



**Otimização da Linha de Produção do Novo Coletor Solar  
na  
Bosch Termotecnologia S.A.**

*Helder Miguel de Oliveira Monteiro Duarte*

**Dissertação de Mestrado**

Orientador na FEUP: Eng.º Paulo Osswald

Orientador na Bosch Termotecnologia SA: Eng.º Vitor Varela



**FEUP**

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

2013-01-28

*Ao meu avô*

## Resumo

Uma empresa de referência só consegue atingir o nível de excelência que possui hoje em dia, através das capacidades de resposta singulares que esta consegue ter face às solicitações do mercado onde está inserida. Por isso, quando surge com um novo produto no mercado, a criação de novas linhas de produção na fábrica tem que ser implementada da forma mais eficaz e rápida possível, garantindo sempre o máximo de eficiência e qualidade dos produtos.

O projeto desta dissertação teve como objetivo principal a otimização da nova linha de produção do novo coletor solar, visando a eliminação de perdas e desperdícios inerentes ao fabrico de um novo produto, para ser então possível atingir rapidamente a eficiência planeada e, consequentemente, aumentar a capacidade de produção e atingir os objetivos de custos. As metodologias abordadas são todas derivadas da filosofia *Lean*, focalizada na melhoria contínua.

Os principais problemas e desperdícios no arranque de produção foram detetados através de uma análise crítica às paragens não planeadas do OEE e ao Balanceamento da linha de produção. Por isso, o projeto desta dissertação recaiu sobretudo no estudo da origem e na resolução dos principais desperdícios verificados nos 2 primeiros meses de produção e no estudo do balanceamento da célula, exclusivamente destinada para a produção da nova gama de painéis solares.

Todas as medidas foram concluídas com êxito, visto terem sido reduzidos os tempos de troca de ferramentas (*setup*) e de ciclo planeado, aumentada a capacidade disponível e eliminados vários tipos de desperdícios, nomeadamente testes e controlos morosos e micro paragens.

## **Optimization of the new solar collector production line**

### **Abstract**

An enterprise like Bosh Termotecnologia S. A. can only achieve the excellence level that has today, through unique skills that is able to have with the market requests in the area in which it is integrated. Thus, when they emerge in the market with a new product, the creation of a new production line must be implemented in the most efficient and quickest possible way in the factory, always ensuring the product quality.

The main purpose of this thesis project was the optimization of the new production line of the new solar collector Full Sheet, aiming at the elimination of losses and waste inherent to the launching of a new product on the market so that it can then be possible to reduce the production time required and, consequently, increase the production capacity. The approached methodologies are all incorporated in a Lean structure, focused on a mentality of continuous improvement.

The main problems and waste at the production startup were detected through a critical analysis to the OEE unplanned stops and to the production line balancing. Therefore, this thesis project fell mainly on solving the main waste observed in the two first months of production and on the study of the possibility to eliminate the FS cell waste balancing, the cell designed exclusively for the new solar panels range production.

All subprojects were completed with great satisfaction since the time of the tool change (setup) and of the planned cycle was reduced, the available capacity was increased and several kinds of waste were eliminated, namely tests and lengthy controls as well as micro stops.

## Agradecimentos

Primeiramente, ao Eng.º Vitor Varela (orientador na empresa) por me ter dado a oportunidade de realizar um projeto tão aliciante relacionado com um processo de soldadura tão raro como é o processo de soldadura ultrassónica, numa empresa de tão prestigiado nome e ao Eng.º Paulo Osswald (orientador da dissertação) por todo o apoio e conselhos prestados na realização da minha dissertação.

Um muito obrigado aos meus pais, avó, irmão e primo Daniel por todo o apoio, confiança e motivação que me deram nesta fase tão importante da minha vida.

À minha tia Ana pela disponibilidade que teve sempre que precisei de algum tipo de ajuda para a minha dissertação.

Aos laços de amizade que criei com os meus companheiros de trabalho: ao Paulo Oliveira por toda a experiência e conhecimentos descomedidos que me passou; à Fernanda Silva (a minha protetora) por todo o apoio e disponibilidade que teve em me ajudar na integração na empresa e nas mais variadas situações; ao Armando Santos por todo o profissionalismo e suporte demonstrados na realização do meu trabalho. A todos os colaboradores pelo bom ambiente criado: João Carvalho, Fátima Fidalgo, Luís Gonçalves, Carlos Cruz, Luís Laranjeiro, Pardinha, José Gonçalves. Aos meus colegas e amigos de estágio pela entreaajuda que tivemos nesta nossa aventura: Joana Almeida, Rita Costa, Mariana Morgado, João Cardoso, Pedro Marques e Pedro Duarte.

Aos laços de amizade que criei na minha formação académica e que ainda hoje preservo: Ricardo Torres, José Ramos, Gonçalo Mota, Carlos Coelho, Daniel Zurita, Filipe Dias, entre outros.

Aos amigos de uma vida: Salomé Camarinha, Luís Coutinho, Gonçalo Castro, Vasco Melo, Pedro Lucas, Frederico Martins, Francisco Melo, Pedro Teixeira, João Alves, Catarina Marques e Rui Gonçalves. Um obrigado especial também à Isabel Teixeira, Tiago Correia, Ivo Timoteo, Filipe Alves, Daniel Pereira, Iolanda Alen e Liliana Rodrigues.

Um “até sempre” ao meu avô!

## Índice de Conteúdos

1	Introdução.....	1
1.1	Apresentação da Bosch Termotecnologia S. A. ....	1
1.2	Apresentação da Unidade do Solar na Bosch Termotecnologia S. A.....	2
1.3	Método seguido no projeto .....	2
1.4	Organização da dissertação.....	3
2	Enquadramento teórico.....	4
2.1	<i>Lean</i> .....	4
2.2	BPS .....	4
2.3	5 S's .....	6
2.4	TPM .....	6
2.4.1	Casa TPM .....	8
2.4.2	Eliminação dos principais problemas .....	8
2.4.3	Manutenção autónoma.....	9
2.4.4	Manutenção planeada .....	9
2.4.5	Planeamento de novos equipamentos .....	9
2.5	OEE.....	10
2.6	Capabilidade de máquina.....	11
2.7	SMED .....	13
3	Descrição dos processos de produção .....	14
3.1	Produção de painéis solares térmicos .....	14
3.2	Coletores <i>full sheet</i> VS coletores de lamelas de cobre .....	15
3.3	“Absorsores” – Apresentação da secção.....	16
3.3.1	<i>Header pipes</i> .....	17
3.3.2	Harpas.....	19
3.3.3	FS ( <i>Full Sheet</i> ).....	20
3.4	Objetivos gerais do projeto .....	22
4	Projetos de otimização da linha de produção .....	23
4.1	Meios de análise de identificação de desperdícios .....	23
4.2	Análise do OEE: identificação de desperdícios .....	26
4.2.1	Teste de extração da chapa ( <i>Shear Force</i> ).....	28

4.2.2	Tempo de <i>setup</i> .....	28
4.2.3	Ajuste e afinação dos batentes na máquina de soldadura.....	29
4.2.4	Outras perdas .....	30
4.3	Análise do Balanceamento: identificação de desperdícios .....	32
5	Desenvolvimento dos projetos de otimização da linha de produção.....	35
5.1	Teste de extração da chapa ( <i>Shear Force</i> ): diminuição da frequência da sua realização.....	35
5.1.1	Procedimento do teste <i>Shear Force</i> .....	36
5.1.2	Otimização do teste <i>Shear Force</i> .....	37
5.1.3	Eliminação das não conformidades do teste <i>Shear Force</i> .....	40
5.1.4	Resultados e conclusões após as melhorias.....	41
5.1.5	Outras Melhorias .....	42
5.2	Redução no tempo de <i>setup</i> .....	42
5.3	Melhoria na afinação dos batentes na máquina de soldadura .....	43
5.4	Otimização do processo no posto 30 da célula FS.....	47
6	Conclusões e sugestões de estudos futuros .....	49
	Referências .....	53
ANEXO A:	Outros trabalhos: Instruções Operacionais (célula FS).....	54
ANEXO B:	Esquema do absorvor FS.....	75
ANEXO C:	Teste <i>Shear Force</i> para compensação das não conformidades.....	76
ANEXO D:	Instrução Operacional – <i>Shear Force</i> .....	77
ANEXO E:	Teste de <i>Shear Force</i> após as melhorias implementadas.....	83
ANEXO F:	<i>Template</i> de registo do teste <i>Shear Force</i> .....	84
ANEXO G:	<i>Quick Change Over's</i> (máquinas da célula FS).....	85
ANEXO H:	Teste de capacidade após alteração de tolerância dos três sensores “semáforo” de $\pm 0.1\text{mm}$ para $\pm 0.2\text{mm}$ .....	97
ANEXO I:	Testes de capacidade da distância entre <i>header pipes</i> (25 e 50 amostras).....	98
ANEXO J:	Melhorias de ergonomia/segurança - Posto 30 (célula FS) .....	99
ANEXO L:	Distância entre <i>header pipes</i> e respetiva tolerância.....	100



## Índice de Figuras

Figura 1 Instalações da Bosch Termotecnologia S. A. em Cacia, Aveiro.....	1
Figura 2 Princípios e ferramentas do BPS.....	5
Figura 3 Fatores de sucesso do TPM (Intranet da Bosch Termotecnologia S.A.) .....	7
Figura 4 Quatro pilares do modelo TPM-Bosch e respetivos departamentos responsáveis.....	8
Figura 5 Influência para o cálculo do OEE .....	10
Figura 6 Fatores de sucesso do TPM.....	14
Figura 7 <i>Layout</i> do Solar .....	15
Figura 8 Coletor de lamelas (esquerda) e coletor solar FS (direita).....	16
Figura 9 Família de <i>header pipes</i> .....	17
Figura 10 Abocardado nos <i>header pipes</i> .....	18
Figura 11 CTE nos <i>header pipes</i> .....	18
Figura 12 Máquina de lavar os <i>Header Pipes</i> .....	19
Figura 13 Célula <i>Header Pipes</i> .....	19
Figura 14 <i>Jigs</i> de brasagem .....	20
Figura 15 Bobine de tubo de cobre.....	20
Figura 16 <i>jigs</i> de armazenamento; mesa de verificação de empeno; máquina de estanqueidade .	20
Figura 17 Máquina de estampagem.....	21
Figura 18 Máquina de escovagem .....	21
Figura 19 Saída da máquina de soldadura e máquina de estanqueidade .....	21
Figura 20 Máquina de soldadura .....	21
Figura 21 Pormenor da soldadura ultrassónica .....	22
Figura 22 Fluxo de Operação .....	22
Figura 23 Registo diário de produção para posterior cálculo do OEE .....	24
Figura 24 OEE da célula FS (Outubro e Novembro) .....	26
Figura 25 Gráfico de Pareto da célula FS (Outubro e Novembro).....	27
Figura 26 Sensores de posicionamento da chapa na máquina de soldar .....	29
Figura 27 Pormenor de um absorvor <i>Full Sheet</i> – abocardado.....	30
Figura 28 Suporte da escova de reserva e ferramentas necessárias para a sua substituição.....	32
Figura 29 Ergonomia deficiente no posto de colocação da chapa sensor .....	34

Figura 30 Amostras de referência e de teste para o <i>Shear Force</i> .....	36
Figura 31 Dimensões dos provetes .....	36
Figura 32 <i>Shear Force</i> mínimo das amostras .....	37
Figura 33 <i>Shear Force</i> médio das amostras .....	37
Figura 34 Batente implementado na serra elétrica .....	40
Figura 35 Caixa com ferramentas para realização de setups na célula FS .....	43
Figura 36 Suporte de descanso na máquina de soldadura para os calcadores .....	43

## Índice de Tabelas

Tabela 1 Tempo de ciclo planeado da célula FS .....	24
Tabela 2 Métricas do balanceamento da célula FS.....	25
Tabela 3 Tempos de produção referentes aos meses de Outubro e Novembro .....	26
Tabela 4 Balanceamento do Posto 30 da célula FS .....	33
Tabela 5 Problemas de ergonomia e segurança no posto 30 .....	34
Tabela 6 $C_m$ e $C_{mk}$ dos primeiros turnos de produção .....	38
Tabela 7 $C_m$ e $C_{mk}$ simulados para compensação das não conformidades .....	39
Tabela 8 $C_m$ e $C_{mk}$ após as melhorias implementadas .....	41
Tabela 9 Otimização do <i>setup</i> da célula FS.....	43
Tabela 10 Testes de capacidade após alteração de tolerância dos três sensores "semáforo" de $\pm 0.1\text{mm}$ para $\pm 0.2\text{mm}$ .....	47
Tabela 11 Teste de capacidade da distância entre <i>header pipes</i> (25 amostras) .....	48
Tabela 12 Teste de capacidade da distância entre <i>header pipes</i> (50 amostras) .....	48
Tabela 13 Otimização da célula FS após remoção do controle a 100% da distância entre <i>header pipes</i> .....	48

# 1 Introdução

## 1.1 Apresentação da Bosch Termotecnologia S. A.

A atividade da Bosch em Portugal, iniciada em 1911 e chefiada, na altura, por Roberto Cudell era cingida apenas a equipamentos e acessórios para automóveis e bicicletas. No entanto, a partir dos anos oitenta a BOSCH assumiu uma forte presença no nosso país deixando de se limitar apenas à venda de produtos e serviços. Atualmente possui várias fábricas em Portugal e investe enormemente em projetos de investigação e desenvolvimento.

A Bosch Termotecnologia S.A. é uma empresa cuja área de negócio está associada ao desenvolvimento e produção de alternativas para o aquecimento de água, tais como esquentadores, caldeiras, bombas de calor e painéis solares. A comercialização desta variada gama de produtos é levada a cabo através de marcas do Grupo Bosch, nomeadamente a Bosch, Vulcano, Junkers, Buderus e a Leblanc, em mais de 55 países em todo o mundo.

Esta unidade iniciou a sua atividade com capital exclusivamente português, em 1977, na localidade de Cacia, pertencente ao distrito de Aveiro, com a designação de Vulcano Termodomésticos S. A.. Neste ano, a atividade iniciou-se através de um contrato de licenciamento com a Robert Bosch para a transferência da tecnologia que era utilizada pela empresa na Alemanha na produção de esquentadores. No ano de 1988, o Grupo Bosch adquiriu por completo esta empresa, que passou a deter equipamentos e competências com o objetivo de se especializar dentro do Grupo. A Bosch Termotecnologia S. A. tem um papel muito importante no mercado internacional, sendo líder do mercado europeu desde 1992, e o terceiro produtor de esquentadores no mundo. Para isto, a empresa conta com 1100 colaboradores e cerca de 20 milhões de aparelhos produzidos.

A nível organizacional, a Bosch Termotecnologia S.A. está dividida em três áreas distintas: a Administração, o Desenvolvimento e a Produção. A Administração tem o papel de gerir e coordenar todos os projetos, atividades e recursos relacionados com a empresa. O Desenvolvimento dedica-se exclusivamente à inovação, desenvolvimento e aperfeiçoamentos funcionais do produto, por forma a satisfazer as expectativas dos clientes. À Produção compete-lhe a fabricação dos produtos implementados e a gestão dos recursos disponíveis. Esta área procura, constantemente, melhorar o processo produtivo, bem como o cumprimento dos objetivos propostos.



**Figura 1** Instalações da Bosch Termotecnologia S. A. em Cacia, Aveiro

## 1.2 Apresentação da Unidade do Solar na Bosch Termotecnologia S. A.

Este projeto decorreu e foi supervisionado pelo departamento de produção 2 que é responsável pelas secções de fabrico de componentes. Neste departamento insere-se ainda a unidade de aparelhos para energia solar que produz, desde Março de 2007, painéis solares térmicos.

Esta unidade está dividida em duas secções, a “Absorsores” e a “SKW”. A primeira tem o papel de produzir o absorsor que é a fonte de captação da energia solar, a segunda é responsável pela montagem final da caixa do coletor, por forma a produzir finalmente um painel solar. A célula FS, que se encontra na secção “Absorsores” e que é alvo do projeto, produz atualmente num turno intermitente, ou seja, não diário, devido ao facto do novo coletor solar FS estar ainda na fase inicial de lançamento nos vários mercados e não haver uma procura estabilizada que permita um planeamento nivelado. Foram adquiridos e introduzidos dois novos equipamentos para esta célula, nomeadamente uma máquina de escovagem e uma máquina de soldadura ultrassónica e através de indicadores como o Balanceamento de linha e o OEE tomou-se como objetivo otimizar a produção.

Todo o trabalho realizado à volta do *scale up* da produção desta nova gama de painéis solares, tem por base os princípios de eliminação de desperdícios primários inerentes ao lançamento de um novo produto numa nova linha. Desta forma, procurar-se-á otimizar todas os processos relacionados com a produção do novo coletor solar *Full Sheet* baseando-se no conceito de melhoria contínua e da metodologia *Lean*.

## 1.3 Método seguido no projeto

A metodologia que foi seguida em todas as ações realizadas para a eliminação de desperdícios na linha de produção do novo coletor, foi baseada nos conceitos teóricos mais relacionados com a gestão de produção revistos no capítulo 2, mas também nos métodos e conceitos do sistema padrão de produção da própria empresa, o BPS (*Bosch Production System*).

Os projetos relacionados com a otimização que foi feita basearam-se na análise cuidada a 2 documentos dos departamentos da produção e técnico (métodos e tempos): o OEE e o Balanceamento. O OEE (*Overall Equipment Efficiency*) é um documento, atualizado todos os dias, que permite verificar a eficiência do processo de produção e identificar a disponibilidade dos equipamentos através da consulta das paragens não planeadas. É importante referir que este documento apenas foi alvo de análise após 2 meses de produção, para conseguir juntar-se dados representativos dos problemas que até então tinham sido detetados. O Balanceamento da linha descreve todas as etapas e tarefas necessárias para a produção de uma determinada peça.

Através de uma consulta às paragens não planeadas indicadas pelo OEE, estudou-se as causas que originaram tais problemas. Em relação ao Balanceamento da linha, este foi alvo de uma análise rigorosa e crítica para perceber a real necessidade das etapas de produção e o seu peso (tempo dispensado) no tempo de ciclo planeado. Após a identificação das paragens não planeadas que foram assumidas na produção e dos desperdícios que foram encontrados no balanceamento da linha, procedeu-se a uma série de estudos e melhorias com o propósito de otimizar, rentabilizar e aumentar a eficiência na produção de um coletor solar térmico.

#### **1.4 Organização da dissertação**

A estrutura da dissertação está composta essencialmente por 6 capítulos. O primeiro capítulo faz uma apresentação da empresa e da unidade onde o projeto foi desenvolvido e explica também como este foi abordado e organizado. No capítulo 2 é feita uma revisão da literatura por forma a fazer um enquadramento teórico acerca dos conceitos e matérias que permitiram a realização do projeto. O capítulo 3 permite ficar a conhecer como está organizada a unidade do Solar e descreve as secções e as respetivas linhas de produção que estão direta ou indiretamente relacionadas com o projeto desenvolvido. No quarto capítulo são identificados os problemas e desperdícios encontrados e são referidos detalhadamente os projetos que serão desenvolvidos, bem como a metodologia utilizada para a resolução dos problemas. No capítulo 5 descreve-se ao pormenor todas as soluções e procedimentos que foram desenvolvidos, bem como os ganhos e resultados conseguidos. O último capítulo apresenta as conclusões e considerações que foram retiradas com o trabalho implementado, de uma forma escalonada para cada um dos subprojetos. Apresenta também uma série de trabalhos futuros a desenvolver pois o conceito de melhoria contínua quer dizer isso mesmo. Os conteúdos incluídos nos anexos são indispensáveis para a complementarização do objeto de estudo da dissertação.

## 2 Enquadramento teórico

### 2.1 *Lean*

O sistema *Lean* surgiu como uma divulgação e sistematização no Ocidente dos princípios do *Toyota Production System* (TPS) e consiste num sistema que tem o objetivo de fornecer ferramentas e soluções que permitam melhorar continuamente o desempenho das pessoas nela envolvidas. Destas ferramentas desenvolvidas, as que mais se destacam e que mais estão implícitas em todo o trabalho que é realizado na Bosch são o *Just-in-time*, *Kaizen*, *Jidoka*, *Value Stream Mapping* (VSM), *Single Minute Exchange of Dies* (SMED), *Total Productive Maintenance* (TPM), *5S's* e *Kanban*. A aplicação das mesmas pretende aumentar a produtividade global e a eficácia das empresas. Para que estas ferramentas possam funcionar corretamente e, conseqüentemente, possa existir uma melhoria contínua tem que existir respeito pelas pessoas, valor este que constitui um dos principais fundamentos do sistema de produção *Lean* (Hines et al., 2002).

O sistema de produção *Lean* teve origem no TPS e foi Taiichi Ohno, na década de 40, quem deu os primeiros passos no desenvolvimento deste sistema que, mais tarde, por volta dos anos 1990's passou a chamar-se *Lean Manufacturing* ou *Lean Production*. Atualmente intitula-se *Lean* (Pinto, 2009).

Segundo Ohno, o primeiro passo para o funcionamento do sistema *Lean* de produção é saber identificar os processos sem valor acrescentado, ou seja, os desperdícios, nomeadamente: a superprodução (produção a mais do que é necessário), os tempos de espera, os produtos com defeitos, os transportes e deslocações e o trabalho desnecessário.

### 2.2 BPS

O modelo de gestão *Lean* foi adotado pelo grupo Bosch, nomeadamente pela Bosch Termotecnologia S.A., para poder superar a concorrência de um mercado tão exigente. Desta forma, desenvolveu competências diferenciadoras nos seguintes âmbitos: qualidade; fiabilidade de entrega; abordagem das variações de procura; flexibilidade e velocidade de oferta de novos produtos (Intranet Bosch, 2012). Isto levou a que fosse implementado e desenvolvido um sistema em cada empresa do grupo Bosch por um departamento próprio, que em tudo se assemelha ao TPS, descrito anteriormente. Trata-se do *Bosch Production System* (BPS), um sistema que funciona com base em diretivas dadas a todo o grupo, que representa um fator essencial no modelo de gestão *Lean*.

Na empresa de Aveiro, o departamento responsável pela sua implementação é o BPS/AvP e a ele é atribuída a coordenação da melhoria contínua dos processos em AvP, ou seja, introduz e desenvolve progressivamente o Sistema de Produção Bosch e os Processos de Melhoria Continua (CIP – designação dada pela empresa). Tendo em conta que estes são os pilares do BPS, a formação e treino para os tópicos fundamentais asseguram a sua aplicação sustentável na organização (Intranet Bosch, 2012).

Por forma a garantir que todos os parâmetros são rigorosamente cumpridos pelas empresas do grupo Bosch, é realizada uma auditoria anual com o propósito de avaliar os seguintes princípios BPS:

- “Sistema *Pull*” – produção tendo em vista a procura real do cliente;
  - Meios utilizados: supermercados, *kanban*, *milk-run*;
- “Orientação do processo” – desenho, melhoria e controlo do processo;
  - Meios utilizados: *Layout* orientado em fluxo, *ship to line*;
- “Qualidade perfeita” – antecipação de falhas ou erros realizando ações preentivas com o objetivo de fornecer a melhor qualidade possível ao cliente;
  - Meios utilizados: 5 S’s, *Poka Yoke*, FMEA;
- “Flexibilidade” – perspetiva alargada de variações e gerações dos produtos e alteração de volumes dos mesmos;
  - Meios utilizados: QCO, trabalho flexível;
- “Standardização”;
  - Meios utilizados: trabalho normalizado;
- “Processos transparentes” – procedimentos de produção e processos de negócio auto-explicativos;
  - Meios utilizados: gestão visual, sistemas de resposta rápida (*Andon*);
- “Melhoria contínua e eliminação de desperdícios” – perspetiva de melhoria sempre presente, há algo sempre a melhorar;
  - Meios utilizados: *Point CIP*, OPL (*Open Point List*), workshops;
- “Envolvimento dos colaboradores e delegação de poder” – incutidas responsabilidades e competências aos colaboradores por forma e envolvê-los nos processos (Intranet Bosch, 2012);

Todos estes princípios e ferramentas utilizadas estão esquematizados na Figura 2:

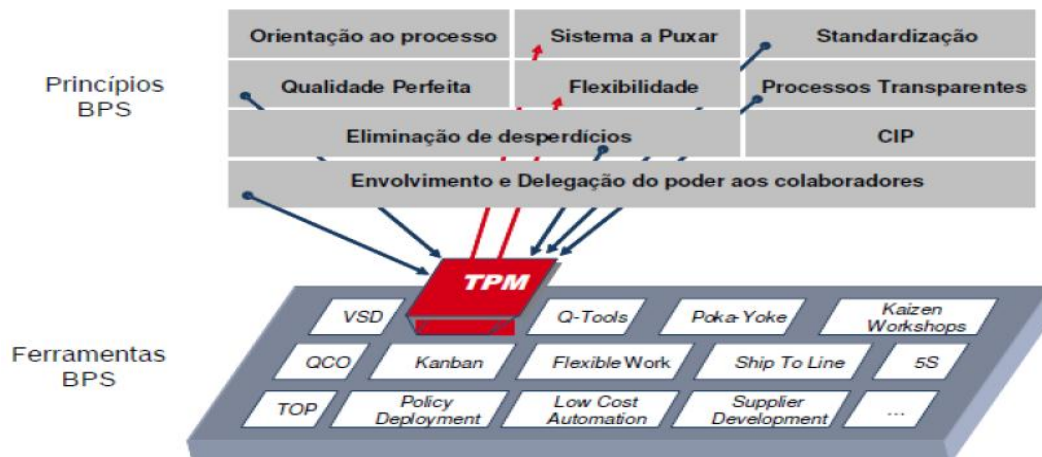


Figura 2 Princípios e ferramentas do BPS



Como é possível observar na Figura 2, atualmente existe um vasto leque de técnicas e equipamentos que apoiam a empresa numa constante melhoria contínua e uma das principais ferramentas utilizadas é o *Total Productive Maintenance* (TPM), que será mais à frente detalhada.

Ao longo dos anos, a empresa de Aveiro tem-se classificado no topo do ranking das empresas da divisão TT do grupo Bosch, mostrando ser um exemplo no que diz respeito ao caminho a ser seguido para uma produção eficiente.

### 2.3 5 S's

A metodologia dos 5 S's tem origem na cultura japonesa utilizada na organização do local de trabalho que permite identificar e eliminar desperdícios mantendo a produtividade e aumentando a qualidade em toda a organização, pois todo o pessoal envolvido num determinado posto de trabalho é envolvido desde o diagnóstico até à implementação das melhorias. Isto permitirá, por exemplo, ao operador, conhecer melhor a máquina e, gradualmente, desenvolver capacidades para detetar deterioração de componentes, tais como, vibrações anormais, parafusos desapertados, fugas de óleo, etc.

Os 5 S's baseiam-se, tal como o nome indica em japonês, em 5 etapas que em português significam (Sarkar, 2006):

- **Seiri / Separar** – identificar e remover do local de trabalho tudo que não é necessário à execução das tarefas, por forma a ser mais fácil trabalhar, ganhando e organizando espaço e diminuindo a confusão;
- **Seiton / Organizar** – organizar cada item pelo seu nível de utilização. Para isso, é necessário estabelecer o local adequado para cada um e identificar através de uma marcação esse mesmo local, para evitar desperdiçar tempo à sua procura;
- **Seiso / Limpar** – limpar todo o local de trabalho, nomeadamente equipamentos e ferramentas. Assim, conseguimos aumentar a qualidade dos produtos e melhorar as condições de trabalho e desta forma, estamos a caminhar no sentido de evoluir a capacidade de trabalho das equipas;
- **Seikutsu / Normalizar** – definir um conjunto de procedimentos para garantir as melhorias atingidas, sendo utilizados por exemplo, planos de limpeza e instruções visuais;
- **Shitsuke / Manter** – Sustentar os ganhos atingidos através da interiorização das práticas realizadas. Dar formação aos operadores é uma excelente iniciativa neste sentido e permite sustentar e motivar a manutenção destes padrões (Takahashi and Osada, 1990).

### 2.4 TPM

O TPM, ou Total Productive Maintenance, é um conceito que foi inventado pela General Electric Corporation nos anos 1950's mas foi desenvolvido por Seiichi Nakajima no Japão. Este senhor é intitulado nos dias de hoje por o “Pai do TPM” e foi pela primeira vez implementado na fábrica de Nippondenso, em 1971.

Com a utilização cada vez mais abundante e mais avançada da tecnologia no equipamento, sentiu-se a necessidade de encontrar uma solução que prevenisse falhas e avarias, por vezes

prolongadas. A tecnologia nos equipamentos nasceu com o intuito de torná-los mais rápidos, mais autónomos e, desta forma, mais eficientes; no entanto as reparações são mais complexas e por isso mais difíceis, o que obriga cada vez mais, a uma intervenção de técnicos especializados e mais atividades de manutenção. Isto traduz-se na diminuição do tempo de disponibilidade e, conseqüentemente, num processo mais custoso.

No ponto de vista do BPS, os objetivos a atingir para um TPM com sucesso são representados na Figura 3:

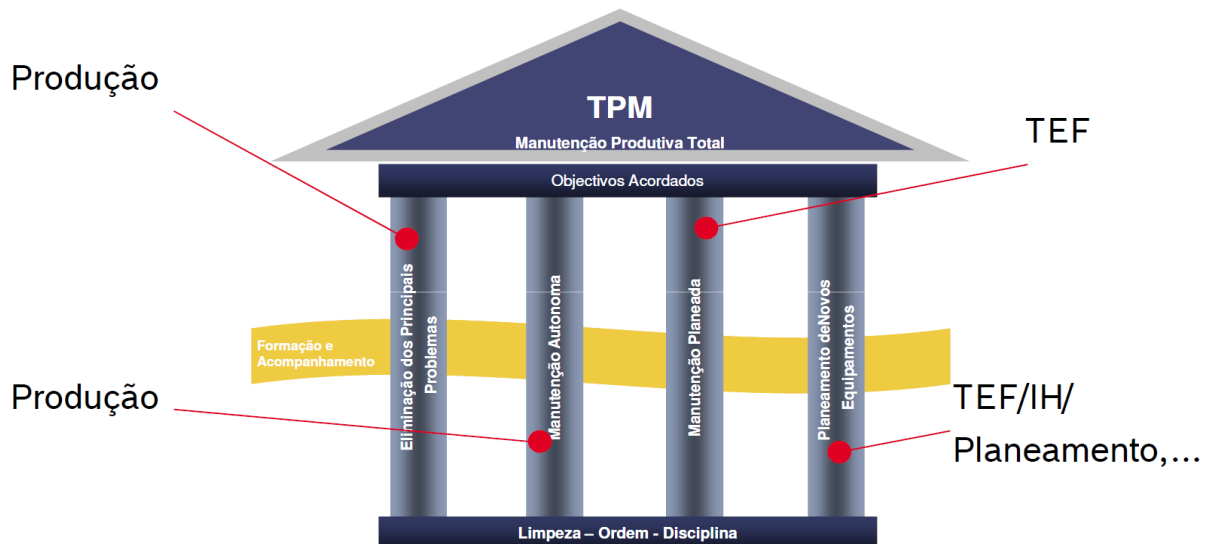


**Figura 3** Fatores de sucesso do TPM (Intranet da Bosch Termotecnologia S.A.)

Com o passar do tempo e devido à elevada taxa de utilização dos equipamentos, estes têm tendência a sofrer algum desgaste e a danificarem-se. Contudo, se houver uma inspeção periódica e regular assim como uma manutenção planeada, é possível prolongar o tempo de disponibilidade dos equipamentos. Estas ações visam detetar o mais cedo possível problemas e paragens das máquinas, sabendo de antemão que algumas atividades requerem que se pare a linha. Por outro lado, revelam-se um mal necessário para se garantir que os equipamentos estão disponíveis quando mais se precisa deles.

### 2.4.1 Casa TPM

O modelo Bosch da casa TPM obedece aos mesmos princípios e conceitos que as várias designações e modelos da literatura internacional sugerem. Este modelo apresenta os seguintes pilares e respetivas etapas de implementação:



**Figura 4** Quatro pilares do modelo TPM-Bosch e respetivos departamentos responsáveis

(imagem retirada do site intranet da Bosch Termotecnologia S.A.)

Na Figura 4, na base da casa TPM estão presentes duas máximas para o sucesso deste conceito: trabalho em equipa e melhoria contínua. As condutas do TPM exigem que haja uma multidisciplinaridade em toda a equipa para que todos se sintam envolvidos; desta forma estaremos a evitar que as pessoas sintam que a contribuição de uns é mais importante que a de outros, e isto é algo que dificulta o sucesso do projeto.

### 2.4.2 Eliminação dos principais problemas

O primeiro pilar da “Casa TPM” consiste na Eliminação dos principais problemas e visa promover um aperfeiçoamento contínuo. Deve seguir as seguintes etapas:

1. Determinar os problemas principais ou qualquer tipo de perdas;
2. Analisar as causas;
3. Definir e implementar ações corretivas;
4. Criar *standards* e normaliza-los;
5. Verificar os resultados obtidos e implementar os positivos para outras secções.

