WA/WD Lean Manufacturing

Sofia Salgueiro Vieira de Magalhães

Relatório do Estágio Curricular da LGEI 2004/2005

Orientador na FEUP: Professor António Brito

Orientador na GE Power Controls Portugal: Engenheiro Vítor Cabral

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Licenciatura em Gestão e Engenharia Industrial

2005-10-21

Aos meus pais que me transmitem os valores pelos quais me rejo,

Ao meu irmão pelo suporte e confiança que sempre me transmitiu,

Ao Pedro que me ajuda a melhorar a cada dia

À minha avó que esteve, está e estará sempre ao meu lado

Resumo

O estágio efectuado na GE Power Controls Portugal descrito neste relatório, insere-se num contexto de *Lean Manufacturing*.

O principal objectivo é a aplicação dos princípios da filosofia *Lean*, a uma das secções de montagem da GE Power Controls Portugal, neste caso particular à secção WA/WD, que se baseiam em : fluxo de produção do tipo *Single piece flow*; balanceamento das operações no processo de montagem; redução de *Cycle Time*; *Two bin system* na apresentação dos materiais; redução de *Labour*; redução de inventário; implementação do *Kanban System* (Gestão Visual dos materiais).

A implementação do *Lean Manufacturing* à secção de WD (Wiring Devices) e WA (Wiring Accessories) foi sequenciada projecto a projecto. O critério para a definição dos projectos assentou, em primeiro lugar, na divisão em WA e WD e em segundo na ordenação decrescente do peso percentual da quantidade produzida de cada família de produtos no respectivo universo. Assim, em cada projecto procedeu-se à:

Construção/Optimização de linhas de montagem;

Gestão de materiais.

Os projectos desenvolveram-se segundo uma metodologia simples, que consiste no levantamento das referências a analisar e respectivos consumos, na análise e compreensão do processo produtivo das diferentes referências, na elaboração do respectivo *process map*, do qual constam as operações realizadas no processo de montagem e respectiva duração, tais como os componentes utilizados em cada operação.
Após esta primeira análise e com base nos consumos dos produtos finais, parte-se para o cálculo das necessidades de cada componente que indica a quantidade do *Kanban*. A partir do *process map*, procede-se ao balanceamento das operações e à construção da linha de montagem de modo a que se consiga atingir um processo do tipo *single piece flow* em detrimento do sistema de lotes, o que conduz à redução de *wip*.

Conforme os projectos foram sendo definidos, abordados e concluídos, os resultados foram sendo visíveis. O layout da área sofreu alterações profundas, tal como os fluxos de materiais e produção. A reorganização dos processos e respectiva padronização resultaram em que objectivos como reduções de espaço, de *cycle time*, de *wip* e *lead time*, fossem atingidos. A implementação do sistema de *Kanbans* contribuiu para a organização da área, e para uma gestão mais eficiente de materiais.

Abstract

The period of training carried out in GE Power Controls Portugal described in this report, is framed in a context of *Lean Manufacturing*.

The main goal is the application of the Lean Philosophy principles to one of the sections of assembly of GE Power Controls Portugal, in this particular case to WA/WD section, based on: flow of production Single Piece Flow; balancing of the operations in the assembly process; reduction of Cycle Time; Two Bin system in the presentation of materials; reduction of labor; inventory reduction; implementation of the Kanban System (Visual Management of Materials).

The implementation of the Lean Manufacturing to the section of WD (Wiring Devices) and WA (Wiring Accessories) was done project to project. The criterion for the definition of the projects was firstly based on the distinction between WA and WD, and secondly on the decreasing ordinance of the percentile weight of amount produced of each family of products in the related universe. Thus, in each project, the procedures were as follows:

Construction/Improvement of assembly lines;

Management of materials.

The projects were developed according to a simple methodology, which consists of: survey of references under analysis and related consumptions; analysis and understanding of the productive process of the different references; elaboration of process maps, including the operations carried through the process of assembly and its duration, such as the components used in each operation.

After this first analysis, and on the basis of the consumptions of the final items, the calculation of the necessities of each component, which indicates the amount of the Kanban, takes place. From the process map, one follows to the balancing of the operations and to the construction of the assembly line in order to obtain a process of the type Single Piece Flow, avoiding the system of lots, which leads to the reduction of wip.

As the projects have been defined, accessed and concluded, the results became visible. The layout of the area suffered deep alterations, such as the flows of materials and production. The reorganization of the processes and consequent standardization reached the goals of reduction of space, cycle time, wip and lead time.

The implementation of the Kanbans system contributed to the organization of the area, and to a more efficient management of materials.

Agradecimentos

Agradeço a todos com quem tive a oportunidade de conviver na GEPC Portugal, porque me ensinaram algo, ajudaram a construir a percepção de uma realidade antes desconhecida.

Não posso porém deixar de agradecer especialmente:

- Ao Professor António Brito pela disponibilidade sempre demonstrada e por todo o apoio no decorrer deste estágio.
- Ao Engenheiro Vítor Cabral, por todo o suporte teórico e prático bem como pelas orientações que me ajudaram a desenvolver os projectos;
- À Rita Raposo, à Joana Incio e ao Hélder Queiroz, colegas e amigos com quem partilhei esta experiência;
- A todas as pessoas da MBT, que me receberam o melhor possível e facilitaram a minha integração num novo meio;

Índice de Conteúdos

1 Introdução 1

1.1 Apresentação da GEPC Portugal 2

1.2 Integração do projecto na empresa 3

1.3 Organização e Temas Abordados no Presente Relatório 5

2 Conceitos e metodologia de implementação do Lean Manufacturing 6

3 Análise Geral e definição dos projectos a desenvolver 9

4 Projectos Desenvolvidos 14

4.1 WD Douro Tomadas 19

4.1.1 Análise da Situação Inicial 19

4.1.1.1 Processo produtivo 19

4.1.1.2 Gestão de materiais 22

4.1.2 Acções desenvolvidas e soluções adoptadas 23

4.1.3 Resultados e conclusões 27

4.2 WD Douro Mecanismos 29

4.2.1 Análise da Situação Inicial 29

4.2.1.1 Processo Produtivo 29

4.2.1.2 Gestão de materiais 33

4.2.2 Acções desenvolvidas e soluções adoptadas 34

4.2.3 Resultados e conclusões 36

4.3 WD Algarve Mecanismos 38

4.3.1 Análise da Situação Inicial 38

4.3.1.1 Processo produtivo 38

4.3.1.2 Gestão de materiais 42

4.3.2 Acções desenvolvidas e soluções adoptadas 42

4.3.3 Resultados e conclusões 44

4.4 WD Sintra 65 Mecanismos 47

4.4.1 Análise da Situação Inicial 47

4.5 WD Sintra 65 Tomadas 49

4.5.1 Análise da Situação Inicial 49

4.5.1.1 Processo produtivo 49

4.5.1.2 Gestão de materiais 52

4.5.2 Acções desenvolvidas e soluções adoptadas 52

4.5.3 Resultados e conclusões 53

4.6 WD Sintra Plus Mecanismos 55

4.6.1 Análise da Situação Inicial 55

4.6.1.1 Processo produtivo 55

4.6.2 Acções desenvolvidas e soluções adoptadas 59

4.6.3 Resultados e conclusões 59

5 Conclusões e perspectivas de trabalho futuro 61

6 Bibliografia 63

7 ANEXO A: Documentos relativos à análise geral 64

8 ANEXO B: Organização da fase de análise dos projectos 67

9 ANEXO C: Complementos informativos relativo ao projecto WD Douro Tomadas 69

C1 Análise da Situação Inicial 70

C2 Acções e Soluções adoptadas 70

C3 Resultados e Conclusões 74

C4 Apresentação do projecto WD Douro Tomadas 75

10 ANEXO D: Complementos informativos relativo ao projecto WD Douro Mecanismos 80

D1 Análise da Situação Inicial 81

D2 Acções e soluções adoptadas 81

D3 Apresentação do projecto WD Douro Mecanismos 83

11 ANEXO E: Complementos informativos do projecto WD Algarve Mecanismos 87

E1 Análise da Situação Inicial 88

E2 Acções e soluções adopatadas 88

E3 Apresentação do projecto WD Algarve Mecanismos 89

12 ANEXO F: Complementos informativos do projecto WD Sintra65 Mecanismos 91

F1 Análise da Situação Inicial 92

F2 Acções e soluções adoptadas 94

13 ANEXO G: Complementos informativos do projecto WD Sintra 65 Tomadas 97

G1 Análise da Situação Inicial 98

G2 Apresentação do projecto WD Sintra 65 Tomadas 98

14 ANEXO H: Complementos informativos do projecto WD Sintra Plus 100

15 ANEXO I: Desenvolvimento do projecto WA Fichas 16/32 A 102

I1 Análise da Situação Inicial 102

I2 Acções e soluções adoptadas 108

I3 Resultados e conclusões 109

16 ANEXO J: Gant Chart dos projectos da secção WA/WD 111

17 ANEXO L: Outros Projectos 112

18 ANEXO M: Antes & Depois Geral 114

1 Introdução

O estágio efectuado e apresentado neste relatório consistiu em implementar a filosofia de *Lean Manufacturing* na área de produção de Wiring Acessories (WA) e Wiring Devices, WA/WD.

O *Lean Manufacturing* foi apresentado pela primeira vez por James Womak, como sendo a melhor estratégia para ir ao encontro do tratamento japonês para aumentar a competitividade na indústria automóvel.

A definição mais frequentemente usada é: "Produzir apenas o que é necessário, quando é necessário, usando os recursos mínimos", mas outras definições são igualmente aceites tais como: "Uma filosofia de produção que encurta o espaço de tempo entre a encomenda do cliente e o envio através da eliminação de desperdício". Pode dizer-se que o Lean é a busca incessante da perfeição através da melhoria contínua.

A GE tem vindo a lutar ao longo dos anos para se tornar numa verdadeira Lean Enterprise, o *Lean Manufacturing* é uma das iniciativas que suportam esse objectivo, outras como *Continuous Improvement*, *Kaizen*, *Demand Flow Technology*, *Action Work-Out*, são escolhidas pela GE no sentido de alcançar o estado de Lean Production.

A combinação entre estas iniciativas de melhoria de produção e uma cultura de qualidade, organização e método, apoiada nas teorias *Six Sigma* e 5 S's, tem vindo a ser adoptada pela GE no intuito de obter cada vez melhores resultados.

Ao longo deste relatório serão descritas as aplicações da filosofia Lean, a forma como foram implementadas, assim como os resultados conseguidos.

1.1 Apresentação da GEPC Portugal

Localização

A GE Power Controls Portugal sedeada em Vila Nova de Gaia, na rua Camilo Castelo Branco e possui uma delegação comercial no centro de Lisboa, na Rua Rodrigo da Fonseca.

Evolução Histórica

1919	Fundação da Empresa Electro Cerâmica, com o objecto social de "exercício da indústria e do comércio em todos os seus ramos e principalmente, no que diz respeito a electricidade e suas aplicações".
1945	A empresa foi adquirida pelo Grupo Vista Alegre, tendo alterado o seu objecto social para o "exercício da indústria e comércio de porcelanas para usos eléctricos e industriais, e todas as outras indústrias e comércio com ele relacionadas, bem como todos os artigos em matéria plásticas e metálicas".
1987	Cisão da empresa em : Ecoplás, Cerisol, E.C. Material Eléctrico
1988	O Grupo vendeu E.C.Material e a Ecoplás, mantendo a Cerisol ainda no grupo.
1989	O Grupo Eurolec, actualmente denominado por Power Controls, adquire através da Vynckier NV a E. C. Material Eléctrico, SA.
1996	GE Power Controls Portugal – Material Eléctrico S.A. passou a ser a nova designação social.
2004	GE Power Controls passou a designar-se por GE Consumer & Industrial, um dos 11 principais negócios da General Electric Company.

Organização da Empresa

O número de pessoas que trabalham na empresa é de 251 trabalhadores.O organigrama da GE Power Controls Portugal é o seguinte:

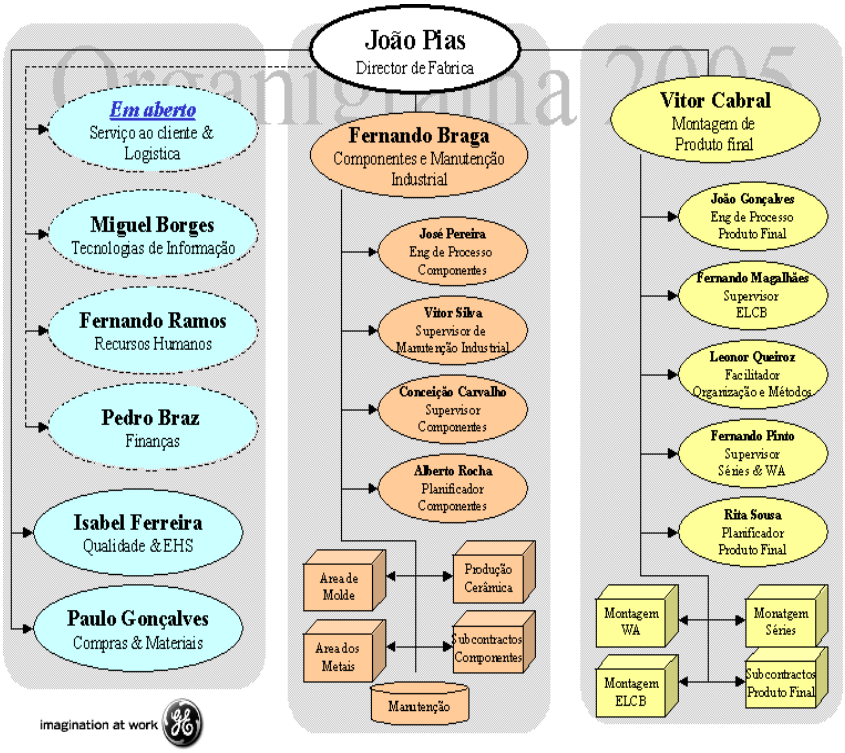
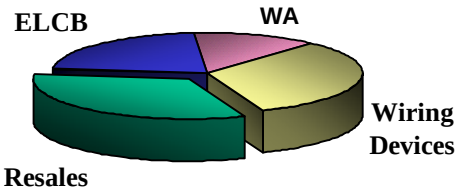


Figura 1 – Organigrama da GEPC Portugal

Ramo Actividade

A GE Power Controls Portugal é uma empresa com 85 anos, que se dedica à concepção, produção e comercialização de equipamento de baixa tensão, para as áreas residencial e industrial, como sejam, disjuntores, interruptores, tomadas, fichas, conectores, quadros e outros produtos.

Composição em termos de percentagem de vendas dos diferentes grupos de produtos:



Organização da Produção

As diversas partes produtivas estão divididas nas seguintes áreas:

Produção de componentes	Metais
	Plásticos
	Cerâmicas
Manufactura de produtos	Disjuntores ELCB
	Wiring Acessories (WA) e Wiring Devices (WD):

1.2 Integração do projecto na empresa

O estágio descrito neste relatório foi desenvolvido na área de WA/WD. Neste sector são efectuadas montagens de tomadas, mecanismos, acessórios, quadros, campainhas, entre outros produtos.

A secção está dividida em WA – Wiring Acessories e em WD – Wiring Devices.

Na área de WA, distinguem-se produtos direccionados principalmente para o uso industrial, e o fluxo de produção está organizado em células: Campainhas, Tomadas, Fichas e Diversos. As células de montagem de WA são caracterizadas por terem diverso equipamento electromecânico específico para cada produto e, normalmente, um produto necessita apenas de um equipamento e de um recurso humano para ser montado e embalado, sendo que o fluxo da peça é muito pequeno e localizado. Nesta área o Lean Manufacturing direcciona-se para a

gestão de materiais, já que não há necessidade de linhas de montagem, centrando-se na implementação do *two bin system*, e da continuação da implementação do sistema de *kanbans*.

Na área de WD os produtos estão agrupados por séries que são caracterizadas por um conjunto de produtos com características comuns e que facilmente se identificam como sendo da mesma família. As séries que se produzem, neste momento, na área de WD são: série Douro, série Algarve, série Sintra, série Sintra 65, série Sintra Plus, a série Madeira deixou há pouco tempo de ser produzida, e a série Porto não é produzida nas instalações da GEPC. Neste tipo de produtos pode fazer-se ainda uma subdivisão em: Tomadas e Mecanismos, sendo que neste ultimo grupo podem encontrar-se interruptores, comutadores, botões, enquanto do primeiro grupo fazem parte diferentes tipos de tomadas.

Nesta área, a montagem de produtos é realizada com recurso a equipamentos pouco específicos, como sejam máquinas de cravação, aparafusadoras e ensaios eléctricos, o que sugere que o mesmo equipamento pode ser utilizado na manufactura de diversos produtos.

A montagem deste tipo de produto é composta por uma sequência de operações, o que indica que a operação subsequente não pode ser realizada sem que a antecedente esteja terminada. A organização do fluxo de produção ideal é a produção contínua, ou seja em linhas de montagem, de modo que ao longo da linha se formem subconjuntos pela adição de sucessivos componentes, resultando no produto final embalado e etiquetado.

Os principais problemas desta secção prendiam-se com a grande quantidade de *wip*, consequência da "produção por lotes", já que as operações não estavam fisicamente sequenciadas, e a desorganização dos materiais levava a uma certa desorientação e paragens na produção por falta de componentes. O *lead time* de um produto era muito grande, por um lado devido à impossibilidade de balancear operações (dada a inexistência de linhas de montagem), e por outro lado devido ao facto da operação a jusante só ser realizada após se ter uma dada quantidade de subconjuntos da operação anterior.

O projecto apresentado neste relatório teve como principal objectivo a construção e optimização das linhas de montagem necessárias à produção, e a melhoria da gestão de materiais correspondentes, de modo a que houvesse uma correcta coordenação de abastecimento de necessidades entre as linhas de montagem e a área de produção/compra de componentes. O impacto do desenvolvimento deste projecto foi visível sobretudo no que diz respeito à quantidade de *wip*, que reduziu drasticamente. Reduções de *cycle time*, reduções de espaço, e a melhoria na gestão de materiais, foram também resultados do projecto desenvolvido.

1.3 Organização e Temas Abordados no Presente Relatório

Ao longo do presente relatório serão apresentados todos os projectos desenvolvidos na área WA/WD. A metodologia de abordagem aos problemas e desenvolvimento de soluções adequadas para minimizá-los, baseados na filosofia de *Lean Manufacturing*, foi definida de uma maneira geral e depois adequada às particularidades de cada projecto.

De início, no ponto 2, serão abordados conceitos teóricos e procedimentos que suportaram todos os projectos desenvolvidos. A total compreensão e interiorização de métricas como o *Cycle Time* (CT), o Takt Time (TT), o *Lead Time* (LT), e conceitos como single *piece flow* e *two bin system* são fundamentais, de modo a que durante a apresentação dos diferentes projectos se identifique perfeitamente a intenção do seu desenvolvimento.

De seguida, no ponto 3, descreve-se a análise geral que determinou as directivas de intervenção na área, serão explicados os critérios e o modo como foram definidos os projectos a desenvolver.

Os projectos, apresentados no ponto 4, estão englobados num projecto global de padronização de processos e comportamento. Dada a variedade de referências produzidas nesta área, o desenvolvimento foi faseado em projectos que englobaram conjuntos de produtos com características comuns, daí a designação dos diferentes projectos – nome da série a que pertencem.

Cada projecto será descrito de forma idêntica, primeiro abordar-se-á a situação inicial no que diz respeito ao processo produtivo e à gestão de materiais, de modo a que se faça uma avaliação da áreas de intervenção e das acções a ser tomadas, depois os estudos, acções e soluções que se acharam mais adequadas e possíveis tendo em conta as restrições específicas de cada situação e, por fim, os resultados que se alcançaram com as modificações efectuadas.

No fim do relatório, ponto 5, serão apresentadas as conclusões gerais do estágio, os resultados obtidos e os objectivos atingidos, bem como o balanço da implementação do *Lean Manufacturing* na área.

2 Conceitos e metodologia de implementação do Lean Manufacturing

É importante antes de qualquer explicação sobre o desenvolvimento dos projectos, abordar os conceitos e métodos sobre os quais assentaram os estudos efectuados.

O *Lean Manufacturing*, como foi anteriormente referido é uma filosofia de produção, não se podendo resumir apenas a uma lista de coisas a fazer já que assenta na melhoria contínua para a procura da perfeição. Apesar de ser uma filosofia, os princípios de Lean podem ser avaliados através de métricas de produção, e são suportados por sistemas e métodos de análise, desenvolvimento e implementação.

Várias métricas são utilizadas no *Lean Manufacturing*, convém aqui definir as mais utilizadas no desenvolvimento dos diferentes projectos:

Cycle Time: tempo de ciclo. Espaço de tempo entre o momento que se inicia a operação, até ao momento em que vai ser repetida. Pode ser dividido em três categorias principais: *cycle time* manual, *cycle time* de máquina e auto *cycle time*.

Takt Time: Takt é um termo alemão para "batida" ou ritmo. *Takt Time* é o ritmo a que o cliente está a comprar um dado produto ou serviço. O TT é calculado dividindo o tempo disponível para produzir pela procura, pode ser calculado em qualquer base, diária, semanal, mensal, mas vem sempre em tempo/peça. O TT não é quanto uma tarefa demora, não pode ser aumentado nem diminuído a não ser por variações de procura ou de tempo disponível, não depende directamente da tarefa em causa. O *cycle time* das diferentes operações deve estar contido no TT, caso contrário as necessidades dos clientes não serão satisfeitas.

Lead Time: Espaço de tempo entre a encomenda por parte do cliente e recepção da mesma. O *lead time* inclui o *cycle time* e as perdas de tempo na produção.

Wip: Work-in-process, ou seja peças que estão inacabadas, mas que não podem ser consideradas componentes porque já foram sujeitas a pelo menos uma operação, e já têm algum valor acrescentado dada a mão-de-obra empregue na sua transformação. Nem é componente nem produto final.

Inventory: Deve ser definido como " o dinheiro investido na compra de materiais com a intenção de os vender com lucro". Para uma boa gestão de inventário é necessário medi-lo nos diferentes estágios de transformação.

Raw Material (RAW) ou matéria-prima, a transformação ainda não se deu, não há valor acrescentado nenhum neste estágio. É normalmente o custo mais baixo no investimento em inventário, mas também representa a maior quantidade.

Work-in-process (WIP) que normalmente representa a forma mais dispendiosa de inventário porque a matéria-prima já foi introduzida nos processos produtivos, já tem valor acrescentado, quantidades excessivas representam maior *lead time* associado aos produtos e estagnação de fluxo de produção.

Finish Goods Inventory (FGI), neste momento a produção está completa e os produtos preenchem os requisitos dos clientes

O sistema de produção que melhor se coaduna com os objectivos pretendidos com a aplicação do *Lean Manufacturing* à área WA/WD baseia-se no sistema PULL, que sustenta a ideia de produzir apenas aquilo que é necessário, quando for necessário. Este sistema é suportado por vários métodos e formas de trabalhar que no seu conjunto conduzem ao seu objectivo principal, produzir somente o que é necessário quando é necessário, é importante nesta fase definir os principais métodos e conceitos, bem como o sistema em causa.

Sistema Pull: Neste sistema o processo a jusante consome o que precisa e "puxa" essa quantidade do processo a montante. Este consumo é um sinal de que esse produto foi vendido e agora é necessário repô-lo. Este método de aviso das operações produtivas através do uso de kanbans deve estar ligado como uma corrente ao longo da toda a cadeia de valor. A informação e a produção flúem ao mesmo tempo mas em sentido inverso, o que reduz o tempo de espera, inventário e sobreprodução.

