

Aparafusamento de Peças Plásticas na Produção em Série na Preh Portugal

Paulina Ferreira de Matos

Dissertação de Mestrado

Orientador na FEUP: Engenheiro Hermenegildo Pereira

Orientador na Preh Portugal: Engenheiro José Cavaleiro



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

2011-01-28

Ao meu pai (em memória)

Resumo

A competitividade duma empresa advém da sua capacidade de disputar com vantagem o mercado. Actualmente, assegurar vantagem em livre concorrência significa oferecer aos clientes soluções diferenciadas com um padrão de custo e de qualidade atractivos.

A integração vertical da empresa potencia uma vantagem competitiva ao nível dos custos, obrigando a um esforço permanente de acréscimo de eficiência dos processos produtivos.

Regularmente são detectadas paragens de produção associadas ao processo de aparafusamento, correspondendo a um *downtime* que resulta no decréscimo do rácio de disponibilidade do equipamento. O presente projecto pretende fazer um estudo das causas subjacentes a essas paragens e definir métodos para as eliminar. Deste modo, é necessário analisar os equipamentos e materiais usados para este fim, definindo quais as especificações a adoptar.

Um dos parâmetros que garante a qualidade da junta aparafusada é o controlo do torque. Se este for muito baixo pode levar ao afrouxamento das ligações, enquanto que se for muito alto pode danificar componentes e provocar a rotura do parafuso.

Neste projecto será explicado como é efectuado o processo de controlo de torque e quais os seus pontos críticos.

Não só os postos de aparafusamento são importantes para o estudo, como todas as actividades que lhe estão a montante o influenciam indirectamente. Pretende-se conhecer o impacto de todas as etapas e fazer um levantamento das eventuais causas das falhas detectadas, promovendo as acções correctivas e a solução adequada.

Complementarmente à utilização de ferramentas de melhoria contínua no projecto para análise e detecção das principais causas de paragem, procedeu-se à sua documentação e à criação de algumas normas a seguir na criação de futuros postos de aparafusamento.

Na fase final deste projecto foi possível obter melhorias de eficiência do processo em alguns postos de aparafusamento, bem como propor medidas que, ao serem implementadas na criação de futuros postos de aparafusamento, poderão melhorar os processos e eliminar o desperdício (períodos de tempo sem valor acrescentado).

Plastic Parts Screw-fixing in Serial Production

Abstract

A company's competitive advantage in the market rests in two key factors: cost and quality. The company vertical integration enables a competitive advantage in cost, while it requires a constant effort to increase the efficiency of the production processes.

Production stops associated with the screw-fixing process were frequently detected. The objective of this project is to perform an analysis of the root causes and to devise methods to eliminate them. Thus, it is necessary to examine the equipment and materials used in the screw-fixing process and to define the specifications to be adopted. One of the parameters which ensure the quality of the screw-fix joint is the torque control. If too low, it can lead to loosening the connections; if too high it damages the part and causes breakage of the screw.

This project will detail the torque control process and highlight its most critical aspects.

Not only are the screw-fixing jobs important for the study, but also all the preceding activities that indirectly influence them. The impact of every stage must be known in order to assess the possible causes of the faults detected, so as to provide an appropriate fail-safe solution.

A guide containing the required documentation and the best practices to be adopted in future implementations of screw-fixing projects was developed by using continuous improvement tools to analyze and determine the main causes of downtime in the process.

The issues addressed during this project have led to improve the process efficiency, and by the end of the project additional measures to reduce and/or eliminate time waste were suggested.

Agradecimentos

Ao Eng.º Henrique Soares, por durante a elaboração deste projecto, me ter dado a oportunidade de fazer parte da excelente equipa que constitui a Preh Portugal.

Ao Eng.º José Cavaleiro, pela disponibilidade em orientar e esclarecer todas as dúvidas sobre este projecto.

Ao Eng.º Manuel Castro, pelos conselhos, disponibilidade e colaboração ao longo de todo o estágio, sem o qual este trabalho não teria sido possível.

Ao Eng.º Hermenegildo Pereira pelo desempenho das suas funções como orientador FEUP.

Ao Dr. Leonardo Carvalho pelo constante apoio durante a elaboração deste projecto.

A todas as pessoas da Preh Portugal que estiveram directa ou indirectamente envolvidas no projecto realizado, e que tão bem me receberam, em especial ao departamento de Engenharia, Manutenção e a todas as Operadoras.

A todos o meu muito obrigado.

Índice de Conteúdos

1	Apresentação da Empresa	1
1.1	Grupo Preh	1
1.2	Preh Portugal	1
1.3	O Projecto Sobre Aparafusamento de Peças Plásticas na Produção em Série na PP	1
1.4	Temas Abordados e sua Organização no Presente Relatório	2
2	Revisão Bibliográfica	3
2.1	Ferramentas <i>Lean</i>	3
2.1.1	KPI's, Key Performance Indicators	3
2.1.2	Diagrama de Pareto	4
2.1.3	Diagrama de Ishikawa	4
2.1.4	5W – Os Cinco Porquês	5
2.1.5	Os Sete Muda	5
3	Enquadramento do Projecto	8
3.1	Produto e Sequências de Operação	8
3.2	Parafusos	9
3.2.1	Tipo de Fenda	10
3.2.2	Ângulo de Abertura de Rosca	11
3.2.3	Design dos Furos	11
3.3	Aparafusadoras	12
3.3.1	Funcionamento Geral	13
3.3.2	Aparafusadora Pneumática	13
3.3.3	Aparafusadora Eléctrica	14
3.3.4	Manutenção	14
3.4	Controlador	14
3.4.1	Controlador para Aparafusadoras Pneumáticas	15
3.4.2	Controlador para Aparafusadoras Eléctricas	15
3.5	Máquina Alimentadora	16
3.6	Bits	17
3.7	Estado Actual do Processo de Aperto	17
3.7.1	Torque	18
3.7.2	Fases do Processo de Aperto	18
3.7.3	Definição do Torque	19
3.7.4	Controlo de Aperto	20
4	Detecção de Problemas	24
4.1	Equipamento	25
4.1.1	Aparafusadoras e Máquinas Alimentadoras	25
4.1.2	Benchmarking entre Aparafusadora Pneumática e Eléctrica	25
4.1.3	Matrizes e Ponteiras	27
4.2	Material	27
4.2.1	Material Injectado	27
4.2.2	Especificações do Parafusos	27
4.3	Ergonomia	28
4.4	Pessoas	28

4.5	Curvatura das Peças.....	28
4.6	Avaliação de Parâmetros de Controlo	30
5	Soluções.....	31
5.1	Aplicação de Ferramentas Lean	31
5.1.1	KPI's	31
5.1.2	Diagrama de Pareto	34
5.1.3	5W- Os Cinco Porquês	35
5.1.4	Diagrama de Ishikawa	37
5.1.5	Os Sete Muda	37
5.2	Propostas de Melhoria	38
5.2.1	Equipamento.....	38
5.2.2	Material	40
5.2.3	Ergonomia.....	41
5.2.4	Pessoas	41
5.2.5	Variações Dimensionais	41
5.2.6	Erros Detectados pelo Controlador Eléctrico.....	43
5.2.7	Eliminação do Desperdício	44
5.2.8	Resumo Esquemático.....	45
5.3	Resultado das Implementações.....	46
5.3.1	KPI's	46
5.3.2	Diagrama de Pareto	47
6	Conclusão.....	49
	Referências e Bibliografia	51
	ANEXO A: Organigrama da <i>Preh</i> Portugal	52
	ANEXO B: Layout da linha PL6 Center Stack + FKA	54
	ANEXO C: Fluxograma de Aparafusamento das Linhas PL6	56
	ANEXO D: Dossier de Parafusos Utilizados em Alguns Projectos da PP	59
	ANEXO E: Tradução do Menu do Controlador Pneumático fc10.....	63
	ANEXO F: Tabela <i>Betzer</i> de Recomendações para Concepção dos Furos.....	66
	ANEXO G: Tabela de Cálculo para Definição de Torque de Aperto Prático	67
	ANEXO H: Diagramas de Pareto.....	68
	ANEXO I: <i>Check List</i> de Instrução/Recepção de Equipamento.....	71
	ANEXO J: <i>Check List</i> de Manutenção Preventiva de Aparafusadoras e Máquinas Alimentadoras	74
	ANEXO K: <i>Check List</i> de Concepção e Recepção/Instalação de Matrizes/Ponteiras de Aparafusamento.....	75
	ANEXO L: Representação do Suporte Linear	76

Siglas

FKA - *Fahrerassistenzsystem*

Fa - Força Axial

FMEA - *Failure mode and effects analysis*,

F_N - Força Normal

F_r - Força Radial

M_A - Torque de Aperto

M_{amáx} - Torque Máximo de aperto

M_{Amín} - Torque Mínimo de aperto

M_E - Torque de Abertura de Rosca

M_Ü - Torque de Destruição

P - Passo do Parafuso

PP - *Preh* Portugal

QB2 - Fase detalhada de elaboração do processo que inclui a execução do FMEA de processo

QB3 - Reavaliação de ferramentas e dispositivos pela produção das primeiras amostras

QB3 SOP - *Start on production*, início de produção em série

SMD - *Surface Mount Device*

TPS - *Toyota Production System*

Índice de Figuras

Figura 1- Exemplo de construção de um Diagrama de Ishikawa.....	5
Figura 2- <i>Layout</i> da linha F(Documentação interna da empresa).....	8
Figura 3 – Sequências de operação dos produtos as linhas PL6 Center Stack.....	9
Figura 4 – Exemplo do produto realizado na linha PL6 Center Stack.....	9
Figura 5 – Parafuso auto roscante (Baseado em Robert A. Malloy, 1992).....	10
Figura 6 – Exemplo de fenda Torx (Catálogo Betzer).....	10
Figura 7- Forças exercidas no filete de rosca (Catálogo Betzer).....	11
Figura 8 – Utilização de furos passantes para limitar a deflexão (Baseado em Robert A. Malloy, 1992)	12
Figura 9- Constituição de uma aparafusadora (Manual Deprag)	12
Figura 10- <i>Driving Stroke</i>	13
Figura 11 – <i>Nosepiece Ball</i> (Manual Deprag).....	13
Figura 12 – Ilustração de uma matriz e ponteira de aparafusamento.	13
Figura 13 – Esquema de embraiagem pneumática (Manual Deprag).....	14
Figura 14 – Controlador de uma aparafusadora pneumática.....	15
Figura 15 – Controlador de uma aparafusadoras eléctricas (Manual Deprag).....	15
Figura 16 – Esquema de uma máquina alimentadora (Manual Deprag).....	16
Figura 17 – Representação do <i>Bit</i>	17
Figura 18 – Aplicação de torque (Baseado em documentação interna da empresa).	18
Figura 19 - Fases do processo de aperto de um parafuso em função do ângulo (Catálogo Betzer).	18
Figura 20 – Fases do processo de aperto (Com base em documentação interna).	22
Figura 21 – Gráfico correspondente a um aperto OK (Documentação interna da empresa).	23
Figura 22 – Gráfico correspondente a um aperto NOT OK por erro de <i>Torque Low</i> (Documentação interna da empresa).....	23
Figura 23- Sequência de tarefas quando detectado erro de aparafusamento.....	24
Figura 24- Exemplo da falta de concentricidade da blenda/ <i>back cover</i> do Audio F10/11.	29
Figura 25 – Características da Poliamida 6 (A.V. Machado & A.M. Cunha, 2001).	30
Figura 26 – Fluxograma correspondente ao processo de aparafusamento do <i>Center Stack</i> (Documentação interna da PP)	32
Figura 27 – Relação entre o Tempo de Ciclo e o Takt Time, (João Paulo Pinto, 2009).	33
Figura 28 – Diagrama de Ishikawa.	37
Figura 29 – Exemplo do protótipo de folha de cálculo.....	40
Figura 30 – A: Visualização da concentricidade dos furos da peça mergulhada em água; B: Visualização da concentricidade dos furos da peça colocada no forno.	42
Figura 31 – Representação de rasgos em substituição de torres de aparafusamento.....	42
Figura 32 – Esquema para aplicação das ferramentas de melhoria.	45
Figura 33- Comparação da eficiência do processo antes e depois das implementações	46
Figura A 1- Organograma da PP (Fonte: documentação Interna da PP).....	53
Figura B 1 – <i>Layout</i> da linha PL6 Center Stack + FKA.....	54
Figura B 2 – Legenda do <i>layout</i> da linha PL6 Center Stack + FKA.....	55
Figura C 1 – Fluxograma de aparafusamento F01/02.	56
Figura C 2 - Fluxograma de aparafusamento F07.	56

Figura C 3 - Fluxograma de aparafusamento F10.	57
Figura C 4 - Fluxograma de aparafusamento F12/13.	58
Figura C 5 - Fluxograma de aparafusamento FKA.	58
Figura D 1 – Exemplo de rosca de um parafuso.	59
Figura D 2 – Exemplo de descrição Betzer.	62
Figura H 1 – Diagrama de Pareto do Posto F5.1 Pré Implementações.	68
Figura H 2 – Diagrama de Pareto do Posto F5.1 Após Implementações.	68
Figura H 3- Diagrama de Pareto do Posto F5.2 Pré Implementações.	68
Figura H 4- Diagrama de Pareto do Posto F5.2 Após Implementações.	68
Figura H 5- Diagrama de Pareto do Posto F6B Pré Implementações.	68
Figura H 6- Diagrama de Pareto do Posto F6B Após Implementações.	68
Figura H 7 - Diagrama de Pareto do Posto F7 Pré Implementações.	69
Figura H 8 - Diagrama de Pareto do Posto F7 Após Implementações.	69
Figura H9 - Diagrama de Pareto do Posto J2 Pré Implementações.	69
Figura H10 - Diagrama de Pareto do Posto J2 Após Implementações.	69
Figura H11 - Diagrama de Pareto do Posto D3 Pré Implementações.	69
Figura H12 - Diagrama de Pareto do Posto D3 Após Implementações.	69
Figura H13 - Diagrama de Pareto do Posto F6H Após Implementações.	70
Figura L 1 – Esquema de uma aparafusadora com suporte linear (Deprag).	76
Figura L 2 – Exemplo de um posto de aparafusamento.	76

Índice de Tabelas

Tabela 1- Desperdício de tempo e métodos para os combater (João Paulo Pinto, 2009).	6
Tabela 2 – Causas de defeitos e métodos para os combater (João Paulo Pinto, 2009).....	7
Tabela 3- Exemplos de trabalhos desnecessários e métodos para os reduzir (João Paulo Pinto, 2009).	7
Tabela 4 – Tabela de cálculo para definição teórica de torque (Documentação interna da empresa).	20
Tabela 5 – Descrição do controlo de aperto.	21
Tabela 6 – Tabela explicativa dos parâmetros de controlo definidos.	22
Tabela 8- Eficiência dos postos de aparafusamento da linha <i>Center Stack</i> e <i>FKA</i>	31
Tabela 9 – Representação dos 5W.	36
Tabela E 1 – <i>Layout</i> do teclado.	63
Tabela E 2 – Tabela explicativa da função reset.	64
Tabela E 3 – Menu principal do controlador.	64
Tabela E 4– Indicadores de erro.	65
Tabela G 1 – Tabela de cálculo de torque prático	67

1 Apresentação da Empresa

1.1 Grupo Preh

O grupo Preh foi fundado em 1919 em Bad Neustadt, Alemanha e desenvolveu o “*Preh-Funk*”, um dos primeiros receptores de rádio em todo o mundo. Hoje, a empresa concentra-se em sistemas de controlo para interiores de veículos automóveis como sistemas sensores e unidades de controlo electrónico.

Com ênfase na inovação a Preh oferece um máximo de flexibilidade e rapidez no desenvolvimento e produção de soluções para produtos feitos sob medida. O método subadjacente da empresa, assim como na outra unidade de negócio – *PrehKeyTec* (teclados especializados e *touchscreens*) – baseia-se nesta abordagem.

Estamos perante um consórcio internacional com mais de oito décadas no desenvolvimento e fabrico. Existem cerca de 2200 pessoas envolvidas na área de tecnologias inovadoras e soluções para clientes individuais distribuídas por países como Alemanha, França, Portugal, Roménia, México, China e Estados Unidos.

1.2 Preh Portugal

A Preh Portugal foi fundada em 1970 no concelho da Trofa, sendo a primeira fábrica de Electromecânica criada fora Alemanha. A partir de 1994 inicia a sua actividade na área de electromecânica para automóveis. Com o aumento do volume de negócio em 1997 integra verticalmente montagem electrónica de *SMD*.¹

1.3 O Projecto Sobre Aparafusamento de Peças Plásticas na Produção em Série na PP

Com a crescente competitividade do mercado é necessário adoptar métodos que acrescentem valor. Pretendesse a diferenciação dos concorrentes, primeiro em qualidade, depois pelos prazos, seguido de flexibilidade e custos. Tudo isto tendo em consideração a personalização dos produtos de acordo com as especificações de cada cliente. Para isso, cumprir a produção no tempo previsto implica a minimização de falhas no processo produtivo.

No processo de montagem dos produtos fabricados na PP são detectadas paragens de produção associadas ao processo de aparafusamento. Este projecto pretende fazer um estudo das causas que provocam essas paragens promovendo soluções.

Sabe-se que a chave para o correcto aperto de uma ligação aparafusada passa pela qualidade dos equipamentos e pela correcta definição e aplicação de torque. Para que este processo seja realizado bem à primeira há necessidade de aplicar e definir os parâmetros de controlo de

¹ Todos os departamentos da empresa podem ser consultados no ANEXO A.

SMD: *Surface mount device*, ou *SMT*, *surface mounted technology*, é o método pelo qual é designada a montagem de *SMC*, *surface mounted components*, directamente na superfície da placa de circuito impresso, PCB, permitindo o aproveitamento de ambas as faces. <http://www.smdsystems.com/montagem.htm>

aparafusamento de acordo com a ferramenta usada. Sendo eles: torque, ângulo, tempo e velocidade.

Contudo, outros factores podem influenciar o processo de ligação de peças plásticas tais como: características de concepção e desenvolvimento, *design* e escolha de materiais para a injeção das peças plásticas. O desenvolvimento, realizado na Preh Alemanha, deve assegurar que todas as ligações são possíveis de realizar sem fragilizar do produto. Os materiais escolhidos para injeção têm de garantir uma reduzida variação dimensional para controlar o risco que pode afectar os parâmetros de torque.

O aparafusamento de peças plásticas na produção em série obriga a um rigoroso controlo dos processos para uma montagem final bem sucedida, sendo esta a natureza deste projecto.

1.4 Temas Abordados e sua Organização no Presente Relatório

A elaboração deste documento pretende dar a conhecer os problemas associados ao processo de aparafusamento na produção em série, apresentando posteriormente as soluções para a eliminação das falhas do processo.

Inicialmente será realizada uma revisão bibliográfica das ferramentas de melhoria contínua que serviram de apoio para os estudos deste projecto. Posteriormente será feito um enquadramento do projecto que contempla a descrição do processo de aperto, passando pela abordagem de equipamentos e materiais.

No capítulo seguinte serão discutidos os problemas associados ao processo para posterior aplicação das ferramentas *Lean* com o objectivo de obter possíveis soluções para o aumento da produtividade.

Por fim, será feita uma análise dos resultados da implementação.

2 Revisão Bibliográfica

Este capítulo é dedicado à apresentação dos conceitos teóricos que ajudaram na realização deste projecto. Pretende-se fazer uma breve análise das ferramentas de melhoria contínua, e das soluções *Lean* aplicadas no estudo das causas e na definição de métodos para as eliminar.

2.1 Ferramentas *Lean*

Este conceito engloba um conjunto de ferramentas para melhoria de produtividade, qualidade e aumento da eficiência do equipamento pela optimização dos processos e remoção das actividades que não acrescentam valor.

As ferramentas de melhoria contínua, como o nome indica, pretendem incrementar a *performance* e a qualidade das organizações pela implementação de rotinas proactivas. Espera-se uma evolução gradual do desempenho, que se conquista dia-a-dia e de forma sustentada. A busca da qualidade, tal como com todas as mudanças, não são conseguidas instantaneamente mas através do tempo e da habituação fazendo jus ao conceito de melhoria contínua (Jacobs, Chase & Aquilano, 2009), (João Paulo Pinto, 2009).

2.1.1 *KPI's, Key Performance Indicators*

Como se pretende melhorar as questões relativas ao aparafusamento é necessário fazer uma breve análise do estado actual do processo para posterior comparação de resultados.

Tipicamente a produtividade é medida em termos de “*output*” por hora de trabalho. Contudo, pode ser vista como o conjunto de acções que aproximam a empresa dos seus objectivos (Jacobs, Chase & Aquilano, 2009).

De acordo com os dados disponibilizados, serão calculados os indicadores que mais se adequam ao projecto.

2.1.1.1 *Eficiência*

A eficiência (*E*) avalia a capacidade de um sistema fazer correctamente a actividade que lhe é proposta, atingindo os objectivos, ou seja, avalia a utilização dos recursos disponíveis (João Paulo Pinto, 2009).

$$E = \frac{\text{Resultados alcançados}}{\text{Recursos utilizados}} \times 100$$

2.1.1.2 *Tempo de ciclo*

O tempo de ciclo é ditado pelo tempo entre peças sucessivas, ou seja, pela operação mais lenta. Esta estação é conhecida como estrangulamento ou *bottleneck*, definindo a capacidade do processo (João Paulo Pinto, 2009).

2.1.1.3 *Takt Time*

Na indústria existe necessidade de produzir de acordo com a procura evitando a acumulação de stock. Pretende-se satisfazer a procura assegurando que as necessidades dos clientes são garantidas no tempo certo. Não havendo qualquer vantagem em produzir acima da procura,

pretende-se nivelar todas as operações do processo evitando desperdício, produzindo de acordo com a solicitação do cliente, assegurando o *Takt Time* (João Paulo Pinto, 2009).

$$Takt\ Time = \frac{Tempo\ disponível}{Procura\ no\ tempo\ disponível}$$

No tempo disponível deverá apenas ser considerado o tempo de trabalho, retirando os tempos de paragens para descanso e manutenção preventiva.

Se a procura for maior que a capacidade de entrega, existe risco de subcarga da linha e consequentes atrasos nas entregas. Por outro lado, em caso de sobrecarga, a capacidade de fornecimento maior que a procura, temos um subaproveitamento dos recursos denunciando a existência de desperdício. A empresa deve constantemente adequar os tempos de ciclo ao *takt time*, garantindo o cumprimento de prazos de entrega e a ocupação dos recursos. De maneira a criar relação entre estes dois indicadores deve-se nivelar a produção (João Paulo Pinto, 2009).

2.1.2 Diagrama de Pareto

Este diagrama, criado por Vilfredo Pareto no século XIX, é desde 1950 uma das ferramentas de controlo de qualidade por iniciativa de Joseph Juran, guru da qualidade. Na sua base está o Princípio definido por Pareto que refere: “um pequeno número de causas, geralmente 20%, é responsável pela maioria dos problemas, 80%”.

Esta ferramenta permite a concentração de esforços na resolução dos problemas. De facto, em muitos casos, a maior parte das perdas que se fazem sentir são devidas a um pequeno número de defeitos considerados vitais. Os restantes defeitos, que dão origem a poucas perdas, são considerados triviais e não constituem qualquer perigo sério. Uma vez identificados os defeitos vitais, dever-se-á proceder à sua análise, estudo e implementação de processos que conduzam à sua redução ou eliminação².

2.1.3 Diagrama de Ishikawa

Também designado por diagrama causa-efeito ou *fish bone* é talvez uma das mais importantes ferramentas de melhoria contínua. Permite sistematizar a análise de um problema, investigando as possíveis causas e prosseguir a investigação desdobrando cada causa em outras para nos ajudar a identificar a(s) causa(s) raiz. Depois de identificadas as causas, é necessário agrupá-las em diferentes categorias avaliando cada uma (João Paulo Pinho, 2009).

² Fonte de texto: <http://www.12manage.com> e <http://www.valuebasedmanagement.net>, visitado em 12 de Novembro de 2010.

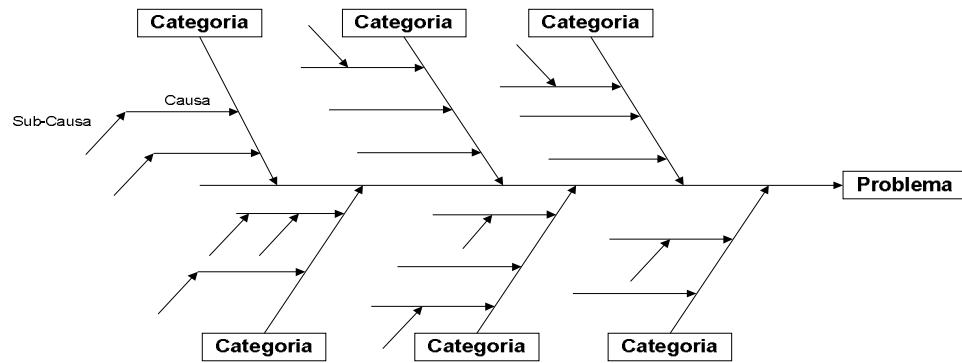


Figura 1- Exemplo de construção de um Diagrama de Ishikawa.

O diagrama causa-efeito é uma ferramenta útil para:

- Análise dos processos de realização;
- Análise de problemas em equipa;
- Compreender a relação entre efeito e causas;
- Investigar as causas reais e potenciais das falhas.

2.1.4 5W – Os Cinco Porquês

A análise 5W, *five whys*, é uma das ferramentas disponíveis para descobrir a causa-raiz do problema. A ideia é trabalhar as questões que são imediatamente evidentes. Pretende-se com esta ferramenta resolver os problemas detalhando ao máximo as verdadeiras causas. Com a persistência das questões emergem várias causas explicativas do problema. O número de questões depende também da dimensão do problema, por vezes três ou quatro questões são suficientes para a identificação da causa.

Podem ser identificadas várias causas para o problema, para isso é necessário estabelecer prioridades, começando pela causa mais problemática. Esta ferramenta tem como inconveniente o parecer pessoal de quem coloca as questões. Para combater a subjectividade desta análise deve-se recorrer à discussão das causas em equipa envolvendo pessoas com experiência. Depois de descobertas e implementadas, as soluções devem ser registadas para que não voltem a ser consideradas causas do problema (João Paulo Pinto, 2009).

2.1.5 Os Sete Muda

Muda é termo japonês que significa desperdício, utilizado para designar as actividades que não acrescentam valor e que devem ser eliminadas. O desperdício pode ser tangível (ex: produto defeituoso) ou intangível mas mensurável (ex: tempo) representando sempre custos que o cliente não quer pagar e uma redução da margem do fornecedor.

Para além da redução de tempos relativos aos erros de aparafusamento, existe também a necessidade de redução de desperdício ao longo da linha de maneira a nivelar os tempos de ciclo. Esta ferramenta pretende melhorar o desempenho das pessoas reduzindo o desperdício através de simples acções. Para isso recorreu-se à análise das sete categorias de desperdício

identificadas por Taiichi Ohno (1912-90) e Shigeo Shingo (1990-90) no decorrer do desenvolvimento TPS (João Paulo Pinto, 2009).

Das principais formas de desperdício apenas algumas são possíveis de enquadrar neste projecto, as quais serão explicadas em maior detalhe.

As sete formas de desperdício:

1. Excesso de Produção

Não é aplicável, porque a empresa utiliza a política de *make to order*.

2. Esperas

Estas fazem parte do tempo que as pessoas ou equipamentos perdem quando estão à espera de algo. O tempo é um recurso limitado e irrecuperável.