Este pilar promove uma análise constante por parte dos operadores, para que os problemas nos equipamentos sejam detetados mais facilmente. De seguida, é necessário identificar as causas e proceder à eliminação das mesmas de uma forma permanente.

### **2.4.3 Manutenção autónoma**

O pilar da Manutenção autónoma deve ser inserido num conceito de trabalho em equipa e exige a formação adequada, pelos operadores. Segue os seguintes princípios:

1. Inspeccionar os parâmetros básicos das máquinas/ equipamentos;
2. Normalizar atividades de manutenção (inspeção, limpeza, etc);
3. De uma forma independente, proceder a ações de manutenção e melhorar standard;
4. De uma forma independente, proceder a reparações e melhorar standard;
5. Melhorar os equipamentos e a qualidade de processos, de uma forma continua.

Tal como o próprio nome do pilar indica, todas as atividades rotineiras de manutenção dos equipamentos devem ser executadas de uma forma autónoma.

### **2.4.4 Manutenção planeada**

A Manutenção planeada é um pilar que visa prolongar substancialmente a vida útil dos equipamentos. As ações são as seguintes:

1. Elaborar, determinar e executar atividades de manutenção;
2. Analisar e eliminar os pontos fracos dos equipamentos e processos. Suprimir também as suas causas;
3. Desenhar e consolidar um sistema de gestão de informação de manutenção, planeamento e controlo;
4. Implementar sistemas de diagnóstico;
5. Ter sempre presente a melhoria contínua do sistema de manutenção.

Estas ações só são possíveis através de um planeamento sistemático de atividades de manutenção realizado por técnicos qualificados. Desta forma, consegue-se manter o equipamento em condições de modo a não existirem interrupções não planeadas ou avarias.

### **2.4.5 Planeamento de novos equipamentos**

O quarto pilar TPM deriva da necessidade do Planeamento de novos equipamentos a fim de corresponder às exigências do mercado e evolução dos processos de fabrico. Para isso:

1. Considerar os conceitos para os equipamentos aquando do desenvolvimento de produto e processo;
2. Criar conceito MAE (Máquinas e Equipamentos) tendo em consideração as especificações de manutenção acordadas com o fabricante;

3. Projetar e construir novos equipamentos de acordo com as especificações TPM;
4. Instalar o equipamento e colocá-lo operacional;
5. Ter sempre presente a melhoria contínua do processo de planeamento dos novos equipamentos.

A possibilidade de manutenção, a acessibilidade e a facilidade de operação dos equipamentos e respetivas instalações, são consideradas já na fase de planeamento e aquisição.

Mais uma vez, é de realçar a constante menção ao conceito de melhoria contínua no final de cada pilar, pois cada um deles está assente na base da “Casa TPM”. Isto é algo que obriga que todo o processo esteja em constante renovação e, apesar de um pilar ser dado como concluído e, conseqüentemente, normalizado, não significa que o processo desse pilar seja dado como terminado.

## 2.5 OEE

As siglas do OEE significam *Overall Equipment Efficiency* e este é conceituado como das principais ferramentas TPM que indica o valor da eficiência da produção. Estabelece uma métrica da eficácia total do equipamento para controlar de uma forma contínua, o sucesso das atividades TPM. Pode ser usado para medir a produtividade de uma fábrica, de uma linha de produção, de uma célula ou mesmo de uma estação de trabalho. O OEE é alvo de um cálculo muito importante que permite detetar onde se encontram os principais problemas de produção e consecutivamente, apontar os principais esforços para resolução dos mesmos. Desta forma, o primeiro passo a ser dado para uma correta abordagem Lean é criar competências para ponderar assertivamente o OEE.

As principais categorias de perdas que mais influenciam o OEE, e que deverão receber redobrada atenção são: paragens por avaria e falta de material; setups excessivos; output reduzido; microparagens; perdas de arranque; defeitos no produto e conseqüente re-trabalho ou sucata.

No cálculo do OEE são abordados 3 fatores essenciais: disponibilidade (D), eficiência (E) e qualidade (Q):

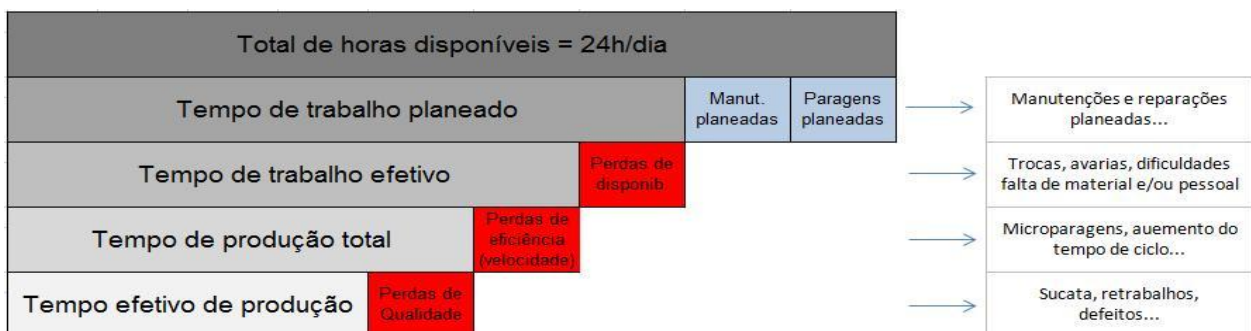


Figura 5 Influência para o cálculo do OEE

(quadro adaptado do site intranet da Bosch Termotecnologia S.A.)

O quadro representado na Figura 5 permite perceber melhor os parâmetros que estão envolvidos na performance geral do equipamento do ponto de vista do OEE e este é medido, nomeadamente, através dos fatores de Disponibilidade, Eficiência e Qualidade que se calculam do seguinte modo (Hansen, 2001):

$$\text{Disponibilidade} = \frac{\text{Tempo de trabalho efetivo}}{\text{Tempo de trabalho planeado}}$$

$$\text{Eficiência} = \frac{\text{Número de peças produzidas} \times \text{Tempo de ciclo}}{\text{Tempo de trabalho efetivo}}$$

$$\text{Qualidade} = \frac{\text{Número de peças aceites}}{\text{Número de peças produzidas}} = \frac{\text{Tempo efetivo de produção}}{\text{Tempo de produção total}}$$

Finalmente, partindo da estratificação de dados e da multiplicação dos fatores referidos em cima, consegue-se chegar à seguinte expressão matemática simplificada (Hansen, 2001):

$$\text{OEE} = \frac{\text{Tempo de ciclo} \times \text{Número de peças aceites}}{\text{Tempo de abertura planeado}}$$

ou

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

Concluindo, o OEE permite indicar áreas onde devem ser desenvolvidas melhorias mas também, permite quantificá-las, bem como o seu contributo nos equipamentos, células ou linha de produção ao longo do tempo.

## 2.6 Capabilidade de máquina

A capabilidade de máquina é uma medida que mede a capacidade da máquina reproduzir peças dentro de uma determinada especificação, por outras palavras é um estudo que relaciona o quanto a máquina é responsável pela variabilidade da característica que o processo produz. Este estudo é realizado minimizando as variáveis do processo para que a variabilidade encontrada se deva exclusivamente ao equipamento. A capabilidade de máquina é uma medida das influências a curto prazo que um equipamento exerce por si só sobre a variabilidade de uma determinada característica de um produto. Por forma a garantir segurança quando se afirma a capabilidade da máquina costuma-se exigir como requisito mínimo que  $\pm 4.\sigma$  (desvio padrão de uma série de medições de uma determinada característica do produto) estejam contidos dentro dos limites de especificação e, assim, poder-se-á afirmar que 99,99% dos casos estarão dentro da tolerância. Contudo, o objetivo pretendido é assegurar a meta de 99,73% ( $\pm 3.\sigma$ ) de capabilidade de processo a longo prazo e quando isto acontece diz-se que o processo está em controlo estatístico. (Bosch, Booklet 9, 2004)

O controlo estatístico de processo é uma ferramenta implementada na área da qualidade e visa aprimorar e controlar o processo produtivo identificando as diferentes fontes de variabilidade do processo. Este controlo utiliza conceitos de estatística que procuram distinguir os efeitos da variabilidade causada por causas comuns inerentes à natureza do processo produtivo e causas especiais, ou seja, derivadas do envolvimento de variáveis específicas e controláveis sobre o processo.

A capacidade de máquina é verificada a partir de 2 índices ( $C_m$  e  $C_{mk}$ ) que, através de um estudo de performance realizado a uma determinada amostragem, avalia critérios relativamente a especificações do processo. É necessário distinguir a diferença entre processo inerente de variação e processo total de variação: enquanto o primeiro se refere a uma porção de variação do processo devido somente a causas comuns, o segundo indica a variação devido a causas comuns e causas especiais. O teste de capacidade comporta as seguintes fórmulas:

$$C_m = \frac{LSE - LIE}{6 \cdot \sigma}$$

**LIE** – limite inferior de especificação

**LSE** – limite superior de especificação

$\sigma$  – desvio-padrão do processo (população)

$\mu$  - média

$$C_{mk} = \text{mínimo} (C_{mi}, C_{ms})$$

$$C_{mi} = \frac{\mu - LIE}{3 \cdot \sigma} \quad C_{ms} = \frac{LSE - \mu}{3 \cdot \sigma}$$

Enquanto o  $C_m$  corresponde à capacidade potencial de uma máquina, o  $C_{mk}$  corresponde à sua capacidade centrada. O índice  $C_m$  é definido como a razão entre a tolerância de engenharia e a dispersão do processo; este admite que a média da máquina é passível de ser ajustada e somente a tolerância de engenharia (diferença entre limite superior e inferior da especificação) pode ser comparada com a dispersão total. Este índice é geralmente intitulado como capacidade do processo por ser sempre a melhor condição possível para o estudo. O índice  $C_{mk}$  é responsável por avaliar a variabilidade total permitida de uma determinada peça com a tolerância natural de fabricação e também por verificar a posição do processo em relação aos limites de especificação.

A Bosch tem especificado nas suas normas de qualidade que o valor mínimo a atingir dos índices  $C_m$  e  $C_{mk}$  é de 1,67 ao fim de 50 amostras. No entanto, se ao fim de 25 amostras os índices forem superiores a 2,0, a máquina poder-se-á considerar-se capaz. (Bosch, Booklet 9 - Machine & Process Capability of Machining Facilities, 2004)

Antes de se iniciar um estudo de capacidade, deve-se assegurar os seguintes requisitos:

- Determinar o número de amostras necessárias para o teste (normalmente deve ser 50);
- Comprovar que todos os equipamentos intervenientes estão aprovados de acordo com as especificações;
- Assegurar que o equipamento de medida e ensaio está calibrado com as tolerâncias especificadas;
- Assegurar um ciclo de produção contínuo, em condições normais e com o equipamento ajustado ao valor nominal;

## 2.7 SMED

O SMED, ou *Single Minute Exchange of Die*, é uma ferramenta bastante difundida na Bosch na redução de tempos de *setup*, permitindo às células de produção diminuir as trocas de ferramentas para menos de 10 minutos. Esta metodologia iniciou-se com Shigeo Shingo e o seu trabalho de consultor ao longo de vários anos.

Durante décadas de industrialização os tempos de troca de ferramentas eram aceites como necessariamente longos e morosos, no entanto, Shingo, com a sua visão crítica recusou-se a encarar as trocas de ferramentas desta forma e comprovou que em qualquer processo de trabalho, envolvendo máquinas ou não, é possível reduzir os tempos de *setup*. O trabalho desenvolvido por Shingo ao longo dos anos em várias empresas, conjuntamente com a sua abordagem científica, permitiu-lhe crer que uma rápida troca de ferramentas é meio caminho andado para se atingir uma produção *Just-In-Time*, conceito este que visa reduzir ao máximo a sobrelocação de *stocks* e consequentemente os custos envolvidos.

Na implementação da metodologia SMED numa área ou célula produtiva é crucial analisar com detalhe a troca de ferramentas e toda a abordagem que se faz para a mesma. Assim sendo, fica mais fácil recorrer, por exemplo, à realização de filmagens porque além de facilitar a tarefa de analisar o procedimento em si, permite também rever as gravações visando uma análise mais exaustiva e comunicar, posteriormente, de uma forma mais assertiva com os intervenientes, visto estes serem quem melhor conhece os equipamentos em causa e que melhores contributos poderão fornecer para a redução dos tempos de *setup*. Por isso, é importante propor uma sessão de visualização das imagens com todos os intervenientes de modo a recolher um *feedback* global para as críticas do problema serem analisadas como um todo. (Claunch, 1996)

Shingo considera bastante importante fazer uma distinção entre dois tipos de setups, o interno e o externo. Apesar de muitas vezes ser usual que os preparativos para as atividades de *setup* não devem ser executados durante o *setup* interno, o que muitas vezes se verifica é que é possível realizar atividades preparatórias com os equipamentos parados, e isto deve-se ao facto de não existir uma formalização do modo de proceder durante a troca de ferramentas e não estar devidamente compreendido o quanto é importante fazer a distinção entre os dois tipos de *setup*. Assim, é possível atingir-se reduções de tempo até 50% sem investimentos monetários, pois, por vezes, as trocas são meramente relativas à organização, sequência e coordenação de trabalhos. (Claunch, 1996)

É fundamental criarem-se *standards* de trabalho e documentos que os descrevam para serem evitados desperdícios de tempo em deslocações e tarefas. Posteriormente a uma otimização ao nível de transportes e arrumações de ferramentas que melhoram consideravelmente a organização do local de trabalho, deve-se tentar reduzir os tempos de cada etapa estabelecendo atividades paralelas que permitam a intervenção de mais operadores aumentando a rapidez da troca de ferramentas.



### 3 Descrição dos processos de produção

Este capítulo visa dar a conhecer as secções e respetivas células existentes no solar e permitirá também perceber a forma como estão organizadas, o seu funcionamento e o processo de produção em estudo.

#### 3.1 Produção de painéis solares térmicos

Até ao ano de 2006, o grupo de termotecnologia português da Bosch dedicava-se apenas à produção de esquentadores e caldeiras limitando o número de sistemas de aquecimentos domésticos que poderia oferecer ao mercado. A partir do ano seguinte (2007), nasceu um novo produto na Bosch Termotecnologia S.A.: painéis solares térmicos. Um dos principais fatores impulsionadores deste novo produto foi o mercado interno, motivado pelo facto de o governo português, na altura, incentivar a compra de produtos que aproveitassem energias renováveis.

A produção iniciou-se e ainda hoje continua numa unidade “secundária” da empresa. Esta nave é exclusivamente ocupada com a produção de coletores solares térmicos e contém todas as secções necessárias à sua produção. As secções existentes no solar são a “Absorsores” e a “SKW” e possuem as seguintes células:

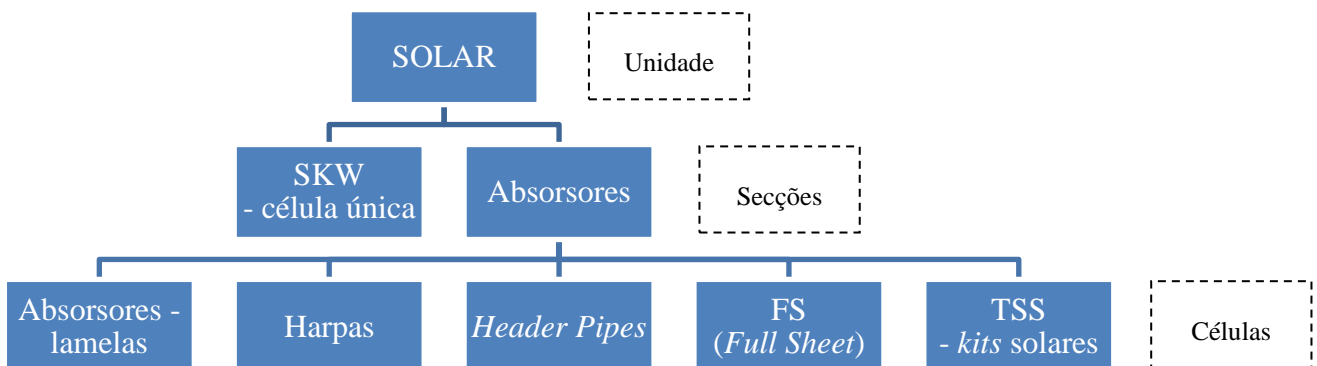


Figura 6 Fatores de sucesso do TPM

Na Figura 6 é possível observar que as secções “SKW” e “Absorsores” são bastantes distintas. A secção dos “Absorsores” inicialmente era constituída pelas células dos absorsores, harpas e *header pipes* porém, recentemente, foram adicionadas duas novas células: a TSS, que se destina a montar e embalar suplementos solares, e a FS que produz os absorsores do novo coletor solar. Por outro lado, a secção “SKW”, apesar de ser considerada uma secção, possuiu apenas uma célula produtiva, célula esta que faz a montagem de todos os coletores SKW que são produzidos no solar.

A Figura 7 permite verificar que, atualmente, a secção do solar está disposta da seguinte forma:

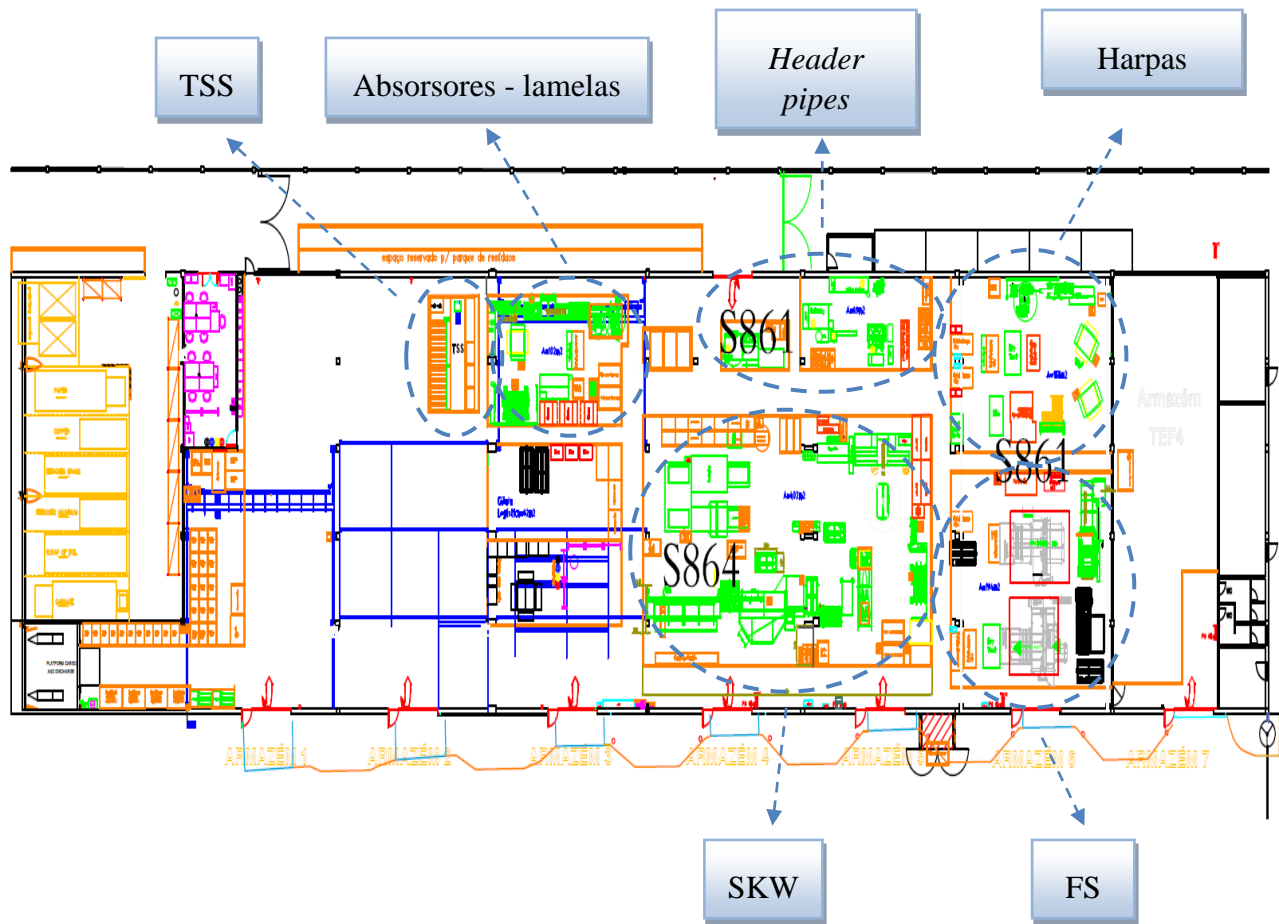


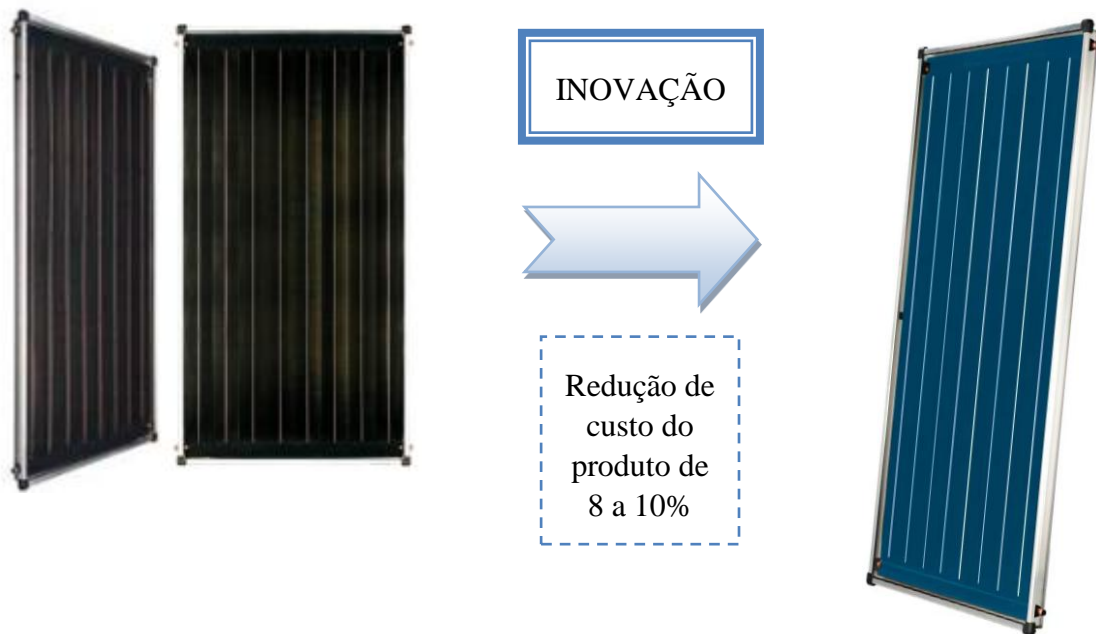
Figura 7 Layout do Solar

O presente projeto aborda todo o processo de fabrico do novo coletor solar *Full Sheet* – *FS*. Esta inovação da Bosch será descrita seguidamente com mais detalhe, com o objetivo de compreender as grandes diferenças que existem entre o que se produzia anteriormente e o que se produz/produzirá no futuro. Por conseguinte, apenas será abordado com mais profundidade as células responsáveis para a produção do mesmo; isto significa que a célula dos absorresores, cuja produção se restringe somente aos absorresores de lamelas de cobre, não será foco de análise para esta dissertação.

### 3.2 Coletores *full sheet* VS coletores de lamelas de cobre

O novo coletor *FS* (*Full Sheet*) é em traços gerais muito semelhante ao coletor com lamelas de cobre sendo que a principal diferença entre ambos está no meio de captação da energia solar, ou seja, o absorresor. No *FS*, este é constituído por uma chapa de alumínio com um revestimento polimérico de PVD, no caso do absorresor com lamelas, estas são feitas de cobre e revestida com cromo. Ora, ambos têm um custo associado inerente a todo o processo e à matéria-prima utilizada e, com o aumento do preço do cobre, nos últimos anos, bastante superior ao aumento do preço do alumínio, a produção das lamelas deste material começa a tornar-se insustentável.

Através dos estudos realizados, chegou-se à conclusão que o custo do coletor FS poderia diminuir cerca de 10% em relação ao atual coletor de lamelas de cobre, mantendo a mesma performance. Isto deve-se ao aumento da espessura da chapa de alumínio para 0,4mm, que devido a questões de condutibilidade térmica consegue atingir a mesma eficiência que os 0,15mm de espessura das lamelas de cobre. Este rácio foi um fator preponderante na aprovação deste novo projeto uma vez que permite que o novo coletor FS assuma um papel mais competitivo em termos de preço no mercado. O FS contou também com o apoio do departamento de marketing devido à sua atratividade estética. Contudo, existe uma desvantagem nesta inovação que consiste no facto de, em caso de existência de problemas na soldadura, obrigar à rejeição de um absorvador completo para a sucata, o que não acontecia nas lamelas, ou seja, uma lamela defeituosa era substituída por uma nova.



**Figura 8** Coletor de lamelas (esquerda) e coletor solar FS (direita)

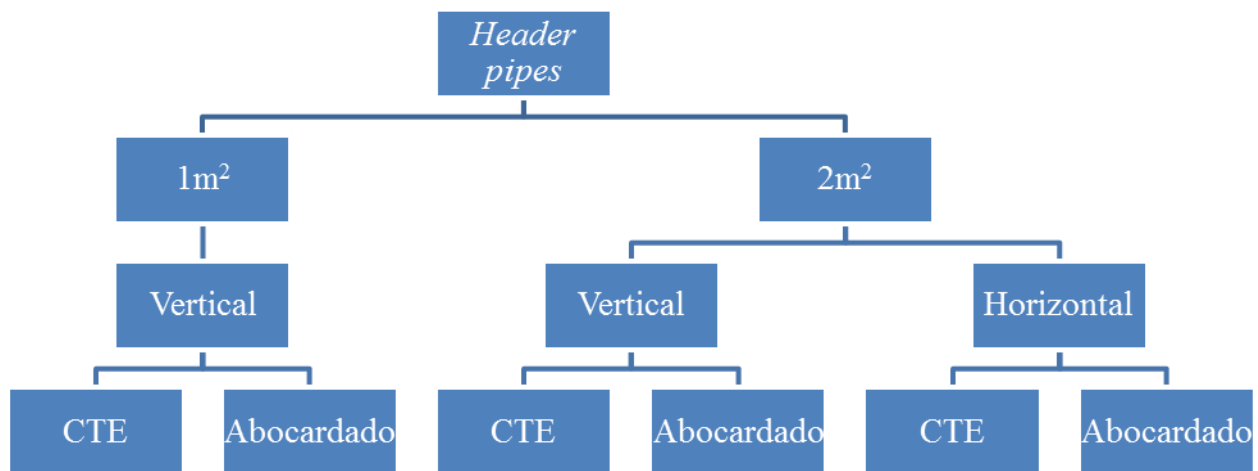
### 3.3 “Absorvores” – Apresentação da secção

Esta é uma secção que tem aumentado o seu número de células desde que entrou em funcionamento. Inicialmente era apenas composta pelas linhas dos absorvores, dos *header pipes* e das harpas, que são destinadas à produção dos coletores solares SKW de lamelas de cobre. No entanto, esta secção aumentou o número de linhas com a transferência da célula TSS, que se situava na nave principal da fábrica e com a introdução da linha FS, que apareceu com o lançamento do novo coletor solar *Full Sheet*, cuja principal característica é a fonte de absorção que em vez de ser composta por várias lamelas de cobre, é composta por uma chapa inteira de alumínio; esta é imprescindível para a produção do novo modelo.

### 3.3.1 Header pipes

Os primeiros componentes a serem realizados para o fabrico de um coletor solar são os *header pipes*, que são transformados a partir de matéria-prima, mais concretamente tubos de cobre com 18mm de diâmetro e 1mm de espessura, disponibilizados por um fornecedor, de acordo com as dimensões *standards* catalogadas. Os *header pipes* constituem as extremidades de um absorsor.

Como se pode verificar na Figura 9, as famílias de *header pipes* que atualmente existem são:



**Figura 9** Família de *header pipes*

As designações 1m<sup>2</sup> e 2m<sup>2</sup> referem-se à área do absorsor a que se destina o referido *header pipe*. O mesmo se passa com a designação vertical ou horizontal, indicando que se destinam respetivamente a coletores que vão estar dispostos na vertical ou na horizontal aquando do seu funcionamento. Em relação às diferenças existentes na configuração das extremidades destaca-se o seguinte: o CTE deriva da brasagem de casquilhos de latão, e destina-se maioritariamente ao mercado espanhol e sul-africano que, devido a normas de legislação, obrigam a que os sistemas de ligação à rede solar não envolvam materiais de plástico, sendo os casquilhos posteriormente ligados à rede solar através de um tubo de aço inoxidável flexível. Estes produtos conseguem cumprir os requisitos legais desses países; nos outros mercados o abocardado é (processo de conformação do tubo) é ligado à rede através de um tubo polimérico PDM.

No que se refere aos *header pipes* FS, as principais diferenças existentes referem-se à sua configuração nas extremidades, ou seja, abocardado ou CTE. Essas diferenças estão ilustradas na Figura 10 e Figura 11:



**Figura 10** Abocardado nos *header pipes*



**Figura 11** CTE nos *header pipes*

Processo de produção:

1. Os tubos de cobre que são entregues pelos fornecedores são cortados à medida do modelo que se quer produzir;
2. A puncionadora automática realiza furos ao longo do *header pipe* que são destinados à brasagem dos *lead pipes*;
3. O terceiro passo do processo depende do que se pretende obter: no caso do *header pipe* abocardado, a máquina de conformação realiza o abocardamento nas extremidades; para o CTE os casquilhos são brasados num jig de brasagem específico para o modelo que se quer produzir (1m<sup>2</sup>, 2m<sup>2</sup> vertical, 2m<sup>2</sup> horizontal, etc);
4. O *header pipe* vai para uma máquina de lavar onde são eliminados todos os resíduos e aparas que possam ter aparecido com os processos anteriores;
5. Finalmente, vão para os carrinhos de supermercado que são destinados às células das harpas e absorsores.

De seguida, ilustrar-se-á, nas figuras Figura 13 e Figura 12, a célula dos *Header Pipes*:



**Figura 13** Célula *Header Pipes*



**Figura 12** Máquina de lavar os *Header Pipes*

### 3.3.2 Harpas

O nome harpa deve-se ao aspecto que o produto acabado desta linha nos sugere. A célula das harpas recentemente adicionou uma nova finalidade à sua produção: produzir as harpas que se destinam aos coletores solares *Full Sheet SKW*. Até agora, esta célula produzia apenas harpas para os SKY, um coletor produzido na fábrica da Bosch em *Wettringen* (Alemanha) que pertence à gama *comfort* e *top*. No entanto, o processo de produção do modelo SKY não será descrito pois não será alvo de análise na presente dissertação.

Processo de produção do modelo FS:

1. Através de uma bobine de tubo de cobre (Figura 15) que é entregue pelo fornecedor, são feitos os *lead pipes* endireitando-se e cortando o tubo à medida pretendida (de acordo com o modelo desejado);
2. As extremidades do *lead pipe* são conformadas para funcionar como batentes quando inseridos nos *header pipes* pré-brasagem;



3. São inseridos no jig de brasagem (Figura 14) os *header pipes* e os *lead pipes* seguindo-se a soldadura de uns aos outros através da brasagem;
4. **FS** – a harpa é arrefecida num posto próprio para o efeito;
5. **FS** – é verificado o comprimento da soldadura através de uma régua de verificação visual, e seguidamente é realizado um teste de estanqueidade (utilizando ar pressurizado);
6. **FS** – é verificado o empeno dos *lead pipes* e confirmadas as cotas críticas;
7. As harpas são colocadas num jig de armazenamento (Figura 16).



**Figura 15** Bobine de tubo de cobre



**Figura 14** Jigs de brasagem



**Figura 16** jigs de armazenamento; mesa de verificação de empeno; máquina de estanqueidade

### 3.3.3 FS (*Full Sheet*)

De acordo com o que foi dito anteriormente, esta é uma célula que foi criada na secção “Absorres” com a introdução da nova gama de coletores SKW FS. O aparecimento desta nova célula levou a que fossem redesenhados os *layouts* da secção dos “Absorres”, mas também da “SKW”, devido ao investimento em novos equipamentos e máquinas específicas para o processo de fabrico requerido.