Single Piece Flow (One Piece Flow): Método de produção que consiste fazer as peças de uma vez, assim que termina a primeira operação, a peça passa logo para a seguinte, sem nenhum tempo de espera entre as diferentes operações. Benefícios como a imediata detecção de defeitos, encurtamento de *lead time* devido à eliminação de WIP, redução de materiais e inventário, bem como os custos associados, e células ou linhas de montagem mais pequenas, porque só se produz uma peça de cada vez.

Kanban: Termo japonês para "sinal". O sistema de Kanbans é uma ferramenta do sistema PULL, que "avisa" ou informa a área de produção que o cliente "puxou" ou comprou um produto. Cartões, caixas e sinais electrónicos são exemplos comuns de tipos de Kanbans.

Two – bin System: É um exemplo dos sistemas de gestão visual e PULL, já que pode representar um reordenamento de componentes. Cada contentor contém material suficiente para ser usado até o ciclo de reabastecimento estar completo, assegurando que não há paragens na linha de montagem devido a falta de material. O funcionamento é simples, quando o contentor que está a ser usado fica vazio, é colocado num local específico, de modo a que se veja quando é necessário fazer o reabastecimento, enquanto o segundo contentor funciona como uma reserva para que se continue a produzir até o reabastecimento estar completo.

Supermarket: Trata-se de um local onde está a matéria-prima a ser utilizada nas linhas de produção, não se trata de um armazém, aqui apenas está a quantidade de material necessária á produção num curto espaço de tempo. Associado ao sistema de *kanbans* completa o sistema de sinalização da necessidade de matéria-prima na área de produção, já que possibilita a rápida percepção da necessidade ou não de material na área para produzir a quantidade programada. Normalmente a quantidade de material para a produção semanal é aqui armazenada.

Waterspider: Pessoa multifacetada e bem treinada que tem como função fazer o ciclo de abastecimento de componentes, providenciar as ferramentas e materiais necessários e dar alguma ajuda adicional se necessário. O waterspider tem uma rotina bem definida, e deve conhecer todos os processos produtivos, de forma a conseguir ocupar qualquer posto de trabalho quando necessário.

A implementação do *Lean Manufacturing* assenta em princípios e em acções estruturadas, perfeitamente documentadas de modo, a que a qualquer momento, se saiba o que já foi feito e o que ainda se tem que fazer. Desta forma é fácil aferir com precisão as melhorias em relação à situação inicial, tendo sempre presente os objectivos a atingir.

O desenvolvimento de um projecto de *Lean Manufacturing* pode ser dividido em quatro grandes fases: a primeira será a de, a partir de métricas avaliar a situação inicial e estabelecer objectivos para melhorar os seus valores, esta fase é denominada de *Measure.*

A fase seguinte, *Analyze*, baseia-se na organização da informação recolhida na fase anterior, na observação e documentação detalhada do processo, na identificação dos problemas, no estabelecimento de planos de acção para minimizá-los e optimizar os processos. No final desta fase é de esperar que todas as acções a realizar estejam perfeitamente definidas e documentadas, de modo a que na fase seguinte, *Improve* haja consciência do que se tem de fazer, como fazer e o que se espera que aconteça.

A terceira fase, *Improve*, trata basicamente da implementação dos planos de acção estudados na fase anterior. Estabelecimento de métricas chave para avaliar o estado do processo produtivo e dos princípios 5 S's, são exemplos de acções a tomar nesta fase, além das definidas anteriormente.

A quarta fase, *Control*, é caracterizada pela observação dos resultados que delas advêm de modo a perceber se os objectivos definidos foram atingidos; se não foram, tentar redefinir os planos de acções de modo a conseguir o inicialmente pretendido; se foram, tentar perceber os aspectos que ainda podem ser melhorados voltando assim à primeira fase, fechando o ciclo de melhoria contínua.

3 Análise Geral e definição dos projectos a desenvolver

A implementação do *Lean Manufacturing* na área WA/WD teve início com uma análise geral, que passou, antes de mais, pela observação das zonas de produção relativas ao WA e WD, bem como aos materiais correspondentes. Verificou-se o que se produzia e onde se produzia, como se pode observar na Figura 2

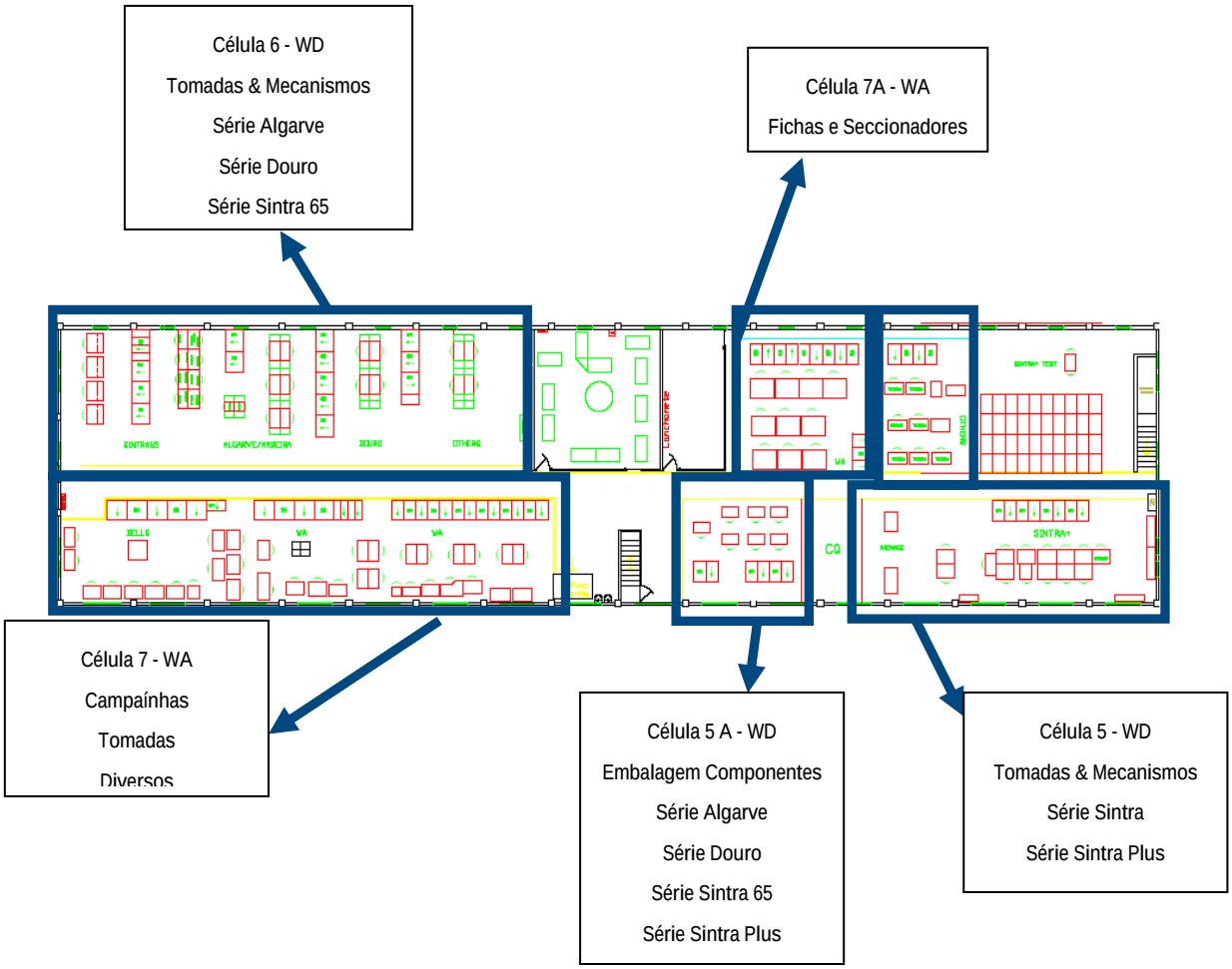


Figura 2 – Distribuição da produção na área WA/WD

As diferentes zonas de produção são conhecidas por células e cada qual tem a sua designação. As células representam áreas controladas por uma pessoa e onde se fabricam produtos da mesma família ou com características comuns.

Teoricamente existem apenas 3 células: a Célula 5, a Célula 6 e a Célula 7. Estas designações são usadas em todos os ficheiros e sistemas de informação, porém as células 5 e 7 estão fisicamente divididas em duas, designando-se assim a célula 5A e a célula 7A.

Na célula 7 produz-se WA, nas células 5 e 6 WD, a célula 5 está separada da célula 6 porque nesta produz-se a série Sintra Plus que é a mais recente série de tomadas e mecanismos, e na altura da sua criação achou-se por bem separá-la das restantes.

O primeiro projecto a ser desenvolvido foi na célula 7A, era portanto um projecto de WA. Houve alguns desenvolvimentos em relação à gestão de materiais, e uma análise ao processo produtivo, mas o projecto teve de ficar em stand-by devido a melhorias no processo a serem implementadas. O seu desenvolvimento será convenientemente explicado no Anexo I deste relatório.

A escolha deste projecto foi completamente alheia a qualquer análise. Partiu de uma necessidade de se conhecer um processo que estava na área há relativamente pouco tempo, já que foi integrado depois de ter estado em subcontrato algum tempo e porque se tratava à primeira vista, de um processo simples o que, para uma familiarização com a produção, seria o ideal.

Após esta primeira abordagem, achou-se por bem fazer uma análise geral à produção na área de forma a definir prioridades. À parte da célula 7 (WA), que tinha sofrido recentemente alterações, em termos de gestão de materiais e redefinição de layout, todas as outras zonas estavam, à primeira vista, em iguais circunstâncias, apresentando os mesmos problemas.

O sistema de produção por lotes era o que mais se adequava para descrever os fluxos de produção na situação inicial. Porém, o sistema não estava bem definido, a produção nos postos de trabalho não estava quantificada em lotes fixos, era apenas controlada pelos pedidos do responsável de zona que tentava coordenar as quantidades necessárias em cada operação para perfazer a quantidade de produto final encomendada

Os processos produtivos não estavam organizados segundo uma filosofia *Lean*, havia muito *wip*, não existia *one piece flow*, as operações integrantes de um processo produtivo não era realizadas ao mesmo tempo, as operações pela qual uma peça tinha de passar estavam desfasadas no tempo, desfasamento esse que podia significar milhares de peças que apenas tinham passado por uma operação do seu processo produtivo.

Após a identificação dos problemas mais flagrantes, era necessário definir um ponto de partida. Se todas as zonas sofriam dos mesmos problemas, teria de se quantificar o impacto dos mesmos. Ora este poderia ser medido através do peso percentual do volume de produção de cada zona no volume total da área, já que, sendo os problemas uma constante, o seu impacto seria tanto maior quanto maior fosse o volume de produção.

A análise da produção da área WA/WD foi realizada em duas fases, primeiro aferiu-se em que zona de produção estava localizado o maior volume de produção de peças e, depois, onde eram produzidas o maior número de referências, o que, naturalmente, poderia não significar a mesma célula, como acabou por acontecer.

O volume médio de produção foi calculado com base em dados das vendas do ano transacto até ao momento da análise. Como se tratava de uma análise geral, com o intuito de perceber rapidamente onde se deveria actuar, nenhum estudo de previsão foi realizado e daí se ter conjugado com a análise do número de referências produzidas em cada zona. Se a tendência dos consumos mudasse haveria um risco elevado do maior volume de produção se localizar na zona de maior número de referências. Tratando mais referências, tratava-se de um maior número de processos produtivos e em termos de gestão de materiais era essencial actuar na área que movimentasse maior número de componentes, já que era urgente a organização dos materiais, de modo a prevenir paragens na produção por falta de material bem como excedentes de componentes.

A área WA/WD movimenta um enorme número de referências, porém, e como seria de calcular, há referências que são produzidas a uma taxa muito reduzida ao longo do ano. No sentido de simplificar e tornar mais objectiva a análise optou-se por considerar apenas as referências que representassem 80% do volume de vendas. Fez-se então, a primeira triagem reveladora da percentagem de referências que representavam a maior parte do volume de produção, numa aproximação à Análise de Pareto em que é de esperar que 20% das referências sejam representativas de 80% do volume de produção.

A partir de um ficheiro Excel, onde constavam a família a que o produto pertencia, as suas referência e designação e as vendas de 2004 até à data da análise, acrescentaram-se duas colunas, uma que incluía a percentagem do volume de produção de cada referência em relação ao volume total, e outra onde constava a percentagem acumulada, de modo a que só se considerassem as referências compreendidas nos 80% do volume de produção. Os resultados foram bem explícitos, como se pode observar na Tabela 1. A folha de cálculo relativa a esta análise pode ser consultada no Anexo A.

Tabela 1 – Resultados da análise ao volume de produção vs nº de referências

% Volume de Produção	Nº de Referências	% Referências
80%	154	9,14%
20%	1530	90,86%

A partir deste momento a atenção centrou-se apenas em cerca de 9% do número de referências o que sem dúvida torna todo o estudo mais objectivo, visto focar-se apenas no que é mais importante segundo os critérios definidos.

Era, agora, necessário apurar a distribuição da produção destas referências na área, de modo a identificar a zona prioritária. Há que referir que toda a análise teve em conta as referências que são produzidas em subcontrato, o que significa que não são fabricadas na área em análise, mas a qualquer momento podem ser integradas na mesma.

Neste momento os resultados podem ser analisados segundo dois critérios, a sua combinação levará ao estabelecimento de prioridades.

Na Tabela 2 é possível observar os resultados da análise segundo os dois critérios.

Tabela 2 – Distribuição de 80% da produção na área WA/WD

Zona de Produção	% Volume de Produção	Nº de Referências
Célula 5	11,5%	39
Célula 5 A	32,8%	29
Célula 6	13%	40
Célula 7	3,9%	16
Célula 7 A	1,1%	4
Subcontrato	17%	26

Pelo critério "o maior número de referências poder vir a qualquer momento representar o maior volume de produção" a célula 6 será a área de intervenção prioritária seguindo-se-lhe as outras células por ordem decrescente de número de referências produzidas.

Há que referir que, à data, na célula 5 A se procedia à embalagem de componentes, como sejam espelhos e teclas, que não eram sujeitos a qualquer operação, a não ser a embalagem; mesmo representando o maior volume de produção, esta célula não encaixava no critério do maior número de referências. Outra ressalva que justifica a escolha da célula 6 como prioritária é o facto das referências que eram produzidas em subcontrato àquela data, pertencerem à célula 6, o que significava um acréscimo considerável no número de referências movimentadas a qualquer momento.

Após determinar qual a célula prioritária, fez-se uma análise ao peso percentual do volume de produção de cada família, para de uma forma similar definir prioridades na área de intervenção.

Na célula 6, montam-se produtos pertencentes às famílias 72,74,75 e 77 cujas designações são respectivamente Algarve, Madeira, Douro e Sintra 65, era agora necessário definir o primeiro projecto e a ordem de abordagem dos seguintes.

O critério utilizado foi o de maior volume de produção, chegando-se à conclusão que a primeira família a ser tratada seria a família 75, Série Douro. Os resultados da análise podem ser observados na tabela 3.

Tabela 3 – Volume de produção de cada família na célula 6

Família	% Volume de produção
72	1,98%
74	0,88%
75	5,14%
77	2,35%

A informação de que a família 74 iria deixar de ser produzida, fez com que deixasse de ser importante considerá-la nos projectos a desenvolver. Pelo critério de maior volume de produção os projectos estariam ordenados da seguinte forma: 1º WD Douro, 2º WD Sintra 65 e 3º WD Algarve.

Como referido anteriormente, as séries ou famílias são compostas por dois grandes grupos: as tomadas e os mecanismos. Faltava neste momento, escolher por qual se deveria começar ao abordar a família Douro, definindo assim o primeiro projecto da célula 6. Esta escolha não se realizou a partir de qualquer análise aos consumos das referências, foi feita por uma questão de conveniência, o primeiro projecto denominou-se WD Douro Tomadas.

Pode concluir-se que esta análise geral teve como objectivo concretizado identificar prioridades, segundo critérios bem definidos, resultando como ponto de partida para o desenvolvimento do projecto global de implementação do *Lean Manufacturing* à área WA/WD. O desenvolvimento dos restantes projectos foi, no entanto, orientado numa ordem diferente da estabelecida nesta análise, principalmente por questões relacionadas com a organização do *layout* da zona de produção Célula 6. O desenvolvimento do *Lean Manufacturing* na área WA/WD foi realizado mediante a seguinte ordem dos projectos: WD Douro Tomadas, WD Douro Mecanismos, WD Algarve Mecanismos, WD Sintra 65 Mecanismos, WD Sintra 65 Tomadas, na zona de produção célula 6; WD Sintra Plus na zona de produção Célula 5.

4 Projectos Desenvolvidos

Os projectos foram abordados basicamente da mesma forma, sendo que o seu desenvolvimento ficou marcado pelas características particulares de cada um deles. Há que referir que dado o objectivo dos projectos ser uma standardização de processos, numa perspectiva de mudar o sistema de produção, a principal preocupação foi abranger o máximo de processos possível, deixando para uma fase seguinte a sua optimização.

A metodologia utilizada aproximou-se em tudo à recomendada pelos fundamentos do *Lean Manufacturing*. Porém, optou-se por identificar apenas três fases na abordagem aos projectos em lugar das quatro identificadas no ponto 2. A fase de análise considerada neste ponto engloba as fases *Measure* e *Analyze*.

Primeiro, fazia-se uma análise detalhada tanto do processo produtivo, como da gestão de materiais que o processo implicava, resultando dessa análise os objectivos que se pretendiam atingir e os planos de acção iniciais. Após este estudo passava-se à implementação das alterações necessárias, segundo as directivas anteriormente definidas, na tentativa de alcançar os objectivos. Seguidamente o processo era acompanhado de modo a perceber-se se os objectivos tinham sido atingidos, ou o que era necessário melhorar para que estes o fossem. Pode dizer-se que numa perspectiva de optimização se trabalhou num ciclo, como pode ser observado na Figura 3.

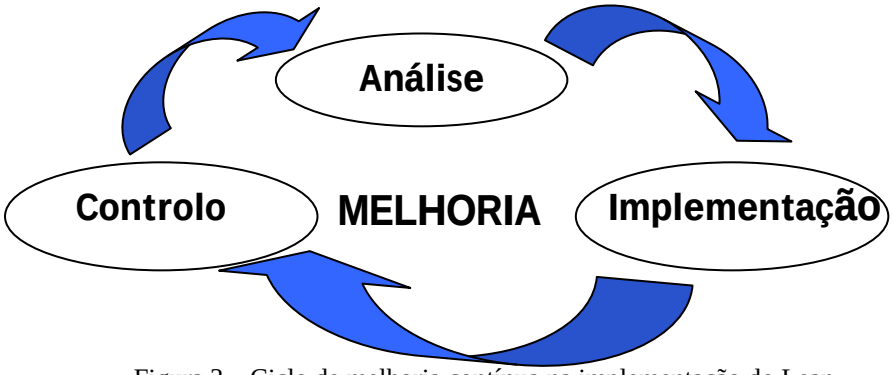


Figura 3 – Ciclo de melhoria contínua na implementação do Lean Manufactuing

A análise divide-se em duas partes: levantamento de informação e tratamento da informação recolhida.

O levantamento de informação é utilizado para definir a situação inicial, o ponto de partida. Começa-se por fazer um reconhecimento das referências produzidas e desenha-se o respectivo *process map* onde constam as operações que fazem parte do processo, os componentes utilizados em cada uma dessas operações e o tempo que demora essa operação em horas/1000 peças. Ao tempo medido nestas unidades chama-se norma.

Paralelamente faz-se o levantamento das vendas desde 2004 até à data da análise, das referências em análise e procede-se à sua normalização, isto é, calcula-se o volume de produção semanal médio de produto final, utilizando como base de cálculo o número de peças

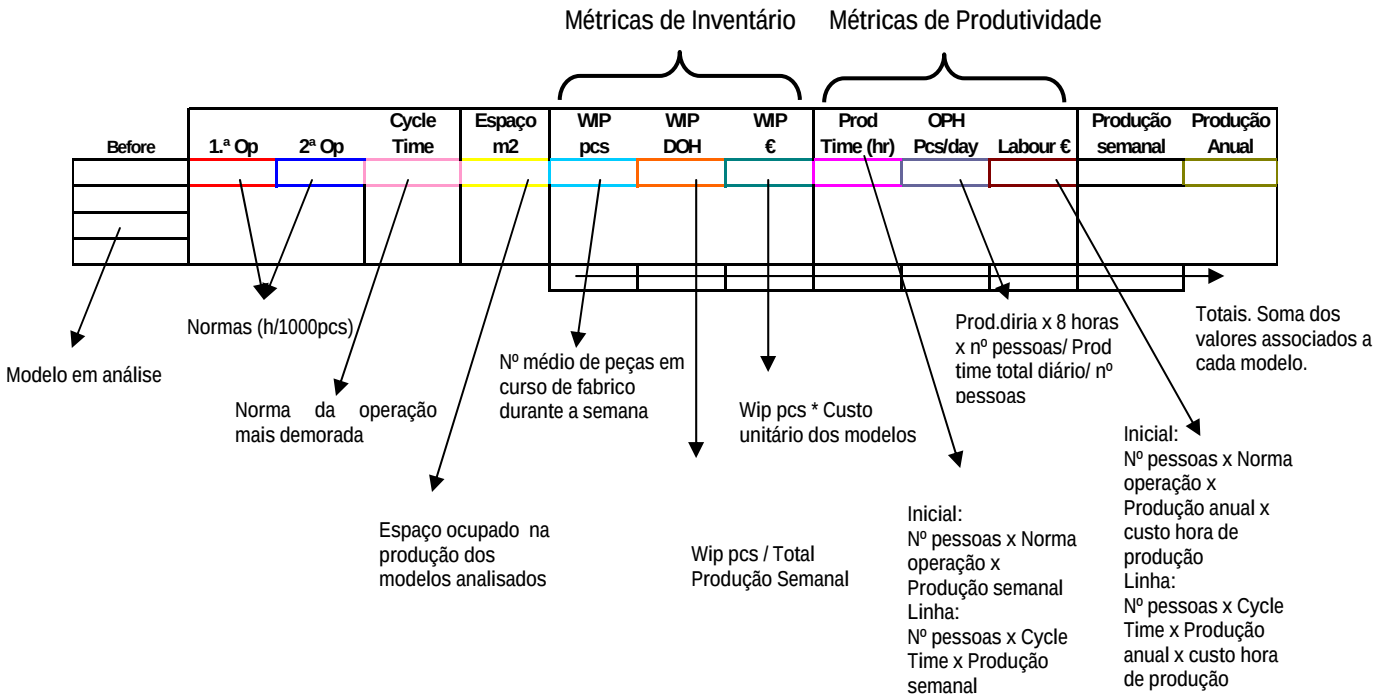
que são embaladas nas caixas específicas de cada referência, isto porque se considera o produto final a embalagem em que as diferentes peças vão. Nesta fase verifica-se também se existem *kanbans* definidos para todos os componentes e em que locais estão dispostos na área, se têm ou não supermercados definidos.

A partir desta recolha de informação é possível proceder-se ao cálculo de métricas que vão caracterizar a situação inicial, estas são cruciais para o desenvolvimento de qualquer projecto, porque a partir delas é possível quantificar, medir o processo. Estes valores reflectem o estado do processo, possibilitam avaliá-lo a qualquer momento, permitindo, por um lado definir objectivos e por outro verificar se foram ou não atingidos.

