



Aplicação da Metodologia Lean na Área de Produção Soldadura

GE Power Controls Portugal

José Olegário Maia Areal Ferreira

Dissertação de Mestrado

Orientador na Feup: Prof. Hermenegildo Pereira

Orientador na Empresa: Eng. Rui Amaro



Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto
Mestrado Integrado em Engenharia Industrial e Gestão

2013-07-01

Aos meus pais, irmãs e amigos

Resumo

Sendo o mercado cada vez mais competitivo, é imprescindível para as empresas que pretendam garantir uma posição confortável, produzir de forma eficaz, eficiente e rápida. O recurso à filosofia Lean Manufacturing e a sua aplicação é, assim, de extrema importância para todas as empresas.

Este projeto desenvolveu-se no âmbito da disciplina de Projecto do Mestrado Integrado em Engenharia Industrial e Gestão e tem como objectivo a aplicação de técnicas de *Lean Manufacturing* na área de soldadura de uma empresa produtora de componentes eléctricos.

A secção da soldadura é uma área vital uma vez que fornece componentes que serão incorporados no produto principal da empresa. Devido à variedade de componentes que são produzidos na área existem variados tempos de setup e tipos de materiais que acabam muitas vezes por gerar problemas.

Os principais objectivos deste projecto consistiram, assim, em eliminar o desperdício, melhorar a qualidade dos componentes fabricados, reduzir o lead e cycle time, reduzir e, se possível, eliminar determinados tempos de setup, melhorar a organização da área e, também, diminuir o WIP (*Work in Process*). Foram, assim, implementadas e realizadas inúmeras acções para atingir estes objectivos.

Com a realização deste projecto ficou reconhecida a importância do Lean Manufacturing para qualquer tipo de empresa e, também, a importância de se envolverem todos os trabalhadores nestas acções de melhoria.

Application of Lean Manufacturing tools in the Welding Area at GE Power Controls Portugal

Abstract

In the actual competitive environment is essential for a company who seeks to ensure a comfortable position in the market to produce more effective, efficient and faster. Therefore the use of the Lean Manufacturing philosophy is extremely important for all companies.

In this context, this paper is the result of the Industrial Engineering and Management Master's Final Project developed in an electrical components company producer, whose aim was the application of Lean Manufacturing tools in its welding sector.

For this company, the welding section is critical because it provides the essential components for the main company's product. Due to the variety of components manufactured, it becomes very difficult to combine the different setup times and types of materials in order to be able to produce continuously and efficiently.

The main goals for this Project consisted in eliminate waste, improve quality of manufactured components, reduce lead and cycle time, reduce and, if possible, eliminate certain setup times, improve the organization of the welding section and also decrease WIP (Work in Process). Having thus been implemented and carried out numerous actions to achieve these goals.

With the end of this project was recognized the importance of Lean Manufacturing for any type of company, and also the importance of engaging all employees in these improvement actions.

Agradecimentos

Chegando ao fim desta etapa profissional quero aqui agradecer a todos que contribuíram para a realização da mesma.

Quero começar por agradecer ao orientador Prof. Hermenegildo Pereira por todo o seu apoio e acompanhamento ao longo do projeto.

Da parte da GEPC Portugal quero agradecer a todos os que acompanharam durante este projeto: ao engenheiro Rui Amaro pela liberdade de acção; ao engenheiro Rui Coelho pelo constante apoio, orientação e partilha de conhecimentos; ao Fernando, à Sara, ao Sr. Jaime, ao Sr. Zé, à Marisa e a todas as operadoras do zona da soldadura pela boa disposição e disponibilidade; aos estagiários Jorge, Maria, Marta e Stephanie pela companhia e motivação.

Ao Tó, ao Jon, à Isaura, ao João, ao Pedro, ao Daniel e ao Gonçalo pela amizade e força inesgotável. Às minhas irmãs Catarina e Carolina e por último à minha mãe Olga e ao meu pai José por me terem proporcionado todas as oportunidades da minha vida.

Índice

1. Introdução.....	1
1.1 A empresa GEPC Portugal	1
1.2. A importância da secção de soldadura na GEPC Portugal	2
1.3. Metodologia seguida ao longo do Projeto	3
1.4. Calendarização e desenvolvimento do Projeto.....	3
1.5. Temas abordados e sua organização no presente relatório.....	4
2. Estado da Arte.....	5
2.1. Lean Manufacturing	5
2.2 Os Sete Tipos de Desperdício.....	5
2.3 Standard Work Methods	6
2.4 Gestão Visual.....	7
2.5 Três verbos para o Lean	7
2.6 Metodologia 5S	8
2.7 Uniformização	9
2.8 Estudo e análise dos tempos.....	9
2.9 Células de produção.....	10
3. Situação atual e sua descrição.....	13
3.1. ELCB.....	13
3.2 Secção de Soldadura	13
3.3. Processo Produtivo	14
3.3.1 Processamento dos magnéticos	14
3.3.2 Processamento dos neutros	16
3.3.3 Processamento dos térmicos	17
3.4 Controlo de Qualidade	20
4. Problemas encontrados e propostas de solução	21

4.1 Fase 1 – Organização dos vários produtos e estantes	21
4.1.1. Organização das estantes	21
4.1.2. Organização dos produtos.....	22
4.2. Fase 2 – Reduzir as peças defeituosas que são originadas na soldadura	24
4.2.1. Reduzir peças defeituosas originadas pela má colocação destas nos contentores	24
4.2.2. Reduzir peças defeituosas originadas pela troca de materiais	25
4.3. Fase 3 – Eliminar movimentos desnecessários.....	26
4.4. Fase 4 – Redução de tempos de setup / Implementação de um sistema de One Piece Flow	28
4.4.1 Junção de operações no processo produtivo do componente neutro – Contacto Móvel / trança e pista de arco / trança	28
4.4.2. Redução de tempos de setup no processo produtivo do componente térmico ...	30
4.4.3. Junção de operações no processo produtivo do componente térmico – contacto móvel / trança e shunt / trança.....	31
4.4.4. Junção de operações no processo produtivo do componente térmico – pista de arco – trança e pista de arco - bimetal.....	33
4.4.5. Junção de operações no processo produtivo do componente térmico – bimetal – trança e borne comprido - trança.....	34
4.5 Resumo das melhorias propostas.....	35
5. Análise das medidas implementadas e reflexão sobre os resultados obtidos	37
5.1. Organização das estantes	37
5.2. Organização dos produtos.....	37
5.3. Redução das peças defeituosas originadas pela má colocação dos magnéticos nos contentores.....	38
5.3 Reduzir peças defeituosas originadas pela troca de materiais	40
5.4. Eliminar movimentos desnecessários.....	41
5.5. Junção de operações no processo produtivo do componente neutro – contacto móvel/trança e pista de arco/trança	41
5.6. Redução de tempos de setup no processo produtivo do componente térmico	42

5.7. Junção de operações no processo produtivo do componente térmico – contacto móvel / trança e shunt / trança.....	43
6. Conclusões e Trabalhos Futuros.....	46
Referências.....	47
ANEXO A.....	48
ANEXO B.....	49
ANEXO C.....	52

Glossário

Bottleneck – Constrangimento que impede que o sistema responda em fluxo.

Cycle Time – Representa o tempo de saída para peças consecutivas. Diz respeito ao tempo da mais longa das operações.

ELCB – Earth Leakage Circuit Breaker.

GEPC – General Electric Power Controls

Lead Time – Somatório do tempo útil com o tempo não-produtivo. Tempo necessário para a organização responder a uma solicitação.

One Piece Flow – Forma de produção em que os componentes são produzidos e passados para a operação seguinte um de cada vez.

Waterspider – Abastecedor que fornece materiais aos vários postos de trabalho

WIP – Work in Progress. Materiais em curso de produção.

Índice de Figuras

Figura 1- Disjuntor	2
Figura 2- Diagrama de Gantt com a calendarização do projeto	3
Figura 3- Monitor com a informação do estado de produção de cada linha	7
Figura 4 - Gestão 5S	8
Figura 5 - Layout atual da área de produção soldadura	14
Figura 6 - Solda da trança à bobine	15
Figura 7 - Colocação da trança e bobine dentro do núcleo magnético	15
Figura 8 - Solda do borne à trança	16
Figura 9 - Solda do contacto móvel á trança	16
Figura 10 - Solda do subconjunto anterior à pista de arco	17
Figura 11 - Solda do subconjunto anterior ao borne curto	17
Figura 12 - Solda do contacto móvel à trança	18
Figura 13 - Solda da pista de arco à trança	18
Figura 14 - Solda do shunt à trança	18
Figura 15 - Solda do bimetá à pista de arco	19
Figura 16 - Solda do bimetá à trança	19
Figura 17 - Solda do borne comprido à trança	20
Figura 18 - Material intermédio colocado no chão	21
Figura 19 - Estantes da área da soldadura	22
Figura 20 - Nova estante	22
Figura 21 - Dois Tipos de Kerns diferentes	23
Figura 22 - Máquina de Cravar Bobines com os produtos devidamente identificados	23
Figura 23 – Contentor de componentes magnéticos com os separadores de cartão	25
Figura 24 - Mesa de trabalho da operação de solda de borne curto ao Subconjunto magnético	25
Figura 25 - Nova máquina de soldadura destinada à operação de solda do borne curto ao subconjunto magnético	26

Figura 26 - Primeira solução para melhorar a colocação dos sensores	27
Figura 27 – Solução final para a colocação dos sensores.....	27
Figura 28 - Encaixe do contacto móvel no novo jig	29
Figura 29 - Encaixe da pista de arco no novo jig.....	29
Figura 30 - Suporte para colocação de contentores	30
Figura 31 - Bases necessárias para garantir o encaixe de todos os shunts	31
Figura 32 - Batentes necessárias para garantir uma boa soldadura.....	31
Figura 33 - Sistema de jig duplo.....	32
Figura 34 - Tampa que une o cilindro ao jig duplo e esferas que permitem o seu bom movimento	32
Figura 35 - Suporte destinado ao encaixe de dois elétrodos	33
Figura 36 - Jig destinado á operação de soldadura trança/pista de arco e pista de arco/bimetal	34
Figura 37 - Sistema de Jig duplo para a junção de operações bimetal/trança e borne comprido/trança.....	34
Figura 38 - Processo Produtivo do Componente neutro sem junção de operações	42
Figura 39 - Processo Produtivo do Componente neutro com junção de operações	42
Figura 40 - Percurso Produtivo do Componente térmico	44
Figura 41 - Percurso Produtivo do Componente térmico com a junção das operações de soldadura da trança ao contacto móvel e da trança ao shunt	44

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Resumo das medidas propostas	36
Tabela 2 - Melhorias obtidas com a organização das estantes	37
Tabela 3 - Tempos de soldadura para a operação de solda do borne curto ao subconjunto magnético com e sem separadores	38
Tabela 4 - Quantidade de peças defeituosas devido ao fio branco do componente magnético (sem separador).....	39
Tabela 5 - Quantidade de peças defeituosas devido ao fio branco do componente magnético (sem separador).....	39
Tabela 6 - Quantidade de peças defeituosas devido a trocas de materiais - Processo antigo ...	40
Tabela 7 - Quantidade de peças defeituosas devido a trocas de materiais - Novo Processo	40
Tabela 8 - Número de vezes que o sensor não captou o movimento da operária - Posição original e Nova posição dos sensores	41
Tabela 9 - Tempos de Setup da operação de soldadura trança/shunt usando jigs antigos e novos jigs.....	43

1. Introdução

1.1 A empresa GEPC Portugal

A General Electric, sediada em Connecticut nos Estados Unidos, é uma empresa multinacional americana que está presente em cerca de 130 países e que conta atualmente com cerca de 300 000 empregados.