Processo de produção:

1. A harpa que está armazenada no carro de *stock*, oriunda da célula das harpas, é colocada na máquina de escovagem (Figura 18) para serem removidos possíveis detritos ou sujidades originados pelo manuseamento nos processos anteriores. A escovagem irá permitir que sejam eliminadas imperfeições nos *lead pipes*, facilitando a soldadura;
2. A harpa é retirada da máquina de escovagem e é colocada na máquina de soldadura;
3. A chapa de alumínio, entregue pelo fornecedor, é colocada na máquina de estampagem (Figura 17) para ser realizado o *cut-out*<sup>1</sup> e serem dobradas as extremidades. *A posteriori*, é removida a película de proteção através de um sistema de vácuo;
4. A chapa é colocada na máquina de soldadura por cima da harpa que foi previamente aqui posicionada. Em seguida, é iniciado um processo de soldadura ultrassônica soldando a chapa de alumínio aos *lead pipes*;
5. O absorsor é retirado da máquina de soldadura (Figura 20), e é realizado um controlo das distâncias entre *header pipes*. Posteriormente, é fixado com cola de silicone, um suporte para a sonda que mede a temperatura do painel;
6. O absorsor é sujeito a um teste numa banca de estanqueidade (Figura 19) com ar pressurizado para verificar se há fugas na harpa, depois de realizada a soldadura;
7. O absorsor é armazenado num *jig* de supermercado.



**Figura 18** Máquina de escovagem



**Figura 17** Máquina de estampagem



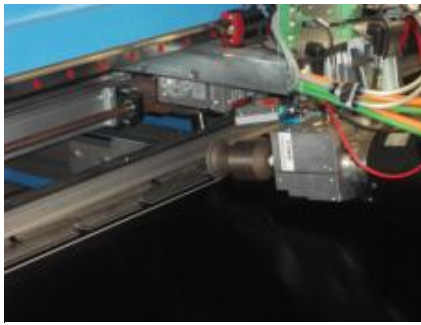
**Figura 20** Máquina de soldadura



**Figura 19** Saída da máquina de soldadura e máquina de estanqueidade

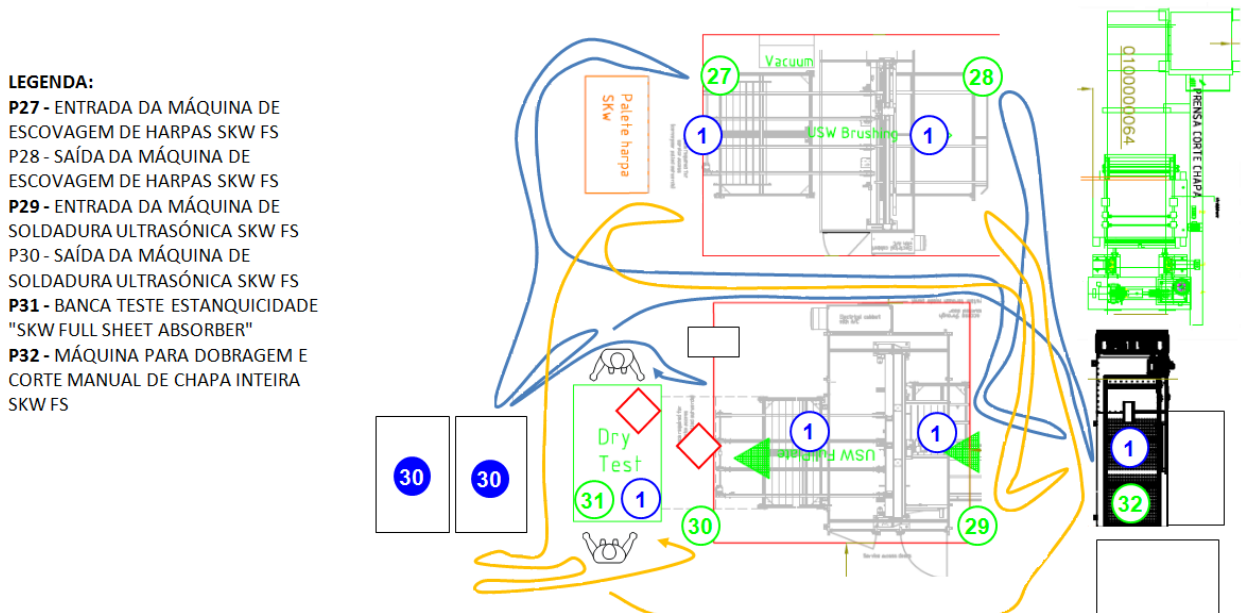
<sup>1</sup> *Cut-out* – material retirado da chapa com uma geometria específica, para posteriormente funcionar como referência da posição correta no processo de soldadura





**Figura 21** Pormenor da soldadura ultrassônica

Visto ser nesta célula onde incidiram os principais projetos relatados nesta dissertação, em seguida, na Figura 22, está apresentada uma planta localizada, com os equipamentos e fluxos dos operadores.



**Figura 22** Fluxo de Operação

### 3.4 Objetivos gerais do projeto

A melhoria contínua está diariamente incutida em todos os colaboradores do grupo Bosch. Esta é uma filosofia que está presente na mente de cada um, com o intuito de consolidar a máxima de que o aumento da competitividade é fulcral para o sucesso no mercado. Por isso, os objetivos gerais dos vários subprojetos que são descritos no capítulo 4 têm todos o objetivo comum de eliminar perdas e desperdícios inerentes à introdução de uma nova linha de produção na fábrica, por forma a combater as paragens não planeadas, aumentando a eficiência do OEE e reduzir o tempo de ciclo planeado, conseguindo assim aumentar a capacidade disponível. Desta forma, um dos objetivos que se pretende com o arranque deste processo novo é estabilizar o OEE da nova célula FS nos 80%.

## 4 Projetos de otimização da linha de produção

Antes de dar início a este capítulo é importante referir que todos os projetos que serão descritos em seguida e que foram desenvolvidos na unidade do solar contaram com a participação de elementos dos departamentos de produção, técnico, qualidade do produto e engenharia de desenvolvimento do produto. Numa fase inicial identificaram-se as perdas e os desperdícios que existiam nas linhas e acompanhou-se o desenvolvimento de melhorias através de indicadores padronizados pela Bosch, nomeadamente estudos de capacidade, cálculos de balanceamento de linha (padrão da linha) e cálculos de OEE. É de reforçar, ainda, que estes projetos assentam nos conceitos *Lean* e de melhoria contínua presentes na fábrica, conceitos estes pormenorizadamente descritos no capítulo 2.

### 4.1 Meios de análise de identificação de desperdícios

As perdas que se podem encontrar na produção e que são alvo de melhoria surgiram, principalmente, através de dois tipos de análise: a primeira consistiu na consulta das perdas não planeadas, identificadas no cálculo do OEE; o segundo adveio de uma confirmação do processo, nomeadamente numa análise atenta do balanceamento de linha, ou seja, numa tentativa de encontrar operações sobrevalorizadas em termos de tempo despendido para a realização das mesmas.

#### OEE

No final de cada turno de produção, o responsável de linha regista na folha de cálculo do OEE os seguintes campos:

- Quantidade e tipo de unidades produzidas;
- Unidades perdidas;
- Unidades recuperadas;
- Tempo investido em paragens não planeadas e que tipo de paragens.

A Figura 23 exemplifica esse registo:

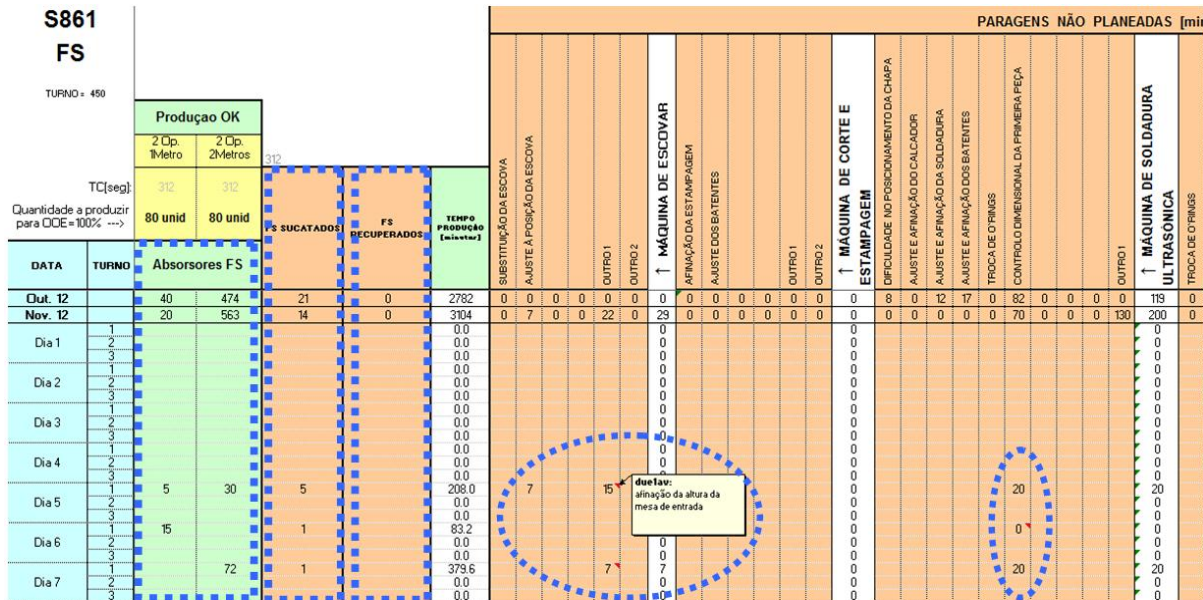


Figura 23 Registo diário de produção para posterior cálculo do OEE

### Balanceamento

O balanceamento ou padrão de linha, é um documento cuja responsabilidade é remetida ao Departamento Técnico - Tempos e Métodos, e tem como objetivo descrever todos os passos realizados na linha ou célula e os tempos necessários para cada operação. Permite ainda ficar a conhecer o número de operadores necessários, a capacidade de produção planeada, a eficiência do balanceamento, o tempo de produção planeado e o tempo de ciclo planeado.

A célula FS tem uma particularidade em relação às restantes na medida em que necessita obrigatoriamente de 2 operadores, quer para o manuseamento das harpas, quer para o manuseamento dos absorsores.

Esta folha de cálculo permite analisar, ao pormenor, todas as operações e os tempos que estas acarretam. Analisando este documento, detalhadamente, conjuntamente com um acompanhamento crítico na linha de produção, poder-se-á, com o envolvimento da equipa do Solar, observar hipóteses de melhoria e discutir quais as operações mais fulcrais e passíveis de serem melhoradas.

É necessário esclarecer os cálculos que estão por trás destas métricas:

Tabela 1 Tempo de ciclo planeado da célula FS

	Tempo final acumulado		
Operador	A	B	Total
Tempo (seg)	311.9	311.6	623.5

$$\begin{aligned} \text{Tempo produção planeado} &= \text{Tempo trabalho efetivo} \\ &= 450 - \text{intervalo} - \text{TPM} - 5\text{S's} - \text{reuniões}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Tempo ciclo planeado} = \text{Tempo final acumulado (operador mais moroso)}$$

$$\text{Capacidade planeada} = \frac{\text{Tempo produção planeado} \times 60}{\text{Tempo ciclo planeado}}$$

$$\text{Eficiência Balanceamento} = \frac{\text{Tempo final acumulado TOTAL}}{\text{Tempo ciclo planeado} \times n^{\circ} \text{ operadores}}$$

$$VT^3 = \frac{\text{Tempo final acumulado TOTAL} \times 100}{60} \times 1,15$$

Seguidamente, na Tabela 2, representam-se as métricas do balanceamento para a célula do FS:

**Tabela 2** Métricas do balanceamento da célula FS

<u>Tempo produção planeado</u>	<b>420</b>	min
<u>Tempo ciclo planeado</u>	<b>311.9</b>	seg
<u>Capacidade planeada</u>	<b>81</b>	unid
<u>Eficiência balanceamento</u>	<b>99.95</b>	%
<u>VT</u>	<b>1195</b>	seg

Analisando a Tabela 2 e tendo por base os cálculos anteriormente descritos, pode-se inferir que, se as melhorias que forem levadas a cabo permitirem uma redução do tempo de uma ou outra operação e, conseqüentemente, o tempo de ciclo planeado, poder-se-á reduzir o VT e, acima de tudo, aumentar a produtividade da célula.

Importa reforçar que esta célula, atualmente, produz 2 tipos de absorsores: o de 2m<sup>2</sup> mas também o de 1m<sup>2</sup>. Isto poderia suscitar diferenças nos cálculos do balanceamento na medida em que 1 tem cerca de metade do tamanho do outro e o processo produtivo de ambos poderia ser diferente, nomeadamente no que diz respeito ao processo de escovagem e soldadura ultrassónica, pois os *lead pipes* do absorsores de 1m<sup>2</sup> são 1m mais curtos que os *lead pipes* do absorsores de 2m<sup>2</sup>, logo necessita de menos tempo para escovar e soldar. Visto as operações intermédias aos processos em máquina serem exatamente iguais para os dois tipos de absorsores, ao melhorar-se o processo de produção de um, estaremos automaticamente a melhorar o processo do outro.

<sup>2</sup> Paragens planeadas: intervalo=10min; TPM=10min; 5S's=5min; reuniões=5min

<sup>3</sup> VT – tempo que um colaborador efetivamente gasta para produzir um componente ou produto acabado

#### 4.2 Análise do OEE: identificação de desperdícios

Para uma correta e sustentada análise da performance da célula FS, foi necessário proceder-se ao registo de dois meses de produção dos absorsores que esta linha produz. Até então, ainda não existia um registo de unidades produzidas e falhas encontradas, devido ao facto da produção ser demasiado escassa e ainda estar em fase de arranque. Assim, durante dois meses de produção estabilizada foram registados os dados da produção numa folha de cálculo, desenvolvida para o efeito, com o objetivo de fornecer índices de velocidade, qualidade e disponibilidade que vão refletir um *Overall Efficiency Equipment* (OEE). Desta forma ficaram asseguradas as condições para serem registados os problemas mais críticos no arranque da célula FS.

A Figura 24 reflete o OEE e os principais problemas encontrados no arranque da célula FS, ou seja, durante os meses de Outubro e Novembro:

DATA	Produção OK		FS SUCATADOS	TEMPO PRODUÇÃO [minutos]	PARAGENS NÃO PLANEADAS [minutos]																		TOTAL PARAGENS NÃO PLANEADAS (MINUTOS)	VELOCIDADE	QUALIDADE	DISPONIBILIDADE	O.E.E.			
	2 Op. 1Metro	2 Op. 2Metros			80 unid	SUBSTITUIÇÃO DA ESCOVA	AJUSTE À POSIÇÃO DA ESCOVA	OUTRO 1	MÁQUINA DE ESCOVAR	AFINAÇÃO DA ESTAMPAGEM	AJUSTE DOS BATES	MÁQUINA DE CORTE E ESTAMPAGEM	DIFICULDADE NO POSICIONAMENTO DA CHIAPA	AJUSTE E AFINAÇÃO DO CALCADOR	AJUSTE E AFINAÇÃO DA SOLDADURA	AJUSTE E AFINAÇÃO DOS BATES	TROCA DE O'RINGS	CONTROLO DIMENSIONAL DA PRIMEIRA PEÇA	OUTRO 1	MÁQUINA DE SOLDADURA ULTRASONICA	TROCA DE O'RINGS	PORTAS NÃO FECHAM						ENSAIO DE ESTANQUICIDADE	PARAG. PLANEADAS FORA DO TEMPO	TEMPO SETUP
2012	60	1037	35	5886	0	7	22	29	0	0	0	8	0	12	17	0	152	130	319	0	115	115	0	84	815	1362	103,1%	96,9%	80,7%	80,7%
Jan.-Set. 12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Out. 12	40	474	21	2782	0	0	0	0	0	0	0	8	0	12	17	0	82	0	119	0	73	73	0	50	360	602	108,8%	96,1%	80,9%	84,6%
Nov. 12	20	563	14	3104	0	7	22	29	0	0	0	0	0	0	0	0	70	130	200	0	42	42	0	34	455	760	98,6%	97,7%	80,6%	77,5%

Figura 24 OEE da célula FS (Outubro e Novembro)

Como se pode verificar, os meses de Outubro e Novembro apresentaram um OEE de 84,6% e 77,5% respetivamente. Estes valores estão aquém do objetivo previsto que está estabelecido num OEE mínimo de 85%. No entanto, no que diz respeito ao acumulado do ano de 2012 (80,7%), acordou-se que o valor mais realista e satisfatório que se poderia exigir seria 80% devido ao facto de se ter em mãos uma célula completamente nova na fábrica e que ainda estava em fase inicial de produção. É de reforçar que este valor continuou a ser respeitado após o mês de Dezembro com um OEE de 80,8%. O tempo efetivo de trabalho (intitulado “tempo de abertura” pela fábrica) registado ao longo destes dois meses foi de 7070 minutos, quase 118 horas. A Tabela 3 esclarece os tempos despendidos na produção dos 2 meses iniciais de produção de absorsores *Full Sheet*:

Tabela 3 Tempos de produção referentes aos meses de Outubro e Novembro

<b>Produção: Outubro e Novembro</b>		
<u>Tempo</u>	<u>Minutos</u>	<u>Horas (≈)</u>
<u>Produção</u>	<b>5886</b>	<b>98</b>
<u>Abertura</u>	<b>7070</b>	<b>118</b>
<u>Produção Extra</u>	<b>-490</b>	<b>-8</b>
<u>Paragens Planeadas</u>	<b>540</b>	<b>9</b>

$$\text{Tempo Produção} = \frac{(\text{Qnt } 1\text{m}^2 + \text{Qnt } 2\text{m}^2 + \text{Qnt sucatados}) \times \text{tempo ciclo}}{60}$$

*Tempo abertura* = 450 – paragens não planeadas + produção extra

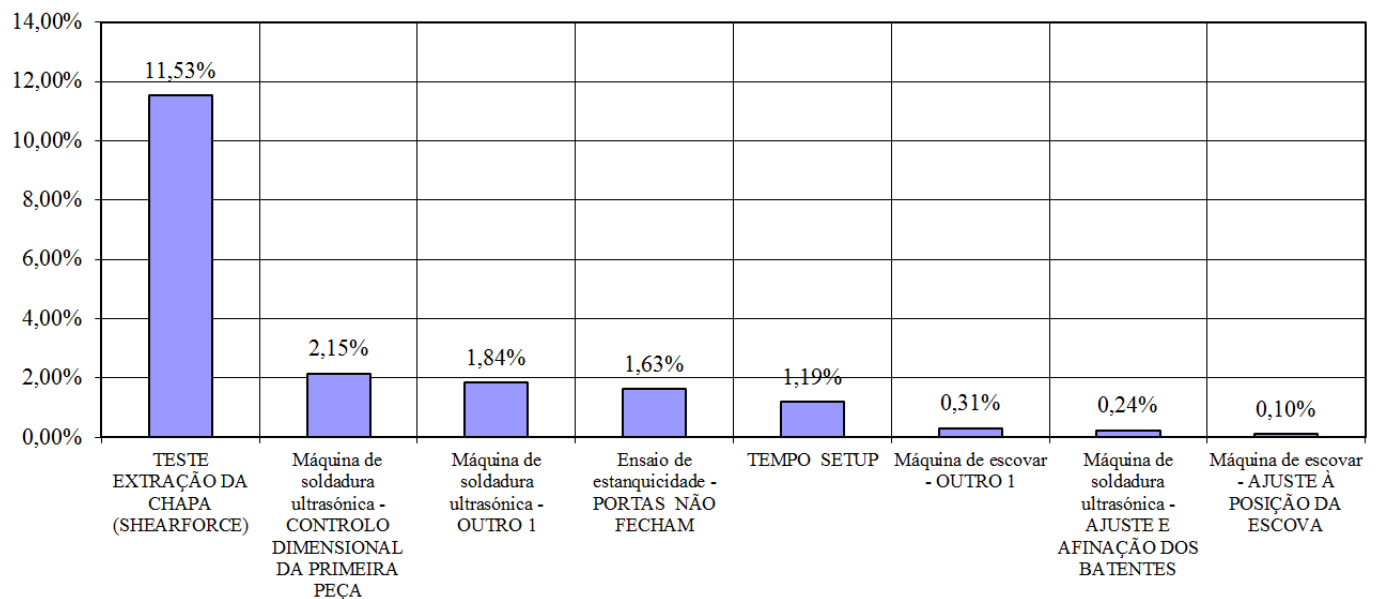
*Tempo Produção Extra* → indicado pelo responsável de turno

*Tempo Paragens Planeadas* → intervalo – TPM – 5S's – reuniões

É importante referir que o facto de se ter conseguido atingir um índice de velocidade tão alto deveu-se à adição de um colaborador extra numa paragem não planeada específica na produção do absorvor, nomeadamente no teste de extração da chapa de alumínio, que será, mais à frente, detalhadamente explicado e alvo de estudo. A adição de um colaborador extra neste teste justifica-se devido ao facto do teste ser bastante moroso e comprometer os objetivos de produção diários, permitindo assim aos dois operadores, destacados para a célula, não perderem tempo de produção com este teste.

Para esta célula atingir os seus objetivos de eficiência para o ano de 2013, ter-se-á que reduzir o máximo de paragens não planeadas possível. Para isso, fez-se uma análise de Pareto das perdas que mais comprometiam a produção desta célula. Na Figura 25, encontram-se as principais paragens que verificaram as perdas de produção nos meses de Outubro e Novembro:

## Pareto Perdas



**Figura 25** Gráfico de Pareto da célula FS (Outubro e Novembro)

Terminada a fase de arranque, foi possível fazer-se um balanço da situação atual da linha, analisando com critério, quais os principais problemas e respetivos aspetos de melhoria. Pode-se então constatar que o teste de extração corresponde a cerca de 60% das perdas em análise.

#### 4.2.1 Teste de extração da chapa (*Shear Force*)

O teste de extração da chapa, intitulado por “*Shear Force*”, é realizado todos os turnos, antes de dar início à produção. Este teste foi imposto pelo departamento de engenharia e desenvolvimento do produto, após ter realizado cálculos teóricos dos esforços a que a soldadura ultrassónica fica sujeita durante a vida útil do produto e tem como objetivo medir a força de separação da soldadura ultrassónica entre a chapa de alumínio e os *lead pipes* de cobre, para garantir que a soldadura é de boa qualidade e que garante um determinado valor de força mínima pré-estabelecida. O que se constata atualmente é que este teste exige muito tempo e não está a ser corretamente realizado, levando a conclusões precipitadas e pouco fiáveis. Isto deve-se às seguintes razões:

- A máquina de ensaio necessária para a realização do teste, encontra-se no lado oposto da fábrica e o colaborador demora cerca de 10 minutos neste trajeto;
- Não existe documentação com normas e procedimentos para a realização do teste, sendo alguns passos um pouco ambíguos e deixados ao critério de cada colaborador;
- As dimensões exigidas dos provetes destinados ao teste, não estão a ser cumpridas;
- Os valores de força encontrados não estão a ser corretamente registados devido a dificuldades inerentes à leitura na máquina de ensaio. Este problema existe porque a máquina que é usada em *Wettringen*<sup>4</sup>, para a qual o teste foi implementado, não é a mesma que é usada em Aveiro.

Através do gráfico exibido na Figura 25 pode-se constatar que o teste ocupa 11,53% do tempo efetivo de trabalho de um turno (cerca de 45 minutos em média) o qual representa um valor completamente díspar de todas as outras paragens não planeadas que se verificam atualmente. Assim, será necessária uma profunda análise de todo o processo, desde a realização dos provetes até ao teste propriamente dito, com o intuito de tornar este teste mais fidedigno e tendo como objetivo final reduzir a sua frequência ou mesmo a sua eliminação.

#### 4.2.2 Tempo de *setup*

A célula FS, que inclui nomeadamente as máquinas de escovagem e soldadura, foi inicialmente criada para produzir absorsores com 1m<sup>2</sup> e 2m<sup>2</sup>. Por outro lado, esta célula foi preparada para ser flexível no que diz respeito ao tipo de produção e, caso haja necessidades no futuro, estar apta a produzir outros tipos de absorsores com dimensões diferentes. No entanto, atualmente tem que estar capaz de executar os *setups*, quer para 1m<sup>2</sup> quer para 2m<sup>2</sup>, no menor tempo possível com o

---

<sup>4</sup> *Wettringen* – fábrica do grupo Bosch situada na Alemanha que também produz painéis solares



propósito de reduzir este tipo de paragens não planeadas que, apesar de tudo, são indispensáveis para a produção. Com o registo que se realizou até agora, verifica-se que este tipo de perdas está situado em 1,19%, o que em termos práticos poderá corresponder a uma paragem de 25 minutos por *setup* nas duas máquinas (escovagem e soldadura). Este *setup* inicialmente era realizado por 1 operador, mas rapidamente chegou-se à conclusão que com a ajuda do outro operador, que esta célula exige na produção, seria bastante mais rápido. Contudo, devido ao facto de não existir nenhum tipo de documentação que parametrize o processo da mudança de ferramentas (*setup*) nestas duas máquinas, o tempo que é despendido para esta tarefa depende muito dos operadores que são designados para esta célula.

Este tipo de perdas, por ser nesta fase de arranque o 5º maior tipo de perdas constatadas na produção e por ser algo que tem um considerável potencial de melhoria, será alvo de otimização, com vista a reduzir 10% do tempo que atualmente demora.

### 4.2.3 Ajuste e afinação dos batentes na máquina de soldadura

Quando a harpa e a chapa de alumínio são posicionadas na máquina de soldadura para serem soldadas sobrepostamente uma à outra, estas têm que ser colocadas numa determinada posição, respeitando uma tolerância específica imposta pela máquina (0,1mm). Os dispositivos que controlam o correto posicionamento da chapa de alumínio são uns batentes que, através de um sensor, medem com uma precisão de um décimo de milímetro a posição das duas extremidades laterais e o *cut-out* da chapa, de forma a garantir posteriormente um alinhamento correto do cordão de soldadura. A Figura 26 mostra os semáforos que existem na máquina que através das cores verde e vermelho traduzem ao operador, respetivamente, se a chapa está correta ou incorretamente posicionada:



**Figura 26** Sensores de posicionamento da chapa na máquina de soldar

Apesar da análise de Pareto (exibida na Figura 25) revelar que o ajuste e afinação dos batentes não foi das perdas mais acentuadas que se verificaram, este foi um problema bastante recorrente nos primeiros tempos de produção com paragens pouco prolongadas mas constantes. Isto acontecia porque os operadores não conseguiam garantir que os semáforos ficassem verdes na colocação da chapa, tendo que fazer afinações minuciosas sempre que queriam produzir um absorvedor.



Após alguma discussão por parte da equipa responsável por esta célula e por um elemento do departamento técnico, ponderou-se se seria possível aumentar a tolerância dos sensores que controlam a posição correta da chapa, com o objetivo de facilitar a realização deste processo. No entanto, é imperioso verificar se as seguintes cotas e respetivas tolerâncias que estão exibidas na Figura 27 serão sempre asseguradas:

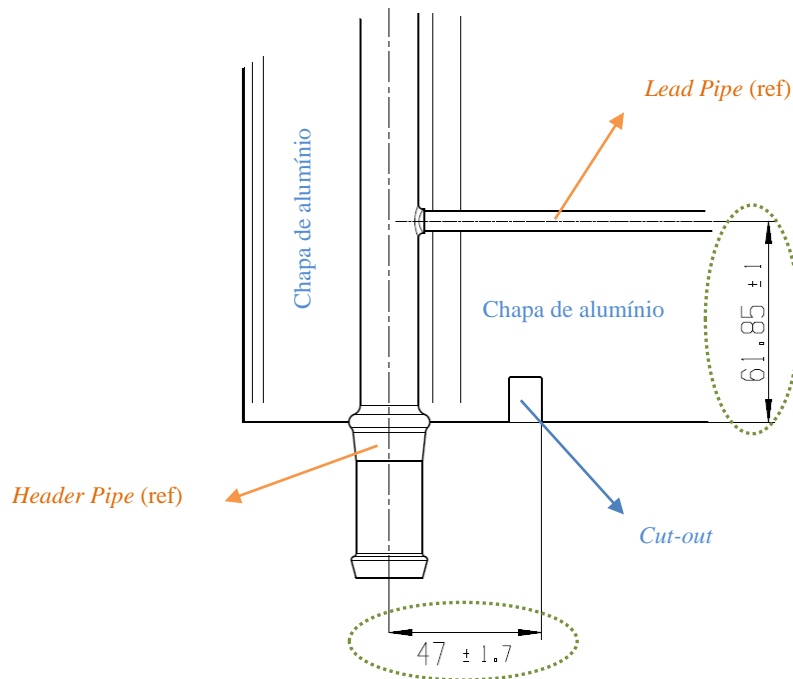


Figura 27 Pormenor de um absorsor *Full Sheet* – abocardado

#### 4.2.4 Outras perdas

##### 4.2.4.1 Controlo dimensional da primeira peça

Como foi referido anteriormente, o lançamento deste novo coletor solar está numa fase inicial e, para todos os efeitos, ainda se encontra numa fase de consolidação de processos e parâmetros de fabrico. Desta forma e seguindo instruções estabelecidas por parte de *Wertingen*, é necessário verificar e controlar no início de cada turno, o estado visual do absorsor, bem como a qualidade do cordão de soldadura e as dimensões e respetivas tolerâncias do absorsor após a sua produção. Tal permite afirmar que as máquinas de escovagem e soldadura ultrassónica estão a trabalhar corretamente e respeitando as tolerâncias exigidas.

Da mesma forma que acontece com o estudo do *Shear Force* este controlo é algo que tem que ser realizado todos os turnos, no entanto não está contabilizado no VT e respetivo balanceamento, o que representa uma perda de produtividade assumida. O registo que atualmente existe indica que este tipo de paragem não planeada pode assumir valores desde 12 minutos a 38 minutos no início de cada turno.

Num futuro próximo não será de todo possível eliminar este controlo porque ainda não foi atingido um índice de capacidade satisfatório nas cotas controladas. Posto isto, não serão

implementadas qualquer tipo de melhorias para a realização deste controlo, no entanto, foi importante explicar e justificar este tipo de paragens não planeadas, que atualmente representam o 2º maior tipo de perdas na produção do absorvitor com 2,15% do tempo efetivo de trabalho.

#### **4.2.4.2 Formação de operadores**

Esta perda, apesar de ter tido um peso considerável nas paragens não planeadas no mês de Novembro e ter sido verificada apenas num dia, foi algo necessário para a formação de operadores que ainda não tinham adquirido experiência na produção nesta célula e que precisavam de ser instruídos no seu funcionamento. De qualquer forma, acredita-se que o tempo despendido com esta ação foi bastante importante para o sucesso da produtividade da célula FS.

#### **4.2.4.3 Dificuldades no ensaio de estanqueidade – portas da máquina não fecham**

Como já foi explicado no capítulo 3, o ensaio de estanqueidade é o último passo que se realiza na produção de um absorvitor e é nesta etapa que se tem sentido o 4º maior tipo de perdas (1,63%). Estas devem-se ao facto de, aquando da inserção do absorvitor na máquina, as portas desta, por vezes, não se fecharem. Após ter sido comunicado este problema à equipa de manutenção, esta considerou não ser capaz de resolver o problema, por isso foi contactado o fornecedor da máquina de estanqueidade para resolver o problema visto esta ainda estar na garantia. Após o problema ter sido resolvido, nunca mais se deparou com o mesmo problema.

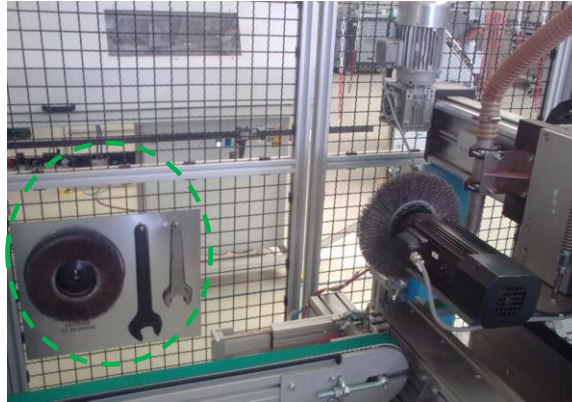
#### **4.2.4.4 Desafinação da mesa de entrada da máquina de escovagem**

O processo de escovagem das harpas é um processo muito simples de escovagem dos *lead pipes* para que estes fiquem imunes de detritos que possam comprometer a qualidade da soldadura que se realiza posteriormente. Desta forma, os operadores abastecem o carro de entrada da máquina com uma harpa e obtêm do outro lado (carro de saída) uma harpa escovada. Para que a escovagem seja bem realizada, a rotação da escova e a altura em relação à harpa não podem variar; isto provoca uma grande vibração em todo o sistema. O que se começou a verificar a dada altura foi que os sensores da máquina não conseguiam detetar as harpas, e quando detetavam, esta era mal escovada. Concluiu-se que isto se devia ao facto dos parafusos da mesa de entrada ganharem alguma folga devido à trepidação e assim desnivelarem o ângulo de entrada da harpa, provocando uma escovagem deficiente. Por isso procedeu-se a um aperto controlado e a uma afinação de todos os parafusos da máquina. Apesar de esta paragem ter sido muito pequena e ter representado apenas 0,31% do tempo efetivo de trabalho, eliminou-se este defeito nos 2 meses seguintes.