Na situação inicial o processo produtivo de todos os produtos estava completamente separado, isto é, as operações do mesmo processo produtivo eram realizadas em locais completamente diferentes. Por exemplo todas as peças que necessitavam de cravação passavam pelas máquinas de cravar que estavam todas juntas num dado local. Considerou-se, na impossibilidade de determinar com precisão a dimensão dos lotes produzidos, que a dimensão do lote que passava por cada uma das operações do respectivo processo produtivo correspondia à produção semanal média.

No sentido de tornar mais clara a avaliação da situação inicial esta foi realizada em duas fases. Na primeira fase avalia-se a situação inicial num sistema de produção em lotes, onde se pode aferir o *lead time* real dos produtos e a quantidade de *wip* que circulava. Na segunda fase avalia-se o processo na perspectiva de uma linha não balanceada, centrando a atenção no *cycle time* de cada operação, considerando sempre que as operadoras trabalham individualmente. A informação das duas fases é compilada e apresentada numa tabela que resume e quantifica o processo produtivo. A Tabela 4 representa o modelo utilizado em todos os projectos.

Tabela 4 – Tabela resumo da situação inicial e final do processo produtivo



Na Tabela 4 podem reconhecer-se dois tipos de métricas, as de Inventário e as de Produtividade.

Métricas de Inventário

Estas métricas avaliam o processo produtivo quanto à quantidade de wip que decorre do processo em análise.

Apenas se analisa o inventário na perspectiva de *work-in-process*, porque é a única forma de inventário que circula na área em análise.

Esta forma de inventário pode ser avaliada em quantidade de peças, em dias (DOH) que permanece na área, ou seja a rotatividade dos materiais na área e em euros de modo a perceber o encargo que representa na área e na empresa.

Métricas de Produtividade

As métricas pertencentes a este grupo avaliam o retorno conseguido com os encargos inerentes ao processo.

Prod Time (hr): mede o número de horas de trabalho que é necessário pagar para produzir a quantidade semanal.

OPH (*output per head*): avalia quantas peças por dia por pessoa se executam. Representa o retorno que se tem, ou seja a quantidade de peças que cada uma das pessoas intervenientes no processo produtivo consegue fazer ao fim do tempo de produção, dispondo das horas que lhe são pagas. Como o encargo é medido em horas de produção, esta métrica avalia o que se consegue com o que se paga a cada pessoa.

Labour €: representa o encargo com os recursos humanos que participam no processo produtivo, na produção de uma dada quantidade de produção, não é mais do que a multiplicação das horas necessárias à produção por parte de cada interveniente no processo produtivo e o valor que se paga por uma hora de trabalho.

O *lead time* é apresentado numa tabela à parte, nesta consta o *lead time* referente ao sistema puro de lotes e à linha não balanceada, de modo a perceber-se a redução pelo facto de se realizarem as operações simultaneamente. Esta análise em duas fases ajuda a uniformizar a análise da situação inicial e a final.

A partir do momento em que a situação inicial está completamente definida e quantificada, e que o processo foi bem compreendido, pode passar-se ao tratamento desta informação.

Uma vez identificados os problemas e através de uma análise cuidada procede-se ao estudo de balanceamento das operações, de modo a que aquando da sua junção física, os tempos de cada uma sejam o mais próximo possível para que haja um fluxo de produção ideal de uma peça. Neste caso, a primeira acção a realizar seria de facto construir linhas de montagem, e tentar balanceá-las de modo a minimizar *wip* e tempo de espera entre postos, para tal procede-se à reestruturação do processo.

O estudo do processo passa por perspectivar o número de postos de trabalho necessários, as tarefas efectuadas em cada operação e a nova norma das operações. Idealmente, todas as operações deveriam demorar o mesmo tempo de maneira a que o fluxo fosse de uma peça, mas várias restrições têm de ser levadas em conta, tais como tempos de ciclo de máquinas, e componentes que não podem ser transferidos para outro posto de trabalho, sob pena de não se formar um subconjunto coeso que possa ser movimentado.

Por norma procedeu-se à observação de cronometragens onde constavam os parciais de todas as tarefas efectuadas nos diferentes postos. Para num estudo teórico baseado em documentos existentes prever os novos tempos de operação, novas normas portanto.

Deste estudo resultam, naturalmente, novos valores das métricas utilizadas, que são apresentados numa tabela igual à que define a situação inicial, a fim de que se possa comparar mais facilmente as duas situações e estabelecer rapidamente os objectivos a atingir, visto serem a diferença entre os valores iniciais e finais.

No que diz respeito à gestão de materiais, através do volume médio da produção do produto final num dado espaço de tempo, calcula-se a quantidade de cada componente que é necessária estar no supermercado, de modo a não haver falta de material na linha de montagem. Esta quantidade é utilizada na construção de *Kanbans*, ou numa optimização dos *kanbans* existentes. É importante nesta fase verificar que tipo de *Kanban* é utilizado em cada componente.

No final deste tratamento de informação estabelece-se o plano de acções a seguir, na fase de implementação, para alcançar os objectivos propostos. O plano geral de acções utilizado no desenvolvimento dos projectos pode ser observado na Tabela 5.

Tabela 5 – Plano de acções geral para implementação dos projectos

Acções	Responsável
Balanceamento de operações: Redistribuição de componentes pelos postos de trabalho;	Sofia Magalhães
Construção da linha de montagem : Junção de postos de trabalho; Projecto e construção de estrutura em mdf que possibilite aplicação do “two bin system” e redução de movimentos desnecessários;	WA/WD Sofia Magalhães Manutenção
Definição de Supermercados	Sofia Magalhães
Cartões Kanban	Sofia Magalhães
Waterspider: Etiquetas identificativas dos materiais; Definição de percurso diário;	Sofia Magalhães

Conforme o desenvolvimento dos projectos adequou-se um plano de acções específico, porém as linhas gerais de acção foram iguais em todos os projectos.

A implementação passa sobretudo por aspectos físicos, como sejam a construção da linha de montagem, desenvolvimento de estruturas nos postos de trabalho para implementação do *two bin system* e disposição de materiais, o desenvolvimento dos supermercados, a construção de *kanbans* conformes com os já existentes e a implementação do *waterspider*.

O controle consiste em verificar se os objectivos foram ou não atingidos, são realizadas cronometragens para verificar se as normas correspondem ao previsto, avaliar a quantidade de *wip*, consultar as operadoras quanto às dificuldades encontradas, verificar o fluxo de materiais. Uma vez identificados os novos problemas procede-se de novo a uma análise do estado do processo, fechando o ciclo acima descrito numa perspectiva de melhoria constante.

Todos os projectos desenvolvidos no âmbito do *Lean Manufacturing* foram apresentados em teleconferências semanais ao responsável europeu de *Lean Manufacturing*. A informação relativa aos projectos era tratada e compilada numa apresentação standard, que ia sendo alterada conforme os desenvolvimentos efectuados em cada projecto.

Antes de apresentar qualquer projecto realizado, convém alertar os leitores para o seguinte: o valor das quantidades de produção semanal e anual das referências tratadas nos projectos, não pode ser divulgado por uma questão de confidencialidade. Muitos cálculos e estudos são realizados a partir da produção, quando assim for, o uso desses valores estará perceptível mas a sua consulta não será possível.

4.1 WD Douro Tomadas

As tomadas pertencentes à série Douro são denominadas de salientes, visto toda a tomada ficar à superfície da estrutura em que é montada.

4.1.1 Análise da Situação Inicial

As tomadas pertencentes à família Douro resumem-se basicamente a três tipos, embora as referências cheguem a ser dez. Sabendo que, as referências podem variar devido apenas à cor de algum componente, fez-se o levantamento dos tipos de referências diferentes, no que diz respeito ao processo produtivo, já que não revelava interesse tratar informação repetida. Por outro lado, o estudo centrou-se nas referências mais solicitadas numa aproximação à análise geral a área. Pode dizer-se que esse princípio foi bastante utilizado no sentido de estabelecer prioridades e focalizar o esforço no que é mais importante.

4.1.1.1 Processo produtivo

O processo produtivo das tomadas da série Douro é composto por três operações:

- a primeira operação, baseia-se na cravação de dois ligadores que vão permitir a passagem de corrente eléctrica quando for ligada à tomada a ficha correspondente.
- a segunda operação, consiste apenas numa cravação, e dependendo do tipo de tomada, na montagem do contacto terra específico. No fim destas operações o interior da tomada está pronto.
- a terceira operação, consiste em montar os componentes que tapam o interior da tomada, a tampa com a forma fêmea das fichas, os aros que a suportam e, dependendo mais uma vez do tipo de tomada, o dispositivo de segurança para crianças. Após pronta a tomada é colocada na embalagem que é fechada quando estiver completa com 10 unidades.

O equipamento necessário à montagem deste produto resume-se a máquinas de cravar para as duas primeiras operações, bem como jigs[1] de apoio à montagem e máquinas aparafusadoras, necessárias em todas.

Na figura 4 pode observar-se que as diferentes operações estavam fisicamente separadas, o que não permitia uma produção controlada, não havia quantidades definidas nem local próprio para armazenar o resultante de cada operação, o que causava uma grande desorganização, fomentando até misturas de produtos diferentes.

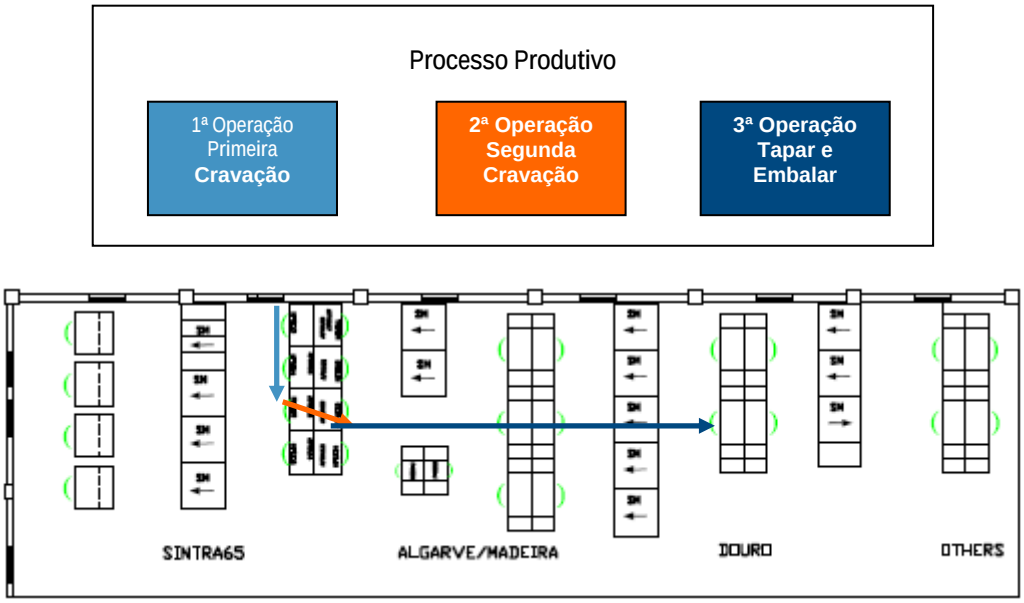


Figura 4 – Composição do processo produtivo e respectivo fluxo na situação inicial

Nesta fase fez-se o levantamento de todos os componentes que entravam no processo produtivo e em que operação eram utilizados de modo a perceber realmente o processo produtivo, quais as restrições e o porquê de cada componente ser solicitado numa dada operação.

O equipamento utilizado também foi posto em causa, analisaram-se questões tecnológicas, de modo a perceber se a substituição de equipamento seria rentável, fez-se um balanço entre o investimento e o tempo que se pouparia ao implementar novo equipamento.

Como resultado desta análise definiu-se a situação inicial que pode ser observada nas tabelas 6 e 7 e no Gráfico 1.

[1] Ferramenta de apoio ao processo, normalmente funciona como o macho ou fêmea da peça/componente que se está a montar, de modo a que encaixe e suporte a peça enquanto se realiza uma ou mais tarefas da operação de montagem.

Tabela 6 – Avaliação da situação inicial do projecto WD Douro Tomadas

Before	1.ª Op (h/1000)	2.ª Op (h/1000)	3.ª Op (h/1000)	Soma h/1000pcs	Cycle Time h/1000 pcs	Espaço m2	WIP pcs	WIP DOH	WIP €	Prod Time (hr)	OPH Pcs/day	Labour €	Produção Semanal	Produção Anual
1171/5	9	2,6	6	17,6	9	5	500	0,12	500	5	22	1373		
TEC 1171/5	9	5,5	11	25,5	11	5	500	0,12	500	19	61	5527		
TEC 1171/5 *	9	5,5	10,3	24,8	10,3	5	1000	0,23	1000	42	137	12184		
C 1171/5	9	2,6	11	22,6	11	5	500	0,12	500	5	18	1437		
C 1171/5*	9	2,6	10,3	21,9	10,3	5	500	0,12	500	15	57	4430		
K 1171/5	9	5,5	6	20,5	9	5	500	0,12	500	13	50	3673		
							3500	**0,82**	**3500**	**99,0**	**344**	**28625**		

Tabela 7 – Lead Time da produção semanal estimada

	Lead Time (horas)	
	Lotes	Linha não balanceada
1171/5	4,8	2,43
TEC 1171/5	19,1	8,25
TEC 1171/5 *	42,2	17,51
C 1171/5	5,0	2,42
C 1171/5*	15,3	7,21
K 1171/5	12,7	5,58
	99,0	**43,4**

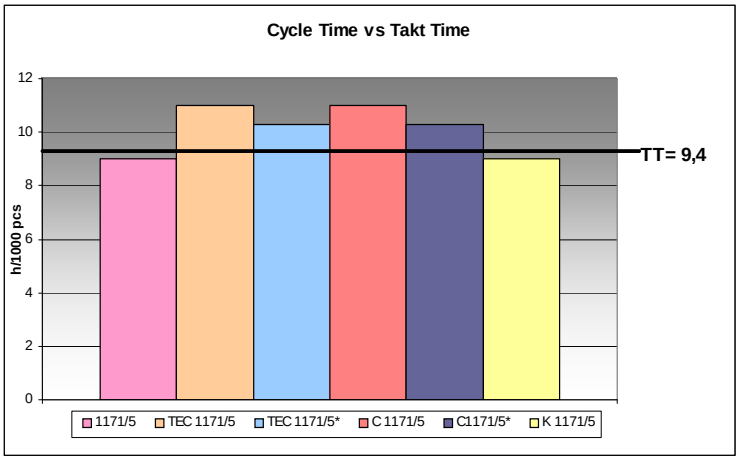


Gráfico 1 – Cycle time inicial versus Takt time

Considerando três postos de trabalho dedicados às referências acima consideradas à taxa de ocupação máxima durante uma semana, calculou-se o *takt time*, considerando o consumo total semanal. Podemos observar, no gráfico 1, que em algumas referências o *cycle time* é maior que *takt time* o que indica que a procura dessas referências não será satisfeita

Após o tratamento da informação recolhida estabeleceram-se objectivos a atingir baseados nos valores das métricas consideradas. Estes resultados podem ser observados nas tabelas 8 e 9 e no gráfico 2.

Tabela 8 – Resumo da situação final prevista

After	1.ª Op (h/1000)	2.ª Op (h/1000)	3.ª Op (h/1000)	Soma h/1000pcs	Cycle Time h/1000 pcs	Espaço m2	WIP pcs	WIP DOH	WIP €	Prod Time (hr)	OPH Pcs/day	Labour €	Produção Semanal	Produção Anual
1171/5	5,9	5,9	5,9	17,6	5,9	3,8	3	0,001	2	5	22	1373		
TEC 1171/5	8,5	8,5	8,5	25,5	8,5	3,8	3	0,001	2	19	61	5527		
TEC 1171/5 *	8,3	8,3	8,3	24,8	8,3	3,8	3	0,001	2	42	137	12184		
C 1171/5	7,5	7,5	7,5	22,6	7,5	3,8	3	0,001	2	5	18	1437		
C 1171/5*	7,3	7,3	7,3	21,9	7,3	3,8	3	0,001	2	15	57	4430		
K 1171/5	6,8	6,8	6,8	20,5	6,8	3,8	3	0,001	2	13	50	3673		
							18	**0,004**	**9**	**99**	**344**	**28625**		

Tabela 9 – Lead time previsto após implementação do projecto

		Lead Time (horas)
LINHA BALANCEADA	1171/5	1,6
	TEC 1171/5	6,4
	TEC 1171/5 *	14,1
	C 1171/5	1,7
	C 1171/5*	5,1
	K 1171/5	4,2
		33,0

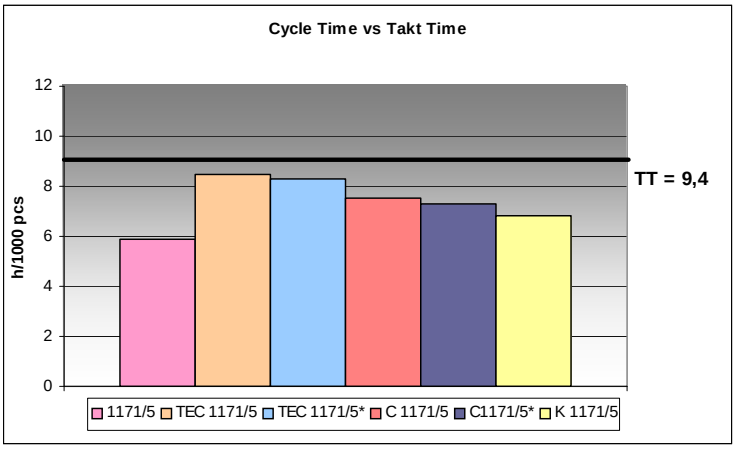


Gráfico 2 – Cycle time final versus Takt time

Na tabela 10 podem observar-se os objectivos estabelecidos no fim da análise à situação inicial.

Tabela 10 – Resumo dos objectivos do projecto

Objectivos		
Space Reduction		25%
WIP Reduction	pcs	99%
	DOH	99%
	€	99%
Lead Time Reduction		65%
Cycle Time Reduction		25%
Output / Head increase		0%
Labour Reduction €		0%

4.1.1.2 Gestão de materiais

A primeira análise no que diz respeito à gestão de materiais prendeu-se com o facto de nem todos os componentes utilizados na montagem destas referências serem específicos, quer isto dizer que podem ser utilizados noutras referências de tomadas que não da família Douro. Esta situação verifica-se nas duas primeiras operações, o que implica que o supermercado "Douro Tomadas" tenha de ser dimensionado apenas para os componentes dedicados a estas referências, enquanto que os materiais comuns a outras famílias ficam armazenados num supermercado mais abrangente, que seja orientado para um grupo diferente como seja o grupo "Tomadas".

Esta análise é importante, porque no caso dos componentes específicos de uma família só se tem de ter em conta os consumos destas referências, enquanto que para dimensionar um supermercado para todas as tomadas terá de se ter em conta todas as referências das tomadas produzidas na área.

Os kanbans existentes relativos à produção destas referências, eram kanbans da área de produção de componentes, o que não trazia problema algum, porque os kanbans da área de produção devem circular pela área de montagem e quando vazios voltar para a área de produção, de modo a que se faça o reabastecimento dos mesmos. Faltava definir porém, a quantidade de contentores que deveriam circular, porque muitas vezes se verificava excesso ou falta de material.

Outros componentes, não tinham sequer kanbans ou local de armazenamento na área de montagem, o que tornava muito difícil a sua gestão. Era difícil observar com facilidade quando estava a acabar um dado componente, devido à falta de identificação clara e visível do componente como do local onde deveria estar.

Os principais problemas identificados foram sem duvida o facto dos componentes não terem um local convenientemente identificado onde deveriam ficar até serem utilizados. Portanto era necessário dimensionar um supermercado e completar os kanbans, para que todos os componentes tivessem quantidades definidas e um local próprio de armazenamento.

4.1.2 Acções desenvolvidas e soluções adoptadas

Pode observar-se que o sistema de produção não estava definido conforme os objectivos do *Lean Manufacturing*, eram necessárias acções para fazer diminuir o *wip* e consequentemente o *lead time*, por outro lado o balanceamento das operações era urgente de modo a que a produção se aproximasse o mais possível do conceito *one piece flow*. Ao fazer este balanceamento anular-se-ia, ou pelos menos minimizar-se-ia o *bottleneck* o que melhora o fluxo de produção e maximiza a utilização dos recursos, já que minimiza tempos de espera entre postos e o *wip* entre operações, aumentando a capacidade de produção.

Através dos consumos normalizados das referencias em causa e, sabendo quantas unidades dos diferentes componentes eram necessárias à montagem das referencias, calcularam-se a quantidade de *kanban* desses componentes. Era agora necessário enquadrar essas quantidades no sistema de *kanbans* existente, fazendo cartões que seguissem a lógica já implementada.

As acções a desenvolver não têm de ser forçosamente sequenciais, acções que dizem respeito ao processo produtivo podem ser realizadas paralelamente a acções respeitantes à gestão de materiais.

Balanceamento de operações

A primeira acção foi realizada em duas etapas, a redistribuição dos componentes e consequentemente das tarefas com eles relacionadas, foi baseada em documentos onde constam os parciais de todas as operações. O seu tratamento levou a uma prospecção das normas que poderiam ser atingidas.

Por outro lado, tentou-se optimizar o processo em termos tecnológicos, o equipamento utilizado na altura baseava-se em máquinas de cravação que faziam apenas uma cravação de cada vez e que não sendo automatizadas, acarretavam para o processo muitos factores de variabilidade. Idealizaram-se duas máquinas automatizadas com jigs giratórios integrados, as quais, iriam permitir que a operadora pudesse usar o tempo das cravações para realizar outras tarefas da operação. O estudo referente a esta situação pode ser convenientemente analisado no Anexo C, ponto C2.

Construção da linha de montagem – junção dos postos

A junção dos postos de trabalho requeria, apenas, que as mesas fossem da mesma altura para que não houvesse desníveis na linha e que se mudassem as ligações eléctrica e do ar comprimido.

Estrutura que possibilita a implementação do *two bin system*

A estrutura que permitiria a implementação do *two bin system* foi projectada de forma a que coubessem no posto dois contentores de material, um atrás do outro. No caso de componentes grandes definiu-se um espaço cujo volume correspondesse ao recipiente em que os kanbans circulavam, de modo a que estivesse sempre disponível um contentor de material na linha, enquanto outro estaria no supermercado.

A solução encontrada baseou-se em superfícies em mdf que fossem montadas com alguma inclinação em relação ao plano horizontal da mesa, ou seja o tampo. Esta solução conferia uma maior profundidade, o que permitia o posicionamento de dois contentores um atrás do outro e o deslizamento do segundo contentor quando o da frente ficasse vazio e fosse retirado para reabastecimento.

O reabastecimento do material na linha é realizado sempre por trás da linha de montagem, a inclinação vai permitir que os contentores escorreguem até ficarem no local apropriado. Este sistema permite que a pessoa que reabastece nunca se movimente ao lado das operadoras o que evita qualquer tipo de paragem para reabastecimento de material. Os contentores vazios são colocados também atrás, de modo a que a pessoa que reabastece recolha os contentores, os reabastece e volte a colocá-los na linha quando cheios.

Realização de cartões Kanban

Fizeram-se cartões Kanban apenas para os componentes que necessitavam de ser pintados, ou seja as bases, que quando saem da área de produção são todas iguais, mas têm de ser diferenciadas conforme o modelo onde vão ser usadas. As quantidades necessárias para cada modelo são determinadas pela área WA/WD e como tal foi necessário fazer os cartões para esses componentes.

Para os outros componentes foram utilizados os contentores dos Kanbans da área de produção que estando identificados circulam na área de uma forma normalizada.