Os desperdícios de tempo são normalmente causado por:	Métodos para os combater:
>Avarias de equipamentos; >Mudança de ferramentas; >Atraso ou falta de materiais ou mão-de-obra; >Layout ineficiente; >Interrupção da sequência das operações; > <i>Bottleneck</i> .	>Nivelar as operações; >Implementação de um layout[1] mais específico; >Melhorar planeamento e sincronização entre áreas de trabalho; >Realizar rápidas mudanças de set up[2].

[1] Layout: Esboço representativo da distribuição física.

[2] Set up: Tempo decorrido para a troca de ferramentas ou equipamento de um processo em curso até ao início do próximo processo.

Tabela 1- Desperdício de tempo e métodos para os combater (João Paulo Pinto, 2009).

3. Transporte e Movimentações;

Este parâmetro não é aplicável ao processo de aparafusamento pela sua ínfima expressão.

4. Desperdício do Processo;

Referem-se a operações ou processos que não são necessários ou até mesmo incorrectos originando aumento do número de defeitos. Podem aqui também ser englobados processos que podem ser eliminados ou substituídos por processos mais eficientes.

5. Stocks

No processo de aparafusamento os stocks não representam problema pela utilização do método *just-in-time*.

6. Defeitos

São um acumular de perdas, nomeadamente em relação ao *rework*³ de peças. Além disso quando são detectados defeitos são aumentadas as inspecções do produto final provocando uma diminuição da produtividade.

Os defeitos são causados por:	Métodos para os combater:
>Erro humano, onde o processo não é realizado bem à primeira; >Falta de autocontrolo dos processos.	>Implementação de operações padrão; >Presença de dispositivos de detecção de erro; >Implementação do conceito de autocontrolo de processos; >Automatização de tarefas; > Eliminação da necessidade de movimentação de peças e materiais.

Tabela 2 – Causas de defeitos e métodos para os combater (João Paulo Pinto, 2009).

7. Trabalho Desnecessário

Refere-se aos movimentos que não são necessários para a execução das operações, podendo ser muito lentos, muito rápidos ou redundantes.

Exemplos de trabalho desnecessário:	Como reduzir o trabalho desnecessário:
>Operações isoladas; >Falta de formação dos operadores; >Esforços redundantes que não acrescentam valor ao produto final; >Instruções de trabalho pouco claras; >Especificações de qualidade mais rigorosas do que o realmente necessário.	>Oferecer formação aos colaboradores; >Idealizar como meta o fluxo contínuo de produção. >Promover a uniformização das operações de trabalho; >Implementação de instruções de trabalho normalizado.

Tabela 3- Exemplos de trabalhos desnecessários e métodos para os reduzir (João Paulo Pinto, 2009).

³ *Rework*: Termo utilizado para indicar o acto de refazer o trabalho eliminando o defeito.

3 Enquadramento do Projecto

O tema proposto exige um conhecimento que se baseia no acompanhamento diário do processo. O comportamento do equipamento, a análise dos problemas surgidos e estudo dos manuais e catálogos disponibilizados pelos nossos fornecedores foram a principal fonte de informação para a realização deste projecto. Dada a especificidade do tema houve a necessidade de explicar no presente capítulo tudo aquilo que está por detrás do processo de aparafusamento de peças plásticas na produção em série na PP.

Na empresa, foram seleccionados alguns projectos para estudo e compreensão geral do conceito. Contudo, a linha *PL6 Center Stack+FKA*⁴, responsável pela produção de sistemas de controlo electrónico de climatização para a BMW, foi a escolhida para linha piloto. Possuindo a linha *PL6 Center Stack* cinco postos de aparafusamento, funcionando 24 horas por dia e sendo uma linha com uma capacidade de produção de cerca de 2000 peças/dia é o objecto de estudo ideal para a realização deste projecto.

Existem várias maneiras de fixar peças e componentes, a ligação pode ser realizada por meio de rebites, cola, solda, parafusos, entre outros. No entanto, o método mais comum é o uso de parafusos pois são opção pela simplicidade de projecto, facilidade de montagem e desmontagem, produtividade e baixo custo. Assumindo o correcto dimensionamento do parafuso, é importante garantir que o torque de aperto é suficiente para suportar a carga para a qual foi projectada, e que permanecerá firme o suficiente para evitar afrouxamento.

Para melhor compreender processo de aparafusamento na figura 2 encontra-se representado o *layout* da linha *F Center Stack* onde se podem observar 5 dos postos de aparafusamento, abrangidos por este projecto.



Figura 2- *Layout* da linha F (Documentação interna da empresa).

3.1 Produto e Sequências de Operação

Actualmente a linha *PL6* é responsável pelo fabrico de 5 produtos: F01/02, F07, F10/11, F12/13 e *FKA*. Estes produtos variam em termos de sequência de operações, sendo descritas na figura 3.⁵

⁴ Consultar *layout* no Anexo B.

⁵ Um fluxo de aparafusamento mais detalhado pode ser observado no ANEXO C.

	F6					
	F5.1	F5.2	F6B	F6H	F7	D3
						
F01//02	10x05063-250/0001	9x05063-250/0001	2x05101-075/0000	4x05063-320/0006	-	-
F07	10x05063-250/0001	9x05063-250/0001	2x05101-075/0000	-	4x05063-312/0000	-
F10/11	-	9x05063-250/0001	2x05101-075/0000	4x05063-320/0006	4x05063-312/0000	-
F12/13	10x05063-250/0001	9x05063-250/0001	2x05101-075/0000	-	-	-
FKA	-	-	-	-	-	4x05063-281/0000

Exemplo: 10x05063-250/0001: 10 parafusos; com a referência 05063-250; 0001: com uma alteração sofrida desde a sua existência.

Figura 3 – Sequências de aparafusamento dos produtos as linhas PL6 Center Stack+FKA.

Embora os produtos tenham sequências de operações diferenciadas, a representação pode ser observada na figura 4.



Figura 4 – Exemplo do produto realizado na linha PL6 Center Stack.

3.2 Parafusos

Para garantir a qualidade do processo de aparafusamento é necessário certificarmos-nos que também estamos a utilizar materiais de qualidade. Em todos os produtos da PP são utilizados parafusos auto roscantes.

Para além de fáceis de produzir e de baixo custo as ligações com parafusos auto roscantes, figura 5, são muito comuns para juntar componentes termoplásticos. Estes, favorecem um conjunto de alta resistência capaz de suportar tensões contínuas com segurança. Têm a vantagem da incorporação directa no material plástico minimizando o número de peças necessárias para produzir a montagem. Reduzem os custos de moldação e montagem pela eliminação da necessidade de operações secundárias como a criação de furos roscados.



Figura 5 – Parafuso auto roscante (Baseado em Robert A. Malloy, 1992)

A geometria do ângulo e do passo de rosca, bem como o núcleo são projectados para atender às condições específicas para aplicação em plásticos. É preciso considerar que perante má execução da operação de aperto a peça é quem sai lesada, e não o parafuso.

A primeira etapa deste projecto consistiu na identificação dos parafusos utilizados em alguns dos projectos da PP. Foi elaborado um *dossier* que pode ser consultado no ANEXO D, que mostra quais os parafusos utilizados em cada projecto e as suas características. Os aspectos distintivos destes parafusos são o tipo de fenda e o ângulo de abertura de rosca.

3.2.1 Tipo de Fenda

No processo de aparafusamento de peças plásticas na produção em série é comum o recurso a parafusos de fenda *Torx*. Estes são conhecidos pela eficiente transmissão de torque e pela fraca ocorrência de falha da ferramenta durante a transmissão de movimento.



Figura 6 – Exemplo de fenda Torx (Catálogo Betzer)

“TORX, desenvolvido por Camcar LLC do Acument Tecnologias Globais (antigo Camcar Textron), é a marca registada para um tipo de cabeça de parafuso caracterizado por uma chave de 6 pontas formando uma estrela. O nome genérico é chave interna hexalobular e é unificado pela ISO (Organização Internacional para Padronização) como ISO 10664.”⁶

O *design* atribui-lhe uma maior resistência à pressão de encaixe da chave em relação à cabeça *Phillips*⁷, usada anteriormente. A chave *Phillips*, está preparada para sair da fenda assim que detectados apertos demasiado fortes, por essa razão a indústria utiliza a cabeça e a chave *Torx*, visto ser mais eficiente em processos automatizados.

⁶ Fonte de Texto: www.felar.com.br

⁷ Chaves *Phillips*: Chave com a ponta em forma de estrela.

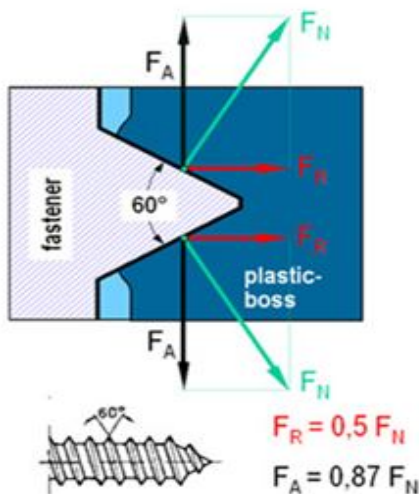
Estes parafusos são bastante comuns na indústria automóvel, na produção de discos rígidos, sistemas de computadores e equipamentos electrónicos.

3.2.2 Ângulo de Abertura de Rosca

Utilizam-se parafusos especiais para termoplásticos, tendo como principal característica um ângulo de abertura de rosca de 30° . Com este ângulo, o fio condutor do flanco torna-se mais influente na abertura de rosca e promove o deslocamento e fluxo de material usando pequenas quantidades de energia no processo de aperto. O segmento de raio dos flancos minimiza as forças radiais durante a abertura de rosca, resultando num baixo torque de aperto. A forma assimétrica da rosca origina forças resultantes opostas durante o processo, melhorando o fluxo de material.

Quando uma rosca é muito pequena como neste caso, quase toda a carga axial de aperto, designada por F_N , é oposta ao arrasto no flanco da rosca. O ângulo de pressão do flanco de 15° transfere a maior parte da carga resultante do aperto na direcção axial, F_A , minimizando a tendência de ruptura dos furos causada pelas forças radiais, F_R . Como se pode comprovar pela figura 7, a força axial, F_A é cerca de 3,7 vezes superior à força radial, F_R , conseguindo-se assim minimizar os efeitos das forças radiais.

Geometria de rosca não adequada



Geometria de rosca concebida pelo fabricante Betzer

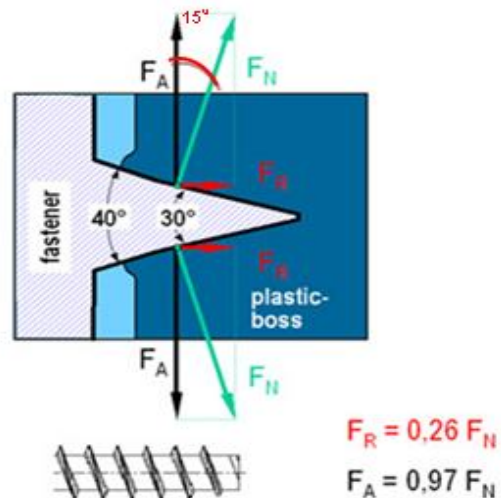


Figura 7- Forças exercidas no filete de rosca (Catálogo Betzer).

3.2.3 Design dos Furos

Quando são usadas aparafusadoras para unir peças plásticas, os furos devem ser incorporados nas peças a apertar de forma a oferecer um suporte local em torno do parafuso de maneira a evitar uma deformação excessiva na superfície durante o aperto.

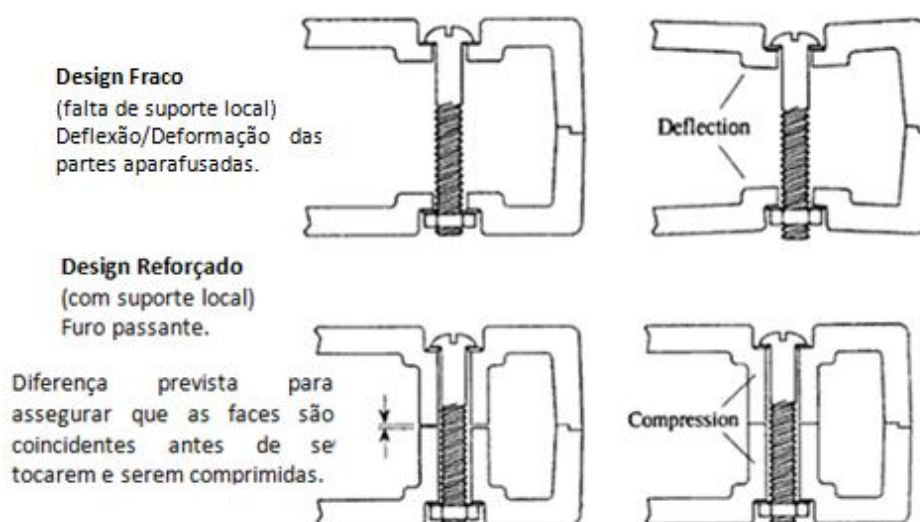


Figura 8 – Utilização de furos passantes para limitar a deflexão (Baseado em Robert A. Malloy, 1992)

Os furos devem ter uma tolerância de aproximadamente 0,25mm de diâmetro interior para assim facilitar o processo de montagem, bem como as variações dimensionais e de temperatura. A espessura da parede do furo deve ser a suficiente para oferecer resistência à compressão e estabilidade estrutural (figura 8).

Os parafusos tipicamente são sobrecarregados durante o processo de montagem, ou seja, mesmo depois do contacto inicial entre as duas partes, o parafuso continua a ser apertado. Isto acontece para compensar a incompatibilidade da expansão térmica e as deformações ou variações dimensionais. Do mesmo modo comprime a junção para minimizar a hipótese de desaperto devido ao stress de relaxamento ou à vibração (Robert A. Malloy, 1992).

3.3 Aparafusadoras

Os equipamentos usados durante um processo de produção são parte responsável pelo sucesso da operação. Pelo facto de existirem dois grandes tipos de aparafusadoras nesta indústria, eléctricas e pneumáticas, há a necessidade de discutir quais as vantagens e desvantagens de cada modelo de forma a eleger a mais apropriada. A maioria das aparafusadoras utilizadas na PP são da marca Deprag. A figura 9 descreve a constituição base de uma aparafusadora, sendo esta igual tanto nas eléctricas como nas pneumáticas.

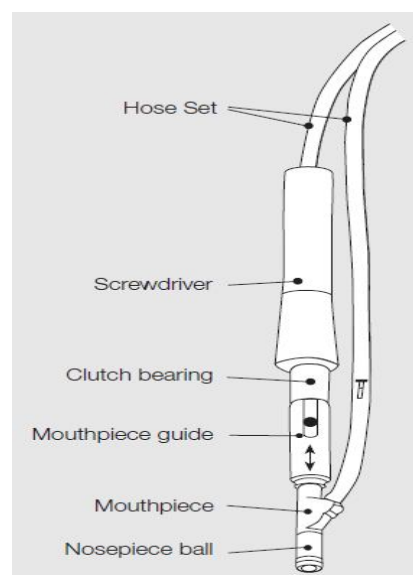
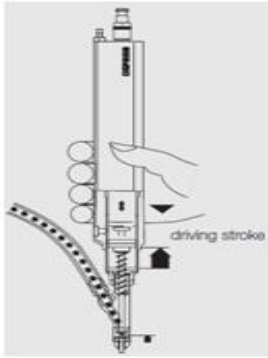


Figura 9- Constituição de uma aparafusadora (Manual Deprag)



3.3.1 Funcionamento Geral

Depois de alimentado o parafuso através da mangueira de alimentação, *hose set*, este desliza no *mouthpiece*, onde é guiado por meio de um plano inclinado até ao canal de alimentação. Por sua vez o *mouthpiece* está ligado ao *mouthpiece guide*, onde este para atingir o curso necessário desliza sob o *clutch bearing*, como representado na figura 10.

Figura 10- *Driving Stroke* (Manual Deprag).

No extremo do *mouthpiece*, é colocado o *nosepiece ball* (figura 11) para reter e posicionar o parafuso. Não são mais do que pequenas esferas mantidas em posição por uma pequeno anel elástico que quando forçadas pelo conjunto *bit*/parafuso cedem deixando que o *bit* siga o curso normal de aparafusamento. Este curso tem de ser sempre completado, pois só dessa maneira cairá um novo parafuso no canal de alimentação. Quando o *bit* encontra alguma resistência ao avanço, faz subir uma espécie de agulha que activa o *switch*, este mecanismo por sua vez activa o movimento de rotação do *bit*.

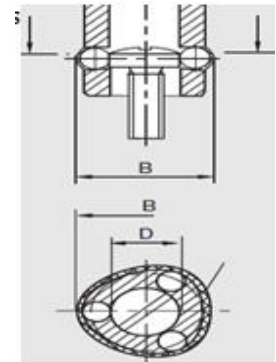


Figura 11 – *Nosepiece Ball* (Manual Deprag).

Para facilitar o processo de montagem utilizam-se matrizes de aparafusamento, figura 12. Estas originam um maior esforço no guiamento do parafuso, sendo necessária a adaptação de ponteiros na extremidade do *nosepiece*.

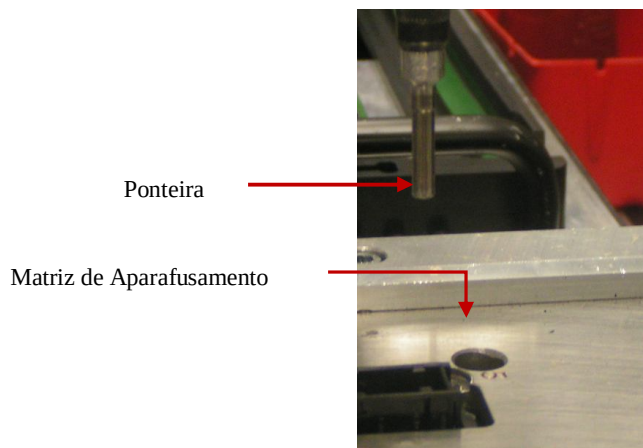


Figura 12 – Ilustração de uma matriz e ponteira de aparafusamento.

3.3.2 Aparafusadora Pneumática

Estas aparafusadoras têm um funcionamento exclusivamente pneumático e possuem grande durabilidade. Regra geral são equipadas com embraiagens mecânicas, podendo ser do tipo deslizante ou ter uma função *shut-off*. Com embraiagem deslizante, um engate armado com uma mola solta-se quando o torque pré-determinado é alcançado.

É escolhida uma mola de controlo de torque com uma força de acordo com as especificações. Depois de escolhida, esta é manualmente ajustada até ao torque pretendido.

O *bit* é encaixado na embraiagem pneumática, onde está mecanicamente ligado à mola de controlo de torque. Quando a força da mola é vencida é desfeito o acoplamento de garras que acciona o pino da válvula, figura 13. Este conjunto de movimentos origina mudanças do fluxo de ar reposicionando o *mouthpiece guide* e chamando um novo parafuso. Esta solução é comparativamente mais barata, mas a acção é ruidosa e o controlo de torque é fraco (Manual Deprag).

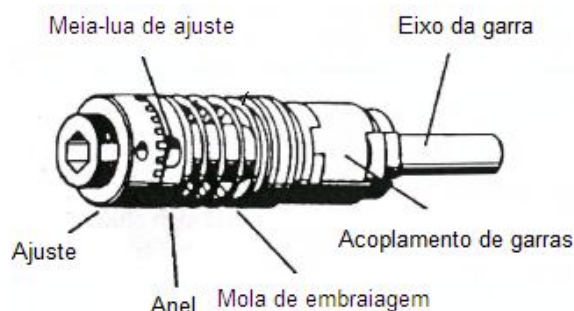


Figura 13 – Esquema de embraiagem pneumática (Manual Deprag).

3.3.3 Aparafusadora Eléctrica

Exteriormente, são semelhantes às aparafusadoras pneumáticas, sendo o funcionamento e o controlo de torque completamente eléctrico. Aqui, em vez de mola que funciona como medidora de torque, temos um transdutor. Este aparelho transforma a energia mecânica dispendida durante o aperto convertendo-a em sinal eléctrico. Quando detectado pelo controlador, o torque de *shut off*, o *switch* é desactivado e o aparafusamento terminado.

Possuem vantagens como um controlo total do processo de aparafusamento, fazendo a colecta dos principais dados para gestão estatística. Previne erros do operador e torna mais precisa a gestão das operações de aperto. É ideal para linhas de montagem que requerem fiabilidade de aperto.

3.3.4 Manutenção

As ferramentas pneumáticas exigem mais cuidados de manutenção em relação às eléctricas. Ambas exigem manutenção de calibração, sendo executada da mesma forma nos dois tipos de máquina. Contudo, esta operação torna-se mais rápida nas aparafusadoras eléctricas, que em cada ajuste pode ser efectuado directamente no controlador. Por outro lado, nos equipamentos pneumáticos é necessária a intervenção mecânica. A nível de lubrificação as suas necessidades são idênticas.

3.4 Controlador

A constante procura de melhoria determinou o controlo de processos. Tal foi possível com a introdução de controladores com monitorização de velocidade, torque e ângulo, sendo o parâmetro mais importante de todos o controlo de torque.

Na produção em série dá-se preferência à medição dinâmica de torque, onde este é continuamente medido durante o ciclo de aperto. Este método oferece vantagens em relação à medição estática, pois fornece indicação do desempenho da ferramenta de aperto sem influência do relaxamento da ligação ou variações de atrito em repouso. Para além do facto de não ser necessário a verificação posterior de torque.

3.4.1 Controlador para Aparafusadoras Pneumáticas

Os controladores para aparafusadoras pneumáticas, figura 14, são muito simples quando comparados com os controladores para aparafusadoras eléctricas. Têm como principal função a contagem de ciclos para proceder à alimentação do parafuso seguinte e possui apenas parâmetros de tempo como restrição. As suas interpretações de erro são todas baseadas no controlo de tempo e na existência ou não de peça no local destinado ao aparafusamento por meio de sensores.



Figura 2 – Controlador de uma aparafusadora pneumática.

Quando um erro é identificado pelo controlador é necessário fazer um *restart* para alimentação de um novo parafuso. Para um melhor entendimento, foi elaborada uma tradução do menu do controlador pneumático fc10 que pode ser consultado no ANEXO E contendo a explicação do tipo de erros detectados.

3.4.2 Controlador para Aparafusadoras Eléctricas

Para a produção em linha de montagem, onde o aperto requer 100% de monitorização, o transdutor de torque vem geralmente incorporado na ferramenta. Estes transdutores encontram-se também disponíveis com um codificador de ângulo incorporado para monitorizar do ângulo de aperto. Estes, convertem a energia mecânica em sinal eléctrico, cuja leitura pode ser feita no *display*.

Dentro da escala da máquina seleccionada é possível ajustar individualmente o valor de torque, velocidade, ângulo, tempo e direcção de rotação de acordo com as exigências da montagem. A combinação de todos estes parâmetros permite uma infinidade de *outputs* de controlo.

Figura 15 – Controlador de uma aparafusadoras eléctricas (Manual Deprag).



O facto de ser possível a monitorização integrada de valores de torque e ângulo, permite o controlo exacto do processo de aperto, bem como o registo de todos os parâmetros do processo.

Para esta operação de controlo, é necessário um controlador de sequência programável, este oferece programas de aparafusamento padrão, torna-se fácil criar sequências de aperto graças às etapas de montagem armazenadas no controlador.

Isto, acontece através de um servidor *web* ou directamente no teclado do controlador, tendo como acessórios opcionais módulos de software para registo e análise das ligações aparafusadas, registo de dados e gráficos. O *display* indica o modo de controlo e o *status* da montagem.⁸

3.5 Máquina Alimentadora

As alimentadoras automáticas de parafusos, figura 16, são iguais para os dois tipos de aparafusadoras abordadas neste projecto.

Este equipamento, *vibratory bowl*, é responsável por abastecer as aparafusadoras de parafusos. Com a vibração, estes sobem pelo *top rail* em forma de espiral até entrarem no *feed rail*. Durante este percurso, existe um sensor que indica a existência ou não de parafuso antes da entrada no *feed rail*. Se não for detectada a presença do parafuso, a bacia continua o seu movimento vibratório até nova detecção. Os parafusos são posicionados por meio de uma guia até darem entrada no separador. Se necessário pode ser efectuada uma triagem sensorial que identifica se os parafusos se encontram na posição correcta.

Se a posição estiver correcta, um cilindro posiciona-o de modo a ser enviado por pressão de ar pela mangueira de alimentação até à aparafusadora. Por outro lado, se a sua posição estiver invertida o separador encaminha-o pela mangueira que o devolve à *vibratory bowl*. Mas, nem todas possuem este sistema, sendo o correcto posicionamento garantido apenas pela guia do *feed rail*.

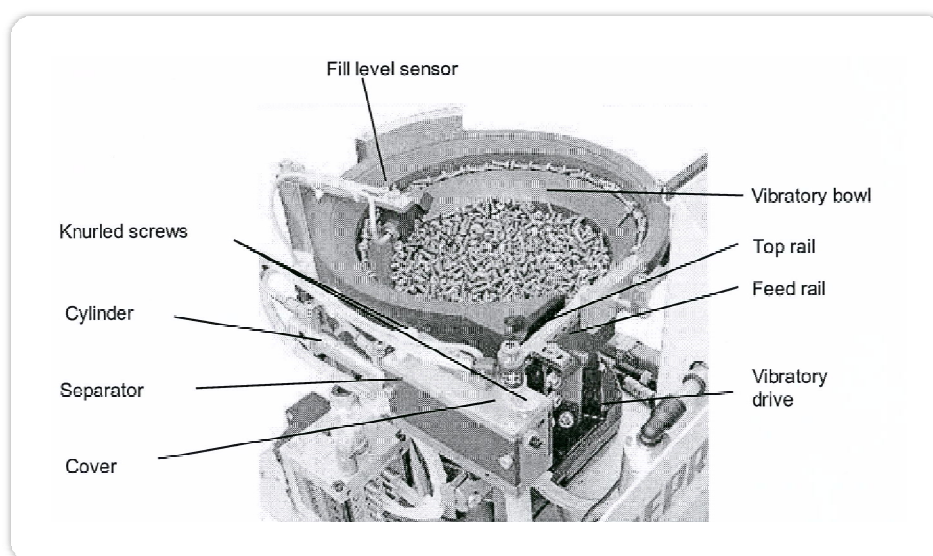


Figura 16 – Esquema de uma máquina alimentadora (Manual Deprag).

⁸ Fonte de texto: www.deprag.com

3.6 Bits

Os *bits* têm um papel fundamental na constituição da aparafusadora, sendo os responsáveis pelo contacto directo com o parafuso. Este, gira por acção da activação do switch, que por sua vez activa o corpo onde o bit está acoplado. Na sua extremidade possuem uma estrela de seis pontas, conhecida por chave *Torx*. As medidas das chaves *Torx* são conhecidas pela letra “T” seguida por um número que quanto menor, menor a sua dimensão podendo chegar até T100. (Exemplo: Posto F5.1, parafuso rs 2.0x8, *Bit*: TX6x3,1x152)

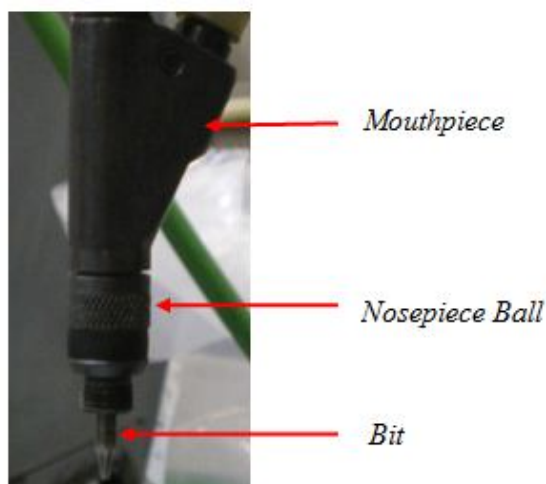


Figura 17 – Representação do *Bit*.