#### **4.2.4.5 Ajuste e afinação da posição da escova na máquina de escovagem**

Como já foi referido, o processo de escovagem exige uma grande vibração devido à alta velocidade a que a escova trabalha. Verificou-se, então, que a altura da escova desafinava esporadicamente o que levava a que as harpas não ficassem satisfatoriamente escovadas. Devido

a isso procedeu-se mais uma vez a um aperto controlado<sup>5</sup> de todos os parafusos que fixam a escova ao dispositivo de escovagem. Resolvido este problema, denotou-se outro: quando era efetivamente necessário trocar a escova por uma nova devido ao desgaste inerente ao processo, demorava-se demasiado no deslocamento até ao armário para recolher ferramentas (chaves de bocas e disco novo), por isso, aplicou-se na máquina (junto à unidade de escovagem) um suporte com um disco de reserva e as chaves necessárias para a troca. Com isto obteve-se uma maior rapidez, por parte dos operadores, na troca do disco de escovagem quando necessário. Na Figura 28 pode-se verificar o suporte com a escova de reserva e as chaves necessárias para a troca:



**Figura 28** Suporte da escova de reserva e ferramentas necessárias para a sua substituição

### 4.3 Análise do Balanceamento: identificação de desperdícios

O Balanceamento de uma determinada célula exibe a distribuição das atividades de uma forma sequencial por postos de trabalho, de modo a permitir uma elevada utilização de trabalho e de equipamentos, e minimizar o tempo em vazio<sup>6</sup>.

Apesar da produção da célula FS não estar estabilizada e não haver experiência em sequenciar etapas de produção numa célula como esta, tentou-se otimizá-la da melhor forma tornando o fluxo de trabalho o mais contínuo e mais eficiente possível. No que diz respeito à sequência operacional propriamente dita é importante referir que praticamente todas as tarefas são realizadas por 2 operadores, o que quer dizer que caso se adicione, remova ou altere uma determinada operação, o tempo de execução da mesma é duplicado. Devido a este facto pode-se facilmente aperceber que qualquer melhoria que se consiga realizar nesta célula terá um impacto considerável na capacidade de produção.

Partiu-se para a análise do balanceamento da célula FS, em busca da identificação de desperdícios, tendo implícita a ideia de que um dos principais tipos de otimização passaria por eliminar controlos a 100%<sup>7</sup> que se têm que realizar a cada ciclo de trabalho. Juntamente com a equipa que trabalha diariamente nesta célula e que já adquiriu alguma experiência nos processos

<sup>5</sup> Aperto controlado – realizado por uma chave dinamométrica que assegura sempre o mesmo momento de aperto

<sup>6</sup> Tempo em vazio – tempo em que um determinado equipamento não acrescenta valor à produção

<sup>7</sup> Controlo a 100% - controlo de uma determinada especificação que tem de ser realizado em cada peça produzida

envolvidos, tentou-se estudar e perceber as possibilidades existentes na alteração da sequência de trabalho da célula com o objetivo de reduzir tempos de operações, porém, rapidamente se apercebeu que, atualmente, as operações pouco ou nada são passíveis de ser alteradas e isto deve-se sobretudo ao facto desta célula ser um caso único na fábrica inteira: todas as operações exigem 2 operadores permanentemente para o manuseamento da matéria-prima e produto acabado.

Assim, focalizou-se a atenção para um posto de trabalho específico (Posto 30), mais concretamente o posto que sucede à operação de soldadura da chapa de alumínio aos *lead pipes*. Este posto encontra-se à saída da máquina de soldadura e é responsável por aplicar a chapa sensor na parte traseira do absorsor e por controlar a 100% a distância entre *header pipes* através de um calibre passa/não passa<sup>8</sup>.

A Tabela 4 mostra o que se faz no posto 30, bem como quem realiza o quê e tempos de execução previstos:

**Tabela 4** Balanceamento do Posto 30 da célula FS

<b>Posto 30 - célula FS</b>	
<b>Operador A (OPA)</b>	<b>Operador B (OPB)</b>
<b>Sequência operacional</b>	<b>Tempo (seg)</b>
<b>Colocar sensor + silicone no dispositivo de cravação - OPA</b>	<b>7.32</b>
Trocar caixa vazia por cheia de chapas de sensor - OPA	0.03
Trocar bisnaga de silicone na pistola - OPA	0.30
Retirar caixa vazia de bisnagas para retorno - OPA	0.00
<b>Tempo de espera (preparação do sensor + silicone) - OPB</b>	<b>7.32</b>
<b>Colocar absorsor sobre sensor e cravar - OPA</b>	<b>8.28</b>
<b>Colocar absorsor sobre sensor e cravar - OPB</b>	<b>8.28</b>
<b>Registrar com visto a montagem da chapa sensor - OPA</b>	<b>7.32</b>
<b>Tempo espera de (registar com visto a montagem da chapa sensor) - OPB</b>	<b>7.32</b>
<b>Colocar absorsor na mesa de controlo e controlar (distância entre <i>header pipes</i>) a 100% - OPA</b>	<b>11.16</b>
<b>Colocar absorsor na mesa de controlo e controlar (distância entre <i>header pipes</i>) a 100% - OPB</b>	<b>11.16</b>
<b>Registrar com visto o controlo do absorsor (passa no calibre) - OPA</b>	<b>7.32</b>
<b>Tempo espera de (registar com visto o controlo do absorsor - passa no calibre) - OPB</b>	<b>7.32</b>
Retirar absorsor para bancada de teste - OPA	10.08
Retirar absorsor para bancada de teste - OPB	10.08
<b>Tempo TOTAL do posto</b>	<b>103.27</b>

A operação que mais se realça, pela negativa, do ponto de vista de valor acrescentado ao produto é, de facto, o controlo a 100% que se faz à distância entre *header pipes*. Atualmente, este ocupa cerca de 37 segundos da produção deste posto, ou seja, quase 36% do tempo total, o que revela que se, de alguma forma, fosse possível comprovar que esta operação é desnecessária, a capacidade de produção poderia aumentar consideravelmente.

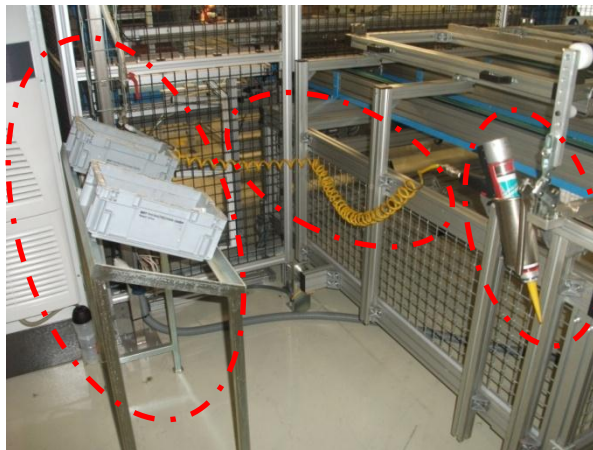
<sup>8</sup> Controlador passa/não passa – dispositivo que averigua (sem medir) se uma determinada cota se encontra na tolerância especificada pelo Departamento do Desenvolvimento do Produto

Outro aspeto cuja análise teve especial interesse foi o processo de cravação da chapa sensor nas costas do absorvedor, que apesar de não se poder eliminar, pode ser melhorado no que diz respeito à ergonomia e segurança do processo. Na Tabela 5, é possível verificar os problemas existentes neste posto:

**Tabela 5** Problemas de ergonomia e segurança no posto 30

<b>Posto 30: Problemas de ergonomia e segurança no processo</b>	
<b>Causas</b>	<b>Efeitos</b>
Suporte da pistola encontra-se do lado esquerdo do aplicador	Obriga o operador a movimentar a pistola outra vez para o lado direito para aplicar o silicone
Mangueira da pistola do silicone está solta	Atrapalha postura e deslocação do operador
Caixa das chapas sensor encontra-se no lado oposto ao sítio da sua utilização	Obriga o operador a fazer um movimento de 180°, comprometendo a ergonomia do posto
	Espaço de trabalho é reduzido

É importante referir que os problemas de ergonomia que estão demonstrados na tabela 5, podem traduzir-se, durante um turno de trabalho, em perdas de produtividade devido ao desgaste que a operação implica. Portanto, ao melhorar-se este posto de trabalho está-se a permitir que este seja realizado mais facilmente, o que se poderá traduzir numa maior facilidade de satisfazer a produção exigida. Na Figura 29 pode-se constatar os problemas descritos na tabela da tabela 5:



**Figura 29** Ergonomia deficiente no posto de colocação da chapa sensor

## 5 Desenvolvimento dos projetos de otimização da linha de produção

Ao iniciar este capítulo convém esclarecer que o mesmo dará continuidade aos problemas identificados no capítulo 4, mas desta vez, com o intuito de explicar quais foram as soluções desenvolvidas e os projetos realizados para que fosse possível, de facto, otimizar a linha de produção do novo coletor solar FS.

Estes projetos assentam, sobretudo, em objetivos de redução de custos, tempos de produção e desperdícios, nomeadamente controlos desnecessários e paragens não planeadas. Para isso, teve que existir, entre os departamentos de produção e técnico de desenvolvimento do processo, uma perfeita sintonia na troca de ideias ao nível de questões operacionais e disponibilização de amostras para realizar testes de experimentação.

Neste capítulo far-se-á frequentemente referência aos estudos de capacidade que foram realizados em diversas vertentes. Como objetivo, os processos serão considerados com capacidade se o índice atingir o valor de 2 ao fim de 25 amostras, ou o valor 1,67 ao fim de 50 amostras. Em caso contrário, o processo ainda não está satisfatoriamente capaz ao nível da qualidade.

### 5.1 Teste de extração da chapa (*Shear Force*): diminuição da frequência da sua realização

O *Shear Force* foi originalmente introduzido pelo departamento de engenharia e desenvolvimento do produto em *Wettringen*, para verificar a fiabilidade do processo de soldadura ultrassónica da chapa de alumínio aos *lead pipes* de cobre do novo coletor solar pois no que diz respeito à qualidade, particularmente de produtos novos lançados no mercado, o sistema BPS (referenciado no capítulo 2) baseando-se em princípios de qualidade perfeita e de fiabilidade de entrega procura sempre atingir competências diferenciadoras

Como já foi referido no capítulo 4, este teste é efetuado no início de cada turno para garantir que a qualidade de produção, neste caso específico a qualidade da soldadura, é assegurada no absorvedor. É necessário referir que o motivo pelo qual fez o departamento de produção (concretamente a unidade do solar) duvidar da necessidade da realização do teste com esta frequência prende-se ao facto de, em toda a produção que foi realizada até agora, não se ter obtido um único resultado negativo, suscetível de por em causa a qualidade da produção.

### 5.1.1 Procedimento do teste *Shear Force*

Em termos de procedimento, o teste *Shear Force* consiste no seguinte: são cortados 9 provetes no 1º *lead pipe* a ser soldado e 9 provetes no 8º *lead pipe* (último): 6 provetes, efetivamente, para a realização do teste e 12 provetes de referência que, para além de funcionarem como tal, servem também como provetes “suplentes” caso seja necessário também testá-los (Figura 30):

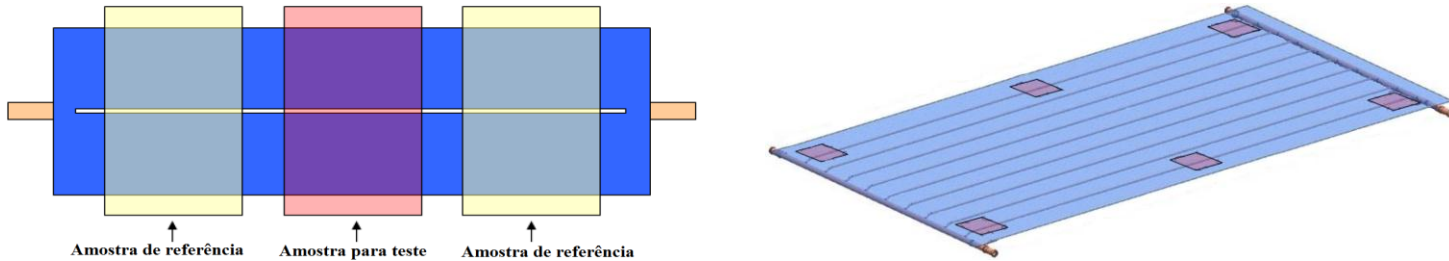


Figura 30 Amostras de referência e de teste para o *Shear Force*

Estes provetes têm que respeitar as seguintes medidas (Figura 31):

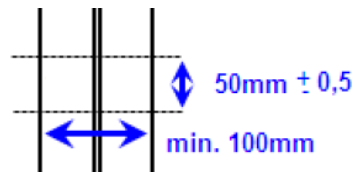


Figura 31 Dimensões dos provetes

Depois de serem preparados os provetes para o teste de arrancamento, estes são finalmente experimentados numa máquina de ensaio cujo objetivo é aplicar uma força que vai aumentando progressivamente até ocorrer a rotura dos dois materiais (*lead pipes* de cobre e chapa de alumínio).

Visto o programa de computador que está atualmente ligado a máquina de ensaio, responsável por indicar a força aplicada em *newtons*, não ser capaz de relatar o valor máximo medido (valor de rotura do provete), o operador tem que estar com uma atenção constante ao valor que vai sendo exibido no ecrã e que vai aumentando a um ritmo muito rápido, pelo que muitas vezes se torna impercebível o valor máximo atingido; posto isto é registado o valor que o operador acha que foi o mais elevado.

Para concluir finalmente se a máquina de soldadura ultrassónica está apta a produzir, o operador tem que analisar os valores de força encontrados para os 6 provetes e verificar as seguintes condições:

Força média [ N / 50mm ]	Força mínima [ N / 50mm ]
≥ 2000	1700

Caso estes valores não sejam respeitados, o operador tem:

- Caso a força mínima não seja atingida - realizar um ensaio às amostras de referência, exibidas na Figura 30, correspondentes ao provete que revelou o valor não conforme;

- Caso a força média não seja atingida - realizar um ensaio às amostras de referência, exibidas na Figura 30, correspondentes aos provetes que apresentaram valores inferiores a 2000N.

No caso de os resultados nos segundos ensaios não cumprirem as especificações, é realizado exatamente o mesmo teste a um segundo absorvor e se esta especificação de qualidade continuar a não cumprida, a produção é suspensa e é iniciada uma análise de causa pelos responsáveis dos departamentos da Qualidade, Produção e Técnico.

### 5.1.2 Otimização do teste *Shear Force*

A decisão de se averiguar a necessidade efetiva da realização deste teste, adveio do feedback vindo da produção que revelou que nenhum absorvor, até então, tinha reprovado à especificação de qualidade. Tendo por base este facto, foi feito um estudo de capacidade dos resultados do *Shear Force* obtidos nos primeiros meses de produção.

O primeiro estudo que se fez para verificar qual era a capacidade do processo que existia até então, obrigou a esperar até que fossem realizados pelo menos 25 dias de trabalho para se atingir o mínimo de amostras então exigido para a realização do mesmo. No anexo B encontra-se a explicação da configuração dos provetes e o local de onde são retirados do absorvor, para que os gráficos seguintes que evidenciam os resultados obtidos das amostras, sejam perceptíveis. As Figura 32 e Figura 33 mostram o resultado do teste *Shear Force* nos 25 primeiros turnos de produção:

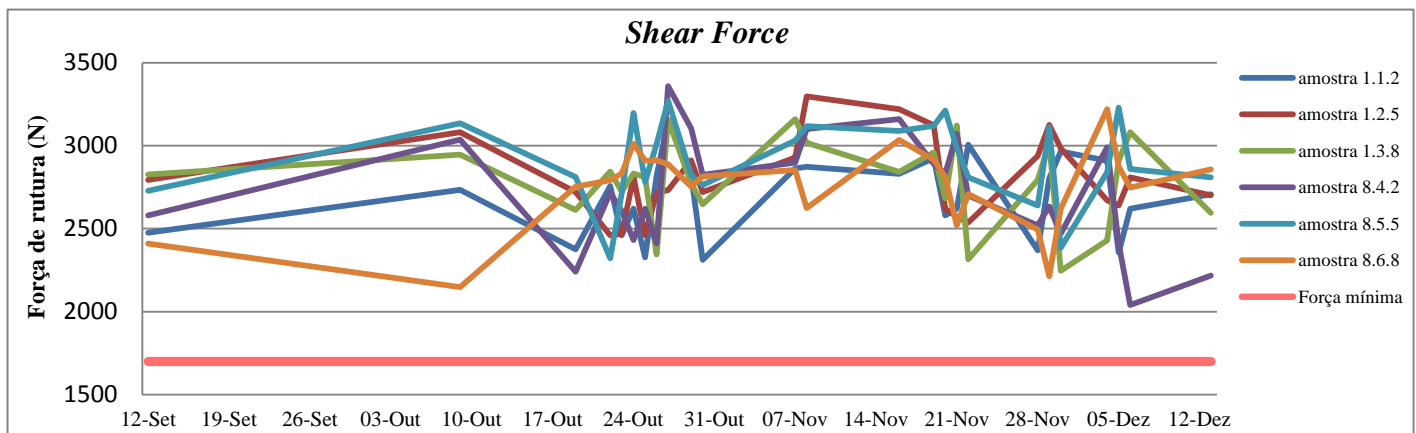


Figura 32 *Shear Force* mínimo das amostras

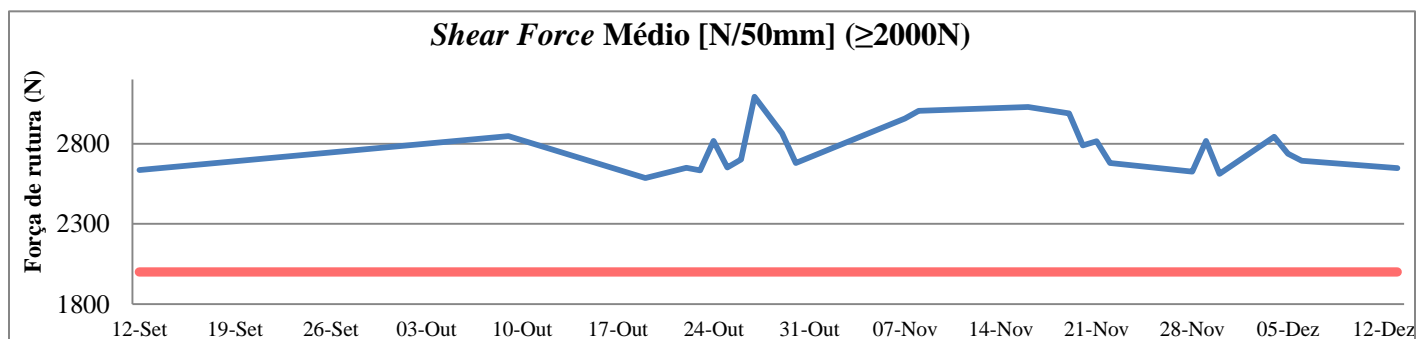


Figura 33 *Shear Force* médio das amostras



Apesar da análise de Pareto das principais perdas ter sido analisada para os meses de Outubro e Novembro, aproveitou-se as 6 unidades produzidas nos meses de Setembro e Dezembro para perfazer as 25 amostras, considerando um processo com distribuição normal.

Através da análise dos gráficos das Figura 32 e Figura 33 pode-se comprovar que houve uma produção bastante inconstante ao longos dos primeiros meses devido ao facto de se estar numa fase de lançamento do novo coletor solar e o mercado não estar, para já, a solicitar muito este modelo. Verifica-se também que o período que mais se produziu situou-se sobretudo na 2ª metade do mês de Outubro, mas também em finais do mês de Novembro e inícios do mês de Dezembro.

Relativamente a este teste é importante referir que os limites foram considerados unilaterais visto o limite superior ser infinito, pois não existe uma força máxima admissível. Este aspeto estará reproduzido na igualdade dos dois índices de capacidade, interessando assim verificar apenas o  $C_{mk}$  que avalia se a amostragem consegue ficar centrada suficientemente acima do limite inferior para que a dispersão fique contida também acima daquele limite.

Conclui-se que, de facto, toda a produção ficou bem acima das especificações exigidas, quer para o valor mínimo de rutura encontrado, quer para o valor médio.

Na Tabela 6, é possível verificar os valores de  $C_m$  e  $C_{mk}$  que foram determinados:

**Tabela 6**  $C_m$  e  $C_{mk}$  dos primeiros turnos de produção

<b>Característica</b>	<b><math>C_m</math></b>	<b><math>C_{mk}</math></b>
<b>Conjunto amostra 1.1.2</b>	<b>1.399</b>	<b>1.399</b>
<b>Conjunto amostra 1.2.5</b>	<b>1.539</b>	<b>1.539</b>
<b>Conjunto amostra 1.3.8</b>	<b>1.403</b>	<b>1.403</b>
<b>Conjunto amostra 8.4.2</b>	<b>1.019</b>	<b>1.019</b>
<b>Conjunto amostra 8.5.5</b>	<b>1.618</b>	<b>1.618</b>
<b>Conjunto amostra 8.6.8</b>	<b>1.427</b>	<b>1.427</b>
<b>Shear Force médio</b>	<b>1.752</b>	<b>1.752</b>

Através dos resultados obtidos podemos verificar que, apesar de, até a data, ainda não ter sido encontrada nenhuma falha de especificação, o processo não está capaz de garantir uma qualidade satisfatória para se ponderar eliminar este teste. Isto deve-se ao facto do  $C_m$  e do  $C_{mk}$ , das amostras individuais, serem inferiores a 1,67, no entanto, verifica-se que se fosse possível testar mais 25 absorsores e os valores de rutura não variassem demasiado, garantindo valores de  $C_m$  e  $C_{mk}$  superiores a 1,67, esta especificação apresentaria capacidade.

Posto isto, tentou-se analisar erros e falhas que existiam na realização deste teste e chegou-se a conclusões nos aspetos seguintes:

### **Não conformidade no comprimento dos provetes**

Os provetes quando eram cortados, não estavam a cumprir a especificação dos 50mm de comprimento, tendo-se encontrado valores de 46mm a 48mm. Esta falha ocorreu devido à lâmina da serra elétrica, que se usa para cortar os provetes, ter uma espessura que ultrapassa a medição pré-feita pelo operador. Retira-se, assim, conclusões erradas do teste pois, se é necessária uma determinada força para arrancar, por exemplo, 47mm de soldadura, então será mais difícil arrancar 50mm de soldadura. No entanto, este erro, ao nível da produção, acaba por ser mais benéfico pois está-se a assegurar, com um maior coeficiente de segurança, que têm uma boa qualidade de soldadura.

### Não conformidade no registo da força de rutura

O valor registado pelo operador não era o valor real encontrado pela máquina devido ao facto do computador exibir valores durante o ensaio, que vão aumentando rapidamente e o operador não ter, na maior parte das vezes, a capacidade de visualizar qual o valor certo. Através de um conhecimento mais aprofundado do *software* utilizado pelo computador para ler os valores dados pela máquina de ensaio (explicado mais à frente), verificou-se que havia uma disparidade em cerca de 80N por defeito, ou seja, os valores reais verificados eram superiores aos lidos pelo operador.

### Não conformidade no procedimento do teste

O facto deste teste, até então, já ter sido realizado por 3 operadores diferentes e não haver uma instrução operacional oficial que explique e padronize todo o processo, desde a forma como são cortados os provetes do absorvitor até à montagem dos dispositivos específicos necessários para a realização do teste na máquina de ensaio, explica que se tenha verificado uma grande diferença nos procedimentos de cada operador, nomeadamente na zona de remoção das amostras no absorvitor de teste, no comprimento dos provetes, na montagem dos dispositivos na máquina de ensaio e no registo dos valores de rutura.

Após se verificarem estas não conformidades, procedeu-se a uma simulação de um estudo de capacidade das amostras que já se tinha feito até então, mas, desta vez considerando as não conformidades do comprimento dos provetes e do registo da força de rutura. Assim, utilizando os valores de rutura anteriores, foi razoável aumentá-los da seguinte forma:

- Multiplicou-se os valores encontrados pela relação direta que existe entre a força necessária para arrancar 47mm e 50mm:  $\frac{50}{47} = 1,064$ , ou seja, aumentou-se cerca de 6,4%;
- Conjuntamente, somou-se 80N à metade do conjunto de amostras que apresentavam valores mais baixos, por forma a compensar a falha de leitura por parte do operador, simulando que foram estes os valores mais prováveis de terem sido mal lidos.

Os valores que se obtiveram com esta simulação estão demonstrados nos gráficos do anexo C devido ao seu tamanho.

Desta vez, os valores de  $C_m$  e  $C_{mk}$  que se encontraram foram os seguintes:

**Tabela 7**  $C_m$  e  $C_{mk}$  simulados para compensação das não conformidades

<b>Característica</b>	<b><math>C_m</math></b>	<b><math>C_{mk}</math></b>
<b>Conjunto amostra 1.1.2</b>	1.718	1.718
<b>Conjunto amostra 1.2.5</b>	1.869	1.869
<b>Conjunto amostra 1.3.8</b>	1.687	1.687
<b>Conjunto amostra 8.4.2</b>	1.261	1.261
<b>Conjunto amostra 8.5.5</b>	1.990	1.990
<b>Conjunto amostra 8.6.8</b>	1.600	1.600
<b>Shear Force médio</b>	2.681	2.681

Após esta simulação, concluiu-se que simulou-se uma melhoria significativa nos índices de capacidade da máquina visto ter-se atingido, para a maior parte das características testadas, valores superiores a 1,67 (valor necessário para concluir capacidade ao fim de 50 amostras). Em relação ao *Shear Force* médio, a máquina apresenta desde já capacidade ao fim de 25 amostras

pois os índices encontram-se bastante superiores a 2,0 (valor necessário para concluir capacidade ao fim de 25 amostras).

No que diz respeito às amostras, grande parte destas sugere que existirá capacidade ao fim de 50 amostras, caso não haja uma grande variação dos valores encontrados até agora, no entanto excetua-se o conjunto de amostras 8.6.8 que apresenta valores de  $C_m$  e  $C_{mk}$  um pouco abaixo do índice de capacidade e o conjunto das amostras 8.4.2 que ainda se encontra um pouco aquém na confiança do processo.

Conclui-se então que, caso seja possível eliminar as não conformidades deste teste, relatadas anteriormente, estar-se-á em melhor posição para sugerir a redução da frequência deste teste.

### 5.1.3 Eliminação das não conformidades do teste *Shear Force*

#### Comprimento dos provetes

Para que os provetes fossem devidamente cortados, ou seja, garantindo a tolerância máxima exigida pelo teste ( $\pm 0,5\text{mm}$ ), colocou-se um batente na serra elétrica, que é responsável por cortar os provetes, para ser possível ao operador cumprir com as especificações. Esta melhoria mostrou ser capaz de resolver este problema pois nos 10 absorvedores posteriormente testados nunca mais se verificou provetes fora de especificação. A Figura 34 mostra essa melhoria:



Figura 34 Batente implementado na serra elétrica

#### Registo da força de rutura

Para ter a certeza que os valores registados da força de rutura eram os corretos, teve que se recorrer a uma funcionalidade que o *software*, do programa utilizado para o ensaio de rutura, disponibiliza: o *Graphic Parameters*. Esta função permite fazer um *zoom* ao gráfico que foi registado no ensaio alterando os parâmetros da escala de valores de força e de distância percorrida pelo dispositivo de arrancamento. Desta forma e procedendo a uma série de iterações é possível achar o ponto de inflexão da curva, ou seja, o verdadeiro valor da força de rutura. Este recurso passou a ser utilizado quando, por qualquer motivo, o operador não tinha a capacidade de perceber qual tinha sido o valor atingido pela máquina. O recurso não era sistematicamente utilizado porque a utilização desta funcionalidade é um pouco mais morosa (2 minutos). O anexo D demonstra a vantagem do recurso desta funcionalidade.

### Procedimento do teste

O procedimento do teste passou a ser seguido da mesma forma por todos os operadores através da utilização de uma instrução operacional que foi criada especificamente para o efeito e tem o objetivo de “guiar” o operador no sentido de não permitir que este se afaste muito do procedimento correto, nomeadamente na definição dos provetes e na montagem dos dispositivos da máquina de ensaio. Esta instrução operacional, devido ao seu tamanho, foi remetida para o anexo D.

#### 5.1.4 Resultados e conclusões após as melhorias

Após a implementação das melhorias tentou-se verificar qual tinha sido o impacto que estas tinham nos valores do teste do *Shear Force* e num novo estudo de capacidade. No entanto, devido à falta de produção que se verificou no mês de Janeiro não se pôde utilizar o procedimento normal para fazer o teste pois não havia absorsores suficientes que se pudessem colocar para a sucata. Por isso, conseguiu-se a permissão para realizar o teste em 6 absorsores próprios para o efeito. Como um estudo de capacidade para 6 amostras é demasiado vago, considerou-se os 8 *lead pipes* fazendo um provete no início, no meio e no fim de cada *lead pipe*. Os resultados deste teste encontram-se no anexo E.

Os índices de capacidade que se encontraram com a realização deste teste estão na Tabela 8:

Tabela 8  $C_m$  e  $C_{mk}$  após as melhorias implementadas

<b>Característica</b>	<b><math>C_m</math></b>	<b><math>C_{mk}</math></b>
<b>Conjunto amostra 1.1.2</b>	2.383	2.383
<b>Conjunto amostra 1.2.5</b>	2.177	2.177
<b>Conjunto amostra 1.3.8</b>	1.885	1.885
<b>Conjunto amostra 8.4.2</b>	1.766	1.766
<b>Conjunto amostra 8.5.5</b>	1.748	1.748
<b>Conjunto amostra 8.6.8</b>	2.118	2.118
<b><i>Shear Force</i> médio</b>	3.120	3.120

Apesar de este teste não ter sido realizado com as amostras retiradas de absorsores da produção habitual, é razoável concluir-se que houve uma grande melhoria no processo de medição que servia para calcular os índices de capacidade da máquina ( $C_m$  e  $C_{mk}$ ) pois os 6 absorsores que foram utilizados foram produzidos em semanas distintas e por 3 operadores diferentes (2 absorsores cada um). Verificou-se que era necessário continuar o teste para apenas 3 amostras e que, caso não houvesse grande variação de valores, o estudo revelaria capacidade ao fim de 50 ensaios para cada uma delas.

Após se garantir capacidade nas 3 amostras que faltam, estar-se-ia em condições de propor a redução da frequência deste teste podendo poupar, em média, 45 minutos do tempo de trabalho efetivo de um trabalhador em cada turno de produção.

### 5.1.5 Outras Melhorias

Foram ainda melhorados outros dois aspetos que tinham um grande potencial de serem otimizados, nomeadamente a folha de registo que era utilizada para o registo das forças nos provetes e a identificação que se usava para diferenciar o local do absorvedor de onde eram retiradas as diferentes amostras.

#### Registo do teste

Foi criado um *template* utilizando um *software* para que o registo fosse feito numa folha *Excel* e o operador pudesse obter o resultado do teste (positivo ou negativo) automaticamente no que diz respeito à força média encontrada e à força mínima. O *template* contém também uma ilustração da nova configuração de identificação das amostras para que seja mais fácil ao operador a perceção das amostras que foram testadas. Este *template* encontra-se no anexo F.

#### Identificação das amostras

Havia alguma dificuldade, por parte dos operadores, em identificar com facilidade as amostras que eram realizadas. Por conseguinte, passou-se a identificá-las da seguinte forma:

1. O primeiro dígito corresponde ao nº do *lead pipe* da amostra;
2. O segundo dígito identifica a zona do *lead pipe* da amostra (início, meio ou fim da soldadura);
3. O 3º dígito aponta-nos se a amostra é a de teste (2) ou se é a de referência (1;3).

## 5.2 Redução no tempo de *setup*

A redução do tempo da troca de ferramentas para as máquinas de escovagem e soldadura apresentou-se como uma melhoria fulcral devido à necessidade da criação de documentação que estandardizasse o *setup* das máquinas. A implementação de um *Quick Change Over* tornou-se um componente bastante importante na formação dos operadores para um maior autocontrolo e ergonomia do processo, aumentando as tarefas normalizadas e a segurança das mesmas. Estudou-se, então, quais os passos verdadeiramente necessários para a realização do *setup* e tentou-se sequenciá-los da melhor forma, evitando movimentos desnecessários. Desta forma, criou-se 4 documentos, padronizados como *Quick Change Over's*, responsáveis por formar e instruir os operadores na troca de ferramentas do modelo de 1m<sup>2</sup> para 2m<sup>2</sup> e vice-versa, para cada uma das máquinas (escovagem e soldadura). Estes documentos encontram-se no anexo G.

Para além desta questão da formação dos operadores, foi também necessário melhorar o processo no sentido da disponibilidade das ferramentas para a execução do mesmo, também em termos de ergonomia.