Definição de Supermercados

As quantidades dos vários componentes que ficam no supermercado foram definidas a partir de um ficheiro onde constam os consumos de produto final, os componentes que fazem parte desse produto e a quantidade necessária de cada componente para montar uma peça, deste modo foi fácil calcular a quantidade necessária de cada componente para produzir a quantidade de produto final. Utilizou-se uma base semanal para tratar esta informação. Após a definição destes valores, transferiram-se para um outro ficheiro onde se fez uma triagem de modo a perceber-se quais os componentes dedicados às tomadas Douro. Desta forma percebeu-se quais os componentes que ficariam no supermercado e as respectivas quantidades. Na tabela 11 pode observar-se um excerto dos resultados utilizados para chegar às quantidades de material que deveriam ficar no supermercado.

Tabela 11 – Excerto da tabela usada para o cálculo das quantidades no supermercado

Componente	Designação	Estatuto	Consumo Semanal	2 DIAS	1 DIA	Cap. Contentor	nº contentores
323142	PPF 3615						
326650	MOLA PMH 150	TDS fam.					
327320	ETIQ.						
332314	PFQ 314	TDS fam.					
4301520013	AB 52001	MECANISMOS	0	0	0	2000	2
4301520023	AB 52002	MECANISMOS	0	0	0	450	6
4301521023	AB 52102	DEDICADO	0	0	0	500	1
4301522013	AB 52201	DEDICADO	0	0	0	450	1
4301523013	AB 52301	DEDICADO	0	0	0	400	3

Os componentes dedicados somente às tomadas eram na sua maioria provenientes da área de produção, o que levou a que os kanbans utilizados fossem os dessa área, de forma que só se calcularam os contentores necessários nos supermercados para perfazer a produção de dois dias. Com este tipo de organização da informação é fácil calcular o número de contentores necessários à produção de uma semana ou de um dia apenas, caso se ache conveniente.

Definiu-se depois o tipo de prateleira utilizado nos supermercados e fizeram-se etiquetas identificativas dos espaços onde os contentores dos kanbans iriam ficar.

As prateleiras tinham a capacidade de armazenar a cada espaço dois contentores seguidos um atrás do outro, esta particularidade tem a ver com o sistema de kanbans que segue a linha do two bin systems, isto quer dizer que qualquer kanban era definido com dois contentores, um a ser utilizado e outro de reserva de modo a prevenir falhas de material. As etiquetas apenas indicam o espaço onde os contentores têm de ficar, assim no Anexo C, ponto C3, pode ver-se um exemplo dessas etiquetas.

Uma última observação deve ser apontada em relação aos supermercados. Estes foram definidos de modo a que o seu abastecimento fosse realizado pela parte detrás da prateleira, o que implica que as prateleiras tenham espaço atrás para que um porta paletes possa passar com o material a reabastecer, deste modo está sempre disponível um contentor de material na parte da frente da prateleira. É um sistema de FIFO, em que o primeiro contentor a entrar é o primeiro a sair.

Waterspider

Para definir um percurso para a pessoa que reabastece a linha de montagem, é necessário antes de tudo definir a matriz de reabastecimento.

Assim, construiu-se uma matriz onde constavam os componentes que circulam na linha de montagem, abrangendo todas as referências que aí são montadas, as horas de trabalho, a quantidade de cada componente para montar uma peça, a quantidade consumida por hora de cada componente, bem como a capacidade dos contentores em que os diferentes componentes estão disponíveis na linha. De forma a uniformizar a matriz de reabastecimento, a quantidade de peças montadas por hora foi determinada com base no número de peças que se conseguem montar por hora, da referência cuja capacidade de produção é maior. Da conjugação entre a quantidade consumida por hora e a capacidade dos diferentes contentores resultou a periodicidade em que estes têm de ser reabastecidos.

A matriz resultante pode ser observada no Anexo C no ponto C1.

Para que o *waterspider* consiga, com facilidade, perceber que componente deve colocar nos diferentes contentores, estes devem estar identificados para que aquando do seu percurso pegue nos contentores que estão atrás da linha e, estando eles vazios, consiga identificar que componente deve reabastecer. Apesar do *waterspider* ter documentado o percurso a fazer a cada hora, a gestão visual deve ser privilegiada. Para facilitar a gestão de materiais de diversas linhas, nas etiquetas utilizadas, além da referência do componente e a sua designação, constam a quantidade e o tempo de reabastecimento. No Anexo C, no ponto C3 pode observar-se um exemplo dessas etiquetas.

A definição do percurso do *waterspider* não foi realizada nesta altura. Preferiu-se definir um percurso geral que abrangesse toda a área, o que neste momento era impossível já que ainda não havia mais nenhuma linha de montagem.

4.1.3 Resultados e conclusões

O resultado mais flagrante aquando do início da implementação do projecto foi sem dúvida a redução drástica de *wip* relativo às tomadas da família Douro. Enquanto antes era frequente ver contentores cheios de peças meio montadas, sem local próprio, após a implementação todo o material relativo a estes produtos estava concentrado num só local e todo o material tinha local específico e identificado.

Houve uma mudança relativamente grande no *layout* da célula 6, como se pode observar na figura 5.

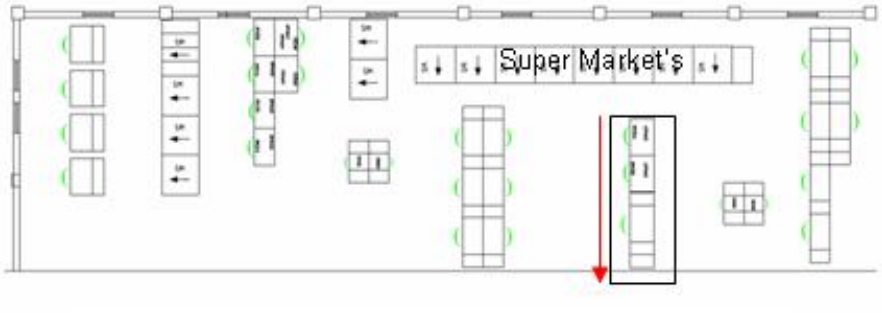


Figura 5 – Fluxo de produção depois da implementação

A estrutura projectada que permitiu a implementação do two bin system, foi sofrendo alterações durante o decorrer da sua construção. Estas alterações basearam-se sobretudo nas ideias provenientes da interacção com as operadoras, que sendo as verdadeiras utilizadoras da estrutura tiveram um grande contributo no resultado final que pode ser observado na Figura 7, (na Figura 6 pode observar-se a situação inicial da linha de montagem).

Figura 6 – Linha antes da implementação do Two Bin System

Figura 7 – Linha após implementação do Two Bin system

Os supermercados foram colocados paralelamente à parede de modo a que por trás houvesse espaço para o reabastecimento. Este foi o primeiro dos supermercados a estar nesta posição. Os pormenores deste supermercado podem ser observados na Figura 9, a Figura 8 ajuda a perceber as alterações efectuadas.

Figura 8 – Materiais ntes da implementação

Figura 9 – Supermercado Douro Tomadas

Após todas as alterações efectuadas seria de esperar que os resultados fossem como os perspectivados no que diz respeito às métricas que avaliam o processo. Alguns foram alcançados e outro não, por variadas razões que seguidamente se descrevem.

A redução do tempo de ciclo coincidentemente foi igual à prevista, porém estes tempos foram medidos numa altura em que a operação de montar os alvéolos de protecção, nos modelos que o integram, estava a ser realizada fora da linha, o que influencia sem dúvida a média do tempo de ciclo dos modelos. O objectivo é que estes componentes fossem montados na linha, porém por questões de qualidade tal não era possível nesse momento. As máquinas e os jigs projectados que ainda não foram implementados, trarão uma redução considerável ao tempo de ciclo, o que irá conduzir aos valores previstos na fase de análise.

Este equipamento, que pode ser observado no Anexo C no ponto C2, está ainda em fase de teste.

A implementação de melhorias de qualidade provocaram que o processo de montagem fosse alterado diversas vezes após a implementação do projecto. A fase de controle ficou portanto marcada por restrições que nada tinham a ver com o *Lean Manufacturing*, mas que condicionaram de alguma ou outra forma o desenvolvimento do projecto.

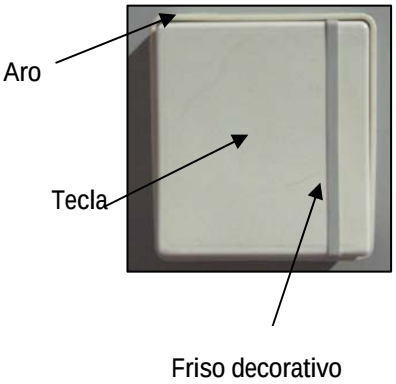
Os resultados atingidos podem ser avaliados recorrendo mais uma vez às métricas que avaliam o que já se conseguiu e o que ainda há a atingir. Na tabela 12 podem ser observados os resultados aquando do terminus do estágio.

Tabela 12 – Resultados após implementação

	Resultados		
Space Reduction	**1,25**	m2	**25%**
WIP Reduction	**3100**	pcs	**82%**
	3,9	DOH	**82%**
	3200	€	**82%**
Lead Time Reduction	**55**	hr	**56%**
Cycle Time Reduction	**2,7**	hr/1000pcs	**27%**
Output / Head increase	**0**	pcs/dia	**0%**
Labour Reduction €	**0**	€	**0%**

As apresentações de *Lean Manufacturing* relativas a este projecto podem ser consultadas no Anexo C ponto C4.

4.2 WD Douro Mecanismos



Os mecanismos da série Douro são também salientes, adaptáveis a sistemas de canalização. As teclas, ergonómicas, são decoradas por um friso, normalmente cinza claro ou branco, mas existem outras cores que podem ser aplicadas.

4.2.1 Análise da Situação Inicial

Os produtos pertencentes ao grupo mecanismos da família Douro consistem basicamente em interruptores, botões, comutadores e inversores. A designação diferente prende-se com características específicas dos produtos.

São produzidos onze tipos de mecanismos desta família, mas as referências a eles associadas são imensas, devido às variações que podem haver. Por exemplo, as diferentes pinturas que as teclas podem ter, são um factor multiplicador de referências.

Os tipos de mecanismos são caracterizados pelo esquema de ligações eléctricas. Cada modelo tem um esquema diferente que leva a que não só os componentes (contactos e terminais) da base do mecanismo variem, mas também o seu posicionamento na base.

4.2.1.1 Processo Produtivo

O processo produtivo dos mecanismos consiste em duas operações, a montagem da base e em seguida tapar a base e embalar o produto final.

As operações têm ligeiras variações de modelo para modelo, dependendo dos componentes utilizados em cada um. A operação que varia mais é a primeira, já que nela são montados os contactos e terminais conforme os esquemas de ligações específicos.

A primeira operação consiste em montar os contactos e terminais conforme o esquema de ligações associado ao modelo, seguida da montagem dos componentes que vão permitir o movimento basculante das teclas. A segunda operação consiste em montar os componentes exteriores, visíveis, onde a base fica envolvida de que fazem parte as teclas, que é o componente que se pressiona para fazer passar corrente nos contactos e/ou terminais.

Neste processo produtivo não é necessário qualquer equipamento específico, consiste apenas em montagem manual dos componentes. Os únicos modelos que necessitam de jig de montagem são os modelos com lâmpada.

Na Figura 10 pode observar-se o fluxo de produção na situação inicial.

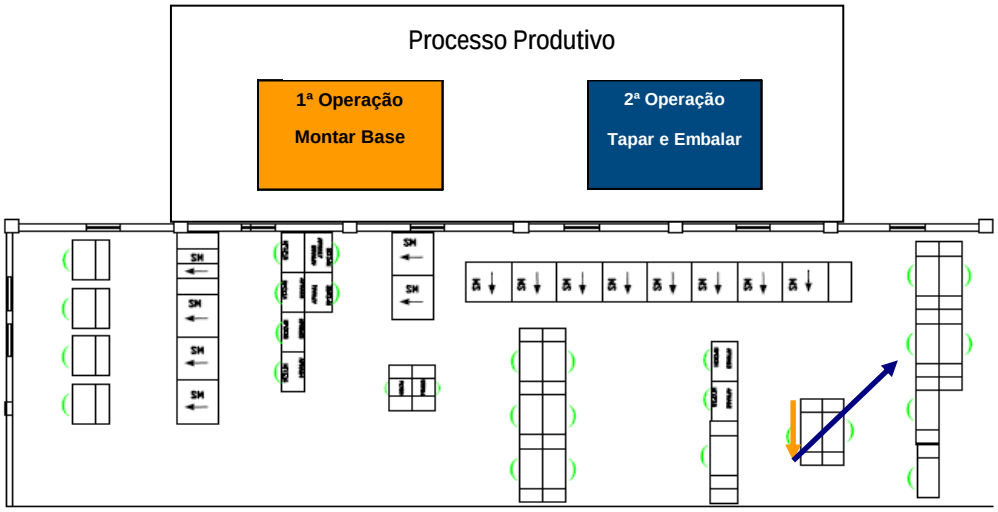


Figura 10 – Processo Produtivo e fluxo de produção inicial

Ao observar a figura percebeu-se que as operações estavam separadas fisicamente e analisando o processo produtivo conclui-se que nada restringia a sua junção, visto que questões que se prendessem com equipamento não eram problema aparente.

Fez-se um levantamento de todos os componentes que integravam o processo produtivo e em que operação eram solicitados, de forma a perceber inteiramente o modo operatório. Registaram-se as normas, o *wip* e os consumos de produto final na situação inicial, para fazer o cálculo das métricas que avaliam o processo. Esta análise foi então resumida nas tabelas 13 e 14 e no gráfico 3, onde se pode observar o estado inicial do processo.

Tabela 13 – Resumo da situação inicial

Before	1.ª Op	2.ª Op	Soma h/1000pcs	Cycle Time h/1000 pcs	Espaço m2	Wip Peaces	Wip DOH	Wip €	Prod Time (hr)	OPH Pcs/day	Labour	Produção Semanal	Produção Anual
1171	8,3	8	16,3	8,3	5	500	0,08	125,00	38,31	149,71	10627,34		
1171/1	13,2	9,2	22,4	13,2	5	400	0,06	100,00	31,36	89,19	8700,52		
1171/2	10,7	8	18,7	10,7	5	300	0,05	75,00	32,73	111,48	9079,22		
1171/3	14,2	8	22,2	14,2	5	20	0,00	5,00	2,22	6,37	615,92		
1171/4	16,8	10,8	27,6	16,8	5	10	0,00	2,50	1,38	3,19	382,87		
1171/6	10	8	18	10	5	30	0,00	7,50	4,50	15,93	1248,48		
1171/6L	16	7,8	23,8	16	5	30	0,00	7,50	10,71	28,67	2971,38		
1171/2D	20	9,2	29,2	20	5	20	0,00	5,00	4,38	9,56	1215,19		
						1310	**0,20**	**327,50**	**125,6**	**414**	**34841**		

Tabela 14 – Lead time da siruação inicial

		Lead Time (horas)	
		Lotes	Linha não balanceada
LINHA BALANCEADA	1171	38,3	19,5
	1171/1	31,4	18,5
	1171/2	32,7	18,7
	1171/3	2,2	1,4
	1171/4	1,4	0,8
	1171/6	4,5	2,5
	1171/6L	10,7	7,2
	1171/2D	4,4	3,0
		125,6	71,7

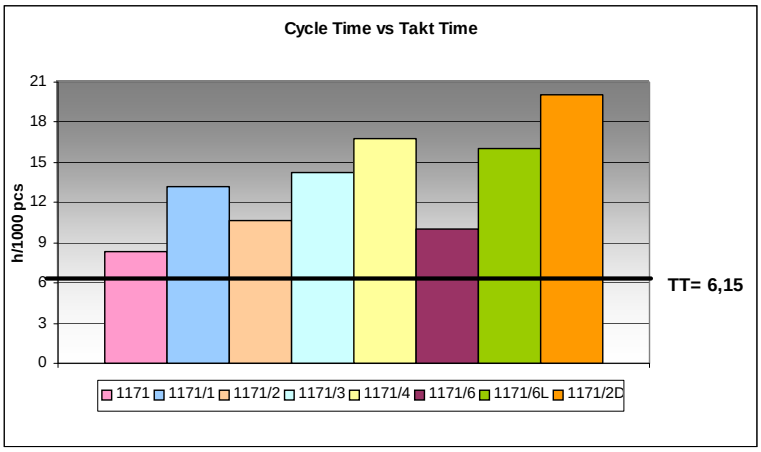


Gráfico 3 – Cycle Time versus Takt Time

Ao observar a Tabela 14, verificamos que numa semana não é possível produzir as quantidades consumidas, já que uma semana tem 40 horas de produção e são necessárias mais de 70. Esta situação verifica-se se só tivermos disponível uma linha de produção. O *takt time* calculado corrobora esta conclusão, visto que em nenhum modelo de mecanismo o *cycle time* é inferior ao *takt time*, o que revela a falta de capacidade de resposta aos consumos dos clientes.

Como a diferença é muito acentuada, à partida nem mesmo com as reduções de *cycle time* os consumos serão satisfeitos. Estas conclusões levaram a que a hipótese de fazer duas linhas de montagem seria a mais adequada. Após o tratamento da informação e estudos relativos ao processo verificaram-se os possíveis ganhos e estabeleceram-se objectivos. No mesmo formato da análise da situação inicial, compilaram-se as perspectivas nas tabelas 14 e 15, e no gráfico 4.

Tabela 15 – Resumo das perspectivas da situação final

After	1.ª Op	2.ª Op	Soma h/1000pcs	Cycle Time h/1000 pcs	Espaço m2	Wip Peaces	Wip DOH	Wip €	Prod Time (hr)	OPH Pcs/day	Labour	Produção Semanal	Produção Anual
1171	8	8	16	8	5	5	0,00	1,25	37,60	147,57	10431,74		
1171/1	10,2	12,2	22,4	12,2	5	5	0,00	1,25	34,16	87,91	9477,35		
1171/2	9	9	18	9	5	5	0,00	1,25	31,50	109,89	8739,36		
1171/3	11,2	11	22,2	11,2	5	5	0,00	1,25	2,24	6,28	621,47		
1171/4	13,8	13,8	27,6	13,8	5	5	0,00	1,25	1,38	3,14	382,87		
1171/6	9	9	18	9	5	5	0,00	1,25	4,50	15,70	1248,48		
1171/6L	11	12,8	23,8	12,8	5	5	0,00	1,25	11,52	28,26	3196,11		
1171/2D	15	14,2	29,2	15	5	5	0,00	1,25	4,50	9,42	1248,48		
						40	0,01	10,00	127,4	408	35346		

Tabela 16 – Previsão do lead time final

		Lead Time (horas)
LINHA BALANCEADA	1171	18,8
	1171/1	17,1
	1171/2	15,8
	1171/3	1,1
	1171/4	0,7
	1171/6	2,3
	1171/6L	5,0
	1171/2D	2,3
		62,9

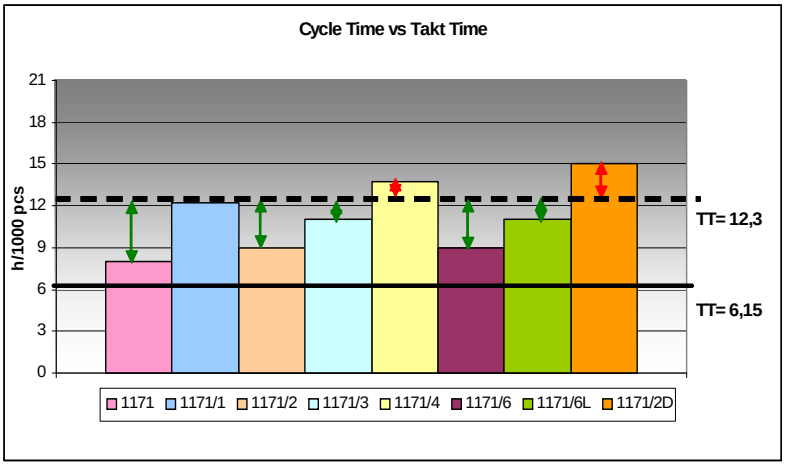


Gráfico 4 – Cycle time versus Takt Time

Pode observar-se na Tabela 15 que mesmo com a redução de *cycle time* perspectivada, o tempo de produção do consumo semanal apurado, para cada modelo, excede as 40 horas semanais.

No Gráfico 4, a linha a cheio marca o *takt time* correspondente a uma linha de produção, o *cycle time* de todos os modelos situa-se acima dessa linha, o que transmite que a procura desses modelo não seria satisfeita se o mix de produção for calculado com recurso apenas a uma linha.

A linha a tracejado marca o *takt time* recorrendo a duas linhas de produção, é naturalmente o dobro já que para o mesmo consumo se disponibiliza o dobro do tempo, 80 horas semanais. Porém o *cycle time* de dois modelos ainda se situa acima do *takt time*. Como a segunda linha não estaria a ser utilizada na sua capacidade máxima, ou melhor dizendo, como o tempo disponibilizado não seria totalmente ocupado, como se pode observar na tabela 15, a procura, desde que se mantenha constante, dessas duas referências será sempre satisfeita. A comparação do *takt time*, usando duas linhas, permite conclusões claras quando se observa o gráfico 4. Pode observar-se que recorrendo a duas linhas, o *cycle time* da maioria dos modelos se situa bem abaixo do *takt time*. Esta "folga" permite flexibilidade no cálculo do mix de produção, já que no tempo que estaria destinado a esses modelos pode produzir-se outros modelos cujo *cycle time* está acima do *takt time.*

Pode concluir-se, neste momento, que para satisfazer os consumos utilizados nesta análise seriam necessárias duas linhas de montagem a funcionar conforme o perspectivado na Tabela 15, de modo a atingirem os objectivos delineados que podem ser analisados na Tabela 16.Na Tabela 17 pode observar-se os objectivos propostos atingir com este projecto.

.

Tabela 17 – Objectivos do projecto Douro Mecanismos

Objectivos	
Space Reduction	25%
WIP Reduction	97%
	97%
	97%
Lead Time Reduction	50%
Cycle Time Reduction	15%
Output / Head increase	0%
Labour Reduction	0%

4.2.1.2 Gestão de materiais

À semelhança dos procedimentos levados a cabo no projecto Douro Tomadas, também neste projecto a primeira abordagem à gestão de materiais prendeu-se com a distinção dos componentes utilizados nos diferentes modelos de mecanismos, em específicos ou não. Para um correcto dimensionamento do supermercado é extremamente importante saber se os componentes são apenas utilizados nas referências em análise.

Dessa análise resultou a triagem que permitiu focalizar a atenção para apenas alguns componentes. Identificaram-se depois aqueles que já tinham *kanban* e procedeu-se ao cálculo das quantidades dos *kanbans* que não existiam.

Nesta altura, pôde calcular-se quantidades de *kanbans* que também iriam ser utilizados na gestão de materiais das tomadas da família Douro, dado serem comuns tanto às tomadas, como aos mecanismos.

Assim, para o cálculo das quantidades dos *kanbans* foi utilizada a Tabela 18.

Tabela 18 – Excerto da tabela usada para cálculo das quantidades de kanban

Componente	Necessidade	Cap. Contentor	Quant.Kanban	Nº Contentores	Tipo
M08019	420	300	300	2	20 l
M08020	250	300	300	2	20 l
TA- 5200706C	50	300	200	2	20 l
TA- 5201003C	50	300	200	2	20 l
TA - 5291003G	50	300	200	2	20 l
TA- 5201003T	100	300	200	2	20 l
TA- 5201006C	50	300	200	2	20 l
TA- 5201006G	50	300	200	2	20 l
1171 L	150	300	300	2	20 l
1171 S	50	300	300	2	20 l
1171-01I	420	1000	1000	2	60 l
1171/1-01I	50	300	300	2	20 l
1171/2-01I	390	300	600	4	20 l
1171/2D-01I	70	300	300	2	20 l

Depois de calculadas todas as quantidades dos *kanbans* que não existiam, calculou-se o número de contentores pertencentes ao *kanbans* da área de produção que iriam ser armazenados no supermercado específico dos mecanismos da família Douro. Assim foi possível finalizar o dimensionamento desse mesmo supermercado.