Fundada em 1892, resultante da fusão da Edison Electric Light Company com a Thomson-Houston Electric Company, a GE está presente em áreas como Tecnologia e Infraestrutura; Energia; NBC Industrial (comunicação e entretenimento); Soluções Domésticas e Empresariais e, também, em Áreas Financeiras.

A General Electric Power Controls Portugal, situada em Vila Nova de Gaia, emprega atualmente cerca de 200 trabalhadores e dedica-se à produção de material elétrico como por exemplo disjuntores e tomadas. Neste momento, o produto que apresenta maior faturação é os ELCBs, seguindo-se os produtos de wiring (Wiring Devices e Wiring Accessories).

A fábrica encontra-se dividida em sete áreas diferentes:

- Plásticos
Nesta área, produzem-se componentes plásticos utilizados nos produtos finais de ELCBs e de Wa/Wd. Existem, nesta secção, máquinas de injeção e compressão de plásticos e, também, equipamentos para operações de acabamento.
- Metais
Nesta zona, produzem-se componentes metálicos que serão utilizados nos produtos finais de ELCBs e de Wa/Wd. Apresenta equipamentos de dobragem, cravagem e prensas mecânicas.
- Wa/Wd
Aqui, o trabalho realizado prende-se essencialmente com a montagem de tomadas, acessórios, botões e todos os outros wiring devices e accessories.
- Linhas de Montagem de ELCBs
Neste local, o trabalho destina-se, tal como o próprio nome indica, a montar os ELCBs. Existem quatro linhas de montagem para os disjuntores tetrapolares e seis linhas de montagem para os disjuntores bipolares.
- Reparação
Esta área é composta por duas linhas e consiste em reparar possíveis defeitos que os ELCBs apresentem.
- Testes

A zona de testes tem como objetivo confirmar se os ELCBs se encontram a trabalhar corretamente. Apresenta duas linhas, uma para os disjuntores bipolares e outra para os disjuntores tetrapolares.

- Embalagem

Este local apresenta um posto de trabalho destinado ao embalamento dos ELCBs que se encontram a trabalhar corretamente. Daqui serão deslocados para o armazém de produtos finais para depois serem enviados para o cliente final.

- Soldadura

A área da soldadura, local onde se irá realizar este estágio, é composta por dezasseis máquinas de soldadura por brasagem e por duas máquinas de cravar bobines. Aqui, são produzidos três diferentes conjuntos de soldadura: térmicos, neutros e magnéticos. Cada disjuntor possui estes três ou mais conjuntos dependendo das características do disjuntor que se pretende.

1.2. A importância da secção de soldadura na GEPC Portugal

A secção da soldadura é, atualmente, uma das áreas mais importantes para GEPC Portugal uma vez que produz componentes imprescindíveis para a funcionalidade e segurança dum disjuntor, representado na figura 1, que é o produto principal da empresa.



Figura 1- Disjuntor

Nesta secção o tempo de *setup* assume uma grande importância uma vez que, normalmente, o planeamento semanal envolve uma grande diversidade de produtos e, por conseguinte, as mudanças de *jigs* e eléctrodos são uma prática diária. Assim, é imperativo que o tempo de *setup* seja o mínimo possível de forma a facilitar as mudanças necessárias e aumentar a produtividade. Conseguindo a redução desejada no

Fase preliminar – Formações

Fase 1 – Análise da situação atual / Pesquisa de possíveis metodologias a utilizar

Fase 2 – Organização dos vários produtos e estantes

Fase 3 – Reduzir as peças defeituosas que são originadas na soldadura

Fase 4 – Eliminar movimentos desnecessários

Fase 5 – Redução de tempos de *Setup* / Implementação de um sistema de *one piece flow*

Fase 6 – Avaliação crítica das medidas implementadas

1.5. Temas abordados e sua organização no presente relatório

Este documento está organizado em cinco capítulos. Neste primeiro capítulo, faz-se a apresentação da Empresa e das várias secções que a constituem. É referido, também, a importância que a secção da soldadura tem e a metodologia seguida ao longo do projeto bem como a sua calendarização.

No segundo capítulo, são apresentados os fundamentos teóricos que serviram de suporte a este projeto e que estiveram sempre presentes aquando da busca de soluções satisfatórias.

No terceiro capítulo, é analisada a situação inicial da empresa relativamente à secção da soldadura nomeadamente os componentes que aqui são produzidos e as várias etapas produtivas que os constituem. O objetivo desta explicação é que o leitor tenha o conhecimento necessário para compreender os problemas e as soluções apresentadas na quarta parte.

Na penúltima parte, são apresentadas, ao pormenor, as soluções propostas. Importa referir que nesta parte são apresentadas não só as soluções que foram implementadas na empresa, mas também aquelas que apresentaram melhorias produtivas mas que, devido a algum fator, não puderam ser implementadas.

Para finalizar, no capítulo cinco, são apresentadas as conclusões e analisam-se os possíveis trabalhos futuros.

2. Estado da Arte

2.1. Lean Manufacturing

A aplicação da metodologia *Lean* tem como objetivo a identificação do desperdício e a sua consequente eliminação. É um método que pode ser aplicado a qualquer atividade económica e, quando bem aplicado, pode levar a resultados muito satisfatórios.

Os princípios fundamentais do *Lean* são:

- Procurar zero defeitos, descobrindo e resolvendo os problemas na fonte;
- Minimizar o desperdício, eliminando atividades que não adicionam valor ao produto;
- Melhorar continuamente, reduzindo custos, apostando na qualidade e aumentando a produtividade;
- Implementar o sistema *pull*, produzindo, tendo em conta, o pedido dos clientes e não as previsões;
- Apostar na flexibilidade, produzindo, rapidamente, uma maior diversidade de produtos com uma grande eficiência;
- Construir e manter uma boa e longa relação com os fornecedores e subcontratados através da partilha de riscos, de custos e informação.

2.2 Os Sete Tipos de Desperdício

O desperdício é toda a atividade que não acrescenta valor ao produto final, tudo aquilo pelo qual o cliente não está disposto a pagar, pois absorve recursos e tempo e faz com que o produto ou serviço se torne mais dispendioso do que devia. Assim, quando se consegue uma redução no desperdício pode-se oferecer produtos com mais valor, ao mesmo preço ou, se necessário, a preço mais baixo.

Os sete tipos de desperdício, mais frequentes na produção, que devem ser alvo de ações consistentes para a sua redução/eliminação foram identificados por Taiichi Ohno (1988) e Shigeo Shingo (1983) como sendo:

- Excesso de Produção – Diz respeito à produção executada antes da necessidade efetiva originando quantidades superiores à necessária. Pode esconder vários tipos de desperdício entre os quais: ocupação desnecessária de recursos; consumo de materiais e energia sem retorno para a empresa; aumento de stocks e ausência de flexibilidade.
- Tempo de espera – Diz respeito ao tempo que os colaboradores ou máquinas ficam à espera do produto para realizar a sua função. Na origem desta situação, podem estar: avarias; defeitos de qualidade ou acidentes; problemas de *layout*; atrasos nas entregas dos fornecedores; capacidade não balanceada ou sincronizada com a procura e grandes lotes de produção.

- Defeitos – É um desperdício que acontece devido a problemas de qualidade aos quais se juntam custos de inspeção e retrabalho. A sua eliminação apenas é conseguida quando é eliminada a causa base do problema.
- Inventário – Os Stocks implicam que o material esteja parado por um determinado tempo o que vai originar elevados custos. As causas mais comuns da existência de stocks são o fraco *layout* dos equipamentos; elevados tempos de *changeover*; existência de *bottlenecks*; problemas de qualidade e processos a trabalhar a diferentes ritmos/velocidades.
- Transporte e movimentações – O movimento dos produtos é uma atividade que não agrega valor e, como tal, deve ser reduzida ou eliminada. Deve-se, assim, reduzir distâncias, eliminar stocks e otimizar *layouts*.
- Overprocess – Diz respeito aos movimentos desnecessários por parte dos recursos humanos. As causas mais comuns são a falta de formação e treino das pessoas; instabilidade nas operações; desmotivação dos colaboradores e incorreta disposição dos equipamentos.

2.3 Standard Work Methods

O método *Standard Work* tem como finalidade normalizar tarefas do processo criando método focalizado nas operações que acrescentam valor ao processo produtivo contribuindo para a eliminação das que são consideradas como desperdício.

Assim, são seguidos os seguintes passos (Suzaki 2010, p171):

1. Estudar a operação atual e procedimentos *standard*;
2. Identificar áreas problemáticas;
3. Resolver problemas e desenvolver métodos melhorados;
4. Implementar os novos métodos;
5. Se os novos métodos forem adequados, desenvolver novo *standard work*.

Continuar o ciclo a partir do ponto 2.

Este é um processo contínuo e cíclico, ou seja, quando se faz uma melhoria não se deve parar, mas sim procurar por novos problemas e tentar solucioná-los. É importante estar atento ao operador e aos seus movimentos pois através destes é possível identificar desperdício e possíveis melhorias. Segundo Coimbra (2009) existem quatro critérios que ajudam a construir um método de *standard work*:

- a existência de uma norma que representa a melhor forma de realizar a operação em estudo, tendo em atenção tanto o operador como o processo;
- o ciclo de trabalho exige a definição de uma sequência na qual está bem definida onde se inicia o trabalho e onde acaba de forma a poder ser bem estudada;
- o tempo que uma peça demora a sair da operação, chamado tempo de ciclo;
- WIP é o número mínimo de peças em espera antes da operação, para que esta não fique sem material para trabalhar.

Assim, é importante ter em conta todos estes parâmetros, uma vez que são estas as variáveis que ajudam a verificar os efeitos provocados pelas alterações.

2.4 Gestão Visual

A gestão visual permite a todos os operários e responsáveis acederem a informação disponível e, facilmente, legível nos locais do *Gemba* onde os processos ocorrem.