Posto isto, criou-se um posto na máquina de escovagem para a colocação das ferramentas necessárias para a realização do *setup* nas duas máquinas. Isto permite que o operador não tenha que se deslocar a outros postos de trabalho da fábrica à procura de ferramentas para o efeito, evitando desperdiçar tempo. Colocou-se, também, um suporte na máquina de soldadura para alocar os calçadores que não estão no momento a ser utilizados (1m<sup>2</sup> ou 2m<sup>2</sup>). Estes dispositivos têm um peso considerado e, devido ao facto deste suporte se encontrar perto do local da utilização dos mesmos, permite que seja mais fácil montá-los quando necessário.

A Figura 35 e a Figura 36 mostram a implementação destas melhorias:



**Figura 35** Caixa com ferramentas para realização de setups na célula FS



**Figura 36** Suporte de descanso na máquina de soldadura para os calçadores

Com estas melhorias e, sobretudo, devido ao facto de se ter criado as *Quick Change Over's* foi possível reduzir satisfatoriamente os tempos de *setups*, como se pode verificar na Tabela 9:

**Tabela 9** Otimização do *setup* da célula FS

	Antes	Depois			Otimização
		Máq. Soldar	Máq. Escovar	Total	
<b>Tempo: <math>1m^2 \rightarrow 2m^2</math></b>	17 min	≈ 9 min	≈ 6 min	≈ 15 min	-9,3%
<b>Tempo: <math>2m^2 \rightarrow 1m^2</math></b>	25 min	≈ 9 min	≈ 8 min	≈ 17 min	-31,8%

### 5.3 Melhoria na afinação dos batentes na máquina de soldadura

Como foi explicado no capítulo 4, a introdução da chapa na máquina de soldadura não estava a ser colocada na posição correta imposta pela máquina e traduzia-se constantemente num atraso no processo de soldadura. Isto acontecia porque o operador tinha dificuldades em conseguir colocar os semáforos a verde, os quais são responsáveis por dar permissão para se iniciar o processo de soldadura. No entanto, verificou-se após uma consulta dos parâmetros de controlo *standard* da máquina, que a tolerância utilizada era de 0,1mm o que aumentava muito a precisão com que o operador tinha que lidar. Tomou-se então a iniciativa de comunicar esta situação ao departamento de engenharia de desenvolvimento do produto em *Wettringen* disponibilizando o histórico dos controlos efetuados à soldadura, com o objetivo de aumentar a tolerância dos sensores para 0,2mm, o que permitiria menos paragens e menos dificuldade em dar início ao processo de soldadura. Após alguma discussão e troca de ideias apenas se poderia alterar este parâmetro específico da máquina, desde que garantíssemos as cotas mais críticas do absorvedor (Figura 27). Por isso, realizou-se um estudo de capacidade a essas cotas com o aumento da tolerância dos sensores para se poder aprovar esta alteração. O resultado do teste para as primeiras 25 amostras está demonstrado no anexo H e apresenta valores bastante favoráveis pois apresentam pouca variância e mantêm-se bem dentro dos limites de tolerância. Desta forma,



partiu-se para o cálculo dos índices de capacidade  $C_m$  e  $C_{mk}$ , obtendo-se os seguintes valores, demonstrados na Tabela 10:

**Tabela 10** Testes de capacidade após alteração de tolerância dos três sensores "semáforo" de  $\pm 0.1$ mm para  $\pm 0.2$ mm

<b>Característica</b>	<b><math>C_m</math></b>	<b><math>C_{mk}</math></b>
<b>Distância do centro do <i>header pipe</i> ao cut-out (lado de referência)</b>	3,343	2,686
<b>Distância do centro do <i>lead pipe</i> exterior à extremidade da chapa - Lado de referência (junto ao <i>cut-out</i>)</b>	3,712	2,667
<b>Distância do centro do <i>lead pipe</i> exterior à extremidade da chapa - Lado de não-referência (oposto ao <i>cut-out</i>)</b>	4,054	3,198

Para uma melhor compreensão da diferença das características testadas, nomeadamente na diferença existente entre os lados de referência e não-referência, pode-se consultar o anexo L. De facto, os resultados obtidos foram excelentes, revelando que ao fim de 25 amostras o sistema já apresenta capacidade pois apresenta valores de  $C_m$  e  $C_{mk}$  bastante superiores a 2,0. Com este estudo pode-se finalmente comprovar que a tolerância demasiado apertada dos sensores dos semáforos da máquina de soldadura não era necessária e só estava a causar paragens não planeadas desnecessárias, verificando-se um *over-processing* (um dos mudas identificados pelo Ohno). Após ter sido alterada a tolerância para 0,2mm nos parâmetros da máquina, o histórico revela que nunca mais houve problemas ou paragens na produção por causa deste assunto.

#### 5.4 Otimização do processo no posto 30 da célula FS

Como foi explicado no capítulo 4, o controlo a 100% que se faz à distância entre *header pipes* está contabilizado no balanceamento da célula e por isso não representa uma paragem não planeada, ou seja, assumiu-se que era um passo essencial na produção do absorvedor que esta célula produz. No entanto, foi posta em causa a real necessidade da execução deste passo quando foi conseguido que fosse alterada a tolerância da distância entre *header pipes* através de uma discussão com o departamento de engenharia de desenvolvimento do produto em *Wettringen*. A tolerância inicial para a distância entre *header pipes* era de  $\pm 1,2$  mm e após o primeiro estudo de capacidade chegou-se à conclusão que o processo produtivo só era capaz para uma tolerância de  $\pm 3,5$ mm. Como tal, pediu-se a “*Wettringen*” para aumentar a tolerância para  $\pm 3,5$ mm, no entanto, após este realizar um estudo de tolerâncias verificou que só poderia aumentar a tolerância até  $\pm 2,2$ mm. Procedeu-se então para a alteração desta especificação para  $\pm 2,2$ mm, enquanto que se ficou de analisar possíveis melhorias de processo para atingir capacidade para esta nova tolerância. Suspeitou-se que o sistema de endireitamento dos *lead pipes* dentro da máquina de soldadura ultrassónica poderia estar a causar a falta de capacidade no lado de trás dos absorvedores. No entanto, este sistema não podia ser desativado pois era necessário para evitar encravamentos na máquina ultrassónica. Juntamente com a equipa do Solar, realizou-se assim várias melhorias no processo de desenrolamento e endireitamento dos *lead pipes*, o que levou a uma melhoria substancial do empeno das harpas, que por sua vez permitiu que fosse possível desativar o sistema de endireitamento dos *lead pipes* na máquina de soldadura ultrassónica. Esta alteração representa um acréscimo de 1mm de tolerância da distância entre *header pipes* visto ter-se passado de  $1882 \pm 1,2$ mm para  $1882 \pm 2,2$ mm (ver anexo L).

A forma de poder confirmar a possibilidade de eliminar este controlo a 100% é através de um estudo de capacidade que comprove a garantia da conformidade desta cota específica em 25 amostras aleatórias. Os resultados obtidos neste teste estão demonstrados no anexo I mostram que

estão dentro da tolerância imposta, no entanto, os índices  $C_m$  e  $C_{mk}$  mostram que ainda não existe capacidade da máquina para garantir qualidade que satisfaça esta cota a longo prazo pois o  $C_{mk}$  associado à distância entre *header pipes* do lado de não-referência encontra-se abaixo de 2,0, tal como está refletido na Tabela 11:

Tabela 11 Teste de capacidade da distância entre *header pipes* (25 amostras)

<b>Característica</b>	<b><math>C_m</math></b>	<b><math>C_{mk}</math></b>
<b>Distância entre <i>header pipes</i> (lado de referência)</b>	2,978	2,118
<b>Distância entre <i>header pipes</i> (lado de não-referência)</b>	2,026	1,815

Assim sendo, teve que se testar mais 50 amostras aleatórias (anexo I) para se poder comprovar que os valores de  $C_m$  e  $C_{mk}$  permaneciam acima de 1,67 mostrando assim capacidade da máquina. Desta vez, os resultados obtidos foram os seguintes (Tabela 12):

Tabela 12 Teste de capacidade da distância entre *header pipes* (50 amostras)

<b>Característica</b>	<b><math>C_m</math></b>	<b><math>C_{mk}</math></b>
<b>Distância entre <i>header pipes</i> (lado de referência)</b>	2,991	1,956
<b>Distância entre <i>header pipes</i> (lado de não-referência)</b>	2,489	2,292

De facto, foi possível comprovar ao fim de 50 amostras que os 2 índices de cada um dos lados apresentavam capacidade ( $> 1,67$ ).

Este teste pôde finalmente provar que o controlo a 100% não é essencial para a produção de um absorvedor e que se consegue evitar que se perca tempo com este passo, logo, a partir do mês de Janeiro de 2013, foi possível remover do balanceamento esta etapa, poupando 37 segundos da produção de um absorvedor. Esta alteração permitiu otimizar esta célula da seguinte forma (Tabela 13):

Tabela 13 Otimização da célula FS após remoção do controlo a 100% da distância entre *header pipes*

	<b>Tempo ciclo planeado (s)</b>	<b>Otimização</b>	<b>Capacidade planeada (unid)</b>	<b>Otimização</b>
<b>Antes</b>	311.9	-5.9%	81	-5.8%
<b>Depois</b>	293.4		86	

### Melhorias de ergonomia e segurança

Foram também implementadas, no posto 30 da célula FS, melhorias relacionadas com a ergonomia e segurança do processo para colmatar os problemas descritos na Tabela 5. Assim, primeiramente analisou-se quais os problemas e em seguida estudou-se qual seria o resultado das melhorias sugeridas. Estas, após aprovadas pelo departamento de produção, foram prontamente implementadas no posto. A implementação destas melhorias apresenta-se no anexo J. Desta forma, está-se mais uma vez a aplicar uma metodologia base da filosofia BPS e TPM, que visa a transparência, a limpeza e a normalização dos processos.



## 6 Conclusões e sugestões de estudos futuros

O conceito de otimização atualmente assume um papel de extrema importância em todas as organizações devido ao fator competitividade cada vez mais preponderante no mercado mundial. Assim sendo, as empresas estão focadas em obter um retorno máximo dos seus ativos e recursos e, para isso, as ineficiências e perdas devem ser combatidas. Tendo em vista este objetivo, a melhoria contínua abraça intimamente a metodologia *Lean* formando um componente imprescindível no crescimento económico de uma empresa. Fica, então, claro que a melhoria contínua é o motor responsável pelo aumento constante de eficiência e rendimento numa empresa que tenha bem implementados os conceitos de produção *Lean*.

Foram já apresentados pontualmente para cada medida os resultados obtidos. Este capítulo terá o papel de reunir as conclusões gerais, o panorama atual do trabalho desenvolvido e as perspectivas de trabalhos futuros, vincando a máxima da melhoria contínua na otimização de uma linha de produção. Estes subprojectos, apesar de não estarem diretamente relacionados entre si, assentam no mesmo princípio da redução de desperdícios.

### Diminuição da frequência da realização do teste *Shear Force*

Desde o início da sua abordagem, este projeto revelou ser aquele que mais permitiria ganhos de eficiência, visto o teste *Shear Force* exigir bastante tempo para a sua execução, cerca de 45 minutos em média por turno, assumindo-se assim como a principal perda de pareto (11,53%). Para além deste problema, foi importante verificar que existiam algumas não conformidades no seu procedimento o que levaria eventualmente a conclusões erradas.

Uma das principais não conformidades consistia nas dimensões erradas dos provetes pois estes não estavam a cumprir a especificação de 50mm de comprimento, em vez disso, estavam a ter em média 47mm porque a grossura da lâmina da serra elétrica que corta os provetes ultrapassava a tolerância especificada sem os operadores se aperceberem. Esta falha provocava uma conclusão errada porque estava-se a admitir, por negligência, que a força encontrada para arrancar 47mm de soldadura é a mesma para arrancar 50mm, o que não é verdade pois é proporcionalmente inferior. Por isso, colocou-se um batente na serra elétrica especialmente destinado à produção dos provetes para o teste e, assim, o operador encostando as lamelas do absorvitor ao batente garante automaticamente os 50mm de comprimento.

Outra não conformidade verificada no ensaio propriamente dito foi o facto da leitura que o operador fazia não ser o valor real. Isto adveio do facto do *software* utilizado não indicar diretamente a força máxima encontrada, por outro lado, apenas apresentava o crescimento rápido e contínuo dos valores de força medidos pela máquina de ensaio e o operador precisava de estar com muita atenção para registar o máximo valor que visualizava no ecrã. Por isso tentou-se estudar melhor as funcionalidades do *software* e conseguiu-se perceber que era possível, através de um conjunto de iterações, ajustar os limites e a escala do gráfico para ser perceptível o ponto de inflexão da curva, ou seja, o ponto onde se atinge a rutura da soldadura. Através de um

acompanhamento diário com os operadores neste teste, encontrou-se discrepâncias de 80N naquilo que o operador achava que tinha visto em relação ao valor real. Desta forma, implementou-se uma instrução operacional que explica ao operador como proceder relativamente ao uso da funcionalidade de alteração da escala do gráfico, realizando assim um *zoom* à curva do mesmo. Aproveitando o facto de se fazer uma instrução operacional para a leitura exata da força máxima medida, completou-se esta instrução descrevendo e padronizando todos os passos que devem ser seguidos na realização do teste, desde a produção dos provetes até ao ensaio propriamente dito, diminuindo ao máximo a variabilidade de procedimentos inerentes às diferenças que existem em cada operador.

Procedeu-se também a mais duas melhorias: modificou-se o modo de registo do teste, passando a registar-se num *template* utilizando o *software Excel®* que permite conclusões imediatas e mais fidedignas e alterou-se a configuração que se utilizava para identificar as amostras, tornando mais fácil a leitura e compreensão por parte do operador.

Para ajudar na compreensão que cada não conformidade tinha no impacto da força de arrancamento medida, foram realizados estudos de capacidade para medir, de certo modo, o progresso que estava a ser feito. Por fim, foi feito um teste de capacidade, pesando todas as melhorias que foram realizadas e concluiu-se que é possível reduzir a frequência com que é realizado este teste.

Por ainda não ter sido realizado um teste com produção normal, devido à diminuição de encomendas, ainda não pôde ser feito um teste oficial que possa comprovar os resultados obtidos até então. Desta forma, fica como um trabalho futuro realizar um teste de capacidade em produção normal, ou seja, quando houver resposta do mercado, para se considerar finalmente a eliminação deste teste. Com isto, aumentar-se-ia grandemente a eficiência da célula. Outro estudo que já está a ser realizado, com a ajuda do novo *template* usado para o registo do teste *Shear Force* é verificar qual é a potência utilizada pelo sonotrodo, responsável pela soldadura, em cada *lead pipe* que é posteriormente usado para o teste. Isto permitirá analisar se existe alguma relação evidente na força de rutura ensaiada numa amostra de um *lead pipe* com a potência de produção utilizada nesse mesmo *lead pipe*. Se ao fim de um período de experimentação isto acontecer, poder-se-á verificar quais são os limites de potência aos quais a força de rutura encontrada se aproxima de valores mais críticos no ponto de vista das especificações do teste. Com este estudo, pretende-se que no futuro apenas seja realizado este teste, quando for detetada na produção uma variância na potência utilizada que comprometa posteriormente o valor de força de rutura.

### **Redução no tempo de *Setup***

A célula FS atualmente apresenta um nível de otimização elevado que permite uma produção flexível às solicitações do mercado, conseguindo bons níveis de produção. O que motivou este projeto foi o facto de nunca se ter quantificado os tempos de *setup* dos equipamentos e não se ter estabelecido uma sequência otimizada dos passos a seguir para a realização do mesmo.

Com base nos princípios *Lean*, os principais aspetos que foram trabalhados através da implementação de *Quick Change Over's* na célula são: balanceamento das tarefas de *setup*, estandardização dos processos produtivos e redução de desperdícios. Os resultados obtidos com este projeto foram bastante positivos, visto ter sido atingido o objetivo previsto de reduzir as operações de *setup* em 10%. Diminuiu-se desta forma, para a troca de ferramentas, o tempo do modelo de 1m<sup>2</sup> para 2m<sup>2</sup>, de 17 minutos para 15 minutos otimizando 9,3% e o tempo do modelo de 2m<sup>2</sup> para 1m<sup>2</sup>, de 25 minutos para 17 minutos otimizando 31,8%.

### **Melhoria na afinação dos batentes na máquina de soldadura**

O teste de capacidade foi uma ferramenta crucial para a implementação desta melhoria visto ter possibilitado a comprovação de que as alterações que foram feitas aos parâmetros de máquina, não terem comprometido a garantia das especificações das cotas mais críticas do absorvedor. Este projeto permitiu também estabelecer algum contacto com o departamento de engenharia e desenvolvimento do produto na fábrica da Alemanha, para perceber e adquirir mais algum conhecimento acerca dos conceitos e abordagens que este departamento desenvolve.

Esta melhoria foi 100% eficaz, visto terem sido eliminadas todas as paragens não planeadas que se verificavam quando os operadores inseriam a chapa de alumínio na máquina de soldadura devido ao operador não conseguir garantir que os semáforos ficassem verdes.

### **Otimização no processo do posto 30 da célula FS**

A eliminação do controlo a 100% da distância entre *header pipes* foi um ganho bastante grande na produtividade desta célula pois diminuiu-se o tempo de ciclo planeado, de 311,9 segundos para 293,4 segundos. O fim da realização deste controlo foi conseguido, mais uma vez, recorrendo a um estudo de capacidade que foi feito à distância entre *header pipes* após ter sido aumentada a tolerância desta cota, que se revelou positivo ao fim de 50 amostras. Com a redução do tempo de ciclo da célula conseguiu-se aumentar consequentemente a capacidade planeada de 81 para 86 unidades o que permite, sem dúvida, uma maior flexibilidade às exigências quantitativas de produção.

As melhorias, de ordem ergonómica e de segurança, que foram feitas ao posto de operação de colocação da chapa sensor permitem, neste momento, realizar a operação mais fácil e naturalmente devido à eliminação de movimentos desnecessários por parte do operador.

É importante realçar um conjunto de aspetos que parecem ser relevantes. Como indicador de grande importância, o OEE deve fornecer a informação da produção da forma mais precisa e fidedigna possível pois permitirá uma deteção mais fácil das causas que originam quedas de eficiência e, consequentemente, uma intervenção mais rápida e eficaz.

Os métodos estandardizados na Bosch TT para avaliar a capacidade das máquinas em estudo, são, de facto, bastante importantes e fiáveis para tirar conclusões acerca da performance das mesmas e da sua capacidade de garantir as especificidades das peças.

Mais do que boas ideias para reduzir os tempos de *setup*, é preciso realçar a importância do acompanhamento diário da produção e dos seus detalhes. Assim, justifica-se o sucesso a longo prazo das principais características das implementações SMED, não descuidando o empenho e concentração constantes de toda a equipa.

Para concluir, o sucesso da otimização de uma linha de produção depende essencialmente da filosofia e da organização de uma empresa, pois se esta possuir princípios Lean bem implementados e inculcados nos seus colaboradores, mais fácil e rápida será a implementação de ações de melhoria contínua.


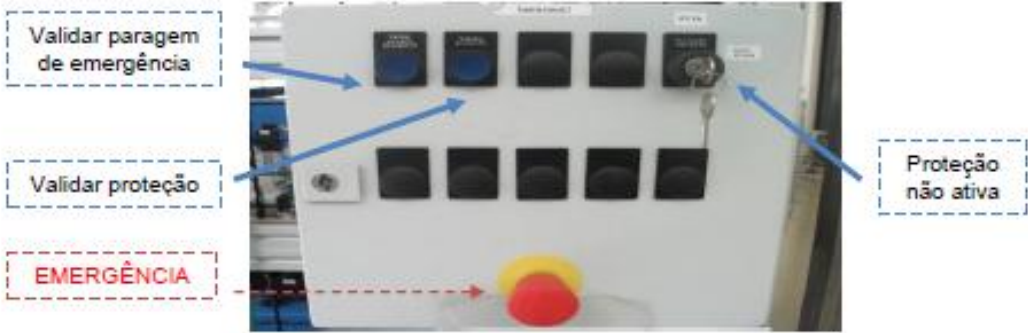
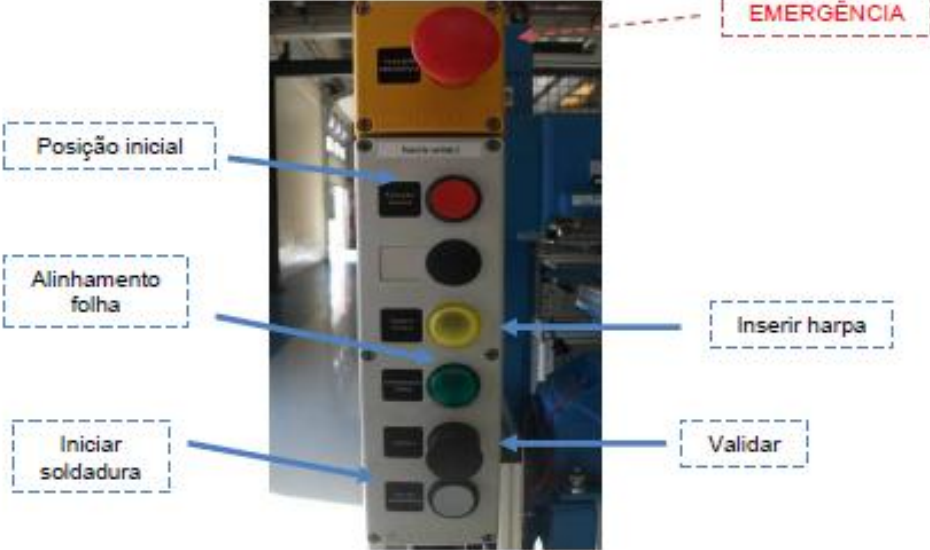
## Referências

- Hansen, Robert C. (2001). “Overall equipment effectiveness: a powerful production/maintenance tool for increased profits”;
- Hines, Peter & Rich, Nick (1997). "The seven value stream mapping tools", International Journal of Operations & Production Management, Vol. 17 Iss: 1 pp. 46 – 64;
- Hines, Peter & Silvi, Riccardo & Bartolini, Monica (2002). “Lean Profit Potencial”;
- Ohno, T. (1997). “O Sistema Toyota de Produção além da produção em larga escala”, Porto Alegre: Bookman;
- Pinto, João Paulo (2009). “Introdução ao Lean Thinking”, Comunidade Lean Thinking;
- Rother, Mike & Harris, Rick (2001). “Creating Continuous Flow”;
- Rother, Mike & Shook, Jonh (2003). “Learning to See”;
- Sarkar, Debashis (2006). “5 S’s for service organizations and offices: a lean look at improvements”;
- Shingo, S. (1996). “O Sistema Toyota de Produção do ponto de vista da Engenharia de Produção”, Porto Alegre: Artmed;
- Takahashi, Yoshikazu & Osada, Takashi (1990). “TPM: Total Productive Maintenance”, Asian Productivity Organization 1990;
- Yang-Hua Lian, H. V. L. (2002). "An application of simulation and value stream mapping in lean manufacturing";
- Claunch, J. (1996). “Set-up Time Reduction”, Richard D. Irwin. New York, 1996;
- Bosch. (2004). Booklet 9 – “Machine & Process Capability of Machining Facilities”, 3ª Ed;
- Bosch. (2010). Booklet 10 – “Capability of Measurement of Machining Processes”, 5ª Ed.






## ANEXO A: Outros trabalhos: Instruções Operacionais (célula FS)

Um dos primeiros trabalhos que foram realizados e que serviram de base e suporte para o projeto que está descrito nesta dissertação foi a realização das Instruções Operacionais dos dois novos equipamentos da célula FS (máquinas de soldadura e escovagem). Para isso, foi necessário um estudo e uma aprendizagem aprofundada de todas as funções e capacidades das duas máquinas para então ser possível implementar um documento que descreva como é que os equipamentos funcionam e a sequência dos procedimentos de produção. Assim, foi possível uma familiarização com os equipamentos que estão relacionados com o projeto realizado.


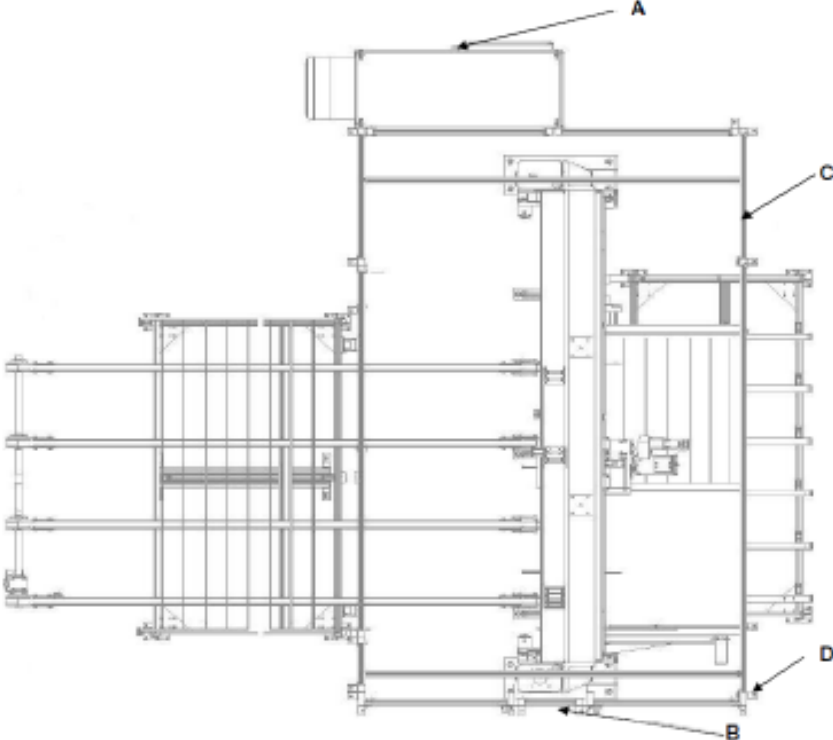
 <b>BOSCH</b>		<b>INSTRUÇÃO OPERACIONAL</b>		<b>IO-</b>	
				Página 1 de 12	
SECÇÃO	EQUIPAMENTO <b>MÁQUINA DE SOLDADURA ULTRASÓNICA DE ABSORSORES FULLSHEET</b>			N.º inventário:	
				Posto n.º: 29	
<p><b>1. Descrição geral da máquina</b></p> <p>A máquina de soldadura ultrasónica foi concebida para soldar de chapas absorvedoras de alumínio a circuitos de tubos de cobre em formato de harpa, através dum cordão de soldadura em contínuo. O processo de soldadura pode ser realizado em ambas as direcções (para a esq. e para dta.).</p> <p><b>1.1. Vista geral da máquina completa</b></p> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content; margin-left: auto; margin-right: auto;"> <p><i>Nota:</i> A harpa, bem como a chapa a soldar, são colocadas manualmente na máquina.</p> </div>  <p><b>1.2. Vista geral do equipamento de soldadura</b></p>  <p><b>1.3. Painéis de controlo</b></p> <p><b>1.3.1. Painel de Controlo 1 (PC1):</b></p> 					
Revisão n.º					
Data					
Responsável					
Data	Elaborado	Responsável			




 <b>BOSCH</b>	<b>INSTRUÇÃO OPERACIONAL</b>	<b>IO-</b>
SECÇÃO	EQUIPAMENTO <b>MÁQUINA DE SOLDADURA ULTRASÓNICA DE ABSORSORES FULLSHEET</b>	Página 2 de 12 N.º inventário:
		Posto n.º: 29
<b>1.3.2. Painel de Controlo 2 (PC2):</b>		
		
<b>1.3.3. Painel de Controlo 3 (PC3):</b>		
		
<b>1.4. Indicador luminoso (semáforo)</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Luz verde</b> - Instalação em funcionamento;</li> <li>• <b>Luz vermelha</b> – Acende: avaria na instalação (erro de soldadura na soldadura atual);</li> <li>• <b>Luz azul</b> – Banda de depósito ocupada ou erro de confirmação.</li> </ul>		



 <b>BOSCH</b>	<b>INSTRUÇÃO OPERACIONAL</b>	<b>IO-</b> Página 3 de 12
SECÇÃO	EQUIPAMENTO <b>MÁQUINA DE SOLDADURA ULTRASÓNICA DE ABSORSORES FULLSHEET</b>	N.º inventário:   Posto n.º: <b>29</b>
<p><b>2. Ligar / Desligar a máquina</b></p> <p><b>2.1. Ligar a máquina</b></p> <p>Para se proceder ao arranque da máquina, tem de se executar as seguintes operações:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Verificar se a alimentação de ar comprimido está ligada, bem como a alimentação eléctrica;</li> <li>• Ligar <u>interruptor geral eléctrico</u>:</li> </ul> <div data-bbox="662 751 1356 1079" style="text-align: right;">  </div> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ligar <u>interruptor geral pneumático</u>:</li> </ul> <div data-bbox="662 1163 1382 1461" style="text-align: right;">  </div> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ir ao PC2 e virar chave "Proteção não ativa" para o modo "ativa";</li> <li>• No PC2 carregar em "Validar paragem emergência";</li> </ul> <p style="text-align: center;">  <b>NOTA:</b> Se a luz azul não acender, verificar se há algum stop de emergência ligado.     </p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• (No PC2) carregar em "Validar proteção";</li> </ul> <p style="text-align: center;">  <b>NOTA:</b> Se a luz azul não acender, verificar se:       <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ As portas de proteção estão fechadas;</li> <li>✓ Um dos carros (entrada ou saída) está fora do sítio;</li> <li>✓ Algo está a interromper a barreira de luz.</li> </ul> </p>		




 <b>BOSCH</b>	<b>INSTRUÇÃO OPERACIONAL</b>	<b>IO-</b>										
		Página 4 de 12										
<b>SECÇÃO</b>	<b>EQUIPAMENTO</b> <b>MÁQUINA DE SOLDADURA ULTRASÓNICA DE</b> <b>ABSORORES FULLSHEET</b>	N.º inventário:										
		Posto n.º: <b>29</b>										
<p><b>2.2. Desligar a máquina</b></p> <p>Para se proceder à paragem da máquina, tem de se executar as operações descritas em 2.1. em sentido inverso.</p> <p><b>2.3. Emergência</b></p> <p>A máquina possui 4 interruptores de <b>PARAGEM DE EMERGÊNCIA</b>, com os quais a máquina pode ser imobilizada em caso de emergência. O accionamento dos interruptores de paragem de emergência ativa o seguinte processo:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Todas as funções da máquina são bloqueadas;</li> <li>• O comando permanece ligado;</li> <li>• O ar comprimido permanece ligado.</li> </ul> <p><b>2.2.1. Posição do interruptor de paragem de emergência:</b></p> <table border="0" style="margin-left: 40px;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">N.º</th> <th style="text-align: left;">Posição</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: left;">A</td> <td>Na porta do armário de distribuição</td> </tr> <tr> <td style="text-align: left;">B</td> <td>No painel 1 (painel de controlo móvel)</td> </tr> <tr> <td style="text-align: left;">C</td> <td>No painel 2</td> </tr> <tr> <td style="text-align: left;">D</td> <td>No painel 3</td> </tr> </tbody> </table> <div style="text-align: center; margin-top: 20px;">  </div> <p><b>2.2.2. Iniciar processo após paragem de emergência:</b></p>			N.º	Posição	A	Na porta do armário de distribuição	B	No painel 1 (painel de controlo móvel)	C	No painel 2	D	No painel 3
N.º	Posição											
A	Na porta do armário de distribuição											
B	No painel 1 (painel de controlo móvel)											
C	No painel 2											
D	No painel 3											






 <b>BOSCH</b>	<b>INSTRUÇÃO OPERACIONAL</b>	<b>IO-</b> Página 5 de 12 N.º inventário:
SECÇÃO	EQUIPAMENTO <b>MÁQUINA DE SOLDADURA ULTRASÓNICA DE ABSORSORES FULLSHEET</b>	Posto n.º: <b>29</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Remover da máquina o absorsor cuja soldadura não foi terminada;</li> <li>• Fechar e bloquear as portas;</li> <li>• Deslocar a mesa de abastecimento e a mesa de saída para a posição de trabalho e bloqueá-las;</li> <li>• Seguir os passos do capítulo 2.1.</li> </ul> <h3>3. Ciclo automático</h3> <p>Para dar início ao ciclo automático, deve-se proceder às seguintes operações:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ir ao PC1 e seleccionar "Auto" ou carregar em F1;</li> <li>• Verificar se a receita de parâmetros seleccionada corresponde ao modelo a produzir:</li> </ul> <div data-bbox="867 806 1357 1159" data-label="Image"> </div> <ul style="list-style-type: none"> <li> <ul style="list-style-type: none"> <li>  <b>NOTA:</b> Caso se pretenda fazer alterar a receita ver capítulo 4.           </li> </ul> </li> <li>• Ir ao PC3 e carregar em "Posição inicial";</li> <li>• Carregar em "Validar" e esperar que acenda a luz amarela (inserir harpa);</li> <li> <ul style="list-style-type: none"> <li>  <b>NOTA:</b> Se a luz amarela não acender, verificar mensagem no PC1 carregando na tecla F2.           </li> </ul> </li> <li>• Colocar a harpa nos 2 pinos de posicionamento (<u>SE29.1</u> e <u>SE29.2</u>);</li> </ul> <div data-bbox="493 1465 886 1738" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="948 1444 1357 1738" data-label="Image"> </div> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Carregar em "Validar";</li> <li> <ul style="list-style-type: none"> <li>  <b>NOTA:</b> A máquina vai colocar o 1º lead pipe dentro da garra de soldadura.           </li> </ul> </li> <li>• Esperar que acenda a luz verde;</li> </ul>		