A transição dos materiais do supermercado para a linha de montagem é muito importante, já que não pode haver falhas de materiais, sob pena da linha inteira parar por falta de um componente.

O plano de reabastecimento à linha documenta essa transição. Este plano não passa de uma matriz onde está sinalizada a periodicidade de reabastecimento de cada componente, esta matriz define o percurso do waterspider. A matriz de reabastecimento da linha Douro Mecanismos pode ser observada na no Anexo D, ponto D1.

Na construção desta matriz foram considerados todos os componentes que podem ser utilizados em todas as referências produzidas nesta linha. Considerou-se para o cálculo da quantidade de componentes consumidos por hora, a quantidade de peças que se conseguem produzir na referência com maior capacidade de produção, ou seja aquela cujo *cycle time* é menor. Assim a periodicidade de reabastecimento é perspectivada com base no maior consumo possível de componentes por hora, já que não havendo falta de material na situação de maior consumo, de certo também não haverá nas situações de menor consumo.

Neste momento estão definidas todas as acções a implementar no que diz respeito à gestão de materiais.

4.2.2 Acções desenvolvidas e soluções adoptadas

No sentido de minimizar os problemas identificados na fase de análise e atingir os objectivos delineados estabeleceu-se um plano de acções à semelhança do tinha acontecido com o projecto WD Douro Tomadas.

Estas acções visam a implementação de um fluxo de produção organizado o mais próximo possível do *one piece flow*, a implementação do *two bin system* e completar o sistema de *kanbans*.

Na fase de análise perspectivou-se a construção de duas linhas de montagem, mas por questões estratégicas apenas foi realizada a implementação de uma linha.

Balanceamento de operações

Neste caso o balanceamento de operações passou apenas pela redistribuição dos componentes pelos postos de trabalho, de modo a que as normas das duas operações se aproximassem o mais possível, eliminando ou minimizado ao menos o *bottleneck*.

Este estudo é necessário também para o projecto da estrutura inclinada, já que é preciso saber quantos e que tipo de contentores ou espaços têm de existir em cada posto.

Construção da linha de montagem

A primeira tarefa a ser realizada foi a junção dos postos de trabalho em linha, as mesas tinham de ser exactamente iguais em altura para que não houvesse desníveis.

Foi necessário projectar uma estrutura que conferisse maior profundidade aos postos de trabalho para que coubessem dois contentores de material igual, um atrás do outro, para implementar o *two bin system*.

Esta estrutura deveria ser ligeiramente inclinada em relação ao plano horizontal da mesa para que os contentores deslizassem ao encontro da operadora e esta não tivesse de se levantar para ir buscar material. Numa variação ao *two bin system*, para os componentes de maior volume, projectaram-se espaços onde caberia o volume de um contentor *kanban*, a

filosofia é a mesma: enquanto um contentor está na linha a ser usado o outro está no supermercado, ou mesmo atrás da linha na direcção do local onde está o material, para que quando houver necessidade de reabastecimento a esse espaço seja só necessário pegar no contentor e despejar as peças. A estrutura nasce sempre de uma superfície inclinada que varre a linha toda, por forma a que os contentores com as peças e noutros casos as peças deslizem de encontro à operadora e nessa superfície vão nascendo as divisões projectadas. Na parte de trás, ou lateral, existe uma calha para se posicionarem os contentores vazios de modo a que quem está a reabastecer perceba com facilidade a necessidade de reabastecimento.

Há a preocupação de versatilizar ao máximo os postos de trabalho dado serem produzidos muitos modelos diferentes, que requerem diferentes quantidades de material e consequentemente, um número diferente de contentores e espaços.

Implementação do supermercado

Primeiro procedeu-se à escolha do local e das prateleiras mais indicadas para armazenar o material. Uma vez no local escolhido, passou-se à configuração das prateleiras conforme os espaços necessários para os diferentes materiais, tendo sempre em conta o facto dos materiais mais pesados ficarem em baixo, para que a sua mobilidade seja facilitada. A última fase foi a identificação das prateleiras com etiquetas próprias onde constam a referência e designação do componente, bem como o supermercado a que pertencem. Assim os espaços ficam identificados favorecendo a gestão visual. No Anexo D, ponto D3 pode consultar-se um exemplo das etiquetas identificativas utilizadas.

Cartões kanbans

No seguimento do sistema de *kanbans* existente, foram criados cartões, utilizando os cálculos efectuados na fase de tratamento de informação. Dependendo dos contentores a utilizar, criaram-se os cartões correspondentes. No Anexo D, ponto D3 estão exemplos dos diferentes cartões.

Waterspider

Para a correcta implementação de um *waterspider* é necessário que os contentores que estão na linha de montagem e os espaços criados para os componentes estejam devidamente identificados. A cada contentor corresponde um dado componente, ao pegar no contentor para o encher de material a pessoa necessita de saber que componente deve reabastecer.

A implementação do *waterspider* só vai ser realizada quando todos os projectos estiverem implementados, já que o percurso de reabastecimento vai englobar toda a célula 6. Nessa altura os contentores devem estar identificados, já que a pessoa vai reabastecer várias linhas e consequentemente vários contentores. Desta forma sabe sempre a quantidade e o que deve colocar no contentor.

4.2.3 Resultados e conclusões

Este projecto foi implementado com sucesso.

Embora se tivesse estudado a construção de duas linhas, durante as fases de implementação e controlo confirmou-se que uma linha era suficiente para satisfazer a procura.

Como foi anteriormente explicado os estudos do consumo de produto final baseiam-se numa média simples, que está sujeita a erros que não são considerados nas perspectivas.

A construção da segunda linha só tinha sido considerada para corresponder à possível procura dos clientes, já que esta é apenas a repetição da primeira. De uma forma empírica verificou-se que os consumos são menores em relação aos considerados, logo os resultados corresponderam ao perspectivado, e os objectivos foram atingidos, tanto a nível de processo, como a nível de gestão de materiais.

Após a implementação verificou-se um decréscimo acentuado de *wip*, o fluxo de produção, estava de acordo com os princípios de *Lean Manufacturing*, *one piece flow*. O estado final do fluxo de produção pode ser observado na figura 11.

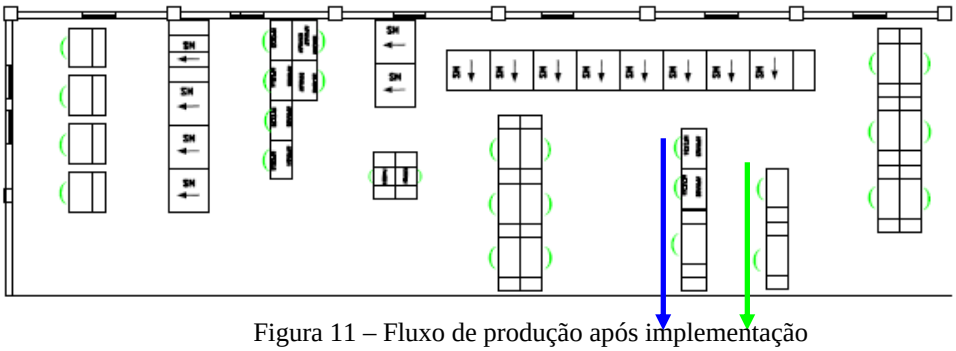


Figura 11 – Fluxo de produção após implementação

O *two bin system* foi implementado com sucesso e melhorou o processo produtivo bem como a gestão de materiais na linha de montagem. As falhas de material deixaram de existir e as operadoras trabalham, neste momento, continuamente e o produto final sai numa cadência constante, o que favorece muito a gestão da produção do mesmo. As diferenças entre os estados inicial e final, no que diz respeito à linha de montagem, podem ser observadas nas figuras 12 e 13.

Figura 12 – Antes da implementação do two bin system na linha

Figura 13 – Depois da implementação do two bin system na linha

Relativamente ao supermercado e ao sistema de *kanbans*, estes trouxeram melhorias no que diz respeito à organização dos materiais e, as ocorrências de falta de componentes, que baixaram muito. Os materiais passaram a ter um local de armazenamento bem definido, o que contribuiu para acabar com os desperdícios de tempo a procurar material, já que se não estivesse no supermercado era sinal que não havia. A gestão visual e o sistema de *kanbans* completo vieram melhorar muito a gestão de materiais. Nas figuras 14 e 15 podem ver-se as alterações efectuadas.

Figura 14 – Local dos materiais antes da implementação do projecto

Figura 15 – Supermercado Douro Mecanismos

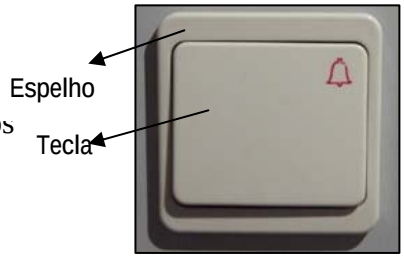
Na Tabela 19 podem ser observados os resultados da implementação do projecto WD Douro Mecanismos.

Tabela 19 – Resultados da implementação do projecto WD Douro Mecanismos

	Resultados		
Space Reduction	**0**	m2	**0%**
WIP Reduction	**1270**	pcs	**97%**
	0,20	DOH	**97%**
	318	€	**97%**
Lead Time Reduction	**62,7**	hr	**50%**
Cycle Time Reduction	**2,3**	hr/1000pcs	**17%**
Output / Head increase	**0**	pcs/dia	**0%**
Labour Reduction	**0**	€	**0%**

4.3 WD Algarve Mecanismos

A série Algarve é uma das mais antigas, é muito comum vermos mecanismos desta série em variados locais. É funcional, de formas suaves, mas robusta.



4.3.1 Análise da Situação Inicial

4.3.1.1 Processo produtivo

No caso dos mecanismos desta família o processo produtivo consiste em três operações ao contrário do que se passa com os mecanismos Douro.

É necessário fazer um ensaio eléctrico ao conjunto montado na primeira operação, ou seja ao interior do mecanismo.

As três operações estavam, inicialmente, separadas fisicamente o que levava a muitos movimentos de *wip* pela área de produção, como se pode observar na Figura 16.

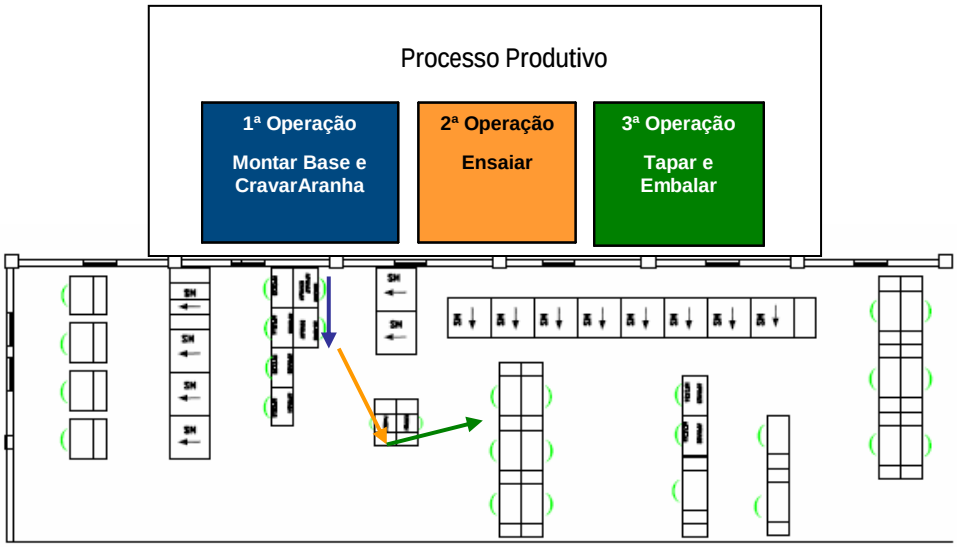


Figura 16 – Processo produtivo e fluxo de produção inicial

A primeira operação consiste em montar os contactos e terminais na base conforme o esquema de ligações eléctricas de cada modelo, montar a chave que confere a característica basculante das teclas e cravar a aranha que suporta o espelho.

A segunda operação consiste em fazer um ensaio eléctrico de modo a perceber se o circuito eléctrico está a funcionar.

A terceira operação consiste em montar as garras, que vão encaixar na parede aquando da instalação, embalar o conjunto com a tecla ou teclas correspondentes incluídas.

Na situação inicial este processos estavam separados. Numa primeira fase estudou-se como seria o processo ao juntar os postos de trabalho. Consideraram-se apenas duas operações sendo que a operadora que realizava a terceira operação faria também o ensaio provocando a sua deslocação entre os dois postos. O fluxo continuaria a formar muito *wip*, porque o ensaio só seria realizado quando houvesse uma quantidade considerável de peças vindas da primeira operação, já que esta segunda operação era muito rápida em relação ás restantes.

A terceira operação só seria iniciada quando as peças estivessem todas ensaiadas. Esta situação provocava muitas perdas de tempo na movimentação das peças entre postos. Nas tabelas 19 e 20 e no gráfico 5 estão os resultados da análise inicial, há que ressalvar que foram consideradas apenas duas operações visto serem precisas apenas duas pessoas para montar o produto final, as normas das duas operações foram somadas, sendo a 2ª operação composta pelas duas operações, "ensaiar" e "tapar e embalar".

Os modelos que apresentam a abreviatura "Esp" têm integrado o componente espelho cuja montagem altera muito a norma da 2ª operação.

Tabela 19 – Resumo da situação inicial

Before	1.ª Op	2ª Op	Soma h/1000pcs	Cycle Time h/1000 pcs	Espaço m2	WIP pcs	WIP DOH	WIP €	Prod Time (hr)	OPH Pcs/day	Labour €	Produção semanal	Produção Anual
137	10,5	12,83	23,3	12,8	7,2	2000	0,40	740	34,02	88,24	9439,32		
137/1	13	12,83	25,8	13,0	7,2	1200	0,24	444	21,09	49,42	5852,46		
137/2	12,5	12,83	25,3	12,8	7,2	1200	0,24	444	19,21	45,89	5329,23		
137/4	15,5	12,83	28,3	15,5	7,2	250	0,05	93	4,96	10,59	1375,48		
137/6	11,9	12,83	24,7	12,8	7,2	300	0,06	111	2,89	7,06	800,46		
137/6C	11,9	12,2	24,1	12,2	7,2	200	0,04	74	2,81	7,06	780,07		
137/6D	23,5	15,5	39,0	23,5	7,2	150	0,03	56	2,28	3,53	631,18		
137/6L	15,6	12,33	27,9	15,6	7,2	200	0,04	74	8,15	17,65	2260,10		
137/2D	20	14,03	34,0	20,0	7,2	300	0,06	111	9,93	17,65	2753,71		
137 Esp	10,5	17,83	28,3	17,8	7,2	200	0,04	74	6,61	14,12	1833,97		
137/1 Esp	13	19,03	32,0	19,0	7,2	200	0,04	74	7,47	14,12	2073,49		
137/2 Esp	12,5	17,83	30,3	17,8	7,2	200	0,04	74	3,54	7,06	981,72		
137/6C Esp	11,9	17,2	29,1	17,2	7,2	150	0,03	56	3,40	7,06	941,91		
137/6L Esp	15,6	17,93	33,5	17,9	7,2	150	0,03	56	5,87	10,59	1627,95		
						6700	**1,35**	**2479**	**132,21**	**300**	**36681**		

Tabela 20 – Lead time inicial

	Lead Time (horas)	
	Lotes	Linha não balanceada
137	34,0	15,3
137/1	21,1	10,5
137/2	19,2	9,7
137/4	5,0	2,2
137/6	2,9	1,5
137/6C	2,8	1,4
137/6D	2,3	1,4
137/6L	8,1	4,6
137/2D	9,9	5,8
137 Esp	6,6	4,2
137/1 Esp	7,5	4,4
137/2 Esp	3,5	2,1
137/6C Esp	3,4	2,0
137/6L Esp	5,9	3,1
	132,2	**68,2**

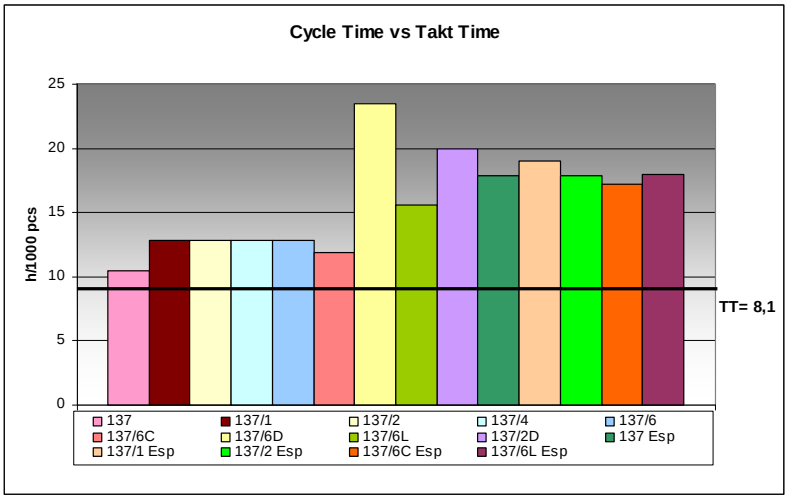


Gráfico 5 – Cycle time inicial versus Takt time

Da observação da Tabela 20 e do Gráfico 5 conclui-se que as quantidades de produção usadas nos estudos não seriam satisfeitos na situação inicial, visto o tempo de produção, por semana, ultrapassar largamente as 40 horas semanais disponíveis. É claro que o *cycle time* se situa acima do *takt time* em todas os modelos estudados. Perante esta análise, ou se conseguia reduzir muito o *cycle time* ou se optaria por duas linhas de montagem. Procedeu-se então ao estudo de redução de *cycle time*.

No sentido de minimizar os movimentos da segunda operadora e tornar o fluxo condizente com o conceito de *one piece flow* estudou-se a hipótese de integrar o ensaio eléctrico no segundo posto de trabalho. Nesta situação a segunda operadora receberia o conjunto montado no primeiro posto, ensaiava o conjunto e procedia à realização da antiga terceira operação, quer isto dizer que se juntava fisicamente a segunda e terceira operações num só posto de trabalho. O fluxo tornar-se-ia em *one piece flow*.

Nesta fase, estudou-se o tempo poupado em movimentos de um posto para o outro, o que resultou numa diminuição do *cycle time*. As perspectivas dos valores das métricas alcançados com esta modificação, com a implementação do *two bin system* e com a redistribuição de tarefas nos postos podem ser observadas nas tabelas 21 e 22 e no gráfico 6.

Tabela 21 – Perspectivas da situação final

After	1.ª Op	2ª Op	Soma h/1000pcs	Cycle Time h/1000 pcs	Espaço m2	WIP pcs	WIP DOH	WIP €	Prod Time (hr)	OPH Pcs/day	Labour €	Produção semanal	Produção Anual
137	10,5	11,43	21,9	11,4	5,75	5	0,001	2	33,34	85,98	9249,16		
137/1	13	11,43	24,4	13,0	5,75	5	0,001	2	21,23	48,15	5890,98		
137/2	12,5	11,43	23,9	12,5	5,75	5	0,001	2	18,96	44,71	5259,80		
137/4	12,4	14,53	26,9	14,5	5,75	7	0,001	3	5,09	10,32	1410,92		
137/6	11,9	11,43	23,3	11,9	5,75	2	0,000	1	2,78	6,88	770,36		
137/6C	11,9	10,8	22,7	11,9	5,75	3	0,001	1	2,78	6,88	770,36		
137/6D	17,4	20,2	37,6	20,2	5,75	8	0,002	3	2,36	3,44	653,83		
137/6L	15,6	10,93	26,5	15,6	5,75	10	0,002	4	9,10	17,20	2524,70		
137/2D	13,9	18,63	32,5	18,6	5,75	10	0,002	4	10,87	17,20	3015,08		
137 Esp	10,5	16,43	26,9	16,4	5,75	10	0,002	4	7,67	13,76	2127,22		
137/1 Esp	13	17,63	30,6	17,6	5,75	10	0,002	4	8,23	13,76	2282,59		
137/2 Esp	12,5	16,43	28,9	16,4	5,75	10	0,002	4	3,83	6,88	1063,61		
137/6C Esp	11,9	15,8	27,7	15,8	5,75	10	0,002	4	3,69	6,88	1022,83		
137/6L Esp	15,6	16,53	32,1	16,5	5,75	5	0,001	2	5,79	10,32	1605,13		
						100	**0,02**	**37**	**135,69**	**292**	**37647**		

Tabela 22 – Lead time final previsto

		Lead Time (horas)
LINHA NÃO BALANCEADA	137	16,7
	137/1	10,6
	137/2	9,5
	137/4	2,5
	137/6	1,4
	137/6C	1,4
	137/6D	1,2
	137/6L	4,6
	137/2D	5,4
	137 Esp	3,8
	137/1 Esp	4,1
	137/2 Esp	1,9
	137/6C Esp	1,8
	137/6L Esp	2,9
		67,8

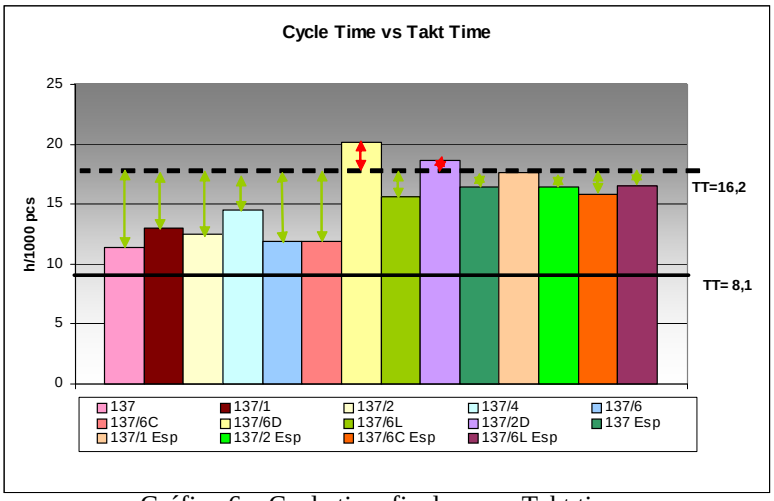


Gráfico 6 – Cycle time final versus Takt time

Da observação das tabelas e do gráfico, pode perceber-se que se consegue uma redução de *cycle time*, mas que não é suficiente para conseguir satisfazer os consumos. O tempo de produção perspectivado é menor do que o inicial, mas continua a ser necessária uma segunda linha de montagem para que os consumos sejam satisfeitos.

No gráfico 6 pode observar-se na linha a cheio o *takt time* com uma linha de montagem e a tracejado o *takt time* com duas linhas de montagem. Com duas linhas de montagem nem todos os modelos têm um *cycle time* que se situe abaixo do *takt time*. Outros têm um *cycle time* bem abaixo deste valor, o que indica que a produção dos modelos cujo *cycle time* está acima, pode ser realizada "na diferença de tempo entre o *cycle time* e o *takt time* dos modelos cujo *cycle time* esta abaixo do *takt time*". Rapidamente se percebe essa possibilidade, observando o tempo de produção com duas de linhas de montagem já que é bastante inferior a 80 horas.