É um sistema de planeamento, controlo e melhoria contínua que integra ferramentas visuais que permitem que se entenda a situação atual e o estado das ações de melhoria.

Esta técnica deve ser aplicada o mais próximo possível do local de trabalho a que se destina, de modo a que os operários e responsáveis sejam os primeiros a tomar conhecimento da existência de anormalidades. As situações anormais podem ser de inúmeros tipos desde: baixa produtividade; stocks baixos ou em excesso; custos extraordinários; número de acidentes, entre outros.

A gestão visual é, assim, uma potente ferramenta de apoio ao *Lean*. Deve ser utilizada quer para melhorar, quer para manter o desempenho de uma equipa de trabalho.

A figura 3 apresenta um exemplo da gestão visual.



Figura 3- Monitor com a informação do estado de produção de cada linha

2.5 Três verbos para o Lean

Segundo Suzaki (2010), existem três verbos aplicáveis ao *Lean* que são os seguintes:

- simplificar – Muitas vezes, existe material semelhante no posto de trabalho, mas que não é igual, o que pode levar o operador a usar o material errado. A solução passaria por simplificar o processo de modo a diminuir a possibilidade de erro.
- combinar – É possível juntar uma operação que não traga valor acrescentado a outra diminuindo, assim, tempos de espera extra. É sempre possível através de um melhor planeamento e melhoria de *layout*, combinar trabalho e colocar um operário responsável por mais que uma operação.
- eliminar – O manuseamento que não acrescenta valor mantém o operário ocupado em tarefas que o cliente final não vai pagar. Se se conseguir eliminar este desperdício será possível fazer uma determinada operação mais rapidamente

e, por conseguinte, produzir mais. Uma forma de o fazer, por exemplo, é diminuir o transporte dos produtos intermédios.

2.6 Metodologia 5S

Os 5'S fazem hoje em dia, parte de muitas empresas, constituindo uma peça fundamental para o *Lean Manufacturing*. Trata-se de um método desenvolvido no Japão que se baseia na organização do local de trabalho e no envolvimento e responsabilidade dos trabalhadores de forma a melhorar a produtividade.

Os 5'S dizem respeito a cinco palavras japonesas iniciadas pela letra S: Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu e Shitsuke. Estas palavras representam os cinco “sensos” que constituem um sistema fundamental para harmonizar as interfaces entre os subsistemas produtivo-pessoal-comportamental.

Os 5's são os seguintes:

- seiri (sort) – Senso de utilização: o objetivo, neste caso, é a eliminação de todos os objectos e meios que não estão a ser utilizados na produção, mantendo apenas os materiais, máquinas e equipamentos necessários.
- seiton (straighten) – Senso de organização: Diz respeito à organização de todo o material. Cada tipo de material deve ter o seu local específico e estar devidamente identificado.
- seiso (clean) – Senso de limpeza - Consiste em eliminar a confusão de materiais e equipamentos do local de trabalho.
- seiketsu (purity) – Senso de conservação - Tenta-se garantir a continuidade das condições físicas no local de trabalho respeitando sempre as normas de segurança.

Shitsuke (sustain) – Senso de autodisciplina - Deve-se cumprir os procedimentos e as normas através de disciplina e empenho, transformando-os num hábito de trabalho.

A figura 4 resume em que consiste a Gestão 5S.



Figura 4 - Gestão 5S

2.7 Uniformização

Uniformizar os processos é um dos pontos mais importantes na cultura *Lean*. Uniformizar, padronizar ou standardizar significa que, independentemente de quem seja o operador, o processo se desenrola sempre da mesma forma, ou seja, seguindo sempre a mesma sequência, as mesmas operações e usando sempre as mesmas ferramentas. (Pinto, 2009).

A utilização destes pressupostos garante um maior controlo sobre o processo e tudo o que o envolve que vai, por sua vez, permitir diminuir a sua variabilidade e garantir a consistência da qualidade.

A uniformização é atingida quando cumprimos três elementos básicos, sendo eles (Pinto, 2009):

- ✓ *Takt Time*
- ✓ Sequência de operações
- ✓ *Standard WIP*

Takt Time

Para Ohno (1996), “o *takt time* é obtido pela divisão do tempo diário de operação pelo número de peças requeridas por dia”.

O *takt time* é de extrema importância quando o assunto é a produção com fluxo unitário como é o caso das células ou linhas de montagem. É possível, assim, através do *takt time*, determinar o que cada processo tem que suportar e as velocidades de trabalho necessárias a nível de equipamentos e recursos humanos, bem como o número de pessoas necessárias para fazer um determinado trabalho e o tamanho mínimo dos lotes, sempre que é necessário efetuar trocas de material entre operações.

Sequência de trabalho

Segundo Ohno (1996), sequenciamento de operações indica-nos os passos cumpridos pelo operador. É a ordem específica, credibilizada como sendo a melhor, pela qual o operador executa os passos de um processo para uma peça.

Standard WIP

Segundo Pinto (2009), *Standard WIP* é a quantidade máxima de stock que flui através das diversas operações quando o processo decorre sem nenhuma variabilidade.

2.8 Estudo e análise dos tempos

O cronómetro ou uma máquina de filmar são auxiliares essenciais quando o objetivo é efectuar uma análise dos tempos para garantir o rigor necessário nas medições (Jacobs et al., 2009; Roldão e Ribeiro, 2007):

1. **Preparar cronometragem:** O momento da cronometragem deve ser cuidadosamente escolhido (deve-se evitar efetuar medições no início da manhã e após o almoço). A decomposição das operações deve ser curta de modo a que seja possível efetuar uma boa medição e deve-se verificar sempre o cumprimento das IT (instruções de trabalho) e o nível de treino dos trabalhadores.
2. **Executar cronometragem:** Os valores devem ser registados logo que sejam obtidos. É importante que seja tido em conta o “fator de atividade” que é uma estimativa da rapidez de execução face ao ritmo normal. Por conseguinte, o tempo normal é obtido multiplicando o tempo medido pelo fator de atividade dividido pelo ritmo padrão.
3. **Determinar tempo base:** É o tempo provável que é necessário para executar uma determinada tarefa sem esforço e a ritmo regular. Este valor pode ser obtido através do processo da média, o processo do módulo ou através do processo da primeira medida do segundo terço.
4. **Corrigir tempo base:** Os tempos reais de execução são superiores aos tempos de base devido à existência de fadiga e certas condições exteriores que influenciam o tempo que demora determinada tarefa. É importante, assim, adicionar complementos e auxiliares ao tempo base de forma a compensar estes fatores.
5. **Determinar o tempo total:** Depois de possuir o tempo base corrigido, é possível determinar o tempo total necessário à realização das tarefas, que estão a ser analisadas através do preenchimento de uma ficha de instruções que contem todos os elementos que compõem uma operação ou o conjunto delas.

2.9 Células de produção

As células de produção consistem numa implantação constituída por um conjunto de equipamentos diferentes para operar produtos que possuam formas e processos similares. As suas características são:

- dimensão reduzida tendo em conta a totalidade do processo;
- possui dois ou mais postos de trabalho independentes dos restantes processos de produção;
- procede de forma integrada à transformação dos produtos;

Com o objetivo de reduzir o desperdício é importante definir um *layout* que permita um bom sequenciamento de operações e, por conseguinte, uma menor movimentação de materiais e um menor *WIP*.

As células de produção apresentam as seguintes vantagens em relação a outros tipos de implantação (Jacobs et al., 2009):

- melhores relações humanas, com baixo número de operadores formando equipas;
- melhoramento na experiência do operador;
- menos *WIP* e manuseamentos de materiais;
- rápido *setup* dos equipamentos devido à existência de menos tarefas, logo menos ferramentas e respetivos *setup*.

Para implementar uma célula de produção, é necessário seguir os seguintes passos (U.S Environment Protection Agency – Cellular Manufacturing, 2011):

- compreender e avaliar as condições iniciais;
- conversão do *Layout* baseado no processo;
- melhoria contínua do processo.

Aquando do desenvolvimento das células de produção, é fundamental ter em atenção o fluxo e os princípios de ergonomia. Relativamente ao fluxo, uma boa forma de criar um bom fluxo de materiais segundo Rother et al (2002) é:

- colocar as peças o mais próximo possível do local de uso tendo sempre em conta que a passagem para operadores ou outras pessoas não pode estar obstruída;
- posicionar as peças de modo a que o operador possa usar as duas mãos em simultâneo;
- colocar as peças o mais próximo possível das mãos dos operadores, de modo a eliminar movimentos desnecessários;
- utilizar sistemas *poka-yoke*, de modo a prevenir possíveis erros;
- não colocar os operadores, que trabalham nas células, a efectuar abastecimentos;
- criar planos de abastecimento e não colocar stock adicional de peças na célula;
- utilizar *kanban* para regular o abastecimento e a produção;
- os contentores devem ter apenas as quantidades necessárias ao operador;
- utilizar formas de abastecimento que não interrompam o trabalho do operador que se encontra na célula.

A ergonomia, que também assume uma grande importância aquando da implementação de células, é uma disciplina científica que se encarrega do estudo das características laborais para adequar o local e equipamento do operador otimizando a eficiência e produtividade, a segurança e o bem-estar do operador (Roldão e Ribeiro, 2007).

De modo a que não haja uma diminuição da qualidade laboral, é importante que os ritmos dos operadores não sejam excessivos e que tenham períodos de repouso suficientes para evitar ou retardar o aparecimento da fadiga.

Segundo Roldão e Ribeiro (2007) para reduzir o esforço do trabalho é importante:

- reduzir os movimentos através de planos de trabalho adequados;
- prevenir esforços desnecessários através de ferramentas ergonómicas, leves e comandos suaves;
- privilegiar movimentos curvilíneos e evitar os angulares;
- evitar movimentos descontrolados;

- usar as duas mãos uma vez que retarda o aparecimento da fadiga;
- posicionar e orientar os materiais de modo a facilitar o trabalho do operador;
- desenvolver o trabalho com o máximo de comodidade.

3. Situação atual e sua descrição

A área de soldadura é uma zona que se destina exclusivamente à produção de neutros, térmicos e magnéticos que são componentes constituintes de um disjuntor. O seu tempo de funcionamento divide-se por dois turnos, das 8 às 17 e das 16 às 24. O primeiro turno, que conta com treze colaboradoras, tem uma pausa para almoço de 60 minutos e duas pausas diárias (uma de manhã e uma de tarde) de 10 minutos enquanto que o segundo turno, que apresenta duas colaboradoras, tem um intervalo de 40 minutos para jantar e duas pausas de dez minutos para lanche.

Além das colaboradoras que trabalham nas máquinas de soldadura esta área é constituída também por dois afinadores cuja função é manter o bom funcionamento das máquinas, efetuar as correções e mudanças necessárias de modo a ser possível efetuar uma determinada operação e, também, abastecer os postos de trabalho.

