



Tânia Sofia Marques Leite  
Implementar conceitos de produção Lean numa  
linha de montagem de componentes eléctricos

UMinho | 2011



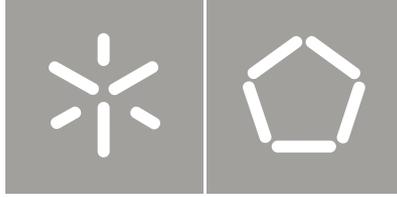
Universidade do Minho  
Escola de Engenharia

Tânia Sofia Marques Leite

Implementar conceitos de produção  
Lean numa linha de montagem de  
componentes eléctricos

Outubro de 2011





Universidade do Minho  
Escola de Engenharia

Tânia Sofia Marques Leite

Implementar conceitos de produção  
Lean numa linha de montagem de  
componentes eléctricos

Dissertação de Mestrado  
Ciclo de Estudos Integrados Conducentes ao  
Grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial

Trabalho efectuado sob a orientação do  
Professor Doutor Dinis Carvalho

## **AGRADECIMENTOS**

Dedico este espaço a todos que contribuíram para a realização deste trabalho.

Gostaria de agradecer, em primeiro lugar, aos orientadores do projecto, o Professor Doutor Dinis Carvalho e ao Engenheiro Pedro Monteiro pela disponibilidade e apoio prestado.

Gostaria ainda de agradecer à Gewiss pela oferta do estágio da qual resultou este trabalho e a todos os colaboradores, em especial ao Rui Barbosa pela ajuda no desenvolvimento do projecto, pelas boas ideias apresentadas e pelo apoio que sempre prestou. É ainda necessário agradecer às operadoras do S2S20 que se mostraram sempre interessadas no sucesso do projecto, apresentando novas ideias e esforçando-se ao máximo para atingir os objectivos estabelecidos.

Por fim, gostaria de agradecer aos meus pais, irmão, amigas e ao Luís Silva pelo apoio e incentivo psicológico.

A todos, um muito obrigada!

## RESUMO

O presente trabalho tem como principal objectivo mostrar o projecto de implementação de conceitos Lean numa empresa de material eléctrico, em particular numa linha de produção de termóstatos, tomadas e interruptores diferenciais com protecção de encastrar.

O trabalho começa com uma introdução onde são apresentados os objectivos do projecto, as motivações e a estrutura do relatório.

A revisão da literatura é apresentada de seguida, onde é efectuado um enquadramento à evolução dos sistemas produtivos, desde a produção artesanal até ao Lean Manufacturing. Chegando a este tema é apresentado um pouco da sua história e os pilares que suportam esta filosofia. Os tipos de desperdícios existentes num sistema produtivos são também descritos, assim como algumas das ferramentas que ajudam a detecta-los e elimina-los, como sejam o Value Stream Mapping (VSM) e os 5S's.

Segue-se a apresentação do projecto e da empresa onde ele foi efectuado. Nesta fase faz-se referência à história da Gewiss e aos seus produtos, dando especial atenção aos produtos directamente ligados ao projecto.

A clarificação do sistema produtivo do S2S20 é apresentado de seguida onde é exposto o layout actual assim como a descrição das tarefas realizadas em cada posto. É ainda explicado o abastecimento e o desempenho actual da linha através de indicadores como produtividade, quantidade de wip (work in process), entre outros.

Por último, apresentam-se as alterações efectuadas no decorrer do projecto relativamente ao processo de fabrico, layout e questões logísticas, mostrando os ganhos obtidos pela empresa.

Acabado o trabalho conclui-se que parte dos objectivos estão cumpridos, outros esperase que se cumpram até ao final do ano como é o caso do aumento da produtividade.

## ABSTRAT

The present work has as main objective to show the project to implement Lean concepts in electrical equipment company, particularly in a production line of thermostats, sockets and switches with differential protection recessed.

The work begins with an introduction to the work which presents the project objectives, motivations and structure of work.

Then is presented literature review, where a framework is made to the evolution of production systems from craft production to the lean manufacturing. Coming to this topic and present their history as well as its principles and the pillars that support this philosophy. The types of waste production in a system are also described as well as some of the tools that help their detection and elimination, as exemplified by the Strem Value Mapping and 5S.

Following is the presented the project and the company where it was made. At this stage there is reference to the history of Gewiss, its customers and suppliers and their products with special attention to products directly related to the project.

Clarification of the production system S2S20 is shown below where it is presented the current layout of the line and the description of the tasks performed at each station. It also explained the supply line and the line through current performance measures such as productivity, amount of wip among others.

Finally are presented the changes made during the project regarding changes to the manufacturing process, changes to the layout and logistics changes showing the gains made by the company.

Finished the work it was concluded that part of the objectives are met and others are expected to be fulfilled by the end of the year, such as increased productivity.

# ÍNDICE

Agradecimentos	iii
Resumo	iv
Abstrat	v
Índice	vi
Índice de figuras	ix
1 Introdução	1
1.1 Motivação	1
1.2 Objectivos	2
1.3 Estrutura e organização	2
2 Revisão da literatura	3
2.1 Evolução dos sistemas produtivos	3
2.2 Lean manufacturing	4
2.2.1 Os princípios do lean	6
2.2.2 Os pilares do Lean production	6
2.2.3 Os 7 desperdícios	11
2.2.4 Ferramentas lean	15
2.2.5 Vantagens e dificuldades encontradas numa implementação Lean	17
3 O projecto e a empresa	18
3.1 A Gewiss	18
3.2 A Gewiss Portugal	19
3.2.1 Identificação da empresa	19
3.2.2 Organograma da empresa	20
3.2.3 Produtos	22
4 Sistema produtivo do S2S20	25

4.1	Classificação do ambiente produtivo _____	25
4.1.1	Ambiente produtivo face à satisfação da procura _____	25
4.1.2	Ambiente produtivo face ao fluxo de materiais e de informação _____	25
4.1.3	Ambiente produtivo face à natureza dos produtos _____	26
4.1.4	Ambiente produtivo face à quantidade e diversidade _____	26
4.2	Organização física _____	27
4.2.1	Sistema produtivo da linha das bobinas _____	27
4.2.2	Sistema produtivo do S2S20 _____	30
4.3	Abastecimento dos postos de trabalho _____	40
4.4	Desempenho actual da linha _____	41
4.4.1	Tempo de trabalho disponível _____	41
4.4.2	Produtividade _____	41
4.4.3	WIP contabilizado _____	42
4.4.4	Análise do Value Stream Map _____	43
4.4.5	Os desperdícios encontrados _____	44
5	Implementação dos conceitos lean _____	47
5.1	Balanceamento dos postos de trabalho _____	47
5.2	Alteração do layout da linha _____	52
5.3	Alteração da estrutura dos postos de trabalho _____	58
5.3.1	O tabuleiro utilizado _____	59
5.3.2	A área de trabalho e os contentores utilizados _____	60
5.4	Abastecimento dos postos de trabalho _____	62
5.5	Melhoria para máquina laser _____	64
5.6	Melhoria nos dispositivos existentes e criação de novos _____	65
5.7	Padronização do trabalho _____	67
5.8	Desempenho da linha proposta _____	68

5.8.1	Produtividade esperada	68
5.8.2	Quantidade de WIP	68
5.8.3	Tempo de ciclo e tempo de percurso	70
6	Conclusões	71
7	Bibliografia	73
8	Anexos	A
8.1	Anexo 1 – VSM	B
8.2	Anexo 2 – Documento oficial para standard work	D
8.3	Anexo 3 – Horário da máquina laser	H
8.4	Anexo 4 – Instruções de operador	I
8.5	Anexo 5 – Parâmetros de processo	J

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Casa do Lean manufacturing (Santos, 2010)	7
Figura 2 - Ciclo PDCA	11
Figura 3 - Logótipo do projecto desenvolvido (Gewiss, 2011)	19
Figura 4 - Logótipo da empresa (Gewiss, 2011)	20
Figura 5 - Organograma da empresa	21
Figura 6 - S2 - Tomada diferencial (Gewiss, 2011)	23
Figura 7 - S20 - Interruptor diferencial (Gewiss, 2011)	23
Figura 8 - Layout da linha das bobinas	27
Figura 9 - Posto da soldadura do contacto móvel (Gewiss, 2011)	28
Figura 10 - Posto de soldadura do contacto (Gewiss, 2011)	28
Figura 11 - Posto de soldadura do borne (Gewiss, 2011)	29
Figura 12 - Fio com as três soldaduras realizadas (Gewiss, 2011)	29
Figura 13 - Posto para colocação da mola manualmente (Gewiss, 2011)	29
Figura 14 - Posto para colocação da mola com dispositivo (Gewiss, 2011)	29
Figura 15 - Posto da montagem da bobina (Gewiss, 2011)	30
Figura 16 - Bobina completa (Gewiss, 2011)	30
Figura 17 - Posto de soldadura do contacto de prata ao borne (Gewiss, 2011)	30
Figura 18 - Posto de soldadura do circuito de terra (Gewiss, 2011)	30
Figura 19 - O sistema produtivo do S2S20 (Gewiss, 2011)	31
Figura 20 - Layout do S2S20	31
Figura 21 - Posto de pré-montagem dos relés (Gewiss, 2011)	32
Figura 22 - Relé concluído (Gewiss, 2011)	32
Figura 23 - Pré-montagem da fechadura (Gewiss, 2011)	32
Figura 24 - Fechadura concluída (Gewiss, 2011)	32
Figura 25 - Posto de montagem da tampa (Gewiss, 2011)	33
Figura 26 - Tampa completa (Gewiss, 2011)	33
Figura 27 - Posto de união da tampa à fechadura (Gewiss, 2011)	34
Figura 28 - Componente resultante do segundo posto de montagem (Gewiss, 2011)	34
Figura 29 - Posto de montagem final (Gewiss, 2011)	35
Figura 30 - Aparelho montado (Gewiss, 2011)	35

Figura 31 - Último posto de montagem (Gewiss, 2011)	35
Figura 32 – Magnetização (Gewiss, 2011)	36
Figura 33 - Alta tensão (Gewiss, 2011)	36
Figura 34 - Máquina de teste final (Gewiss, 2011)	36
Figura 35 - Embalagem de 25 unidades (Gewiss, 2011)	37
Figura 36 - Embalagem de duas unidades (Gewiss, 2011)	37
Figura 37 - Máquina laser (Gewiss, 2011)	37
Figura 38 - Aparelho impresso (Gewiss, 2011)	37
Figura 39 - Termóstato após a realização da primeira montagem (Gewiss, 2011)	38
Figura 40 - Colocação do termostato (Gewiss, 2011)	38
Figura 41 - Termóstato totalmente montado (Gewiss, 2011)	38
Figura 42 - Embalagem individual (Gewiss, 2011)	39
Figura 43 - Caixas utilizadas para realização do Kanban (Gewiss, 2011)	40
Figura 44 - Quantidade de WIP observada	42
Figura 45 - Cálculo do tempo de percurso usando o VSM	43
Figura 46 - Componentes resultantes do primeiro posto das bobinas (Gewiss, 2011)	48
Figura 47 – Componentes resultantes do segundo posto das bobinas (Gewiss, 2011)	48
Figura 48 - Componentes resultantes do 1º e 2º posto de montagem (Gewiss, 2011)	49
Figura 49 - Aparelho resultante do Posto 4 (Gewiss, 2011)	50
Figura 50 - Componentes montados até ao final do posto 2 (Gewiss, 2011)	50
Figura 51 - S20 resultante do posto 4 (Gewiss, 2011)	51
Figura 52 - Novo Layout	53
Figura 53 - Fluxo produtivo das Bobinas	56
Figura 54 - Fluxo produtivo da montagem S2S20	57
Figura 55 - Os postos standard (Gewiss, 2011)	58
Figura 56 - Posto standard completo (Gewiss, 2011)	59
Figura 57 - Tabuleiro para S2S20 (Gewiss, 2011)	60
Figura 58 - Contentores EK6161 e EK6081 (Gewiss, 2011)	61
Figura 59 - Bancadas utilizadas para postos de montagem (Gewiss, 2011)	61
Figura 60 - Encaixes horizontais para bancadas (Gewiss, 2011)	62
Figura 61 - Bancada com componentes (Gewiss, 2011)	63
Figura 62 - Núcleos bobinados nos contentores EK6081 (Gewiss, 2011)	63

Figura 63 - Dispositivo para preparação dos relés (Gewiss, 2011)	65
Figura 64 - Dispositivo para aperto dos parafusos (Gewiss, 2011)	66
Figura 65 - Quantidade de WIP definida	69



# 1 INTRODUÇÃO

Desde a segunda guerra mundial que a procura de desperdícios num ambiente produtivo tem sido uma constante. Nessa época, através do exemplo de melhorias significativas apresentadas pela Toyota, as empresas perceberam que este é o caminho a seguir para aumentar os seus lucros e a sua competitividade a nível mundial.

Desde então, mais empresas têm-se rendido à filosofia Lean que defende a busca contínua e eliminação dos sete desperdícios encontrados num sistema produtivo com a finalidade de criar um fluxo produtivo claro e simples.

Em Portugal são ainda poucas as empresas que adoptam esta filosofia por completo. A grande maioria das empresas que pretende seguir estes princípios não vai além da aplicação de algumas técnicas como os 5S's ou o Single Minute Exchange of Die (SMED).

A empresa onde decorreu este projecto começou já há algum tempo a sua jornada Lean, modificando por completo todo o sistema produtivo relacionado com o produto em transformação, sem receio do fracasso ou das perdas que possam existir durante a modificação.

## 1.1 MOTIVAÇÃO

Desde cedo que a autora revela um gosto imenso pelo Lean manufacturing e todos os assuntos a ele ligados.

Quando surge a possibilidade de desenvolver um projecto que visa aplicar conceitos Lean num sistema tradicional esta não hesitou e desenvolveu-o com toda a garra que era

exigida. Este projecto tornou-se ainda mais motivador por ser o primeiro e por ser realizado numa empresa tão prestigiada como a Gewiss.

## **1.2 OBJECTIVOS**

Este projecto tem como objectivo principal a aplicação de conceitos Lean num sistema produtivo tradicional. Assim que o projecto esteja terminado esperasse um aumento da capacidade de 450 para 550 aparelhos diários, um aumento da produtividade em 20 por cento, a redução a área ocupada em 20 por cento e a redução do wip e do lead time para um terço. Pretendesse ainda clarificar o processo produtivo de forma a eliminar todos os desperdícios existentes.

## **1.3 ESTRUTURA E ORGANIZAÇÃO**

O presente trabalho encontra-se dividido em sete capítulos. O primeiro deles refere-se à introdução ao projecto, onde são apresentadas as motivações, os objectivos e a estrutura e organização do mesmo.

No segundo capítulo é efectuada uma revisão da literatura abordando a evolução dos sistemas produtivos dando especial ênfase ao Lean manufacturing.

No capítulo três é apresentado o projecto e a empresa onde ele se realiza apresentando a sua história, o seu organograma e os produtos. Segue-se a descrição do sistema produtivo em causa classificando os vários ambientes produtivos, mostrando a sua organização física e o desempenho actual do sistema.

O capítulo cinco descreve o projecto efectuado, abordando temas como o balanceamento da linha, alteração do layout, entre outros. Ainda neste capítulo é referido o desempenho esperado para o novo sistema produtivo.

Segue-se a conclusão, bibliografia e os anexos.

## **2 REVISÃO DA LITERATURA**

Ao longo deste capítulo será efectuada uma revisão do que está escrito na literatura sobre os principais sistemas produtivos existentes dando especial ênfase ao Lean manufacturing.

### **2.1 EVOLUÇÃO DOS SISTEMAS PRODUTIVOS**

As grandes alterações nos sistemas de produção surgem aquando da revolução industrial. Até então a produção era efectuada de forma artesanal, ou seja operadores especializados utilizavam ferramentas simples para satisfazerem as necessidades dos clientes. Este tipo de produção era denominado de produção artesanal ou Craft production. A este modelo de produção estavam associadas três grandes desvantagens, os elevados custos de produção, a baixa produtividade e os problemas de qualidade. Os dois primeiros estão directamente relacionados, visto que a produção manual implica grande utilização da mão-de-obra (para satisfazer a procura) e os custos a ela associados são bastante altos. Os problemas de qualidade eram causados por falta de sistemas de calibragem padrão. Na indústria automóvel este problema era especialmente grave pois um carro era construído por componentes de diferentes fornecedores, cada um deles com calibrações diferentes, e com isto nunca se conseguiam 2 carros iguais e não era possível garantir a qualidade dos mesmos (Womack, Jones, & Roos, 1991) referido por (Almeida, 2010).

Com a revolução industrial as máquinas tornam-se parte dos sistemas de produção e a sua rapidez na confecção dos produtos leva a um aumento da produtividade da empresa. Contudo as empresas não são ainda capazes de responder à procura e algumas soluções começam a surgir, entre as quais as linhas de montagem estacionárias (em 1903 por Oldmobile

Motors) e os componentes permutáveis (em 1908 por Cadillac). A grande solução para o problema é dada por Ford quando associa o conceito de linha de montagem e peças permutáveis, começando a Era da produção em massa (Francio, 2010).

A Produção em Massa é principalmente caracterizada pela utilização das máquinas capazes de produzir peças diferentes apenas com a troca de algumas ferramentas, pela especialização do trabalho, onde cada trabalhador executa sempre o mesmo conjunto de tarefas e pela produção de componentes padronizados. A implementação destes sistemas de produção permitiu uma satisfação da procura e uma grande diminuição dos custos, tornando produtos até então demasiado caros em produtos acessíveis à grande parte da população. Contudo a variedade dos produtos resultantes deste sistema produtivo era praticamente nula, existiam enormes quantidades de stocks e elevados tempos de setup (Silva, 2008).

Com o passar dos anos as necessidades dos clientes alteraram-se, aos preços baixos e à qualidade juntou-se a variedade dos produtos, requisito que a produção em massa não conseguia satisfazer. Nessa altura, as empresas americanas começavam a perder competitividade para as empresas japonesas, empresas estas que usavam uma filosofia de produção capaz de satisfazer todos os requisitos exigidos, o Lean manufacturing (Francio, 2010).

## **2.2 LEAN MANUFACTURING**

Após a segunda guerra mundial, o Japão enfrentou grandes dificuldades devido principalmente à escassez de recursos como a mão-de-obra, espaço e materiais (Nogueira, 2010). Estas dificuldades impulsionaram Toyoda a visitar as instalações da Ford com a finalidade de perceber os seus processos de fabrico e a forma como se organizavam. Toyoda percebeu que não podia adoptar aquele sistema no Japão e que teria de desenvolver um sistema que se adaptasse às especificações do mercado japonês. Em conjunto com Taiichi Ohno, Toyoda desenvolveu um sistema denominado Toyota Production System que ajudou a Toyota a superar com sucesso todas as dificuldades da época e ainda a recessão mundial causada pela crise do petróleo em 1973.

O Toyota Production System proporcionou um aumento da satisfação dos clientes face as suas especificações e qualidade dos produtos e ainda um aumento da produtividade causado por uma maior utilização dos equipamentos (Santos, 2010).

O termo Toyota Production System passou a ser denominado por Lean Production em 1988 por John Krafcik num artigo chamado "*Triumph of the lean production system*". Este investigador integrava um projecto mundial sobre a indústria automóvel liderado por James Womack do qual resultou o livro "*The machine that changed the world*" (Carvalho, 2009). Este baseia-se num estudo sobre o futuro da indústria automóvel, onde esmiúça o sistema usado nas empresas da Toyota comparando-o com os sistemas produtivos da General Motors e Ford (Pereira, 2009).

Após a primeira introdução do termo Lean têm surgido várias definições por parte de vários autores.