Do aço que os constitui, fazem parte misturas como carbono, silício, magnésio, níquel, crómio, molibdénio, e vanádio, onde posteriormente os tratamentos térmicos lhe atribuem características inerentes. A dureza dos *bits* utilizados nesta indústria ronda os 60 HRC⁹.

3.7 Estado Actual do Processo de Aperto

Com o torque correcto estamos a garantir que o produto está convenientemente fixado, e que não existirão falhas durante a sua utilização. A forma como um parafuso é apertado, manualmente ou com recurso a ferramentas, influencia a qualidade da ligação, da mesma forma, diferentes tipos de ferramentas exercem resultados diferentes.

As aparafusadoras com accionamento directo têm uma capacidade máxima que é determinada pela potência do motor e pela relação da engrenagem. Podem ser do tipo *stall*, no qual o torque final é determinado pelo torque produzido quando a ferramenta não tem mais capacidade de superar a resistência para girar o parafuso (Tecnologia do aperto – Guia de Bolso, Atlas Copco).

Para uma maior fiabilidade de aperto existem as que são equipadas com um dispositivo que interrompe o aperto quando atingem um torque pré-determinado, tema que será abordado neste projecto.

O objectivo do controlo de torque é assegurar que a força de união é alcançada. Contudo, o torque de aperto, por si só, não dá 100% de garantia de que a força de união é suficiente para carga projectada para a ligação. Roscas danificadas ou com corte insuficiente, resultarão num

⁹ 60 HRC: Escala de medição de dureza Rockwell de 60 na escala C.

aumento da resistência de rotação do parafuso e, portanto, o torque pré-determinado será alcançado antes do parafuso se encontrar totalmente roscado.

3.7.1 Torque

O torque de aperto é o critério usado para especificar a pré-tensão de um parafuso, figura 18. Trata-se de uma medida de torção correspondente à força que é aplicada e por sua vez multiplicada pela distância em relação a um ponto de apoio. No processo de aperto utilizado na PP a força e distância são directamente aplicadas pela aparafusadora em forma de torque sob o parafuso (Tecnologia de Aperto - Guia de bolso, Atlas Copco).

O valor de torque não pode ser aplicado em excesso, correndo-se o risco de partir a cabeça do parafuso ou deformar as peças onde é realizado o trabalho. Por outro lado, o mesmo valor aplicado por defeito pode não ser suficiente para a união das partes a montar.

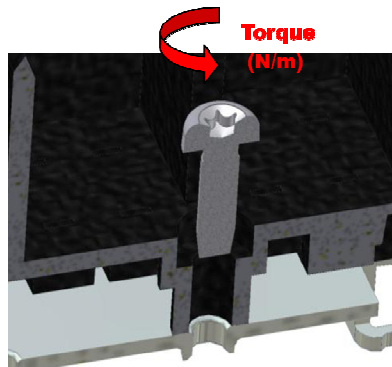


Figura 18 – Aplicação de torque (Baseado em documentação interna da empresa).

3.7.2 Fases do Processo de Aperto

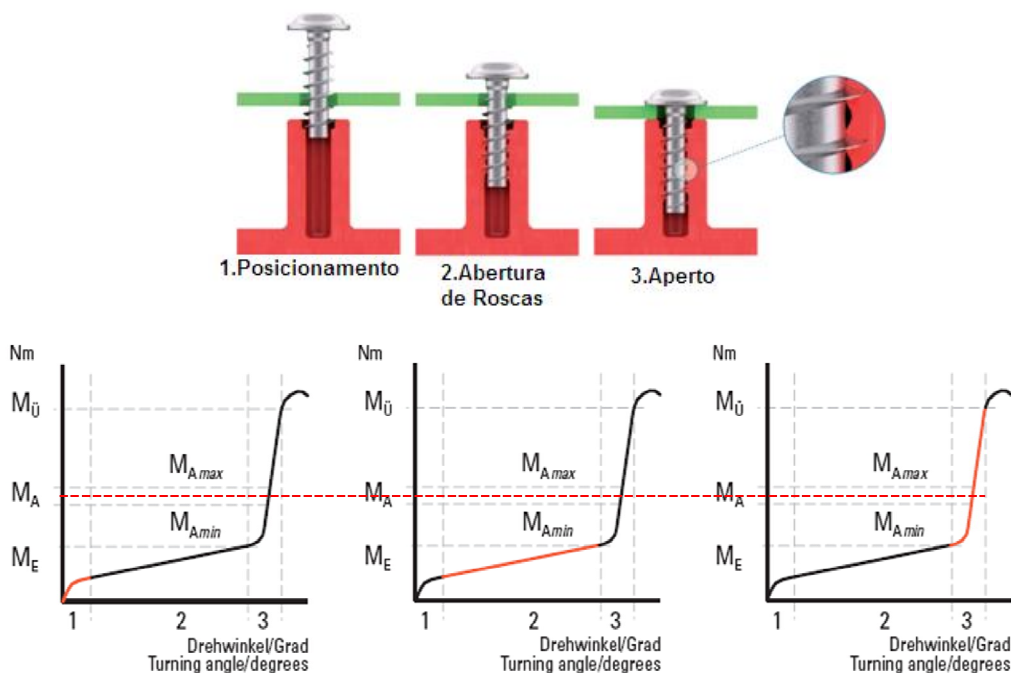


Figura 3 - Fases do processo de aperto de um parafuso em função do ângulo (Catálogo Betzer).

3.7.2.1 Etapa 1

Antes do furo onde se realiza a abertura de rosca, existe uma pequena caixa com a função de auxiliar o guiamento do parafuso. A passagem da caixa para o furo é a primeira resistência encontrada pelo parafuso, sendo a responsável pela primeira ligeira subida de torque.

3.7.2.2 Etapa 2

Depois de ultrapassada a caixa, o parafuso dá início ao processo de abertura de rosca assim que atinge M_E , torque de abertura de rosca. A subida do valor de torque é linear em relação ao valor de ângulo até atingir $M_{Amin.}$, torque de aperto mínimo. Este valor determina o torque mínimo para a ligação das duas partes.

3.7.2.3 Etapa 3

Esta última fase é responsável pelo completo aperto do parafuso. Depois de alcançado $M_{Amin.}$, a continuação do processo provoca um rápido aumento do valor de torque devido às forças de atrito existentes. Se for ultrapassado o $M_{Amáx.}$, torque máximo de aperto, rapidamente se atinge $M_{\ddot{U}}$, torque de destruição. Neste ponto, a cabeça do parafuso já está completamente encostada à peça. Continuando o processo, o torque começa a descer, significando que a rosca do parafuso está moída, factor que torna a ligação vulnerável.

3.7.3 Definição do Torque

Existe a necessidade de definir os valores de torque a utilizar para apertar uma determinada ligação. Esse valor pode ser determinado por meio de tabelas fornecidas pelo fabricante de parafusos (ANEXO F) ou obtido experimentalmente por meio de testes de destruição. Independente da maneira como é determinado, as fórmulas a usar para o seu cálculo são as mesmas.

Fórmula fornecida pelo fabricante de parafusos *Betzer*:

$$M_{Amin} = 1,35 \times M_E \text{ [Nm]}$$

$$M_{Amax} = 0,75 \times M_{\ddot{U}} \text{ [Nm]}$$

$$M_A = \frac{M_{Amáx.} - M_{Amin.}}{2} + M_{Amin.}$$

O cálculo de $M_{Amin.}$ corresponde a 35% de margem de segurança sobre valor de M_E por forma a garantir que nenhuma junta é mal aparafusada por falta de torque para abertura de rosca. Por outro lado, $M_{Amáx.}$ é calculado retirando 25% do valor de $M_{\ddot{U}}$ assegurando que não ocorre destruição da torre de aparafusamento.

3.7.3.1 Definição Teórica de Torque

Com recurso às tabelas fornecidas pelo fabricante, é possível calcular o valor teórico de torque a utilizar durante o processo de aperto. De seguida serão apresentados os cálculos para a sua determinação, usando como exemplo o produto “*Climatronic AU 210*”, tabela 4.

	Climatronic AU 210	
	05063-318/0000	
	MATERIAL	PC
	rs(mm)	2
(N/m)	L(mm)	12
M_E	0,1	
$M_{\bar{U}}$	0,4	
$M_{Amin.}$	0,14	
$M_{Amax.}$	0,3	
M_A	0,22	

Tabela 4 – Tabela de cálculo para definição teórica de torque (Documentação interna da empresa).

3.7.3.2 Definição Prática de Torque

O torque a utilizar para apertar uma ligação pode também ser definido experimentalmente por meio de testes de destruição. Todas as torres de aparafusamento são testadas cerca de 15 vezes sempre com o objectivo de determinar o torque de destruição, $M_{\bar{U}}$, e o torque mínimo necessário para a abertura de rosca, M_E .

Em cada teste é seleccionado o menor valor de $M_{\bar{U}}$ e o maior valor de M_E , desta forma salvaguarda-se a torre de um torque excessivo e garante-se o torque mínimo para o aparafusamento. Para o cálculo de $M_{Amax.}$ e $M_{Amin.}$ são utilizadas as fórmulas fornecidas pelo fabricante e de seguida calculado o valor de M_A . No fim dos 15 ensaios é efectuada uma média obtendo-se o valor final de M_A (ANEXO G).

3.7.3.3 Comparação do Valor de Torque Teórico e Experimental

Como se pode consultar no ANEXO G existe uma diferença entre os valores de torque teóricos e experimentais. Sendo o valor teórico de 0,22 N/m e o valor determinado experimentalmente de 0,34 N/m, temos um acréscimo de cerca de 54% do valor quando passamos da teoria à prática. Dos principais factores que contribuem para esta diferença são as variações dimensionais. Quando falamos de termoplásticos, temos de ter em consideração que o diâmetro interno das torres de aparafusamento não é constante, para além das variações dimensionais após injeção, aspectos como o ângulo de saída para remoção do molde influenciam a sua geometria.

Outro factor que contribui para o aumento do torque prático é força de atrito criada durante abertura de rosca, que em conjunto com o fluxo de saída de material provoca resistência ao avanço do parafuso. Todos estes factores são responsáveis pela diferença de valores teóricos e práticos.

3.7.4 Controlo de Aperto

Nas aparafusadoras usadas na PP é possível efectuar tipos diferenciados de controlo de aperto, podendo os principais ser consultados na tabela 5:

Tipos de Controlo de Aperto:	Descrição do Processo:
Aperto por Torque	Apenas é tido em consideração o valor de torque de aperto, pode ser usado em aparafusadoras eléctricas e pneumáticas.
Aperto por Torque + Ângulo	O Shutt-off do equipamento é realizado com base no valor de torque, mas garantido pelo valor de ângulo, usado apenas em aparafusadoras eléctricas.
Aperto por Ângulo + Torque	O Shutt-off do equipamento é realizado com base no valor de ângulo, mas garantido pelo valor de torque, usado apenas em aparafusadoras eléctricas.

Tabela 5 – Descrição do controlo de aperto.

3.7.4.1 Parâmetros de Controlo de Aperto

Na utilização de aparafusadoras pneumáticas o tipo de controlo usado é aperto por torque, não havendo possibilidade de mais nenhum parâmetro de controlo. Por outro lado, o uso de controladores eléctricos é um pouco mais complexo e os cuidados na definição dos parâmetros é fundamental para o sucesso do processo.

Neste momento o controlo nas linhas PL6 é efectuado em dois passos:

1º Passo: *Fasten to Angle*

- Elevada velocidade de rotação;
- *Shutoff angle* muito próximo da posição final pretendida.

Neste passo normalmente é efectuado apenas um controlo por ângulo, isto porque, como visível na figura 20, existe um pico de torque durante a abertura de rosca, que por vezes se aproxima do torque de *shutoff*. Isto significa que em caso de controlo de torque o *shutoff* torque poderia ser atingido ainda no primeiro passo apesar de a junta ainda não estar apertada. Por este motivo no primeiro passo pretende-se garantir a rapidez do processo, atribuindo velocidade máxima de rotação e um *shutoff angle* muito próximo da posição final.

2º Passo: *Fasten to Torque*

- Velocidade de rotação lenta;
- *Shutoff torque* garantindo o correcto aperto.

No segundo passo pretende-se que seja atingido o valor de torque pré-definido. Nesta fase, a cabeça do parafuso já se encontra muito próxima da peça a apertar, sendo o objectivo efectuar uma pequena rotação para que o valor de torque seja atingido.

A velocidade de rotação definida para o segundo passo é muito mais pequena quando comparada com o primeiro. Isto acontece porque a segunda fase do processo é muito mais curta e em caso de velocidade excessiva existe risco de *covershoot*¹⁰ devido ao *delay*¹¹ do equipamento. O tipo de controlo, se apenas por torque ou por torque e ângulo, bem como os

¹⁰ Covershoot: Quando um sinal excede o valor de estado estacionário.

¹¹ Delay: Termo técnico utilizado para designar o retardo de sinais eléctricos.

parâmetros definidos para a sua monitorização são factores decisivos para garantir a qualidade deste processo.

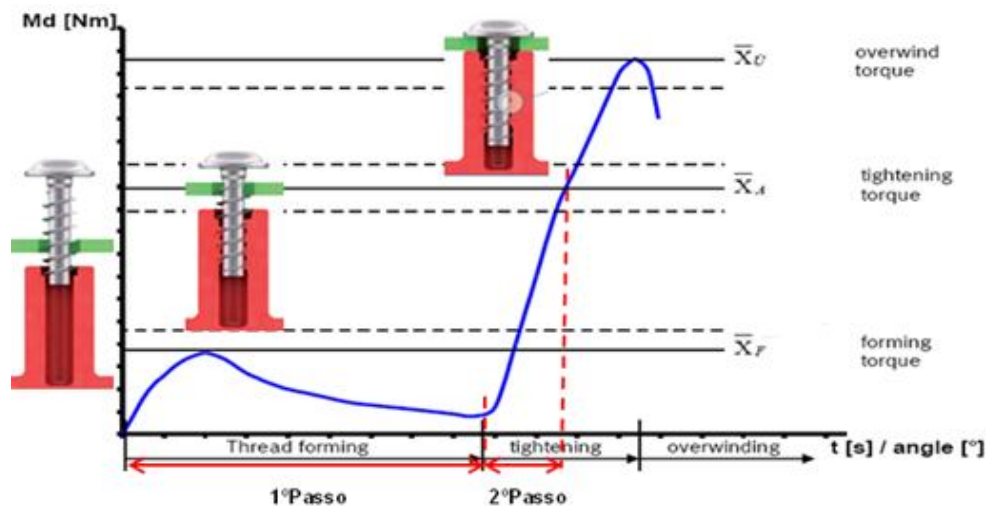


Figura 20 – Fases do processo de aperto (Baseado em documentação interna).

3.7.4.2 Definição dos Parâmetros de Controlo

Step 1	
Fasten to angle 4000MS	Tempo limite para a realização do primeiro passo. Caso o step 1 não seja realizado até este tempo limite será emitido o erro de Time Limit.
Fasten to angle Shutoff angle 1200°	Este é o objectivo deste passo. Depois de medidas manualmente o número de voltas necessárias para a cabeça do parafuso estar praticamente encostada à peça esse valor é introduzido no controlador traduzido para graus.
Fasten to angle Min. angle 900°	Este é o número mínimo de voltas necessárias para garantir a realização do passo seguinte. Caso este número de voltas não seja garantido o controlador emite sinal de <i>Angle Low</i> .
Fasten to angle Max. angle 2160°	Este é o número máximo de voltas necessárias para garantir a realização do passo seguinte. Caso este número de voltas seja atingido o controlador emite sinal de <i>Angle High</i> .
Torque Mín. 0,05Nm	Como explicado anteriormente, neste passo não se pretende um controlo por torque por isso, os valores máximo e mínimo definidos encontram-se muito acima e muito abaixo respectivamente, do valor de torque de shutoff.
Torque Máx. 0,8Nm	
Speed 1000rpm	Velocidade com que se pretende realizar este passo.

Step 2	
Fasten to torque 3000MS	Tempo limite para a realização do segundo passo. Caso o step 2 não seja realizado até este tempo limite será emitido o erro de Time Limit.
Fasten to torque 0,35Nm	Este é o objectivo deste passo. Depois de definido experimentalmente o valor de torque, o valor é introduzido no controlador.
Fasten to Min. torque 0,25Nm	Este é o valor mínimo de torque que garante a qualidade da conexão. Caso este não seja atingido o controlador emite sinal de <i>Torque Low</i> .
Fasten to Máx. torque 0,48	Este é o valor máximo de torque admissível pela junta. Caso este valor de torque seja atingido o controlador emite sinal de <i>Torque High</i> .
Speed 400rpm	Velocidade com que se pretende realizar este passo.

Tabela 6 - Tabela explicativa dos parâmetros de controlo definidos.

3.7.4.3 Exemplo Gráfico de Aperto

Nos gráficos seguintes é possível comparar o comportamento gráfico de um aperto OK comparado com um aperto NOT OK. O erro foi identificado como Torque Low, o parafuso bateu contra a torre de aparafusamento iniciando o processo de aperto.

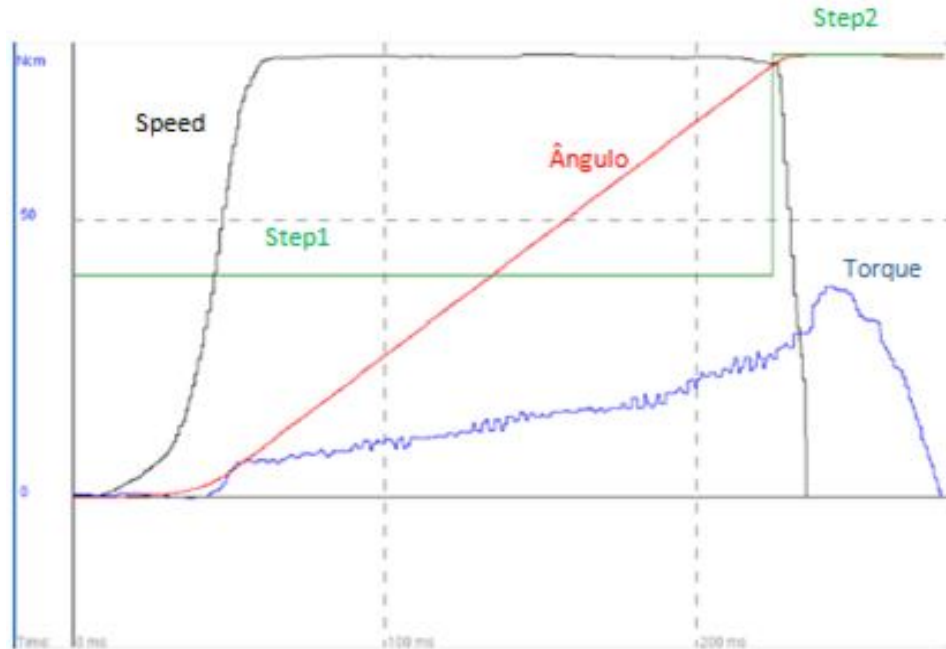


Figura 21 – Gráfico correspondente a um aperto OK (Documentação interna da empresa).

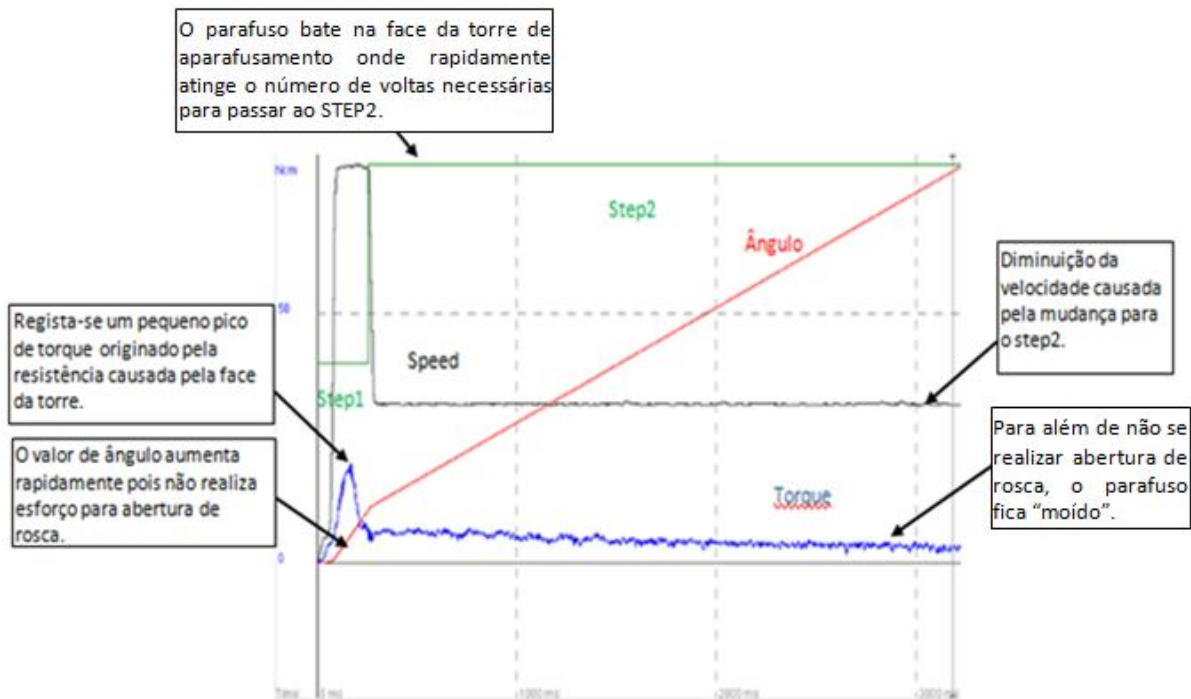


Figura 22 – Gráfico correspondente a um aperto NOT OK por erro de Torque Low (Documentação interna da empresa).

4 Detecção de Problemas

No presente capítulo, serão apresentados alguns problemas detectados no processo de aparafusamento com base na observação das linhas PL6 *Center Stack* + FKA. Nesta unidade, todos os postos de aparafusamento utilizam aparafusadoras eléctricas com alimentação automática, e possuem controladores eléctricos, responsáveis pela detecção de erros durante o aperto.

As principais paragens de processo são causadas pelos erros detectados pelo controlador eléctrico. Cada vez que um erro é emitido, há necessidade de uma correcção e consequente perda de tempo. Retirar um parafuso “NOT OK” traduz-se em desperdício de tempo traduzido numa sequência de tarefas referidas na figura 23.

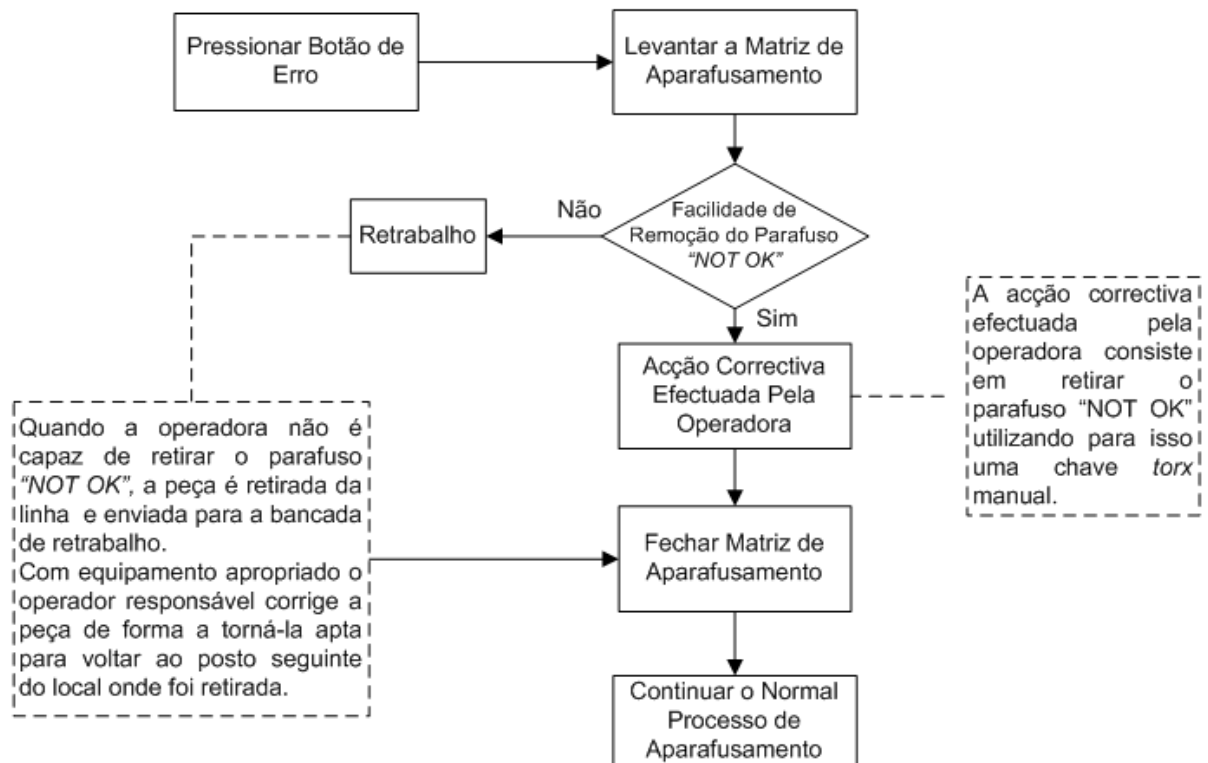


Figura 23- Sequência de tarefas quando detectado erro de aparafusamento.

Podendo esta sequência demorar até cerca de 9 segundos resulta em aumento do tempo de ciclo e em risco de falhar o *takt time*, influenciando negativamente a produção prevista e impondo uma recuperação.

Significado dos erros detectados durante o controlo de aperto:

Torque Low: Medição de torque final abaixo do torque de *shutoff* pré-determinado;

Torque High: Medição de torque final acima do torque de *shutoff* pré-determinado;

Time Limit: Paragem do processo de aperto quando este não é realizado no intervalo de tempo pré-determinado;

Interrupt: Aperto interrompido por desactivação do *switch*;

General Fault: Falha geral do equipamento;

Angle Low: Medição de ângulo abaixo do especificado;

Angle High: Medição de ângulo acima do especificado.

Os erros referidos acima são a principal fonte de paragens do processo de aparafusamento. Contudo, há várias causas que lhes estão associadas, que sendo resolvidas proporcionam uma redução significativa dos tempos de paragens e consequente aumento da produtividade da linha.

Vão agora ser apresentadas situações problemáticas encontradas no início deste projecto para posterior proposta de soluções.

4.1 Equipamento

O equipamento é parte responsável pelo sucesso deste processo. Se este se encontrar com as correctas especificações para o desempenho da sua função torna-se uma mais-valia. Por outro lado, se isso não se verificar, ocorrem paragens desnecessárias ou mesmo defeitos nas peças.

4.1.1 Aparafusadoras e Máquinas Alimentadoras

A fiabilidade da ligação por aparafusamento e a monitorização de parâmetros do processo determina o tipo de aparafusadora podendo a opção ser eléctrica ou pneumática.

Estes equipamentos exigem cuidados de manutenção preventiva para evitar avarias e consequentes paragens de produção. A falta de acções preventivas e de limpeza das aparafusadoras aumentam a probabilidade de erros de *Interrupt*.

Devido à quantidade de limalhas existentes no corpo, responsável pela rotação do *bit*, conciliado com a falta de lubrificação do *clutch bearing*, provoca na aparafusadora resistências ao movimento do curso, acabando por perder o contacto com o *switch* e interrompendo o processo.