Neste momento, a produção funciona através de um sistema *kanban* que se aplica a todas as matérias-primas e a todos os produtos intermédios. Resumidamente, a ordem de produção é dada e o material vai passando por diversas operações em lotes, cujo tamanho depende essencialmente do tipo de produto, até se obter um lote apenas com produtos finais.

3.1. ELCB

ELCB – *Earth Leakage Circuit Breaker*, ou simplesmente disjuntor, é a principal fonte de rendimento da GEPCP sendo a secção da soldadura uma das importantes no que se refere ao seu processo produtivo. De facto, a soldadura acaba mesmo por ser um processo imprescindível na conceção dos disjuntores daí que seja uma área onde o *Lean* se torna essencial e onde as tentativas de melhoria são uma constante.

O que torna esta área ainda mais suscetível de mudanças e melhorias é o facto de existir um grande número de processos de soldadura. Este elevado número de processos diferentes advém dos vários tipos de ELCBs que se podem produzir dependendo do número de pólos (2 ou 4); entre que amplitude operam (5, 15/45, 30/60 ou 60/90); se são diferenciais ou não e se têm um disparo mais lento ou rápido (ND, S, AC). Estas diferentes características dos disjuntores determina grande diversidade de subconjuntos.

3.2 Secção de Soldadura

A figura 5 representa o *layout* da zona da soldadura, nomeadamente, as máquinas existentes e a sua função; os locais onde estão dispostas as matérias-primas; os produtos intermédios e os produtos finais e, também, onde se encontra um posto de manutenção.

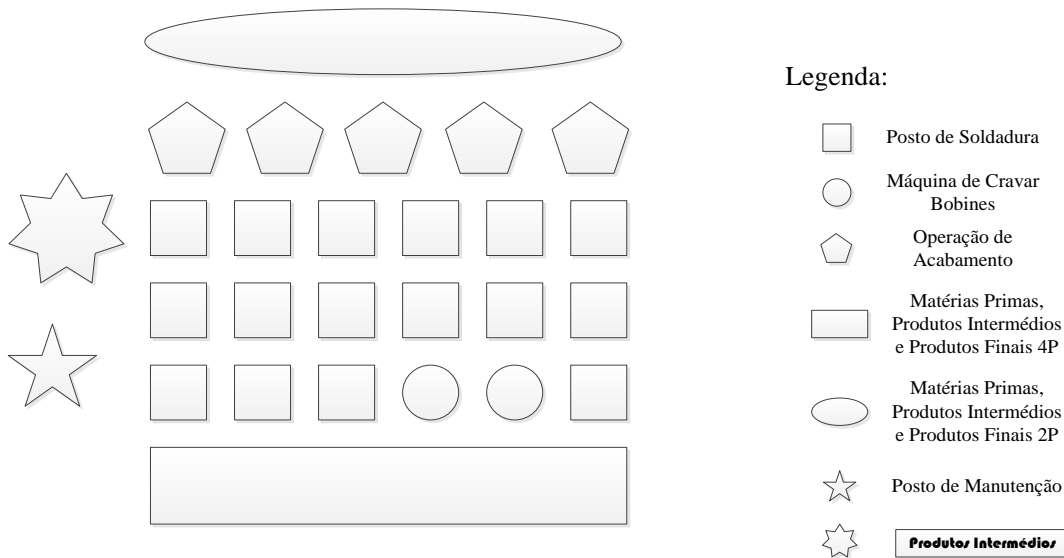


Figura 5 - Layout atual da área de produção soldadura

Como é possível observar pelo *layout*, os produtos intermédios e as matérias-primas acabam por não ter um local completamente definido o que acaba por dificultar a sua recolha. Em muitas ocasiões, ocorre mesmo trocas de materiais (principalmente bobines que têm formas muito semelhantes) ou casos em que o material é colocado numa zona muito distante da máquina de destino, o que obriga a um gasto de tempo desnecessário.

No que diz respeito aos postos de soldadura estes são constituídos por um equipamento de soldar por resistência que difere de posto para posto consoante o *jig* (suporte onde é colocada a peça que vai ser soldada) e o elétrodo. Cada equipamento apresenta, também, um determinado material de adição que pode ser fita ou pasta de solda e determinados parâmetros de soldadura como a corrente e o tempo de solda.

No total existem onze tipos diferentes de operações de soldadura que estão devidamente caracterizadas por instruções de trabalho e controlo e, também, por parâmetros pré-definidos de soldadura.

3.3. Processo Produtivo

A Empresa produz, atualmente, na zona da soldadura, três subconjuntos principais (magnéticos, neutros e térmicos) em que cada um apresenta, consoante o tipo de disjuntor a que se destina, componentes diferentes. A título de exemplo um magnético que se destina a um disjuntor 2P3060AC tem que possuir duas tranças, enquanto que um 4P3060AC já tem que possuir quatro tranças. Seguidamente, serão apresentados, mais detalhadamente, os tipos de magnéticos, neutros e térmicos, bem como as suas operações e os seus componentes.

3.3.1 Processamento dos magnéticos

O magnético é um subconjunto do disjuntor constituído por quatro componentes que são a trança, o borne, a bobine e o núcleo magnético. As operações de solda deste

componente, que são universais para todos os tipos de magnéticos, são a solda da bobine à trança e a solda do borne curto à trança.

Relativamente à produção, esta começa com a solda da trança à bobine representada na figura 6.



Figura 6 - Solda da trança à bobine

Seguidamente, e depois das bobines se encontrarem soldadas às tranças, é necessário colocar estes componentes dentro do núcleo magnético tal como mostra a figura 7.

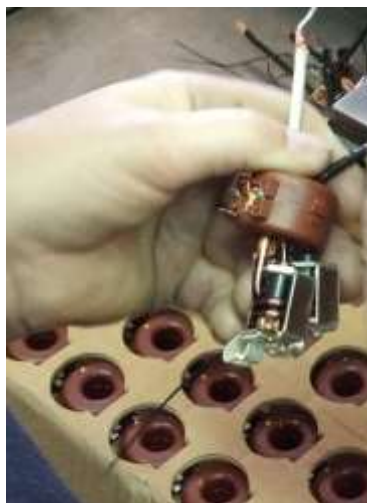


Figura 7 - Colocação da trança e bobine dentro do núcleo magnético

Para finalizar, este subconjunto é colocado no *jig* onde será soldado um borne a cada trança, tal como demonstra a figura 8.



Figura 8 - Solda do borne à trança

3.3.2 Processamento dos neutros

O neutro é um conjunto cuja produção consiste, essencialmente, em três tipos de soldas. É necessário soldar a trança a três componentes diferentes que são o contacto móvel, a pista de arco e o borne curto.

Num primeiro momento, é soldado o contacto móvel à trança tal como mostra a figura 9.

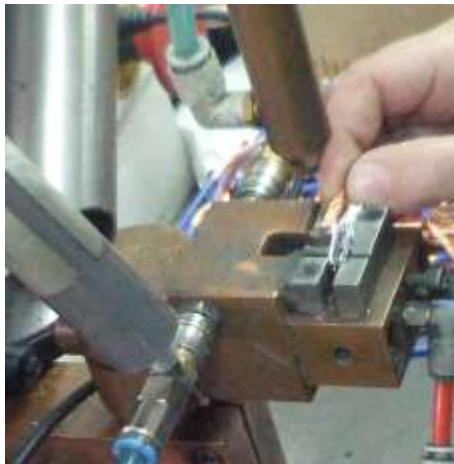


Figura 9 - Solda do contacto móvel à trança

Na operação seguinte, o objetivo é soldar o subconjunto resultante da operação anterior à pista de arco. Esta operação é retratada na figura 10.



Figura 10 - Solda do subconjunto anterior à pista de arco

Por último, e como retratado na figura 11, acontecerá a operação que encerrará a produção de um neutro, ou seja, a solda do borne curto ao subconjunto.



Figura 11 - Solda do subconjunto anterior ao borne curto

Importa salientar que, no caso do neutro, e, ao contrário do que acontece com o magnético, as diferenças de neutros de modelo para modelo não são muito acentuadas e verificam-se, maioritariamente, no comprimento das tranças.

3.3.3 Processamento dos térmicos

Os térmicos são os conjuntos que requerem a maior quantidade de operações acabando, assim, por serem os conjuntos cujo tempo de produção é maior. Os componentes que vão constituir um térmico são a trança; o contacto móvel; o *shunt*; o bimetálico; a pista de arco e o borne comprido. Relativamente às operações, estas seguem a seguinte ordem:

Soldar o contacto móvel à trança (figura 12).



Figura 12 - Solda do contacto móvel à trança

Soldar a pista de arco à trança (figura 13).



Figura 13 - Solda da pista de arco à trança

Soldar o *shunt* à trança (figura 14).



Figura 14 - Solda do shunt à trança

Soldar o bimetetal à pista de arco (figura 15).

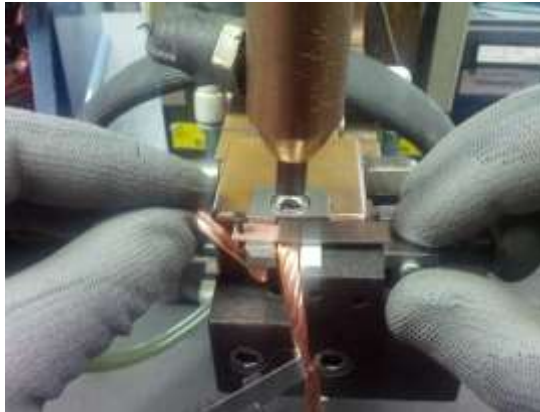


Figura 15 - Solda do bimetetal à pista de arco

Soldar o bimetetal à trança (figura 16).



Figura 16 - Solda do bimetetal à trança

E, por último, soldar o borne comprido à trança (figura 17).



Figura 17 - Solda do borne comprido à trança

Relativamente aos térmicos, a diferença de modelos traduz-se nas diferenças de tranças e também de *shunts*, os quais aliás acabam por ter uma forma muito diferente de modelo para modelo e, também, em termos de locais de solda daí que normalmente tenham elétrodos e *jigs* diferentes de *shunt* para *shunt*. Esta operação acaba por ser a que implica um maior tempo de *setup* sempre que é necessário alterar o modelo de térmico que está a ser produzido. O anexo A apresenta os diferentes tipos de *shunts* existentes.