Werkema (2006) vê o Lean manufacturing como uma filosofia assente na busca continua pela eliminação de desperdícios ao longo da cadeia de valor, por intermédio da eliminação de tudo o que não acrescenta valor para o cliente, ou seja, tudo que o cliente não está disposto a pagar.

Womack (1991) afirma que o Lean manufacturing usa menos de tudo em comparação com a produção em massa, por outras palavras, usa metade do esforço humano, metade do espaço necessário para a produção, metade do investimento em ferramentas, metade das horas de engenharia necessárias para o desenvolvimento de um novo produto e menos de metade das quantidades de stock. Tudo isto resulta em maior produtividade com menos defeitos e maior variedade de produtos.

O Lean manufacturing é considerado por muitos o sistema de produção mais adequado para se obter lucro e fazer frente à competitividade dos mercados. (Womack & Jones, 2003)

Em suma, Lean é visto como uma forma de trabalhar que resulta em produzir o máximo com o mínimo possível, e reduzir tudo o que use recursos sem contribuir no acréscimo de valor aos produtos (Carvalho, 2009).

### **2.2.1 OS PRINCÍPIOS DO LEAN**

A filosofia Lean é constituída por conceitos e princípios que permitem simplificar o processo produtivo através da eliminação de desperdícios. Womack & Jones (2003) sugerem os cinco princípios fundamentais do Lean manufacturing, sendo estes o ponto de partida para a implementação desta filosofia.

O primeiro desses princípios é a especificação do valor. Este princípio privilegia a comunicação aberta entre produtores e clientes de forma a estabelecerem claramente as especificações do produto, as suas características e o seu preço. (Womack & Jones, 2003) referido por (Silva, 2008)

O segundo princípio é a identificação do fluxo de valor, ou seja, a identificação das actividades necessárias para o cumprimento das especificações do cliente e consequente eliminação das actividades que não acrescentam valor ao produto. (Womack & Jones, 2003) referido por (Silva, 2008)

A implementação Lean segue com a criação de um fluxo contínuo quer de materiais quer de informação. Este princípio caracteriza-se pela produção do que é necessário, quando necessário e em pequenos lotes de forma a evitar actividades que não acrescentam valor, como esperas e wip. (Womack & Jones, 2003) referido por (Silva, 2008)

O quarto princípio do Lean é o pull, ou seja, o cliente é o impulsionador da produção fazendo com que esta se realize quando necessário e nas quantidades necessárias de acordo com as especificações do cliente. (Womack & Jones, 2003) referido por (Nogueira, 2010)

Com a implementação dos quatro princípios anteriores outros desperdícios vão se tornando visíveis, isto faz com que ocorram sempre melhorias até se atingir a meta pretendida, a perfeição. (Womack & Jones, 2003) referido por (Silva, 2008)

### **2.2.2 OS PILARES DO LEAN PRODUCTION**

Para além dos princípios já referidos, a filosofia Lean envolve diversos conceitos difíceis de relacionar uma vez que estes abrangem diferentes áreas da cadeia de valor. Para permitir uma melhor compreensão destes conceitos foi criado um diagrama onde estes são organizados.

A casa Lean (Figura 1) tem como principais pilares o Just in time (JIT) e o Jidoka, no entanto o Heijunka, os processos normalizados, a gestão visual, a qualidade e a melhoria contínua são também essenciais para assegurar a sustentabilidade de uma organização Lean.



Figura 1 - Casa do Lean manufacturing (Santos, 2010)

Cada um dos conceitos é aprofundado de seguida.

### Just In Time

Um dos pilares necessários para o suporte do Lean manufacturing é o Just in time. Este defende que cada processo deve ser iniciado quando necessário e nas quantidades necessárias de forma a eliminar todo o inventário da cadeia de valor, reduzir o lead time, e eliminar os desperdícios (Shingo, 1996) referido por (Barreiro, 2010). Para atingir estes objectivos é fundamental recorrer a três elementos, sendo eles:

**Pull:** Num sistema pull o posto a jusante é o cliente do posto a montante fazendo com que a produção seja puxada ao longo do sistema através de pedidos de abastecimento de componentes ou matérias-primas. Uma forma de auxiliar os sistemas pull é a implementação de Kanbans, ou seja, cartões que são trocados entre diferentes postos de trabalho onde consta informação sobre o produto e a quantidade a produzir.

Para os sistemas pull funcionarem sem problemas é imprescindível que todos os equipamentos estejam sempre prontos a serem utilizados, e para tal a manutenção preventiva é

fundamental pois só assim se previne erros nas máquinas e paragens na produção para arranjo de avarias. Um dos grandes problemas na implementação de sistemas pull é a necessidade de uma resposta rápida a variações de produtos, uma vez que algumas máquinas têm tempos de set-up<sup>1</sup> demasiado elevados.

Em 1960, o japonês Shigeo Shingo desenvolveu um dos métodos que ajuda na resolução deste problema, o método SMED. Este pretende reduzir o tempo de paragem da máquina aquando da preparação para novos produtos. Esta redução é conseguida através da melhoria das condições de mudança e da transformação de operações internas (executadas com a máquina parada) em operações externas (executadas com a máquina em funcionamento).

**Fluxo contínuo:** Consistem numa produção com tempos de ciclo bem definidos que conduzem a uma cadência constante de produtos fabricados em pequenas quantidades tendo mesmo como objectivo a produção de uma única unidade de cada vez (Liker, 2004).

**Takt time:** O Takt time corresponde ao quociente da procura de um determinado produto pelo tempo disponível para a produção do mesmo e determina o ritmo de produção necessário para satisfazer a procura dos clientes. (Nogueira, 2010) Conhecer este valor é fundamental para balancear os postos de trabalho sendo que o tempo de ciclo do sistema produtivo deve ser igual ao Takt time (Varanda, 2010).

### Jidoka

O segundo pilar da casa Lean é o Jidoka também conhecido como automação com um toque humano.

Quando uma máquina provoca um defeito num produto é capaz de o fazer em milhares se este defeito não for detectado com a devida antecedência. Foi com base neste problema que Ohno implementou mecanismos que permitem a paragem de uma máquina sempre que detectar um defeito no produto e mecanismos que permitem parar o sistema produtivo sempre que algum operador detecte um problema.

A implementação do Jidoka permite que um operador trabalhe em várias máquinas em simultâneo, visto que não necessita prestar tanta atenção à qualidade dos produtos resultantes

---

<sup>1</sup> Tempo de preparação da máquina para um novo produto.

das mesmas. Como consequência deste facto tem-se um aumento da polivalência dos operadores e aumento da produtividade. Outras vantagens estão também associadas ao Jidoka como a redução de WIP e consequente redução do tempo de entrega do produto final ao cliente (Barreiro, 2010).

Associado ao Jidoka tem-se o Poka-Yoke e o Andon. O primeiro são mecanismos simples capazes de prevenir falhas humanas como falta de treino, falta de atenção ou esquecimento. Como exemplo de um Poka Yoke tem-se as entradas de um computador que têm formas diferentes para evitar o uso de entradas erradas.

O Andon é um sistema sinalizador que permite saber informações sobre o estado actual da linha. Este sistema fornece informações sobre o ritmo de produção, qualidade, manutenção e logística. A utilização do Andon torna os problemas visíveis, facilitando a resposta rápida aos mesmos, contribuindo assim para uma melhoria contínua do sistema produtivo (Silva, 2008).

### Heijunka

Heijunka é o termo japonês para nivelamento da produção relativamente a volume e variedade de produtos, ou seja esta ferramenta pretende distribuir as encomendas ao longo do tempo de forma a produzir diferentes tipos de produtos em simultâneo.

Esta forma de produção pretende eliminar as grandes variações da procura facilitando o fluxo de produção constante.

O Heijunka é ainda fundamental quando a previsão da procura é diferente da procura real, uma vez que no caso de existirem rupturas de stock rapidamente se fabrica novos produtos e no caso de existirem stocks altos é também rápida a suspensão da confecção do produto em causa.

Em suma, o Heijunka tem como objectivo a criação de um fluxo contínuo para pequenos lotes de produtos diferentes

### Trabalho padronizado

O trabalho padronizado consiste na criação de métodos de trabalho bem definidos focados na clareza do processo, na qualidade, na manutenção e na eliminação de desperdícios (Varanda, 2010).

Segundo Ohno, 1988 existem três elementos para o trabalho padronizado, são eles:

- Tempo de ciclo estabelecido de acordo com o takt time;
- Sequência de trabalho, ou seja, a ordem pela qual são realizadas as tarefas;
- Wip mínimo necessário para o bom funcionamento dos postos de trabalho.

A criação do trabalho padronizado leva a bons balanceamentos da linha de produção, melhorias na utilização dos equipamentos e melhoria da qualidade do produto (Kasul e Motwani, 1997).

### Kaizen

Kaizen é o termo usado para designar a melhoria contínua. A grande meta de uma organização é a perfeição embora este objectivo seja extremamente difícil de atingir. Ao longo do processo surgem sempre pequenos entraves à produção e nesta altura o conceito de melhoria contínua é fundamental.

O Kaizen divide-se em dois grupos, o Kaizen de fluxo onde o principal foco é a cadeia de valor e o Kaizen de processo onde o processo produtivo é alvo de todas as atenções. Em ambos os casos são reunidas equipas com elementos de vários níveis hierárquicos da empresa (desde gestão de topo a operadores do sistema produtivo em causa) para discutir os problemas existentes e apresentar as possíveis melhorias, a estas reuniões chamam-se eventos Kaizen (Varanda, 2010).

Uma das ferramentas associada ao Kaizen é o PDCA (Plan Do Check Act) (Figura 2), esta foi introduzida por Edwards Demings e descreve o ciclo das actividades necessárias para se realizar uma melhoria contínua.



**Figura 2 - Ciclo PDCA**

A primeira fase do ciclo é planejar (Plan) e aqui é efectuada uma análise do problema em estudo e das suas causas. Segue-se a fase do fazer (Do) onde são realizadas as acções definidas na fase anterior. A verificação (Check) é a actividade seguinte e permite averiguar os resultados obtidos com a implementação da fase anterior. Por fim acontece a fase agir (act) que tem como finalidade rever as fases anteriores e padronizar todas as medidas implementadas. Na última fase são também recolhidos novos problemas que darão início a um novo ciclo PDCA.

### Estabilidade

A base da casa Lean é a estabilidade, sem ela é difícil melhorar continuamente. Para que a filosofia Lean seja implementada com sucesso é necessário o apoio da gestão de topo mesmo quando os resultados não são imediatos, pois muitas vezes estes tardam a aparecer.

### **2.2.3 Os 7 DESPERDÍCIOS**

Ao longo da revisão da literatura muito se tem falado da eliminação dos desperdícios existentes num sistema produtivo, no entanto nunca se clarificou o que é considerado um desperdício e quais os desperdícios mais graves que podem ser encontrados.

Para Flinchbaugh (2001) referido em Rawabdeh (2005) qualquer objectivo além de entregar o produto certo, ao cliente certo, na hora certa, pelo preço certo é um desperdício. No entanto a maioria dos autores define desperdício de forma mais sucinta, ou seja, consideram desperdícios as actividades complementares desnecessárias, que geram custos sem acrescentar valor aos produtos (Carvalho, 2009; Almeida, 2010).

Segundo a filosofia Lean, existem sete actividades que não acrescentam valor ao produto (Silva, 2008):

- Sobreprodução;
- Esperas;
- Transportes excessivos;
- Processamentos incorrectos;
- Inventário;
- Manuseamentos desnecessários;
- Defeitos.

Cada um delas será caracterizada em seguida.

### Sobreprodução

*“Não há desperdício mais terrível que o excesso de produção”* (Ohno, 1988)

A sobreprodução ocorre quando a quantidade produzida é superior à quantidade encomendada pelo cliente (Nogueira, 2010).

Este é considerado o pior dos desperdícios uma vez que implica um consumo desnecessário de matérias-primas, ocupação desnecessária de máquinas e meios de armazenamento e ainda mão-de-obra responsável pela monitorização do stock (Nogueira, 2010).

A sobreprodução pode ter várias causas, entre as quais (Menegon, Nazareno, & Rentes, 2003):

- Elevados tempos de preparações das máquinas, levando à produção de grandes lotes, mesmo que não sejam necessários, para atenuar os custos de paragem da produção;
- Incerteza relativamente aos níveis de qualidade dos produtos, pode causar produção excessiva para garantir que o produto chegue ao cliente com a qualidade e quantidade necessária;
- Erros na previsão da procura.

### Esperas

Os desperdícios das esperas referem-se ao tempo que as pessoas e máquinas estão paradas à espera da próxima tarefa. (Barreiro, 2010).

Este desperdício pode ter enumeras causas, entre as quais (Barreiro, 2010):

- Atrasos no processo;
- Avarias;
- Capacidade mal calculada;
- Estrangulamentos entre postos de trabalho;
- Falta de autonomia dos operadores;
- Falta de material;
- Mudanças de ferramentas de trabalho.

### Transporte excessivo

O transporte, embora necessário na grande parte dos processos de fabrico, não acrescenta valor aos produtos, devendo ser reduzido ao máximo.

Neste desperdício são consideradas movimentações desnecessárias de inventários, matérias-primas, ferramentas e pessoas, quer sejam entre o armazém e os postos de trabalho, ou entre postos de trabalho (Pereira, 2009).

As principais causas do excesso de transporte são Layout's diferentes das necessidades dos produtos (Nogueira, 2010).

### Processamentos incorrectos

No fabrico de alguns produtos é comum serem usados componentes ou operações desnecessárias. Este acontecimento deve-se à desactualização das operações face a máquinas mais evoluídas, falta de percepção dos verdadeiros requisitos dos clientes, especificações de qualidade mais rigorosas que o verdadeiramente necessário e ainda escassez de comunicação com os operadores relativamente à forma de realizar as suas tarefas. (Menegon, Nazareno, & Rentes, 2003; Nogueira, 2010)

Como o cliente não está disposto a pagar pelas operações excessivas, estas são consideradas um desperdício, e como tal, devem ser eliminadas.

### Inventário

O inventário é constituído por todas as matérias-primas, WIP ou produtos acabados que se encontrem parados à espera de serem levados para a fase seguinte do processo (Pereira, 2009). Como ao longo do tempo que o produto se encontra em inventário não lhe é acrescentado nenhum valor, é considerado um desperdício.

Em algumas empresas, o inventário é visto como um “mal necessário”, uma vez que permite aliviar problemas no balanceamento do sistema produtivo (Menegon, Nazareno, & Rentes, 2003). O inventário pode também esconder outros problemas, como defeitos, longos tempos de preparação de máquinas e avarias (Pereira, 2009).

Quando se pensa eliminar stocks deve-se antecipadamente detectar as causas de criação de stocks e elimina-las. A atenção das empresas deve incidir sobre a redução dos tempos de preparação das máquinas e a verificação do balanceamento do sistema produtivo (Menegon, Nazareno, & Rentes, 2003).

Com a eliminação de inventários consegue-se (Vilelo, 2009):

- Diminuição do capital investido;
- Maior antecedência na detecção de defeitos;
- Aumento do espaço disponível e melhor visibilidade;
- Diminuição do manuseamento de materiais;
- Melhor fluxo de produção.

### Manuseamentos desnecessários

Quando se fala em desperdícios ligados ao manuseamento desnecessário, fala-se de movimentos dos operadores que podiam ser evitados, como a procura de ferramentas ou a colocação do produto ou componentes na posição correcta para ser trabalhado.

Este desperdício ocorre devido à falta de organização do trabalho ou à utilização de práticas de trabalho incorrectas (Nogueira, 2010).

A eliminação dos excessos de movimentações pode ser efectuada através de melhorias relacionadas com os estudos de tempos e movimentos e organização dos postos de trabalho, através, por exemplo, do uso da técnica 5S's (assunto abordado posteriormente) (Menegon, Nazareno, & Rentes, 2003).

### Defeitos

Produtos que não se encontrem de acordo com as especificações dos clientes, arranjos em produtos defeituosos e inspecções a produtos, são considerados desperdícios (Menegon, Nazareno, & Rentes, 2003) .

O aparecimento de defeitos tem como consequência desperdício de materiais, mão-de-obra, equipamentos e ainda desperdícios em movimentações e inspecções (Menegon, Nazareno, & Rentes, 2003).

Para diminuir os custos relacionados com os defeitos, deve-se desenvolver um sistema que permita identificar os defeitos e as suas causas, para que estes sejam detectados o mais cedo possível (Vilelo, 2009).

## **2.2.4 FERRAMENTAS LEAN**

Para facilitar a eliminação dos desperdícios falados o Lean manufacturing conta com uma série de ferramentas que auxiliam ainda a implementação dos conceitos abordados anteriormente. Duas das ferramentas que muito contribuíram para o desenvolvimento do projecto em curso são os 5S's e o VSM, ambas descritas em seguida.

### 5S's

Ao longo do tempo os postos de trabalho vão se desorganizando chegando mesmo a acumular materiais desnecessários que dificultam o bom funcionamento dos mesmos. Para combater estes problemas surge a técnica 5S's, desenvolvida no Japão, que apresenta um conjunto de cinco etapas sequenciais (etapas estas que dão nome à técnica) que permitem a organização, limpeza e padronização dos postos de trabalho.

A aplicação desta técnica começa com a separação (Seiri). Nesta fase pretende-se identificar os itens existentes como sendo necessários ou desnecessários, excluindo os últimos do posto de trabalho. No final desta fase o posto deve conter apenas o necessário, nas quantidades necessárias.

Terminada a primeira fase segue-se a organização (Seiton) onde são definidos locais e denominações apropriadas para todos os itens existentes. Estas definições devem ser uniformes para toda a organização e perceptíveis a qualquer utilizador do local organizado.

A terceira etapa é a limpeza que deve ser efectuada diariamente pelo operador do posto de trabalho de forma a manter o posto de trabalho limpo e asseado. Além do bom aspecto visual, a limpeza ajuda também a prevenir avarias causadas por resíduos ou lixo nas ferramentas ou máquinas.

Segue-se a padronização (Seiketsu) que, representa a fase de criação de normas e regras que devem ser respeitadas e mantidas de forma a manter continuamente os 3S's anteriores.

A última etapa é a autodisciplina (Shitsuke) e pretende que os colaboradores sigam as regras estabelecidas de modo a que a implementação dos 5S's seja mantida a longo prazo.

A implementação desta técnica tem inúmeras vantagens (Silva, 2008), entre as quais:

- Optimização do espaço de trabalho
- Obtenção de um ambiente limpo e seguro;
- Melhoria das condições de trabalho;
- Diminuição do tempo despendido à procura de ferramentas ou materiais.

### Value stream mapping

O Value Stream Mapping, vulgarmente denominado por VSM foi desenvolvido por Rother & Shook (2003) e permite a visualização esquemática de todo o processo necessário para a produção desde a recepção da encomenda até à entrega do produto final.

Esta ferramenta apresenta todo o fluxo de informação, de transporte e de materiais e representa todos os stocks e tempos de ciclo das operações. Um aspecto fundamental do VSM é a diferenciação entre as actividades que acrescentam valor ao produto e as actividades que são

consideradas desperdícios. Esta informação permite encontrar as áreas de potencial melhoria para a empresa.

Os criadores desta ferramenta enumeram uma série de vantagens a ela associada, entre as quais: ( (Rother & Shook, 2003) citado por (Nogueira, 2010))

- Melhora a percepção do fluxo de valor de toda a organização;
- Melhora a visualização da relação entre processos e fluxo de materiais e informação entre eles.
- Facilita a detecção de desperdícios e as suas causas;
- Distingue as actividades que acrescentam valor das que não acrescentam;
- Facilita o encontro de oportunidades de melhoria.