As máquinas alimentadoras, por sua vez directamente ligadas às aparafusadoras, revelam alguns obstáculos na execução da operação, como acumulação de limalhas na bacia vibratória, fugas de ar ou vibração deficiente. Por vezes acabam por encravar, situação causada por um mau ajuste da calha do *top rail* ou limalhas na mangueira de alimentação.

A actual equipa responsável pela manutenção das aparafusadoras tem algumas limitações quanto ao conhecimento do funcionamento interno do equipamento. Todo o seu *know-how* é baseado na experiência diária de manutenção e nos manuais fornecidos pela marca.

4.1.2 Benchmarking entre Aparafusadora Pneumática e Eléctrica

Na tabela 7 serão apresentadas comparações entre os dois tipos de aparafusadoras. Esta análise poderá facilitar a selecção do equipamento.

	Pneumática	Eléctrica
PRECISÃO DE TORQUE	↓	↑
	- Máquinas pneumáticas com embraiagem são muito sensíveis a variações de pressão, e condicionadas apenas pela força de uma mola. - Cada aparafusadora é ajustada apenas para um torque de aperto. O seu controlador permite apenas controlo do número de ciclos de aparafusamento e parâmetros de tempo. - As pequenas variação de pressão de ar também influencia a precisão de torque.	- Máquinas eléctricas usam <i>switch</i> sensíveis para uma rápida e precisa resposta. - Ideal para processos com ajustes de torque diferentes e especificações torque/ângulo. - O software de ajuste dos parâmetros de torque/ângulo eliminam a necessidade da intervenção mecânica oferecendo uma solução prática. - Permite o controlo total do processo de aperto, fazendo a documentação dos principais dados para gestão estatística.
QUANTIDADE DE VIBRAÇÃO	↑	↓
	Os condutores eléctricos proporcionam maior alívio ergonómico à operadora em relação ao sistema pneumático. A utilização diária destas máquinas pode causar Síndrome de Stress Repetitivo pelo desgaste causado pelo excesso de vibração do equipamento.	
NÍVEL DE RUÍDO	↑	↓
	A poluição sonora no local de trabalho provoca desconforto e fadiga.	
FACILIDADE DE SET UP	↓	↑
	Com aparafusadoras eléctricas não há necessidade de instalar compressores de ar. Podem ser directamente ligadas à corrente e facilmente mudanças de posição na linha de montagem.	
CALIBRAÇÃO DE TORQUE	↑	↓
	Apesar de a calibração de torque ser realizada da mesma maneira em ambas as situações, com recurso a um dinamómetro, é mais fácil ajustá-lo no controlador de uma aparafusadora eléctrica, do que ajustar manualmente uma embraiagem pneumática.	
CUIDADOS DE MANUTENÇÃO	↑	↓
	- As aparafusadoras pneumáticas usam motores de palhetas, implicando que estas tenham muitas vezes de ser substituídas. - A embraiagem mecânica requer mais cuidados de lubrificação e verificação do estado da mola.	- As aparafusadores eléctricas utilizam na sua maioria motores sem escovas, possuindo baixo nível de manutenção. - A parte mecânica é menos complexa em relação às aparafusadoras pneumáticas, exigindo apenas cuidados de limpeza e lubrificação.
CUSTO	↓	↑
	- Investimento relativamente baixo, excelente preço na relação custo/benefício para faixas de torque dos 0,02-180 Nm.	- Apesar do custo superior quando comparadas com aparafusadoras pneumáticas, é ideal para linhas que exigem fiabilidade de aperto.

Tabela 7- Benchmarking de Aparafusadoras Pneumáticas e Eléctricas.

4.1.3 Matrizes e Ponteiras

Durante o aperto há necessidade de um auxílio no guiamento dos parafusos até ao furo onde vão abrir roscas, recorrendo-se ao uso de matrizes de aparafusamento. Estas têm a função de proteger as peças de eventuais falhas de guiamento da aparafusadora e consequente choque danificando o produto. Em conjunto com as matrizes, as ponteiras apropriadas facilitam o processo.

Um mau desempenho das matrizes de aparafusamento é determinado por erros de posicionamento ou dimensionamento.

Este tipo de erros conduz a problemas de *Torque Low*. Um parafuso que inicia o processo de aperto fora do furo correspondente, causado pelo descentramento da matriz, completa o número de voltas pretendidas mas não atinge o torque pré-determinado.

As ponteiras quando mal dimensionadas também são responsáveis por erros *Interrupt*. Se o seu comprimento for superior ao apropriado a matriz deixa de funcionar como batente. Existe um choque directo contra a peça alterando a forma inicial da ponteira. Com o impacto repetitivo a ponteira deforma-se e o seu diâmetro aumenta, dificultando o posicionamento do parafuso e guiamento com o *bit*. O contacto do conjunto *bit*/parafuso acaba por ser perdido e o *switch* desativado.

Quando o incorrecto dimensionamento da ponteira é acompanhado pela falta de concentricidade das torres da blenda¹² e do *back cover*¹³, toda a força do conjunto aparafusadora/*bit* originada pela tentativa de aperto, resulta no desgaste prematura do *bit*. No início deste projecto o posto J2 era o mais problemático. O *bit* era substituído com uma frequência de cerca de 6 em 6 turnos. A sua extremidade perdia a forma de estrela de seis pontas ficando moída pelo desgaste. Muitas das vezes o *bit* acabou mesmo por partir.

4.2 Material

4.2.1 Material Injectado

Parte dos problemas que surgem durante o aparafusamento estão relacionados com a variação dimensional do material injectado. A contracção após injeção é um dos motivos, havendo diferença entre as dimensões do molde e a peça injectada. Estas variações são causadas por parâmetros de injeção inadequados e pelo facto de os polímeros possuírem coeficientes de expansão térmica elevados.

4.2.2 Especificações do Parafusos

Para garantir o controlo de processos tem de ser garantida a utilização de materiais com as características apropriadas. Os parafusos usados em cada projecto têm de estar correctamente dimensionados e adequados à sua função. Caso contrário, podem ser parte responsável pelo insucesso da operação.

¹² Blenda: Pannel frontal do produto; Blenda Polimérica na indústria significa mistura de polímeros.

¹³ *Back Cover*: Termo utilizado para designar o encaixe traseiro da peça.

4.3 Ergonomia

Nos postos de trabalho pretende-se proporcionar o máximo de conforto e segurança para o bom desempenho dos operadores. Repare-se que, quanto maior é o parafuso, maior é a força necessária para manter a estabilidade do equipamento durante a abertura de rosca. Devida à repetição de movimentos, o peso sofrido e força efectuada influencia a performance dos operadores. A fadiga acaba por causar distração e torna os movimentos mais lentos acabando por afectar a normal cadência da linha.

4.4 Pessoas

Um dos grandes desafios da indústria é lidar com as pessoas que nela trabalham. A natureza do trabalho nas linhas origina repetição de tarefas que por sua vez conduzem a rotinas diárias. Estas, apesar de permitirem curvas de aprendizagem, também originam desgaste e *stress*.

As práticas actuais não fomentam uma passagem de turno eficiente, pelo que a transmissão de informação fica ao critério de cada operadora. Isto resulta em práticas de trabalho que diferem de pessoa para pessoa o que pode resultar em erros de processo. Ao mesmo tempo, a falta de formação a nível de postura de operação, manuseamento do equipamento e conduta, levam a uma diminuição da produtividade.

Mesmo resolvidas as questões anteriores, existe falta de um controlo operacional sobre o desempenho das operadoras, de forma a garantir que as rotinas adoptadas correspondem às boas práticas definidas pela empresa, que aposta na motivação e envolvimento das pessoas no seu trabalho.

4.5 Curvatura das Peças

O *design* automóvel dá primazia às linhas curvas por contraste com a monotonia que as linhas direitas oferecem.

“A dinâmica e a elegância das linhas curvas criam a sensação de movimento fluído no interior do veículo, desde o painel de instrumentos até às portas, que se destaca claramente, através da disposição ergonómica e da exímia concepção dos elementos de comando. Entramos no veículo e tudo está perfeitamente harmonizado.”¹⁴

No posto de trabalho J2, onde é aparafusado o subgrupo Áudio do produto F10/11, são evidenciáveis várias paragens de processo pelo erro de *Interrupt*, onde inicialmente se julgavam ser devidas à curvatura das peças. Visualmente é possível identificar a falta de concentricidade entre as torres de aparafusamento da blenda e os furos do *back cover*.

¹⁴ Fonte: <http://broba.blogspot.com>, Adrian van Hooydonk, chefe de design do BMW Group.

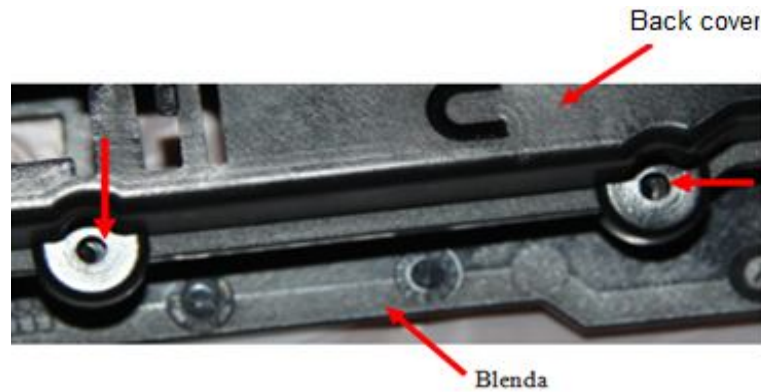


Figura 24- Exemplo da falta de concentricidade da blenda/back cover do Audio F10/11.

Pelo desfasamento dos furos, o parafuso não tem capacidade de guiamento suficiente para dar início do processo de abertura de rosca, acabando por perder o contacto com o *switch* causando o erro de *Interrupt*. Para além da falta de concentricidade dos furos, a substituição dos *bits* e das ponteiros é uma prática regular, mostrando graves sinais de desgaste, até mesmo fractura no caso dos *bits*. Na tentativa de guiamento do parafuso em direcção ao furo o *bit* acaba por “moer” perdendo a forma original de estrela de seis pontas. A resolução deste problema não implica somente um aumento de eficiência do processo, mas também uma redução de custos de material. Actualmente os bits são substituídos com uma frequência de 6 em 6 turnos. Tendo cada *bit* um custo que ronda os €60, sabendo que são realizados 66 turnos por mês, temos uma despesa mensal de €660.

Posto isto, o conjunto (blenda+*back cover*), foi analisado em laboratório com o fim de obter conclusões sobre a veracidade das suas dimensões. Os relatórios de dimensionamento concluem que o problema reside no *back cover* e não na blenda como se julgava, e que a curvatura em nada afectou o processo de aparafusamento.

Apesar de o molde se encontrar nas perfeitas dimensões, o relatório de dimensionamento revela que o *back ccover* não é simétrico e possui mais 0.390mm de comprimento de um dos lados. A alteração das dimensões iniciais pode ser justificada pelo material utilizado para produção do *back ccover*. Este componente plástico é feito em PA6 MX GF40, ou seja, Poliamida com 6 átomos de carbono.

POLIAMIDA 6	
ABREVIATURA	FÓRMULA QUÍMICA
PA 6	$\left[\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ -\text{N}-(\text{CH}_2)_5-\text{C}- \\ \\ \text{O} \end{array} \right]_n$
Schlack, IG Farben, 1939	
PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS	
- Semicristalino; termoplástico de engenharia - Grande absorção de humidade - Obtido a partir da caprolactama	
DESVANTAGENS	VANTAGENS*
- Taxa elevada de absorção de água - Rigidez e resistência inferior à PA 6,6 - Coefficiente de atrito superior ao POM e PBT	- Mais fácil de processar - Maior tenacidade a baixas temperaturas - Maior HDT - Auto-extinguibilidade - Pode ser vazada e injectada por RIM - Contração inferior - Boa resistência à fadiga - Pode ser usada em filmes
* comparativamente à PA 6,6	
PRINCIPAIS APLICAÇÕES	NOMES COMERCIAIS
- Rodas dentadas, cames, gaiolas para rolamentos, parafusos, porcas, buchas - Carcaças de ferramentas eléctricas - Conectores eléctricos - Componentes para automóveis, depósitos para combustíveis - Utensílios de cozinha, margaridas - Mobiliário, embalagem alimentar	- Akulon (DSM) - Technyl C (RHONE-POULENC) - Jonylon Nylon 6 (BIP CHEMICALS) - Grilon (EMS) - Orgamide (ELF-ATOCHEM) - Durethan (BAYER) - Ultramid (BASF) - Capron (VICTREX) - Latamid 6 (LATI) - Zytel 6 (DuPONT)

Figura 25 – Características da Poliamida 6 (A.V. Machado & A.M. Cunha, 2001).

De acordo com a figura 25, as variações dimensionais são causadas pelo facto de estarmos em presença de um material higroscópico, ou seja, que absorve água do meio ambiente. O repouso após injeção, o transporte, e principalmente a estadia em armazéns são as principais fontes de absorção e humidade, e por conseguinte dilatação.

4.6 Avaliação de Parâmetros de Controlo

Sendo a definição dos parâmetros de controlo identificada em várias das ferramentas de melhoria como um factor de elevada importância para o sucesso do processo, sugere-se uma reavaliação dos parâmetros de controlo actualmente definidos. Para isso, propõe-se a realização de novos testes de destruição para validar a aplicabilidade dos parâmetros actuais.

5 Soluções

5.1 Aplicação de Ferramentas Lean

Nos tempos de hoje, não são apenas recolhidos dados de aparafusamento que garantam a segurança das ligações. Na produção em série o registo de dados relativos ao aparafusamento torna-se cada vez mais importante para o controlo de qualidade, bem como para potenciais optimizações de montagem.

Para identificar algumas causas de problemas das linhas PL6 *Center Stack* e *FKA* recorreu-se ao uso de ferramentas de melhoria contínua. As ferramentas utilizadas têm como objectivo analisar o processo produtivo identificando as causas da sua variabilidade, contemplando os resultados após a aplicação de cada uma delas.

5.1.1 KPI's

Sendo o objectivo aumentar a produtividade das linhas PL6 diminuindo o número de falhas dos processos de aparafusamento foram definidas métricas para os seguintes KPI's com a intenção de se compararem resultados após implementação das acções de melhoria.

5.1.1.1 Eficiência

Posto de Trabalho	J2	F5.1	F5.2	F6B	F6H	F7	D3
Eficiência	97,26%	97,29%	98,42%	97,87%	91,10%	95,17%	90,41%

Tabela 8- Eficiência dos postos de aparafusamento da linha *Center Stack* e *FKA*.

Os cálculos de eficiência acima referidos foram efectuados com base nos dados da semana 37 a 40 à excepção do posto F6H, que até então não possuía recolha de dados, sendo a sua análise efectuada nas semanas de 43 a 46.

Para uma melhor análise, seria aconselhável a comparação destes dados com os valores referentes às mesmas semanas do ano anterior, mas a recolha de dados relativos ao processo de aparafusamento tiveram início em Agosto de 2010.

De todos os postos referidos na tabela anterior, aqueles que apresentam menor eficiência são os postos de trabalho D3 e F6 H. Estes, referem-se ao produto *FKA* e *Center Stack*, dada a sua baixa eficiência merecem especial atenção no sentido de melhoria.

5.1.1.2 Tempo de Ciclo

Pelo tema proposto para este projecto, para a análise dos tempos de ciclo, optou-se por considerar a linha F e o posto J2. Neste conjunto é possível observar o comportamento de seis aparafusadoras a trabalhar em conjunto. Na coluna respeitante ao número de operadores, esta

é medida em termos da percentagem de tempo de um FTE¹⁷ dedicada a um posto específico. Por exemplo, no posto F5.1 é necessário um operador no posto dedicando 100% do tempo de trabalho, 7,5 horas. No caso do produto F10/11, o operador necessita de dedicar apenas 50% do seu tempo laboral às operações do posto F4.

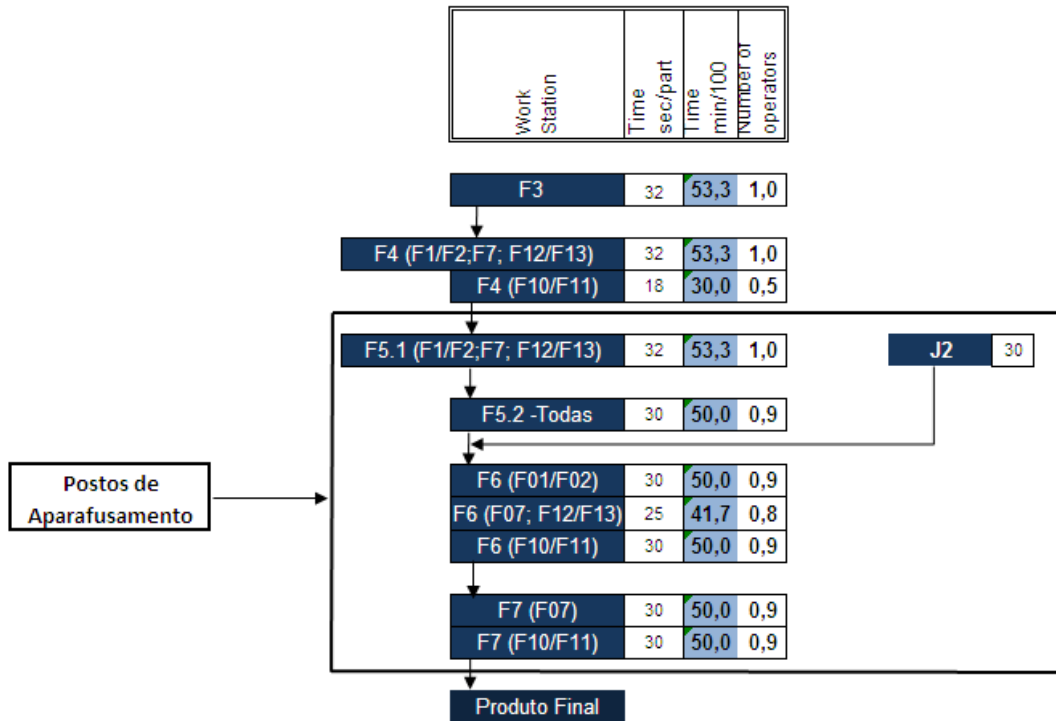


Figura 26 – Fluxograma correspondente ao processo de aparafusamento do *Center Stack* (Documentação interna da PP)

O tempo de ciclo é definido pela operação mais demorada, ou seja, a cada 32 segundos é possível obter uma unidade completa. Mais importante do que o tempo entre peças sucessivas, é garantir o nivelamento entre operações evitando desperdícios de tempo.

5.1.1.3 Takt Time

Este índice de performance é calculado considerando três turnos de trabalho, cada um com 7,5 horas de trabalho.

$$Takt\ Time^{18} = \frac{3 \times 7,5 \times 60 \times 60}{2082} = 38,9\ segundos/peça$$

Para melhor perceber a sua importância foi realizado o gráfico representado na figura 27 de modo a tornar mais visíveis as folgas ou *slack*.

¹⁷ FTE: Full Time Equivalent, vulgo um recurso a tempo inteiro.

¹⁸ 3 turnos; 7,5 horas por turno; 60 minutos por hora; 60 segundos por minuto; 2082 procura a ser satisfeita.

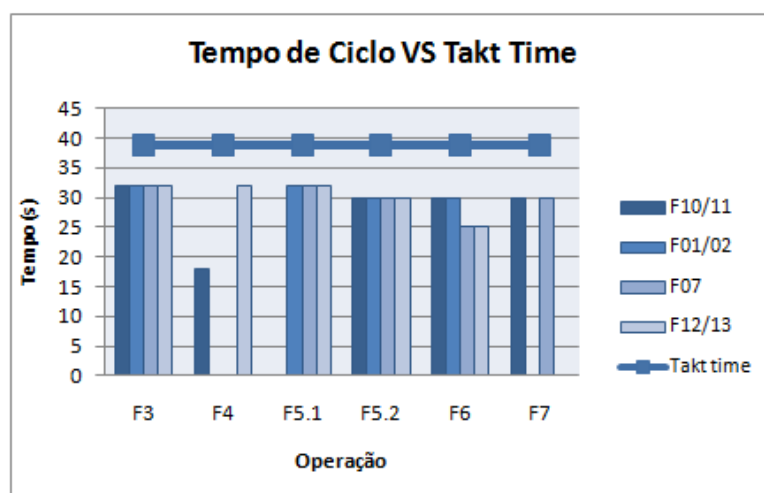


Figura 27 – Relação entre o Tempo de Ciclo e o Takt Time, (João Paulo Pinto, 2009).

Quando a diferença entre o *Takt Time* e o Tempo de Ciclo é positiva isso significa que existe uma folga em termos de produção, quando é negativa isso significa que será impossível satisfazer a procura pretendida. Uma forma mais fácil de compreender isto é observar que dividindo o tempo de ciclo pelo *takt time* se obtém a percentagem de utilização da capacidade instalada. No caso acima descrito, temos uma diferença 6,9 segundos o que representa uma folga, ou uma utilização da capacidade de 82,3%.

Contudo, se o tempo de ciclo for ponderado pela taxa de ineficiência do *bottleneck* da operação, obtemos o tempo real de ciclo com que a linha está a laborar. Utilizando como exemplo o posto F5.1, temos um tempo de ciclo de 32 segundos e uma eficiência de 97,3%. Logo, se contarmos com a ineficiência do processo realizado neste posto, temos um tempo real de ciclo de 32,9 segundos. O que se traduz numa utilização da capacidade instalada de 84,5%.

A folga existente de 15,5% na capacidade instalada, por um lado permite ter uma margem de segurança para mesmo que existam paragens não programadas ainda se poder cumprir a produção necessária para cobrir a procura. Por outro lado, quanto mais longe estivermos da capacidade instalada, maior é o subaproveitamento da mesma. Contudo, durante a realização do projecto foi possível constatar que em certas ocasiões os objectivos de produção diários não eram cumpridos, o que significa que na realidade não existiu qualquer folga e que a diferença entre o *takt time* e o tempo de ciclo foi negativa.

Outra possível interpretação é a de que na realidade nestes dias a taxa de ineficiência se cifrou em níveis mais elevados. Embora os postos de trabalho apresentem níveis de eficiência muito elevados, todos acima de 90%, se os objectivos de produção diários não foram atingidos, a produção pode ter sido eficiente, mas não foi eficaz.¹⁹

Cada paragem não programada demora em média cerca de 9 segundos conforme descrito no ponto 4. Os 9 segundos representam cerca de 28,1% do tempo de ciclo, o que significa que em média por cada 3 correcções efectuadas pela operadora, perdemos uma unidade produzida.

¹⁹ Eficiência diz respeito à optimização da utilização dos recursos, ao passo que a eficácia concerne a capacidade de atingir os objectivos propostos. (José Manuel Teodoro, www.gestao.altalogica.com)

Uma redução dos tempos de paragem do processo poderia contribuir positivamente para a produtividade da linha.

5.1.2 Diagrama de Pareto

Os diagramas foram realizados (ANEXO H) considerando uma amostra de quatro semanas, semana 37 a 40. Excepcionalmente o posto F6 H deu início aos registos dos dados do processo apenas na semana 42, sendo por isso a análise de Pareto efectuada da semana 42 à 45.

Pela análise dos diagramas, concluí-se que cerca de 25% das causas de falhas de aparafusamento na linha *Center Stack* e *FKA* representam cerca de 80% dos problemas. Os erros dominantes são de *Torque Low* em todos os postos, à excepção da operação efectuada no posto J2 e F6 H, estes revelam que a maioria dos problemas é traduzida em erros *Interrupt*.

Não devemos encarar este estudo como um indicador de falhas, mas sim como uma ferramenta que mostra os potenciais pontos de melhoria. Solucionando o problema de Torque Low nos postos F5.1, F5.2, F6 B, F7 e D3, e o problema de *Interrupt* no posto J2 e F6 H, conseguiremos a eliminação de grande parte das falhas do processo de aparafusamento.

5.1.3 5W- Os Cinco Porquês

O QUE ACONTECEU?	PORQUÊ?	PORQUÊ?	PORQUÊ?	PORQUÊ?	PORQUÊ?
F A L H A S D E A P A R A F U S A M E N T O	Torque Low	O torque mínimo pré-definido não é atingido.	Diâmetro do furo acima do recomendado.	Variações dimensionais do produto injectado.	Dilatação ou contracção do produto injectado durante injeção/arrefecimento
				Furo retrabalhado.	Aproveitamento de componentes.
			Parafuso bate na face da torre iniciando o processo de aperto fora do furo.	Descentramento da matriz de aparafusamento.	Matriz posicionada incorrectamente.
				Falta de concentricidade do guiamento do parafuso.	Variações dimensionais do produto injectado.
					Desgaste do <i>nosepiece ball</i> .
			Ferramenta não alimentada	Falta de pressão de ar.	Fugas de ar na zona do separador da máquina alimentadora.
				Encravamento na máquina alimentadora.	Variação dimensional dos parafusos afecta a passagem na calha da máquina alimentadora.
					Falha dos sensores de detecção de material na calha da máquina alimentadora.
				Defeito ou excesso de vibração da máquina alimentadora.	Com excesso de vibração o parafuso não consegue seguir o caminho até ao <i>top rail</i> , caindo no fundo da máquina alimentadora.
					Com a falta de vibração o parafuso não tem força necessária para seguir o caminho até ao <i>top rail</i> .
				Máquina alimentadora vazia.	Descuido da operadora.
	Torque High	Torque máximo pré-definido é ultrapassado.	Diâmetro do furo abaixo do recomendado.	Variações dimensionais do produto injectado.	Dilatação ou contracção do produto injectado durante injeção/arrefecimento
			Parafuso sujeito a aperto duas vezes consecutivas.	Na ocorrência de erro de <i>Torque Low</i> ou <i>Interrupt</i> a operadora aplica um novo ciclo de aperto sob um parafuso já roscado.	Inexistência de sensor que detecta a passagem de um novo parafuso.
			Falta de resposta da ferramenta ao <i>shut-off</i> .	Velocidade elevada na fase final de aperto.	Parâmetros de velocidade mal definidos.

O QUE ACONTECEU?	PORQUÊ?	PORQUÊ?	PORQUÊ?	PORQUÊ?	PORQUÊ?
F A L H A S D E A P A R A F U S A M E N T O	Interrupt	O processo de aparafusamento é interrompido.	A operadora larga a máquina antes de concluir o aperto	Falta de concentração.	Fadiga.
				Cultivo de hábitos de trabalho.	Repetibilidade da tarefa.
			Switch desactivado.	O bit perde contacto com o parafuso a apertar.	Ponteira danifica
					Falta de concentricidade do furos a apertar.
				Falta de contacto com o sistema activador do switch.	Desgaste do nosepiece ball.
					Falta de curso entre máquina/matriz/peça.
	Time Limit	O tempo de execução da tarefa não se encontra no intervalo pré-definido.	Falta de concentricidade no guiamento do parafuso	Ponteira danificada	Comprimento excessivo das ponteiros provocando choque contra a peça e consequente deformação.
			Ferramenta não alimentada	Falta de pressão	Variação dimensional dos parafusos afecta condições de pressão ao longo da mangueira de alimentação
				Encravamento na máquina de alimentação	Variação dimensional dos parafusos afecta a passagem na calha da panela
					Falha dos sensores de detecção de material
				Defeito ou excesso de vibração da máquina alimentadora	Com excesso de vibração o parafuso não consegue seguir o caminho até ao top rail, caindo no fundo da panela alimentadora.
					Com a falta de vibração o parafuso não tem força necessária para fazer o parafuso seguir o caminho até ao top rail.
				Máquinaa alimentadora vazia	Descuido da operadora.
			Parafuso não consegue abrir rosca.	A torre de aparafusamento não tem furo.	Molde danificado.

