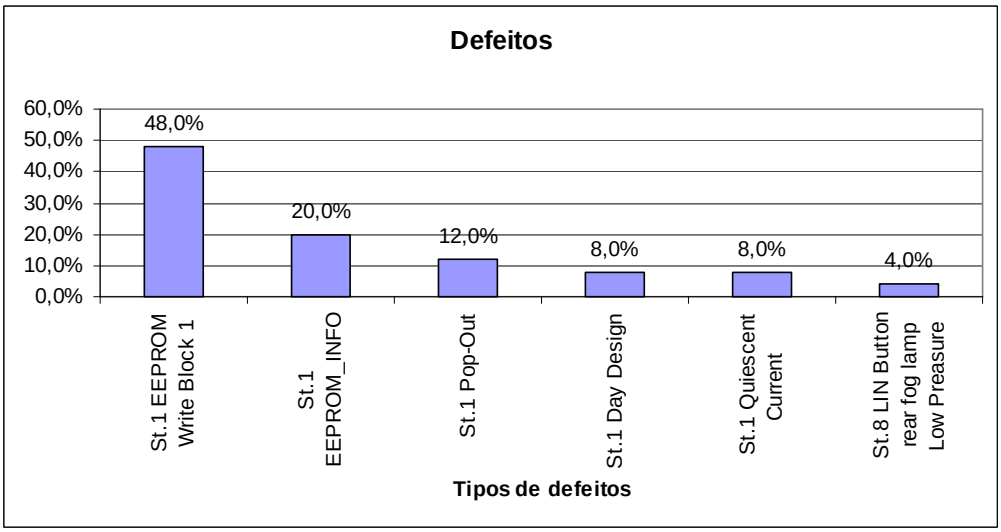
Referência 74850-077

Defeito	% de ocorrências
St.1 EEPROM Write Block 1	50,0%
St.1 Pop-Out	25,0%
St.1 Night Design	12,0%
St.1 Snaps Test	4,3%
St.2 PCB Coding R3	2,2%
St.6 Screw1	1,1%
St.4 Cam Symbols Check	1,1%
St.3 Lasering	1,1%
St.1 Max Current	1,1%
St.1 EEPROM_INFO	1,1%
St.1 Day Design	1,1%



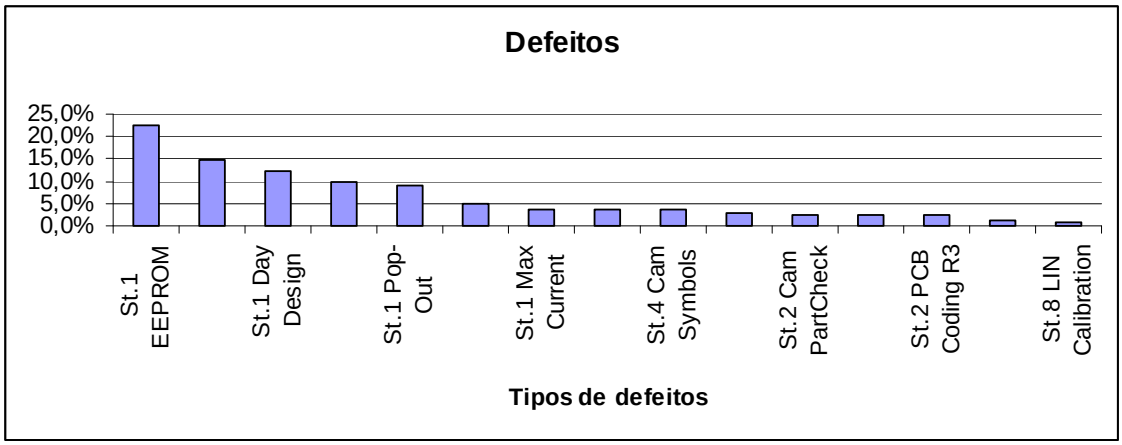
Referencia 74850-080

Defeitos	% de ocorrencias
St.1 EEPROM Write Block 1	48,0%
St.1 EEPROM_INFO	20,0%
St.1 Pop-Out	12,0%
St.1 Day Design	8,0%
St.1 Quiescent Current	8,0%
St.8 LIN Button rear fog lamp Low Preasure	4,0%