Foram definidos desta forma os objectivos no que diz respeito ao processo produtivo dos mecanismos desta família, que podem ser observados na tabela 23.

Tabela 23 – Objectivos do projecto WD Algarve Mecanismos

Objectivos	
Space Reduction	20%
WIP Reduction	95%
	95%
	95%
Lead Time Reduction	50%
Cycle Time Reduction	10%
Output / Head increase	0%
Labour Reduction	0%

4.3.1.2 Gestão de materiais

Numa análise semelhante à realizada nos projectos já apresentados, a primeira análise a ser realizada, no que diz respeito à gestão de materiais, prendeu-se com a distinção entre os componentes que eram apenas utilizados na montagem dos produtos em questão neste projecto.

Após esta análise, verificou-se que todos os componentes dedicados a estes produtos eram fabricados na área de produção de componentes. Porém, nos componentes pintados, havia a necessidade de definir quantidades de *kanban*, já que apenas se pintavam os necessários para o consumo de cada referência. Os restantes *kanbans* utilizados pertenciam à área de produção de componentes. Como cada contentor estava dimensionado para uma dada quantidade de peças, seria preciso fazer o cálculo do número de contentores de cada *kanban* necessário no supermercado e definir esses espaços com etiquetas identificativas. Estas seriam, naturalmente, utilizadas para definir os espaços para os novos *kanbans* criados, afim de completar o sistema de *kanbans* respeitante às referências dos mecanismos Algarve.

No sentido de optimizar a transição dos materiais do supermercado para a linha ou linhas de montagem, procedeu-se à realização da matriz de reabastecimento que ditaria o percurso do *waterspider*, no que diz respeito ao reabastecimento da linha de montagem Algarve Mecanismos. A matriz de reabastecimento resultante do estudo pode ser observada no Anexo E, ponto E1.

4.3.2 Acções desenvolvidas e soluções adoptadas

Da análise anteriormente exposta resultou um plano de acções no intuito de alcançar os objectivos definidos.

Construção da primeira linha de montagem

Para se realizar o balanceamento das operações definido na fase de tratamento da informação, foi necessário juntar as operações fisicamente. O primeiro resultado foi uma linha constituída por três postos, condizente com o processo produtivo analisado na situação inicial.

Conforme se conclui, a integração de um posto de ensaio no segundo posto da linha seria muito vantajoso no sentido de alcançar os objectivos delineados. A primeira situação a considerar foi o número de postos de ensaio disponível e as características de cada um deles. Chegou-se à conclusão que apenas existiam dois equipamentos de ensaio preparados para fazer o ensaio aos mecanismos Algarve e apenas um deles estava preparado para ensaiar modelos com lâmpada. Isto era indicativo que os dois equipamentos de ensaio eram necessários na montagem de todos os modelos. Considerando apenas estas restrições não se avistava problema algum em afectar cada um desses equipamentos a uma linha de montagem, das duas que se tinham previsto preparar. Porém outra restrição muito importante tinha de ser considerada, os postos de ensaio eram também utilizados para ensaiar mecanismos da família Sintra 65, o que se apresentou como um problema complicado.

O projecto relativo à família Sintra 65 não tinha sido ainda abordado, mas mesmo que apenas se necessitasse de um equipamento de ensaio, ficaria a faltar um. Foram realizadas várias abordagens ao problema e a solução imediata seria integrar o que fosse menos abrangente. Assim, apenas um equipamento ficaria completamente dedicado à família Algarve, contudo na linha a construir com esse equipamento não se poderiam montar peças portadoras de lâmpada. Todos os modelos da família Sintra 65 e os modelos com lâmpada da família Algarve, seriam a partir desse momento ensaiados no posto de ensaio mais abrangente.

A integração do equipamento de ensaio consistiu em cortar o tampo do segundo posto e encaixar o posto de ensaio inteiro na mesa, cuidando sempre que o posto ficasse uniforme, ou seja o posto de ensaio e o tampo da mesa deveriam estar à mesma altura.

Tal como nos projectos já implementados, projectou-se uma estrutura inclinada em mdf que permitiria a implementação do *two bin system*. Esta estrutura foi desenhada de forma a ser o mais versátil possível, de forma a abranger a disposição dos componentes de todas as referências que aí seriam montadas.

Construção da segunda linha de montagem

Neste momento havia apenas um posto de ensaio que deveria servir duas famílias. Mais uma vez muitas soluções foram equacionadas, e decidiu-se desenvolver o projecto Algarve mecanismos em torno da primeira linha e aquando da abordagem ao projecto WD Sintra 65 Mecanismos, estudar todas as soluções possíveis e implementar a que parecesse mais adequada.

Balanceamento de operações

A integração do posto de ensaio no segundo posto veio contribuir não só para uma redução no tempo de produção, mas também para a redistribuição dos componentes nos postos de trabalho.

Nas referências que levam o componente “espelho” o segundo posto de trabalho fica realmente mais sobrecarregado, porém os consumos dessas referências são baixos, e houve a preocupação de, na impossibilidade de balancear mais as operações, fazer com que o segundo posto tivesse o *cycle time* maior, visto que no fim do dia ou do tempo de produção, a primeira operadora termina o trabalho mais cedo e “ajuda” a segunda operadora nas suas tarefas, de modo a que não haja *wip* na linha de montagem.

Implementação dos supermercados

Para implementar o supermercado foi necessário escolher o local onde este iria ficar. Os critérios basearam-se na proximidade da linha de montagem a que correspondia e que teria de ficar no seguimento dos supermercados já definidos, de modo a que se criasse um corredor atrás destes, de forma a que o reabastecimento dos supermercados pudesse ser feita pela parte de trás.

Após a definição do local, escolheram-se as prateleiras que melhor se adequavam e configuraram-se conforme o número e o tipo de contentores em que os kanbans dos componentes circulavam.

Durante a configuração das prateleiras procedeu-se à realização de etiquetas, para colar nas prateleiras, identificativas dos componentes que iriam ficar em cada um dos espaços. O aspecto das etiquetas criadas é igual ao das etiquetas dos supermercados já implementados, variando, apenas, conforme o componente que identificam.

Cartões Kanban

Criaram-se dois tipos de cartões *kanbans* conforme o contentor correspondente. Exemplos dos dois tipos de cartões podem ser observados no Anexo E ponto E3.

Waterspider

A implementação do *waterspider* só irá ser realizado aquando da realização do último projecto referente a esta área, já que o seu percurso deve incluir todas as linhas de montagem existentes. Porém é de extrema importância identificar os contentores e espaços na linha de montagem de modo a que o reabastecimento seja realizado de forma controlada e simples. No Anexo E, ponto E3, apresenta-se um exemplo das etiquetas identificativas.

4.3.3 Resultados e conclusões

A diminuição e o controlo de *wip* foram os resultados mais relevantes após a implementação deste projecto. Ainda que incompleta, a implementação deste projecto trouxe melhorias bem visíveis no que diz respeito ao processo produtivo nomeadamente a diminuição drástica do *lead time*, o aumento de peças produzidas por hora com a redução de *cycle time*, entre outros.

Na figura 17 podemos ver as duas linhas formadas. No caso da “Linha 1” observa-se que apenas constam dois postos de trabalho, aqui foi integrado o posto de ensaio, enquanto que na “Linha 2 “ se contam três postos de trabalho, já que a integração do posto de ensaio ficou em “stand by” até se abordar o projecto WD Sintra 65 mecanismos. Só na “Linha 1” se implementaram as acções estudadas.

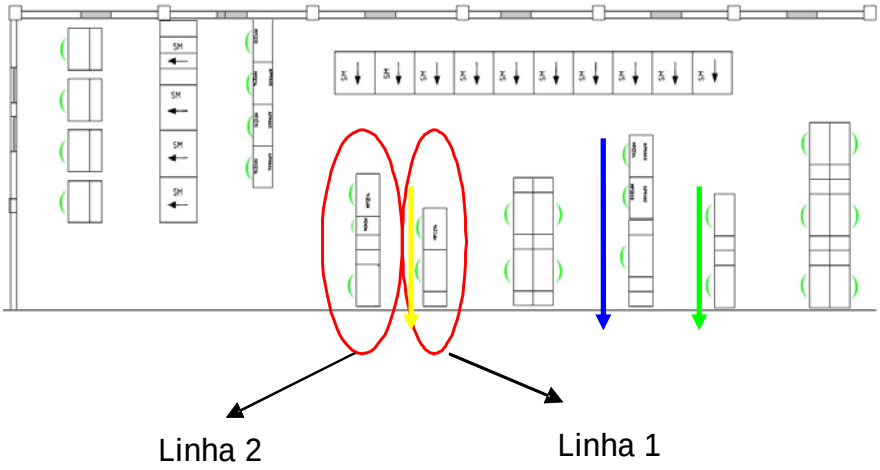


Figura 17 –Layout após implementação do projecto

O two bin system foi implementado através da construção de uma estrutura adequada. Esta estrutura favoreceu a diminuição do *cycle time* permitindo optimizar os movimentos das operadoras na montagem das peças. As figuras 18 e 19 permitem observar as diferenças entre os estados inicial e final da linha de montagem.

Figura 18 – Linha antes da implementação do two bin system

Figura 19 – Linha após implementação do two bin system

A gestão de materiais ficou muito favorecida pela criação do supermercado dedicado aos componentes dos mecanismos da família Algarve, com um local próprio e bem dimensionado conforme os consumos de produto final. A gestão visual permite poupar tempo na transição dos materiais para a linha de montagem e saber com facilidade onde estão os contentores kanbans, se na linha de montagem, se no supermercado ou a serem reabastecidos.

O supermercado implementado pode ser observado na Figura 21 e na Figura 20 um dos locais onde estavam os materiais na situação inicial.

Figura 20 – Local dos materiais antes da implementação

Figura 21- Supermercado Algarve Mecanismos

Na Tabela 24 podem observar-se os resultados do projecto.

Tabela 24 – Resultados do projecto WD Algrave Mecanismos

	Resultados		
Space Reduction	**1,45**	m2	**20%**
WIP Reduction	**6600**	pcs	**99%**
	1,33	DOH	**99%**
	2442	€	**99%**
Lead Time Reduction	**64,4**	hr	**49%**
Cycle Time Reduction	**1,1**	hr/1000pcs	**7%**
Output / Head increase	**0**	pcs/dia	**0%**
Labour Reduction	**0**	€	**0%**

4.4 WD Sintra 65 Mecanismos

A aplicação dos mecanismos desta série está direccionada para o exterior e principalmente locais húmidos, saunas, piscinas, ginásios, jardins, parques de estacionamento, por ser á prova de água. Tal como a série Douro, esta série é de montagem saliente.

4.4.1 Análise da Situação Inicial

Os mecanismos pertencentes a esta série têm muito em comum com os mecanismos da série Algarve. A primeira e segunda operação são iguais nas duas séries, havendo muitos componentes comuns. O interior dos dois tipos de mecanismos é basicamente o mesmo. Daí partilharem equipamento, nomeadamente os ensaios eléctricos, como foi referido no ponto 4.3.1.1.

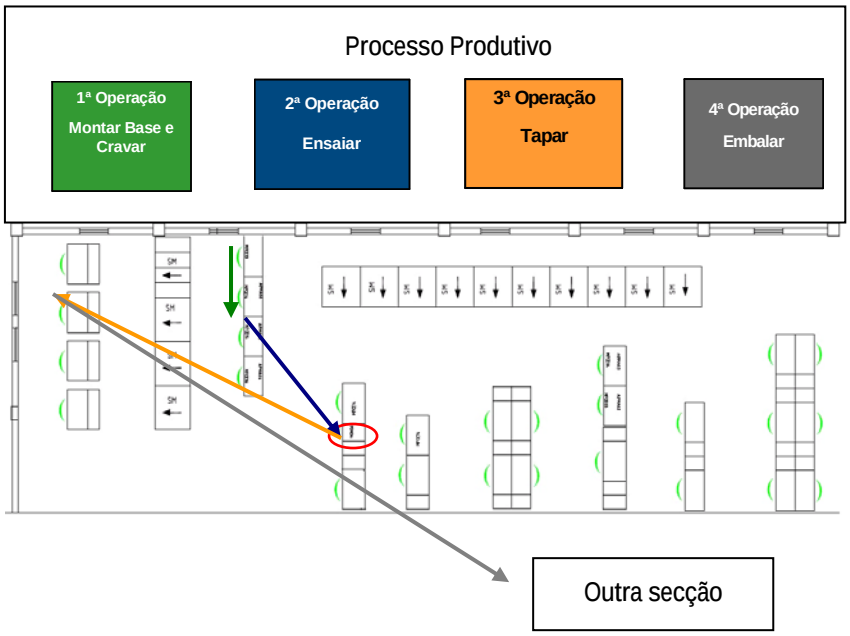


Figura 22 – Processo Produtivo e fluxo de produção iniciais

O equipamento de ensaio mais simples, que não ensaia todos os modelos, estava já afectado à linha Algarve Mecanismos. Porém, o equipamento de ensaio livre é solicitado para ensaiar os modelos com lâmpada da série Algarve, o que quer dizer que se afectasse o posto de ensaio livre a uma linha dedicada apenas à série Sintra 65, surgia a impossibilidade de ensaiar modelos Algarve com lâmpada, ou haveria mistura de séries na linha que deveria ser dedicada à Sintra 65.

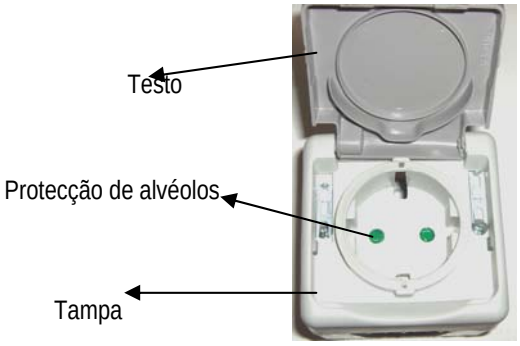
Como foi explicado no ponto 4.3.2, a segunda linha do projecto WD Algarve Mecanismos não foi implementada precisamente por causa do equipamento.

Para que se conseguisse implementar este projecto, bem como a segunda linha referente aos mecanismos da família Algarve, era necessário outro posto de ensaio cujas características permitissem que este pudesse ser usado tanto nas referências com lâmpada, como nas referências sem lâmpada. Deste modo, o posto de ensaio existente seria integrado na segunda linha do projecto WD Algarve Mecanismos e o novo ensaio na linha Sintra 65 Mecanismos. Foram estudadas muitas situações possíveis e chegou-se a uma solução de compromisso, ir-se-ia adaptar um ensaio existente na área que estava em desuso. Este estudo e as análises referentes a este projecto podem ser consultados no Anexo F, ponto F2.

Por uma questão estratégica e de prioridades na GEPC, o projecto não chegou a ser implementado no decorrer do estágio, porém todos os estudos estão disponíveis para que o projecto seja implementado, assim o entendam os responsáveis.

4.5 WD Sintra 65 Tomadas

As tomadas da família Sintra 65 são utilizadas nas mesmas aplicações dos mecanismos desta série, principalmente para exteriores, nomeadamente, armazéns, garagens, locais húmidos, pois trata-se de uma tomada robusta. Existe um único modelo que é constituído por um interior em porcelana inserido numa "caixa" de PP (polipropileno), é um modelo tipo Schuko com alvéolos protegidos.



4.5.1 Análise da Situação Inicial

4.5.1.1 Processo produtivo

Na situação inicial a montagem destas tomadas consistia em três operações: a primeira, baseava-se numa cravação dupla e na montagem de dois ligadores, a segunda, consistia numa cravação e aparafusamento do contacto terra, ficando assim montado o interior da tomada, a terceira, em montar o exterior da tomada, envolvendo-a numa caixa que aquando da instalação fica à superfície da estrutura em que é montada.

Quando o projecto foi abordado a terceira operação estava já conforme os requisitos do *Lean Manufacturing*, o *two bin system* estava já implementado, através de uma estrutura inclinada que permitia o deslizamento dos contentores, ou peças de encontro à operadora. Porém o fluxo de produção continuava "partido", não havia fluxo do tipo *one piece flow* até porque as diferentes operações eram realizadas em postos de trabalho separados fisicamente, aliás como acontecia em toda a área antes do desenvolvimento dos projectos.

Neste projecto há que referir uma situação muito importante, que se prendia com a montagem do interior destas tomadas em subcontrato, o que justificava a existência de dois postos de trabalho preparados para realizar unicamente a terceira operação.

O exterior das tomadas é dividido em duas partes, a caixa – parte inferior, e a tampa – parte superior. Nas caixas é cravado um terminal e são apontados dois parafusos que vêm a unir as duas partes do exterior da tomada, estas operações também são realizadas no subcontrato. Foram consideradas na implementação destes projectos as operações referidas na figura 23. Nesta figura é possível também observar a disposição das operações no layout na situação inicial, bem como os movimentos de *wip* proveniente da montagem destas peças.

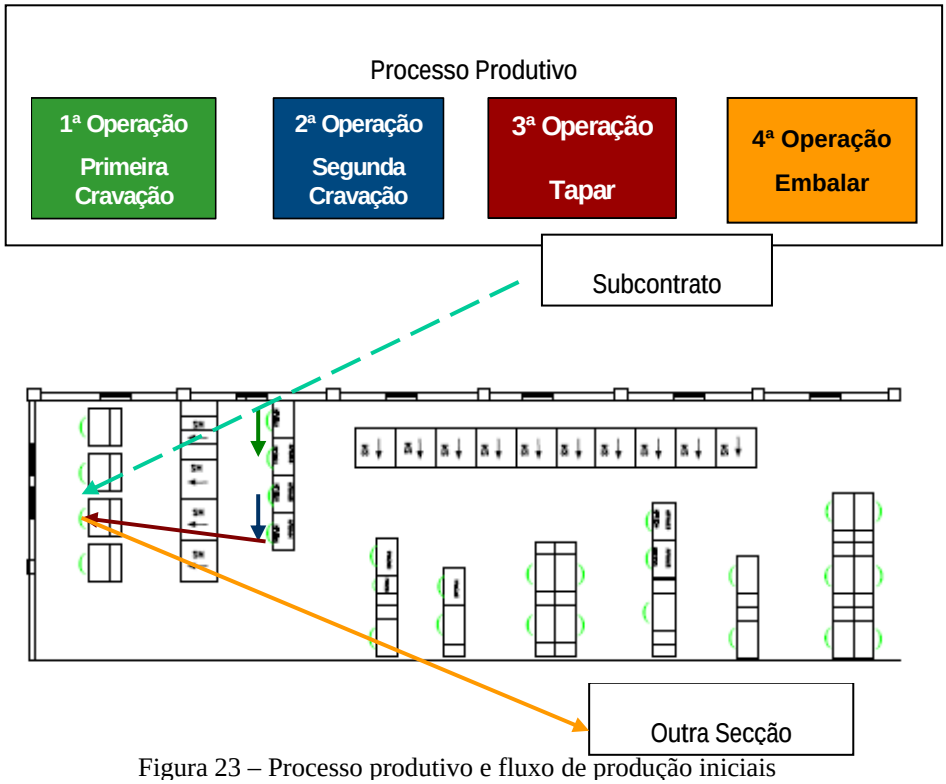


Figura 23 – Processo produtivo e fluxo de produção iniciais

Produzem-se apenas duas referências destas tomadas, que diferem num pequeno pormenor, uma etiqueta que deve ser colocada. A referência que tem essa particularidade tem um consumo muito baixo. A avaliação da situação inicial do processo pode ser analisada nas tabelas 23 e 24 e no gráfico 7 onde estão os valores iniciais das métricas adoptadas.

Before	1.ª Op (h/1000)	2.ª Op (h/1000)	3.ª Op (h/1000)	Soma h/1000pcs	Cycle Time h/1000 pcs	Space m2	WIP pcs	WIP DOH	WIP €	Prod Time (hr)	OPH Pcs/day	Labour €	Produção Semanal	Produção Anual
KC 1280/5	10	6	14,2	30,2	14,2	6	1000	2,0	874	52,9	259,6	4276,6		
KC 1280/5 ETQ	10	6	15	31	15	6	200	0,4	115	1,6	5,2	125,4		
					14,6	**6**	**1200**	**2,4**	**989**	**54,4**	**264,8**	**4402,0**		

Tabela 26– Lead time inicial

	Lead Time (horas)	
	Lotes	**Linha não balanceada**
KC 1280/5	52,85	24,85
KC 1280/5 ETQ	1,55	0,75
	54,4	**25,6**

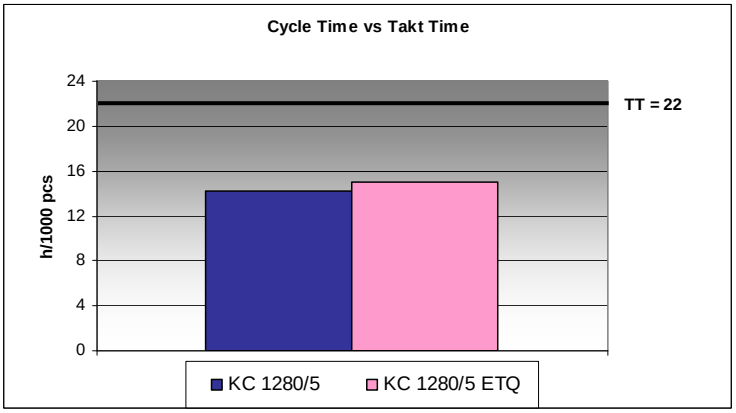


Gráfico 7 – Cycle time inicial versus Takt time

Ao observar-se o gráfico 7 é notório que o *cycle time* das duas referências se situa bem abaixo do *takt time* calculado.

Completando esta informação, ao observar-se a tabela 24 rapidamente se percebe que a linha não está a operar na capacidade máxima e que a produção semanal é satisfeita com facilidade, sendo que as operadoras afectas a esta linha podem trabalhar numa outra linha.

De qualquer forma os objectivos deste projecto são diminuir o *cycle time* de cada referência, provocar um fluxo do tipo *one piece flow* e diminuir o *wip*. Após o estudo do balanceamento das diferentes operações, revisão das normas em vigor chegaram-se aos valores previstos para as métricas de avaliação, as quais podem ser observadas nas tabelas 27 e 28 e no gráfico 8. Os objectivos estabelecidos no final desta análise podem ser consultados na tabela 29.

Tabela 27 – Perspectivas da situação final

After	1.ª Op (h/1000)	2.ª Op (h/1000)	3.ª Op (h/1000)	Soma h/1000pcs	Cycle Time h/1000 pcs	Space m2	WIP pcs	WIP DOH	WIP €	Prod Time (hr)	OPH Pcs/day	Labour €	Produção Semanal	Produção Anual
KC 1280/5	10	9,8	9,1	28,9	10	3,8	10	0,02	8,74	52,5	271,2	4248,3		
KC 1280/5 ETQ	10	9,8	10	29,8	10	3,8	10	0,02	5,75	0,3	5,4	121,4		
						3,8	**20**	**0,04**	**14**	**52,8**	**276,6**	**4369,7**		

Tabela 28 – Previsão do lead time final

Linha Balanceada	Lead Time (horas)
KC 1280/5	17,5
KC 1280/5 ETQ	0,5
	18

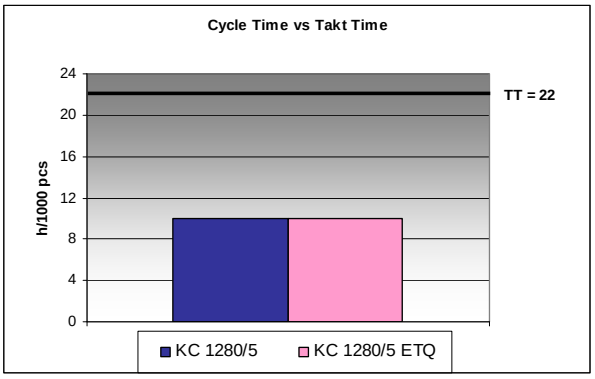


Gráfico 8 – Cycle time final versus Takt time

Tabela 29 – Objectivos delineados para o projecto

Objectivos	
Space Reduction	37%
WIP Reduction	95%
	95%
	95%
Lead Time Reduction	70%
Cycle Time Reduction	30%
Output / Head increase	5%
Labour Reduction	1%

4.5.1.2 Gestão de materiais

A abordagem à gestão de materiais neste projecto foi focalizada no reabastecimento à linha de montagem. Como foi referido, este processo iria ser redefinido, embora já estivesse implementado o *two bin system* com os contentores e espaços dedicados a cada componente identificados, não existia nenhum plano de reabastecimento de modo a que o waterspider pudesse ser implementado, o que criava a necessidade de o estudar. A matriz de abastecimento à linha que resultou dos estudos, teve em conta as reduções de cycle time previstas e a redistribuição dos materiais a ser realizada no sentido de balancear a linha. Esta pode ser observada no Anexo G, ponto G1.