Tabela 9 – Representação dos 5W.

5.1.4 Diagrama de Ishikawa

De seguida será apresentado o diagrama construído com base na observação da linha de produção, pretendendo utilizá-lo mais tarde para reavaliação dos diagramas de Pareto.

Esta ferramenta gráfica permite representar sugestões para as falhas de aparafusamento no sentido de identificar as causas possíveis para o problema. Pressupõe-se que as categorias escolhidas conduzam aos direcionadores que potenciam os efeitos indesejáveis.

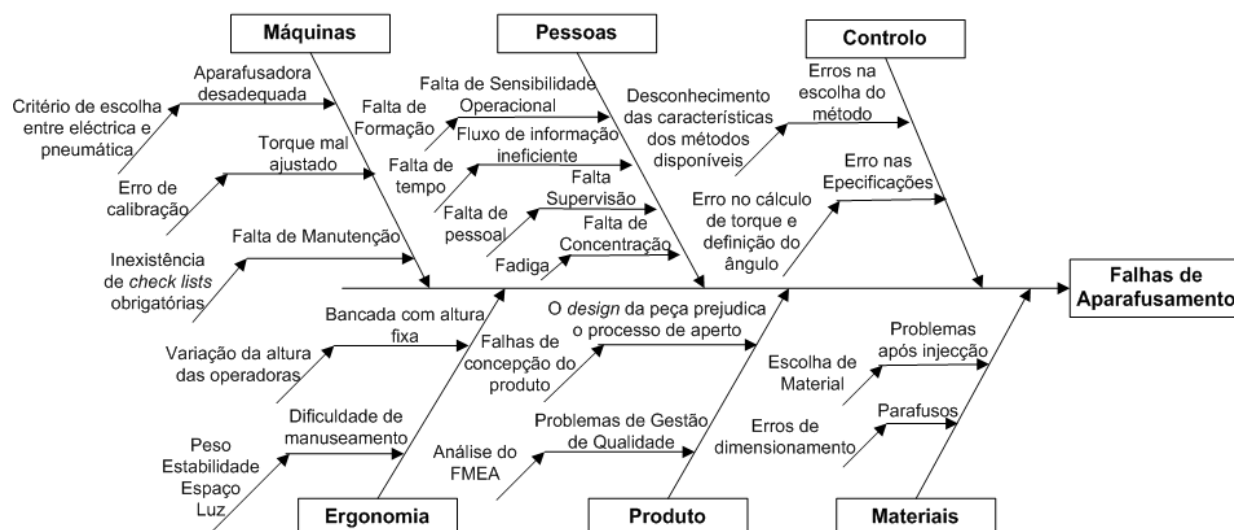


Figura 28 – Diagrama de Ishikawa.

5.1.5 Os Sete Muda

De todas estas formas de desperdício apenas quatro são directamente aplicáveis ao processo de aparafusamento:

Esperas

Problemas detectados relacionados com esperas:

- Fluxo obstruído por avaria ou defeito de qualidade;
- Falta de sub-grupos²⁰ para montagem;
- Esperas relativas à mudança de produto.

Desperdícios do Processo

Com base no acompanhamento diário da linha de produção sugerem-se as mudanças nas tarefas actuais a saber:

- Carregar no botão “Failed” com a mão quando ocorre um erro;
- Alcançar os componentes de montagem com as pequenas deslocções do posto de trabalho.

Defeitos

A maioria dos defeitos detectados são causados por:

- Falha humana, se o processo não é realizado bem à primeira;

²⁰ Grupos acabados que integram na montagem final.

- Falta de autocontrolo do processo, o que origina acções de retrabalho, sendo consequentemente responsáveis por perdas de tempo.

Trabalho Desnecessário

Em movimentos não necessários para execução das operações, podendo ser muito lentos, muito rápidos ou redundantes.

Exemplos de desperdício de trabalho:

- Baixar/levantar a matriz de aparafusamento;
- Desviar a aparafusadora da zona central do suporte linear²¹ causada pela matriz de aparafusamento;
- Deslocar manualmente o carrinho de transporte de peças para a linha de retorno;

5.2 Propostas de Melhoria

Foram analisados os problemas relativos ao processo de aparafusamento que provocam paragens de produção ou perdas de qualidade. Com a ajuda das ferramentas de melhoria, é possível propor algumas medidas para a prevenção de falhas. Com a implementação dessas acções, pretende-se que os temas abordados de seguida deixem de ser problemas para processo.

5.2.1 Equipamento

O equipamento é uma das possíveis causas de falha da operação. Com estas propostas pretende-se reduzir ao máximo erros provenientes das aparafusadoras, matrizes de aparafusamento e ponteiras.

5.2.1.1 Aparafusadoras e Máquinas Alimentadoras

Para garantir que a aparafusadora utilizada é adequada ao processo, é necessário que as suas características sejam especificadas, e que o fornecedor faça a entrega de acordo com os requisitos. Para isso, foi elaborada uma *check list* de instrução/recepção de equipamento (ANEXO I), tendo como objectivo facilitar o pedido, evitando assim a possibilidade de erro por falta de conformidade. Relativo à manutenção, são registadas paragens de produção por avaria das aparafusadoras ou máquinas alimentadoras, sendo necessário intervir correctivamente. Estas paragens não programadas afectam negativamente a produção. Pela consulta de manuais de equipamento e da observação de comportamentos desde o início deste projecto, surge a proposta de uma *check list* de manutenção preventiva para as aparafusadoras e máquinas alimentadoras mais detalhada do que a actualmente existente (ANEXO J). Propõe-se também a aquisição de uma máquina de ultra-som para remoção de limalhas, evitando assim avarias nos dois equipamentos por falta de limpeza. As novas *check lists* detalham quais as partes do equipamento a serem verificadas e a respectiva ordem, para que nada seja esquecido. A ideia é que cada técnico se faça acompanhar da lista cada vez que necessita de verificar uma aparafusadora ou máquina alimentadora.

²¹ Consultar imagens no Anexo L.

As *check lists* fazem com que um simples “*check*” previna que um pequeno engano se torne num problema de grandes proporções. Posto isto, é possível citar vantagens do uso desta ferramenta.

- “- Segurança: Estas listas funcionam como uma rede de segurança cognitiva. Detecta falhas mentais resultantes da complexidade do trabalho moderno.
- Eficiência: Espera-se que a equipa de manutenção se torne mais rápida e eficiente depois da habituação às *check lists*.
- Exactidão: Este é um dos maiores desafios para as equipas modernas. Não há dúvidas que a equipa seja boa, o que é necessário é melhorar a exactidão dos procedimentos.
- Foco: Após a adopção de uma *check list*, os problemas mais óbvios deixam de atrapalhar, deixando tempo para a concentração naquilo que é realmente importante.
- Humanidade: Existe um benefício psicológico quando os profissionais, especialmente os mais orgulhosos, têm de se prestar ao uso de uma *check list*. Este facto coloca-os profissionalmente mais próximos uns dos outros.”²²

Tendo a manutenção se revelado um dos pontos mais importantes para o bom funcionamento deste processo, para além da introdução de *check lists* baseadas no estudo de manuais e no acompanhamento diário do seu funcionamento, houve necessidade de oferecer um maior apoio técnico às pessoas responsáveis tanto pela manutenção como pela engenharia de processos. Para isso, sugeriu-se à marca Deprag, sediada na Alemanha, a realização de uma formação técnica. Esta sugestão foi aceite tanto pela marca como pela direcção técnica da empresa. Assim, para garantir uma coordenação entre as diferentes partes envolvidas, na formação estará presente o chefe de manutenção de equipamentos, um engenheiro de processos e um representante da engenharia de software. Apesar de já existir um registo de ocorrência de avarias, propõe-se a elaboração de um novo formato. Para uma melhor definição da manutenção preventiva, propõe-se o registo informático da descrição das avarias, bem como as medidas correctivas efectuadas.

5.2.1.2 Matrizes e Ponteiras

Como referido anteriormente, os problemas referentes às matrizes de aparafusamento podem ser consequência de: posicionamento e dimensionamento. Actualmente pode ser descartada a hipótese de erro proveniente pelo mau dimensionamento, uma vez que todas as matrizes são concebidas tendo por base o desenho da peça a aparafusar. Por outro lado, o mau posicionamento pode ser gerado por erros de instalação na linha de montagem ou até mesmo pelo uso inadequado do equipamento.

Para além das normas a seguir na aquisição de matrizes, devem ser estabelecidas algumas regras na escolha das ponteiras evitando a sua deformação. Para evitar erros, recorreu-se à elaboração de uma *check list* de concepção e recepção/instalação de matrizes e ponteiras de aparafusamento (ANEXO K).

²² Baseado em em www.epocanegocios.com, por edição Edson Porto.

5.2.2 Material

5.2.2.1 Material Injectado

Como se pode comprovar pela análise efectuada na Tabela 9, alguns problemas derivam das variações dimensionais da peça, nomeadamente o diâmetro interior das torres de aparafusamento, ou do posicionamento das mesmas. Estes problemas estão relacionados com a escolha do material utilizado para a injeção das peças. Contudo, as vantagens das propriedades mecânicas características do material escolhido para injeção, são superiores em relação às vantagens da obtenção da concentricidade dos furos. A forma de combater este tipo de erros é obrigar a um controlo na fonte. Este controlo pode ser efectuado com recurso a um calibre de verificação, esta triagem após injeção deve detectar e segregar as peças, fora de tolerância, impedindo o seu fornecimento à linha de montagem.

5.2.2.2 Especificações do Parafusos

Os parafusos usados em cada projecto têm de estar correctamente dimensionados e adequados ao *design* de construção do produto. Para isso, na fase inicial deste projecto houve necessidade de antes de qualquer análise de processos, efectuar um rastreio do material utilizado. Neste caso, fazer a correspondência entre o material injectado utilizado no processo de montagem, e o respectivo dimensionamento dos parafusos a usar em cada produto.

De modo a tornar esta análise mais prática, foi efectuada uma proposta de folha de cálculo, figura 29, que permite a rápida detecção de erros de dimensionamento dos parafusos ou das blendas/*back cover*. Através de um simples sistema de cores, verde, amarelo e vermelho é possível verificar as condições de dimensionamento como válidas, dentro dos limites de tolerância e não válidas respectivamente.

Para a construção deste protótipo foram utilizadas as normas de dimensionamento fornecidas pelo fabricante *Betzer* no Anexo F, de onde foram retirados os valores designados como teóricos para comparação com os valores medidos em laboratório denominados de valores práticos.

POSTO			
F6 Blower			
QUANTIDADE		REFERÊNCIA PREH	
2	X	5101 - 075	

MATERIAL	ABS
RS (mm)	1,8
L (mm)	12

Valores tabelados (mm)	
$d_{Teórico}$	3,6
$d_{eteórico}$	2,16
$d_{Lteórico}$	1,5
$t_{teórico}$	3,6
Espessura do pcb(mín.)	0

Valores medidos em laboratório (mm)	
$d_{Tprático}$	4,8
$d_{eprático}$	1,98
$d_{Lprático}$	1,35
$t_{prático}$	7,02
Espessuras do encaixe superior	4,98
$q_{prático}$	6,97
$q_{prático} - t_{prático}$	-0,05
$t_{prático} - t_{teórico}$	3,42

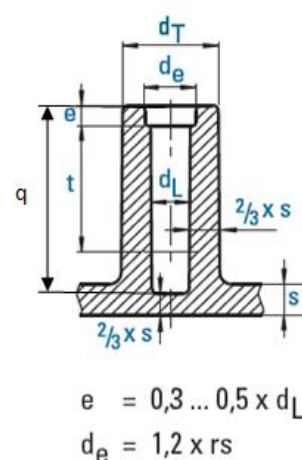


Figura 29 – Exemplo do protótipo de folha de cálculo.

5.2.3 Ergonomia

Como referido anteriormente, no que diz respeito à ergonomia do equipamento, o peso e a força para manter a sua estabilidade durante o trabalho, é o factor mais relevante.

Na análise dos postos de trabalho com utilização de aparafusadoras encontramos uma situação onde a aparafusadora em causa tem um porte elevado, resultante dos parafusos utilizados, quando comparada com as restantes da linha de montagem. Para este caso excepcional foi proposta a criação de um cilindro pneumático instalado no suporte linear que sustenta o equipamento. Facilita o movimento de subida e descida da aparafusadora pelo simples accionamento de um botão, para além de a manter fixa durante o funcionamento. É importante salientar que esta medida não é comum na maioria dos postos de aparafusamento.

5.2.4 Pessoas

Sendo a comunicação uma ferramenta fundamental para o bom funcionamento de qualquer processo, sugere-se que uma das medidas a adoptar seja a criação de acções de formação. A instrução sobre como interagir com o equipamento evita que os procedimentos fiquem ao critério de cada operadora. Noções técnicas do funcionamento das aparafusadoras e compreensão dos erros detectados pelo controlador ajudam também na compreensão de alguns fenómenos que podem prevenir defeitos nas peças e avarias de equipamentos.

Propõe-se também a prática de pequenas reuniões com as operadoras no arranque, e durante a realização dos projectos. Transmitir a importância do seu trabalho, explicar para onde vão os produtos por elas executados e em que tipos de veículos são incorporados. Sabendo que o seu trabalho é reconhecido, e que das suas operações nascem produtos com qualidade incutirá a vontade de fazer mais e melhor.

5.2.5 Variações Dimensionais

Para combater a o problema detectado em 4.5 relativo à variação dimensional do *back cover* do AUDIO F10, numa fase inicial optou-se por fazer uma alteração nos parâmetros de injeção de maneira a reduzir a dilatação por absorção de água.

A medida implementada não obteve os resultados esperados. As amostras conseguidas inicialmente correspondiam às dimensões desejadas, contudo o controlo apertado dos parâmetros de injeção não é compatível com a produção em série. Apesar do esforço, as novas peças injectadas possuem os mesmos erros dimensionais. Desta forma, foi colocada a hipótese de alteração de material.

“A utilização de PA6 no *back cover* do AUDIO F10 atribui-lhe excelentes propriedades mecânicas conferindo-lhe a rigidez apropriada para a montagem das teclas e fixação dos *FBM, Function Book Marks*. Para obter um material com as mesmas características seria necessária a pesquisa e teste de materiais contendo fibra de vibro, com vista a conferir as propriedades de rigidez necessárias.”²³

²³ Fonte: Entrevista com Eng. Gabriel Ferreira Chefe de Laboratório e responsável pela Qualidade e Assistência ao Cliente.

Para melhor perceber a influência da absorção de humidade na peça, decidiu-se realizar testes nas condições mais extremas. Foram colocadas peças no forno com o objectivo de eliminar a água absorvida. Por outro lado, colocaram-se outras peças em água à mesma temperatura do forno. A face das torres de aparafusamento foi pintada de branco de maneira a melhorar a visibilidade para comparação de resultados.

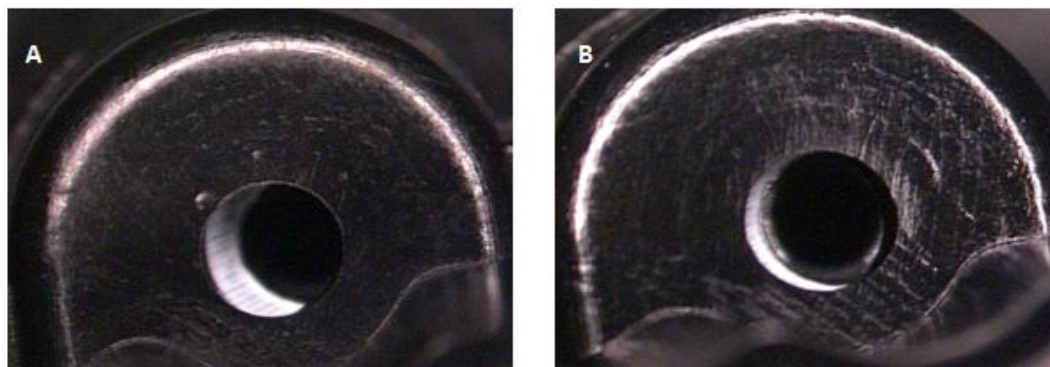


Figura 30 – A: Visualização da concentricidade dos furos da peça mergulhada em água; B: Visualização da concentricidade dos furos da peça colocada no forno.

Pela observação da figura 30 A, fica provado que em condição de humidade a variação dimensional é muito elevada, provocando todos os problemas anteriormente referidos. Por outro lado, retirando humidade contida na peça, figura 30 B, ela tende a recuperar as dimensões iniciais. Prevê-se que permanecendo mais tempo no forno, acabaria mesmo por recuperar a 100% as dimensões originais

Esta é uma das limitações deste projecto. Como se pode constatar, a escolha de materiais para injeção das peças influencia indirectamente o processo de aparafusamento. Para solucionar este problema, seria necessário um estudo aprofundado dos materiais possíveis de utilizar e respectivas combinações, a fim de lhe atribuir as propriedades necessárias. O tempo disponível para o projecto não permitiu a resolução do problema. Contudo, fica justificado o comportamento do material.

Como solução pode-se optar por fazer um *re-design* da mesma substituindo os furos por rasgos, figura 31, desta forma elimina-se o problema de falta de concentricidade. Contudo, implica um estudo por parte do departamento de qualidade no sentido de prever o impacto no produto final, bem como custos na construção de um novo molde de injeção.

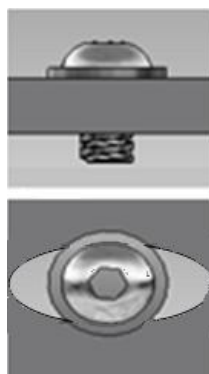


Figura 31 – Representação de rasgos em substituição de torres de aparafusamento.

Colocadas estas opções, resta aprender a lidar com o comportamento sazonal da peça. Deve-se considerar que os problemas serão sempre mais pertinentes no inverno, devido à humidade.

5.2.6 Erros Detectados pelo Controlador Eléctrico

Com base na ferramenta de melhoria dos 5 porquês é possível identificar as causas dos típicos erros detectados pelo controlador eléctrico, propondo acções de melhoria. Até aqui é possível concluir que grande parte dos problemas passam pela manutenção dos equipamentos, tendo sido proposta a *check list* para o efeito.

Contudo existem acções que podem ser tomadas prevenindo os erros mais comuns.

5.2.6.1 Torque Low

Como revelado pelos diagramas de Pareto, o erro de *Torque Low* é o causador de 80% das paragens do processo na maioria dos casos.

Pela análise atenta do comportamento do equipamento e das operadoras, é possível verificar que na maioria das vezes este erro é consequência da falta de alimentação da máquina aparafusadora. Apesar da falta de alimentação, quando a operadora realiza o curso para aparafusar o *bit* acaba por tocar no furo, sendo o suficiente para dar início ao processo.

Este facto pode ser combatido pela simples implementação de sensores indutivos²⁴ nas mangueiras de alimentação, detectando ou não a alimentação de parafusos. Se a aparafusadora não for alimentada é emitido o sinal que a máquina alimentadora deve continuar a função de alimentação.

Estes sensores são relativamente baratos, cerca de €100 cada, e podem reduzir os erros de *Torque Low* em 50%. Além disso, evitam que a operadora esteja constante a carregar no botão de alimentação de parafusos, poupando tempo na execução da operação.

5.2.6.2 Torque High

Os sensores aplicados para a resolução dos erros de Torque Low podem ser também aplicados para os problemas de Torque High.

Um dos motivos para a sua ocorrência é o facto de o mesmo parafuso estar sujeito a dois ciclos de aperto. Por vezes quando a operadora detecta erro de *Torque Low* ou *Interrupt*, e tenta solucionar o problema voltando a exercer força com a máquina sob o mesmo parafuso, acabando por resultar novamente em erro mas desta vez de *Torque High*. Com a introdução dos sensores apenas será dada nova ordem de funcionamento quando um novo parafuso for chamado pela máquina alimentadora.

5.2.6.3 Interrupt

Actualmente o sistema anti-erro para este problema já existe. Todas as máquinas possuem sinais luminosos, a máquina só pode ser levantada quando o sinal luminoso for verde, indicando que o aperto foi concluído. Actualmente, mesmo assim as operadoras por falta de

²⁴ Sensor indutivo: Na base do seu funcionamento um circuito electrónico forma um campo electromagnético à face sensora do sensor. Ao inserirmos nessa região um corpo metálico, parte desse campo é absorvido, provocando a comutação do sinal de saída do sensor. Fonte de texto: <http://www.syar.com>

formação e atenção acabam por não obedecer às regras impostas. Este problema apenas pode ser combatido pela realização de treino das operadoras nos postos de trabalho inculcando boas práticas. Será recomendável criar padrões de desempenho para premiar os operadores.

5.2.6.4 *Time Limit*

Esta paragem por excesso de tempo, acontece porque o parafuso realiza o processo de aperto de forma inclinada em relação ao furo. Quando as ponteiros se encontram muito deformadas pelo choque contra as peças, fazem com que o parafuso se desvie da posição inicial. Parte do problema pode ser resolvido estabelecendo regras para a definição das dimensões das ponteiros como apresentado na *check list* concepção e recepção de matrizes e ponteiros.

5.2.7 **Eliminação do Desperdício**

Pelo estudo efectuado anteriormente podem ser sugeridas algumas propostas para a eliminação do desperdício.

Esperas

- Fluxo obstruído por avaria ou defeito de qualidade:

As esperas relativas a avarias podem ser reduzidas pela aplicação de boas práticas de manutenção como as referidas no ponto 5.2.1.1 e pela adequada utilização do equipamento.

- Falta de sub-grupos:

Excluindo a hipótese de avaria, a falta de sub-grupos é justificado pela falta de planeamento. Este tipo de espera pode ser eliminado recorrendo a um planeamento mais rigoroso da produção.

Desperdícios do Processo

- Carregar no botão “Failed” com a mão aquando a ocorrência de erro:

Nesta tarefa é notável um pequeno desperdício de processo, a operado para carregar no botão para eliminação no erro, necessita de desviar a atenção da tarefa para carregar no botão que se encontra num plano acima da área de trabalho.

Este botão pode ser substituído por um pedal. Como exemplo, a operadora pode dar início à operação de correcção retirando o parafuso manualmente sem necessidade de se desviar visualmente do campo de trabalho.

Defeitos

- Erro humano, quando o processo não é realizado bem à primeira;

- Falta de autocontrolo dos processos.

Este tipos de problemas tem ser resolvido pela implementação do conceito de autocontrolo de processo, fomentando a ideia de que cada operador tem de ser responsável pela sua tarefa evitando as inspecções posteriores. É também importante combater a ideia de que “errar é humano”, demonstrando que também é humano aprender para fazer bem à primeira, pois essa é a forma responsável de estar perante todos os processos de trabalho (João Paulo Pinto, 2009).

Trabalho Desnecessário

- Baixar/levantar a matriz de aparafusamento:

Esta operação pode ser excluída do processo pois não acrescenta qualquer valor. Com a subida da posição das matrizes e a colocação de elevadores para posicionamento está garantida a posição para a operação de aparafusamento. Assim, apenas se recorre à sua movimentação quando for necessário um retrabalho com recurso a ferramenta manual.

- Desviar a aparafusadora da zona central do suporte linear causada pela matriz de aparafusamento:

A necessidade de levantar as matrizes de aparafusamento retira espaço da área de trabalho. Por isso, a aparafusadora precisa de ser desviada do centro, sendo a sua posição de repouso à esquerda ou direita. Com eliminação do movimento das matrizes, a aparafusadora no fim de cada ciclo pode ser simplesmente pousada no centro facilitando também a realização do ciclo que se segue.

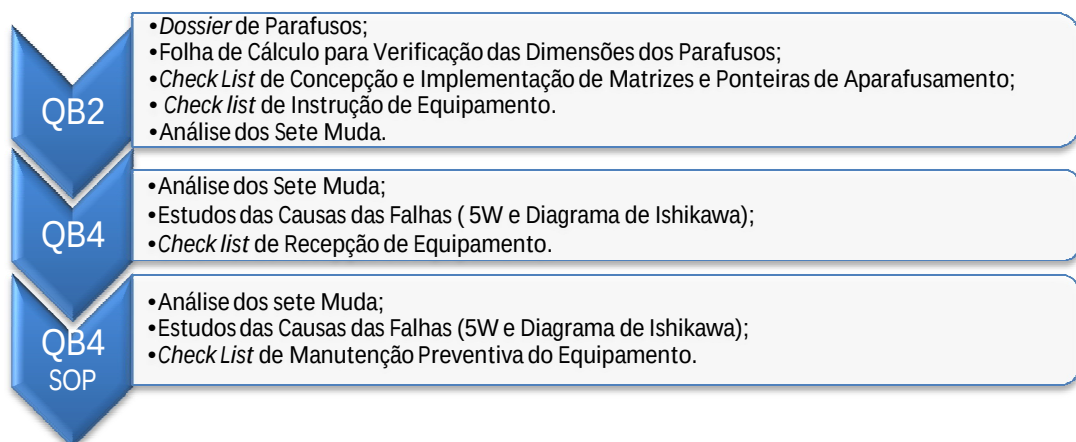
- Necessidade de deslocar manualmente o carrinho de transporte de peças para a linha de retorno:

Sugere-se também a implementação de um elevador para transporte dos carrinhos que transportam as peças para a linha de retorno. Desta forma a operadora do posto F7 não necessita de os transportar manualmente desperdiçando tempo e energia.

5.2.8 Resumo Esquemático

O esquema seguinte pretende fazer uma síntese das ferramentas de melhoria criadas durante o projecto, propondo as fases onde devem ser aplicadas.

APLICAÇÃO DAS FERRAMENTAS DE MELHORIA



QB2: Fase detalhada de elaboração do processo que inclui a execução do FMEA²⁵ de processos;

QB4: Reavaliação de ferramentas e dispositivos pela produção das primeiras amostras;

QB4 SOP: *Start on production*, início de produção em série.

Figura 32 – Esquema de sugestão de aplicação das ferramentas de melhoria.

²⁵ FMEA: *Failure mode and effects analysis*, “é uma técnica orientada à identificação dos modos como um produto, processo ou serviço pode falhar e fornece orientações para eliminação ou redução do risco relativo a essas falhas, a fim de proteger o cliente” (João Paulo Pinto, 2009).

5.3 Resultado das Implementações

É importante não esquecer que a melhoria contínua é um longo caminho a percorrer.

A implementação das acções de melhoria implica uma evolução gradual e a conquista diária de resultados. Para testar o resultado das implementações serão novamente aplicadas algumas das ferramentas Lean usadas em 5.1.1.

5.3.1 KPI's

Uma das formas de medir a eficácia das implementações é calcular novamente os indicadores de performance fazendo a comparação com os resultados anteriores às implementações.