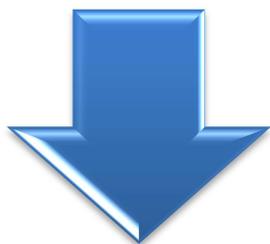
### **2.2.5 VANTAGENS E DIFICULDADES ENCONTRADAS NUMA IMPLEMENTAÇÃO LEAN**

As implementações Lean trazem várias vantagens tanto para a empresa como para os trabalhadores. Do ponto de vista dos trabalhadores o Lean permite-lhes obter mais formação e qualificação além de aumentar a sua participação nos processos o que torna o trabalho mais motivador.

As vantagens para as empresas são várias, das quais se destacam:



Aumento da produtividade;  
Aumento da qualidade de serviço;  
Melhor cumprimento dos tempos de entrega;



Redução do WIP;  
Redução de defeitos;  
Redução de stoks;  
Redução do espaço ocupado para a produção;  
Redução do tempo de percurso;  
Redução do tempo de entrega do produto ao cliente;  
Redução dos custos;

## **3 O PROJECTO E A EMPRESA**

O projecto do qual resultou esta dissertação de mestrado teve como principal objectivo a aplicação de conceitos Lean num sistema produtivo tradicional

Ao longo deste capítulo será apresentada e caracterizada a empresa onde se realizou este projecto.

### **3.1 A GEWISS**

A Gewiss foi fundada em 1970 por Domenico Bosatelli em Itália dedicando-se nessa época à produção de tecnopolímeros para instalações eléctricas. Este conceito era revolucionário e além de benefícios estéticos concedeu maior segurança e funcionalidade às instalações eléctricas.

Esta empresa defendeu desde sempre o desenvolvimento como factor constante dando grande ênfase à inovação e qualidade. Com esta filosofia a Gewiss não parou de crescer alargando os seus mercados a outros horizontes embora sempre no campo eléctrico, passando mesmo a ser cotada na bolsa de Milão a partir do ano de 1988.

Actualmente a Gewiss conta com um catálogo invejável onde são apresentados cerca de 15 mil produtos fabricados e distribuídos quer pela empresa mãe (Gewiss S.P.A., com sede em Cenate Sotto, próximo da cidade de Bergamo (Milão)) quer pelas várias filiais que se concretizaram com a compra de várias companhias eléctricas, numa primeira fase, pela Europa e posteriormente, (em 2005) pela Ásia e América do Sul.

## 3.2 A GEWISS PORTUGAL

Uma dessas filiais situa-se em Portugal e nasce em Março de 1991 com o nome de Schupa Eléctrica, Lda pertencendo na altura à empresa alemã Schupa elektro GmbH + Co. KG.

A empresa inicia a produção em 1993 dedicando-se à produção de material eléctrico de baixa tensão, nomeadamente interruptores diferenciais.

Em 1995 a empresa expande o seu mercado, iniciando a produção de disjuntores e posteriormente variados aparelhos modelares de comando, corte e protecção.

Em 1999 o grupo Shupa foi adquirido para sociedade Gewiss S.P.A. Alterando o nome da empresa para Gewiss Portugal – Indústria de Material Eléctrico, Unipessoal, Lda.

A Gewiss Portugal cresceu com a missão de “*Produzir o que o cliente quer, no tempo que pretende, com o máximo grau de qualidade e ao menor custo, eliminando desperdícios e criando valor*” tendo obtido no ano de 2001 a certificação do seu sistema de controlo da qualidade no âmbito do referencial da norma da ISO 9000, mantendo-a actualmente.

A empresa encontra-se numa fase de melhoria dos processos de fabrico adoptando a filosofia Lean manufacturing através de um programa interno denominado de *Gewiss on – Ligados ao futuro* (Figura 3).



Figura 3 - Logótipo do projecto desenvolvido (Gewiss, 2011)

### 3.2.1 IDENTIFICAÇÃO DA EMPRESA

Nome: Gewiss Portugal – Indústria de Material Eléctrico, Unipessoal, Lda.

Ramo de actividade: Material eléctrico

Morada: Zona industrial – 2ª Fase – Bustelo

4560-709 Penafiel

Telefone: 255710370

E-mail: gewiss@gewiss.pt

Página na web: www.gewiss.com

Logótipo:



**Figura 4 - Logótipo da empresa (Gewiss, 2011)**

### **3.2.2 ORGANOGRAMA DA EMPRESA**

A estrutura organizacional da Gewiss Portugal encontra-se dividida em duas grandes áreas sendo elas o AFC e o MAN. A primeira engloba os departamentos de recursos humanos e de administração e contabilidade, a segunda refere-se à parte industrial contemplando os departamentos de produção, qualidade e desenvolvimento, logística, engenharia e desenvolvimento industrial. Toda esta informação é esquematizada na Figura 5.

A empresa labora actualmente com 215 trabalhadores sendo este valor um pouco acima do valor habitual, que ronda os 195 trabalhadores. Sabe-se ainda que setenta e cinco por cento destes laboram na empresa à mais de 10 anos.

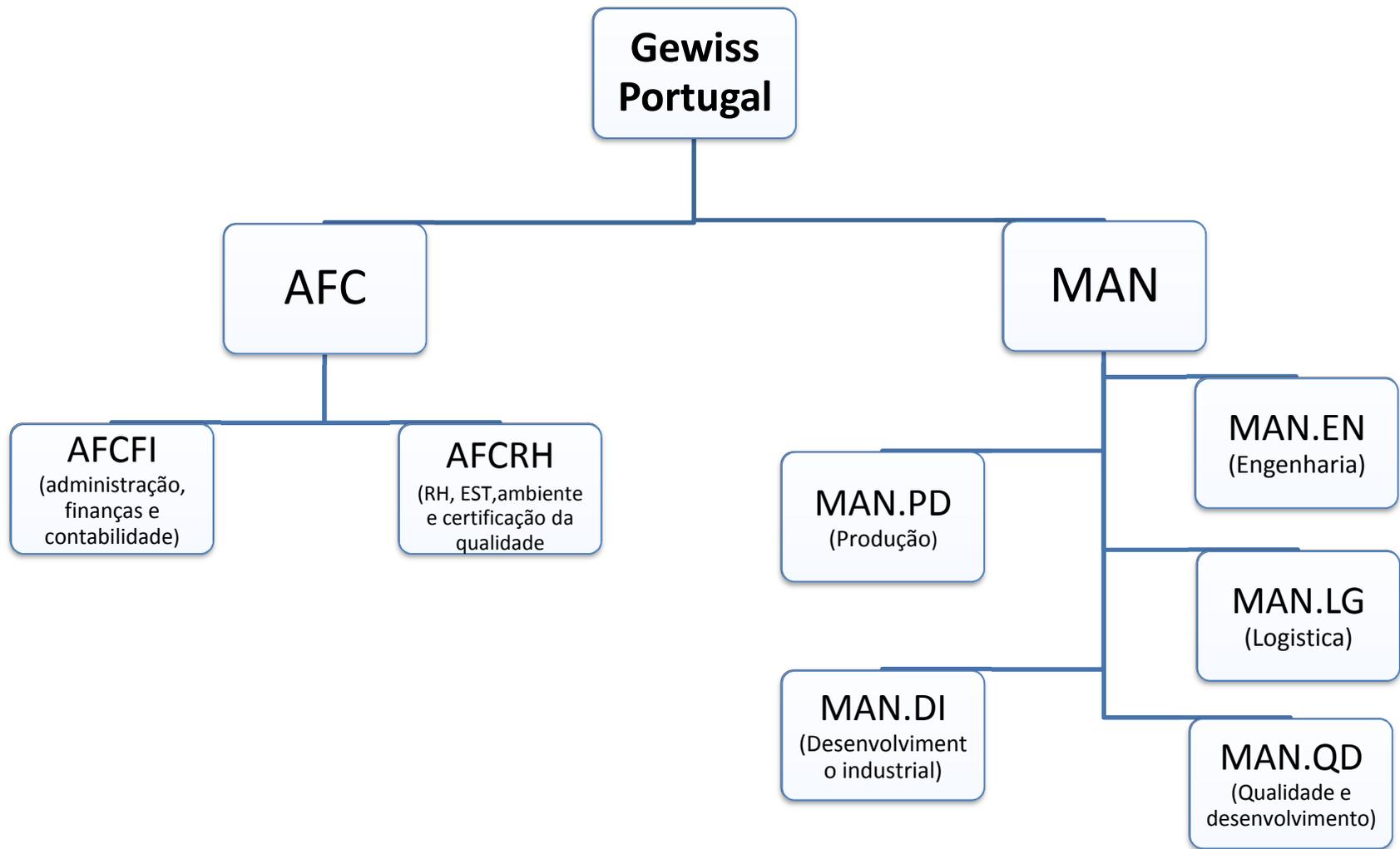


Figura 5 - Organograma da empresa

### **3.2.3 PRODUTOS**

Como já foi mencionado a Gewiss dedica-se à produção de material eléctrico de comando, corte e protecção sendo os seus produtos principais divididos em quatro grupos, os disjuntores magneto-térmicos, disjuntores diferenciais, restart e interruptores diferenciais.

Os disjuntores magneto-térmicos destinam-se à protecção de instalações eléctricas de sobrecargas e curto-circuitos. Assim sempre que existir uma sobrecarga (causada por excesso de aparelhos ligados em simultâneo) a corrente é cortada por acção do actuador térmico. Por outro lado quando ocorre um curto-circuito o corte da corrente deve-se ao actuador magnético.

O disjuntor diferencial tem as mesmas funcionalidades dos disjuntores já falados acrescentando ainda a capacidade de proteger pessoas, bens ou animais de choques eléctricos. Os choques eléctricos acontecem sempre que ocorre uma descarga eléctrica para a terra impulsionada por um contacto com uma instalação eléctrica sob tensão. O corpo em contacto é então condutor dessa descarga causando um defeito de corrente. Este defeito é detectado pelo diferencial que desliga a corrente.

Quando ocorrem cortes de corrente esta só volta a ser reposta por acção humana, através do rearmado do aparelho. No entanto os cortes de corrente podem ocorrer durante a ausência dos moradores o que implicava que os electrodomésticos ficariam desligados até à sua volta. A pensar nos longos períodos que os aparelhos poderiam estar desligados e nos estragos que isso poderia causar surge o Restart. Este aparelho tem a funcionalidade de testar o circuito e rearmá-lo automaticamente se as condições de segurança pré-definidas se verificarem.

Por último tem-se os interruptores diferenciais que tal como já foi mencionado têm a capacidade de proteger pessoas, bens ou animais de choques eléctricos.

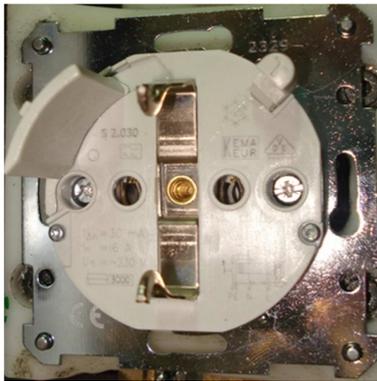
Dentro dos disjuntores destacam-se os interruptores e as tomadas diferenciais (S2 e S20) visto que é neste sistema produtivo que o projecto se concentra.

#### **3.2.3.1 Os S2 e S20**

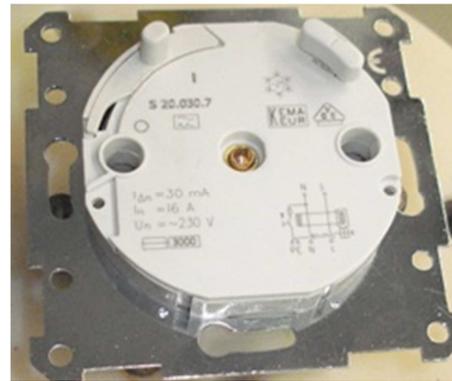
Os S2 e S20 encontram-se na gama dos interruptores diferenciais e a grande diferença entre eles é o facto de o S20 (Figura 7) ser apenas um interruptor e o S2 (Figura 6) acumular as funcionalidades de uma tomada.

O que difere estes dois aparelhos dos restantes diferenciais é o facto destes serem dedicados a pequenos circuitos sendo por isso utilizados em cada divisão da casa. Estes aparelhos são também bastante mais sensíveis que os restantes uma vez que detectam baixos diferenciais de corrente, mais precisamente 10mA ou 30mA consoante as definições do aparelho.

Devido às suas funcionalidades este tipo de aparelho é frequentemente utilizado em hospitais, infantários e casas de banho.



**Figura 6 - S2 - Tomada diferencial (Gewiss, 2011)**



**Figura 7 - S20 - Interruptor diferencial (Gewiss, 2011)**



## **4 SISTEMA PRODUTIVO DO S2S20**

Ao longo deste capítulo será apresentado o sistema produtivo actual do S2S20, através da classificação do seu ambiente produtivo, a organização física e a análise do seu desempenho actual.

### **4.1 CLASSIFICAÇÃO DO AMBIENTE PRODUTIVO**

Um sistema produtivo pode ser qualificado relativamente à forma como satisfaz a procura, como flui os materiais e a informação, ou relativamente à natureza ou quantidade e diversidade dos produtos. Em seguida apresenta-se a classificação os ambientes produtivos do S2S20.

#### **4.1.1 AMBIENTE PRODUTIVO FACE À SATISFAÇÃO DA PROCURA**

O S2S20 é produzido quer para a marca da própria empresa quer para marcas concorrentes. Em ambas as situações a produção é impulsionada por encomendas realizadas pela Gewiss S.P.A. à Gewiss Portugal. Assim considera-se que a Gewiss Portugal trabalha somente por encomenda.

#### **4.1.2 AMBIENTE PRODUTIVO FACE AO FLUXO DE MATERIAIS E DE INFORMAÇÃO**

Aquando da abertura ou reestruturação de uma empresa é essencial definir a direcção dos fluxos de materiais e informação.

Nestas circunstâncias, a empresa pode optar por um sistema push, onde a estipulação de datas de início de produção e de quantidades a produzir são da responsabilidade da própria empresa. Nos sistemas push as ordens de produção são lançadas para o primeiro posto, a partir do qual os componentes são sucessivamente empurrados, mesmo que os componentes fiquem em stock entre postos de trabalho, até terminarem todas as operações necessárias. (Vilelo, 2009)

Em contrapartida, a empresa pode optar por um sistema pull, onde a produção é efectuada segundo as necessidades dos clientes, ou seja, o cliente informa sobre o produto que pretende adquirir e nesse momento a informação é fornecida ao último posto de trabalho do sistema produtivo que por sua vez informa o posto que está a montante e assim sucessivamente até ao início da cadeia produtiva, onde será iniciada a produção da encomenda. (Vilelo, 2009)

Como é perceptível, ao contrário do que acontece nos sistemas push, nos sistemas pull o fluxo de informação ocorre no sentido oposto ao fluxo de materiais.

A linha em questão opera numa lógica push, onde as ordens de produção são dadas no primeiro posto de montagem e os componentes são empurrados até à embalagem.

#### **4.1.3 AMBIENTE PRODUTIVO FACE À NATUREZA DOS PRODUTOS**

Relativamente à sua natureza, os produtos podem ser classificados como discretos ou de processo. A diferença entre eles prende-se ao facto de no primeiro tipo ser possível contar os diversos componentes do produto, o que não acontece no segundo tipo.

Como exemplo de produtos de natureza de processo tem-se a gasolina e de natureza discreta tem-se os produtos da Gewiss.

#### **4.1.4 AMBIENTE PRODUTIVO FACE À QUANTIDADE E DIVERSIDADE**

A classificação da produção também varia de acordo com a quantidade e diversidade. Neste aspecto podem ser diferenciados quatro tipos de produção, sendo eles a produção unitária, associada a produtos de grande variedade e pequena quantidade, produção em massa que representa o oposto da unitária, ou seja, é a produção de grandes quantidades de produtos com pouca variedade. Como classificações intermédias tem-se a produção em série utilizada



As ordens de produção são fornecidas ao primeiro posto (Figura 9) onde é realizada a soldadura do contacto móvel aos fios.



**Figura 9 - Posto da soldadura do contacto móvel (Gewiss, 2011)**

Esta operação é efectuada até estar concluída a produção necessária para o dia, ou seja 450 fios neutros e 450 fios fases. À medida que esta soldadura vai sendo efectuada os fios são empurrados para o posto seguinte (Posto 2) onde é efectuada a soldadura do contacto (Figura 10).



**Figura 10 - Posto de soldadura do contacto (Gewiss, 2011)**

Neste posto são também produzidos 450 fios fase e 450 neutros e só passam para o posto seguinte quando estiverem reunidos os 900 fios.

No seguimento da preparação dos fios da bobina está a soldadura do borne (Posto 4), apresentado na Figura 11. Aqui a produção é efectuada tal como no posto anterior.



**Figura 11 - Posto de soldadura do borne (Gewiss, 2011)**



**Figura 12 - Fio com as três soldaduras realizadas (Gewiss, 2011)**

Os fios (Figura 12) seguem para o posto seis onde é encaixada a mola nos bornes. Actualmente existem dois postos onde esta operação pode ser realizada sendo que num a operação é manual (Figura 13) e noutra é realizada por um dispositivo pneumático (Figura 14).



**Figura 13 - Posto para colocação da mola manualmente (Gewiss, 2011)**

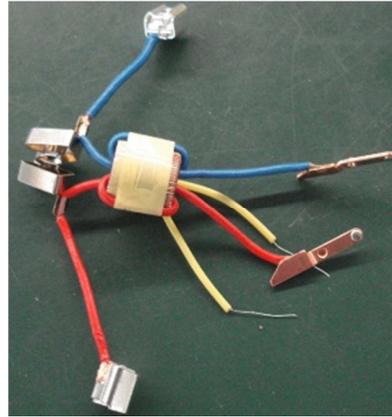


**Figura 14 - Posto para colocação da mola com dispositivo (Gewiss, 2011)**

Terminado este posto, os fios encontram-se preparados para serem unidos ao núcleo bobinado e assim darem origem às bobinas. Esta operação é efectuada no posto 7 (Figura 15) e o produto resultante (Figura 16) é armazenado nas prateleiras representadas no layout com o número oito. Nestas prateleiras existe stock de bobinas suficiente para 20 dias de produção.



**Figura 15 - Posto da montagem da bobina (Gewiss, 2011)**



**Figura 16 - Bobina completa (Gewiss, 2011)**

Paralelamente à produção de bobinas ocorre no posto 3 a soldadura do contacto de prata no borne (Figura 17) e no posto 4 a soldadura do circuito terra (Figura 18). Quando terminadas as soldaduras os componentes são encaminhados para o posto seis onde é também colocada a mola nos bornes.



**Figura 17 - Posto de soldadura do contacto de prata ao borne (Gewiss, 2011)**



**Figura 18 - Posto de soldadura do circuito de terra (Gewiss, 2011)**

Após a realização de todas as tarefas estes componentes são também armazenados nas prateleiras assinadas com o número 8.

#### **4.2.2 SISTEMA PRODUTIVO DO S2S20**

Na segunda fase, o S2S20 produz-se também de forma tradicional sendo as operações divididas em cinco postos de montagem, três posto de pré-montagens ou retrabalhos, três testes e duas embalagens. A esta linha (Figura 19) pertencem ainda os postos necessários à produção dos termóstatos ou seja, 2 postos de montagem, um teste e uma embalagem.



Figura 19 - O sistema produtivo do S2S20 (Gewiss, 2011)

Todos estes postos são agrupados numa linha de montagem tradicional como se pode observar no layout (Figura 20).