 <b>BOSCH</b>	<b>INSTRUÇÃO OPERACIONAL</b>	<b>IO-</b>
<b>SECÇÃO</b>	<b>EQUIPAMENTO</b> <b>MÁQUINA DE SOLDADURA ULTRASÓNICA DE ABSORSORES FULLSHEET</b>	Página 6 de 12 N.º inventário:
		Posto n.º: <b>29</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pegar na chapa <i>FS</i> e colocar em cima da harpa e empurrar até cobrir as garras de soldadura;</li> </ul>  <ul style="list-style-type: none"> <li>• Carregar em "Validar";</li> <li>• Colocar a chapa <i>FS</i> corretamente contra os batentes esquerdo e direito até os três indicadores luminosos ficarem verdes;</li> </ul>  <p><b>⚠ NOTA:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ HA16.0: posição lateral da chapa (<i>cut-out</i>);</li> <li>➤ HA16.2: posição frontal da chapa do lado esquerdo;</li> <li>➤ HA16.4: posição frontal da chapa do lado direito.</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Posicionar batentes traseiros contra a parte de trás da chapa;</li> <li>• Carregar em "Validar" e esperar que acenda a luz branca;</li> <li>• Carregar em "Iniciar soldadura" (ciclo automático de soldadura a iniciar);</li> <li>• Descarregar absorvedor soldado do tapete de saída da máquina.</li> </ul> 		






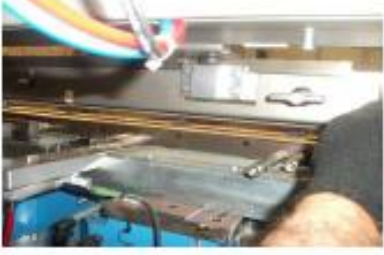
 <b>BOSCH</b>	<b>INSTRUÇÃO OPERACIONAL</b>	<b>IO-</b> Página 7 de 12
SECÇÃO	EQUIPAMENTO <b>MÁQUINA DE SOLDADURA ULTRASÓNICA DE ABSORSORES FULLSHEET</b>	N.º inventário:  Posto n.º: <b>29</b>
<p><b>4. Setup</b></p> <p><b>4.1. Seleção de receitas de parâmetros no PC1</b></p> <p>Para se proceder à seleção de receitas de parâmetros pretendidos, deve-se ir ao PC1 e executar os seguintes passos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Carregar em F1 ou selecionar "Auto";</li> <li>• Selecionar "Próx Pág";</li> <li>• Selecionar a receita pretendida e carregar em F14 (enter);</li> <li>• Selecionar "→";</li> <li>• Selecionar "0 para o controlo" e carregar em F14;</li> <li>• Carregar em F1;</li> <li>• Verificar que a <u>receita selecionada</u> aparece no ecrã;</li> </ul> <div data-bbox="496 852 1198 1178" data-label="Image"> </div> <p><b>4.2. Procedimento manual para o setup</b></p> <p>O procedimento de <i>setup</i> da máquina requer que esta esteja ligada, bem como o sistema de ar comprimido, de forma aos cilindros e todos os componentes estarem sempre na posição inicial.</p> <p>Por forma ao operador ter acesso a instalação deve rodar a chave que se encontra no PC2 para a posição "não ativa".</p> <div data-bbox="724 1381 1102 1663" data-label="Image"> </div> <p>Irá ser necessária a utilização das seguintes chaves sextavadas nº8 e nº5:</p> <div data-bbox="453 1696 821 1917" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="956 1696 1243 1917" data-label="Image"> </div>		

 <b>BOSCH</b>	<b>INSTRUÇÃO OPERACIONAL</b>	<b>IO-</b> Página 8 de 12
SECÇÃO	EQUIPAMENTO <b>MÁQUINA DE SOLDADURA ULTRASÓNICA DE ABSORSORES FULLSHEET</b>	N.º inventário:  Posto n.º: <b>29</b>
<p><b>4.2.1. Setup para 1m<sup>2</sup></b>          Para realizar este <i>setup</i> vai ser necessário o acesso à máquina por dentro da instalação mas também na zona de entrada da mesma.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Remover o carro de entrada;</li> <li>• Afastar <u>máquina de estanquicidade</u> e remover <u>tapete de saída</u>;</li> </ul> <div data-bbox="479 590 1218 852">  </div> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Entrar dentro da instalação e aliviar os parafusos para remover o calcador de 2m<sup>2</sup>;</li> </ul> <div data-bbox="453 913 1260 1228">  </div> <div data-bbox="345 1247 954 1482">  </div> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fechar o sistema de vácuo das garras que vão ficar inativas (7 válvulas mais esquerda);</li> </ul> <p> <b>NOTA: A válvula mais à esquerda já se encontra sempre fechada</b></p> <div data-bbox="630 1650 1068 1892">  </div>		




 <b>BOSCH</b>	<b>INSTRUÇÃO OPERACIONAL</b>	<b>IO-</b> Página 9 de 12 N.º inventário:
SECÇÃO	<b>EQUIPAMENTO</b> <b>MÁQUINA DE SOLDADURA ULTRASÓNICA DE ABSORSORES FULLSHEET</b>	Posto n.º: <b>29</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sair da instalação e dirigir-se para a zona de entrada;</li> <li>• Com uma chave sextavada nº8, desapertar os 6 parafusos e retirar a garra nº2;</li> </ul>  <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px 0;"> <p><b>⚠ ATENÇÃO:</b> ter cuidado ao retirar a garra, para os <u>o-rings</u> das mordacas não saírem de posição.</p> </div>  <ul style="list-style-type: none"> <li>• Com a chave sextavada nº8, desapertar os 6 parafusos e retirar a garra nº3;</li> </ul> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px 0;"> <p><b>⚠ ATENÇÃO:</b> ter cuidado ao retirar a garra, para os <u>o-rings</u> das mordacas não saírem de posição.</p> </div> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Posicionar a garra nº3 na plataforma nº2 e colocar os 6 parafusos;</li> </ul>  <p><b>⚠ NOTA:</b> Ter cuidado com os <u>o-rings</u>, para estes não saírem de sítio. Apertar os 6 parafusos <u>garantindo os encostos em ambos os lados.</u></p> 		




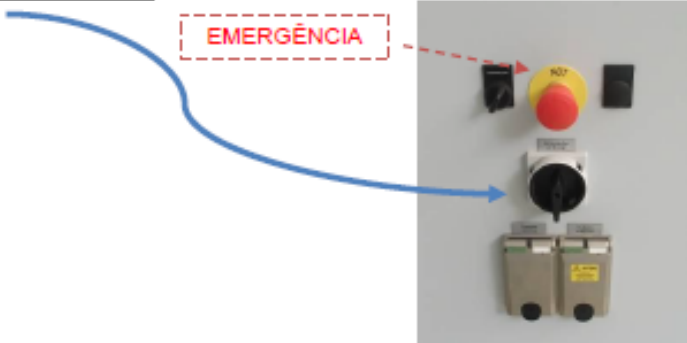

 <b>BOSCH</b>	<b>INSTRUÇÃO OPERACIONAL</b>	<b>IO-</b> Página 10 de 12
SECÇÃO	EQUIPAMENTO <b>MÁQUINA DE SOLDADURA ULTRASÓNICA DE ABSORSORES FULLSHEET</b>	N.º inventário:  Posto n.º: <b>29</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Desapertar a garra nº6 e colocá-la na plataforma nº3 e colocar os respetivos parafusos;</li> </ul> <div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;">  <span style="font-size: 2em; margin: 0 20px;">➔</span>  </div> <p><b>⚠ NOTA:</b> Ter cuidado com os <i>o-rings</i>, para estes não saírem de sítio. Apertar os 6 parafusos <u>garantindo os encostos em ambos os lados.</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Com a chave sextavada nº5 desapertar os <u>2 parafusos</u> do pino de posicionamento SE29.2;</li> </ul> <div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;">  </div> <p><b>⚠ NOTA:</b> Quando desapertar os parafusos do pino de posicionamento, retirá-lo por debaixo da estrutura da maquina, da seguinte forma:</p> <div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;">  <span style="font-size: 2em; margin: 0 10px;">↙</span>  </div> <ul style="list-style-type: none"> <li>Posicionar o <u>pino SE29.2</u> na plataforma 3;</li> </ul> <div style="text-align: center;">  </div>		


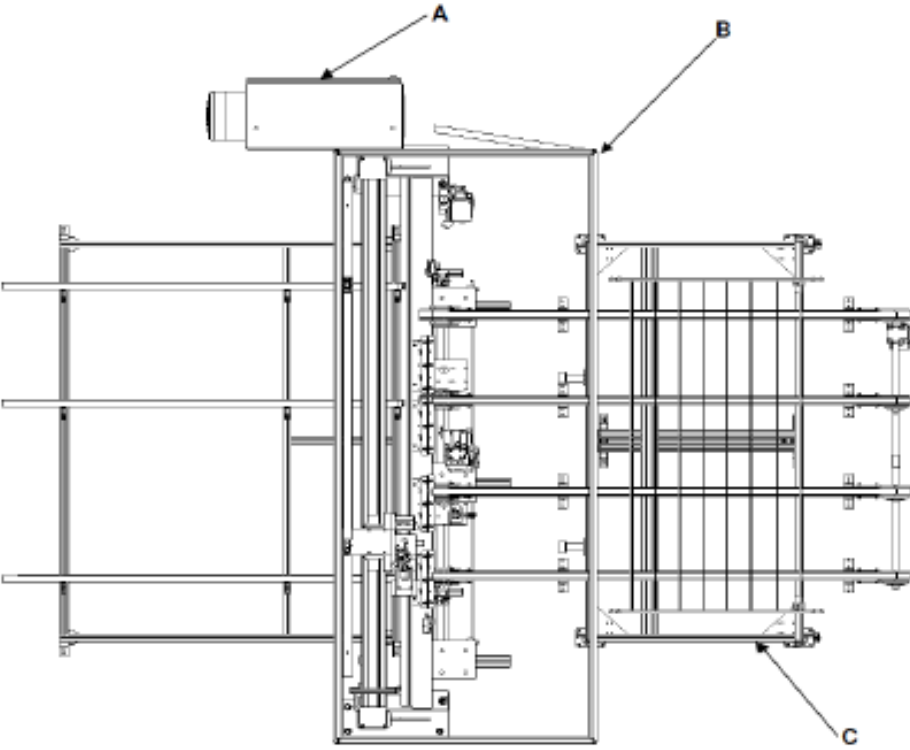
 <b>BOSCH</b>	<b>INSTRUÇÃO OPERACIONAL</b>	<b>IO-</b>
<b>SECÇÃO</b>	<b>EQUIPAMENTO</b> <b>MÁQUINA DE SOLDADURA ULTRASÓNICA DE ABSORSORES FULLSHEET</b>	Página 11 de 12 N.º inventário:
		Posto n.º: <b>29</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Entrar dentro da instalação e desapertar batente da chapa e posicioná-lo no espaçamento entre a plataforma 3 e 4;</li> </ul>		
<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;">  <span style="font-size: 2em; margin: 0 10px;">➔</span>  </div>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>Posicionar o calcador do modelo 1m<sup>2</sup> e apertar os parafusos;</li> </ul>		
<div style="text-align: center;">  </div>		
<p><b>⚠ NOTA:</b> Fazer uma ligeira inclinação ao colocar o calcador, para ele entrar mais facilmente. Garantir o encosto em cima.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Posicionar o calcador de 1m<sup>2</sup> e apertar os parafusos;</li> <li>Sair da instalação;</li> <li>Reposicionar o carro de entrada, o tapete de saída e a máquina de estanquicidade;</li> <li>Ir ao PC2 e validar proteção ativa com a chave e carrega em "validar proteção" até ficar azul;</li> <li>Finalmente, fazer o processo no PC1, tal como foi demonstrado no capítulo 4.1.</li> </ul>		
<p><b>4.2.2. Setup para 2m<sup>2</sup></b>          Para realizar este <i>setup</i> vai ser necessário o acesso à máquina por dentro da instalação mas também na zona de entrada da mesma.</p>		
<p><b>⚠ NOTA:</b> Para o setup 2m<sup>2</sup> consulte as imagens exemplificativas do capítulo anterior. visto o procedimento de um ser praticamente o inverso do outro.</p>		






 <b>BOSCH</b>	<b>INSTRUÇÃO OPERACIONAL</b>	<b>IO-</b> Página 12 de 12
<b>SECÇÃO</b>	<b>EQUIPAMENTO</b> <b>MÁQUINA DE SOLDADURA ULTRASÓNICA DE ABSORSORES FULLSHEET</b>	N.º inventário: Posto n.º: <b>29</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desativar as portas de proteção;</li> <li>• Remover o carro de entrada;</li> <li>• Afastar máquina de estanquicidade e remover tapete de saída;</li> <li>• Entrar dentro da instalação e retirar calcador do modelo 1m<sup>2</sup> desapertando os parafusos;</li> <li>• Ativar novamente todo o sistema de vácuo (6 válvulas);</li> <li>• Desapertar batente de chapa e removê-lo para colocá-lo na posição 2m<sup>2</sup>;</li> <li>• Dirigir-se à zona de entrada;</li> <li>• Remover a garra da plataforma nº3 e posicioná-la na plataforma nº6;</li> </ul> <p style="text-align: center;">  <b>NOTA: Apertar os 6 parafusos <u>garantindo os encostos em ambos os lados.</u></b> </p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Desapertar a garra nº3 da plataforma nº2 e colocá-la na plataforma nº3;</li> <li>• Pegar na garra nº2 que estava em repouso e colocá-la na plataforma nº2;</li> <li>• Remover o pino de posicionamento SE29.2 e posicioná-lo no suporte da plataforma nº6;</li> <li>• Entrar na instalação e pegar no calcador do modelo 2m<sup>2</sup> que se encontra em repouso e colocá-lo;</li> </ul> <p style="text-align: center;">  <b>NOTA: Fazer uma ligeira inclinação ao colocar o calcador, para ele entrar mais facilmente. Garantir o encosto em cima.</b> </p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sair da instalação;</li> <li>• Reposicionar o carro de entrada, o tapete de saída e a máquina de estanquicidade;</li> <li>• Ir ao PC2 e validar proteção ativa com a chave e carrega em "validar proteção" até ficar azul;</li> <li>• Finalmente, fazer o processo no PC1, tal como foi demonstrado no capítulo 4.1.</li> </ul>		


 <b>BOSCH</b>	<b>INSTRUÇÃO OPERACIONAL</b>		<b>IO-</b>	
SECÇÃO <b>ABSORSORES</b>	EQUIPAMENTO <b>MÁQUINA DE ESCOVAGEM DE HARPAS                  FULLSHEET</b>		Página 1 de 9 N.º inventário:	
			Posto n.º:	
<p style="text-align: center;"><b>1. Descrição geral da máquina</b></p> <p>A máquina de limpeza de tubos foi concebida para a limpeza contínua de tubos de cobre em forma de harpa.</p> <p>A operação de limpeza pode ser efetuada em ambas as direções (esq/dir ou dir/esq).</p> <p>A máquina está prevista para ser operada por 1 ou 2 operadores, conforme as dimensões da peça.</p> <p>A harpa é colocada manualmente pelos operadores sobre o tapete de entrada e transportada automaticamente.</p> <p>Depois da escovagem, a harpa é retirada do carro de saída situado na parte de trás da máquina, pelos operadores.</p> <p style="text-align: center;"><b>1.1. Vista geral da instalação completa</b></p> <div style="text-align: center;">  </div> <p style="text-align: center;"><b>1.2. Painel de controlo (PC)</b></p> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: right; margin-right: 100px;"> <span style="border: 1px dashed red; padding: 2px;">EMERGÊNCIA</span> </div>				
Revisão n.º				
Data				
Responsável				
Data	Elaborado	Responsável		

 <b>BOSCH</b>	<b>INSTRUÇÃO OPERACIONAL</b>	<b>IO-</b> Página 2 de 9
<b>SECÇÃO</b> <b>ABSORSORES</b>		<b>EQUIPAMENTO</b> <b>MÁQUINA DE ESCOVAGEM DE HARPAS</b> <b>FULLSHEET</b>
<p><b>1.3. Indicador luminoso (semáforo)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <a href="#">Luz verde</a> - Instalação em funcionamento;</li> <li>• <a href="#">Luz laranja</a> – Solicitação ao operador;</li> <li>• <a href="#">Luz vermelha</a> - Paragem da instalação;</li> <li>• <a href="#">Luz azul</a> – Depósito da harpa ocupado, retirar harpa.</li> </ul> <p><b>2. Ligar / Desligar a máquina</b></p> <p><b>2.1. Ligar a máquina</b></p> <p>Para se proceder ao arranque da máquina, tem de se executar as seguintes operações:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Verificar se a alimentação de ar comprimido está ligada, bem como a alimentação eléctrica;</li> <li>• Ligar <u>interruptor geral elétrico</u>:</li> </ul> <div data-bbox="678 915 1360 1255" style="text-align: right;">  </div> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ligar <u>interruptor geral pneumático</u>:</li> </ul> <div data-bbox="695 1289 1386 1654" style="text-align: right;">  </div> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ir ao painel de controlo e carregar em "Controlo ligado" e esperar que acenda a luz branca;</li> </ul> <p><b>⚠ NOTA: Se a luz branca não acender, verificar se:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Nenhuma paragem de emergência está acionada;</li> <li>✓ As portas de proteção estão fechadas;</li> <li>✓ Um dos carros (entrada ou saída) está fora do sítio;</li> <li>✓ Algo está a interromper a barreira de luz.</li> </ul>		

 <b>BOSCH</b>	<b>INSTRUÇÃO OPERACIONAL</b>	<b>IO-</b> Página 3 de 9 N.º inventário: Posto n.º:								
<b>SECÇÃO ABSORSORES</b>	<b>EQUIPAMENTO MÁQUINA DE ESCOVAGEM DE HARPAS FULLSHEET</b>									
<p><b>2.2. Desligar a máquina</b>          Para se proceder à paragem da máquina, tem de se executar as operações descritas em 2.1. em sentido inverso.</p> <p><b>2.3. Emergência</b>          A máquina possui 3 interruptores de PARAGEM DE EMERGÊNCIA, com os quais a máquina pode ser desativada em caso de emergência. O accionamento dos interruptores de paragem de emergência ativa o seguinte processo:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Todas as funções da máquina são bloqueadas;</li> <li>• O comando permanece ligado;</li> <li>• O ar comprimido permanece ligado.</li> </ul> <p><b>2.3.1. Posição do interruptor de paragem de emergência:</b></p> <table border="0" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">N.º</th> <th style="text-align: left;">Posição</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: left;">A</td> <td>Na parede exterior do armário de distribuição</td> </tr> <tr> <td style="text-align: left;">B</td> <td>No painel de comando</td> </tr> <tr> <td style="text-align: left;">C</td> <td>No painel no lado de entrada de harpas</td> </tr> </tbody> </table> <div style="text-align: center; margin-top: 20px;">  <p>The diagram shows a side view of the harp brush machine. Label A points to a cylindrical emergency stop button on the top left. Label B points to a control panel on the right side. Label C points to a panel at the bottom right, near the harp entry point.</p> </div> <p><b>2.3.2. Iniciar processo após paragem de emergência:</b></p>			N.º	Posição	A	Na parede exterior do armário de distribuição	B	No painel de comando	C	No painel no lado de entrada de harpas
N.º	Posição									
A	Na parede exterior do armário de distribuição									
B	No painel de comando									
C	No painel no lado de entrada de harpas									



 <b>BOSCH</b>	<b>INSTRUÇÃO OPERACIONAL</b>	<b>IO-</b> Página 4 de 9
SECÇÃO <b>ABSORSORES</b>	EQUIPAMENTO <b>MÁQUINA DE ESCOVAGEM DE HARPAS          FULLSHEET</b>	N.º inventário:  Posto n.º:
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Remover da máquina a harpa cuja limpeza não foi terminada;</li> <li>• Fechar e bloquear as portas;</li> <li>• Deslocar as mesas de entrada e de saída para posição de trabalho e bloquear;</li> <li>• Seguir os passos do capítulo 2.1.</li> </ul> <h3 style="margin-top: 10px;">3. Ciclo automático</h3> <p>Para dar início ao ciclo automático, deve-se proceder às seguintes operações:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ir ao painel de controlo e carregar em K5 (ciclo automático);</li> <li>• Carregar em F14 (<i>Resef</i>) durante 3 segundos;</li> <li>• Carregar em K13 (<i>botão verde</i>);</li> <li>• Colocar a harpa no tapete de entrada da máquina contra os pinos de funcionamento (<u>SE4.5</u> e <u>SE4.4</u>);</li> </ul> <div style="text-align: center; margin: 10px 0;">  </div> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Retirar a harpa da saída (carro de saída);</li> <li>• Carregar num dos botões "Validar retirar harpa" que se encontra à saída ou à entrada;</li> </ul> <div style="text-align: center; margin: 10px 0;">  </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 10px; margin-top: 20px; text-align: center;"> <p style="margin: 0;"> <span style="color: red; font-weight: bold;">⚠</span> <b>ATENÇÃO:</b>        Não deixar harpas paradas em stock entre a máquina de escovagem e a de soldadura ultrasónica (por ex: durante a mudança de turno).        O stock de harpas escovadas poderá levar à oxidação das mesmas e posteriores problemas na qualidade da soldadura ultrasónica.     </p> </div>		



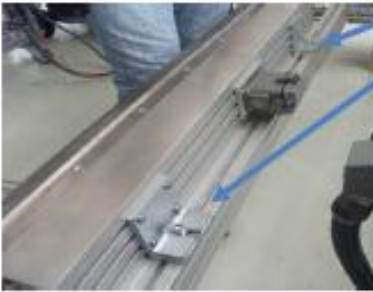

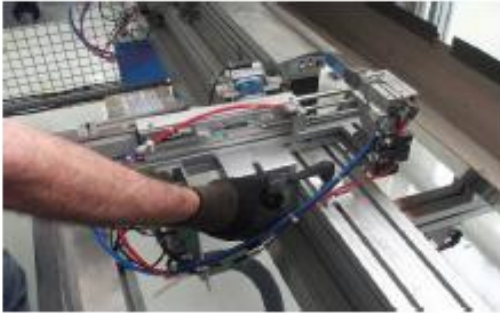
 <b>BOSCH</b>	<b>INSTRUÇÃO OPERACIONAL</b>	<b>IO-</b> Página 5 de 9
SECÇÃO <b>ABSORSORES</b>	EQUIPAMENTO <b>MÁQUINA DE ESCOVAGEM DE HARPAS          FULLSHEET</b>	N.º inventário:  Posto n.º:
<p><b>4. Setup</b></p> <p><b>4.1. Seleção dos parâmetros no PC</b></p> <p>Para se proceder à seleção dos parâmetros pretendidos, deve-se ir ao PC e adaptar a máquina de escovagem ao produto pretendido alterando o <u>comprimento</u> e o <u>número de lead pipes</u>.</p> <div data-bbox="516 751 1175 1325" data-label="Image"> </div> <p><b>4.2. Procedimento manual para o setup</b></p> <p>O procedimento de <i>setup</i> da máquina requer que esta esteja ligada. Irá ser necessária a utilização da seguinte chave de parafusos:</p> <div data-bbox="532 1528 1292 1839" data-label="Image"> </div>		



 <b>BOSCH</b>	<b>INSTRUÇÃO OPERACIONAL</b>	<b>IO-</b>
<b>SECÇÃO</b> <b>ABSORSORES</b>	<b>EQUIPAMENTO</b> <b>MÁQUINA DE ESCOVAGEM DE HARPAS</b> <b>FULLSHEET</b>	Página 6 de 9 N.º inventário: Posto n.º:
<p><b>4.3.1. Setup para 1m<sup>2</sup></b></p> <p>Para realizar este <i>setup</i> deve-se preparar a máquina de 2 formas: preparação da zona de saída e preparação da zona de entrada.</p> <p><b>4.2.1.1. Preparação da zona de saída</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Desbloquear as rodas do carro de saída;</li> <li>• Remover o carro de saída para fora;</li> <li>• Baixar a porta frontal de proteção com a ajuda dos 2 <b>gatilhos vermelhos</b>;</li> </ul> <div data-bbox="1021 564 1312 793" style="float: right;">  </div> <div data-bbox="722 852 963 1045" style="margin: 10px auto;">  </div> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Desapertar os <b>parafusos</b> assinalados <b>a verde</b> do dispositivo 1, removê-lo e colocá-lo na <u>zona de descanso</u>;</li> </ul> <div data-bbox="367 1173 862 1432" style="float: left; margin-right: 10px;">  </div> <div data-bbox="915 1125 1326 1432" style="float: right;">  </div> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Desapertar os <b>parafusos</b> assinalados <b>a verde</b> do dispositivo 2, removê-lo e colocá-lo na zona de descanso;</li> </ul> <div data-bbox="367 1568 821 1808" style="float: left; margin-right: 10px;">  </div> <div data-bbox="943 1575 1321 1808" style="float: right;">  </div> <p style="text-align: center;">  <b>NOTA:</b> é necessário “aliviar” os parafusos vermelhos do dispositivo central e deslocá-lo o suficiente para ser possível montar posteriormente o dispositivo 1. <sup>*</sup> </p>		



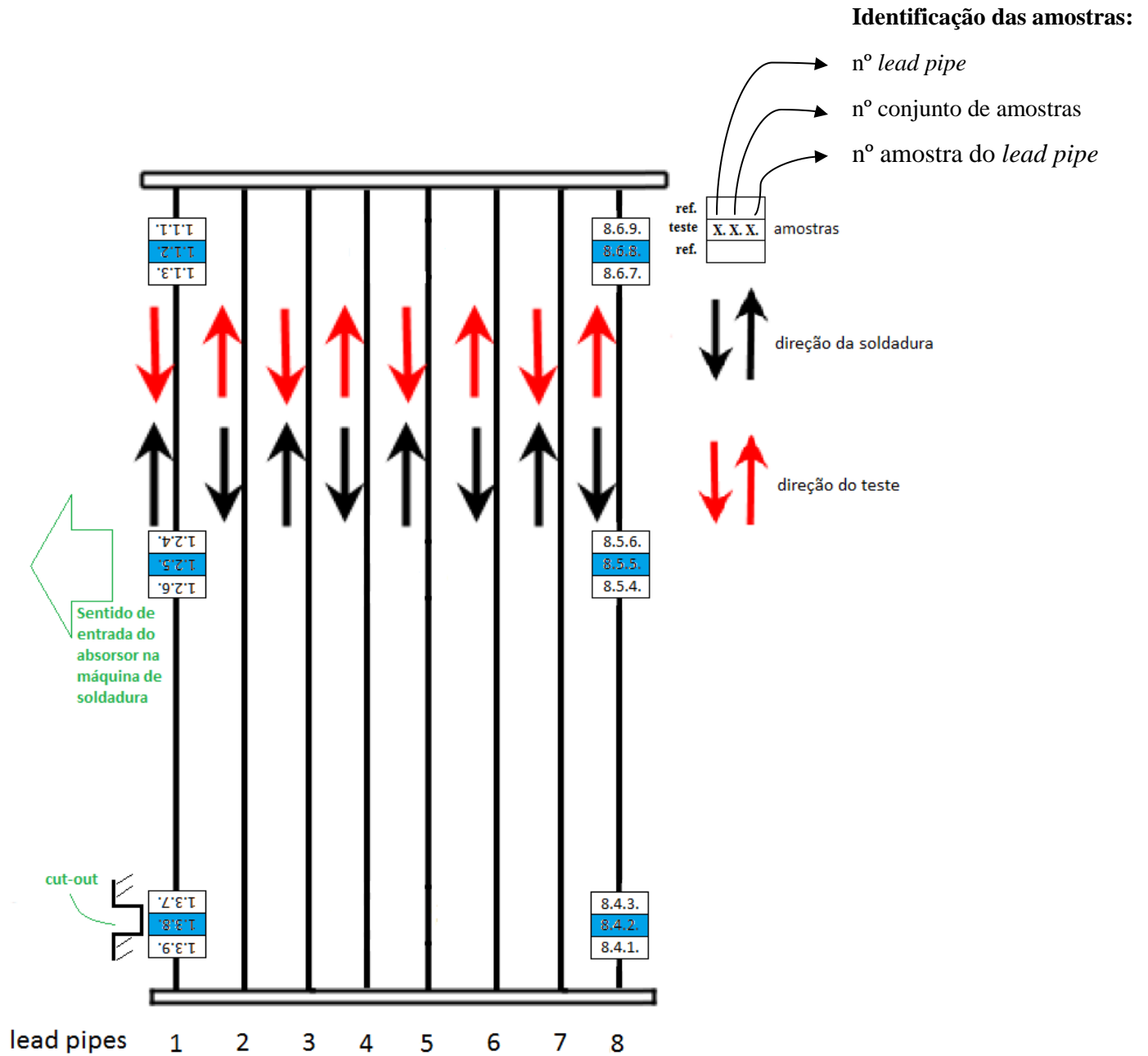
 <b>BOSCH</b>	<b>INSTRUÇÃO OPERACIONAL</b>	<b>IO-</b>
SECÇÃO <b>ABSORSORES</b>	EQUIPAMENTO <b>MÁQUINA DE ESCOVAGEM DE HARPAS                  FULLSHEET</b>	Página 7 de 9 N.º inventário: Posto n.º:
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Colocar o dispositivo 1 na posição para 1m<sup>2</sup> e colocar os parafusos;</li> </ul> <div data-bbox="639 499 1052 705" style="text-align: center;">  </div> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Voltar a apertar os parafusos do dispositivo central;</li> <li>• Finalmente, subir a porta frontal de proteção.</li> </ul> <p><b>4.2.1.2. Preparação da zona de entrada</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Afastar o <u>Jig de stock</u> e recuar o <u>carro de entrada</u>;</li> </ul> <div data-bbox="566 940 1125 1360" style="text-align: center;">  </div> <p><b>⚠ NOTA:</b> o carro de saída também tem que estar recuado</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Entrar dentro da máquina pela porta;</li> <li>• Desligar a ficha e colocá-la na <u>posição de repouso</u>;</li> </ul> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div data-bbox="404 1528 826 1913" style="text-align: center;">  </div> <div data-bbox="901 1528 1289 1913" style="text-align: center;">  </div> </div>		