3.4 Controlo de Qualidade

Tal como em todos os processos produtivos, também neste, o controlo da qualidade assume uma importância extrema. Na secção da soldadura, o controlo da qualidade é realizado, num primeiro momento, pelo *waterspider* aquando da preparação do equipamento de solda. Assim, aquando da mudança do *jig* e do elétrodo, o *waterspider* preocupa-se sempre em testar a solda, tendo, muitas vezes, que alterar a posição do *jig* e do elétrodo de modo a que a solda seja efetuada de acordo com os parâmetros que se encontram estabelecidos. Quando os valores obtidos no equipamento de tração estão de acordo com os valores desejados, o operador começa a produção e apenas controla a qualidade de uma forma visual, ou seja, qualquer anomalia apenas é detetada se for perceptível visualmente. O controlo da qualidade não se esgota na secção da soldadura sendo estes subconjuntos novamente testados nas linhas de montagem e o disjuntor na zona de testes. Este procedimento permite, assim, uma conformidade de 100% nos produtos que são expedidos.

4. Problemas encontrados e propostas de solução

4.1 Fase 1 – Organização dos vários produtos e estantes

A organização da área da soldadura é um caso passível de melhoria, uma vez que o material necessário para as operações encontra-se, na maior parte das ocasiões, muito distante das máquinas a que se destina e em alguns casos o material não se encontra devidamente etiquetado. A título de exemplo é possível observar que o material destinado à produção das bobines se encontra no local totalmente oposto em relação às máquinas de destino e que, por exemplo, nas máquinas de cravar bobines, o material que se encontra a ser usado não está devidamente identificado o que pode causar alguns erros tendo em conta as semelhanças entre os materiais. Também é possível observar uma certa desorganização na medida em que em muitas ocasiões, observamos caixas de material intermédio no chão, tal como está retratado na figura 18, devido à falta de espaço para as colocar ou simplesmente devido ao facto de se querer fazer tudo o mais rapidamente possível o que, em certos casos, acaba por influenciar negativamente a qualidade das peças.



Figura 18 - Material intermédio colocado no chão

4.1.1. Organização das estantes

Com o objetivo de melhorar as anomalias referidas anteriormente, foi proposto, num primeiro momento, a colocação da estante com os materiais necessários para a produção de bobines junto das máquinas de destino de modo a que o tempo perdido em deslocamento de materiais fosse menor. Colocou-se, também, uma nova estante nesta zona, de modo a acabar com as caixas de materiais que se encontravam no chão. Esta ideia, no entanto, teve que ser alterada, uma vez que o espaço que estas duas estantes, representadas na figura 19, ocupavam, acabou por dificultar o trabalho dos *waterspiders* das linhas de montagem e da área da soldadura, porque teriam que contornar estas

mesmas estantes e, assim, perder mais tempo na sua tarefa de abastecimento, o que atrasou a produção nas linhas de montagem e na área de soldadura.



Figura 19 - Estantes da área da soldadura

A solução, que acabou por ter o consenso de todos e que de facto trouxe resultados muito positivos, foi trocar estas seis estantes por uma (figura 20) com uma altura e uma largura maior, o que possibilitou colocar todo o material numa só estante e, também, diminuir o espaço que era ocupado pelas estantes.



Figura 20 - Nova estante

4.1.2. Organização dos produtos

O objetivo seguinte passou por melhorar a organização das máquinas nomeadamente a etiquetagem dos materiais e a sua colocação. Neste aspeto foi possível observar

possíveis melhorias principalmente nas duas máquinas de cravar bobines. A máquina apresenta quatro locais para colocar o material que não estavam devidamente identificados o que, por vezes, causava trocas de material (existem materiais, como o Kern que pode ser visualizado na figura 21, cuja diferença é extremamente difícil de observar a olho nu)



Figura 21 - Dois Tipos de Kerns diferentes

Foram, assim, colocados identificadores nas máquinas, como é possível observar na figura 22, que permitiam que a operadora os alterasse consoante o tipo de componente que estava a realizar. Com estas alterações, conseguiu-se diminuir os erros provenientes das máquinas de cravar bobines e facilitar a tarefa das operadoras, uma vez que com esta etiquetagem, quando havia um troca de turno a operadora que estava a entrar já saberia que bobine produzir, nesse dia, sem ter que questionar alguém da produção. Os identificadores podem ser consultados através do anexo B.



Figura 22 - Máquina de Cravar Bobines com os produtos devidamente identificados

Por último, iria ser proposta uma mudança das posições das máquinas de modo a estas ficarem em posições mais favoráveis, tendo em conta a ordem de operações para cada componente. No entanto, e como o objetivo futuro é colocar a área da soldadura a funcionar por células e num sistema *de one piece flow* esta melhoria acabou por não ser estudada.

4.2. Fase 2 – Reduzir as peças defeituosas que são originadas na soldadura

Conseguir obter uma taxa de rejeição extremamente baixa é um objetivo comum a todas as empresas e que implica uma constante busca de possíveis soluções. É importante, assim, verificar, num primeiro momento, quais são as causas que levam a que um produto não tenha qualidade e, de seguida, agir com o intuito de eliminar essa mesma causa.

4.2.1. Reduzir peças defeituosas originadas pela má colocação destas nos contentores

Na área da soldadura, um dos componentes, que apresentava um maior número de rejeições por má qualidade, era o componente magnético. Um dos problemas observados estava relacionado com o facto de este componente estar a ser colocado de uma forma abrupta e aleatória no recipiente de destino. Esta colocação provocava uma mistura de componentes magnéticos que, muitas vezes, se juntavam através dos fios que possuíam. Assim, não eram raras as ocasiões em que quando este material chegava às linhas de montagem, a operadora, ao retirar um conjunto da caixa, acabava por retirar outro que se encontrava preso a este, o que causava uma não conformidade nos materiais. A solução passou, então, por colocar uns separadores de cartão, retratados na figura 23, nos recipientes de modo a que as peças ficassem separadas, não havendo possibilidade de contacto entre elas. Estes separadores provocaram uma diminuição do número de peças que cada recipiente poderia conter de 60 para 40, ou seja, foi necessário um maior contributo por parte dos *waterspiders*, uma vez que o fluxo de contentores entre a secção de soldadura e as linhas de montagem a nível de magnéticos aumentou. Em termos de tempo de produção, este também teve que ser alterado uma vez que estes separadores obrigavam as operárias a gastar um tempo extra quando tinham que os colocar. Foi necessário assim avaliar o impacto que esta alteração provocou nos tempos de produção e na taxa de rejeição de peças de modo a decidir-se pela continuidade ou não desta solução.



Figura 23 – Contentor de componentes magnéticos com os separadores de cartão

4.2.2. Reduzir peças defeituosas originadas pela troca de materiais

Ainda relativamente aos componentes magnéticos e com o objetivo de tornar o processo mais automatizado, organizado e diminuir a quantidade de erros relativamente às trocas de tranças, começaram a ser usadas novas máquinas. Na máquina antiga o local de trabalho encontrava-se muito mais confuso e desorganizado e, além disso, não apresentava nenhuma forma de controlar se a operadora se encontrava a realizar a soldadura com todo o material necessário e da forma correta. Em suma, a forma de trabalhar da operadora consistia em retirar de cada caixa várias tranças e bornes que colocava em cima da mesa, procedendo, de seguida, à recolha quando necessitava. A operadora optava por colocar os materiais em cima da mesa uma vez que existiam muitas caixas com material e pouco espaço para as colocar daí que algumas estivessem muito afastadas da operadora o que causaria uma grande perda de tempo se fossem retiradas uma por uma. Esta necessidade provocava uma grande confusão, principalmente em termos de tranças, nas mesas de trabalho como é visível na figura 24.



Figura 24 - Mesa de trabalho da operação de solda de borne curto ao Subconjunto magnético

Já na nova máquina, representada na figura 25, o material encontra-se muito mais organizado e é possível controlar se a operadora se encontra a trabalhar de forma correta e com todo o material que a operação exige. Assim, esta nova máquina apresenta sensores que captam se a operadora retirou o material necessário e, se a falha for detetada, não permite que a solda seja efetuada. Além disto, também é a máquina que informa qual o material que deve ser retirado em determinado momento e conta os componentes à medida que estes forem produzidos. Esta nova máquina apresenta nove locais possíveis de serem colocadas as caixas com o material que são pré-definidos, ou seja, as tranças são sempre colocadas, preferencialmente, nos locais à esquerda da funcionária e os bornes à direita. Por cima de cada caixa, estará colocado o sensor que captará o movimento da mão da operadora quando esta for apanhar o material. Como existem vários tipos de magnéticos que exigem uma diferente quantidade de tranças e de bornes foi necessário programar a máquina de modo a que esta exija diferentes números de tranças e bornes consoante o tipo de componente. Assim, a operadora vai retirar da caixa, cujo *led* estiver a piscar o primeiro componente e da caixa, cujo *led* piscar de seguida, o componente seguinte e assim sucessivamente até ter todos os componentes necessários para efetuar a soldadura. Quando a soldadura é realizada, o contador que se encontra no painel eletrónico aumenta uma unidade e o processo volta ao início do ciclo.



Figura 25 - Nova máquina de soldadura destinada à operação de solda do borne curto ao subconjunto magnético

4.3. Fase 3 – Eliminar movimentos desnecessários

Com o arranque da produção na nova máquina dos magnéticos foi notória uma falha recorrente a nível dos sensores. O que acontecia é que os sensores estavam mal posicionados e em diversas ocasiões não captavam o movimento da operária e não permitiam a solda o que acabava por atrasar a produção, pois esta tinha que voltar a colocar a mão no recipiente sem necessidade. A solução encontrada passou por alterar a posição dos sensores de modo a que estes fossem colocados num local mais favorável.

Num primeiro momento, e como demonstra a figura 26, a solução passou por colocar os sensores num local mais propício com o auxílio de abraçadeiras e de tampas.

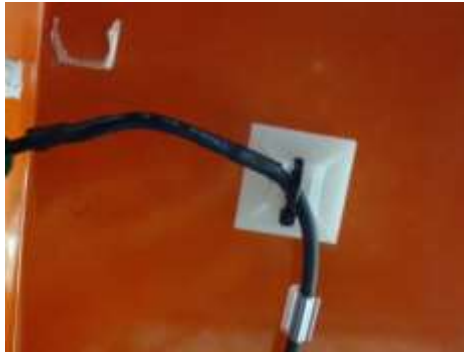


Figura 26 - Primeira solução para melhorar a colocação dos sensores

No entanto, esta solução teve que ser alterada, uma vez que os sensores não se encontravam completamente seguros, ou seja, por diversas vezes, principalmente quando eram colocadas as caixas com o material, os sensores eram deslocados e tinham que ser colocados novamente originando uma perda de tempo. A solução final, representada na figura 27, passou por construir e colocar quatro suportes que permitem simultaneamente uma boa colocação dos sensores e uma boa segurança destes. Estes suportes apresentam dois furos destinados aos dois sensores (um para cada andar). Num primeiro momento o suporte foi colocado na máquina através de cola de dupla face, mas assim que for possível, serão realizados dois furos tanto na máquina, como no suporte, de modo a prendê-lo de uma forma mais duradoura.