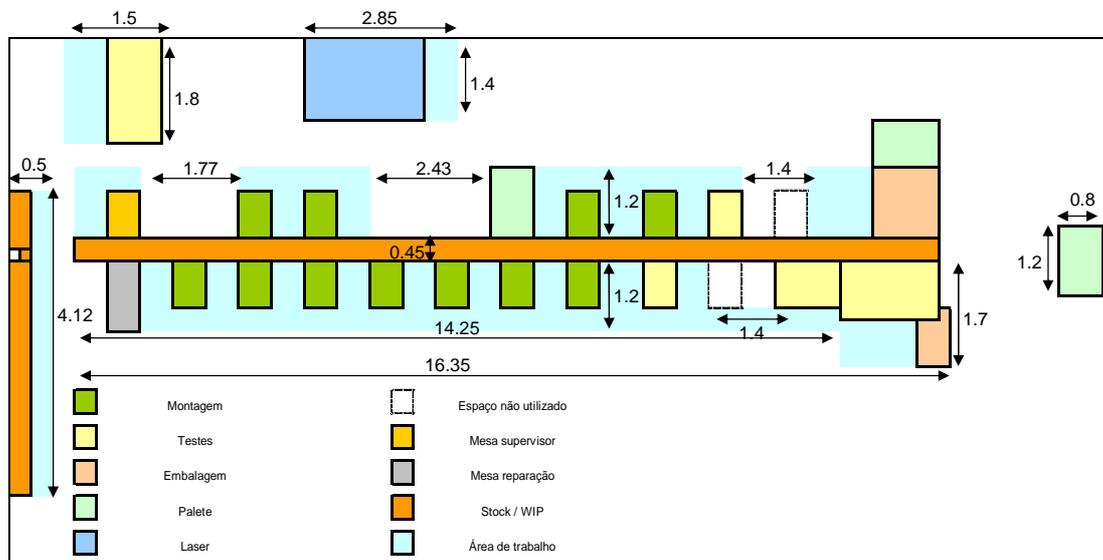


Figura 20 - Layout do S2S20

O primeiro posto da linha de montagem é o posto de retrabalhos, aqui ajustam-se componentes que não se encontram conformes ou fazem-se pequenas pré-montagens que serão usadas posteriormente.

No posto seguinte (Figura 21) efectua-se a pré-montagem do relé, este será responsável pelo disparo do aparelho sempre que a corrente eléctrica exceder os valores estabelecidos para

o aparelho. Nesta pré-montagem é necessário colocar um parafuso, cortar os pinos, soldar uma placa nula ao relé e por fim soldar os fios (Figura 22). As duas primeiras operações realizam-se individualmente, visto que os dispositivos não se encontravam preparados para efectuarem as operações em mais que um relé em simultâneo, mas cada uma das restantes é efectuada em 64 relés seguidos. A última operação é a colocação da fita-cola e realiza-se em 100 relés sendo esta a quantidade transferida para o posto onde serão utilizados.



**Figura 21 - Posto de pré-montagem dos relés (Gewiss, 2011)**



**Figura 22 - Relé concluído (Gewiss, 2011)**

A produção dos relés não é impulsionada por ordens de produção, esta efectua-se consoante as necessidades ou a disponibilidade das operadoras. O mesmo acontece com a pré-montagem da fechadura (Figura 23) onde a única excepção recai sobre as fechaduras (Figura 24) dos termóstatos que por serem diferentes das restantes obrigam à introdução das ordens de produção neste posto.



**Figura 23 - Pré-montagem da fechadura (Gewiss, 2011)**



**Figura 24 - Fechadura concluída (Gewiss, 2011)**

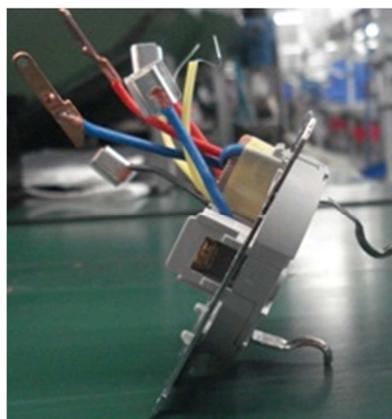
A fechadura é a parte mais minuciosa do aparelho pois é constituída por componentes muito pequenos e cuja montagem requer muito rigor. Esta parte é bastante importante pois é a

responsável pela activação/desactivação do aparelho e qualquer problema nos componentes ou na montagem impede o bom funcionamento do mesmo. Após a montagem de 24 fechaduras o tabuleiro é encaminhado para o posto onde será utilizado.

O primeiro posto de montagem (Figura 25) corresponde à montagem da tampa, Figura 26, que é a responsável por fazer a ligação entre o circuito e os aparelhos eléctricos.



**Figura 25 - Posto de montagem da tampa  
(Gewiss, 2011)**



**Figura 26 - Tampa completa (Gewiss, 2011)**

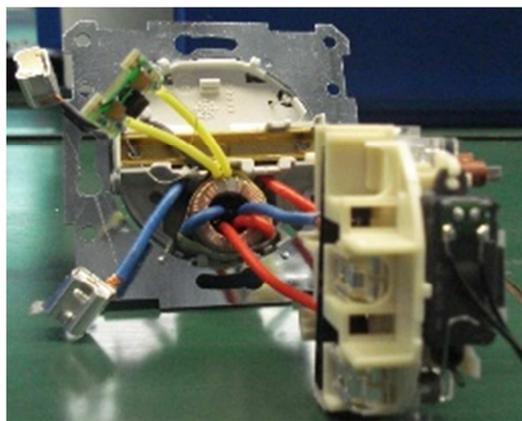
As ordens de produção são introduzidas aqui e seguem para os postos seguintes no primeiro tabuleiro de aparelhos. Cada tabuleiro completo tem 30 tampas e é empurrado para o posto seguinte.

No terceiro posto (Figura 27) a tampa e as fechaduras são unidas através do veio que permitirá a passagem da corrente quando a tomada estiver ligada. Neste posto realiza-se ainda a soldadura da placa electrónica aos secundários da bobina e a colocação do relé no aparelho (Figura 28).

O lote de transferência deste posto é de 24 aparelhos e tal como acontece no posto anterior, o tabuleiro é empurrado ao longo da bancada central para o posto seguinte.



**Figura 27 - Posto de união da tampa à fechadura (Gewiss, 2011)**



**Figura 28 - Componente resultante do segundo posto de montagem (Gewiss, 2011)**

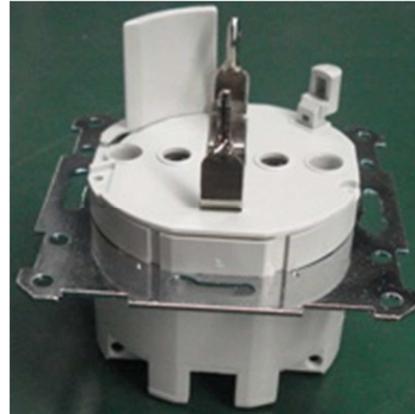
Segue-se a montagem final do aparelho onde se realiza a soldadura da placa electrónica ao relé. Com esta operação a parte diferencial do aparelho encontra-se terminada. Sempre que a quantidade de corrente que passa pelo neutro for diferente da quantidade que passa pelo fase gera-se o diferencial que provocaria um choque eléctrico numa tomada normal. Neste aparelho o diferencial é encaminhado pelos secundários da bobina até à placa electrónica que transforma a corrente recebida num tipo de corrente correcta para o relé. Quando o relé recebe a corrente diferencial superior àquela que foi programado para suportar dispara, impulsionando a desactivação do aparelho.

Neste posto realiza-se também a soldadura do circuito de teste à resistência, que permite simular o acontecimento de um diferencial e verificar se o aparelho se desliga, ou seja, verificar se o aparelho está a funcionar correctamente.

Por último procede-se a colocação do botão, da tecla de teste e ao fecho do aparelho através da colocação da base. Neste posto fica terminada a montagem de todo o aparelho



**Figura 29 - Posto de montagem final (Gewiss, 2011)**



**Figura 30 - Aparelho montado (Gewiss, 2011)**

Este posto é bastante demorado e como tal existem duas operadoras a realiza-lo sendo que uma realiza também a reparação dos aparelhos defeituosos (assunto abordado mais a frente).

Após a montagem de 24 aparelhos estes passam para o último posto de montagem (Figura 31) onde são colocados e apertados os parafusos que prendem a base ao aparelho. Neste posto é também efectuado um teste cuja finalidade é verificar a força de disparo do botão.



**Figura 31 - Último posto de montagem (Gewiss, 2011)**

Terminada a montagem dá-se início à magnetização (Figura 32) onde o relé é magnetizado de forma a disparar abaixo do valor pretendido para o aparelho. Na magnetização realizasse ainda um teste cujo objectivo é verificar se o aparelho dispara ao accionar o circuito de teste. Nesta fase podem ser detectados problemas nas soldaduras, na montagem da fechadura, no relé ou no circuito de teste. O aparelho só avança para o próximo posto se recolher aprovação nos dois testes.

O segundo teste é a alta tensão (Figura 33) onde é efectuado um teste à continuidade dos fios da bobina através da passagem de corrente elevada pela fase e pelo neutro. Este teste permite detectar problemas como fios furados ou o núcleo bobinado estragado. O teste é efectuado a dois aparelhos em simultâneo, excepto nos termóstatos onde o teste é efectuado directamente no tabuleiro e por isso testa-se 24 aparelhos em conjunto.



**Figura 32 – Magnetização (Gewiss, 2011)**



**Figura 33 - Alta tensão (Gewiss, 2011)**

Os aparelhos que passam no teste avançam no tabuleiro para o teste final (Figura 34) onde são colocados numa máquina automática que realiza um teste diferencial ao aparelho. Este teste mostra defeitos relacionados com a magnetização do relé, falta de continuidade, falta de retenção, entre outros. Aos aparelhos que não apresentam nenhum problema é realizada a medição do valor de resistência (teste que permite verificar o correcto funcionamento do circuito de teste) e o teste dos contactos onde se verifica o estado dos bornes.



**Figura 34 - Máquina de teste final (Gewiss, 2011)**

Por último o aparelho é embalado. Os aparelhos mais comuns e todos aqueles que não são de marca própria têm uma embalagem muito reduzida. Esta é apenas a colocação de 25

aparelhos numa caixa que é posteriormente fechada, etiquetada e colocada numa palete (Figura 35). Os aparelhos Gewiss têm uma embalagem mais longa necessitando mesmo de uma pré-embalagem onde se prepara e coloca a parte central no aparelho. Estes aparelhos são primeiramente embalados em caixas individuais e posteriormente colocados dois a dois em caixas exteriores (Figura 36).



**Figura 35 - Embalagem de 25 unidades (Gewiss, 2011)**



**Figura 36 - Embalagem de duas unidades (Gewiss, 2011)**

Antes de serem embalados os aparelhos realizam ainda a impressão, efectuada numa máquina laser (Figura 37). Esta é comum a várias linhas e como não existem regras na sua utilização esta operação não tem momento certo para ser realizada. Por exemplo se a máquina está ocupada os aparelhos podem ser totalmente testados e posteriormente impressos (Figura 38) se a máquina estiver livre esta operação pode realizar-se logo após a montagem.



**Figura 37 - Máquina laser (Gewiss, 2011)**



**Figura 38 - Aparelho impresso (Gewiss, 2011)**

Nos aparelhos defeituosos são coladas etiquetas onde consta o problema. A reparação é realizada directamente na linha de montagem por uma das operadoras da montagem final que neste momento pára as suas tarefas normais para reparar os aparelhos. Após a reparação é

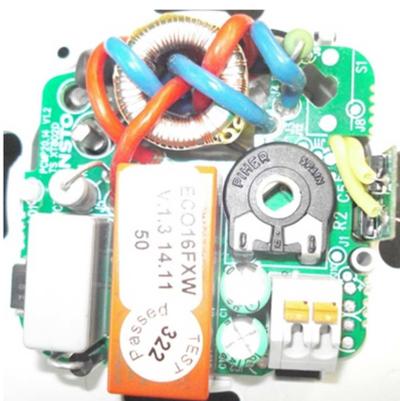
escrito na etiqueta as alterações efectuadas ao aparelho e este segue normalmente para os testes. Este processo repete-se até o aparelho não apresentar nenhum defeito.

Este é o processo de fabrico para tomadas e interruptores no entanto os termóstatos têm um processo bastante diferente sendo semelhante em apenas cinco postos de trabalho, a montagem da fechadura, a montagem da bobina, a montagem final (Figura 39), a magnetização e a alta tensão. Concluídos estes postos é efectuado um teste diferencial ao aparelho, que embora semelhante ao teste final realizado às tomadas e aos interruptores tem de ser efectuado numa máquina diferente.

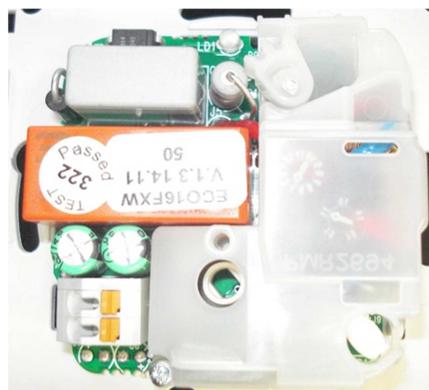


**Figura 39 - Termóstato após a realização da primeira montagem (Gewiss, 2011)**

Se o aparelho passar no teste é acabada a sua montagem (Figura 41) onde se efectua, entre outras operações, a soldadura do termóstato (Figura 40).



**Figura 40 - Colocação do termostato (Gewiss, 2011)**



**Figura 41 - Termóstato totalmente montado (Gewiss, 2011)**

Segue-se o teste final onde são realizados vários testes ao aparelho desde alta tensão a testes de regulação de temperatura.

No posto seguinte é efectuada a pré-embalagem do aparelho onde se prepara e coloca a parte central. Aqui faz-se também a montagem do botão e todos os componentes seguem no tabuleiro para o último posto, a embalagem.

A embalagem dos termóstatos é bastante mais minuciosa que a dos restantes aparelhos uma vez que na caixa individual além do aparelho e do manual seguem também o botão, um contacto terra e um sensor de temperatura (Figura 42). Após a embalagem de doze aparelhos estes são colocados numa caixa exterior e esta por sua vez é colocada numa palete.



**Figura 42 - Embalagem individual (Gewiss, 2011)**

### 4.3 ABASTECIMENTO DOS POSTOS DE TRABALHO

A linha S2S20 possui um supermercado onde constam duas caixas para cada componente utilizado na linha. Estas caixas encontram-se devidamente identificadas com o código e com uma foto que permite uma rápida descoberta do componente que se procura (Figura 43). Os componentes de maiores dimensões chegam ao supermercado na caixa do fornecedor.



**Figura 43 - Caixas utilizadas para realização do Kanban (Gewiss, 2011)**

Ao longo do dia uma operadora da linha verifica os componentes que estão em falta nos postos de trabalho e abastece-os com os componentes da primeira caixa. Quando esta fica vazia retira-a do supermercado e coloca-a numa prateleira dedicada a caixas vazias. Duas vezes por dia o armazém recolhe as caixas vazias e devolve-as cheias, colocando a nova caixa atrás da caixa já existente. Este processo é efectuado também na linha das bobinas.

Se este processo fosse cumprido tal como foi explicado assegurava-se que os primeiros componentes a entrar seriam os primeiros a serem gastos (FIFO), contudo a pressa dos operadores do armazém leva a que por vezes a nova caixa seja colocada a frente da caixa existente. Este erro causa o desrespeito pelo FIFO, mas o aspecto mais grave está no facto da operadora não perceber este erro e utilizar os componentes da caixa nova. Assim quando a caixa nova acabar a caixa existente não terá componentes suficientes para assegurar a produção até à chegada de novos componentes do armazém causando quebra de stock.

O abastecimento dos componentes resultantes da linha das bobinas é feito pela operadora responsável pelo abastecimento que se desloca até à outra linha com caixas e tabuleiros vazios e troca-os por caixas e tabuleiros cheios.

## 4.4 DESEMPENHO ACTUAL DA LINHA

Neste subcapítulo será medido o desempenho actual da linha relativamente à produtividade, quantidade de WIP e desperdícios existentes.

### 4.4.1 TEMPO DE TRABALHO DISPONÍVEL

Nas linhas em estudo um dia de trabalho corresponde a 28380 segundos visto que a empresa disponibiliza dois minutos para a realização da limpeza aos postos de trabalho no final do dia e cinco minutos no início para os supervisores se reunirem com as operadoras da linha. Estas reuniões têm o nome de R5, (reunião de 5 minutos) e tem como objectivo abordar problemas da linha, alertar para alterações ao processo ou apenas recordar conceitos essenciais como por exemplo a eficiência, os 5S's, entre outros.

### 4.4.2 PRODUTIVIDADE

A linha das bobinas conta com três colaboradoras para atingir uma produção de 450 componentes por dia.

Conclui-se assim que a produtividade da mão-de-obra neste posto é de 19 componentes por hora por pessoa.

$$Produtividade = \frac{\textit{produção}}{\textit{n}^{\circ} \textit{de horas de trabalho}} = \frac{450}{3 \times (28380/3600)} = 19,03$$

A linha do S2S20 conta com o trabalho de nove colaboradoras aumentando para doze e meia (isto é, uma colaboradora trabalha apenas 4 horas) quando se produzem tomadas e termóstatos em simultâneo. Com este número de trabalhadores consegue-se uma produção diária de 450 tomadas ou 160 termóstatos e 290 tomadas.

Traduzindo estes valores em produtividade da mão-de-obra tem-se que cada operadora produz 6,3 aparelhos por hora, como se pode verificar no cálculo abaixo.

$$Produtividade = \frac{\textit{produção}}{\textit{n}^{\circ} \textit{de horas de trabalho}} = \frac{450}{9 \times (28380/3600)} = 6,34$$

É de realçar que cada operadora labora num único posto havendo mesmo operadoras que nunca trabalharam noutros postos que não o seu. Comprova-se assim que a polivalência é muito reduzida principalmente quando se sabe que embora algumas operadoras conhecessem vários postos nenhuma delas os conhecia todos.

#### 4.4.3 WIP CONTABILIZADO

Um dos grandes problemas do S2S20 era o excesso de WIP. Este não tinha quantidade máxima definida e variava muito ao longo do dia. Sabendo que o WIP esconde problemas tão ou mais graves que ele próprio (assunto já abordado no capítulo da Revisão da literatura) foi necessário perceber as quantidades existentes e em que actividades este valor era mais elevado. Para tal utilizou-se a técnica da amostragem onde se realizaram várias observações ao longo do dia registando-se as quantidades observadas entre cada posto. A tabela mostra uma compilação dos dados recolhidos e mostra uma grande discrepância entre os valores máximos e os valores mínimos. Na tabela verifica-se também que o total de WIP máximo observado na montagem e testes foi de 941 unidades.

Postos de trabalho		Média	Máximo	Mínimo	Flutuação
Posto a montante	Posto a jusante				
PréMont. Relé	PréMont. Fechadura	183	300	100	200
PréMont. Fechadura	Mont. Tampa	88	106	75	31
Mont. Tampa	Mont. Bobina	42	48	38	10
Mont. Bobina	Mont. Mont. Final	132	198	95	103
Mont. Mont. Final	Mont. Parafuso	30	32	29	3
Mont. Parafuso	Magnetização	26	40	0	40
Magnetização	Alta Tensão	33	58	16	42
Alta Tensão	Teste Final	46	71	18	53
Teste Final	Embalar	30	30	30	0
	Laser	58	58	58	0

Figura 44 - Quantidade de WIP observada

Esta contabilização refere-se apenas ao WIP do S2S20, a linha das bobinas foi esquecida nesta abordagem uma vez que o stock existente chega a atingir 20 dias de produção, não fazendo por isso sentido a sua comparação com a linha S2S20. Actualmente o stock de bobinas

existente é uma mais-valia para a linha pois cobre as avarias das máquinas e a diminuição da eficiência da linha.

Esta contabilização foi uma preciosa ajuda para a construção do VSM que ajudou a diferenciar as actividades de valor acrescentado das que não acrescentam valor entre outras questões que serão abordadas em seguida.