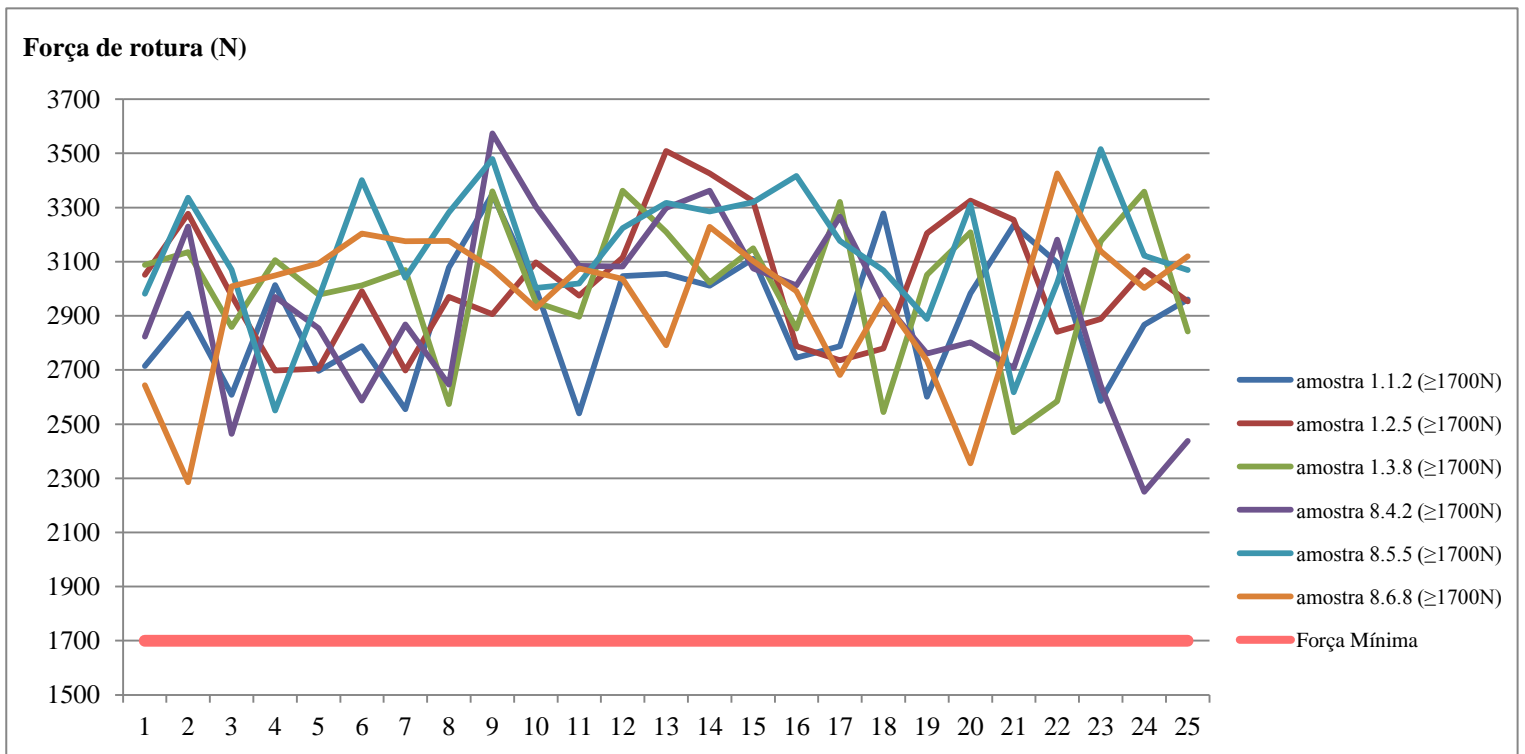
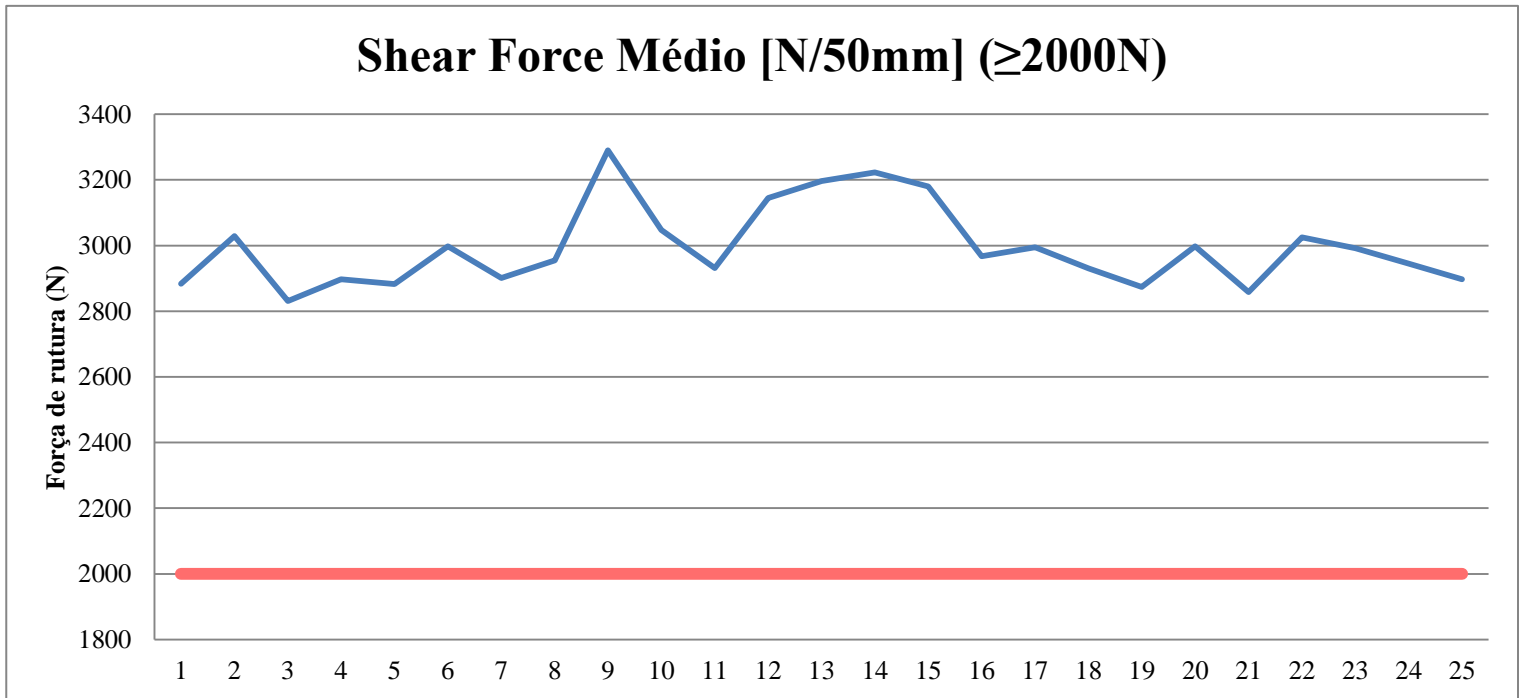
 <b>BOSCH</b>	<b>INSTRUÇÃO OPERACIONAL</b>	<b>IO-</b>
<b>SECÇÃO ABSORSORES</b>	<b>EQUIPAMENTO MÁQUINA DE ESCOVAGEM DE HARPAS FULLSHEET</b>	Página 8 de 9
		N.º inventário:
		Posto n.º:
<ul style="list-style-type: none"><li>• Desapertar os <u>apertadores</u> do dispositivo A;</li></ul>  <ul style="list-style-type: none"><li>• Remover o dispositivo (rodá-lo 180º) e colocá-lo na <u>posição de repouso</u>;</li></ul>  <ul style="list-style-type: none"><li>• Desapertar o apertador do dispositivo B;</li></ul>  <ul style="list-style-type: none"><li>• Mover o dispositivo B e colocá-lo na posição de 1m<sup>2</sup>;</li></ul> 		

 <b>BOSCH</b>	<b>INSTRUÇÃO OPERACIONAL</b>	<b>IO-</b> Página 9 de 9 N.º inventário: Posto n.º:
<b>SECÇÃO</b> <b>ABSORSORES</b>	<b>EQUIPAMENTO</b> <b>MÁQUINA DE ESCOVAGEM DE HARPAS</b> <b>FULLSHEET</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Apertar o <u>apertador</u> do dispositivo B na nova posição;</li> <li>• Sair da máquina e fechar a porta.</li> <li>• Finalmente, colocar novamente os carros de entrada e saída nas posições de trabalho e bloquear as rodas.</li> </ul> <div style="text-align: right;">  </div> <p><b>4.3.2. Setup para 2m<sup>2</sup></b>          Para realizar este <i>setup</i> deve-se preparar a máquina de 2 formas: preparação da zona de saída e preparação da zona de entrada.</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px 0;"> <p><b>⚠ NOTA:</b> Para o <i>setup</i> 2m<sup>2</sup> consulte as imagens exemplificativas do capítulo anterior, visto o procedimento de um ser praticamente o inverso do outro.</p> </div> <p><b>4.2.2.1. Preparação da zona de saída</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Desbloquear as rodas do carro de saída;</li> <li>• Remover o carro de saída para fora;</li> <li>• Baixar a porta frontal de proteção com a ajuda dos 2 <b>gatilhos vermelhos</b>;</li> <li>• Desapertar os parafusos assinalados a verde do dispositivo 1, removê-lo e colocá-lo na zona de descanso;</li> </ul> <p><b>⚠ NOTA:</b> é necessário “aliviar” os parafusos vermelhos do dispositivo central e deslocá-lo o suficiente para ser possível montar posteriormente o dispositivo 2.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Colocar o dispositivo 2 na posição para 1m<sup>2</sup> e colocar os parafusos;</li> <li>• Voltar a apertar os parafusos do dispositivo central;</li> <li>• Colocar o dispositivo 1 na posição para 2m<sup>2</sup> e colocar os parafusos;</li> <li>• Finalmente, subir a porta frontal de proteção.</li> </ul> <p><b>4.2.2.2. Preparação da zona de entrada</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Afastar o <i>Jig</i> de <i>stock</i> e recuar o carro de entrada;</li> </ul> <p><b>⚠ NOTA:</b> o carro de saída também tem que estar recuado</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Entrar dentro da máquina pela porta;</li> <li>• Desapertar o apertador do dispositivo B;</li> <li>• Colocar o dispositivo B na posição de 2m<sup>2</sup>;</li> <li>• Apertar o apertador do dispositivo B na nova posição;</li> <li>• Pegar no dispositivo A (rodá-lo 180º) e colocá-lo na sua posição original;</li> <li>• Apertar os apertadores do dispositivo A;</li> <li>• Remover a ficha da posição de repouso e colocá-la na posição e colocá-la na posição original;</li> <li>• Sair da instalação e fechar a porta.</li> <li>• Finalmente, colocar novamente os carros de entrada e saída nas posições de trabalho e bloquear as rodas.</li> </ul>		



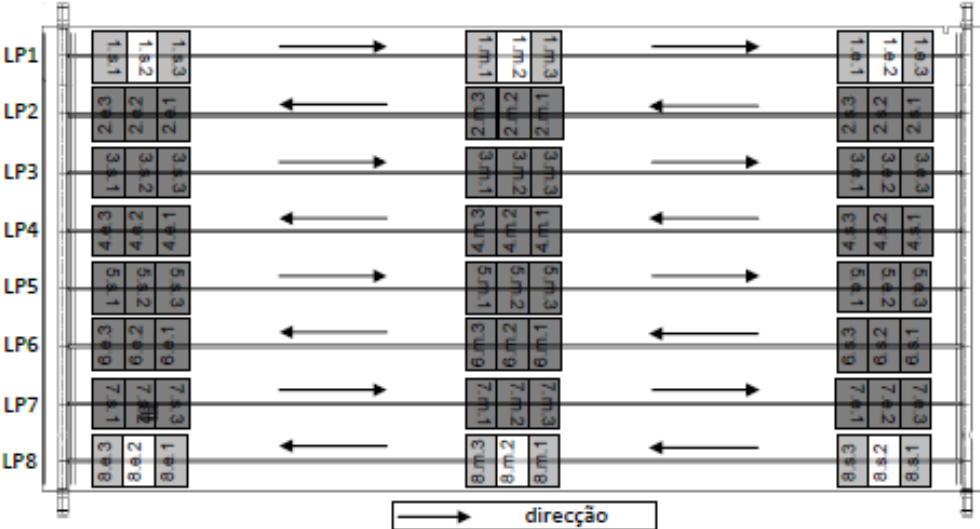

## ANEXO B: Esquema do absorsor FS


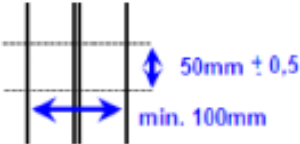



**ANEXO C: Teste *Shear Force* para compensação das não conformidades**















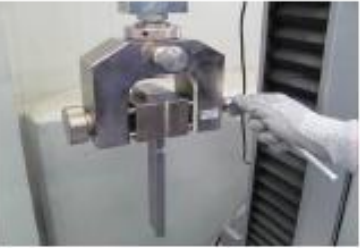

## ANEXO D: Instrução Operacional – *Shear Force*

 <b>BOSCH</b>	<b>INSTRUÇÃO OPERACIONAL</b>		<b>IO-</b>
			Página 1 de 6 N.º inventário: XXXXXXXXXXXX Posto n.º: XX
<b>SECÇÃO</b> <b>ABSORSORES</b>	<b>EQUIPAMENTO</b> Realização do teste Shear Force para o FS		
<p style="text-align: center;"><b>1. Descrição geral do teste e material necessário</b></p> <p>Este documento descreve o teste que é realizado para medir a força de arrancamento da soldadura ultrasónica entre a chapa de alumínio e os <i>lead pipes</i> de cobre. O teste é realizado em duas fases separadas:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Preparação dos provetes (amostras) para a realização do teste;</li> <li>2. Realização do teste na máquina de ensaio.</li> </ol> <p style="text-align: center;"><b>2. Preparação dos provetes</b></p> <p><b>Material necessário</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• X-ato; alicate e caneta de tinta permanente;</li> <li>• Serra elétrica</li> </ul> <div style="text-align: center;">  </div> <p>Na preparação das amostras serão feitos 18 provetes, no entanto, apenas serão experimentadas 6 amostras, tal como a figura seguinte nos sugere:</p> <div style="text-align: center;">  <p style="text-align: center;">                  direcção             </p> </div>			
Revisão n.º Data Responsável Data	Elaborado	Responsável	








 <b>BOSCH</b>	<b>INSTRUÇÃO OPERACIONAL</b>	<b>IO-</b> Página 2 de 6
SECÇÃO <b>ABSORSORES</b>	EQUIPAMENTO Realização do teste Shear Force para o FS	N.º inventário: XXXXXXXXXXXX Posto n.º: XX
<p>Os provetes que se encontram a branco são aqueles que funcionarão como amostras para o teste, os restantes funcionarão como provetes "suplentes" caso sejam precisos.</p>		
<p>Processo:</p>		
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. O primeiro passo é deitar o absorsor na mesa com os <i>lead pipes</i> virados para baixo e cortar as extremidades da chapa (estampagem), usando o X-ato. Em seguida, com o alicate, cortar a ponta dos <i>lead pipes</i> para separar estes dos <i>header pipes</i>.</li> <li>2. Virar o absorsor com os <i>lead pipes</i> para cima e proceder à marcação das amostras tal como está demonstrado no esquema da figura da página 2. Para iniciar a marcação dá-se 50mm de intervalo entre o local da chapa onde se iniciou o cordão de soldadura e o início da primeira amostra. Por sua vez, são marcadas 3 amostras garantindo as seguintes dimensões:</li> </ol>		
		
<p> <b>NOTA:</b> Proceder de igual modo para as restantes amostras, tendo em conta que aquelas que se encontram no centro da chapa não necessitam que seja confirmada a distância que têm até à extremidade da mesma.</p>		
<ol style="list-style-type: none"> <li>3. Proceder ao corte longitudinal da chapa para o primeiro e o último <i>lead pipe</i>, garantindo o <u>min. 100mm</u>;</li> <li>4. Finalmente, cortar os provetes utilizando a serra elétrica e garantindo o encosto no batente, destinado para o efeito, para garantir as seguintes dimensões dos provetes: <u>50mm ± 0,5</u>.</li> </ol>		




 <b>BOSCH</b>	<b>INSTRUÇÃO OPERACIONAL</b>	<b>IO-</b> Página 3 de 6
SECÇÃO <b>ABSORSORES</b>	EQUIPAMENTO Realização do teste Shear Force para o FS	N.º inventário: XXXXXXXXXXXX Posto n.º: XX
<p><b>3. Realização do teste</b></p> <p><b>3.1. Material necessário</b></p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-end;"> <div style="text-align: center;">                   Placa de base             </div> <div style="text-align: center;">                   Cunha             </div> <div style="text-align: center;">                   Slide e parte inferior             </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-end; margin-top: 20px;"> <div style="text-align: center;">                   Placas de retenção             </div> <div style="text-align: center;">                   Parafusos             </div> </div> <p><b>3.2. Pré-montagem</b></p> <p>Antes do início do teste, deve-se seguir os seguintes passos:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Colocar os 4 parafusos na placa de base;</li> </ol> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-end; margin-top: 10px;">   </div> <ol style="list-style-type: none"> <li>2. A placa esquerda de retenção é fixada folgadoamente, com 2 parafusos grande e 2 anilhas. A placa esquerda ainda tem que estar movível. Os outros parafusos são fixos no lado oposto da placa de base;</li> </ol> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-end; margin-top: 10px;">  </div>		

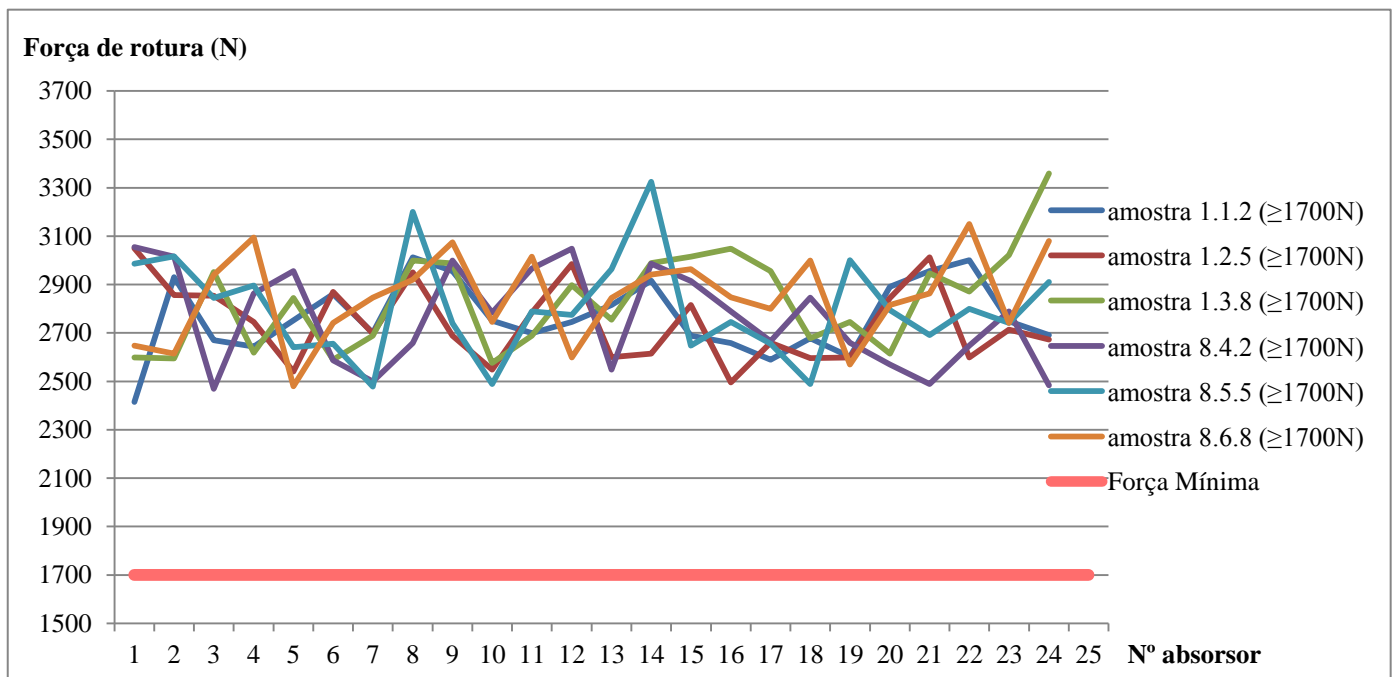
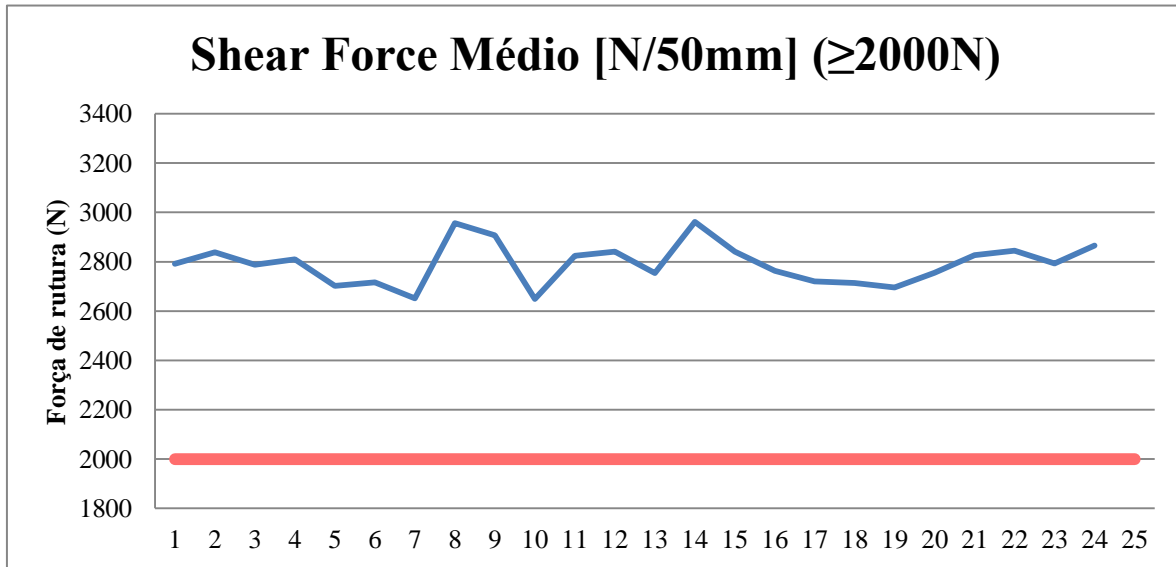
 <b>BOSCH</b>	<b>INSTRUÇÃO OPERACIONAL</b>	<b>IO-</b> Página 4 de 6
SECÇÃO <b>ABSORSORES</b>	EQUIPAMENTO Realização do teste Shear Force para o FS	N.º inventário: XXXXXXXXXXXX Posto n.º: XX
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 60%;"> <p>3. A placa de base é colocada e fixada no meio do dispositivo inferior de prensão;</p> <p>4. A cunha é colocada (não fixada) no dispositivo superior de prensão;</p> <p>5. A distância entre a cunha e a placa de base tem que ser constantemente 0,5mm. A cunha tem que ser colocada no meio da placa de base;</p> <p>6. A cunha é fixada no dispositivo superior de prensão.</p> <p><b>3.3. Inserção da amostra</b></p> <p>Após a pré-montagem, a máquina de ensaio tem que ter o seguinte aspeto:</p> </div> <div style="width: 35%;">      </div> </div>		




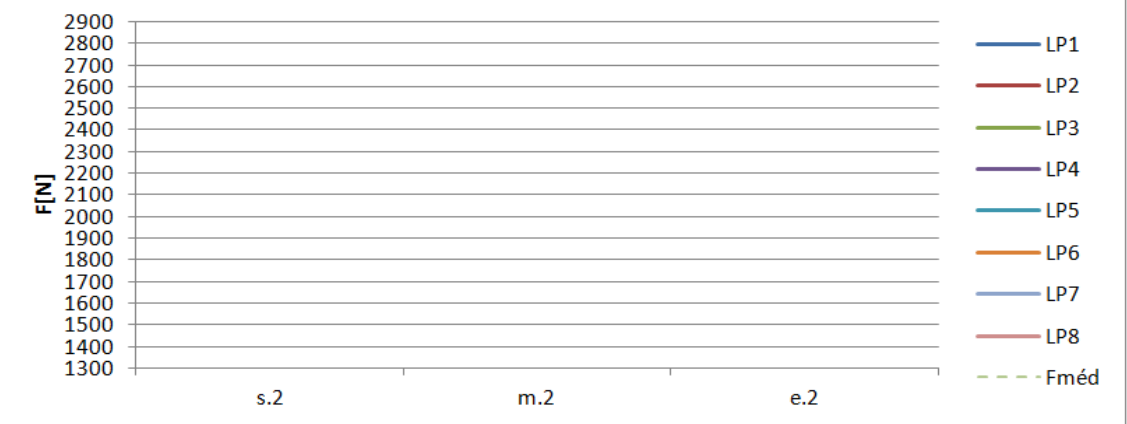
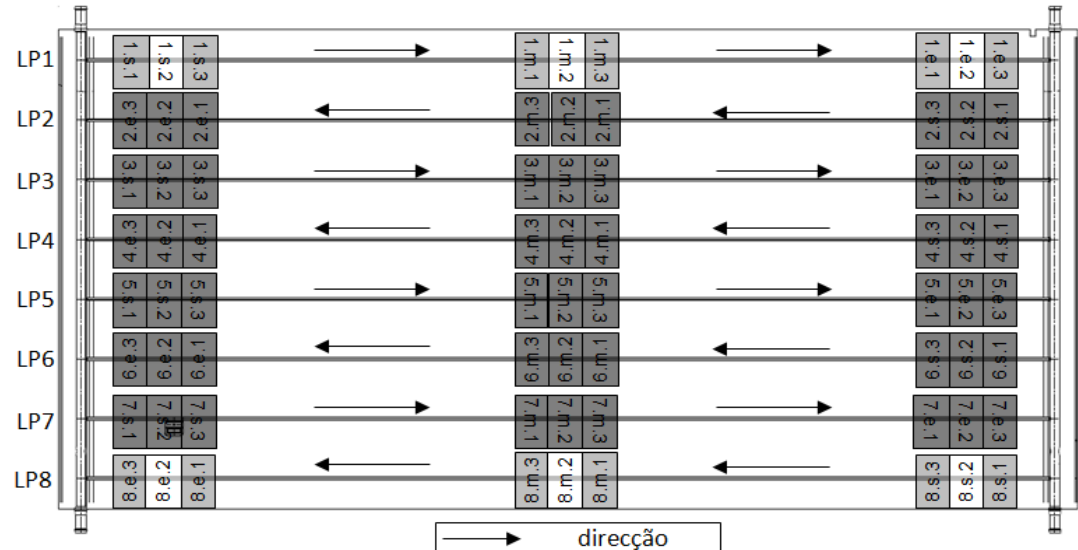
 <b>BOSCH</b>	<b>INSTRUÇÃO OPERACIONAL</b>	<b>IO-</b> Página 5 de 6
<b>SECÇÃO</b> <b>ABSORSORES</b>	<b>EQUIPAMENTO</b> <b>Realização do teste Shear Force para o FS</b>	N.º inventário: XXXXXXXXXXXX Posto n.º: XX
<p>1. A amostra tem de ser deslocada a partir do lado direito, por trás da placa de retenção esquerda. É importante que o sentido de soldadura esteja a apontar pa cima;</p> <p> <b>NOTA:</b> Não atender à configuração da identificação da amostra na figura.</p> <p>2. O slide é colocado a partir de cima no interior do lead pipe;</p> <p>3. A placa de retenção direita é colocada. O lead pipe tem que ficar centrado em relação às duas placas de retenção (sem enconstar);</p> <p>4. Fixar os parafusos nas placas de retenção pela seguinte ordem: superior direito, inferior direito, superior esquerdo, inferior esquerdo. Os parafusos têm que ser apertados por uma chave dinamométrica com 5Nm ou então por uma "Bosch GSR 14,4 V", friction clutch 20, speed 1, full cell;</p> <p>5. Depois dos parafusos estarem apertados, o slide não deve estar preso (ele tem que ser movido paracima facilmente). Se isto não for capaz, o procedimento tem que ser repetido.</p> <div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: flex-end;">      </div>		

 <b>BOSCH</b>	<b>INSTRUÇÃO OPERACIONAL</b>	<b>IO-</b> Página 6 de 6
<b>SECÇÃO</b> <b>ABSORSORES</b>		<b>EQUIPAMENTO</b> Realização do teste Shear Force para o FS
<p style="text-align: center;"><b>3.4. Procedimento do teste</b></p> <p>Antes de dar início ao procedimento do teste é necessário saber que após a realização do ensaio de uma amostra, proceder da seguinte forma para testar a seguinte:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Desapertar os parafusos da placa de retenção esquerda (primeiro o de baixo e depois o de cima);</li> <li>2. Desapertar os parafusos da placa de retenção direita (primeiro o de baixo e depois o de cima);</li> <li>3. Remover a placa de retenção direita para o lado direito;</li> <li>4. Remover o slide, tirando-o para fora do lead pipe;</li> <li>5. Remover a amostra ensaiada;</li> <li>6. Proceder novamente com os passos descritos no capítulo 3.3. (Inserção da amostra).</li> </ol> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Para iniciar o teste, é necessário ligar a impressora, o computador e aceder ao programa escrevendo "zw" no controlo de comando.</li> <li>• Para dar início ao teste carregar em "Test Start" e apontar o máximo valor que for possível verificar no ecrã. Após o valor deixar de aumentar, carregar em "Esc" no teclado.</li> <li>• Se por alguma razão não for possível verificar qual o valor máximo atingido pela máquina, proceder da seguinte forma:             <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ir a "Graphic" "Graphic parameters..." e alterar as escalas de força medida e da distância que o slide andou;</li> <li>2. Ir a "Display test curve(s)" e verificar, através da visualização da curva do gráfico, se a escala que foi introduzida é a mais apropriada.</li> <li>3. Caso a escala não seja ainda a melhor, voltar ao ponto 1 e proceder da mesma forma (iterações) até ser possível achar o ponto de inflexão da curva de força medida, que corresponderá à força de rutura.</li> </ol> </li> </ul>		

**ANEXO E: Teste de *Shear Force* após as melhorias implementadas**



## ANEXO F: Template de registo do teste *Shear Force*

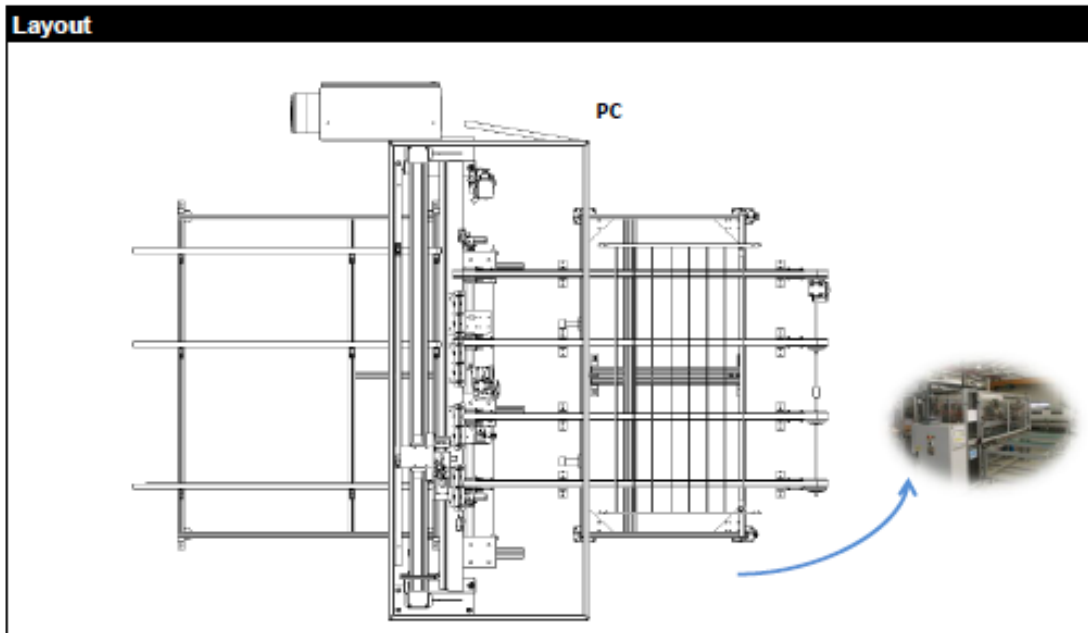
		TESTE SHEAR FORCE						Secção		
		Nome: Máquina de Soldadura Ultrasónica Abs Fullsheet				Nº Inv:		861		
<b>Peça</b> Nome: Absorsor SKW-FS 2sqm Modelo: Nº série:                      Data prod.		<b>Característica</b>								
		Fméd >= 2000 N/50mm		Famostra >= 1700 N/50mm		Pmin [W] 1000		Pmax [W] 1200		
<b>P [W]</b> Pot. US		LP 1	LP 2	LP 3	LP 4	LP 5	LP 6	LP 7	LP 8	
<b>F [N]</b>		s.1								
		s.2								
		s.3								
		m.1								
		m.2								
		m.3								
		e.1								
		e.2								
		e.3								
Nota: s = start (inicio); m = middle (meio); e = end (fim)										
										
										
<b>Resultado:</b> Fméd                      0 N/50mm F min, amostra                      0 N/50mm						<b>Comentários:</b> <p style="text-align: center; color: red;"><b>Resultado negativo</b></p>				
Data: _____		Resp: _____				Dept: _____				

**ANEXO G: Quick Change Over's (máquinas da célula FS)**

# Instrução de Mudança de Ferramenta



<b>Procedimento</b>	<b>IMA-0000</b>	<b>Absorores-Máq. de escovagem FS</b>
1 – Executar os pontos de acordo com a sequência definida 2 – Preencher a folha QCO - "Registos de Mudança" 3 – Qualquer desvio ao trabalho "Standard" deve ser registado no "Plano de Acções" com a descrição do problema e a acção correctiva		
Tempo total para execução: 6 minutos e 9 segundos		<b>1m<sup>2</sup> para 2m<sup>2</sup></b>



**Sequência de trabalho**

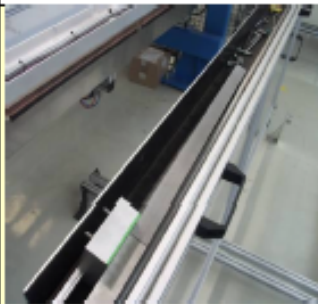






Seq.	Máquina	Local	Acção/Metodologia	Ferramentas	Tempo [seg]	Parada Func.	Fotos
1	Escovagem 0100001014	Saída	Remover o carro de saída	-	7	P	
2			Baixar a porta frontal de proteção com a ajuda dos 2 gatilhos vermelhos		5	P	