Figura 27 – Solução final para a colocação dos sensores

4.4. Fase 4 – Redução de tempos de setup / Implementação de um sistema de One Piece Flow

Atualmente, a produção na área da soldadura encontra-se a ser realizada por lotes daí que seja importante diminuir o número de operações distintas, uma vez que quantas mais operações houver mais atrasos serão causados. A produção em lotes acarreta, de facto, inúmeros problemas. Além do já referido anteriormente, este método origina também um aumento do *WIP* uma vez que a operação a jusante necessita dos materiais da operação anterior, daí que tenha que esperar até que o lote esteja concluído o que origina um fenómeno que se denomina de *starving*. A forma que existe para contornar estas dificuldades é produzir para *WIP*, ou seja, produzir para armazenar de modo a que quando seja necessário material, para uma máquina não parar, possa ser utilizado o que se encontra armazenado. No entanto, estas soluções apenas conseguem camuflar o desperdício e não reduzi-lo. Assim, o objetivo passa por reduzir os tempos de *setup* e juntar operações sempre com o objetivo de colocar a produção a funcionar por células e com um sistema de *one piece flow*.

4.4.1 Junção de operações no processo produtivo do componente neutro – Contacto Móvel / trança e pista de arco / trança

De modo a diminuir o número de operações independentes, diminuir o *lead time* e, por conseguinte, aumentar a produção, foi pensada uma solução de criar um *jig* que envolvesse duas operações, ou seja, duas operações, que seriam realizadas em duas máquinas diferentes e por duas operadoras, passariam a ser realizadas numa só máquina e apenas por uma operadora. Tal como foi dito anteriormente a produção de um neutro passa por três operações: a solda da trança ao contacto móvel, deste subconjunto à pista de arco e por último deste componente ao borne. Tendo em conta as diferenças de eléctrodos e *jigs* existentes entre as operações foram escolhidas as duas primeiras, ou seja, a solda do contacto móvel à trança e da trança à pista de arco para testar esta junção de duas operações. Relativamente ao eléctrodo, optou-se por utilizar um com uma base circular, enquanto que em relação aos *jigs* foi necessário desenhar e produzir um novo *jig* que permitisse o encaixe e conseqüente solda do contacto móvel e da pista de arco. O *jig* que irá ser utilizado encontra-se retratado nas figuras 28 e 29.



Figura 28 - Encaixe do contacto móvel no novo jig



Figura 29 - Encaixe da pista de arco no novo jig

Esta junção de operações torna possível eliminar determinados tempos que não acrescentavam valor como, por exemplo, quando a operadora colocava e retirava o material das caixas, e, também, diminuir o WIP entre operações e conseqüente lead time. Uma vez que agora iriam ser realizadas duas tarefas numa mesa que se encontrava preparada, em termos de espaço, para realizar apenas uma operação, foi necessário pensar numa forma de colocar os materiais a serem usados, de modo a que a operária tivesse boas condições para realizar as suas tarefas. Assim, foi construído um suporte, representado na figura 30, que permite que um contentor de material seja colocado em cima de outro com uma certa inclinação, de modo a facilitar a recolha do material por parte da operadora.



Figura 30 - Suporte para colocação de contentores

4.4.2. Redução de tempos de setup no processo produtivo do componente térmico

O componente térmico, tal como foi dito anteriormente, é o componente que acarreta um maior número de operações e que, por conseguinte, é aquele que leva mais tempo a ser produzido. É, assim, o componente mais importante quando o objetivo é reduzir o tempo de produção de um ELCB.

Num primeiro momento, foi possível observar que a operação de soldadura do *shunt* à trança apresentava um tempo de *setup* muito elevado, ou seja, cada *shunt* tinha o seu *jig* e, cada vez que era necessário mudar de um determinado térmico para outro, era despendido muito tempo na troca de *jigs*. O tempo de *setup* nas máquinas de soldadura depende maioritariamente desta troca de *jigs*, uma vez que a máquina já se encontra programada para todos os tipos de soldadura e o tempo despendido na troca de programas é insignificante.

Com o intuito de diminuir este tempo de *Setup*, foi proposto um novo *jig* que permite soldar todos os tipos de *shunts*. Este novo *jig*, em relação aos anteriores tem a vantagem de apenas ser necessário mudar as bases e as batentes quando se efetua uma alteração. Anteriormente, era obrigatório mudar o *jig* por completo, o que envolvia um maior dispêndio de tempo, uma vez que era necessário retirar e colocar mais parafusos e, também, os tubos de água o que causava a queda de água na mesa de trabalho e, por conseguinte, a necessidade de a limpar. Com esta alteração apenas se dispende tempo a alterar as batentes e a base, e só quando é necessário pois em alguns casos a mesma base e as mesmas batentes são utilizados em *shunts* diferentes. As figuras 31 e 32 mostram as batentes e as bases que foram necessárias para este processo. O anexo C apresenta o desenho de um dos elétrodos necessários.



Figura 31 - Bases necessárias para garantir o encaixe de todos os shunts



Figura 32 - Batentes necessárias para garantir uma boa soldadura

4.4.3. Junção de operações no processo produtivo do componente térmico – contacto móvel / trança e shunt / trança

Tal como foi realizado no sistema neutro, também no sistema térmico houve uma tentativa de juntar operações de modo a diminuir *lead times* e quantidades de WIP.

Após uma análise a todas as operações inerentes à produção de um térmico resolveu-se testar esta junção na soldadura da trança ao contacto móvel e na trança ao *shunt*. Ao contrário do que aconteceu na junção de operações do componente neutro, nesta junção não foi possível criar um *jig* onde fosse possível encaixar o contacto móvel e os *shunts*. Devido a este fator, foi necessário utilizar um sistema que permitisse movimentar dois *jigs*, ou seja, os dois *jigs* tinham que ser unidos formando um *jig* duplo que seria movido automaticamente. A solução encontrada foi um sistema pneumático que se encontra representado na figura 33.



Figura 33 - Sistema de jig duplo

Este sistema é formado por um cilindro que se encontra no interior da caixa; por dois sensores que se encontram nos extremos desta mesma caixa; por uma tampa que se encontra presa ao cilindro e ao *jig* duplo e por um controlador. Quando a soldadura é realizada, na primeira operação, o sinal é enviado para o controlador que faz movimentar o cilindro e, como este se encontra preso ao *jig* duplo, este também é movimentado acabando por ativar um segundo sensor. Este segundo sensor, quando é ativado, fornece um sinal à máquina de soldadura sobre que programa utilizar. Importa também realçar que o que permite um bom movimento do *jig* duplo são as esferas que são colocadas na zona de contacto deste com a caixa. Com este sistema, é possível juntar dois processos que tenham *jigs* e programas de soldadura completamente diferentes. A figura 34 mostra a tampa que une o cilindro ao *jig* duplo e as esferas que permitem um bom movimento deste mesmo *jig*.



Figura 34 - Tampa que une o cilindro ao jig duplo e esferas que permitem o seu bom movimento

Resolvido o problema referente à diferença de *jigs* foi importante refletir sobre a diferença de elétrodos. E, se em termos do componente térmico para o disjuntor que opera com uma amplitude entre 15/45 o elétrodo a utilizar nas duas operações pode ser

o que se usa na operação de soldadura do contacto móvel à trança já em termos de disjuntores com uma amplitude entre 10/30 e 30/60 esta solução já não é aplicável.

Começando pelos térmicos destinados aos disjuntores de amplitude 10/30, a solução encontrada passou por utilizar um eléctrodo com uma base retangular de modo a realizar uma boa soldadura nas duas operações. Em termos de térmicos destinados aos ELCBs que operam com uma amplitude de 30/60 a diferença de eléctrodos era tão acentuada que foi necessário utilizar um sistema que permitisse operar com dois eléctrodos. Assim, foi projetado um suporte, representado na figura 35, que permite o encaixe de dois eléctrodos em que a distância entre eles foi previamente calculada de modo a que, quando um eléctrodo for realizar a soldadura, o outro desça para uma zona de segurança, de modo a não colocar em risco a integridade da operária.



Figura 35 - Suporte destinado ao encaixe de dois eléctrodos

4.4.4. Junção de operações no processo produtivo do componente térmico – pista de arco – trança e pista de arco - bimetal

As operações seguintes, que foram alvo de uma tentativa de junção foram as operações de soldadura da trança à pista de arco e da pista de arco ao bimetal. Foi necessário assim utilizar um *jig* que permitisse um bom encaixe e uma soldadura correta tanto da pista de arco como do bimetal. Tendo em conta que o *jig* anteriormente usado na operação de soldadura da pista de arco ao bimetal permitia um bom encaixe destes dois componentes apenas foi necessário proceder a pequenas alterações de modo a que a soldadura da pista de arco à trança fosse realizada em boas condições. Tal como foi dito anteriormente, neste caso não foi necessário utilizar novamente um *jig* duplo uma vez que a junção dos dois *jigs* num só era perfeitamente possível. O *jig* que será usado nesta operação dupla encontra-se retratado na figura 36.

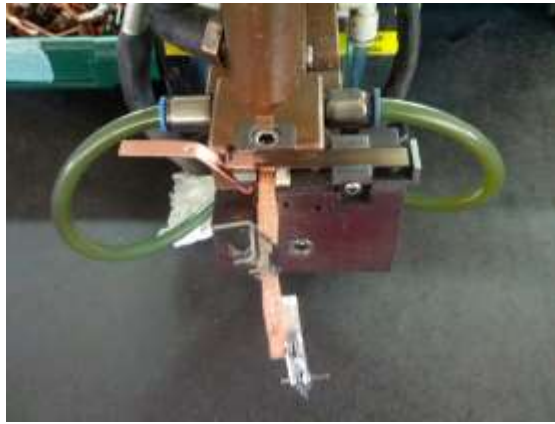


Figura 36 - Jig destinado á operação de soldadura trança/pista de arco e pista de arco/bimetal

4.4.5. Junção de operações no processo produtivo do componente térmico – bimetal – trança e borne comprido - trança

Para completar a junção das operações que constituem o componente térmico apenas falta juntar as operações de soldadura da trança ao bimetal e da trança ao borne comprido. Neste caso, foi necessário, novamente, utilizar um sistema idêntico ao utilizado para a soldadura da trança ao contacto móvel e da trança ao *shunt*, ou seja, um *jig* duplo (sistema esse que se encontra representado na figura 37). O método de funcionamento do *jig* duplo será exatamente o mesmo que foi mencionado anteriormente.



Figura 37 - Sistema de Jig duplo para a junção de operações bimetal/trança e borne comprido/trança

4.5 Resumo das melhorias propostas

A tabela 1 demonstra o estado das medidas referidas anteriormente. Assim, esta tabela é formada por duas colunas onde na primeira coluna é referida qual a medida e na segunda o seu estado.