4.5.2 Acções desenvolvidas e soluções adoptadas

À semelhança dos projectos anteriormente apresentados, da análise à situação inicial, resultou um plano de acções para guiar a implementação do projecto.

Balanceamento das operações

Neste projecto não foi necessário um grande esforço para balancear as operações, com uma redistribuição dos componentes e consequentemente tarefas no segundo e terceiro posto de trabalho a linha ficou balanceada.

Construção da linha de montagem

Antes de qualquer modificação nos postos de trabalho era necessária a sua junção. Inicialmente havia dois postos preparados para realizar a terceira operação, apenas um deles foi utilizado na linha de montagem, ficando o outro livre para a finalização das peças que vinham do subcontrato, com as primeira e segunda operações já realizadas.

Uma vez formada a linha com três postos, projectou-se a estrutura inclinada para os postos da primeira e segunda operação, onde estavam as máquinas de cravar. Esta estrutura foi projectada e construída de forma a que ficasse com a mesma inclinação da estrutura do terceiro posto de forma a que a linha ficasse o mais uniforme possível.

Waterspider

Para a implementação do *waterspider* é necessário que os contentores e os espaços dedicados aos componentes na linha estejam perfeitamente identificados, para que qualquer tipo de erro seja minimizado. Ao estarem identificados o perigo de troca de componentes nos postos e entre linhas é realmente mínimo.

Sendo este o último projecto na célula 6, é possível compilar todas as matrizes de reabastecimento, o que resulta numa matriz de reabastecimento geral para as linhas de montagem da célula 6 que define o percurso do *waterspider* ao longo do dia. A matriz de reabastecimento geral pode ser consultada no Anexo G2, e a matriz correspondente a este projecto pode ser consultada no Anexo G1.

4.5.3 Resultados e conclusões

Os objectivos delineados na fase de análise foram completamente atingidos na fase de implementação.

O layout da célula 6 estava neste momento completamente diferente do layout no início da implementação de todos os projectos, como se pode observar na figura 24.

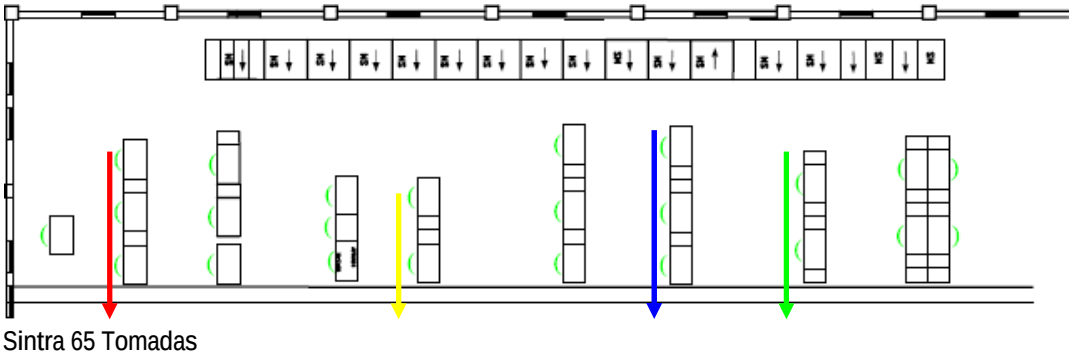


Figura 24 – Fluxo de produção após implementação do projecto WD Sintra 65 Tomadas

Na altura da implementação deste projecto, integrou-se na célula 6 uma linha de montagem destinada a tomadas das famílias Algarve e Sintra.

Esta linha estava noutra célula, mas no sentido de concentrar as linhas de montagem todas na mesma área para que a gestão da área fosse melhor controlada, transferiu-se a linha. Esta decisão tem toda a lógica, já que não tinha sentido a linha estar isolada das outras quando nesta eram montadas referências pertencentes a famílias WD.

Esta linha não foi abordada enquanto projecto de *Lean*, pois as referências nela montadas estavam normalmente entregues ao subcontrato e optou-se por abordar outros projectos.

O resultado da implementação da estrutura que permite o *two bin system* pode ser observada na figura 26 onde é visível o resultado finale na figura 25 onde se pode observar a situação inicial.

Figura 25 – Linha antes da implementação do two bin system

Figura 26 – Linha depois da implementação do two bin system

No que diz respeito à implementação do *waterspider*, definiu-se por fim o percurso geral no que diz respeito às linhas dos projectos implementados, este pode ser analisado na figura 27.

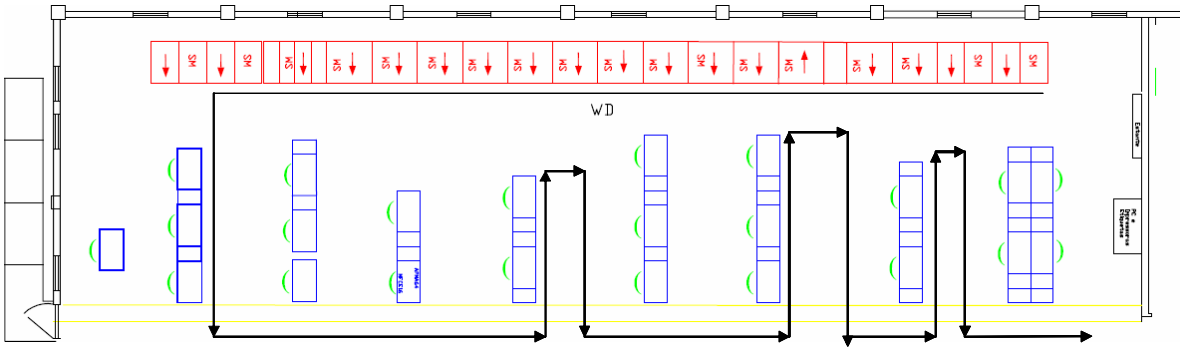


Figura 27 – Percurso do Waterspider

Na tabela 30 estão os resultados conseguidos com a implementação deste projecto. Como seria de esperar, após concluir que o projecto foi implementado com sucesso, os resultados correspondem aos objectivos delineados.

Tabela 30 – Resultados da implementação do projecto WD
Sintra 65 Tomadas

	Resultados		
Space Reduction	**2**	m2	**37%**
WIP Reduction	**1180**	pcs	**99%**
	2,31	DOH	**98%**
	975	€	**99%**
Lead Time Reduction	**36,4**	hr	**67%**
Cycle Time Reduction	**4,6**	hr/1000pcs	**32%**
Output / Head increase	**11,9**	pcs/dia	**4%**
Labour Reduction	**32,4**	€	**1%**

4.6 WD Sintra Plus Mecanismos

Este tipo de produto tem a mesma funcionalidade dos mecanismos Algarve, porém caracteriza-se por serem de ligação rápida. Isto quer dizer que ao instalar basta um encaixe para embutir o mecanismo na parede, havendo porém, a possibilidade de o aparafusar. O desenho das partes exteriores desta série é bastante minimalista ao contrario de qualquer outra série.

4.6.1 Análise da Situação Inicial

A família Sintra Plus é composta por muitos modelos de mecanismos. Na área WA/WD apenas alguns modelos são montados do início ao fim. Existem modelos cuja montagem está dividida em duas fases, a montagem do interior dos mecanismos que é feita em subcontrato e o ensaio, montagem do exterior e embalagem que é realizada na área WA/WD na zona de produção "Célula 5".

A análise foi por esse motivo dividida em duas partes, uma referente aos modelos inteiramente montados na área, e outra referente aos modelos cujo interior chega montado do subcontrato.

Neste ponto apenas se abordam os desenvolvimentos relativos aos modelos montados inteiramente na área, uma vez que só neste caso se completou a implementação do projecto. Os desenvolvimentos em relação aos modelos montados parcialmente em subcontrato não vão ser abordados neste relatório.

4.6.1.1 Processo produtivo

O fluxo de produção inicial, como o que acontecia na zona de produção "Célula 6, estava partido e era um sistema por lotes que não estava dimensionado, mas tinha já uma vantagem: os postos de trabalho não estavam tão dispersos; as operações integrantes do processo produtivo de um produto eram realizadas muitas vezes simultaneamente, utilizando, porém várias operadoras a fazer a mesma operação.

A montagem dos mecanismos desta família é mais complexa do que a montagem de qualquer outro tipo de mecanismos descrita no presente relatório. Na Figura 28 podem observar-se as operações que fazem parte do processo produtivo dos mecanismos. Há ainda uma particularidade neste processo, os mecanismos podem ter garras ou não, o que faz com que possamos dividir os produtos em dois grupos: com garras e sem garras. Existe a necessidade desta distinção porque o processo produtivo é muito diferente num e noutro tipo

de produto. Na figura podem observar-se as operações que fazem parte do processo dos produtos mais complexos, porque casos há em que a montagem é composta apenas por quatro operações, os modelos sem lâmpada e sem garras.

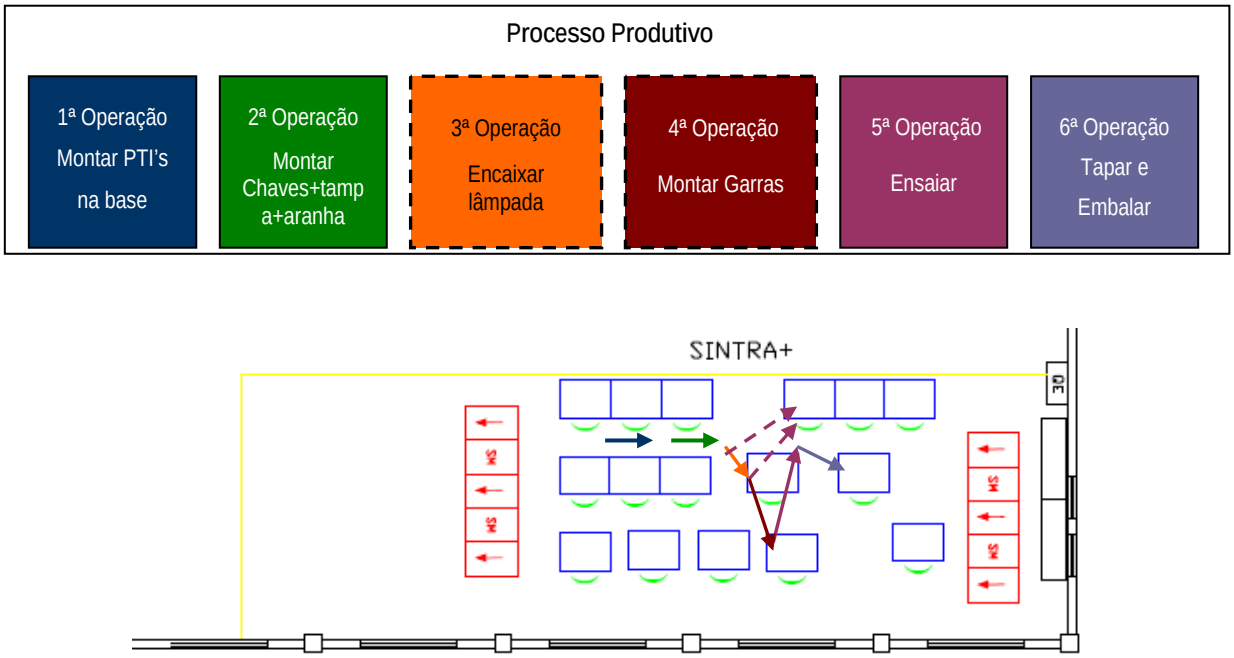


Figura 28 – Processo produtivo e fluxo de produção iniciais

Como podemos observar na Figura 28 o fluxo pode variar muito conforme o modelo que se está a montar. A situação inicial pode ser observada nas tabelas 31e 32 e no gráfico 9.

Tabela 31 – Resumo da situação inicial

		1.ª Op (h/1000)	2.ª Op (h/1000)	3.ª Op (h/1000)	4ª Op (h/1000)	5ª Op (h/1000)	6ª Op (h/1000)	Média h/1000pcs	Cycle Time h/1000 pcs	Espaço m2	WIP pcs	WIP DOH	WIP €	Prod Time (hr)	OPH Pcs/day	Labour €	Produção Semanal	Produção Anual
S/ GARRAS	6lf	17,3	12,5	4	3,2	2,3		7,86	17,3	20	1000	1,04	500	17,1	82,4	4342,3		
	2lf	43,7	12	4	3,2	2,3		13,04	43,7	20	500	0,52	250	10,3	29,9	2613,9		
	lf	17,3	12	4	3,2	2,3		7,76	17,3	20	300	0,31	150	5,1	25,1	1307,9		
	2dlf	50	12	8	3,2	2,3		15,1	50	20	50	0,05	25	0,3	0,7	73,3		
	3f	19,4	12		2,4	2,3		7,22	19,4	20	100	0,10	50	3,0	16,0	773,7		
	1df	25,7	13,3		5,5	2,3		9,36	25,7	20	150	0,16	75	3,8	15,2	954,3		
	6 df	25,7	13,5		2,4	2,3		8,78	25,7	20	70	0,07	35	1,4	6,1	359,3		
	26 f	24	12		2,4	2,3		8,14	24	20	1	0,00	0,5	0,0	0,2	11,3		
	2 sf	15,7	8,6	4	3,2	2,3		6,76	15,7	20	5	0,01	2,5	1,2	6,5	295,4		
C/ GARRAS	6lf	17,3	12,5	4	8	3,2	2,3	9,46	17,3	20	1000	1,04	500	20,8	105,6	5764,2		
	2lf	43,7	12	4	8	3,2	2,3	14,64	43,7	20	500	0,52	250	3,8	12,4	1045,9		
	lf	17,3	12	4	8	3,2	2,3	9,36	17,3	20	300	0,31	150	1,8	9,3	499,9		
	2dlf	50	12	8	8	3,2	2,3	16,7	50	20	50	0,05	25	0,0	0,1	5,8		
	3f	19,4	12		8	2,4	2,3	8,82	19,4	20	100	0,10	50	0,4	2,6	110,1		
	1df	25,7	13,3		8	5,5	2,3	10,96	25,7	20	150	0,16	75	3,7	19,5	1026,3		
	6 df	25,7	13,5		8	2,4	2,3	10,38	25,7	20	70	0,07	35	2,1	11,9	594,0		
	26 f	24	12		8	2,4	2,3	9,74	24	20	1	0,00	0,5	0,2	1,0	45,0		
	2 sf	15,7	8,6	4	8	3,2	2,3	8,36	15,7	20	5	0,01	2,5	0,5	3,0	145,0		
											4352	**4,53**	**2176**	**75,5**	**347,3**	**19967,5**		

Tabela 32 – Lead time inicial

	Linha não balanceada	Lead Time (horas)
S/ GARRAS	6lf	7,5
	2lf	6,9
	lf	2,3
	2dlf	0,2
	3f	1,6
	1df	2,1
	6 df	0,8
	26 f	0,0
	2 sf	0,5
C/ GARRAS	6lf	7,6
	2lf	2,3
	lf	0,7
	2dlf	0,0
	3f	0,2
	1df	1,7
	6 df	1,1
	26 f	0,1
	2 sf	0,2
		35,8

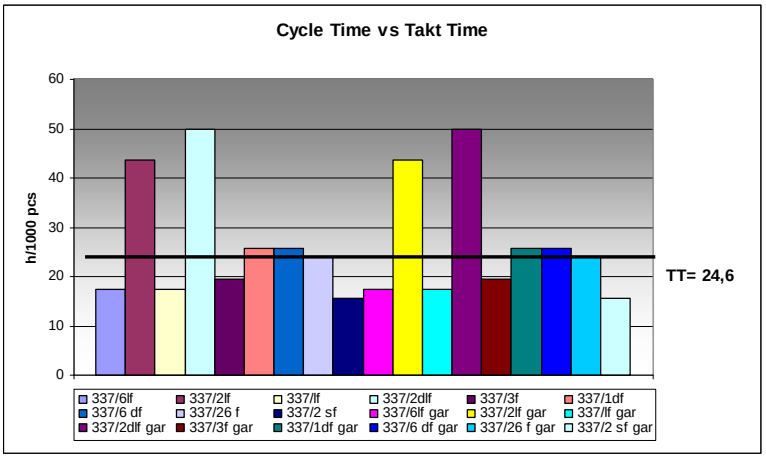


Gráfico 9 – Cycle time inicial versus Takt time

Neste caso não se analisou o *lead time* numa prespectiva de fluxo em lotes, já que a situação inicial não poderia ser assim caracterizada. Podemos, porém, observar na tabela 32 que para a produção semanal estimada, uma linha de montagem era o suficiente e que não estaria a trabalhar na sua capacidade máxima.

Ao observar-se o gráfico 9 nota-se que algumas referências possuem um *cycle time* bastante superior ao *takt time*, o que sugere que as referências com maior *cycle time* têm uma produção semanal bastante inferior às restantes, porque doutra forma não seria possível responder à procura semanal, pois se se produzisse à capacidade máxima de cada modelo não seria possível produzir-se tudo numa semana. Embora em muitos modelos se verifique um *cycle time* inferior ao *takt time*, esta diferença não é suficiente para anular os valores acima do *takt time*.

Após o tratamento da informação e os estudos efectuados no sentido de baixar o *cycle time*, *lead time* e o *wip*, estabeleceram-se objectivos baseados nos novos valores das métricas que seria possível atingir com acções de balanceamento. Nas tabelas 33 e 34 e no gráfico 10 pode observar-se a caracterização da situação final desejada.

Tabela 33 – Perspectivas da situação final

		1.ª Op (h/1000)	2.ª Op (h/1000)	3.ª Op (h/1000)	4ª Op (h/1000)	Média h/1000pcs	Cycle Time h/1000 pcs	Espaço m2	WIP pcs	WIP DOH	WIP €	Prod Time (hr)	OPH Pcs/day	Labour €	Produção Semanal	Produção Anual
S/ GARRAS	6lf		12,8	12	14,5	7,86	14,5	12	20	0,02	10	18,9	73,4	4806,3		
	2lf	18	16,5	14	14,5	12,6	18	12	20	0,02	10	11,3	26,6	2886,5		
	lf		12,8	11,5	14,5	7,76	14,5	12	15	0,02	7,5	5,8	22,4	1466,3		
	2dlf	20,6	20	21	13,5	15,02	20,6	12	3	0,00	1,5	0,3	0,6	80,0		
	3f		14,9	11,5	9,7	7,22	14,9	12	10	0,01	5	3,8	14,2	958,0		
	1df		16,7	17,3	12,8	9,36	17,3	12	10	0,01	5	4,2	13,5	1058,3		
	6 df		16,7	17,5	9,7	8,78	17,5	12	5	0,01	2,5	1,7	5,4	429,7		
	26 f		15	16	9,7	8,14	16	12	0	0,00	0	0,1	0,2	13,3		
	2 sf		11,2	13,1	9,5	6,76	13,1	12	2	0,00	1	1,4	5,8	343,5		
C/ GARRAS	6lf	17,3	16,5	13,5		9,46	17,3	12	20	0,02	10	22,8	70,2	5226,2		
	2lf	18	16,5	18	18,5	14,2	18,5	12	20	0,02	10	3,8	8,2	2846,4		
	lf	17,3	16	17,5		10,16	17,5	12	15	0,02	7,5	2,0	6,2	1712,4		
	2dlf	20,6	20	21	21,5	16,62	21,5	12	3	0,00	1,5	0,0	0,0	80,7		
	3f	14,9	16,5	12,7		8,82	16,5	12	10	0,01	5	0,4	1,4	945,2		
	1df	16,7	17,3	20,8		10,96	20,8	12	10	0,01	5	4,2	10,8	1117,5		
	6 df	16,7	17,5	17,7		10,38	17,7	12	5	0,01	2,5	2,2	6,6	424,8		
	26 f	15	16	17,7		9,74	17,7	12	0	0,00	0	0,2	0,5	13,5		
	2 sf	15,7	12,6	13,5		8,36	15,7	12	2	0,00	1	0,6	2,0	365,3		
									170	**0,18**	**85**	**83,6**	**268,2**	**24773,9**		

Tabela 34 – Lead time final previsto

Linha não balanceada		Lead Time (horas)
S/ GARRAS	6lf	6,3
	2lf	2,8
	lf	1,9
	2dlf	0,1
	3f	1,3
	1df	1,4
	6 df	0,6
	26 f	0,0
	2 sf	0,5
C/ GARRAS	6lf	7,6
	2lf	1,0
	lf	0,7
	2dlf	0,0
	3f	0,1
	1df	1,4
	6 df	0,7
	26 f	0,1
	2 sf	0,2
		26,6

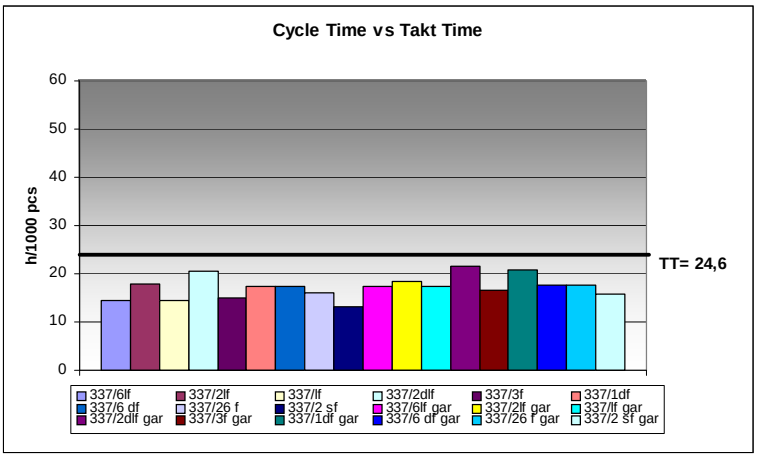


Gráfico 10 – Cycle time final versus Takt time

É notória a redução de *cycle time* em todos os modelos. Ao observar o gráfico 10 percebe-se que todos os modelos possuem um *cycle time* inferior ao *takt time*, o que sugere que mesmo a trabalhar à capacidade máxima a procura vai ter sempre resposta em qualquer um dos modelos. Pode observar-se na tabela 34 uma diminuição significativa no que diz respeito ao tempo necessário para produzir a produção semanal estimada, o que sugere que podemos, com os mesmos recursos, realizar outras operações ou produzir mais peças no mesmo espaço de tempo.