#### 4.4.4 ANÁLISE DO VALUE STREAM MAP

O estado actual da linha tornou-se claro com a construção de um VSM. Esta ferramenta permitiu esquematizar todo o processo produtivo o que facilitou o cálculo do tempo de percurso dos aparelhos, isto é, o tempo que decorre desde que um relé começa a ser montado até que o aparelho é embalado. Ao contrário do tempo de ciclo que envolve apenas actividades que acrescentam valor ao produto, o tempo de percurso engloba também actividades que não acrescentam nenhum valor ao produto. Como se pode verificar na Figura 45 o tempo de montagem de um aparelho é de cerca de seis minutos mas na realidade o tempo de percurso é de quase 10 horas. Este valor foi ainda confirmado com a colocação de uma etiqueta com a hora que um componente começou a ser efectuado no primeiro posto. Posteriormente verificou-se a hora em que esse aparelho foi embalado. Com este método comprovou-se o valor teórico e descobriu-se que o FIFO não é respeitado.

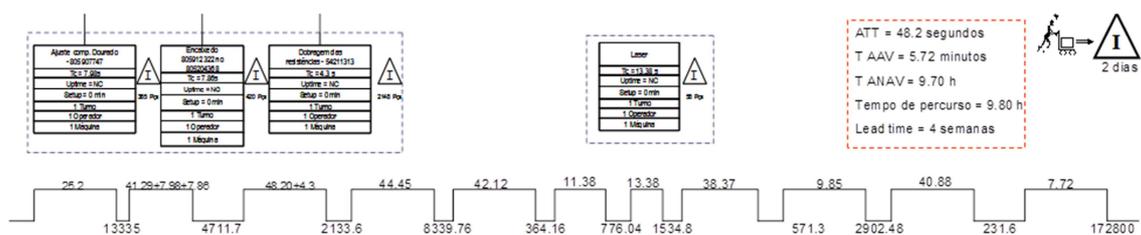


Figura 45 - Cálculo do tempo de percurso usando o VSM

O VSM evidencia também as movimentações das matérias-primas até chegarem ao posto de trabalho. Após a recepção de encomendas efectuadas pela Gewiss S.P.A a empresa verifica os stocks existentes e caso seja necessário realiza encomendas aos seus fornecedores. As matérias-primas são então recebidas pelo armazém que as mantém guardadas até chegar a caixa vazia da linha. O processo seguinte já foi abordado no tópico anterior e pode ser resumido como: os componentes são encaminhados para o supermercado da linha e posteriormente colocados nos postos de trabalho. Dentro da Gewiss as matérias-primas do S2S20 são

armazenadas em três locais diferentes sendo necessários vários operadores para efectuarem as movimentações.

Outro dos problemas evidenciado no VSM é o fluxo produtivo. Embora o sistema produtivo esteja organizado numa linha de montagem, as pré-montagens dificultam o fluxo contínuo. Como exemplo tem-se os relés que são produzidos no segundo posto de pré-montagens mas só são utilizados no segundo posto de montagem, necessitando de ser transportados por uma operadora até esse posto.

O VSM foi essencial para mostrar as principais áreas a intervir, ou seja redução do stock, melhoria do balanceamento da linha, melhoria do fluxo de materiais e redução dos desperdícios encontrados.

O VSM encontra-se no Anexo 1 – VSM.

#### **4.4.5 Os DESPERDÍCIOS ENCONTRADOS**

Se tentássemos ordenar os desperdícios existentes no S2S20 começando pelo mais prejudicial teríamos no topo da lista o WIP pois este é sem dúvida aquele que tem maior impacto na linha devido à sua dimensão. Logo em seguida estariam as esperas, apesar de existir muito stock o processo não flui da melhor forma e por vezes algumas máquinas têm a necessidade de parar porque as operadoras não estão presentes, é o caso da máquina do teste final que pára sempre que a operadora se atrasa nas tarefas relativas à embalagem. Mas o grande desperdício de esperas encontra-se na máquina laser, uma vez que esta é utilizada por várias linhas sem qualquer tipo de limitação horária o que implica que a máquina esteja parada muito tempo e no final do dia todas as linhas a queiram utilizar. Além do desperdício de esperas, nesta máquina verificam-se também movimentos desnecessários, visto que muitas operadoras deslocam-se até à máquina e estando ela ocupada têm de voltar para o seu posto de trabalho sem realizar a impressão.

Movimentos e transportes desnecessários encontram-se também no S2S20, além dos movimentos das matérias-primas já mencionado aquando da análise do VSM tem-se ainda o facto dos componentes se encontrarem longe dos locais onde serão utilizados e as operadoras terem de se movimentar até lá. Como exemplo de um movimento desnecessário tem-se o facto da operadora que efectua a embalagem ter de percorrer toda a linha para obter os componentes

eu necessita para as suas tarefas. Embora este processo seja efectuado uma única vez no dia poderia ser evitado se os componentes fossem abastecidos noutra local. Um outro exemplo deste desperdício é a entrega dos aparelhos defeituosos na montagem. Sempre que um aparelho não passa no teste final a operadora desloca-se até à montagem para o repararem. Além do desperdício de movimentos desnecessários, esta acção causa ainda problemas no fluxo produtivo visto que a reparação interrompe a produção naquele posto aumentando aí as quantidades de WIP.

No S2S20 foram ainda encontrados processamentos inadequados. Actualmente o processo de montagem da fechadura é igual para as tomadas e para os interruptores, no entanto para os interruptores não é necessário encaixar o fio do circuito de teste no fixador da fechadura visto que este é desencaixado na montagem final.

A quantidade de defeitos existente é pouco significativa estando de acordo com os limites máximos estabelecidos pelo controlo de qualidade. De qualquer forma este valor está longe de atingir o valor ideal, isto é zero defeitos. No entanto os termóstatos apresentam quantidades de defeitos enormes, este facto pode ser causado por se tratar de um produto novo, com matérias-primas novas e um processo de fabrico muito diferente dos restantes aparelhos.

O desperdício menos significativo é a sobreprodução. Estes aparelhos são apenas produzidos por encomenda evitando assim um acumulado de produtos em stock. No entanto as ordens de produção dadas ao posto da montagem da tampa correspondem ao tamanho total da encomenda, isto é, se existe uma encomenda de 1000 aparelhos informa-se o posto da montagem da tampa que tem de produzir 1000 aparelhos daquele tipo. Nas encomendas que se prolongam por vários dias podem acontecer erros na contagem dos tabuleiros que poderá resultar em aparelhos em falta ou em excesso. Este é o único facto que pode levar a sobreprodução.



## **5 IMPLEMENTAÇÃO DOS CONCEITOS LEAN**

Ao longo deste capítulo será descrito o processo efectuado para alteração do sistema produtivo.

### **5.1 BALANCEAMENTO DOS POSTOS DE TRABALHO**

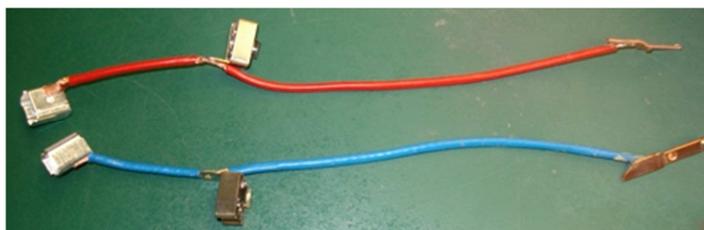
O estudo da situação actual da linha mostrou problemas no balanceamento dos postos, como já foi referido no capítulo anterior, e como tal um rebalanceamento era necessário. Procedeu-se então a uma análise das tarefas efectuadas em cada posto de forma a perceber o que realmente acrescenta valor ao produto e foram recolhidos, por cronometragem, os tempos dessas mesmas tarefas.

Os dados foram posteriormente tratados num documento utilizado na empresa para o efeito onde são introduzidas dez observações por tarefas. A estes valores o ficheiro acrescenta 4% para que estes contemplem a queda da produtividade causada pela fadiga que aumenta ao longo do dia. O documento faz ainda a moda dos valores obtidos, soma-os e relaciona-os com o Takt time e o número de operadoras. Assim num único documento é-nos possível saber o tempo total do posto de trabalho, a quantidade produzida por hora por operadora e a folga em relação ao Takt time. Um exemplo desta folha segue no Anexo 2 – Documento oficial para standard work.

Terminada a recolha dos dados seguiu-se o estudo do processo ideal para a nova linha. Para tal vários aparelhos foram montados segundo diferentes ordens de operações e após várias simulações, tendo sempre em consideração os tempos das actividades e o Takt time, o melhor

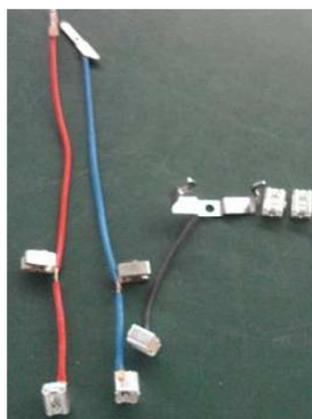
processo de montagem foi encontrado. Este processo incorpora as pré-montagens no processo de fabrico conseguindo criar um fluxo simples e contínuo.

As operações referentes às soldaduras dividiram-se por três postos de trabalho onde o primeiro contempla as soldaduras dos fios que irão pertencer às bobinas (Figura 46). Embora actualmente estas soldaduras sejam efectuadas em três máquinas distintas, futuramente uma máquina será capaz de realizar as três permitindo uma diminuição dos deslocamentos necessários e uma redução no tempo de ciclo da operação.



**Figura 46 - Componentes resultantes do primeiro posto das bobinas (Gewiss, 2011)**

O segundo posto refere-se à colocação do contacto de prata nos bornes e ao encaixe da mola nos bornes (Figura 47), embora actualmente esta mola possa ser também colocada manualmente, no futuro será usado apenas o dispositivo pneumático já falado anteriormente.



**Figura 47 – Componentes resultantes do segundo posto das bobinas (Gewiss, 2011)**

O processo concebido para o terceiro posto é diferente para as tomadas e para os interruptores visto que os interruptores não têm circuito de terra. Assim no caso das tomadas e do termóstato Ensto realiza-se a montagem da bobina e a montagem do circuito de terra, no caso dos interruptores e do termóstato Etherma realiza-se a bobina e a soldadura da placa electrónica aos secundários da bobina.

As actividades de montagem referentes às tomadas e aos interruptores dividiram-se por 5 postos de montagem, cada um deles com um tempo máximo de 50 segundos por aparelho.

Pelo novo processo, no primeiro posto de montagem das tomadas realiza-se a montagem da fechadura tal como era feita anteriormente, contudo neste posto não se coloca o lubrificante. O encaixe da bobina e do circuito de terra na interbase é também efectuado aqui.

No segundo posto realiza-se a montagem da tampa (que já é adiantada no primeiro posto) e coloca-se o veio nos contactos móveis da bobina (Figura 48).

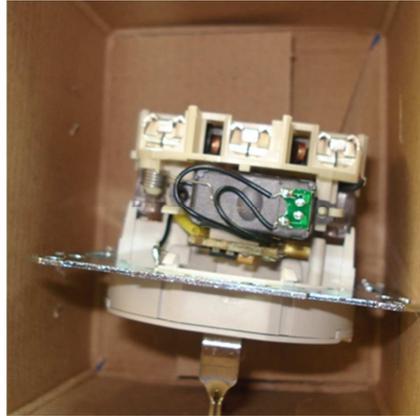


**Figura 48 - Componentes resultantes do 1º e 2º posto de montagem (Gewiss, 2011)**

Até aqui as alterações no processo são pouco significativas. A grande diferença sente-se no posto três onde a primeira tarefa é a preparação dos relés. Terminada esta montagem coloca-se o lubrificante na base da fechadura (anteriormente colocado no posto 1) para se proceder à união da tampa à fechadura através do veio que já está colocada na bobina. Após a união coloca-se o relé no aparelho e verifica-se se ele liga. Esta verificação previne a existência de algum problema com a fechadura, com o relé ou com o veio.

O quarto posto começa com o ajuste da folga e prossegue com a soldadura da placa eletrônica aos secundários da bobina e aos fios do relé. Terminado isto, a fechadura é encaixada na tampa dando ao aparelho a forma final e solda-se a resistência ao circuito de teste.

O aparelho segue para o posto cinco como mostra na Figura 49.

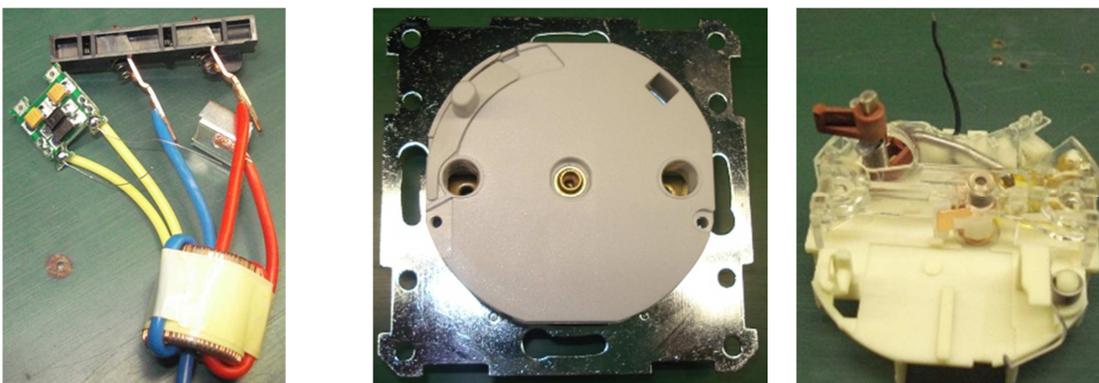


**Figura 49 - Aparelho resultante do Posto 4 (Gewiss, 2011)**

O último posto contempla, numa primeira fase, o arranjo dos fios, a colocação do botão que permitirá ligar ou desligar o aparelho e o encaixe da base. Depois de fechado o aparelho são colocadas as garras, a tecla de teste e os parafusos, estando assim o aparelho totalmente montado. Uma vez que este posto era relativamente mais rápido que os restantes foi aqui adicionada a cravação de um componente usado no primeiro posto.

O processo de montagem dos interruptores é muito idêntico. No primeiro posto é também montada a fechadura e em seguida é encaixada a tampa na interbase.

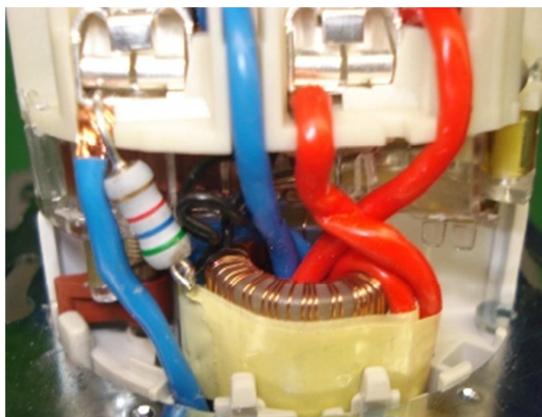
No posto seguinte termina-se a montagem da tampa, onde é também colocado o botão e o veio nos contactos móveis (Figura 50). Neste posto corta-se ainda as resistências que serão usadas no posto quatro.



**Figura 50 - Componentes montados até ao final do posto 2 (Gewiss, 2011)**

No posto três o processo é igual quer para tomadas quer para interruptores. O mesmo acontece no posto seguinte onde as únicas excepções são o facto da placa electrónica já se

encontrar soldada aos secundários e como tal basta solda-la aos fios do relé. Neste posto é ainda necessário inserir a resistência no borne da bobina para, em seguida, solda-la ao circuito de teste. O aparelho resultante deste posto é apresentado na Figura 51.



**Figura 51 - S20 resultante do posto 4 (Gewiss, 2011)**

O processo no último posto é igual onde apenas se exclui a colocação do botão visto que este já foi colocado no posto dois.

A realização de postos de montagem capazes de efectuar tomadas e interruptores foi fácil pois a capacidade é igual, as operações e os tempos de ciclo são muito semelhantes, e o Takt time é idêntico. Contudo nenhuma destas condições se aplica aos termóstatos. Os aparelhos são muito diferentes, o Takt time é muito superior e a capacidade das máquinas de teste é muito mais reduzida. Com todas estas diferenças optou-se por criar postos totalmente separados onde no primeiro posto se realiza toda a montagem da parte diferencial, ou seja, a montagem da fechadura, a montagem dos relés, a união da fechadura à bobina através do veio, as soldaduras da placa electrónica e a colocação da base (Figura 39). Segue-se a magnetização, o teste diferencial e em seguida acontece a segunda montagem do aparelho (posto 5) onde é soldado um termóstato aos primários que posteriormente é encaixado e fixado no aparelho (Figura 41).

O posto seis corresponde ao teste final já mencionado no capítulo anterior e as últimas operações correspondem à pré-embalagem e embalagem (Figura 42) que serão efectuadas como anteriormente.

## 5.2 ALTERAÇÃO DO LAYOUT DA LINHA

Tendo em conta a análise da linha actual e o balanceamento efectuado a empresa achou que a melhor solução seria a construção de um sistema produtivo dedicado aos termóstatos e outro dedicado aos interruptores e às tomadas diferenciais. Achou-se também por bem introduzir a montagem das bobinas na linha uma vez que esta proximidade causa um maior controlo do stock existente e uma diminuição dos transportes existentes desde que a bobina é construída até que é usada no aparelho.

Considerando ainda que noutros produtos parte da montagem é efectuada em subcontratados e apenas os teste são realizados na Gewiss optou-se por criar células separadas para testes e montagem. No entanto os termóstatos necessitam de teste a meio da montagem por isso não fazia sentido a criação de células com apenas um posto, criando-se portanto uma única célula para todo o processo. Em suma a nova linha é constituída por uma célula em U para os termóstatos, 2 células em U para montagem e testes do S2S20 e uma linha para a produção das bobinas, tudo isto agrupado conforma o Layout apresentado na Figura 52.

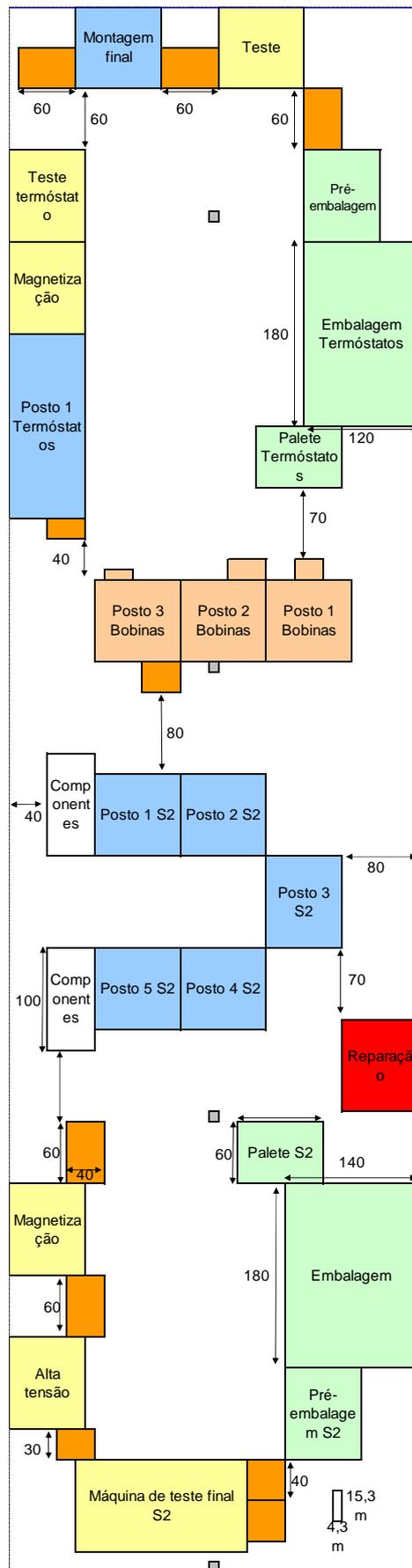


Figura 52 - Novo Layout

Para este projecto optou-se pela transformação das linhas de montagens em células de fabrico. Esta escolha deveu-se ao facto destas facilitarem a eliminação de desperdícios. Com a implementação deste tipo de sistema produtivo os desperdícios de esperas, transportes e movimentos desnecessários são automaticamente eliminados. Os processamentos inadequados e stocks são também reduzidos devido a uma revisão do processo produtivo aquando da reestruturação e a uma diminuição do tamanho dos lotes.