Tabela 1 - Resumo das medidas propostas

#	Objectivo	Estado
Fase 1		
1	Organização das estantes	Implementado
2	Organização dos produtos	Implementado
Fase 2		
3	Reduzir peças defeituosas originadas pela má colocação destas nos kanbans	Implementado
4	Reduzir peças defeituosas originadas pela troca de materiais	Implementado
Fase 3		
5	Eliminar movimentos desnecessários	Implementado
Fase 4		
6	Junção de operações no processo produtivo do componente neutro – contacto móvel / trança e pista de arco / trança	Em estudo devido a problemas relacionados com o eléctrodo que aquece numa operação e não permite uma boa solda na operação seguinte
7	Redução de tempos de <i>setup</i> no processo produtivo do componente térmico	Implementado
8	Junção de operações no processo produtivo do componente térmico – contacto móvel / trança e <i>shunt</i> / trança	T Térmicos para os disjuntores com amplitudes entre 15/45 e 10/30 - Implementado. Térmicos destinados a ELCB's 30/60 - Em fase de testes.
9	Junção de operações no processo produtivo do componente térmico – pista de arco / trança e pista de arco / bimetálico	Em fase de testes. Problemas observados a nível do aquecimento do eléctrodo.
10	Junção de operações no processo produtivo do componente térmico – bimetálico / trança e borne comprido / trança	À espera de algumas peças essenciais para começar a fase de testes.

5. Análise das medidas implementadas e reflexão sobre os resultados obtidos

Neste quinto capítulo, são analisados os resultados obtidos com as várias medidas que foram explicadas no capítulo anterior. Será, assim, feita uma comparação entre o antes e o depois da implementação destas medidas e mencionadas as melhorias que será possível obter com as que ainda se encontram em fase de testes.

5.1. Organização das estantes

A nova organização das estantes permitiu não só melhorar a organização e o aproveitamento do espaço disponível, mas também diminuir significativamente o tempo despendido pelos *waterspiders* quando era necessário abastecer os postos de trabalho. De facto, o aumento da altura da estante possibilitou eliminar as caixas de material que se encontravam no chão e que eram visíveis no início do projeto e a sua colocação numa zona mais próxima das máquinas de cravar bobines e do elevador, também, facilitou a tarefa dos abastecedores que, assim, percorrem uma distância menor quando têm que abastecer as máquinas de cravar bobines ou quando colocam o material produzido no andar inferior nesta mesma estante. A substituição de seis estantes por uma totalmente organizada, também, acabou com a desorganização do material, uma vez, que anteriormente este era colocado em locais completamente aleatórios. A tabela 2 apresenta as melhorias obtidas nomeadamente em termos de tempo despendido pelos abastecedores.

Tabela 2 - Melhorias obtidas com a organização das estantes

Soluções	Tempo despendido entre a estante e as máquinas de cravar bobines (segundos)	Área Ocupada (cm ²)	Tempo despendido entre a estante e o elevador (segundos)
Solução Inicial	13,4	6247,5	11,7
Primeira melhoria	3,2	7597	7,8
Segunda melhoria	3,2	6785,3	7,8

5.2. Organização dos produtos

Nas máquinas de cravar bobines, foi possível observar que, todos os dias, a operária perguntava aos abastecedores qual era o componente que tinha que produzir nesse dia. De facto, este acontecimento era normal no início de cada turno e originava um dispêndio de tempo que poderia ser facilmente eliminado. A solução implementada possibilitou, assim, eliminar este tempo, contribuindo, também, para uma diminuição dos erros que aconteciam neste posto de trabalho, uma vez que, em certos casos, a operária começava a produzir sem questionar qual seria o produto.

5.3. Redução das peças defeituosas originadas pela má colocação dos magnéticos nos contentores

A medida implementada neste caso, que tal como foi dito anteriormente, passou pelo uso de separadores de cartão, teve que ser avaliada não só em termos de resultados a nível de qualidade, mas também a nível de atraso de produção. De facto, esta medida era um caso que envolvia um maior estudo no sentido de concluir se as melhorias em termos de qualidade seriam suficientemente boas para compensarem o atraso normal que esta medida causaria na produção. Assim, num primeiro momento, foram medidos os novos tempos de produção e foram comparados com os antigos, de modo a verificar se o atraso na produção seria significativo. Os resultados obtidos estão expressos na tabela 3:

Tabela 3 - Tempos de soldadura para a operação de solda do borne curto ao subconjunto magnético com e sem separadores

Processo	Tempo processo sem separadores – 100 peças (segundos)			Tempo processo com separadores – 100 peças (segundos)		
Solda do borne curto ao subconjunto magnético	552,1	560,3	580,6	589,5	597,2	551,3
	547,0	521,9	553,2	578,7	581,9	542,2
	533,3	542,1	563,8	561,2	571,3	586
Média	550,5			573,3		

Como é possível verificar, o atraso na produção com o uso dos separadores é, em média, de apenas vinte segundos por cem peças. Este resultado é tão baixo que permite, assim, avaliar a aplicabilidade destes separadores tendo por base os resultados obtidos a nível de produtos defeituosos com e sem o uso de separadores. Os separadores foram testados durante duas semanas e os resultados obtidos, em comparação com o período de duas semanas anteriores em que não eram usados estão representados nas tabelas 4 e 5.

Tabela 4 - Quantidade de peças defeituosas devido ao fio branco do componente magnético (sem separador)

Quantidade peças defeituosas devido ao fio branco - componente magnético (sem separador)											
	Dias	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Linhas	Alfa	3	3	0	0	0	18	0	2	2	4
	Beta	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Delta	10	10	2	4	1	0	4	9	5	5
	Gama	4	1	0	0	2	1	3	2	1	1
	Epsilon	0	0	0	4	4	0	0	0	1	1
	Zeta	2	0	2	0	7	0	0	0	0	0
	LIMA	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
	DOURO	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0
	AVE	1	0	0	0	2	3	0	0	0	3
	MINHO	1	0	4	5	2	2	0	0	0	1
Total		21	14	9	13	19	25	7	13	9	16

Tabela 5 - Quantidade de peças defeituosas devido ao fio branco do componente magnético (com separador)

Quantidade peças defeituosas devido ao fio branco - componente magnético (com separador)											
	Dias	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Linhas	Alfa	0	1	0	0	1	1	1	0	5	9
	Beta	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0
	Delta	0	6	7	1	0	3	5	4	6	6
	Gama	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Epsilon	1	3	0	0	0	0	0	0	1	1
	Zeta	1	1	0	0	0	0	0	2	0	1
	LIMA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	DOURO	2	1	0	0	0	0	0	2	0	2
	AVE	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	MINHO	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
Total		5	15	7	2	1	4	10	4	15	19

Os resultados obtidos não podiam ser mais elucidativos. De facto, com o uso dos separadores de cartão foi possível reduzir o número de magnéticos com defeito devido ao fio branco de 14,6 por dia para apenas 8,2 ou seja quase metade. Devido a estes resultados foi, assim, decidido que esta medida seria implementada.

5.3 Reduzir peças defeituosas originadas pela troca de materiais

As peças defeituosas relativas a magnéticos apresentavam outra causa principal que teria que ser corrigida que eram as trocas de materiais. As novas máquinas começaram, assim, a ser usadas com o objetivo de diminuir a troca de materiais que existia constantemente no processo antigo. Para avaliar se este novo processo apresentava resultados satisfatórios foi, uma vez mais, avaliado o número de peças defeituosas num espaço de dez dias com o processo antigo e com o novo processo e verificar se, de facto, se verificavam melhorias. Este estudo apenas foi realizado em magnéticos destinados a disjuntores de dois pólos, pois a máquina ainda não se encontrava, na altura, programada para trabalhar com magnéticos destinados a disjuntores de quatro pólos. As tabelas 6 e 7 apresentam os resultados encontrados.

Tabela 6 - Quantidade de peças defeituosas devido a trocas de materiais - Processo antigo

Quantidade peças defeituosas devido a trocas de materiais - Processo Antigo											
	Dias	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Linhas	Alfa	2	3	1	1	0	0	0	5	6	0
	Beta	1	0	0	0	1	0	1	3	2	2
	Delta	1	6	0	0	0	0	1	2	3	0
	Gama	4	4	1	0	0	1	3	8	2	1
	Epsilon	3	0	0	0	0	0	1	1	3	0
	Zeta	2	2	0	1	0	1	1	4	1	0
Total		13	15	2	2	1	2	7	23	17	3

Tabela 7 - Quantidade de peças defeituosas devido a trocas de materiais - Novo Processo

Quantidade peças defeituosas devido a trocas de materiais - Novo Processo											
	Dias	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Linhas	Alfa	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0
	Beta	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Delta	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	Gama	1	0	2	0	1	0	0	0	1	0
	Epsilon	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Zeta	0	0	2	0	0	0	0	0	2	0
Total		3	1	4	0	1	0	2	2	1	0

Os resultados apresentados mostram uma melhoria muito significativa do novo processo em relação ao processo antigo. De facto, as peças defeituosas, devido a troca de materiais baixaram de uma média de 8,5 por dia para apenas 1,4. Com este estudo, chegou-se á conclusão que este processo, ou neste caso, esta nova máquina permite, de

facto, baixar significativamente o número de peças defeituosas devido a trocas de material.

5.4. Eliminar movimentos desnecessários

A nova máquina destinada à última operação do componente magnético apresentava um problema a nível de sensores que se encontrava a atrasar a produção. De facto, e por diversas vezes, os sensores falhavam, ou seja, não captavam o movimento da operária o que causava um atraso muito significativo pois a operária tinha que voltar a colocar mão num local de onde já tinha retirado o material necessário. Foi necessário, tal como já foi dito anteriormente, alterar a posição dos sensores de modo a que estes captassem mais facilmente o movimento da operária. A tabela 8 mostra o número de vezes que os sensores falharam quando estes se encontravam na posição de origem e o número de vezes que falharam depois de serem colocados noutra posição.

Tabela 8 - Número de vezes que o sensor não captou o movimento da operária - Posição original e Nova posição dos sensores

Processo	Número de vezes em que o sensor não captou o movimento da operária (100 peças) - Posição Original			Número de vezes em que o sensor não captou o movimento da operária (100 peças) - Nova Posição		
Solda do borne curto ao subconjunto magnético	14	21	19	4	6	8
	9	4	12	2	1	5
	11	17	10	13	4	3
Média	13,0			5,1		

Os resultados demonstram que a nova posição dos sensores permite, sem dúvida, ter uma maior eficácia. De facto, ao estarem colocados numa posição mais próxima do local onde a operária coloca a mão indiciou, desde logo, que os resultados seriam satisfatórios. Importa, no entanto, realçar que apesar de satisfatórios estes resultados não são os ideais uma vez que os sensores deveriam captar, em todos os momentos, o movimento da operária de modo a não se perder tempo em movimentos que não acrescentam qualquer valor. Assim, é essencial que este caso seja estudado novamente de modo a arranjar uma solução que permita que o processo produtivo se desenvolva sem existir qualquer tipo de impedimento por parte destes sensores.