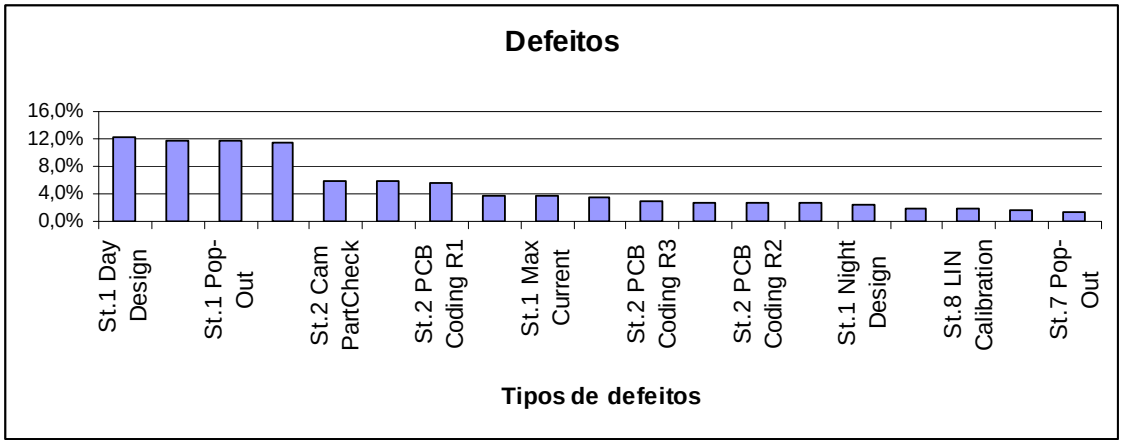
Referência 74850-082

Defeito	% de ocorrência
St.1 EEPROM Write Block 1	22,6%
St.1 Night Design	14,7%
St.1 Day Design	12,4%
St.1 Snaps Test	10,0%
St.1 Pop-Out	9,0%
St.2 PCB Coding R2	4,9%
St.1 Max Current	3,6%
St.1 EEPROM_INFO	3,6%
St.4 Cam Symbols Check	3,6%
St.8 LIN Button rear fog lamp Low Preasure	2,8%
St.2 Cam PartCheck	2,6%
St.6 Screw3	2,6%
St.2 PCB Coding R3	2,3%
St.3 Lasering	1,1%
St.8 LIN Calibration dimmer left	0,9%



Referência 74850-083

Defeito	% de ocorrência
St.1 Day Design	12,3%
St.1 Snaps Test	11,9%
St.1 Pop-Out	11,7%
St.1 EEPROM Write Block 1	11,3%
St.2 Cam PartCheck	5,8%
St.8 LIN Calibration dimmer right	5,8%
St.2 PCB Coding R1	5,7%
St.7 LDS LIN Function	3,8%
St.1 Max Current	3,6%
St.1 EEPROM_INFO	3,5%
St.2 PCB Coding R3	2,9%
St.8 LIN Button rear fog lamp High Preasure	2,8%
St.2 PCB Coding R2	2,7%
St.8 LIN Button fog lamp High Preasure	2,7%
St.1 Night Design	2,5%
St.6 Screw3	1,8%
St.8 LIN Calibration dimmer left	1,8%
St.1 Quiescent Current	1,5%
St.7 Pop-Out Function	1,4%



Tempos cronometrados para comparação da produção nos diferentes turnos

Tempos cronometrados no Primeiro Turno

Ref. 082

tempo	tempo de ciclo		média máq.	média homem
00:00,0			00:17,5	00:30,6
00:13,0	00:13,0			
00:38,0	00:25,0	00:38,0		
01:07,9	00:29,9			
01:34,2	00:26,4	00:56,2		
01:49,0	00:14,8			
02:14,0	00:25,0	00:39,8		
02:28,0	00:14,0			
02:53,5	00:25,5	00:39,5		
03:06,8	00:13,3			
03:31,6	00:24,8	00:38,1		
03:46,2	00:14,6			
04:11,3	00:25,1	00:39,7		
04:25,4	00:14,1			
04:53,8	00:28,4	00:42,5		
05:22,8	00:29,0			
05:50,0	00:27,3	00:56,2		
06:03,7	00:13,7			
06:32,8	00:29,1	00:42,8		
06:52,2	00:19,4			
10:27,1	03:34,8	03:54,3		
10:47,4	00:20,4			
11:23,6	00:36,2	00:56,5		
11:39,3	00:15,7			
12:06,5	00:27,2	00:42,9		
12:20,8	00:14,2			
12:54,6	00:33,9	00:48,1		
13:12,6	00:18,0			
14:17,9	01:05,3	01:23,3		
14:36,4	00:18,4			
15:05,7	00:29,3	00:47,8		

Tempos cronometrados no segundo turno

Ref. 089 (tecla cega)

tempo	tempo de ciclo			média máq.	média homem
00:00,0				00:16,1	00:29,8
00:15,0	00:15,0				
00:29,6	00:14,6	00:29,6			
00:46,6	00:17,1				
01:08,7	00:22,1	00:39,2			
01:27,2	00:18,5				
01:49,9	00:22,7	00:41,2			
02:07,3	00:17,4				
02:30,7	00:23,4	00:40,8			
02:46,7	00:16,0				
03:13,8	00:27,1	00:43,1			
03:29,0	00:15,1				
03:59,8	00:30,8	00:46,0			
04:20,2	00:20,4				
04:58,9	00:38,7	00:59,2			
05:11,8	00:12,9				
05:43,7	00:31,8	00:44,7			
06:01,5	00:17,9				
06:38,5	00:37,0	00:54,8			
06:53,8	00:15,3				
07:20,7	00:26,9	00:42,2			
07:36,7	00:16,0				
08:42,0	01:05,3	01:21,3	foi buscar botão		
08:55,0	00:13,0				
09:18,0	00:23,0	00:36,0			
09:32,5	00:14,5				
09:56,5	00:24,0	00:38,5			

Ref. 082

tempo	tempo de ciclo			média máq.	média homem
00:00,0					
00:18,1	00:18,1			00:18,1	00:27,1
00:43,0	00:24,8	00:43,0			
00:58,8	00:15,8				
01:24,8	00:26,0	00:41,8			
01:47,6	00:22,8				
02:17,9	00:30,3	00:53,1			
02:37,0	00:19,1				
03:00,9	00:23,9	00:43,0			
03:15,4	00:14,5				
03:45,9	00:30,5	00:45,0			
04:03,6	00:17,7				
04:29,1	00:25,4	00:43,2			
04:46,2	00:17,1				
05:16,8	00:30,6	00:47,7			
05:36,2	00:19,3				
06:10,9	00:34,7	00:54,1			
06:26,6	00:15,7				
06:53,0	00:26,4	00:42,1			
07:06,9	00:13,9				
07:32,8	00:25,8	00:39,8			
07:54,6	00:21,9				
08:21,7	00:27,1	00:49,0			
08:53,6	00:31,9				
09:19,0	00:25,4	00:57,2			
09:35,5	00:16,5				
09:59,0	00:23,5	00:40,0			
10:14,2	00:15,2				
10:37,5	00:23,3	00:38,5			
10:52,8	00:15,3				