5.3.1.1 Eficiência

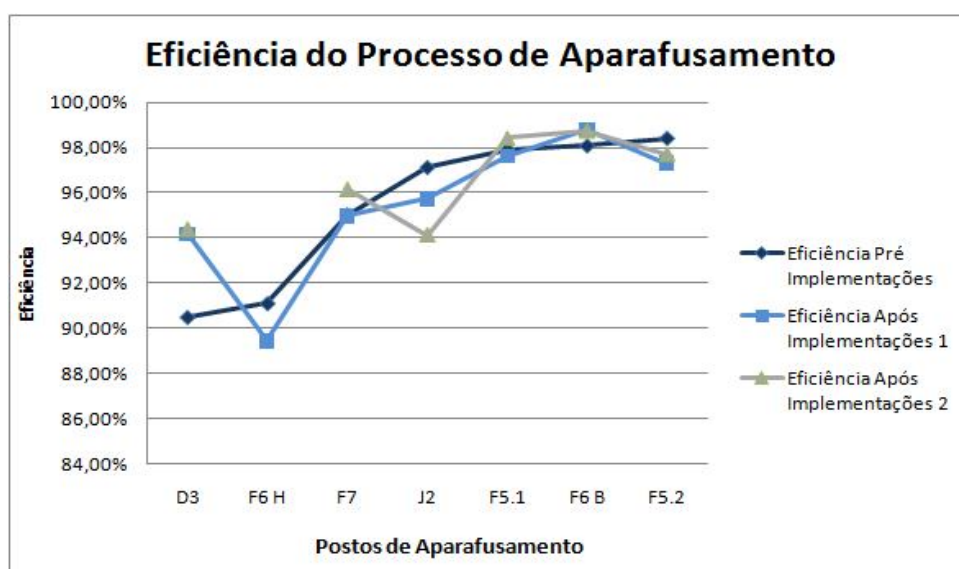


Figura 33- Comparação da eficiência do processo antes e depois das implementações

Eficiência Pré Implementações

Pretendendo saber o estado de eficiência dos processos antes de qualquer acção de melhoria foram recolhidos os dados relativos às semanas 37 a 40.

Eficiência Após Impletações 1

Para conhecer o impacto das acções de melhoria foram usados dados entre o início e o fim deste projecto, para isso foram escolhidas as semanas 45 a 48.

Eficiência Após implementações 2

De maneira a concluir quais as melhorias obtidas com a realização deste projecto decidiu-se fazer uma comparação com os resultados de eficiência das últimas semanas passadas na PP, 52 a 3.

Pela análise da figura 33 comprova-se que a implementação de acções de melhoria resultou no aumento da eficiência de alguns dos postos de aparafusamento. Contudo, outros não revelam qualquer aumento, chegando até a diminuir a eficiência. Com base no histórico das

ocorrências diárias da linha de produção é possível atribuir as causas que influenciaram essa descida.

F6H: Consultando os dados recolhidos pelo controlador eléctrico correspondente a este posto, é possível observar a diminuição do desempenho deste equipamento de dia para dia. Com o tempo a realização do curso necessário para activação do *switch* acabou por ficar cada vez mais difícil de realizar, tornando a movimentação cada vez mais pesada.

Os erros de *Interrupt* eram cada vez mais frequentes. Analisando o interior da aparafusadora é visível o lixo causado pelas limalhas dos parafusos, acabando por levar o equipamento a sofrer avaria. Por este motivo não existem dados relativos às semanas 52 a 3, a aparafusadora de substituição é pneumática, não havendo por isso recolha de dados.

J2: Como justificado no ponto 5.2.5 o maior causador da perda de eficiência deste equipamento é o material que o constitui o *back cover*. O primeiro estudo efectuado neste posto foi da semana 37 a 40, isto significa que a análise teve lugar durante o mês de Setembro onde o tempo se revela muito mais seco do que nas semanas de Novembro, 45 a 48. Durante o tempo húmido a eficiência deste posto de trabalho diminui significativamente. Supõe-se que registre ligeiras subidas assim que o clima se torna propício à não absorção de humidade.

D3: Este posto também merece especial atenção, mas pela elevada subida de eficiência. Pela análise atenta da matriz de aparafusamento, foi possível determinar a necessidade de reposicionamento. Esta mudança originou num aumento de cerca de 3%.

5.3.1.2 Tempo de Ciclo

Depois de analisar da linha de aparafusamento é possível poupar algum tempo em operações mencionadas anteriormente, nomeadamente:

- Eliminar a movimentação de matrizes de aparafusamento oferecendo em simultâneo a posição de repouso da aparafusadora na zona central do suporte linear: Ganho de cerca de 2 seg.
- Utilizar elevadores para colocação dos carrinhos de transporte das peças na linha de retorno: Ganho de cerca de 2seg.

Apesar da diminuição do tempo de operação nos postos de aparafusamento, não implica diminuição do tempo de ciclo da linha F. A Operação F3 continua a ser a mais demorada. De qualquer forma, a possível diminuição do tempo das operações de aparafusamento pode diminuir o tempo de ciclo num futuro re-design da linha.

5.3.2 Diagrama de Pareto

Depois dos estudos de falhas do processo no início do projecto e posterior aplicação do diagrama de Ishikawa, bem como a utilização das *check lists* propostas, recorreu-se à elaboração de novos diagrama de Pareto referentes às semanas 52 a 3 (ANEXO H).

Posto F5.1e F5.2

A principal alteração registada neste posto de aparafusamento foi a significativa redução dos erros de Torque High.

Não sendo esta mudança de se esperar, decidiu-se confirmar nos controladores os parâmetros definidos. Por lapso, os parâmetros de velocidade tinham sido diminuídos e o valor de torque máximo aumentado. Sendo o torque de *shutoff* de 0,35 Nm e o limite máximo definido em 0,55 Nm é difícil que este valor seja alguma vez atingido. Esta diferença é a explicação para o desaparecimento dos erros de *Torque High*.

Posto F6 B e F7

Mesmo com o aumento da eficiência destes postos os principais erros continuam a ser os erros de *Torque Low*.

Posto J2

Registaram-se duas mudanças significativas na comparação dos dois diagramas: sendo a primeira a passagem de 80% do problemas de *Interrupt* para *Torque Low*, e a segunda a acentuada diminuição dos erros de *Time Limit*.

O constante esforço do *bit* durante o aparafusamento causado pela falta de concentricidade dos furos acabou por danificar o apoio de fixação do *bit* ao corpo responsável pela sua rotação. Este mau contacto, acaba por causar desactivação do *switch* e consequente erro de *Interrupt*. Com o decorrer da actividade a aparafusadora acabou por sofrer avaria sendo substituída. Esta substituição foi responsável pela alteração do principal erro para *Torque Low*, também consequência da falta de concentricidade.

A diminuição dos erros de *Time Limit* é resultado do redimensionamento da ponteira.

Posto D3

Pondo em prática a *check list* de verificação de matrizes foi possível detectar um desfasamento relativamente aos pontos de aparafusamento. Assim sendo foi efectuado um reposicionamento da matriz conseguindo uma diminuição de cerca de 3% o erros de *Torque Low*.

6 Conclusão

O projecto de Aparafusamento de Peças Plásticas surge com as várias paragens de produção detectadas associadas ao processo de aparafusamento, tendo como objectivo identificar e estudar essas causas definindo métodos para as resolver ou minimizar.

A metodologia empregue consistiu numa abordagem empírica para conhecer os processos e as especificidades do aparafusamento mas também ao uso de ferramentas *Lean*. O resultado desta aplicação permitiu agrupar e estruturar os problemas encontrados, nomeadamente: erros de equipamento; erros originados pelo posicionamento e dimensionamento das matrizes; erros provenientes dos materiais usados, tais como a existência de materiais higroscópicos cujas dimensões variam com a humidade causando um impacto sazonal na produção; erros ligados à falta de ergonomia do processo e ao factor humano. Contudo os principais entraves ao processo são causados por erros de aparafusamento causados por *torque low* e *interrupt*.

Para cada um dos problemas identificados foram propostas soluções, sendo que algumas tiveram implementação imediata, ao passo que outras devido à sua complexidade ou período de implementação ainda não estão em vigor. Contudo, as ferramentas criadas, bem como a consulta do *dossier* de parafusos e a utilização da folha de cálculo de verificação dos mesmos, já fazem parte do caderno de encargos para projectos futuros.

Para uma gestão mais eficiente dos processos e recursos procedeu-se à monitorização de *KPI's* como eficiência, tempo de ciclo e *takt time*. Estes indicadores possibilitam inferir sobre a actual utilização da capacidade instalada e permite aos gestores confrontar a real produção com a produção óptima teórica. Foi também discutida a necessidade de produzir para stock de sub-grupos para ter uma margem de segurança para fazer face a possíveis paragens no processo.

A introdução de ferramentas de controlo sob a forma de *check list* foi uma das formas encontradas para solucionar alguns dos problemas identificados. Assim sendo foram elaboradas *check lists* para: *recepção de equipamento* para evitar erros de conformidade; *manutenção preventiva* que reduz as paragens não programadas, os custos associados, permite um maior controlo sobre as próprias equipas de manutenção e *concepção e recepção de matrizes e ponteiras* evitando erros de posicionamento.

Outras soluções encontradas foram a criação de calibres de verificação que realizam uma triagem das peças fora da tolerância para que estas não entrem na linha de produção, ou a elaboração de uma folha de cálculo para a validação dos parafusos usados. Em termos de ergonomia a adopção do cilindro pneumático nas aparafusadoras de maior porte aliviou a carga a que as operadoras estavam sujeitas. Para as melhorias registadas ao nível da eficiência de processos também contribuiu o esforço de sensibilização das operadoras para a adopção de melhores práticas de trabalho reduzindo os erros originados por factor humano.

Uma das maiores limitações deste projecto é o facto de os problemas de aparafusamento poderem ter origem nas mais variadas áreas de engenharia. O tempo disponível para o projecto não permite abranger todas as áreas, por esse motivo não foi possível determinar um material substituto do material PA6 para substituição do *back cover* do AUDIO F10.

Em suma a eliminação de paragens de produção relacionadas com o aparafusamento foi atendida, com criação de valor para a empresa quer pela redução de custos, optimização de processos e pela motivação das operadoras, mas o efeito total das implementações realizadas só será sentido a médio-prazo. A curva de aprendizagem trará melhores resultados, mas ficam dois pontos em aberto para estudos futuros: a variação dimensional do material, e equacionar um re-desenho da linha para obter maior retorno sobre as melhorias até agora alcançadas.

Referências e Bibliografia

<http://balancedscorecard.blogspot.com/2009/01/parte-i-eks-e-as-quatro-perspectivas-de.html>

A.V. Machado & A.M. Cunha, (2001), "Introdução aos Polímeros"- Manual Técnico, Departamento de Engenharia de Polímeros da Universidade do Minho.

Adrian van Hooydonk, chefe de design do BMW Group, <http://broba.blogspot.com>

<http://epocanegocios.globo.com/Revista/Common/0,,EIT715-16294,00-COMO+ELES+TRABALHAM.html>

[http://www.12manage.com/methods_value_stream_mapping_pt.html%20\[Acesso%2015%20Dezembro%202010\]](http://www.12manage.com/methods_value_stream_mapping_pt.html%20[Acesso%2015%20Dezembro%202010])

<http://www.deprag.com/english/index.htm>

http://www.gestao.altalogica.com/pag_curso.asp?numord=56&origem=menuflash

http://www.syar.com.uy/pdf/coel/inductivos_capacitivos.pdf [Acesso 5 Janeiro 2011]

Jacobs, Chase & Aquilano (2009), “Operations & Supply Management”, 12th edition, McGraw-Hill, Lisboa.

João Paulo Pinto (2009), “Pensamento Lean”, 3ª edição, LIDEL edições, Porto.

Manuais de aprafusadoras e controladores Deprag.

Manual de controladores Desoutter.

Robert A. Malloy, Plastic Parts Design for Injection Molding, 1ª edição, HANSER Gardener publications, Valley Ave Cincinnati.

Simões Morais (2003), Desenho Técnico Básico, 3º volume, 22ª edição, Porto.

Tecnologia de Aperto - Guia de Bolso, Atlas Copco,

<http://www.valona.com.br/downloads/Tecnologiadeaperto.pdf>

ANEXO A: Organigrama da *Preh* Portugal

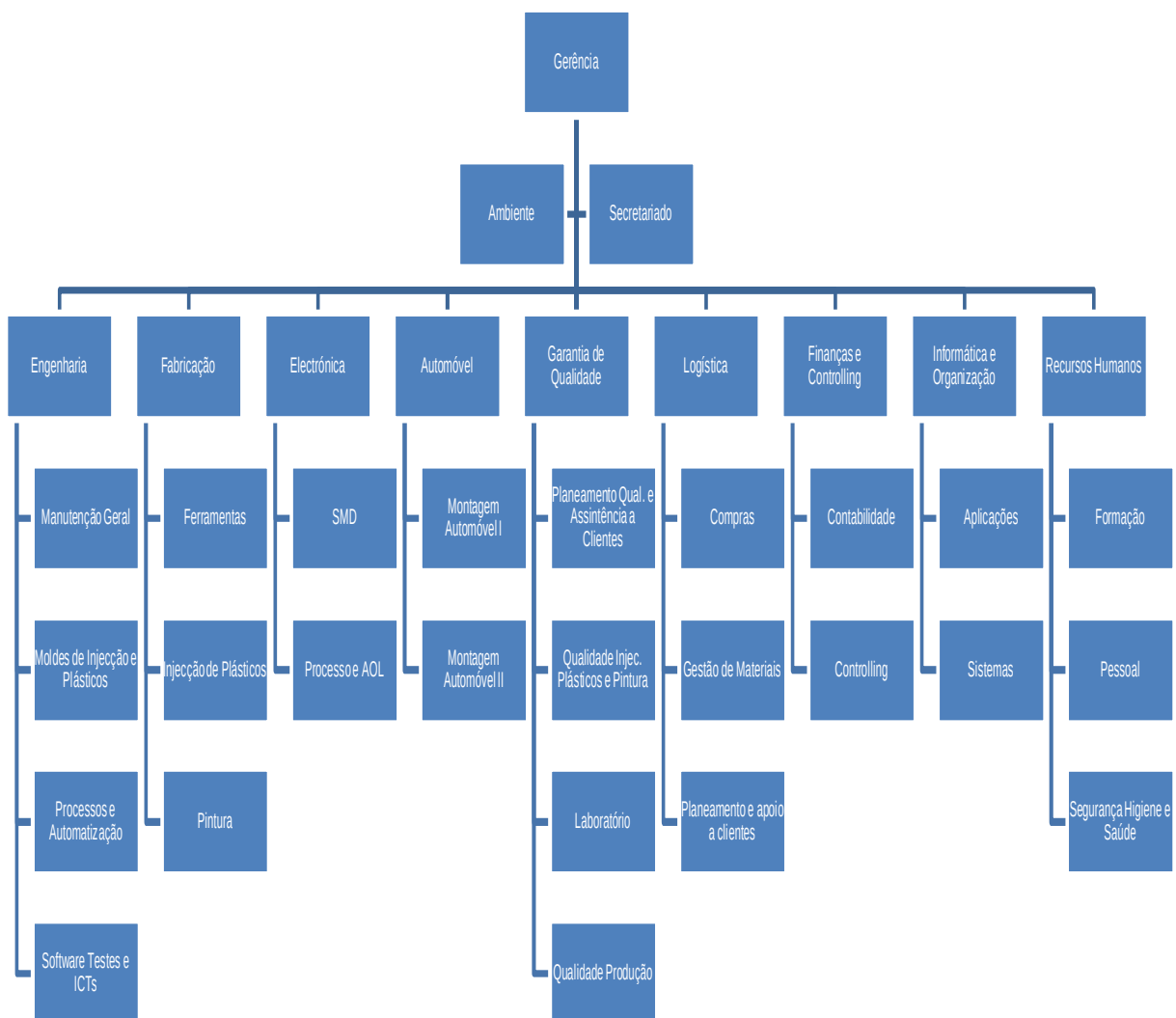
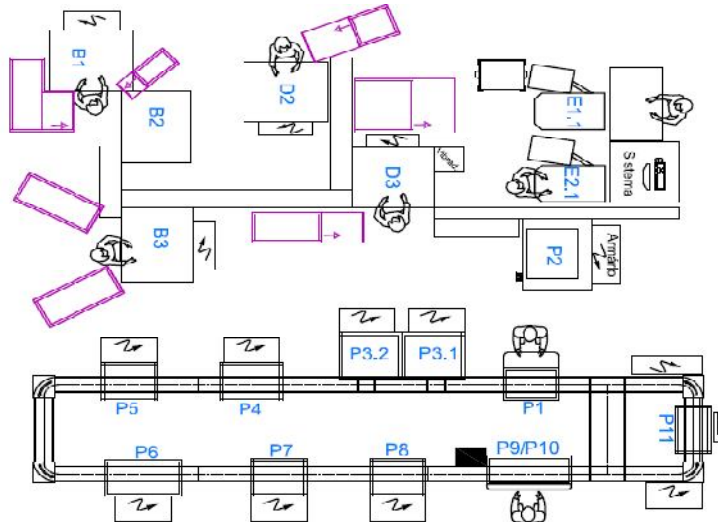


Figura A 1- Organograma da PP (Fonte: documentação Interna da PP).

ANEXO B: Layout da linha PL6 Center Stack + FKA

FKA

Center Stack

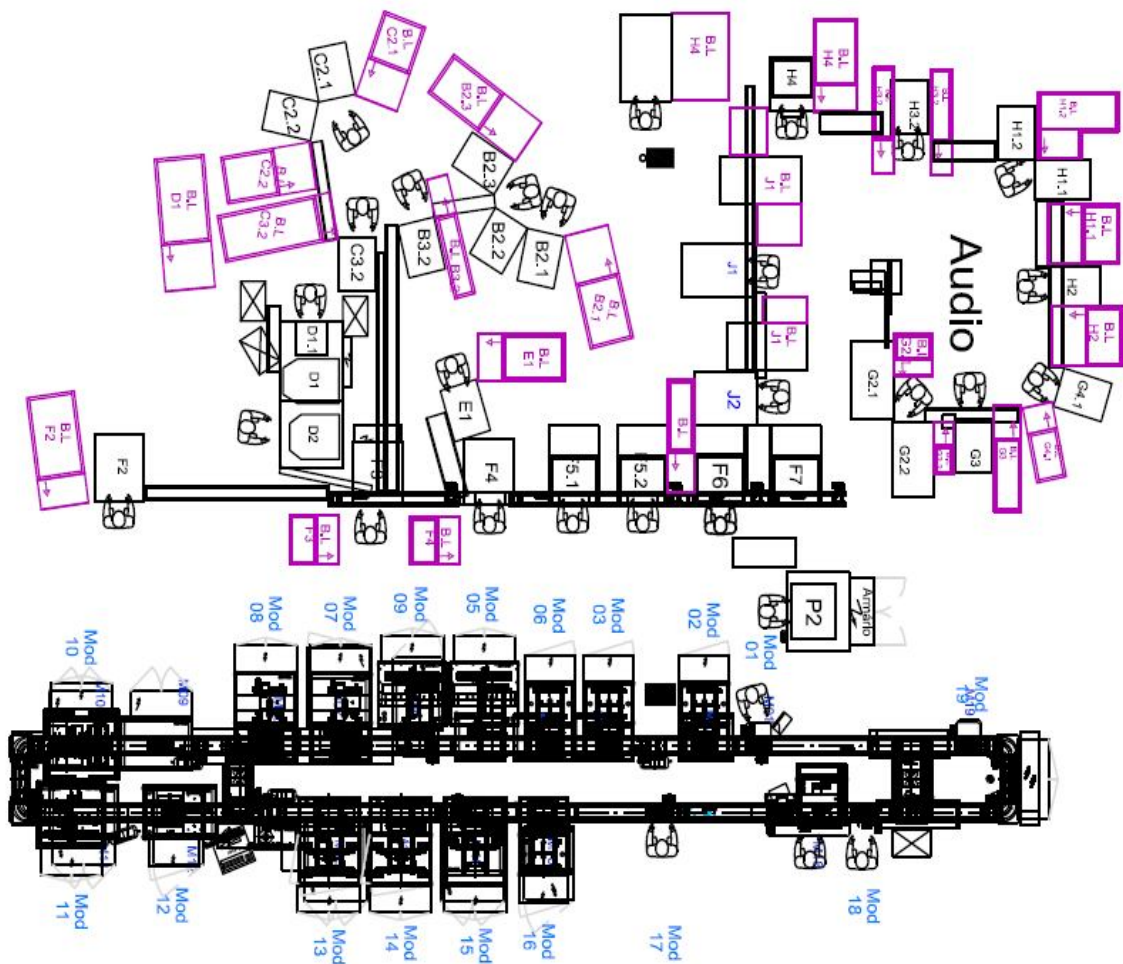


Figura B 1 – Layout da linha PL6 Center Stack + FKA

Legenda:

- B2.1-** Corte dos condutores de luz 1K e 2K do bloco central,
B2.2- Montagem das teclas Interiores e condutores de luz na gula das teclas do bloco central.
B2.3- Corte das teclas interiores do bloco central,
B3.2- Montagem das teclas exteriores no bloco central.
- C2.1-** Corte das teclas interiores e condutores de luz dos blocos laterais,
C2.2- Montagem das teclas Interiores e condutores de luz na gula das teclas dos blocos laterais.
C3.2- Montagem das teclas exteriores nos blocos laterais.
- D1.1 -** Pré-montagem dos LCD's.
D1- Montagem dos LCD's no PCB.
D2- Montagem da ficha no conector do PCB Front.
- F1-(F01/F02; F07; F12/F13) -** Fixação termoplástica.
F2-(F01/F02; F07; F12/F13) - Fixação das barras cromadas.
F1 / F2 -(F10/F11) - Fixação termoplástica e fixação das barras cromadas (blenda IHKA).
- J1- (F10/F11) -** Fixação termoplástica e fixação das barras cromadas (blenda Audio).
J2- (F10/F11) - Aparafusamento do AUDIO completo á blenda.
- F3-** Montagem dos blocos laterais e central, borracha de contacto e PCB front.
F4- Montagem do Steuer na blenda; (encaixe do audio - F01/F02; F07; F12/F13).
F5.1- Aparafusamento AUDIO (F01/F02; F07; F12/F13).
F5.2- Aparafusamento IHKA.
F6- Aparafusamento Blower; (encaixe e aparafusamento do grupo AUDIO -F10/F11); aparafusamento dos pinos.
F7- (Encaixe e aparafusamento das abas cromadas-F07; F12/F13) (Encaixe e aparafusamento da blenda de protecção - F10/F11).
- P2-** Teste vibração
- M01-** Inserção da peça na linha
- M02/M03/M06-** Teste dinâmico
- M05/M09-** Teste teclas AUDIO
- M07/M08-** Teste teclas IHKA
- M10.1-** Torque botões IHKA
- M10.2-** Torque botões AUDIO
- M11-** Teste FBM
- M12-** Laser
- M13/M14-** Visão IHKA
- M15-** Visão AUDIO
- M16-** EOL Teste
- M18.1-** Visão dia / visão noite
- M18.3-** Retirar peça e embalagem
- M19-** Análise

Figura B 2 – Legenda do layout da linha PL6 Center Stack + FKA.

ANEXO C: Fluxograma de Aparafusamento das Linhas PL6

Produto: *Center Stack F01/F02*

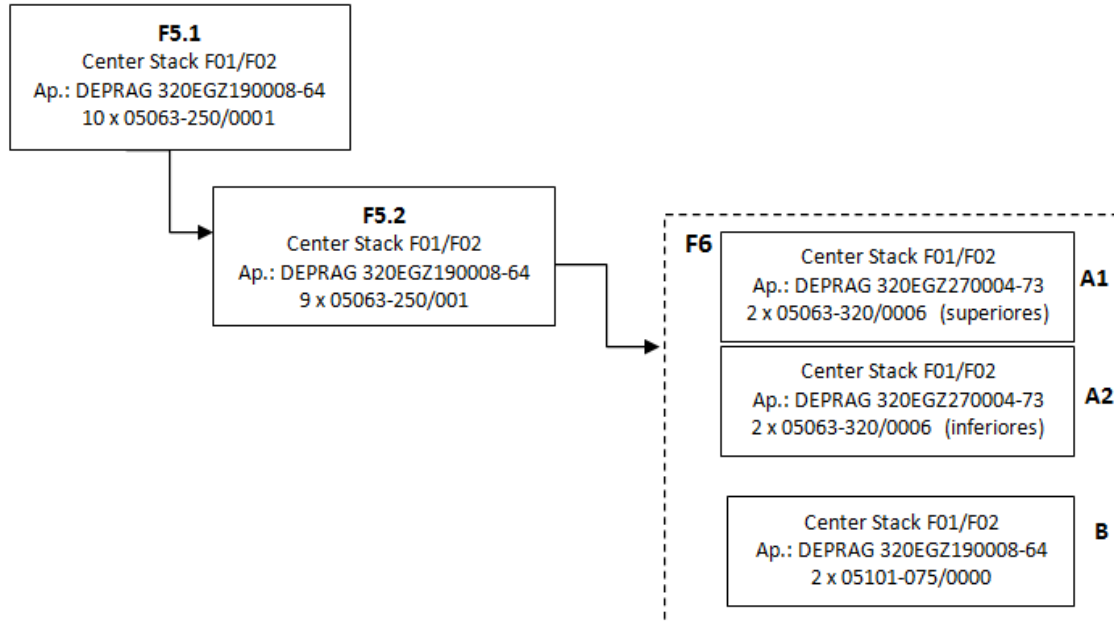


Figura C 1 – Fluxograma de aparafusamento F01/02.

Produto: *Center Stack F07*

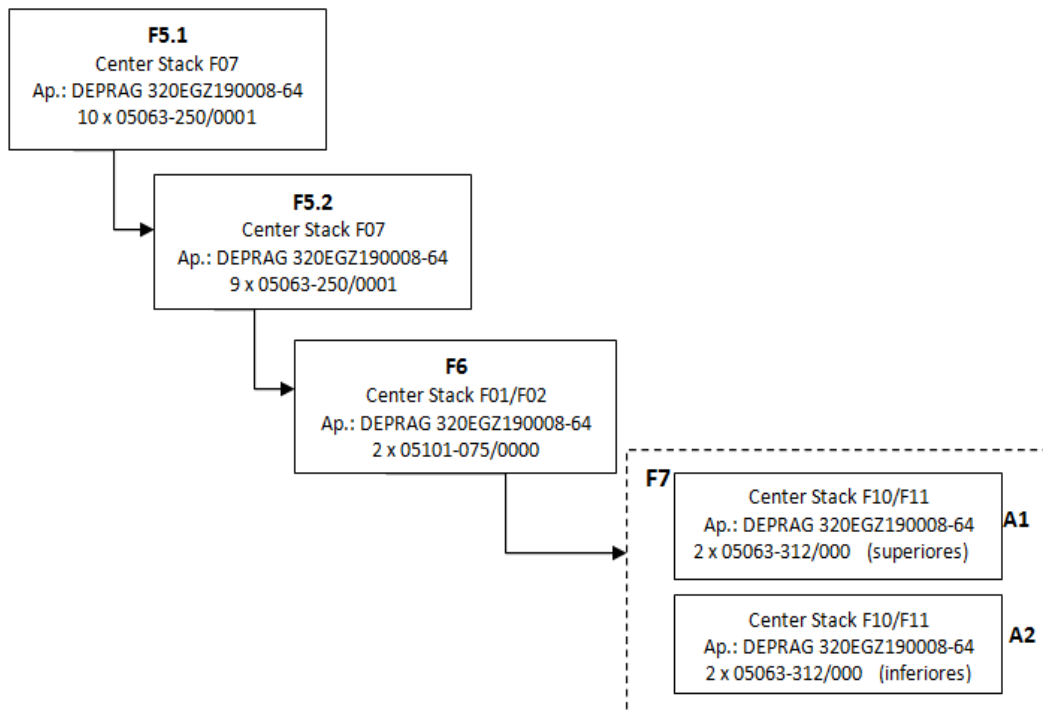


Figura C 2 - Fluxograma de aparafusamento F07.