**Organização**

Revisão	Secção - Linha	Referência / Família	
00	ABSORSORES - FS	QCO-Circuito Oper. Internas	
Supervisor	Elaborado	Data	Pag.
	Helder Duarte	20.12.2012	1 de 3



# Instrução de Mudança de Ferramenta

Sequência de trabalho							
Seq.	Máquina	Local	Ação/Metodologia	Ferramentas	Tempo (seg)	Parada Func.	Fotos
3	Escovagem 0100001014	Salda	Desapertar os parafusos assinalados a verde do dispositivo 1, removê-lo e colocá-lo na zona de descanso. "Aliviar" os parafusos vermelhos do dispositivo central e deslocá-lo o suficiente para montar posterior/ o dispositivo 1	Chave sextavada nº6	65	P	
4			Colocar o dispositivo 2 na posição para 1m <sup>2</sup> e colocar os parafusos		43	P	
5			Voltar a apertar os parafusos do dispositivo central		14	P	
6			Colocar o dispositivo 1 na posição para 2m <sup>2</sup> e colocar os parafusos		57	P	
7			Subir a porta frontal de proteção		12	P	
8		Entrada	Afastar o Jig de stock e recuar o carro de entrada	-	32		
9		Interior	Entrar dentro da instalação pela porta, desapertar o apertador do dispositivo B e colocá-lo na posição de 2m <sup>2</sup> ;	-	30	P	

Organização			
Revisão	Secção - Linha	Referência / Família	
00	ABSORSORES - FS	QCO-Circuito Oper. Internas	
Supervisor	Elaborado	Data	Pag.
	Helder Duarte	20.12.2012	2 de 3

# Instrução de Mudança de Ferramenta



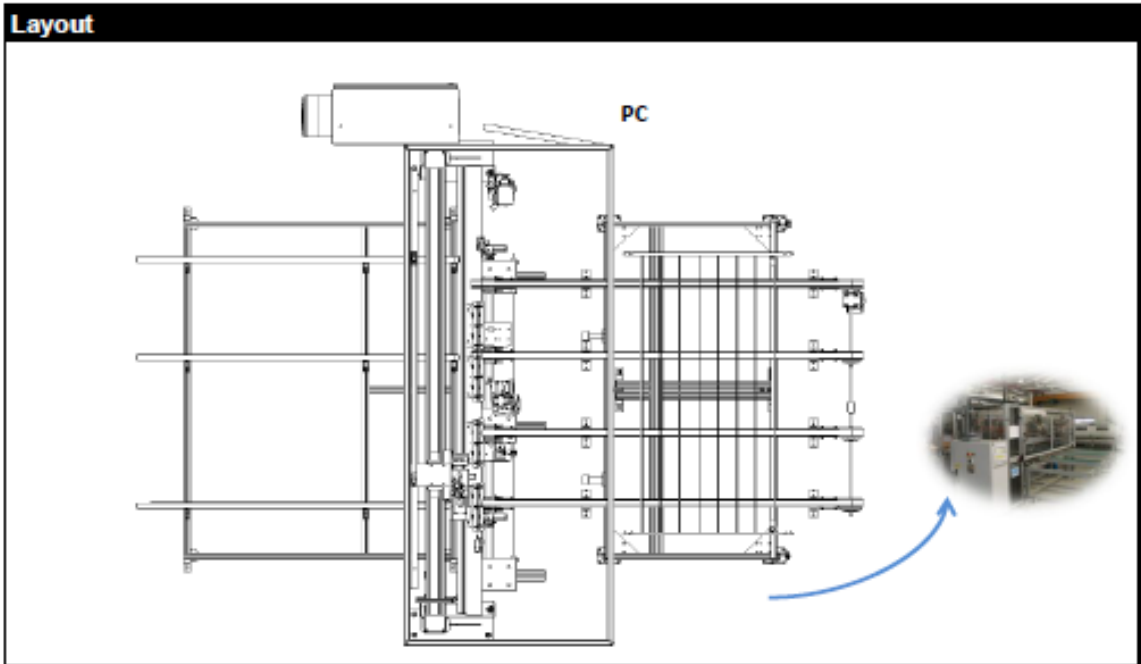
Sequência de trabalho							
Seq.	Máquina	Local	Ação/Metodologia	Ferramentas	Tempo [seg]	Parada Func.	Fotos
10	Escovagem 0100001014	Interior	Apertar o apertador do dispositivo B na nova posição	-	12	P	
11			Pegar no dispositivo A (rodá-lo 180°) e colocá-lo na sua posição original e apertar os apertadores		30	P	
12			Remover a ficha da posição de repouso e colocá-la na posição original		11	P	
13		Saida/ entrada	Sair da instalação, fechar a porta e colocar novamente os carros de entrada e saída nas posições de trabalho e bloquear as rodas		35	P	
14		Panel de Controlo (PC)	Selecionar ciclo automático		7	P	
TempoTotal:					369	-> 6' 9"	

Organização			
Revisão	Secção - Linha	Referência / Família	
00	ABSORSORES - FS	QCO-Circuito Oper. Internas	
Supervisor	Elaborado	Data	Pag.
	Helder Duarte	20.12.2012	3 de 3

# Instrução de Mudança de Ferramenta



<b>Procedimento</b>	<b>IMA-0000</b>	<b>Absorsores-Mâq. de escovagem FS</b>
1 – Executar os pontos de acordo com a sequência definida 2 – Preencher a folha QCO - "Registos de Mudança" 3 – Qualquer desvio ao trabalho "Standard" deve ser registado no "Plano de Acções" com a descrição do problema e a acção correctiva		
Tempo total para execução: 7 minutos e 57 segundos		<b>2m<sup>2</sup> para 1m<sup>2</sup></b>



**Sequência de trabalho**

Seq.	Máquina	Local	Ação/Metodologia	Ferramentas	Tempo (seg)	Parada Func.	Fotos
1	Escovagem 0100001014	Salda	Remover o carro de saída	-	7	P	
2			Baixar a porta frontal de proteção com a ajuda dos 2 gatilhos vermelhos		5	P	

**Organização**

Revisão 00	Secção - Linha ABSORSORES - FS	Referência / Família QCO-Circuito Oper. Internas	
Supervisor	Elaborado Helder Duarte	Data 20.12.2012	Pag. 1 de 3



# Instrução de Mudança de Ferramenta



Sequência de trabalho							
Seq.	Máquina	Local	Ação/Metodologia	Ferramentas	Tempo [seg]	Parada Func.	Fotos
3	Escovagem 0100001014	Salda	Desapertar os parafusos assinalados a verde do dispositivo 1, removê-lo e colocá-lo na zona de descanso	Chave sextavada nº8	71	P	
4			Desapertar os parafusos a verde do dispositivo 2, removê-lo e colocá-lo na zona de descanso. "Aliviar" os parafusos vermelhos do dispositivo central e deslocá-lo o suficiente para montar posterior/ o dispositivo 1		86	P	
5			Colocar o dispositivo 1 na posição para 1m <sup>2</sup> e colocar os parafusos		91	P	
6			Voltar a apertar os parafusos do dispositivo central		14	P	
7			Subir a porta frontal de proteção		12	P	
8		Entrada	Afastar o Jig de stock e recuar o carro de entrada	-	32	P	
9		Interior	Entrar dentro da instalação pela porta, desligar a ficha e colocá-la na posição de repouso	-	11	P	

Organização			
Revisão	Secção - Linha	Referência / Família	
00	ABSORSORES - FS	QCO-Circuito Oper. Internas	
Supervisor	Elaborado	Data	Pag.
	Helder Duarte	20.12.2012	2 de 3

# Instrução de Mudança de Ferramenta



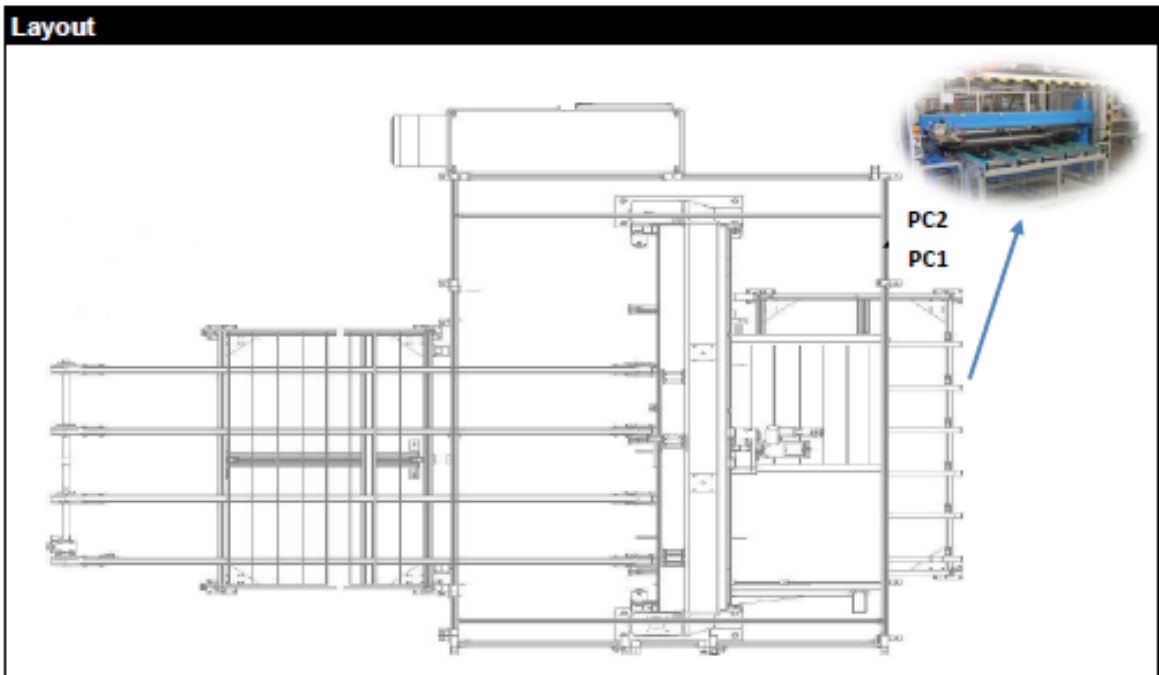
Sequência de trabalho							
Seq.	Máquina	Local	Ação/Metodologia	Ferramentas	Tempo (seg)	Parada Func.	Fotos
10	Escovagem 0100001014	Interior	Desapertar os apertadores do dispositivo A, removê-lo (rodá-lo 180°) e colocá-lo na posição de repouso		37	P	
11							
12			Desapertar o apertador do dispositivo B e movê-lo para a posição de 1m²; apertar o apertador do dispositivo B na nova posição		67	P	
13							
14		Saida/ entrada	Sair da instalação, fechar a porta e colocar novamente os carros de entrada e saída nas posições de trabalho e bloquear as rodas		37	P	
15	Panel de Controlo (PC)	Selecionar ciclo automático	7	P			
					TempoTotal: 477 -> 7' 57"		

Organização			
Revisão	Secção - Linha	Referência / Família	
00	ABSORSORES - FS	QCO-Circuito Oper. Internas	
Supervisor	Elaborado	Data	Pag.
	Helder Duarte	20.12.2012	3 de 3

# Instrução de Mudança de Ferramenta



Procedimento	IMA-0000	Absorsores-Máq. de sold. ultrasónica FS
1 – Executar os pontos de acordo com a sequência definida 2 – Preencher a folha QCO - "Registos de Mudança" 3 – Qualquer desvio ao trabalho "Standard" deve ser registado no "Plano de Acções" com a descrição do problema e a acção correctiva		
Tempo total para execução: 9 minutos e 16 segundos		1m <sup>2</sup> para 2m <sup>2</sup>



**Sequência de trabalho**

Seq.	Máquina	Local	Acção/Metodologia	Ferramentas	Tempo [seg]	Parada Func.	Fotos
1	Soldadura ultrasónica 0100000912	Panel de Controlo 2 (PC2)	Rodar a chave para a posição "não ativa"	-	2	P	
2		Frente	Remover o carro de entrada		5	P	

**Organização**

Revisão	Secção - Linha	Referência / Família
00	ABSORSORES - FS	QCO-Circuito Oper. Internas
Supervisor	Elaborado	Data
	Helder Duarte	19.11.2012
		Pag.
		1 de 3

# Instrução de Mudança de Ferramenta



Sequência de trabalho							
Seq.	Máquina	Local	Ação/Metodologia	Ferramentas	Tempo [seg]	Parada Func.	Fotos
3	Soldadura ultrasónica 0100000912	Saída	Afastar máquina de estanquicidade e remover tapete de saída		30	P	
4		Interior	Entrar dentro da instalação e aliviar os parafusos para remover o calçador de 1m <sup>2</sup>	-	21	P	
5			Ativar novamente todo o sistema de vácuo (6 válvulas)		12	P	
6			Desapertar batente de chapa e removê-lo para colocá-lo na posição 2m <sup>2</sup>		36	P	
7		Frente	Sair da instalação e dirigir-se para a zona de entrada para desapertar os 6 parafusos e retirar a garra da plataforma n°3 e posicionar a garra na plataforma n°6		91	P	
8			Desapertar os 6 parafusos e retirar a garra n°3 da plataforma n°2 e colocá-la na plataforma n°3	Chave sextavada n°6	88	P	
9			Pegar na garra n°2 que estava em repouso e colocá-la na plataforma n°2		80	P	
10			Remover o pino de posicionamento SE29.2 e posicionar-lo no suporte da plataforma n°6	Chave sextavada n°5	38	P	

Organização			
Revisão 00	Secção - Linha ABSORSORES - FS	Referência / Família QCO-Circuito Oper. Internas	
Supervisor	Elaborado Helder Duarte	Data 19.11.2012	Pag. 2 de 3

# Instrução de Mudança de Ferramenta



Sequência de trabalho							
Seq.	Máquina	Local	Ação/Metodologia	Ferramentas	Tempo [seg]	Parada Func.	Fotos
11	Soldadura ultrasónica 0100000912	Interior	Entrar na instalação e pegar no calçador do modelo 2m <sup>2</sup> que se encontra em repouso e colocá-lo	-	59	P	
12		Frente/saída	Sair da instalação e reposicionar o carro de entrada, o tapete de saída e a máquina de estanquicidade		43	P	
13		Panel de Controlo 2 (PC2)	Validar proteção ativa com a chave e carregar em "validar proteção" até ficar azul		7	P	
14		Panel de Controlo 1 (PC1)	Carregar em F1 ou seleciona "Auto" e seguir os seguintes passos por ordem: "Próx Pág"; "SKW-2sqm"; F14 (enter); "→"; "0 para o controlo"; F14; F1		44	P	
					TempoTotal: 556	→ 9' 27"	

Organização			
Revisão	Secção - Linha	Referência / Família	
00	ABSORSORES - FS	QCO-Circuito Oper. Internas	
Supervisor	Elaborado	Data	Pag.
	Helder Duarte	19.11.2012	3 de 3



# Instrução de Mudança de Ferramenta



Procedimento	IMA-0000	Absorsores-Máq. de sold. ultrasónica FS
1 – Executar os pontos de acordo com a sequência definida 2 – Preencher a folha QCO - "Registos de Mudança" 3 – Qualquer desvio ao trabalho "Standard" deve ser registado no "Plano de Acções" com a descrição do problema e a acção correctiva		
Tempo total para execução: 9 minutos e 6 segundos		2m <sup>2</sup> para 1m <sup>2</sup>

**Layout**

**Sequência de trabalho**

Seq.	Máquina	Local	Acção/Methodologia	Ferramentas	Tempo [seg]	Parada Func.	Fotos
1	Soldadura ultrasónica 0100000912	Panel de Controlo 2 (PC2)	Rodar a chave para a posição "não ativa"	-	2	P	
2		Frente	Remover o carro de entrada		5	P	

**Organização**

Revisão 00	Secção - Linha ABSORSORES - FS	Referência / Família QCO-Circuito Oper. Internas	
Supervisor	Elaborado Helder Duarte	Data 19.11.2012	Pag. 1 de 3

# Instrução de Mudança de Ferramenta



Sequência de trabalho							
Seq.	Máquina	Local	Ação/Methodologia	Ferramentas	Tempo [seg]	Parada Func.	Fotos
3	Soldadura ultrasónica 0100000912	Salda	Afastar máquina de estanquicidade e remover tapete de saída		30	P	
4		Interior	Entrar dentro da instalação e aliviar os parafusos para remover o calcador de 2m <sup>2</sup>	-	39	P	
5			Fechar o sistema de vácuo das garras que vão ficar inativas (7 válvulas mais à esquerda)		9	P	
6		Frente	Sair da instalação e dirigir-se para a zona de entrada para desapertar os 6 parafusos e retirar a garra n°2		72	P	
7			Desapertar os 6 parafusos e retirar a garra n°3	Chave sextavada n°8	55	P	
8			Posicionar a garra n°3 na plataforma n°2 e colocar os 6 parafusos		63	P	
9			Desapertar a garra n°6 e colocá-la na plataforma n°3 e colocar os respetivos parafusos		73	P	

Organização			
Revisão	Secção - Linha	Referência / Família	
00	ABSORSORES - FS	QCO-Circuito Oper. Internas	
Supervisor	Elaborado	Data	Pag.
	Helder Duarte	19.11.2012	2 de 3



# Instrução de Mudança de Ferramenta

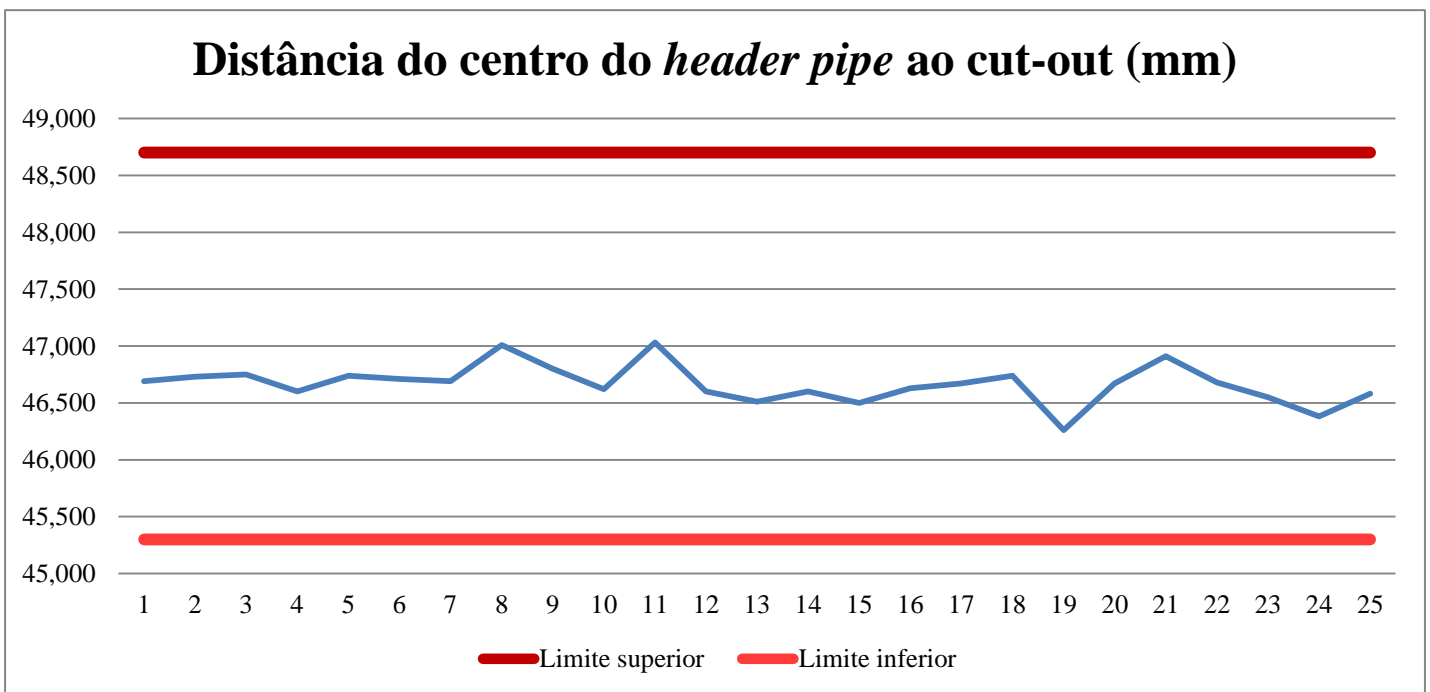
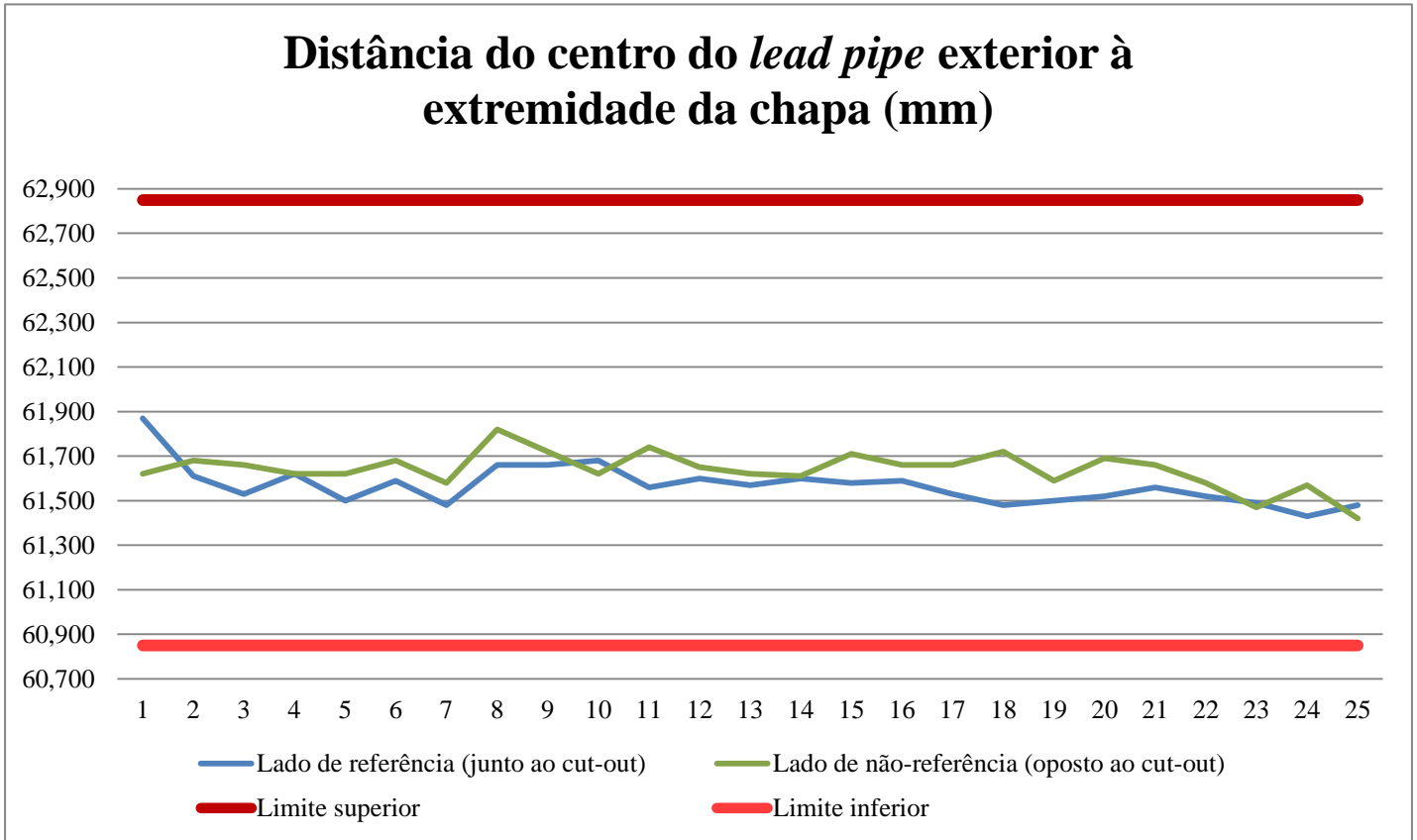


Sequência de trabalho							
Seq.	Máquina	Local	Ação/Metodologia	Ferramentas	Tempo [seg]	Parada Func.	Fotos
10	Soldadura ultrasónica 0100000912	Frente	Desapertar os 2 parafusos do pino de posicionamento SE29.2	Chave sextavada nº5	18	P	
11			Posicionar o pino SE29.2 na plataforma 3		26	P	
12		Interior	Entrar dentro da instalação e desapertar batente da chapa e posicioná-lo no espaçamento entre a plataforma 3 e 4		35	P	
			Posicionar o calcador do modelo 1m² e apertar os parafusos		25	P	
14		Frente/salda	Sair da instalação e reposicionar o carro de entrada, o tapete de saída e a máquina de estanquicidade		43	P	
15		Panel de Controlo 2 (PC2)	Validar proteção ativa com a chave e carregar em "validar proteção" até ficar azul		7	P	
16		Panel de Controlo 1 (PC1)	Carregar em F1 ou seleciona "Auto" e seguir os seguintes passos por ordem: "Próx Pág"; "SKW-1sqm"; F14 (enter); "→"; "0 para o controlo"; F14; F1		44	P	

TempoTotal: 546 → 9' 6"

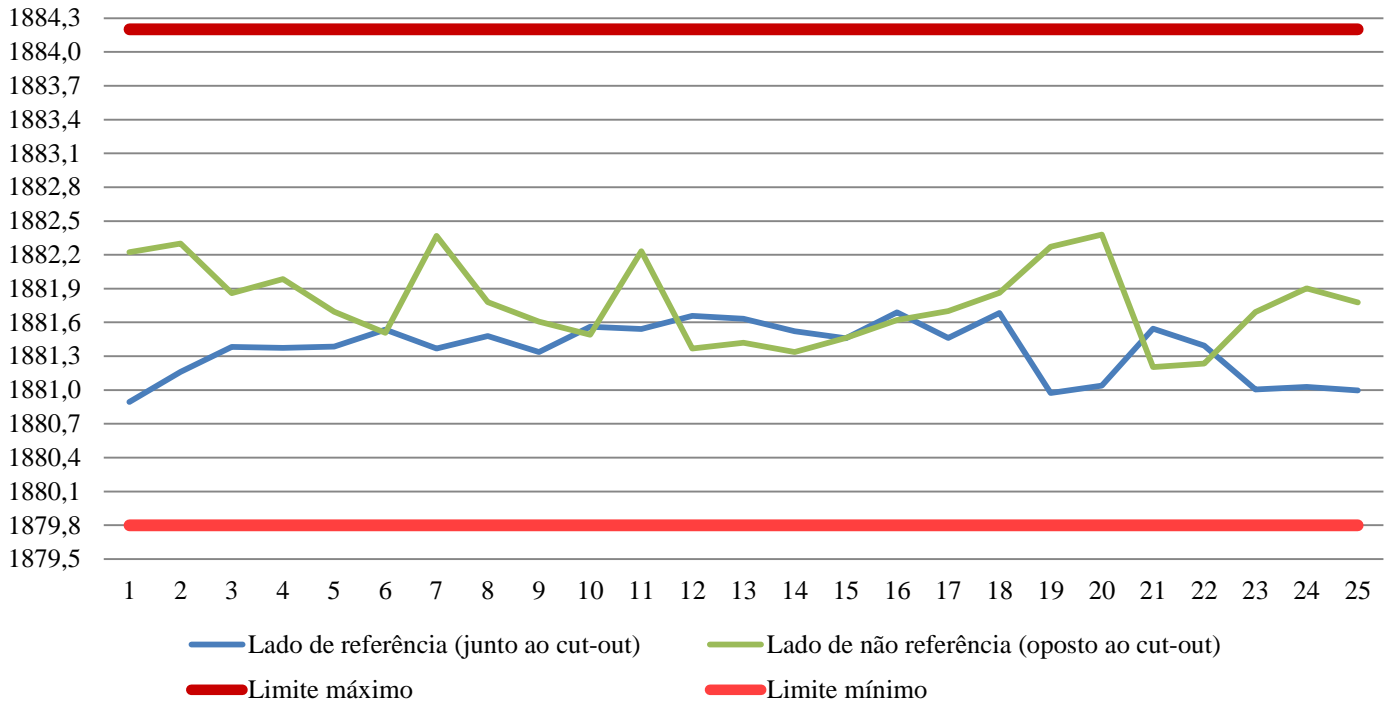
Organização			
Revisão	Secção - Linha	Referência / Família	
00	ABSORSORES - FS	QCO-Circuito Oper. Internas	
Supervisor	Elaborado	Data	Pag.
	Helder Duarte	19.11.2012	3 de 3

**ANEXO H: Teste de capacidade após alteração de tolerância dos três sensores “semáforo” de  $\pm 0.1\text{mm}$  para  $\pm 0.2\text{mm}$**

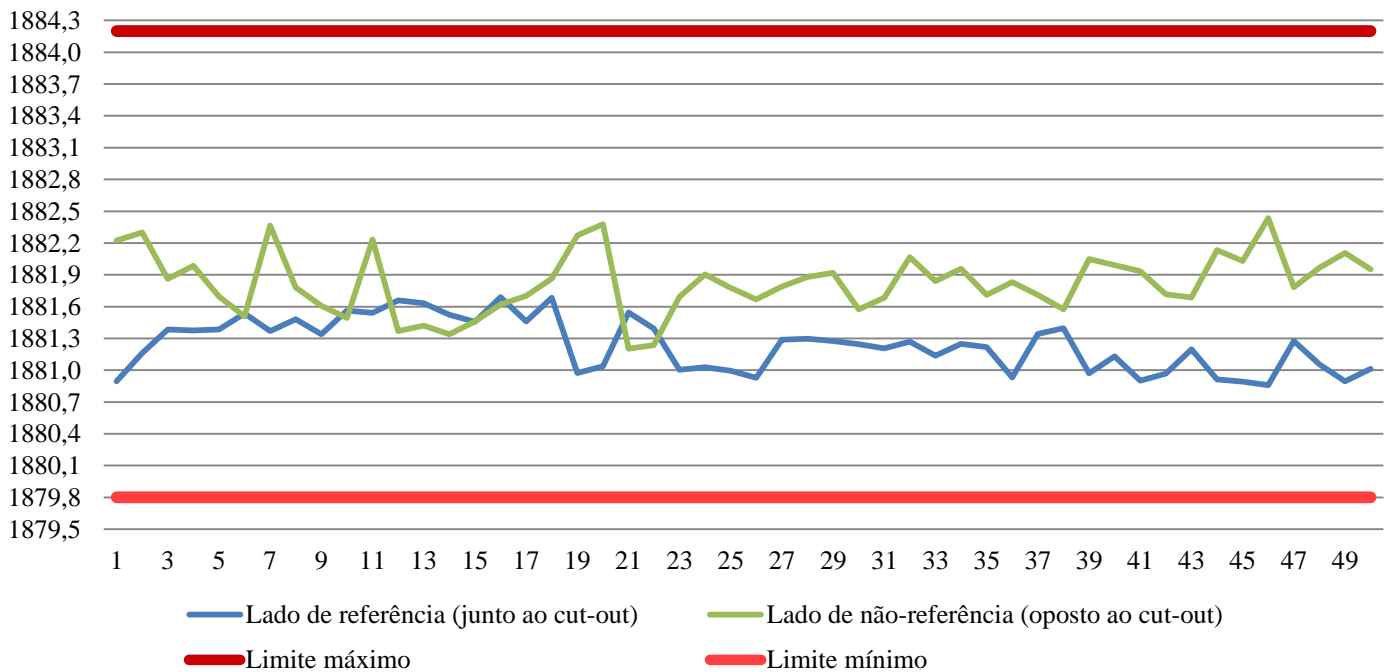


**ANEXO I: Testes de capacidade da distância entre *header pipes* (25 e 50 amostras)**

**Distância entre *header pipes* (mm) - 25 amostras**



**Distância entre *header pipes* (mm) - 50 amostras**



**ANEXO J: Melhorias de ergonomia/segurança - Posto 30 (célula FS)**

Problema	Melhoria	Resultado	Antes / Depois
<p><b><u>Suporte da pistola encontra-se do lado esquerdo do aplicador</u></b></p>	<p>Passar o suporte da pistola para o lado direito do aplicador</p>	<p>Ergonomia de acordo com o <i>standard</i> Bosch; Movimento simplificado da operação;</p>	
<p><b><u>Mangueira da pistola do silicone está solta</u></b></p>	<p>Prender o tubo da pistola no gradeamento da máquina</p>	<p>Operação mais fácil</p>	
<p><b><u>Caixa das chapas sensor encontra-se no lado oposto ao sítio da sua utilização</u></b></p>	<p>Mudar o sítio da caixa para a zona próxima da sua utilização; Remover o sítio de abastecimento das chapas por parte do operador logístico e coloca-lo próximo das paletes dos absorsores</p>	<p>Ergonomia de acordo com o <i>standard</i> Bosch; Espaço libertado no posto do operador; Operação mais fácil; Operador logístico deixa de ter que entrar dentro da linha de produção para abastecer</p>	

## ANEXO L: Distância entre *header pipes* e respetiva tolerância