5.5. Junção de operações no processo produtivo do componente neutro – contacto móvel/trança e pista de arco/trança

A junção de várias operações surgiu com a necessidade de diminuir o *lead time* e a quantidade de WIP sempre com o objetivo de futuramente colocar a área de soldadura a funcionar por células e num sistema de *one piece flow*.

Implementada esta junção de operações, procedeu-se, então, à avaliação dos resultados obtidos sempre tendo em conta o processo produtivo utilizado anteriormente. As figuras 38 e 39 ilustram os resultados obtidos em termos de *cycle time* e de *lead time* antes e depois da junção de operações.

Processo	Soldar Contacto Móvel à Trança	→	Soldar Pista de Arco à Trança	→	Soldar Borne Curto		
Postos de Trabalho	1		1		1		
Tempo de Ciclo	5,509s		7,116s		5,739s		
		Lote	100	Lote	100	Lead Time	1303,864s
		711,6s		573,9s		Cycle Time	7,116s

Figura 38 - Processo Produtivo do Componente neutro sem junção de operações

Processo	Soldar Contacto Móvel à Trança + Soldar Pista de Arco à Trança	→	Soldar Borne Curto		
Postos de Trabalho	2		1		
Tempo de Ciclo	6,198s		5,739s		
		Lote	100	Lead Time	585,837s
		573,9s		Cycle Time	6,198s

Figura 39 - Processo Produtivo do Componente neutro com junção de operações

Como é possível observar pelos resultados que se encontram nas figuras anteriores esta junção de operações permitiu uma diminuição do *cycle time* e uma diminuição muito significativa do *lead time*. No entanto, e tal como já foi referido anteriormente, esta medida, apesar de apresentar resultados muito satisfatórios, ainda não se encontra implementada devido ao sobreaquecimento do eléctrodo na primeira operação que não permite que se faça uma boa solda na segunda operação. É um caso que se encontra atualmente a ser estudado de modo a encontrar uma solução que permita avançar com esta medida.

5.6. Redução de tempos de setup no processo produtivo do componente térmico

A medida implementada foi realizada com o objetivo de diminuir o tempo de *setup* referente à troca de *jigs* destinados à operação de soldadura da trança ao *shunt*. Os tempos medidos e apresentados na tabela seguinte dizem respeito a uma troca completa, ou seja, apesar de em alguns casos só ser necessária a troca de batentes ou da base do *shunt* (com o novo *jig* alguns batentes e bases de *shunt* são usados em mais que um tipo de *shunt*) foi retirado e colocado novamente a base do *shunt* e os batentes necessários. Esta forma de medir visa assim retratar a pior situação possível, ou seja, quando se efetua uma troca que implica uma alteração total do *jig*. Os resultados estão representados na tabela seguinte.

Tabela 9 - Tempos de Setup da operação de soldadura trança/shunt usando jigs antigos e novos jigs

Disjuntor	Tempo de Setup - Jigs Antigos (segundos)	Tempo de Setup - Novos Jigs (segundos)
2P1545	252,4	220,9
2P1030	262,4	203,7
4P1030	259,6	210,4
2P3060	268,8	251,9
4P3060	275,9	257,1

Os resultados obtidos apresentam melhorias significativas principalmente ao nível dos disjuntores 2P1545, 2P1030 e 4P1030. Efetivamente, estes resultados são facilmente explicáveis. Em termos dos tempos de *setup* utilizando *jigs* antigos estes apresentam valores muito semelhantes entre eles uma vez que o procedimento de troca de *jigs* é sempre o mesmo independentemente do tipo de *jig*. Relativamente aos novos valores encontrados, é possível observar que para 2P1545, 2P1030 e 4P1030, o tempo de *setup* é significativamente mais baixo em relação aos outros tipos de disjuntores. Esta diferença advém do facto de o *jig* destinado a 2P3060 e 4P3060 ser constituído por duas batentes enquanto que os outros *jigs* apenas necessitam de uma batente.

5.7. Junção de operações no processo produtivo do componente térmico – contacto móvel / trança e shunt / trança

A junção de operações – contacto móvel / trança e *shunt* / trança foi, sem dúvida, a que mais dificuldades causou. De facto, a diferença de *jigs* e até mesmo de elérodos fazia desde logo adivinhar que a implementação desta junção iria ser bastante trabalhosa. Tendo em conta que, tal como já foi referido anteriormente, a junção destas operações para os disjuntores de amplitude 30/60 ainda se encontra em fase de testes e que para os disjuntores de amplitude 10/30 ainda não foi possível retirar tempos, são apresentadas, por intermédio das figuras, as melhorias conseguidas para o disjuntor de amplitude 15/45.

Processo	Soldar contacto móvel à Trança		Soldar Pista de Arco à Trança		Soldar o Shunt à Trança	
Postos de trabalho	1	→	1	→	1	→
Tempo de ciclo	5,509s		5,738s		7,346s	
		Lote	100		Lote	100
		573,8s			734,6s	
					Lote	100
					580,1s	

Soldar o Bimetal à Pista de Arco		Soldar o Bimetal à Trança		Soldar Borne Comprido à Trança	
1	→	1	→	1	
5,801s		6,657s		6,198s	
	Lote	100		Lote	100
	665,7s			619,8s	
				Lead Time	3211,2s
				Cycle Time	7,346s

Figura 40 - Percurso Produtivo do Componente térmico

Processo	Soldar contacto móvel à Trança + Soldar o Shunt Á Trança		Soldar Pista de Arco à Trança		Soldar o Bimetal à Pista de Arco	
Postos de trabalho	2	→	1	→	1	
Tempo de ciclo	7,893s		5,738s		5,801s	
		Lote	100		Lote	100
		573,8s			580,1s	

	Soldar o Bimetal à Trança		Soldar Borne Comprido à Trança		
→	1	→	1		
	6,657s		6,198s		
Lote	100	Lote	100	Lead Time	2471,69s
665,7s		619,8s		Cycle Time	7,893s

Figura 41 - Percurso Produtivo do Componente térmico com a junção das operações de soldadura da trança ao contacto móvel e da trança ao shunt

Neste caso, os resultados, apesar de serem positivos, não são tão satisfatórios como aconteceu na junção de operações do neutro. De facto, esta junção provocou um aumento do tempo de ciclo (apesar de mínimo) que, no entanto, acaba por ser amortizado pela grande diminuição do *lead time*. Decidiu-se, assim, pela implementação desta junção de operações, mas, também, pelo estudo e análise desta operação de modo a diminuir o tempo de ciclo para um valor inferior ao tempo de ciclo do processo pioneiro.

6. Conclusões e Trabalhos Futuros

A realização deste projeto de aplicação da metodologia Lean na área de produção soldadura permitiu à Empresa aplicar inúmeras melhorias desde redução de tempos de *setup*; redução de *lead time*; aumento da qualidade e também uma melhor organização da área.

O bom trabalho realizado na área de soldadura deveu-se a inúmeros fatores. Em primeiro lugar, não devemos ter medo de errar, ter medo de arriscar por mais absurda e insignificante que a nossa ideia nos pareça pois, muitas das vezes, uma pequena ideia pode ter resultados espantosos. É importante, também, nunca pensar que está tudo a funcionar perfeitamente, é importante avaliar e observar cuidadosamente tudo o que nos rodeia, toda a área de produção e todos os gestos dos operários de modo a encontrar algo que não esteja perfeito, algo que possa ser melhorado. Por último, é necessário escutar e falar com as pessoas que trabalham na área pois elas, mais que ninguém, percebem o seu funcionamento e, muitas das vezes, conseguem apontar-nos problemas que nem sabíamos que existiam e soluções que nunca pensaríamos ser possível aplicar.

É importante, agora, que os projetos que ainda se encontram em fase embrionária continuem a ser testados com o objetivo de serem futuramente implementados na área. Estes projetos, principalmente a junção de operações, podem vir a trazer excelentes resultados uma vez que iriam originar uma diminuição enorme do *WIP* e do *Lead Time*. Esta junção de operações também facilitará a implementação de um sistema *one piece flow* que irá substituir o sistema de lotes usado atualmente.

Em termos de trabalhos futuros, é possível adicionar à continuação da junção de operações e implementação de um sistema *one piece flow* a implementação de um sistema de soldadura por ultra-sons. O método de soldadura usado actualmente na empresa é um método de soldadura por resistência que necessita de um material de adição para soldar, consome muita energia elétrica e necessita de ligações de água e ar. A soldadura por ultra-sons é um tipo de soldadura que apresenta diversas vantagens nomeadamente o facto de consumir muito pouca energia elétrica, não ser necessário material de adição, nem ligações de água e ar e, também, é muito mais precisa. Tendo em conta que o produto principal da empresa, o disjuntor, é um produto que muito dificilmente não terá mercado nos próximos anos, esta nova tecnologia poderia compensar, no futuro, devido aos seus poucos gastos em termos de manutenção.

Referências






- Coimbra, Euclides A. 2009. Total Flow Management: Achieving Excellence with Kaizen and Lean Supply Chains: Kaizen Institute.
- Delgado, J. 2010 Aumento de produtividade nas Linhas de Produção na General Electric Power Controls Portugal, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- Ohno, Taiichi. 1988. Toyota Production System Beyond Large-Scale Production:Productivity Press.
- Pinto, João Paulo (2009), “Pensamento Lean – A Filosofia das Organizações Vencedoras”, LIDEL – Edições técnicas, Lisboa
- Suzaki, Kyoshi. 2010. Gestão de Operações Lean. Metodologias Kaizen para a Melhoria Contínua: leapon Press.
- Villiers, François (2008), “The Illustrated Lean Cookbook”.
- Womack, James; Jones, Daniel (2003) “Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation, Revised and Updated”, Free Press; 2nd edition



ANEXO A



ANEXO B

	SAP	40029359
	WICKLUNG 044	
Bobine 802		
	SAP	40029405
	KERN	
Bobine 802		
	SAP	40029361
	WICKLUNG 068994004700	
Bobine 803		
	SAP	40029408
	KERN A-PL	
Bobine	803 / 804	

	SAP	40029362
	WICKLUNG 048 E83S	
Bobine 804		
	SAP	10024735
	KONTAKT AgCDF 0.6	
Bobine 802/		803
	SAP	10024736
	Fixed Contact -E83-	
Bobine 804		
	SAP	40031827
	Magnetic system 30F	
Bobine 802		
	SAP	40031828
	Magnetic system 45F	
Bobine 803		

	SAP	10024815
	Magnetic house E80/E2000	
Bobine 802 / 803 / 804		
	SAP	10024815
	Magnetic house E80/E2000	
Bobine 802 / 803 / 804		

ANEXO C