Produto: *Center Stack F10/F11*

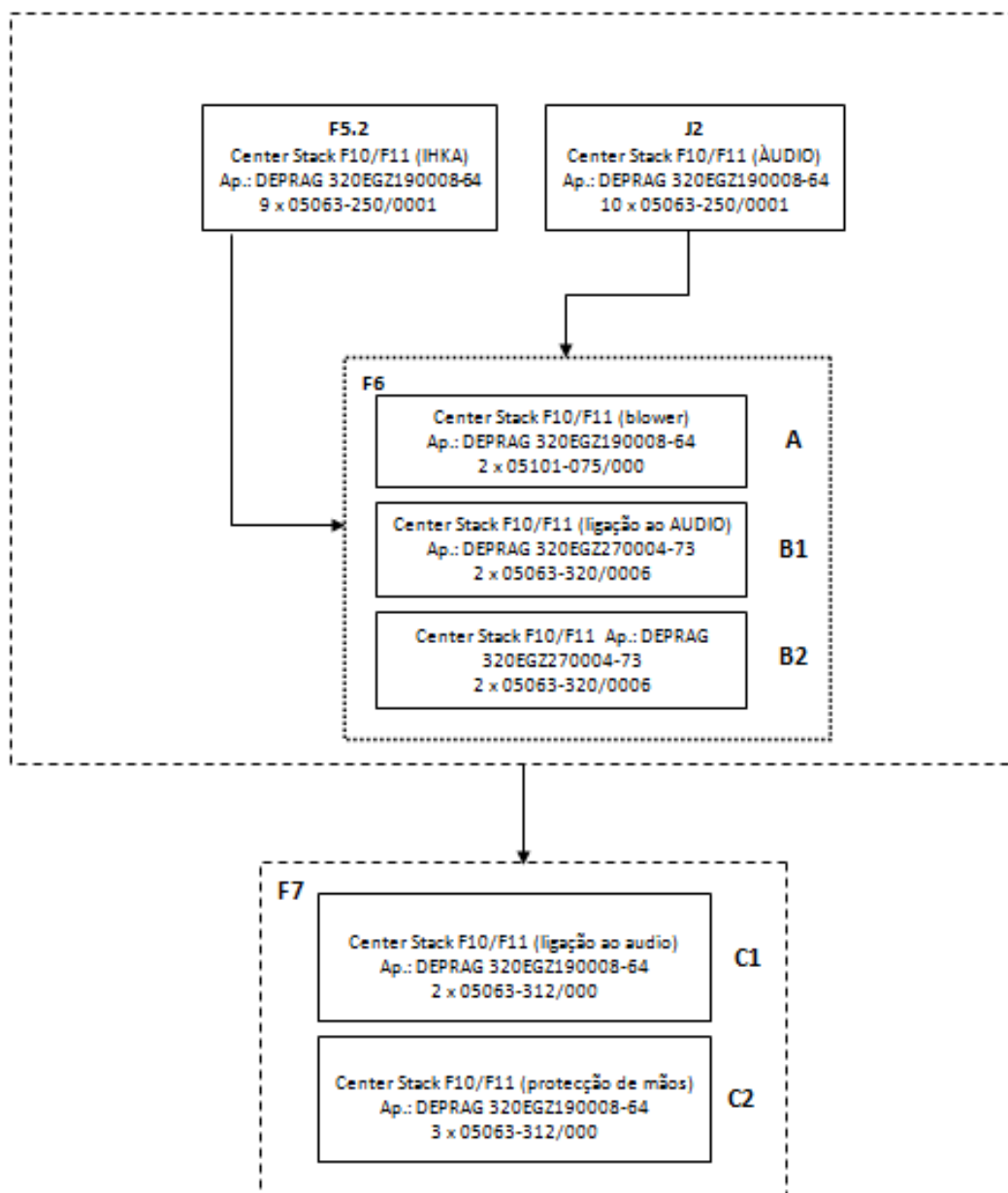


Figura C 3 - Fluxograma de aparafusamento F10.

Produto: *Center Stack* F12/13

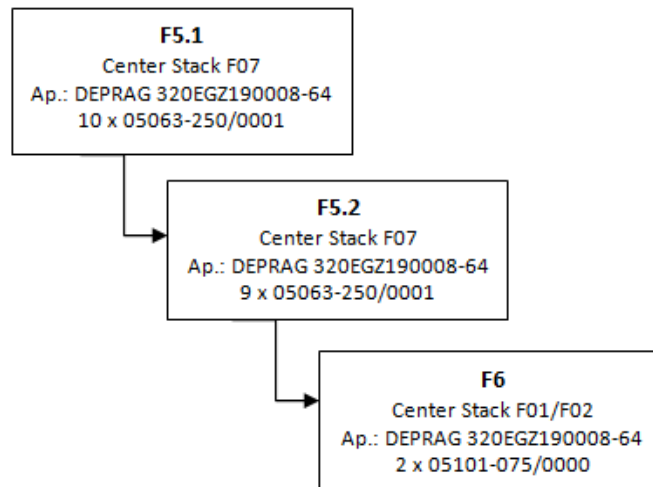


Figura C 4 - Fluxograma de aparafusamento F12/13.

Produto: FKA

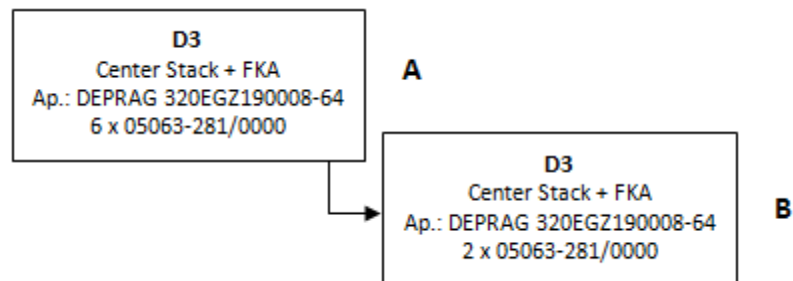


Figura C 5 - Fluxograma de aparafusamento FKA.

ANEXO D: Dossier de Parafusos Utilizados em Alguns Projectos da PP

Tipo de cabeça de parafuso

No caso dos produtos da PP são utilizados maioritariamente parafusos de cabeça de boleada e de cabeça chata. São usados para fixação de elementos onde há necessidade de um bom acabamento da superfície dos componentes. Os parafusos de cabeça boleada são principalmente usados para dimensões de rosca muito reduzidas como é o caso.

Tipo de rosca

As roscas usadas nos produtos da PP são externas, simples, direitas, triangulares e auto-roscentes, neste tipo de rosca o ângulo de abertura pode variar, sendo no nosso caso de 30° . Não podem ser consideradas roscas métricas nem roscas medidas em polegadas, pois estamos perante parafusos para termoplásticos, concebidos especialmente para este fim pelo nosso fornecedor.

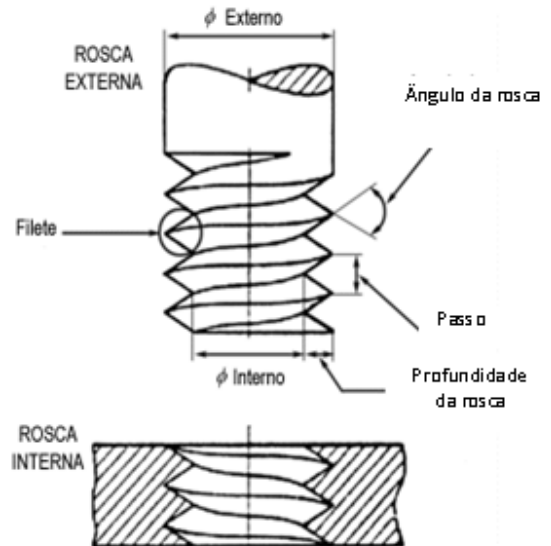
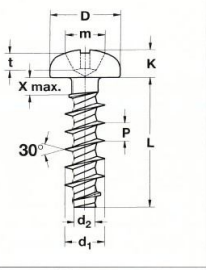
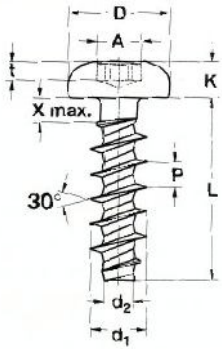


Figura D 1 – Exemplo de rosca de um parafuso.

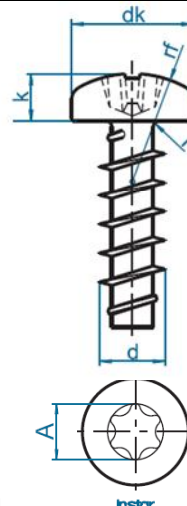
Referência PP	Ref. do Fabricante	Linha de Montagem	Posto de Trabalho
	EJOT PT		
05063-293/0000	SCREW K 30X10 WN 1452	MMI B8	7
05063-097/0000	SCREW KB 30X12 WN 1412	AU 210 Manuell	2

Características	WN 1412  Z cross recess (B)	- O passo deste parafuso permite que com um menor torque se consiga percorrer distâncias iguais desde que sejam utilizados braços de alavanca menores. - Muito resistente à vibração. - Melhoria do fluxo de material a roscagem devido a : - Baixas tensões radiais. - Não acumulação de material na área central do furo. - Recomendados para materiais como: ABS, ABS/PC Blend, PBT, PC, PET, PMMA, POM, PP, PS entre outros.	WN 1452 

Referência PP	Ref. do Fabricante	Linha de Montagem	Posto de Trabalho
	BETZER BN 50-12-112		
05063-250/0001	RS 2.2X8	PL6 Centar Stack F01/02	F5.1 F5.2
		PL6 Center Stack F07	F5.1 F5.2
		PL6 Center Stack F10/F11	F 5.2 e J2
		PL6 Center Stack F12/F13	F5.1 F5.2
05063-262/0000	RS 2.2X7	PL6 Fahrerassistenzsystem	1
05063-281/0000	RS 2.0X10	PL6 Centerstack + FKA	D3
05063-318/0000	RS 2.0X12	Climatronic AU 210	2
05101-075/0000	RS 1.8X12	PL6 Centar Stack F01/02	F6
		PL6 Center Stack F07	F6
		PL6 Center Stack F10/F11	F6
		PL6 Center Stack F12/F13	F6

Características

- Parafuso de cabeça Torx e rosca laminada auto-roscante o que permite a fácil montagem.
- Desta forma todos os bits para estes parafusos são unificados pela norma ISO 10664.
- A chave Torx possui maior resistência à pressão de encaixe realizando apertos mais fortes do que a anteriormente usada chave Phillips.
- Utilizados em furos muito pequenos.
- O diâmetro da rosca permite a transmissão de elevados torques de aperto, bem como a eficiente transmissão do mesmo graças ao seu oco hexalobular.
- O passo da rosca proporciona uma segura fixação do parafuso durante a montagem.
- Quando fixado este parafuso possui um elevada resistência ao desaperto.
- Permitem uma transmissão otimizada de torque e ciclos de montagem automática muito reduzidos.



Referência PP	Ref. do Fabricante	Linha de Montagem	Posto de Trabalho
05042-320/0006	BETZER	PL6 Center Stack F01/02	F6
	RS 4X15	PL6 Center Stack F10/F11	

Características

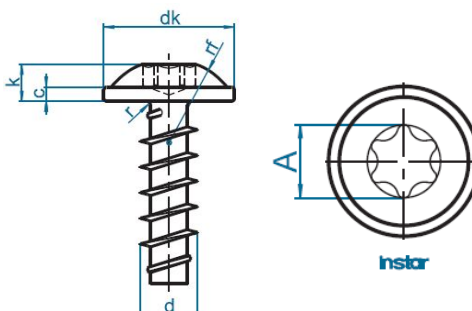
- O desenho Preh existente na base de dados denomina o produto como análogo a um EJOT PT.
- Trata-se de um parafuso especialmente desenvolvido para o produto em questão.
- Para além da função de conexão de duas partes distintas tem também como objectivo servir de encaixe para fixação do produto no automóvel.



Referência PP	Ref. do Fabricante	Linha de Montagem	Posto de Trabalho
	BETZER BN-50-13-112		
05063-312/0000	RS 3X8	PL6 Center Stack F10/F11 PL6 Center Stack F07	F7
05063-278/0000	RS 2.5X10	PL6 HKA	B1
05063-309/0000	RS 2.2X12	Claas TdB8	2

Características

- As características deste parafuso são em tudo semelhantes ao BN 50-12-112 à exceção do formato da cabeça. Este, possui um colar adicional para o aumento da área de carga e um melhor apoio do bit.



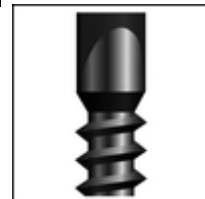
Referência PP	Ref. do Fabricante	Linha de Montagem	Posto de Trabalho
	EJOT DELTA PT		
05063-284/0000	SCREW 30X12 WN 5452	MMI B8 MMI D4 with Touchpad GangWahlGeberGeraet	7 4 2.F
05063-234/0000	SCREW 22X7 WN 5452	MMI D4 with Touchpad	4
05063-253/0000	SCREW 30X8 WN5452	GangWahlGeberGeraet	2

Características

- O ângulo formado pelos filetes permite uma deformação do material com uma resistência mínima.

- A combinação do passo da rosca juntamente com a geometria dos filetes proporciona uma elevada resistência à vibração evitando o afrouxamento.

- São utilizados em substituição aos parafusos EJOT PT quando há necessidade de diminuir o comprimento ou o diâmetro pois permitem a compensação através da aplicação de maiores forças de aperto.

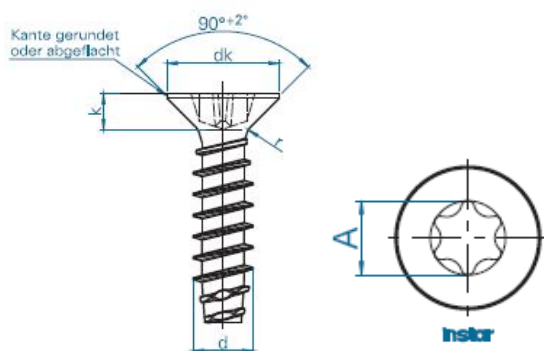


Referência PP	Ref. do Fabricante	Linha de Montagem	Posto de Trabalho
05063-286/0000	BETZER BN-90-10-112 Flat head screw Rsu 3.5x5.265/15	GangWahlGeberGeraet	4

Características

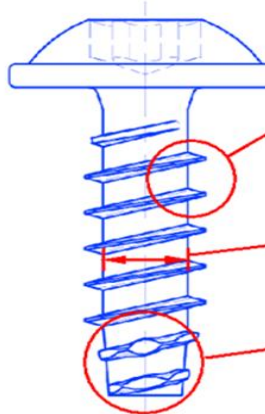
- Parafuso Torx de cabeça cônica.

- Os parafusos do tipo BN-90 indicam uma rosca de extremidade pentagonal que facilita o corte preciso durante o aperto, bem como a posição centrada do mesmo.



- Quando comparado com um parafuso do tipo BN-50 encontram-se diferenças como:

rs-universal thread



Menor passo de rosca

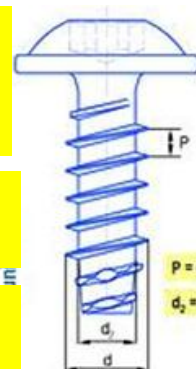
- Mais fios de rosca num mesmo comprimento de rosca;
- Corpos de parafuso mais pequenos com o mesmo número de filetes;
- Mais seguro contra o afrouxamento.

Maior diâmetro do núcleo com os mesmo diâmetro de rosca

- Torque mínimo mais elevado;
- Suporta maiores forças axiais.

Fim de rosca pentagonal

- Seguimento de corte suave;
- Mantém a posição centrada do parafuso.



$$P = 0,35 \times d$$

$$d_2 = 0,70 \times d$$

BN-50-13-112



Figura D 2 – Exemplo de descrição Betzer.

ANEXO E: Tradução do Menu do Controlador Pneumático fc10

CONTROLADOR PARA APARAFUSADORA PNEUMÁTICA

(fc10 pneumatic)

1. Layout do teclado

SET/ENTER 	• Selecciona um item do menu; • Confirma a selecção e simultaneamente avança para o nível de menu seguinte.
UP 	• Cursor para cima; • Aumenta o valor seleccionado em uma unidade.
DOWN 	• Cursor para baixo; • Reduz o valor seleccionado em uma unidade.
ESC/STOP 	• Altera para o nível de menu seguinte.

Tabela E1 – Layout do teclado.

1.1. Password de protecção para parâmetros

- Se a *password* for 0000, significa que todos os parâmetros podem ser alterados;
- Se não se verificar o caso anterior o sistema pede *password* para aceder ao menu.

1.2. RESET

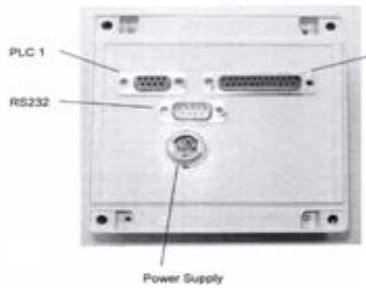
1. Rodar a chave – interruptora 90° para um RESET do sistema;	
2. Rodar novamente a chave-interruptora até colocá-la na posição inicial;	
3. O RESET exterior pode ser efectuado pelo PLC-port.	

Tabela E 2 – Tabela explicativa da função reset.

2. Menu

Seleccionar o menu usando a tecla SET

Menu principal:

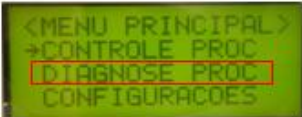
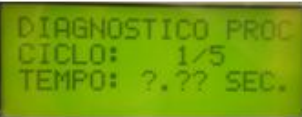
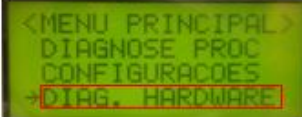
Controle de Processos	  
Diagnóstico de Processo	  
Configurações: - Número de ciclos - Limite de tempo - Estatística - Alterar Password	  
Diagnóstico de hardware	  

Tabela E 3 – Menu principal do controlador.

3. Indicadores de Erro

A contínua iluminação da luz de controlo vermelha e mensagem de erro no display pode significar.

Mensagem de Erro	Causa do Erro
Muito Curto	Não é atingido o tempo mínimo para montagem.
Muito Longo	É excedido o tempo máximo de montagem.
Interrompido	A aparafusadora foi libertada antes de atingir o torque definido.
Sem peça	Não há registo de peça para ser trabalhada.

Tabela E 4 – Indicadores de erro.

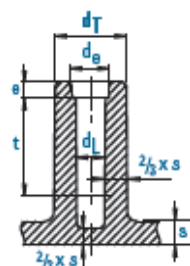
ANEXO F: Tabela *Betzer* de Recomendações para Concepção dos Furos

Hinweise für die Tubuskonstruktion

Recommendations for the boss design

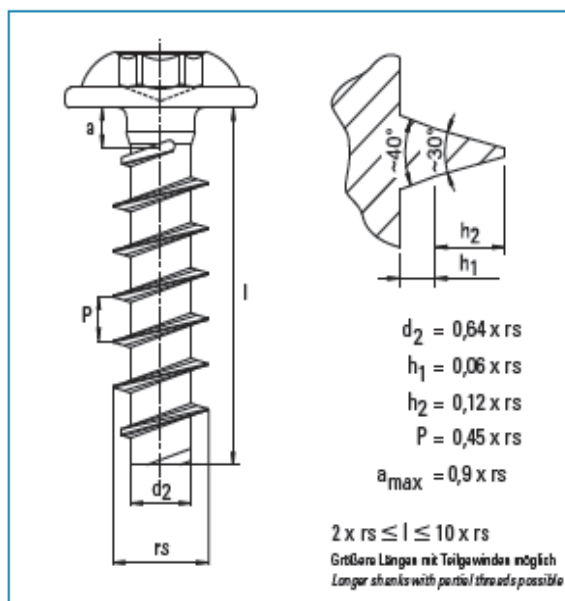
Die hier aufgeführten Empfehlungen wurden in Schraubversuchen ermittelt. Für den jeweiligen Anwendungsfall wird eine Überprüfung der Werte empfohlen.

All information listed here have been empirically determined. It is recommended to verify the data in application tests.



$$e = 0,3 \dots 0,5 \times d_L$$

$$d_B = 1,2 \times rs$$



Tubusdimensionierung

Boss dimensions

Werkstoff	rs 1,8				
	M _E	M _Ü	d _L	d _T	t
PP	0,1	0,3	1,4	3,8	3,8
PE	0,1	0,3	1,3	3,8	3,8
PA 6,6	0,1	0,3	1,4	3,4	3,1
POM	0,1	0,3	1,3	3,8	3,8
ABS	0,1	0,3	1,5	3,8	3,8
PA 30 GV	0,1	0,3	1,5	3,3	3,1
PS	0,2	0,4	1,5	3,8	3,8
PEEK	0,2	0,4	1,5	3,8	3,8
PC	0,1	0,3	1,6	4,5	4,0

Werkstoff	rs 2,0				
	M _E	M _Ü	d _L	d _T	t
PP	0,15	0,4	1,5	4,0	4,0
PE	0,15	0,4	1,4	4,0	4,0
PA 6,6	0,1	0,4	1,6	3,8	3,5
POM	0,1	0,5	1,5	4,0	4,0
ABS	0,1	0,4	1,7	4,0	4,0
PA 30 GV	0,1	0,5	1,7	3,8	3,5
PS	0,15	0,4	1,7	4,0	4,0
PEEK	0,2	0,4	1,7	4,0	4,0
PC	0,1	0,4	1,8	5,0	4,5

Werkstoff	rs 2,2				
	M _E	M _Ü	d _L	d _T	t
PP	0,2	0,4	1,6	4,4	4,4
PE	0,2	0,4	1,5	4,4	4,4
PA 6,6	0,1	0,5	1,7	4,1	3,8
POM	0,1	0,6	1,6	4,3	4,4
ABS	0,1	0,4	1,8	4,4	4,4
PA 30 GV	0,1	0,5	1,8	4,0	3,8
PS	0,1	0,4	1,8	4,4	4,4
PEEK	0,2	0,4	1,9	4,4	4,4
PC	0,1	0,5	1,9	5,5	4,9

Werkstoff	rs 2,5				
	M _E	M _Ü	d _L	d _T	t
PP	0,2	0,5	1,8	5,0	5,0
PE	0,2	0,6	1,8	5,0	5,0
PA 6,6	0,2	0,7	1,9	4,7	4,3
POM	0,2	0,7	1,8	4,9	5,0
ABS	0,1	0,5	2,0	5,0	5,0
PA 30 GV	0,2	0,6	2,0	4,5	4,3
PS	0,2	0,6	2,0	5,0	5,0
PEEK	0,2	0,6	2,1	5,0	5,0
PC	0,2	0,6	2,2	6,3	5,5

Werkstoff	rs 3,0				
	M _E	M _Ü	d _L	d _T	t
PP	0,3	0,6	2,1	6,0	6,0
PE	0,2	0,7	2,1	6,0	6,0
PA 6,6	0,3	0,8	2,3	5,6	5,1
POM	0,3	0,8	2,2	5,9	6,0
ABS	0,2	0,7	2,4	6,0	6,0
PA 30 GV	0,3	0,8	2,4	5,4	5,1
PS	0,2	0,7	2,4	6,0	6,0
PEEK	0,2	0,7	2,6	6,0	6,0
PC	0,3	0,9	2,6	7,5	6,6

Werkstoff	rs 3,5				
	M _E	M _Ü	d _L	d _T	t
PP	0,4	1,4	2,4	7,0	7,0
PE	0,3	1,4	2,4	7,0	7,0
PA 6,6	0,4	1,6	2,6	6,5	6,0
POM	0,4	1,5	2,5	7,0	7,0
ABS	0,3	1,5	2,7	7,0	7,0
PA 30 GV	0,4	1,5	2,7	6,4	6,0
PS	0,3	1,4	2,7	7,1	7,0
PEEK	0,3	1,5	2,9	7,2	7,0
PC	0,4	1,6	2,9	8,7	7,5

Werkstoff	rs 4,0				
	M _E	M _Ü	d _L	d _T	t
PP	0,5	2,0	2,8	8,0	8,0
PE	0,4	1,9	2,8	8,0	8,0
PA 6,6	0,5	2,3	3,0	7,4	6,9
POM	0,5	2,1	2,9	7,8	8,0
ABS	0,4	1,9	3,2	8,0	8,0
PA 30 GV	0,5	1,7	3,2	7,2	6,8
PS	0,4	1,7	3,2	8,0	8,0
PEEK	0,4	1,9	3,4	8,0	8,0
PC	0,5	1,9	3,4	10,0	8,9

Werkstoff	rs 5,0				
	M _E	M _Ü	d _L	d _T	t
PP	0,8	3,3	3,5	10,0	10,0
PE	0,8	3,1	3,5	10,0	10,0
PA 6,6	0,6	2,8	3,8	9,3	8,5
POM	0,8	4,5	3,6	9,8	10,0
ABS	0,5	3,1	4,0	10,0	10,0
PA 30 GV	0,5	2,6	4,0	9,0	8,5
PS	0,7	3,4	4,0	10,0	10,0
PEEK	0,8	3,2	4,3	10,0	10,0
PC	0,8	3,5	4,3	12,5	11,0

Werkstoff	rs 6,0				
	M _E	M _Ü	d _L	d _T	t
PP	0,9	3,9	4,2	12,0	12,0
PE	0,8	3,7	4,2	12,0	12,0
PA 6,6	0,7	3,2	4,5	11,1	10,0
POM	1,0	5,4	4,4	11,7	12,0
ABS	0,6	3,7	4,8	12,0	12,0
PA 30 GV	0,6	3,1	4,8	10,9	10,0
PS	0,9	4,1	4,8	12,0	12,0
PEEK	0,9	4,1	5,1	12,0	12,0
PC	1,0	4,1	5,1	15,0	13,0

rs Gewindeaußendurchmesser mm
outside diameter of thread mm

M_E Einschraubmoment Nm
penetration torque Nm

M_Ü Überdrehmoment Nm
overturning torque Nm

d_L Lochdurchmesser mm
hole diameter mm

d_T Tubusaußendurchmesser mm
outside diameter of boss mm

t Min. Einschraubtiefe mm
min. penetration depth mm

ANEXO G: Tabela de Cálculo para Definição de Torque de Aperto Prático

										Torque		Média
Torres da Blenda										Mü / Me Ncm	Mamax / Mamin Ncm	Ma Ncm
Ensaio		1 Ncm	2 Ncm	3 Ncm	4 Ncm	5 Ncm	6 Ncm	7 Ncm	8 Ncm			
1	Mü		65	81	71	72	75	55	62	55	41	35
	Me	x1	22	19	19	15	15	21	22	22	30	
2	Mü	71	73	83	71	81	83	56	57	56	42	35
	Me	16	18	15	18	14	15	19	20	20	27	
3	Mü	78	70	80	67	73	73	53	52	52	39	33
	Me	19	16	18	16	18	18	20	20	20	27	
4	Mü	84	68	78	67	87	78	56	56	56	42	36
	Me	19	19	20	20	16	19	18	22	22	30	
5	Mü	80	74	79	68	79	62	57	55	55	41	34
	Me	18	18	19	17	19	17	18	20	20	27	
6	Mü	81	76	77	74	78	71	55	55	55	41	35
	Me	19	17	19	17	16	18	21	20	21	28	
7	Mü	76	76	83	70	83	72	57	58	57	43	35
	Me	17	17	18	16	16	17	18	20	20	27	
8	Mü	77	78	77	70	75	73	57	55	55	41	35
	Me	17	17	17	16	15	19	21	20	21	28	
9	Mü	76	68	82	68	70	74	55	53	53	40	34
	Me	17	16	16	15	16	18	20	21	21	28	
10	Mü	74	75	77	72	74	68	56	57	56	42	35
	Me	18	15	17	14	17	17	17	21	21	28	
11	Mü	76	70	77	71	75	72	54	55	54	41	34
	Me	16	18	16	19	17	20	20	20	20	27	
12	Mü	70	63	84	66	87	69	54	59	54	41	33
	Me	16	15	16	17	16	16	18	19	19	26	
13	Mü	74	72	80	74	75	67	54	57	54	41	33
	Me	19	15	16	16	18	16	17	19	19	26	
14	Mü		68	80	68	75	68	59	58	58	44	34
	Me	x1	16	15	15	16	17	18	18	18	24	
15	Mü	77	72	88	64	76	77	60	57	57	43	35
	Me	18	16	17	17	16	14	19	20	20	27	
											Média Ma:	34

Tabela G 1 – Tabela de cálculo de torque prático.