A quantidade de defeitos é também diminuída uma vez que o processo produtivo é mais claro e os operadores são devidamente treinados para as funções que realizam. A sobreprodução é o único desperdício que não se relaciona directamente com a implementação de células, contudo com a aplicação dos sistemas pull, a sobreprodução é eliminada pois produz-se apenas o necessário, quando necessário e nas quantidades necessárias (Hyer & Wemmerlov, 2002).

#### ***5.2.1.1 Modo operatório das células***

Apresentado a polivalência dos operadores uma série de vantagens para eles uma vez que a realização de diferentes operações ao longo do dia torna o trabalho menos aborrecido contribuindo para um aumento da sua motivação. E tendo ainda em conta as vantagens existentes para a empresa como por exemplo a substituição rápida de um funcionário em falta ou a fácil reestruturação de um sistema produtivo aquando das variações da procura (algo muito frequente no sector eléctrico) achou-se que a melhor solução seria a implementação de um modo operatório que permitisse que cada trabalhador conhecesse de igual forma todos os postos de trabalho da célula, e para tal a escolha recaiu sobre o Rabbit Chase. Neste modo operatório uma operadora inicia o primeiro posto e quando o terminar avança para o posto seguinte, e assim sucessivamente até terminar todas as tarefas necessárias. A operadora mais rápida da linha segue à frente e as restantes tentam alcançá-la. Para que este modo operatório funcione correctamente é essencial que os postos de trabalho estejam correctamente balanceados.

A implementação do Rabbit chase no S2S20 encontrou apenas um obstáculo sendo ele o facto do Takt time ser bastante reduzido (52s) o que causaria um enorme desperdício de movimentações. A solução encontrada foi a criação de “Kits” ou seja uma quantidade de aparelhos iguais que seriam efectuados em simultâneo. Foi então estabelecida que em cada posto seriam produzidos 12 aparelhos e só depois se avançava para o posto seguinte.

Esta quantidade foi decidida com base nas embalagens dos aparelhos. Embora existissem caixas de 2, 12 e 25 unidades, e o mínimo múltiplo comum fosse um número impensável de aparelhos a produzir em cada kit, foi possível negociar com os clientes a alteração da caixa de 25 unidades para 24, permitindo assim a utilização de kits de 12 aparelhos. Esta alteração influenciou também a criação de um lote mínimo de encomenda. Actualmente o cliente não tem qualquer restrição sobre a quantidade de encomenda. Com a alteração da caixa e com a implementação de kits este apenas pode realizar encomendas de 24 aparelhos ou múltiplos deste valor.

Nas linhas das montagens (Bobinas e S2S20) o modo operatório é um rabbit chase rigoroso onde a operadora se desloca para o posto seguinte quando termina as tarefas para os 12 aparelhos.

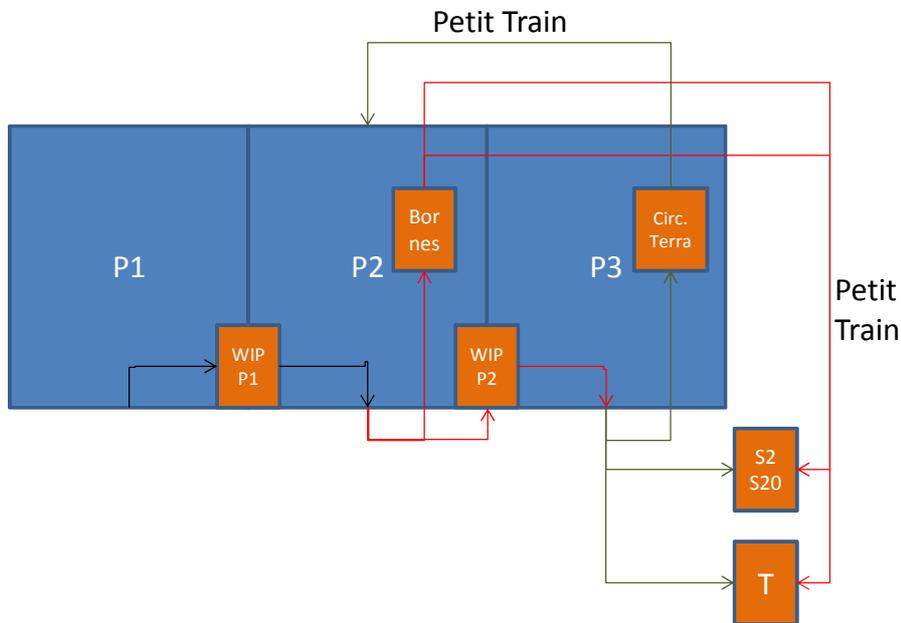
Na célula de teste e na célula dos termóstatos (célula que também engloba testes) o Rabbit chase é ligeiramente diferente devido à variação do tempo necessário para a realização dos testes aos aparelhos e à rejeição dos mesmos. Assim nestas células cada operadora fica dedicada a um posto de trabalho durante duas horas. Terminado este tempo avança para o posto seguinte e fica lá por um período de tempo igual.

#### ***5.2.1.2 Fluxo produtivo***

Com a implementação do projecto o fluxo de materiais e de informação são também alterados. As ordens de produção são agora dadas somente à linha das bobinas através das denominadas etiquetas de início de lote. Estas etiquetas possuem toda a informação necessária para a produção do aparelho como por exemplo o código e a designação, o nome do cliente e todos os componentes que definem o aparelho.

As etiquetas são colocadas junto da linha das bobinas em dois sequenciadores um para a linha do S2 S20 e outro para a linha dos termóstatos. As operadoras das bobinas pegam numa etiqueta e iniciam as tarefas do primeiro posto. Os componentes vão sendo colocados numa caixa que se encontra entre o posto 1 e o posto 2. Terminado este posto avança para o posto 2 onde realiza as operações necessárias e coloca os bornes numa caixa fixa do posto (que quando se encontrar cheia será transportada para a linha a que se destina pelo abastecedor) e coloca os fios da bobina e o circuito de terra numa caixa que se encontra entre o posto 2 e o posto 3. No último posto monta a bobina e coloca-a junto com o circuito de terra completo na rampa de

saída a que se destina a bobina, ou seja, se a bobina é para o S2S20 coloca-se na rampa S2S20, se a bobina é para os termóstatos coloca-se na rampa dos termóstatos. Para melhor percepção deste processo apresenta-se o esquema da Figura 53.

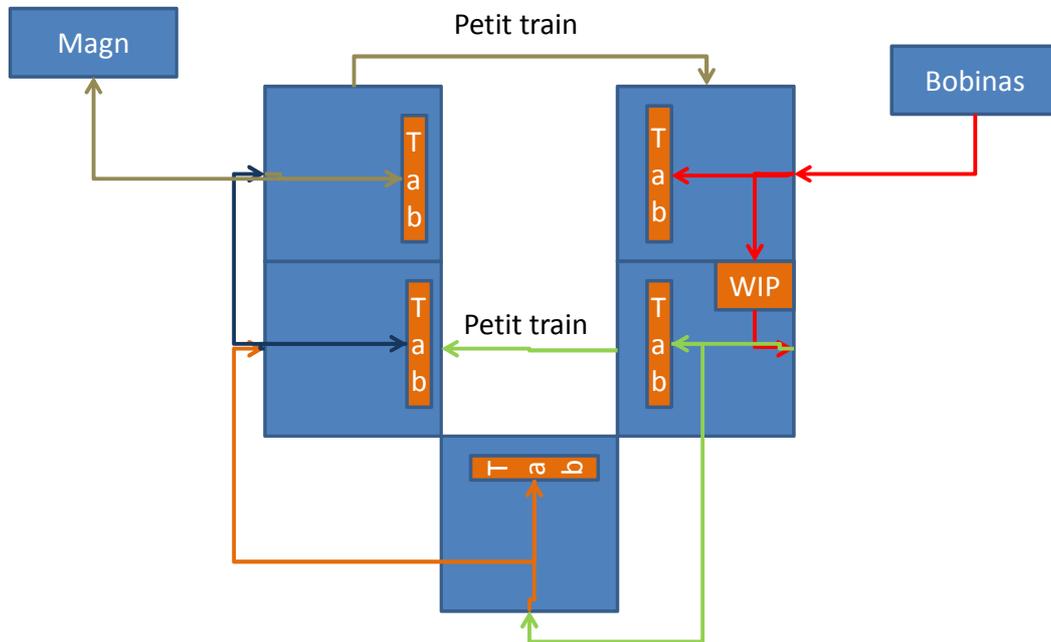


**Figura 53 - Fluxo produtivo das Bobinas**

Cada uma dessas rampas possui um limitador que indica que a quantidade de bobinas existentes naquela rampa está abaixo do ideal. Quando a operadora termina o último posto verifica qual das rampas está com WIP abaixo do limitador e produzirá essas bobinas (caso não haja etiquetas de início de lote referentes a esse aparelho deve produzir aparelhos para a outra rampa até esta estar cheia e enquanto existirem etiquetas).

A linha de montagem do S2S20 recebe os componentes da linha das bobinas coloca essas caixas um tabuleiro específico (será descrito posteriormente) e inicia a produção no primeiro posto. À medida que vai produzindo vai colocando as fechaduras nas divisões existentes no tabuleiro. As pré-montagens que serão usadas no posto seguinte serão colocadas directamente no posto 2 em contentores dedicados a esse fim. No posto seguinte são usadas as pré-montagens realizadas anteriormente e são colocadas no tabuleiro em cima das fechaduras. O kit avança completo no tabuleiro para o posto seguinte e do mesmo modo até chegar ao último posto. Aqui é ligeiramente diferente uma vez que além dos aparelhos, produz-se o veio com lever de operação que será colocado num contentor e quando este estiver cheio é colocado no primeiro posto pelo petit train. Os aparelhos seguem no tabuleiro para a rampa da

magnetização. Esta rampa tem uma capacidade máxima de seis tabuleiros e a montagem só pode produzir até essa capacidade não se encontrar esgotada. Todo este processo encontra-se representado na Figura 54.



**Figura 54 - Fluxo produtivo da montagem S2S20**

Após a magnetização os aparelhos são colocados na rampa da alta tensão e a capacidade desta é idêntica, ou seja 6 tabuleiros.

Terminada a alta tensão seguem para o teste final onde a rampa corresponde apenas a quatro tabuleiros. Os aparelhos sem defeitos são guardados num carro e ao fim de 4 kits são levados à máquina laser. Posteriormente colocados perto do posto de pré-embalagem e após a realização das operações necessárias são colocados na palete.

No caso dos Termóstatos a operadora coloca nos componentes da bobina num tabuleiro e em seguida inicia o primeiro posto Este posto pode produzir enquanto existirem bobinas e enquanto existir espaço disponível entre o posto e a magnetização. Após a realização dos testes os aparelhos são colocados numa rampa para a segunda montagem. Esta rampa tem uma capacidade máxima de 6 tabuleiros. Esta capacidade é idêntica à da rampa para o teste final e à da rampa para a pré-embalagem. Os aparelhos avançam de posto em posto sempre no tabuleiro e após realizadas todas as operações seguem para a palete.

### 5.2.1.3 Área ocupada

Este Layout tem uma largura de 4,3 metros e um comprimento de 15,3 metros. Isto perfaz uma área total de 65,79 m<sup>2</sup>.

## 5.3 ALTERAÇÃO DA ESTRUTURA DOS POSTOS DE TRABALHO

Os postos de trabalho existentes na linha actual eram bastante simples, sendo constituídos apenas por uma mesa onde eram colocados os dispositivos necessários e um suporte para os componentes, não apresentando nenhum tipo de informação importante para a produção. Com a implementação do lean manufacturing todos os postos foram alterados para uma estrutura *standard*. Os novos postos têm uma estrutura que permite a colocação de uma bancada que corresponderá à área de trabalho e um prolongamento em altura onde é fixa a iluminação (duas lâmpadas por posto colocadas de forma a melhorar a incidência de luz) e uns painéis que suportam informações necessárias ao processo (Figura 55).



**Figura 55 - Os postos standard (Gewiss, 2011)**

Os postos onde o trabalho é efectuado em pé e exige alguma precisão possuem uma altura de 105 cm. Os postos onde o trabalho é menos preciso, como as máquinas de teste, a altura é de 95 cm. Os postos sentados têm uma altura de 85 cm. Todas estas medidas têm como referência a medida entre o chão e a área de trabalho. A largura e o comprimento dos postos é de 90 cm.

Paralelamente à área de trabalho existe um sistema de rolamentos que permite o suporte e a deslocação do tabuleiro onde são colocados os componentes/aparelhos para o posto seguinte. A estes postos podem ainda ser acrescentados sistemas de rolamentos que permitem a colocação de matérias-primas fora da área de trabalho (Figura 56). Estes sistemas são uma mais-valia para a linha uma vez aumentam a capacidade de contentores por posto de trabalho.



**Figura 56 - Posto standard completo (Gewiss, 2011)**

### **5.3.1 O TABULEIRO UTILIZADO**

No momento da criação de Kits de 12 aparelhos tornou-se essencial estudar a forma como estes se movimentariam ao longo do processo de fabrico. Decidiu-se então que cada posto possuiria um sistema de rolamentos sobre o qual assentava o tabuleiro standard da empresa. Sempre que este método não fosse viável (como é o exemplo do posto de magnetização que devido às dimensões da máquina não permite a adopção deste sistema) os tabuleiros seriam encaminhados horizontalmente por rampas até ao posto de trabalho e estes seriam retirados desse tabuleiro, trabalhados e colocados num outro tabuleiro situado também numa rampa mas do lado oposto (como é visível na Figura 56).

No entanto qualquer um destes sistemas trazia problemas nas deslocações dos componentes/aparelhos sempre que o tabuleiro era movimentado. Estas deslocações poderiam causar estragos que deveriam ser evitados. Para tal o tabuleiro foi dividido em duas partes, a primeira refere-se ao material proveniente das bobinas que vem dividido em dois contentores EK6161. Estes contentores permitem estabilizar as bobinas e os ganchos de modo a não os danificar. A segunda parte do tabuleiro é dedicada a colocação dos componentes resultantes de cada posto de montagem e aos aparelhos já montados. Para possibilitar a deslocação do tabuleiro sem danificar nenhum dos constituintes do aparelho foi criada uma estrutura que divide a segunda parte em 12 partes iguais. Um exemplar do tabuleiro é visível na Figura 57.



**Figura 57 - Tabuleiro para S2S20 (Gewiss, 2011)**

### **5.3.2 A ÁREA DE TRABALHO E OS CONTENTORES UTILIZADOS**

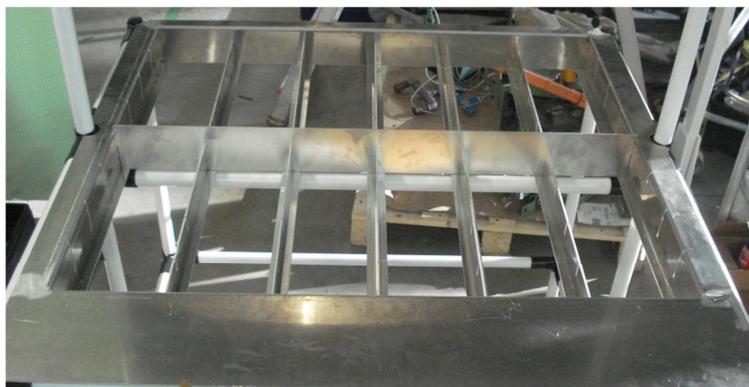
Cada posto de trabalho poderá ter componentes armazenados em quatro tipos de contentores diferentes. Dois desses tipos são caixas de cartão, denominadas de S3 e S4 cujas dimensões são idênticas com a excepção da altura. Os outros dois tipos são usados para componentes mais pequenos e correspondem a caixas rectangulares plásticas com a mesma largura e altura mas com comprimentos diferentes sendo que o comprimento da caixa EK6081 corresponde ao dobro do comprimento da caixa EK6161. As caixas plásticas têm a particularidade de se conseguirem sobrepor devido ao facto da sua forma ser ligeiramente cónica e, como é visível na Figura 58, possuem umas tiras laterais interiores que facilitam o suporte de outra caixa idêntica.



**Figura 58 - Contentores EK6161 e EK6081 (Gewiss, 2011)**

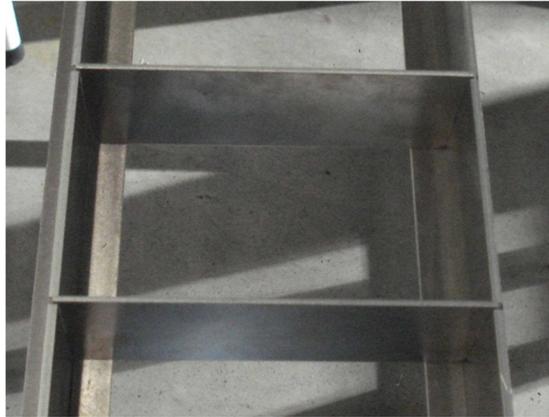
A ponderar a utilização destes contentores foi pensada a utilização de uma bancada de trabalho que não criasse limitações à variação entre EK6161 e EK6081. Por uma questão de espaço e para evitar a queda de matérias-primas ao chão a bancada deveria permitir que não existisse espaçamentos entre as caixas, ou seja, todas as caixas estariam em contacto com as restantes e que a abertura destas se encontrasse ao nível da área de trabalho.

Esta bancada concretizou-se da melhor forma. Para preencher os requisitos mencionados a bancada é constituída por uma estrutura quadrada em alumínio que serve de suporte quando colocada no posto de trabalho. Terminada a área de suporte o alumínio foi trabalhado e afundado até à altura dos contentores. A esta estrutura foram soldadas barras verticais que permitem a divisão entre os contentores sem que eles se afastem (esta divisão só é possível devido à forma cónica das caixas) e por baixo dessas foram também soldadas pequenas barras de alumínio para melhor segurar os contentores. Estas barras laterais estão espaçadas de acordo com a largura das caixas, visto que esta medida é semelhante nos dois tipos, permitindo assim a versatilidade (Figura 59).



**Figura 59 - Bancadas utilizadas para postos de montagem (Gewiss, 2011)**

Para criar uma limitação horizontal (Figura 60) foram criadas umas ranhuras na barra vertical, com um espaçamento correspondente ao comprimento da EK6161. Nestas ranhuras encaixam pequenas barras do mesmo material. Este sistema permite-nos no máximo a utilização de quatro caixas pequenas, duas caixas grandes ou uma caixa grande e duas pequenas sempre com divisões entre elas que facilitará o abastecimentos dos postos de trabalho.



**Figura 60 - Encaixes horizontais para bancadas (Gewiss, 2011)**

## **5.4 ABASTECIMENTO DOS POSTOS DE TRABALHO**

Os desperdícios de movimentações das matérias-primas levaram à proposta de melhorias do abastecimento dos postos de trabalho e um melhor fluxo de materiais desde a sua recepção até à sua utilização.

Com a implementação do projecto o abastecimento dos componentes passa a ser realizado directamente no posto de trabalho. Neste, metade da área disponível para os contentores é utilizada para as matérias-primas que são utilizadas e o restante espaço é uma réplica do primeiro (Figura 61).



**Figura 61 - Bancada com componentes (Gewiss, 2011)**

Sempre que um contentor fica vazio é retirado do posto, colocado numa rampa dedicada a contentores vazios e em seguida a operadora retira a caixa da parte de traz do posto e coloca-a na parte da frente.

A cada hora o armazém, através do petit train (veículo usado para abastecer sistemas em Lean manufacturing) recolhe os contentores vazios e devolve os contentores cheios que havia recolhido na hora anterior.

Estes contentores são sempre cheios até ao máximo, isto porque a ideia futura passa pelos fornecedores enviarem a matéria-prima já nesses contentores sendo o único trabalho logístico a armazenagem e o abastecimento dos postos. Algumas propostas já foram efectuadas neste sentido sendo os núcleos bobinados já fornecidos nas EK6081, como mostra a Figura 62.



**Figura 62 - Núcleos bobinados nos contentores EK6081 (Gewiss, 2011)**

## 5.5 MELHORIA PARA MÁQUINA LASER

Uma das grande propostas implementadas no decorrer deste projecto refere-se à máquina laser. Como já mencionado no capítulo dos desperdícios, esta é utilizada por várias linhas mas não tem qualquer tipo de controlo o que provoca vários desperdícios graves.

Para minimizar as esperas e otimizar a utilização da máquina acabando com o congestionamento verificado nas últimas horas do dia propôs-se a criação de um horário onde a cada linha seriam atribuídas várias horas ao longo do dia para utilizar a máquina.

Esta proposta foi aceite e foram verificadas as necessidades de cada linha. Para tal ao longo de vários dias os utilizadores da máquina anotavam a hora em que começavam a utilizar a máquina, a hora que terminavam e a quantidade que imprimiam nesse tempo. Estes dados juntamente com algumas cronometragens efectuadas permitiram saber o tempo diário que cada linha necessitava para imprimir os aparelhos. Como as linhas em causa ainda não se encontram num sistema Lean as anotações dos utilizadores ajudou também a perceber que quantidade deve ser efectuada de cada vez e em que horas essa quantidade de aparelhos se encontra disponível.

Após a recolha dos dados foi efectuada uma análise das diferentes tipologias de aparelhos que utilizam a máquina, e dado que num dia toda a produção de uma linha pode necessitar de impressão o tempo estabelecido permite a impressão da produção total diária de todas as linhas.

Assim foram estabelecidos tempos de utilização de 15 minutos, chegando a 30 em algumas situações cujos aparelhos são mais demorados ou por preferência dos supervisores. A cada um desses períodos foi atribuído uma linha que pode utilizar a máquina e a quantidade máxima de aparelhos que consegue imprimir nesse período. Este horário foi já implementado com sucesso e as melhorias já são notadas principalmente um aumento da utilização da máquina ao longo do dia e uma diminuição das movimentações.

O horário segue no Anexo 3 – Horário da máquina laser

## 5.6 MELHORIA NOS DISPOSITIVOS EXISTENTES E CRIAÇÃO DE NOVOS

O estudo pormenorizado do processo de fabrico revelou várias lacunas ao nível dos dispositivos de auxílio à montagem dos aparelhos.

Logo na pré-montagem do relé existiam problemas. Como já foi mencionado estes eram aparafusados num dispositivo individual, em seguida os pinos eram cortados também num dispositivo manual e as soldaduras realizavam-se no blister onde eles eram transportados. Ao analisar este processo verificou-se que a criação de um dispositivo que permitisse o aperto dos 12 parafusos em simultâneo diminuiria em muito o manuseamento dos relés. Este dispositivo teria ainda a vantagem de garantir que o parafuso era apertado do lado correcto, uma vez que após colocar os relés e fechar o dispositivo ficaria apenas visível o local do aperto dos parafusos e os pinos do relé que representam um Poka.Yoke, ou seja, se os pinos estiverem visíveis o relé está bem colocado e pronto a que se aperte o parafuso, caso contrário o relé está colocado ao contrário. O facto do dispositivo ter apenas 12 cavidade permite que não haja enganos na produção dos relés, ou seja, cada operadora nunca produzirá em excesso. Este dispositivo foi já concretizado e encontra-se representado na Figura 63.



**Figura 63 - Dispositivo para preparação dos relés (Gewiss, 2011)**

O dispositivo de corte dos relés teve também uma alteração. Até então as operadoras colocavam o relé e movimentavam verticalmente uma alavanca que permitia a movimentação de uma ferramenta capaz de cortar os pinos do relé. Este processo poderia causar problemas de saúde e para evitar esses problemas tornou-se essa prensa manual num dispositivo pneumático

onde a operadora coloca o relé e em seguida pressiona um botão que acciona a movimentação do dispositivo de corte.

Outro grave problema de manuseamento desnecessário causado por dispositivos incorrectos refere-se ao aperto dos parafusos. Até então os aparelhos eram retirados do tabuleiro e colocados num dispositivo individual, seguidamente eram colocados e apertados os parafusos e eram recolocados no tabuleiro. Com a criação de um dispositivo (Figura 64) para seis aparelhos, os aparelhos são retirados do tabuleiro para realizar a última montagem e vão sendo colocados no dispositivo. Quando se encontrar terminada a montagem dos seis aparelhos é colocada a tecla de teste nos seis e em seguida são colocados e apertados os parafusos. Concluídas as operações os aparelhos são colocados novamente no tabuleiro e o processo é repetido para os aparelhos em falta.



**Figura 64 - Dispositivo para aperto dos parafusos (Gewiss, 2011)**

Com este dispositivo tornou-se o processo mais rápido diminuindo operações como agarrar a aparafusadora e agarrar o doseador de lubrificante.

Ao contrário do dispositivo anterior este tem capacidade apenas para 6 aparelhos devida à sua grande dimensão e à falta de espaço disponível no posto de trabalho.

Outros dispositivos foram pensados para diminuir algumas dificuldades existentes na realização de certas operações, é o caso do encaixe do suporte da bucha na interbase (tarefa executada no segundo posto de montagem). Nesta operação o suporte da bucha tem de ser pressionado para baixo e em seguida empurrado para a frente com força suficiente para ele encaixar na interbase e garantir a continuidade do circuito eléctrico. Embora seja necessária bastante força para esta operação, se a força exercida for ligeiramente superior à necessária a

interbase parte e todas as operações realizadas até então na tampa têm de ser realizadas novamente numa interbase nova. A enorme força exercida traz ainda dores nos braços e ombros das operadoras. O dispositivo vem facilitar as operações sendo constituído por uma base onde é encaixada a interbase e um sistema de alavancas que permite movimentar o suporte da bucha para baixo e em seguida para o lado de forma a encaixar na interbase. Este dispositivo permite melhorar as condições de trabalho e diminuir a sucata de interbases.

## **5.7 PADRONIZAÇÃO DO TRABALHO**

O último passo para a implementação do projecto foi a criação de documentos que permitem manter a padronização do processo.

Os documentos criados foram as instruções de trabalho e os parâmetros de processo. A empresa possuía já um formato oficial para estes documentos.

As instruções de trabalho descrevem por ordem correcta as actividades a serem efectuadas em cada posto, acompanhando a descrição com fotos de modo a facilitar a compreensão. Uma instrução de trabalho é dedicada a um posto de trabalho e a uma família de produtos. No caso da célula de montagem do S2S20 cada posto têm duas ou mais instruções de trabalho, sendo uma delas para o S2 e outra para o S20.

O mesmo acontece nos parâmetros de processo. Este documento pretende padronizar os parâmetros referentes a soldaduras, pressão e aparafusadoras indicando o valor específico da temperatura, ponteira, entre outros.

Inicialmente o S2S20 não possuía nenhum destes documentos, estes foram desenvolvidos no decorrer do projecto e no Anexo 4 – Instruções de operador e Anexo 5 – Parâmetros de processo segue um exemplo dos documentos criados.

## 5.8 DESEMPENHO DA LINHA PROPOSTA

Neste subcapítulo será apresentado o desempenho da linha esperado com a implementação do projecto.

### 5.8.1 PRODUTIVIDADE ESPERADA

O projecto desenvolvido tinha como objectivo um aumento da capacidade da linha para 550 aparelhos. Com o balanceamento efectuado conclui-se que para atingir este objectivo seriam necessárias três operadoras na linha das bobinas, 5 operadoras na célula de montagem, e três pessoas na célula dos testes. Sempre que existirem encomendas de termóstatos serão necessárias 4 pessoas para esta célula com o objectivo de produzirem 160 aparelhos. Nesta altura as células das tomadas e dos interruptores conseguirão produzir apenas 390 aparelhos e para tal serão necessárias 2,5 pessoas na montagem e 2,5 pessoas nos testes. Em suma, a linha das bobinas dita a capacidade máxima do sistema e labora com um máximo de 3 operadoras. Nas montagens e testes serão sempre necessárias nove pessoas para efectuarem um total diário de 550 aparelhos.

Com isto obtém-se uma produtividade da mão-de-obra de 23 componentes por hora por operadora na linha das bobinas e de 7,75 aparelhos por hora por operadora na linha de montagem e testes.

$$\textit{Produtividade (Bobinas)} = \frac{550}{3 \times \left(\frac{28380}{3600}\right)} = 23,26$$

$$\textit{Produtividade (montagem/testes)} = \frac{550}{9 \times \left(\frac{28380}{3600}\right)} = 7,75$$

### 5.8.2 QUANTIDADE DE WIP

As quantidades de wip são agora bem definidas e com máximos estabelecidos que não podem ser ultrapassados. A Figura 65 mostra o máximo de tabuleiros em WIP estabelecido para o novo sistema produtivo. Estes valores foram estabelecidos com base na incerteza da duração

da magnetização dos aparelhos e na rejeição existente quer este porto quer nos restantes postos de teste.

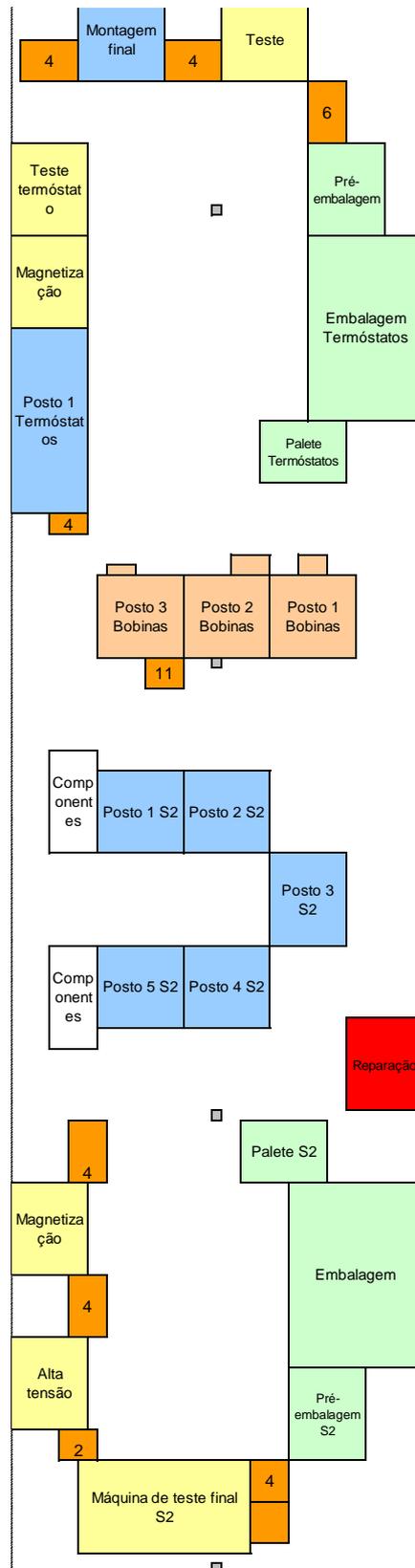


Figura 65 - Quantidade de WIP definida

### 5.8.3 TEMPO DE CICLO E TEMPO DE PERCURSO

Ao contrário do que acontecia anteriormente os tempos de ciclo dos postos de trabalho encontram-se bem balanceados e de acordo com o Takt time, ou seja, 51 segundos. Assim o tempo das actividades que acrescentam valor ao produto desde que é iniciado o processo na linha das bobinas até que o aparelho é embalado é de 8,75 minutos aumentando um minuto quando o aparelho necessita de embalagem individual. Relativamente aos termóstatos este tempo é de 14,4 minutos.

Contudo após o início de um aparelho este não demora menos de nove minutos a ser terminado. Como foi já mencionado para o bom funcionamento do sistema foi necessário estipular quantidades de WIP e estas atrasam o tempo de percurso de um aparelho. Tendo em conta as quantidades mostradas na Figura 65 sabe-se que o tempo de percurso é agora de 4,65 horas para as tomadas e interruptores e de 9,9 horas para os termóstatos.

## 6 CONCLUSÕES

O projecto do qual resultou esta dissertação foi desenvolvido na Gewiss Portugal tendo como finalidade a aplicação de conceitos Lean num sistema tradicional.

Nesta perspectiva o sistema actual de produção foi analisado e várias melhorias surgiram. O balanceamento dos postos de trabalho foi uma delas. Com o estudo do sistema actual conclui-se que as diferenças entre os termóstatos e o S2S20 eram gigantes e tornou-se necessário criar postos de trabalho totalmente separados. Com isto ocupou-se um pouco mais de espaço que o previsto, no entanto esta escolha causou visíveis melhorias no fluxo produtivo, sendo que este agora é claro e a produção flui sem problemas. As linhas de montagens existentes deixavam muito a desejar e o layout foi também alterado. Passaram a existir quatro células de fabrico, uma para bobinas, uma para os termóstatos e duas para o S2S20 onde uma diz respeito à montagem e outra aos testes. Com esta alteração conseguiu-se uma redução de 29 m<sup>2</sup> na área ocupada pelas linhas.

Foram também vários os desperdícios eliminados. As movimentações e excesso de transportes foram eliminados através do abastecimento directo dos postos e da criação de sistemas que evitam as deslocações das operadoras para obterem os componentes necessários. As esperas foram também reduzidas e a máquina laser passou a ter uma utilização mais eficiente através da criação de horários para todas as linhas que a utilizam.

Vários dispositivos foram alterados permitindo uma maior facilidade das operações e a quantidade de wip passou a ser controlada e limitada. Com esta acção a linhas das bobinas deixou de ter os 20 dias de stock existente e o tempo de percurso que até então era 20 dias mais cerca de 10 horas no S2S20 passou a um total de 9,9 horas para os termóstatos e 4,65 horas para os S2S20.

Embora mantendo o número de operadoras o S2S20 aumentou a sua produtividade devido ao aumento da capacidade da linha. Aos iniciais 450 aparelhos juntam-se agora mais 100 com a perspectiva de responder mais rapidamente às necessidades do mercado.

Conclui-se assim que o projecto foi implementado com sucesso. Todos os ganhos já referidos foram conseguidos com a excepção do aumento da produtividade visto que o projecto terminou pouco tempo depois da implementação e as operadoras encontravam-se ainda na fase de adaptação ao novo processo. No entanto a eficiência rondava já os 75 por cento.

## 7 BIBLIOGRAFIA

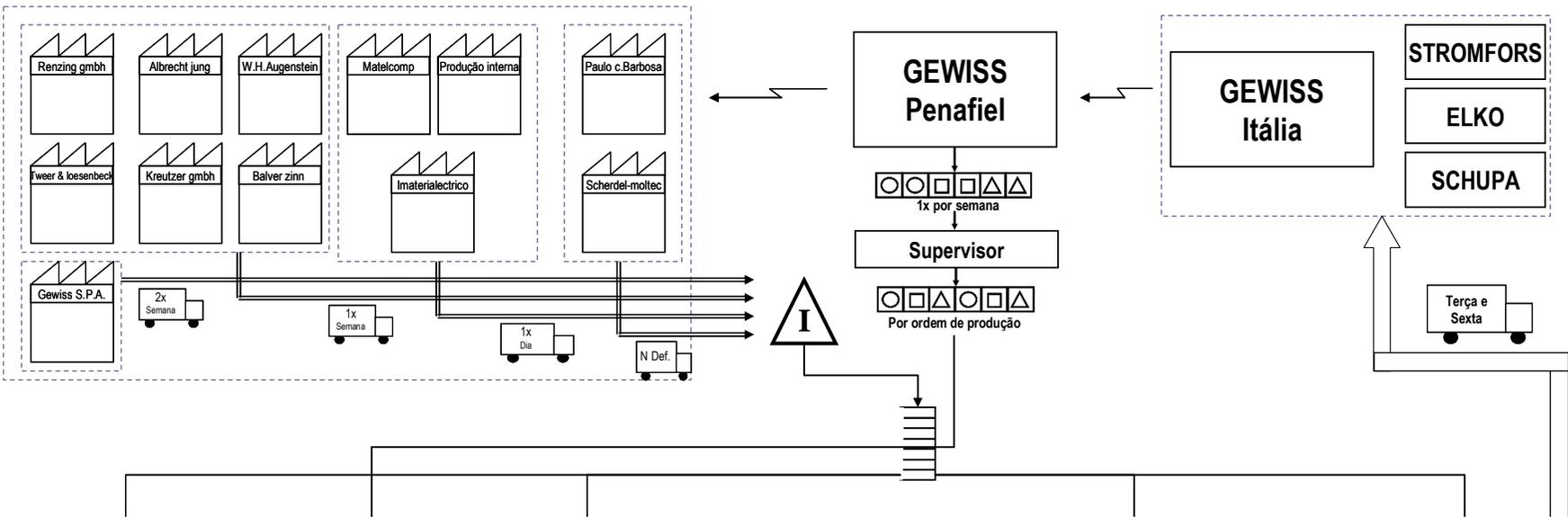
- Almeida, R. (2010). *Lean Manufacturing: melhorar o desempenho de linhas de produção*. Universidade de Aveiro, Departamento de Economia, Gestão e Engenharia, Aveiro.
- Barreiro, N. (2010). *Implementação do lean manufacturing na cerâmica utilitária e decorativa - Estudo de caso*. Universidade de Aveiro, Departamento de Economia, Gestão e Engenharia Industrial, Aveiro.
- Carvalho, D. (2009). *Página pessoal de Dinis Carvalho*. Obtido em 15 de 12 de 2010, de Departamento de produção e sistemas - Universidade do minho: <http://pessoais.dps.uminho.pt/jdac/outros/Cultura%20Lean%20em%20Portugal.pdf>
- Flinchbaugh, J. (2001). Beyond lean: building sustainable business and people success through new ways of thinking. In *Center for Quality of Management Journal* (Vol. 10 N°2, pp. 37-50).
- Francio, N. (2010). *Evolução dos sistemas de produção e as organizações modernas*.
- Hyer, N., & Wemmerlov, U. (2002). *Reorganizing The Factory*. New York: Productivity Press.
- Liker, J. (2004). *The toyota way - 14 management principles from the world'd greatest manufacturer*. New York: MC Graw-Hill.
- Menegon, D., Nazareno, R., & Rentes, A. (2003). *Relacionamento entre desperdícios e técnicas a serem adotadas em um sistema de produção enxuta*. Ouro Preto, Minas Gerais: ENEGEP.
- Miltenburg, J. (2001). U-shaped production lines: a review of theory and practice. In *International Journal of Production Economics* (Vol. 70 N°3, pp. 201-214).
- Nogueira, M. (2010). *Implementação da gestão da produção Lean: estudo de caso*. Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, Dpartamento de engenharia mecânica e industrial, Lisboa.
- Ohno, T. (1988). *Toyota Production System, Beyond Large-Scale Production*. Productivity Press.