ANEXO H: Diagramas de Pareto

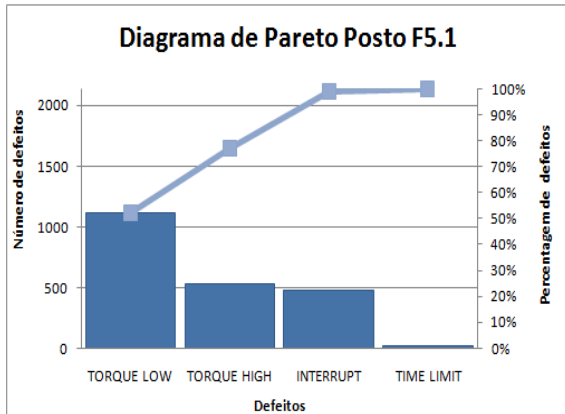


Figura H 1 – Diagrama de Pareto do Posto F5.1 Pré Implementações.

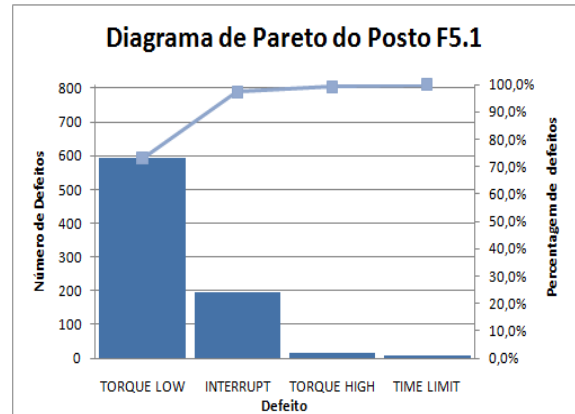


Figura H 2 – Diagrama de Pareto do Posto F5.1 Após Implementações.

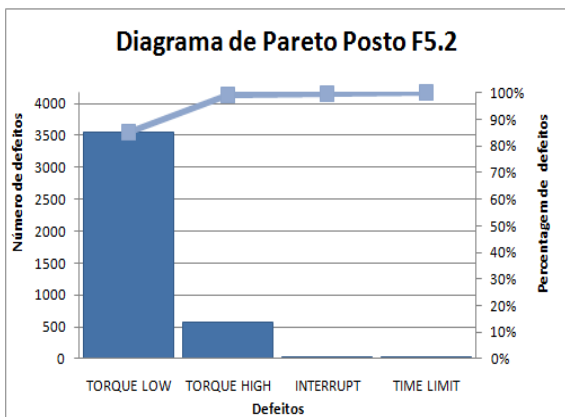


Figura H 3- Diagrama de Pareto do Posto F5.2 Pré Implementações.

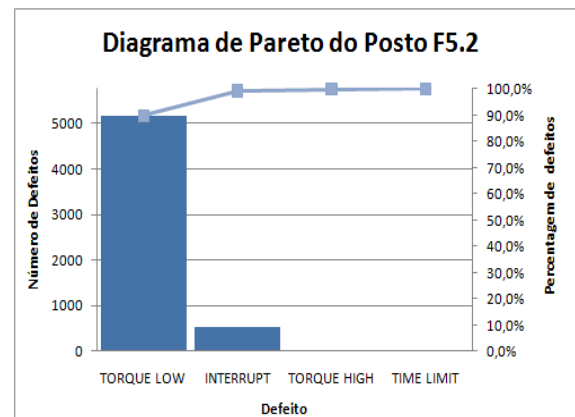


Figura H 4- Diagrama de Pareto do Posto F5.2 Após Implementações.

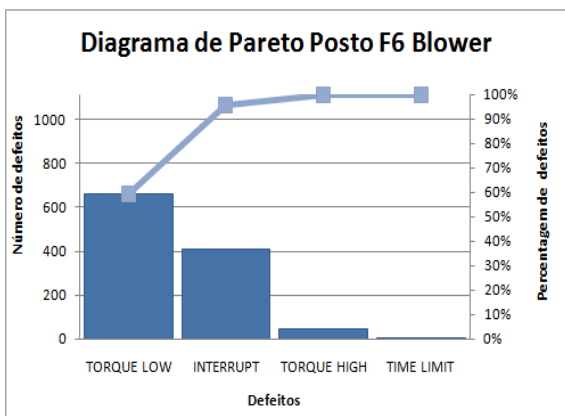


Figura H 5- Diagrama de Pareto do Posto F6B Pré Implementações.

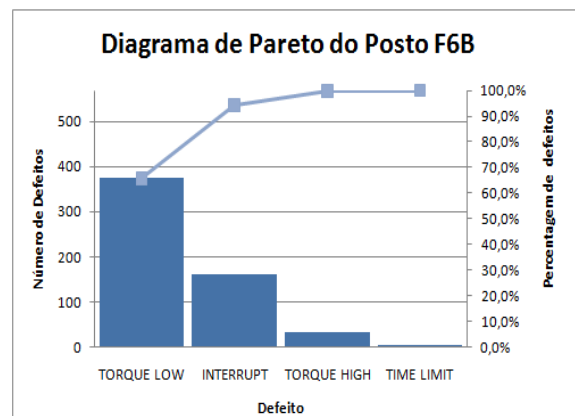


Figura H 6- Diagrama de Pareto do Posto F6B Após Implementações.

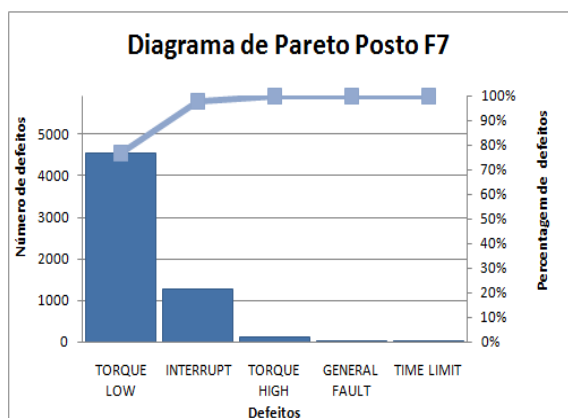


Figura H 7 - Diagrama de Pareto do Posto F7 Pré Implementações.

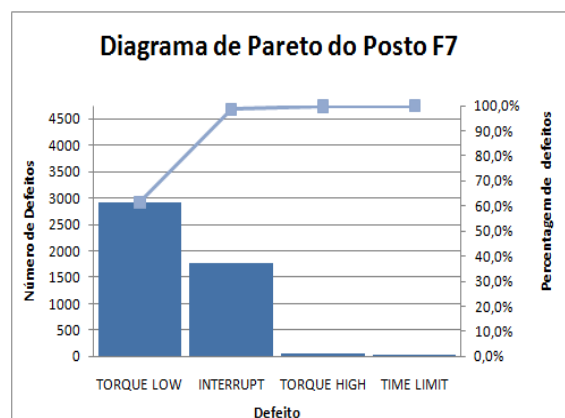


Figura H 8 - Diagrama de Pareto do Posto F7 Após Implementações.

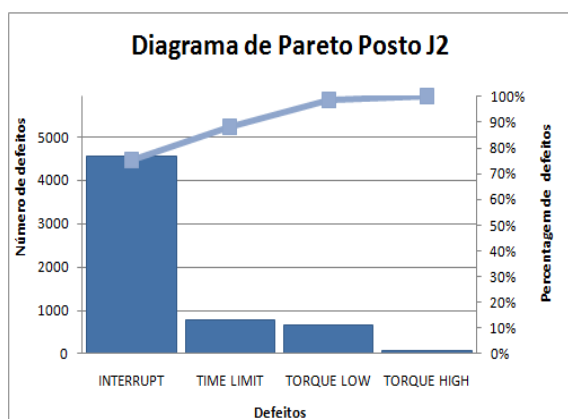


Figura H9 - Diagrama de Pareto do Posto J2 Pré Implementações.

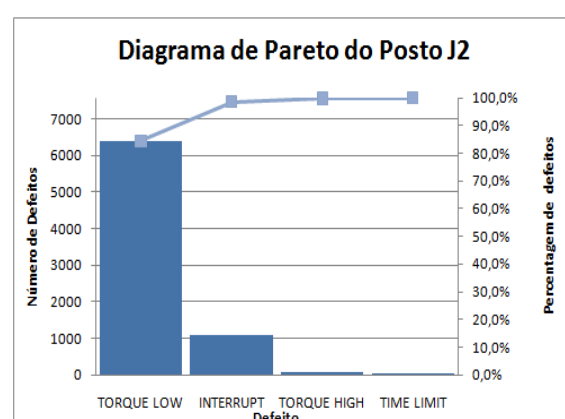


Figura H10 - Diagrama de Pareto do Posto J2 Após Implementações.

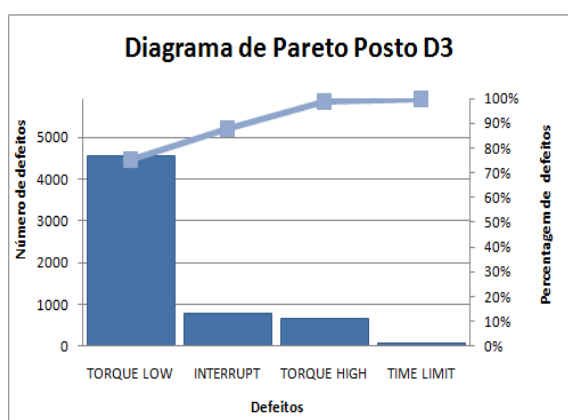


Figura H11 - Diagrama de Pareto do Posto D3 Pré Implementações.

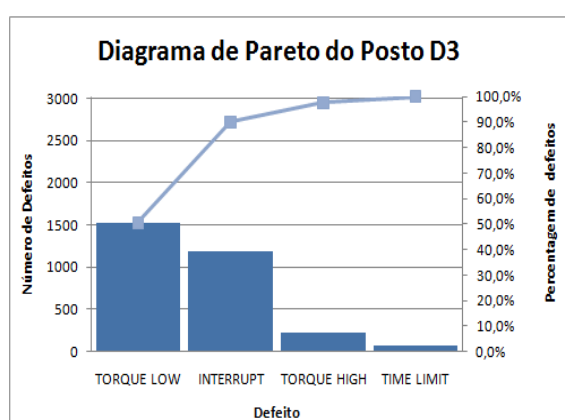


Figura H12 - Diagrama de Pareto do Posto D3 Após Implementações.

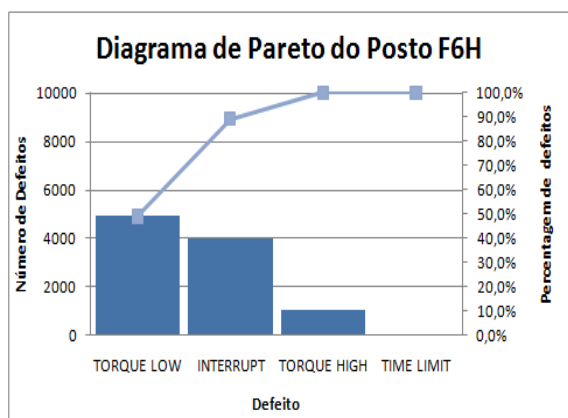


**Figura H13 - Diagrama de Pareto do Posto F6H
Após Implementações.**

ANEXO I: Check List de Instrução/Recepção de Equipamento

CADERNO DE ENCARGOS SPECIFICATIONS	Nome: / Name:	Data: / Date:	<i>preh</i>
		Revis. # 1 : Revis. # 2 :	
Referência: / Reference:	Produto: / Product:	N.º Projecto: / Project Nr:	
Descrição breve: / Short description:		N.º dispositivo: / Device Nr:	
		Número posto de trabalho: / Work St. Nr:	
Pré-aprovação equipamento: / Equipment pre approval:		Prazo de entrega: / Delivery date:	

Especificações do Produto: / Product specifications:**APARAFUSADORA**

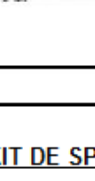
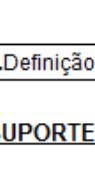
	Requisito			Recepção		NOT OK
	Descrição	Sim	Não	Sim	Não	
1. Ver P.FMEA		☐	☐	☐	☐	☐
2. Actuação		☐	☐	☐	☐	☐
2.1. Pneumática		☐	☐	☐	☐	☐
2.1.1. Pressão de alimentação 6.0 Bar		☐	☐	☐	☐	☐
2.2. Electro Pneumática		☐	☐	☐	☐	☐
2.2.1. Pressão de alimentação 6.0 Bar		☐	☐	☐	☐	☐
2.2.2. Tensão 230V/50Hz		☐	☐	☐	☐	☐
2.3. Eléctrica		☐	☐	☐	☐	☐
2.3.1. Tensão 230V/50Hz		☐	☐	☐	☐	☐
3. Parafuso		☐	☐	☐	☐	☐
3.1. Referência		☐	☐	☐	☐	☐
3.2. Tipo de cabeça		☐	☐	☐	☐	☐
3.3. Diâmetro da cabeça		☐	☐	☐	☐	☐
3.4. Diâmetro da rosca		☐	☐	☐	☐	☐
3.5. Comprimento		☐	☐	☐	☐	☐
3.6. Altura da cabeça		☐	☐	☐	☐	☐
3.7. Material		☐	☐	☐	☐	☐
3.8. Torque		☐	☐	☐	☐	☐
4. Modelo		☐	☐	☐	☐	☐
4.1. Recta		☐	☐	☐	☐	☐
4.2. Pistola		☐	☐	☐	☐	☐
Se pneumática:		☐	☐	☐	☐	☐
4.2.1. Entrada de ar superior		☐	☐	☐	☐	☐
4.2.2. Entrada de ar inferior		☐	☐	☐	☐	☐
4.3. Angular		☐	☐	☐	☐	☐
5. Accionamento		☐	☐	☐	☐	☐
5.1. Por contacto		☐	☐	☐	☐	☐
5.2. Por alavanca		☐	☐	☐	☐	☐
5.3. Por gatilho		☐	☐	☐	☐	☐
6. Reversibilidade		☐	☐	☐	☐	☐
6.1. Reversível		☐	☐	☐	☐	☐
6.2. Não reversível		☐	☐	☐	☐	☐
7. Matriz		☐	☐	☐	☐	☐
7.1. Utiliza		☐	☐	☐	☐	☐
7.2. Não utiliza		☐	☐	☐	☐	☐

ALIMENTADOR DE PARAFUSOS

	Requisito			Recepção		NOT OK
	Descrição	Sim	Não	Sim	Não	
1. Número de aparafusadoras a alimentar		☐	☐	☐	☐	☐
2. Capacidade de alimentação Parafusos/min.		☐	☐	☐	☐	☐
3. Volume (L)		☐	☐	☐	☐	☐
3.1. 1 - 5 Aparafusadoras 0.15		☐	☐	☐	☐	☐
3.2. 1 - 6 Aparafusadoras 0.75		☐	☐	☐	☐	☐
3.3. 1 - 6 Aparafusadoras 2.5		☐	☐	☐	☐	☐
3.4.1 - 6 Aparafusadoras 6		☐	☐	☐	☐	☐
3.5. 1 - 4 Aparafusadoras 12		☐	☐	☐	☐	☐
3.6. 1 - 6 Aparafusadoras 1.5		☐	☐	☐	☐	☐
4. Comprimento da mangueira de alimentação (Máx.4.5m)		☐	☐	☐	☐	☐

SET UP IN CONNECTION

	Requisito			Recepção		NOT OK
	Descrição	Sim	Não	Sim	Não	
1. Pneumática		☐	☐	☐	☐	☐
1.1. Sem controlador		☐	☐	☐	☐	☐
2. Electro Pneumática		☐	☐	☐	☐	☐
2.1. Controlador de tempo		☐	☐	☐	☐	☐
2.2. Controlador de torque (mola)		☐	☐	☐	☐	☐
3. Eléctrica		☐	☐	☐	☐	☐
3.1. Controlador programável de sequência (AST-10)		☐	☐	☐	☐	☐
3.2. Controlo		☐	☐	☐	☐	☐
3.2.1. Torque		☐	☐	☐	☐	☐
3.2.2. Ângulo		☐	☐	☐	☐	☐
3.2.3. Tempo		☐	☐	☐	☐	☐
3.3. Software compatível com "data logger" (recolha de dados de aparafusamento)		☐	☐	☐	☐	☐
4. Manual		☐	☐	☐	☐	☐
4.1. Português		☐	☐	☐	☐	☐
4.2. Inglês		☐	☐	☐	☐	☐
4.3. Alemão		☐	☐	☐	☐	☐
5. Alimentação		☐	☐	☐	☐	☐
5.1. Tensão de 230 V		☐	☐	☐	☐	☐

		Requisito		Recepção		NOT OK
Descrição		Sim	Não	Sim	Não	
1. Compensador		☐	☐	☐	☐	☐
ACCESSORIES	TYPE					
	0-0,5 kg 0,3-1,2 kg 1,0-2,0 kg	☐	☐	☐	☐	☐
	0-0,5 kg	☐	☐	☐	☐	☐
	0,5-1,2 kg 1,0-2,0 kg	☐	☐	☐	☐	☐
	VU/0-0,5 VU/0,3-1,2 VU/1,0-2,0	☐	☐	☐	☐	☐
	ZU/0-0,5 ZU/0,3-1,2 ZU/1,0-2,0	☐	☐	☐	☐	☐
	2,0-3,0 kg 2,0-3,0 kg Poly.	☐	☐	☐	☐	☐
	2-5 kg o.Arr. 4-6 kg o.Arr. 6-8 kg o.Arr. 8-10 kg o.Arr.	☐	☐	☐	☐	☐

KIT DE SPARE PARTS

		Requisito		Recepção		NOT OK
Descrição		Sim	Não	Sim	Não	
1.Definição de kit de spare parts		☐	☐	☐	☐	☐

SUPORTE

		Requisito		Recepção		NOT OK
Descrição		Sim	Não	Sim	Não	
1.Braço de torque articulado		☐	☐	☐	☐	☐
2.Braço de torque de guia linear		☐	☐	☐	☐	☐
3.Braço de torque deslizante		☐	☐	☐	☐	☐
4. Braço de torque deslizante		☐	☐	☐	☐	☐

ANEXO J: *Check List* de Manutenção Preventiva de Aparafusadoras e Máquinas Alimentadoras

“Check list” de manutenção preventiva de aparafusadoras e máquinas alimentadoras	Nr.º do Equipamento:	Data:	Posto de trabalho:	<i>preh</i>
		Revis. # 1 : Revis. # 2 :		

Técnico responsável pela manutenção	Nome:	Data: / Date: Revis. # 1 : Revis. # 2 :
-------------------------------------	-------	---

Item	Actividade	Check	Não Aplicável	NOT OK	Ocorrência	Periodicidade
	Aparafusadoras:					Semanal
1	Verificação dos botões de emergência					
2	Ajuste e lubrificação do suporte linear em relação à aparafusadora					
3	Ajuste do compensador					
4	Verificar existência de ruídos anormais					
5	Verificar sistemas de sensores					
6	Verificar fugas de ar comprimido					
7	Verificar sistema de tubos e fios					
8	Calibragem de torque					
9	Registo de valores de calibragem					
10	Mecanismo de encaixe do bit					
10.1	Encaixe do bit					
10.2	Verificar o contacto do <i>switch</i>					
10.3	Limpeza do corpo mecânico					
10.4	Lubrificação das esferas (lubrificante em massa)					
10.5	Verificação da mola de amortecimento					
11	Clutch Bearing:					
11.1	Limpeza e lubrificação					
12	Mouthpiece guide:					
12.1	Bit					
12.2	Estado do parafuso e respectivo anel					
12.3	Limpeza e lubrificação					
12.4	Mola de pressão					
13	Mouthpiece:					
13.1	Ligação com a mangueira alimentadora					
14	Nosepiece:					
14.1	Conjunto O-Ring e esferas					
14.2	Ponteira					
15	Máquina alimentadora:					
15.1	Inspeção visual à tampa da panela alimentadora					
15.2	Limpeza da máquina					
15.3	Verificação de sensores					
15.4	Verificação do ajuste do potenciômetro de vibração					
15.5	Verificação de sistemas de tudo e fios					
15.6	Ajuste da calha de alimentação					
15.7	Verificação do estado do separador					
15.6	Ajuste dos reguladores de caudal de ar					
15.7	Verificar manómetro de pressão (4bar)					

ANEXO K: *Check List* de Concepção e Recepção/Instalação de Matrizes/Ponteiras de Aparafusamento

CADERNO DE ENCARGOS SPECIFICATIONS	Nome: / Name:	Data: / Date:	<i>preh</i>
		Revis. # 1 :	
		Revis. # 2 :	

Referência: / Reference:	Produto: / Product:	N.º Projecto: / Project Nr:
Descrição breve: / Short description:		N.º dispositivo: / Device Nr:
		Número posto de trabalho: / Work St. Nr:

Pré-aprovação equipamento: / Equipment pre approval:	Prazo de entrega: / Delivery date:
--	------------------------------------

Item	Actividade	Check	Não Aplicável	NOT OK	Ocorrência
	Matrizes de Aparafusamento:				
1	Recepção				
1.1	Verificação de código SAP.	☐	☐	☐	
1.2	As matrizes de aparafusamento devem tapar toda a área da peça;	☐	☐	☐	
1.3	A face superior das matrizes de aparafusamento deve ser rebaixada, com uma parede de cerca de 3 mm de altura em todo o seu perímetro exterior, de forma a que os parafusos soltos se possam alojar na zona rebaixada.	☐	☐	☐	
1.4	O curso da aparafusadora, em X e Y, deve ser limitado, os limites devem ser as posições dos parafusos mais extremos;	☐	☐	☐	
1.2	Verificação da concentricidade dos furos com a peça	☐	☐	☐	
2	Instalação	☐	☐	☐	
2.1	Verificar instalação pneumática	☐	☐	☐	
2.2	Verificar instalação eléctrica	☐	☐	☐	
2.2	Verificar sistemas de sensores	☐	☐	☐	
2.3	Verificar apoios da matriz.	☐	☐	☐	
2.4	Garantir visibilidade para os scanners de leitura.	☐	☐	☐	
	Ponteiras:	☐	☐	☐	
1	Verificar comprimento[1]	☐	☐	☐	
2	Verificar diâmetro [2]	☐	☐	☐	

[1] A ponteira deverá fazer batente na matriz ficando a cerca de 2mm da peça.

[2] Diâmetro interno deverá ter cerca de 0,05 mm acima do diâmetros da cabeça do parafuso.

ANEXO L: Representação do Suporte Linear

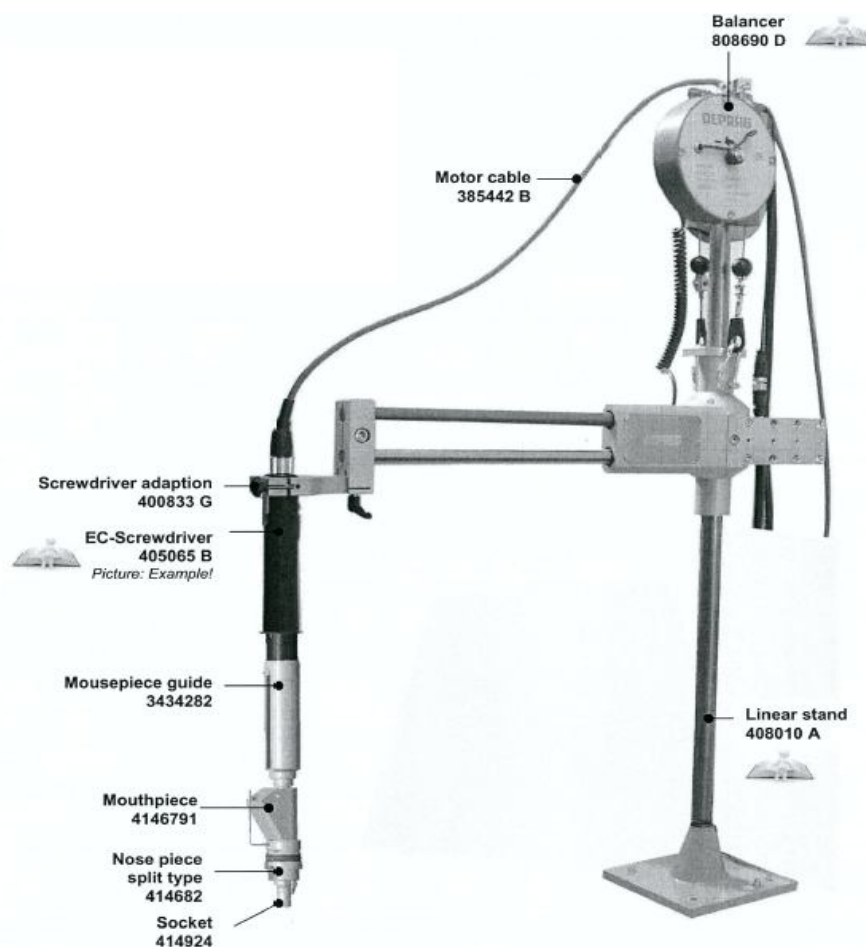


Figura L 1 – Esquema de uma aparafusadora com suporte linear (Deprag).

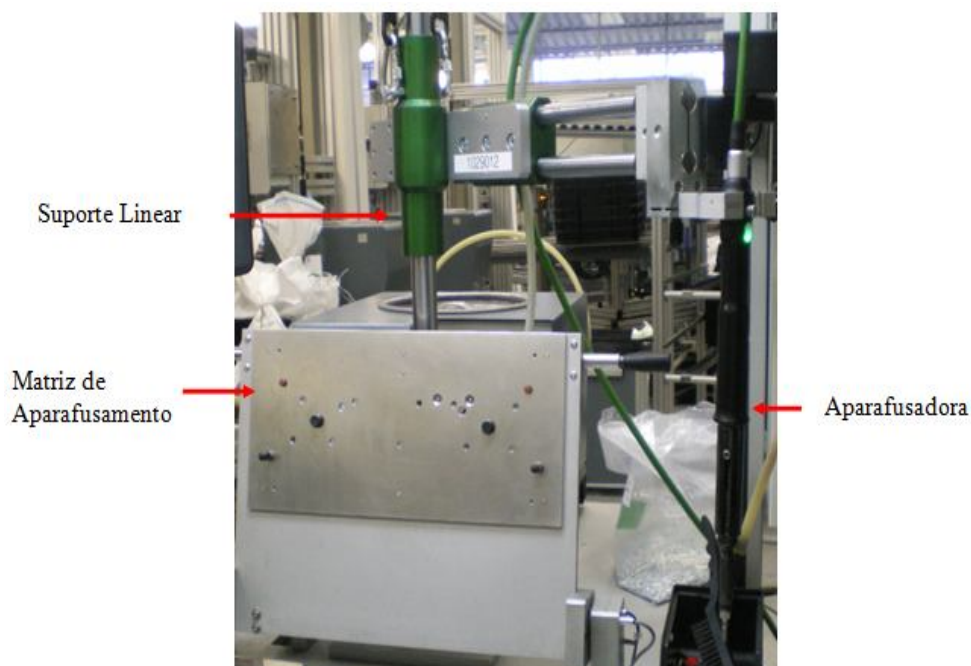


Figura L 2 – Exemplo de um posto de aparafusamento.