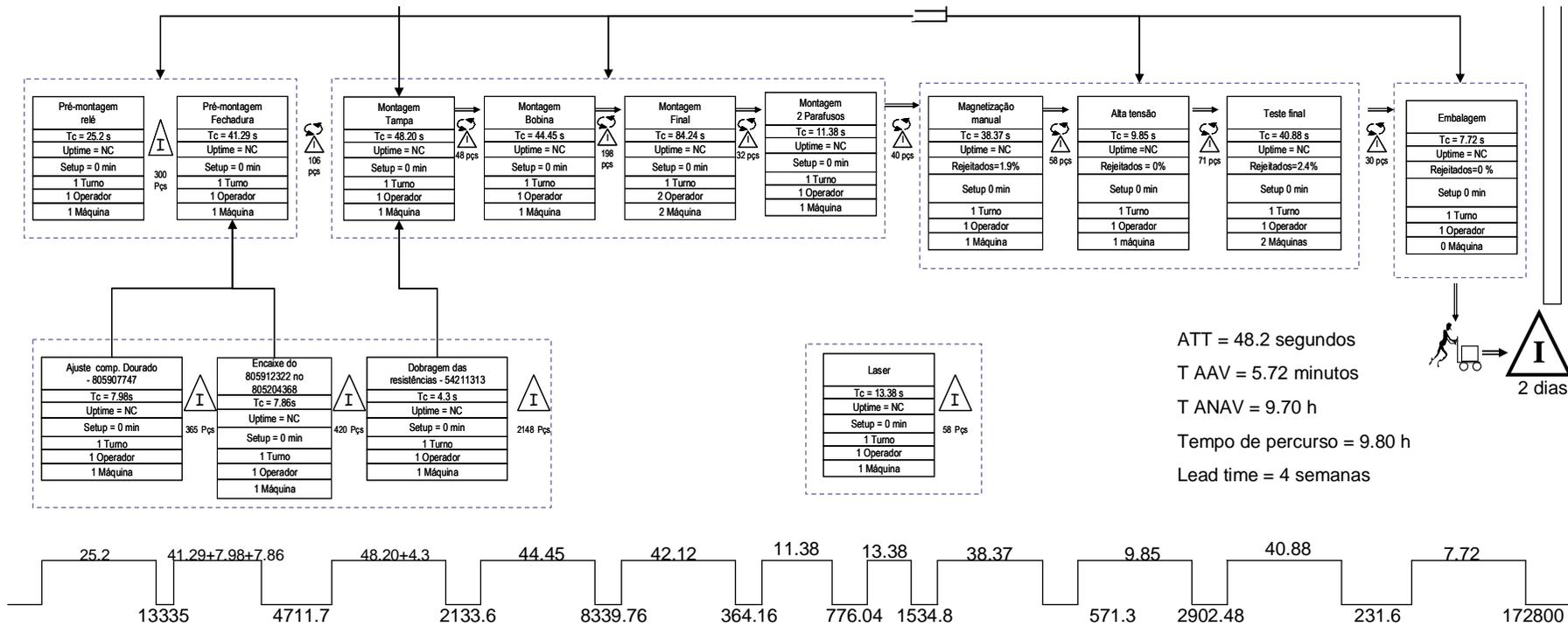
- Pereira, A. (2009). *Simulação de sistemas de produção lean*. Faculdade de engenharia do Porto, Porto.
- Rawabdeh, I. (Agosto de 2005). A model for the assessment of wast in job shop environments. In *International Journal of Operations & Production Management* (Vol. Vol25 n°8, pp. 800-822). Jordan: Emerald Group.
- Rother, M., & Shook, J. (2003). *Aprendendo a Enxergar - Mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício*. São Paulo: Lean Institute.
- Santos, A. (2010). *Controlo e monitorização da eficiência de uma linha de montagem*. Universidade de Aveiro, Departamento de Economia, Gestão e Engenharia Industrial, Aveiro.
- Shingo, S. (1996). *O sistema Toyota de produção - Ponto de vista da engenharia da produção*. Porto Alegre: Bookman.
- Silva, D. (2008). *Desenvolvimentos Lean na Bosch termotecnologia s.a*. Universidade de Aveiro, Departamento de Economia, Gestão e Engenharia Industrial, Aveiro.
- Varanda, T. (2010). *Lean na logística farmacêutica: estudo de caso*. Universidade nova de lisbora, Engenharia mecânica e industrial, Lisboa.
- Vilelo, S. (2009). *Estudo comparativo do Sistema de Sugestões Bosch e Qimonda*. Universidade de Aveiro, Departamento de Economia, Gestão e Engenharia Industrial, Aveiro.
- Werkema, C. (2006). *Lean Seis Sigma - Introdução às ferramentas do lean manufacturing*. Belo Horizonte: Werkema Editora.
- Womack, J., & Jones, D. (2003). *Lean Thinking - Banish wast and crreate wealth in your corporation*. (2ª Edição ed.). Londres: Simon & Shuster.
- Womack, J., Jones, D., & Roos, D. (1991). *The Machine That Changed the World : The Story of Lean Production*. Nova Iorque: Harper Perennial.

## **8 ANEXOS**

Ao longo destes capítulos serão apresentados os vários anexos que complementam o trabalho realizado.

# 8.1 ANEXO 1 – VSM





## 8.2 ANEXO 2 – DOCUMENTO OFICIAL PARA STANDARD WORK

<b>Linha / Nome Processo:</b> <span style="background-color: yellow;">2ª montagem Ensb</span>					
<b>Data:</b> <span style="background-color: yellow;">16-Set-11</span>					
Pedido Cliente	Nº Turnos	Tempo disp / Turno	Tempo Contractual / Turno	Takt Time	Actual Takt Time Design Cycle Time
160	1	28.380 seg	3.600 seg	177,4 seg/pc	#REF!
<b>Desenho Processo</b> <input type="checkbox"/> <b>WIP</b> <input checked="" type="checkbox"/> <b>Segurança</b> <input checked="" type="checkbox"/> <b>Verificação Qualidade</b> <input type="checkbox"/> <b>Operação Crítica</b> <input type="checkbox"/>					<b>Elementos de Trabalho</b>
					1 - Inserir fios no termóstato
					2 - Soldar fios inseridos
					3 - Limpar termóstato
					4 - Arranjar fios e encaixar termóstato
					5 - Colocar tecla de teste
					6 - Colocar fixador
					7 - Colocar 2 parafusos e apertar
					8 - Colocar roda dentada
					9 - Colocar em wip
					10 -
					11 -
					12 -
					13 -
					14 -
					15 -
					16 -
					17 -
					18 -
					19 -
					20 -
					21 -



GEWISS PORTUGAL

### Medida de Tempo dos Elementos de Trabalho

Linha / Nome Processo: 2ª montagem Ensto

Data: 16-Set-11

Min. 1,0 80,2 Flutuação 79,2

ID	Elementos de Trabalho Ciclicos	Início	Fim	Tempo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Flutuação	Mais Baixo c/ Mais repetição
1	Inserir fios no termóstato			Tempo Manual	34,6	40,6	32,3	33,8	36,8	56,5	52,9	53,7	52,0	52,7	24,3	52,70
				Tempo Andar												
2	Soldar fios inseridos	0		Tempo Manual	42,6	45,8	48,4	40,4	47,6	35,6	31,9	27,0	44,8	54,1	27,1	45,80
				Tempo Andar												
3	Limpar termóstato	0		Tempo Manual	7,2	5,7	4,1	7,6	4,7	12,3	3,4	6,1	8,8	11,4	8,9	5,70
				Tempo Andar												
4	Arranjar fios e encaixar termóstato	0		Tempo Manual	80,2	63,9	44,3	52,9	59,8	37,6	74,9	62,0	53,0	53,9	42,7	53,00
				Tempo Andar												
5	Colocar tecla de teste	0		Tempo Manual	4,1	3,1	8,0	4,7	12,2	5,2	9,2	16,6	6,7	6,6	13,5	4,70
				Tempo Andar												
6	Colocar fixador	0		Tempo Manual	9,2	9,0	43,9	18,1	9,6	32,3	18,8	28,1	22,8	13,2	34,8	18,70
				Tempo Andar												
6	Colocar 2 parafusos e apertar	0		Tempo Manual	14,4	17,0	7,1	17,3	13,2	17,2	20,5	9,4	6,7	18,2	13,7	17,00
				Tempo Andar												
7	Colocar roda dentada	0		Tempo Manual	7,5	8,4	7,7	8,3	10,0	6,9	11,2	6,7	8,9	8,4	4,5	6,68
				Tempo Andar												
8	Colocar em w ip	0		Tempo Manual	10	19	7,6	3,3	11,0	3,4	2,1	19,8	16	7,9	18,8	3,30
				Tempo Andar												
9		0		Tempo Manual												0,00
				Tempo Andar												
10		0		Tempo Manual												0,00
				Tempo Andar												
11		0		Tempo Manual												0,00
				Tempo Andar												
12		0		Tempo Manual												0,00
				Tempo Andar												
13		0		Tempo Manual												0,00
				Tempo Andar												
14		0		Tempo Manual												0,00
				Tempo Andar												
15		0		Tempo Manual												0,00
				Tempo Andar												
16		0		Tempo Manual												0,00
				Tempo Andar												
16		0		Tempo Manual												0,00
				Tempo Andar												
17		0		Tempo Manual												0,00
				Tempo Andar												
18		0		Tempo Manual												0,00
				Tempo Andar												

Total: 206,98



GEWISS PORTUGAL

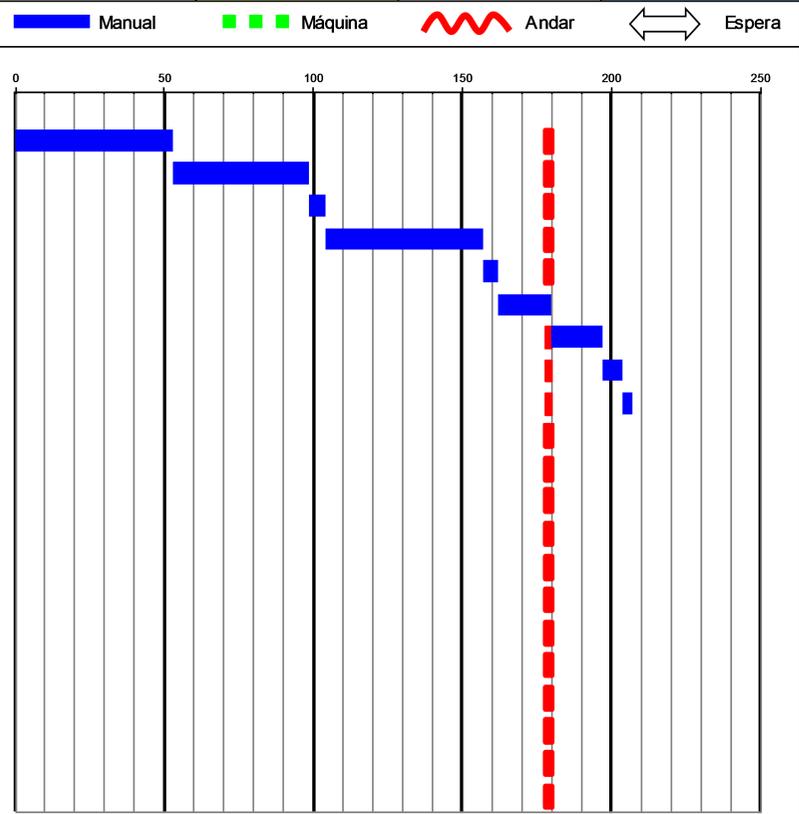
### Work Combination Table

Nome Linha / Processo: 2ª montagem Ensto

Data: 16-Set-11

Tempo Ciclo Operador:	207 sec / 1 peça(s)	Takt Time (TT):	177,4 sec / 1 peça(s)
Peças por ciclo:	1 pc/ciclo	Design Cycle Time (ATT):	207,0 sec / 1 peça(s)

ID	Elementos de Trabalho			Motions (Opcional)	Manual	Máquina	Andar	Espera Forçada	Op #	Tempo de espera
	Esquerda	Padrão Mãos - Opcional Ambas	Direita							
1		Inserir fios no termóstato			52,7				1	52,7
2		Soldar fios inseridos			45,8				1	98,5
3		Limpar termóstato			5,7				1	104,2
4		Arranjar fios e encaixar termóstato			53,0				1	157,2
5		Colocar tecla de teste			4,7				1	161,9
6		Colocar fixador			18,1				1	180,0
7		Colocar 2 parafusos e apertar			17,0				1	197,0
8		Colocar roda dentada			6,7				1	203,7
9		Colocar em wip			3,3				1	207,0
10										
11										
12										
13										
14										
15										
16										
17										
18										
19										
20										
<b>Para adicionar filas: copiar uma fila e "inserir filas copiadas".</b>					<b>Total Parcial:</b>	207,0				
					<b>Total:</b>	207,0				
					<b>Por pç + acíclicos</b>	206,96				





GEWISS PORTUGAL

# Balanceamento da Utilização de Homem e Máquina (Auto)

Produto/Processo:

2ª montagem Ensto

Total Operadores

1

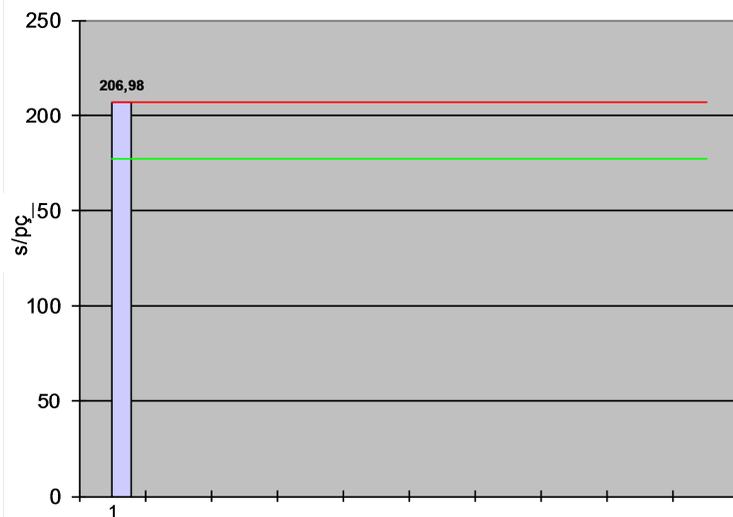
TAKT TIME: 177,4 seg/pc

Data:

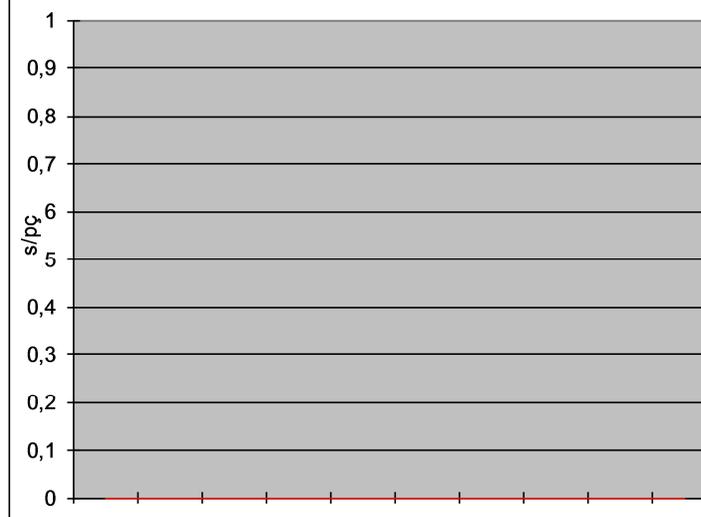
16-Set-11

ATT: 207,0 seg/pc

Balanceamento Operadores



Balanceamento Máquinas



OPERADOR

$\Sigma CT = 100,0\%$

ATT

$\Sigma CT = 116,7\%$

TT

OPERADOR

$\Sigma ET = 100,0\%$

ATT

$\Sigma ET = 116,7\%$

TT

MÁQUINA

$\Sigma CT =$

ATT

$\Sigma CT =$

TT

MÁQUINA

$\Sigma ET$

ATT

$\Sigma ET$

TT

$$\frac{ATT}{TT} = 116,69\%$$

### 8.3 ANEXO 3 – HORÁRIO DA MÁQUINA LASER

Hora de início	Hora de fim	S2	RD2P	RD4P	Mini-Diff	Mini-Matic	MTHP
08:00	08:15						
08:15	08:30	50					
08:30	08:45					125	
08:45	09:00						
09:00	09:15	50					
09:15	09:30		65				
09:30	09:45						
09:45	10:00	50					
10:00	10:15				50		
10:15	10:30						160
10:30	10:45						
10:45	11:00	50					
11:00	11:15		65				
11:15	11:30						
11:30	11:45	50					
11:45	12:00						160
12:00	12:15						
12:15	12:30	50					
12:30	12:45			25			
12:45	13:00						
13:00	13:15						
13:15	13:30					125	
13:30	13:45						
13:45	14:00	50					
14:00	14:15		65				
14:15	14:30						
14:30	14:45	50					
14:45	15:00						130
15:00	15:15						
15:15	15:30	50					
15:30	15:45		45				
15:45	16:00						
16:00	16:15	50					
16:15	16:30			65			
16:30	16:45						
16:45	17:00	50					
<b>Produção diária</b>		<b>550</b>	<b>240</b>	<b>90</b>	<b>50</b>	<b>250</b>	<b>450</b>



## 8.5 ANEXO 5 – PARÂMETROS DE PROCESSO

		<b>PARÂMETROS DE PROCESSO</b>				PP-S2-P4-01-01		
GEWISS PORTUGAL								
Value Stream: <b>S2</b>		Linha: <b>MONTAGEM</b>		Posto: <b>4</b>				
Família: <b>TODAS</b>		Dispositivo: <b>FERRO DE SOLDAR</b>						
TIPOLOGIA DOS PARÂMETROS								
<input type="checkbox"/> CORTE <input type="checkbox"/> COMPACTAÇÃO <input checked="" type="checkbox"/> SOLDADURA <input type="checkbox"/> CRAVAÇÃO <input type="checkbox"/> AJUSTE / TESTE: _____ <input type="checkbox"/> PRESSÃO <input checked="" type="checkbox"/> TEMPERATURA <input type="checkbox"/> TORQUE <input type="checkbox"/> TEMPO <input type="checkbox"/> OUTROS: _____								
DETALHES DOS PARÂMETROS								
IDa OPERAÇÃO				IDb DISPOSITIVO				
1	Soldadura dos secundários à placa electrónica			1	SHAH0280	Ferro de Soldar	Temp. (C°)	300
2	Soldadura dos fios do relé à placa electrónica			2	SHAH0280	Ferro de Soldar	Bico / Ponteira	ERSA102CDLF 3.2
3	Soldadura do faston à resistência			3	SHAH0280	Ferro de Soldar	Temp. (C°)	300
4				4	SHAH0280	Ferro de Soldar	Bico / Ponteira	ERSA102CDLF 3.2
5				5	SHAH0280	Ferro de Soldar	Temp. (C°)	300
6				6	SHAH0280	Ferro de Soldar	Bico / Ponteira	ERSA102CDLF 3.2
7				7				
8				8				
9								
IDa	PARÂMETRO	IDb	VALOR	TOL. (MIN) (MAX)	REPETIÇÕES	APLICABILIDADE	OBSERVAÇÕES	
1	Temperatura	1	300	-	-	S2	-	
1	Bico / Ponteira	2	ERSA102CDL F 3.2	-	-	S2	-	
2	Temperatura	3	300	-	-	S2	-	
2	Bico / Ponteira	4	ERSA102CDL F 3.2	-	-	S2	-	
3	Temperatura	5	300	-	-	S2	-	
3	Bico / Ponteira	6	ERSA102CDL F 3.2	-	-	S2	-	
<b>Notas:</b>								
Elaborado por:	Tânia Leite	Data:	23-Set-11	Revisto por:		Data:		
Aprovado por:		Produção:	_____	Qualidade:	_____	DSI:		