Os objectivos, determinados a partir dos valores iniciais das métricas e dos que se querem atingir aquando da implementação do projecto são:

Tabela 35 – Objectivos do projecto

Objectivos	
Space Reduction	**40%**
WIP Reduction	**96%**
	87%
	96%
Lead Time Reduction	**26%**
Cycle Time Reduction	**30%**
Output / Head increase	**0%**
Labour Reduction	**0%**

4.6.2 Acções desenvolvidas e soluções adoptadas

As acções desenvolvidas centraram-se unicamente no processo produtivo. A linha de montagem construída está direccionada unicamente para montar modelos em que todas as operações sejam realizadas na GEPC.

Construção da linha de montagem

Antes de mais juntaram-se os postos de trabalho necessários às operações integrantes do processo produtivo. Nesta fase houve o cuidado de construir uma linha em que fosse possível montar todos os modelos em causa. Assim, a linha é constituída por quatro postos de trabalho, o que faz com que muitas vezes um posto de trabalho esteja livre, já que na maior parte dos casos o processo produtivo é composto por três operações.

Uma vez definidos os postos de trabalhos, projectou-se e construiu-se a estrutura inclinada que permitiu a implementação do *two bin system*. Neste caso os componentes apresentavam-se na linha, em contentores.

Balanceamento das operações

Neste projecto o balanceamento foi realizado de um forma muito "prática". Todas as alterações estudadas foram experimentadas antes de qualquer decisão definitiva. No caso deste processo, pela eliminação de alguns postos de trabalho, a implementação foi forçosamente mais acompanhada, procedendo-se a alterações que na fase de análise não tinham sido assim pensadas. A disposição dos materiais foi muitas vezes alterada até se chegar a um consenso, dado que para os diferentes modelos os materiais se dispõem de formas variadas.

4.6.3 Resultados e conclusões

Em termos de redução de *wip*, *cycle time* e *lead time* este projecto teve sucesso já que os objectivos foram alcançados.

A estrutura que possibilitou a implementação do *two bin system* na linha de montagem pode ser observada na figura 30. A figura 29 mostra a linha de montagem na fase anterior à construção da estrutura.

Figura 29 – Antes da implementação do two bin system

Figura 30 – Depois da implementação do two bin system

Em termos de produtividade as métricas indicam que não há ganhos absolutamente nenhuns, como foi perspectivado, visto os encargos estarem associados ao *cycle time* que embora mais baixo, não se revela tão baixo quanto o *cycle time* anterior das operações em separado. Nessa situação estava a pagar-se realmente o que a pessoa produzia, só que essas peças representavam *wip*, pagava-se wip. Na situação final alguns casos há em que se paga mais para um número de peças por pessoa mais reduzido, mas todas as peças são produto final. No decorrer da fase de controlo deste projecto, estes problemas serão levantados e um nova análise será realizada no sentido de os minimizar.

Na tabela 36 estão os resultados alcançados com a implementação deste projecto, na generalidade os resultados corresponderam aos objectivos, sendo que no que diz respeito ao *cycle time* os resultados foram bastante melhores que o perspectivado.

Tabela 36 – Resultados do projecto WD Sintra Plus Mecanismos

	Resultados		
Space Reduction	**8**	m2	**40%**
WIP Reduction	**4182**	pcs	**96%**
	4,35	DOH	**87%**
	2091	€	**96%**
Lead Time Reduction	**9,2**	hr	**26%**
Cycle Time Reduction	**9,3**	hr/1000pcs	**37%**
Output / Head increase	**0**	pcs/dia	**0%**
Labour Reduction	**0**	€	**0%**

5 Conclusões e perspectivas de trabalho futuro

Ao longo do presente relatório foi possível descrever as profundas alterações aos processos produtivos abordados, ao *layout* da área de intervenção e à gestão de materiais.

No final do estágio na área WA/WD podia observar-se com clareza um fluxo de produção condizente com o sistema de *one piece flow*, linhas de montagem organizadas, o *two bin system* a funcionar.

É de realçar a diminuição drástica de *wip* em toda a área o que contribui não só para uma área mais organizada mas também para a redução de desperdícios. Locais específicos para os materiais e o sistema de *kanbans* o mais completo possível, contribuem para uma maior eficiência na área.

No sentido de resumir os resultados alcançados pela implementação do *Lean Manufacturing*, apresenta-se, de seguida, uma tabela resumo (tabela 37) onde constam os valores médios dos ganhos conseguidos com o desenvolvimento de todos os projectos.

Tabela 37 – Resultados da implementação de todos os projectos

	Resultados Gerais		
Space Reduction	**42,9**	m2	**17%**
WIP Reduction	**13232**	pcs	**98%**
	9,01	DOH	**96%**
	9316	€	**98%**
Lead Time Reduction	**47,7**	hr	**52%**
Cycle Time Reduction	**20,0**	hr/1000pcs	**24%**
Output / Head increase	**11,9**	pcs/dia	**1%**
Labour Reduction	**32**	€	**1%**

Acções assentes na filosofia 5's foram levadas a cabo paralelamente ao desenvolvimento dos projectos, visto serem vantajosas no sentido de pautar hábitos de limpeza e organização.

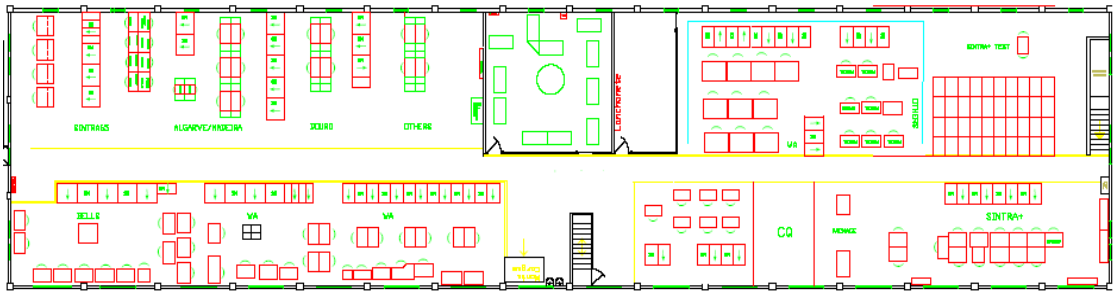


Figura 31 – Layout inicial

Figura 32 – Layout final

Todo o desenvolvimento do estágio assentou em conceitos teóricos que foram depois adequados, o melhor possível, às situações práticas que se apresentavam no desenvolvimento das variadas acções.

A maior dificuldade no decorrer do estágio foi sem dúvida a coordenação com os recursos técnicos, já que por questões de prioridade da empresa eram solicitados noutras áreas ou para o desenvolvimento de outros projectos. Daí a implementação destes projectos estar à partida condicionada. Contudo todos os esforços foram levados a cabo no sentido de completar os projectos iniciados.

Como foi referido em vários pontos, ao longo deste relatório, o *Lean Manufacturing* assenta na melhoria contínua, neste sentido todos os projectos devem ser encarados como um ciclo infindável.

No futuro, os projectos implementados devem ser controlados de modo a identificar novos problemas que sugerem nova análise, estudos de soluções e implementação.

A optimização dos resultados advenientes dos projectos implementados é o passo seguinte, uma vez que neste momento os princípios de Lean estão já implementados não podendo deixá-los desvanecer.

O estágio, apresentado neste relatório, foi indubitavelmente um complemento essencial dos conhecimentos adquiridos no decorrer da licenciatura em Gestão e Engenharia Industrial. Além de proporcionar a consciencialização da utilidade dos conceitos teóricos na realidade prática de Engenharia, permitiu o contacto com uma realidade até então desconhecida, o que, do ponto de vista de desenvolvimento e enriquecimento pessoal, foi muito importante.

6 Bibliografia

Chase, Richard B.; Jacobs, F. Robert and Aquílano, Nicholas J. (2004) "Operations Management for Competitive Advantage". Edições McGraw Hill, New York.

Dale L. Williams (April 2000). "GEAE Global Sourcing Lean Manufacturing Training Manual"

7 ANEXO A: Documentos relativos à análise geral

Excerto da folha de Excel utilizada na análise de 80% do volume de produção total na área WA/WD.

Fam	Código	Designação	% Produção	% Acumulada
76	586310	ESP. BR S 237/03	9,0%	9,0%
76	586110	ESP. MF S 237/06	8,0%	17,0%
72	5248613706	583110-ESPELHO MF S 137/06	5,0%	22,0%
72	5241763900	583034-TOM. MF K 137/5	2,6%	24,6%
76	585729	TOM. S/G BR KN 237/5	2,5%	27,1%
76	586034	TOM. MF K 237/5	2,2%	29,3%
76	586234	TOM. BR K 237/5	1,7%	31,0%
76	585529	TOM. S/G MF KN 237/5	1,5%	32,5%
76	586312	ESP. BR DH 237/03	1,5%	34,0%
75	5240740501	584673-TOM.BR TEC 1171/5 *	1,3%	35,3%
72	5248613703	583310-ESPELHO BR S 137/03	1,3%	36,6%
77	584151	584151-TOM. S65 KC 1280/5	1,2%	37,8%
76	586112	ESP. MF DH 237/06	1,1%	38,9%
78	582815	COM. ESC. S/G BR 337/2F	1,1%	40,1%
78	582800	INT. S/G BR 337F	0,9%	40,9%
76	586936	DISCO MF K 237/5	0,8%	41,7%
76	585279	TOM. S/G KN 237/5	0,7%	42,4%
72	5241063500	583000-INT. MF 137	0,7%	43,1%
78	589040	TECLA MF 337 S/GRAV	0,7%	43,9%

Excerto da folha de cálculo utilizada no estudo da distribuição de 80 % do volume de produção pelas diferentes células.

Fam	Código	Designação	% Produção	% Acumulada	Célula Produção
76	586310	ESP. BR S 237/03	9,0%	9,0%	5A
76	586110	ESP. MF S 237/06	8,0%	17,0%	5A
72	5248613706	583110-ESPELHO MF S 137/06	5,0%	22,0%	5A
72	5241763900	583034-TOM. MF K 137/5	2,6%	24,6%	6
76	585729	TOM. S/G BR KN 237/5	2,5%	27,1%	6
76	586034	TOM. MF K 237/5	2,2%	29,3%	6
76	586234	TOM. BR K 237/5	1,7%	31,0%	6
76	585529	TOM. S/G MF KN 237/5	1,5%	32,5%	6
76	586312	ESP. BR DH 237/03	1,5%	34,0%	5A
75	5240740501	584673-TOM.BR TEC 1171/5 *	1,3%	35,3%	6
72	5248613703	583310-ESPELHO BR S 137/03	1,3%	36,6%	5A
77	584151	584151-TOM. S65 KC 1280/5	1,2%	37,8%	6
76	586112	ESP. MF DH 237/06	1,1%	38,9%	5A
78	582815	COM. ESC. S/G BR 337/2F	1,1%	40,1%	5
78	582800	INT. S/G BR 337F	0,9%	40,9%	5
76	586936	DISCO MF K 237/5	0,8%	41,7%	5A
76	585279	TOM. S/G KN 237/5	0,7%	42,4%	6
72	5241063500	583000-INT. MF 137	0,7%	43,1%	6
78	589040	TECLA MF 337 S/GRAV	0,7%	43,9%	5

Tabela 38 – Distribuição do volume de produção pelas zonas da área

		Cell 5	Cell 5 A	Cell 6	Cell 7	Cell 7 A	Subcontrato
Família	Designação	Carla	Carla	Patricia (Susana)	Maria José	Maria José	
45					0.61%		
53					2.14%		
55					0.22%		
61						0.39%	
65					0.91%		
67		0.70%					
72	Série Algarve		6.62%	1.98%			4.34%
73	Série Porto	2.58%					
74	Série Douro			0.88%			
75	Série Madeira		2.67%	5.14%			
76	Série Sintra		23.44%	2.70%			12.68%
77	Série Sintra 65			2.35%			
78	Série Sintra +	8.18%					
79			0.09%				
81						0.75%	
		11.5%	32.8%	13.0%	3.9%	1.1%	17.02%

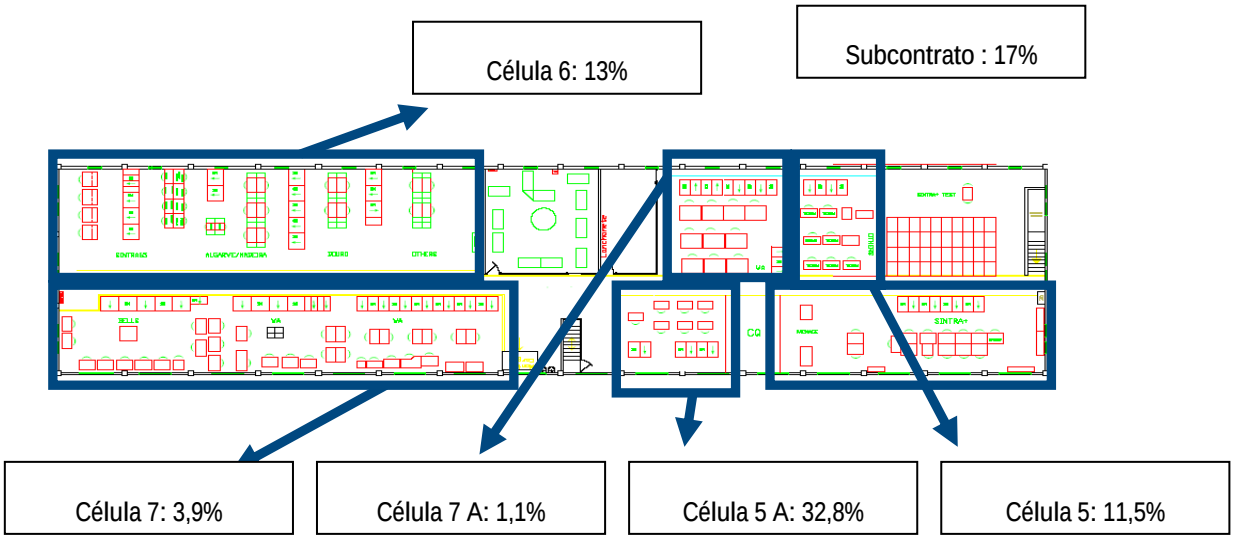


Figura 33 – Distribuição de 80% do volume de produção pelas zonas da área

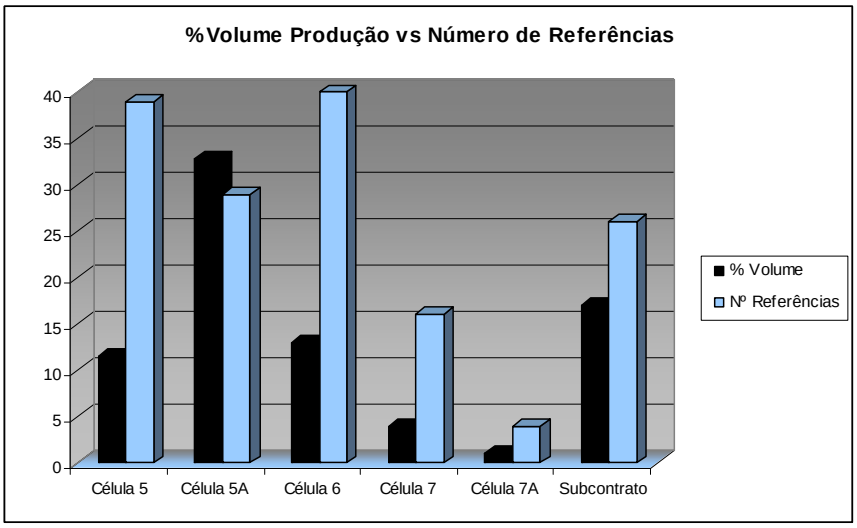


Gráfico 11 – % Volume de produção e correspondente número de referências nas diferentes células

8 ANEXO B: Organização da fase de análise dos projectos

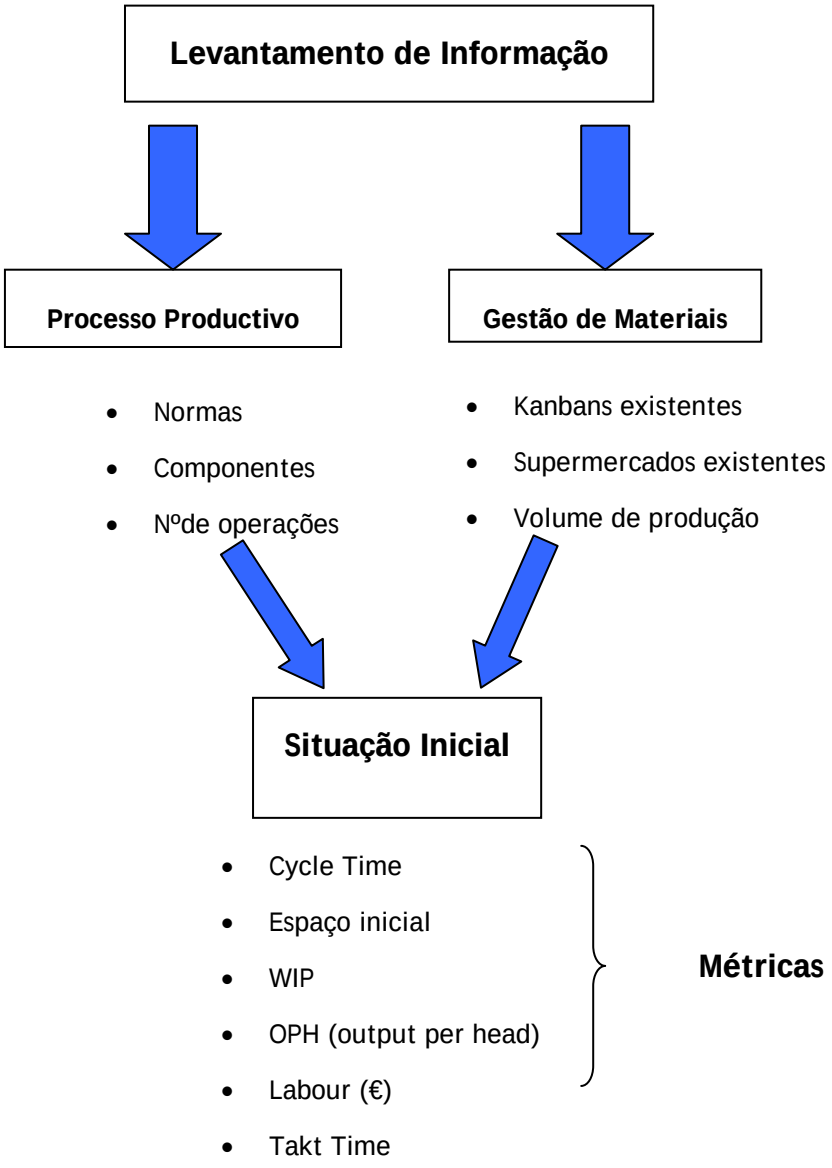


Figura 34 – Esquema da primeira fase de análise aos projectos

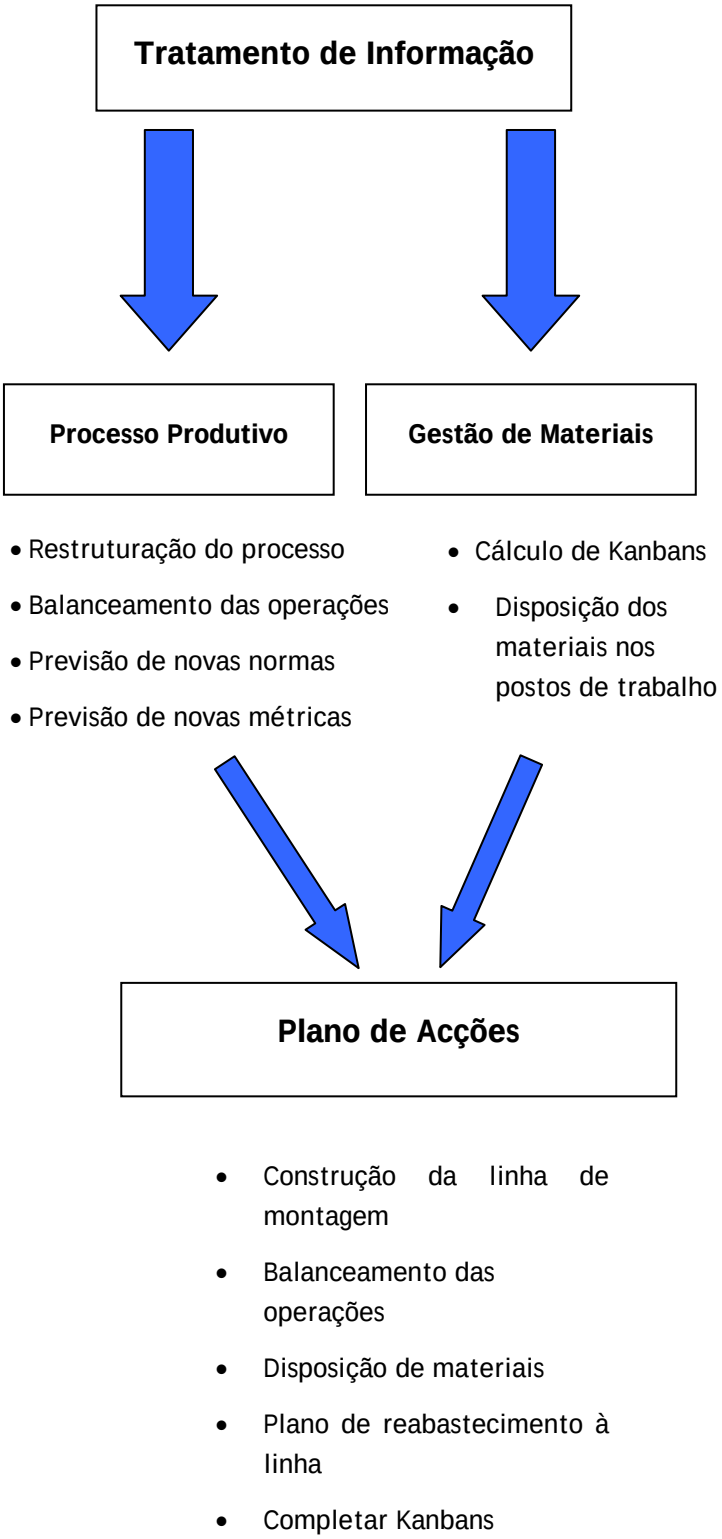


Figura 35 – Esquema da segunda fase de análise aos projectos

9 ANEXO C: Complementos informativos relativo ao projecto WD Douro Tomadas

C1 Análise da Situação Inicial

Gestão de materiais

PRODUCT MATRIX DOURO TOMADAS

Quant.	1	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Componentes	AB 52101 - Bases	PFZ 330	PKM 125	PYZ 35	PPF 4413	PFZ 313Z	PKM 130	CONJ. PEK 38	PFQ 314 PORCA	PPF 3215 Cementado	AB 52301 - Tampa TEC	AB 45203 - Cortina	AB 52001 - Aranhiço	AB 52002 - Aro	Mola PMH 150	PPF 3615	AB 52103	AB 52102 - Tampa 1171 e C	AB 52201 - Tampa K
Quant./hora	215	430	430	430	430	215	215	215	215	215	215	215	215	215	215	215	215	215	215
Quant. Cont.	500	1000	1000	1000	1000	1000	450	450	1000	1000	500	600	300	500	1000	1000	500	500	500
0.5 h																			
1 h													■						
2 h	■						■	■			■			■			■	■	■
3 h		■	■	■	■				■	■		■							
4 h																			
5 h						■									■	■			
6 h																			
8 h																			

Figura 36 – Matriz de reabastecimento do projecto WD Douro Tomadas

C2 Acções e soluções adoptadas

Estudo da implementação de novas máquinas e jigs de montagem

Uma das soluções que se estudou na implementação do *Lean Manufacturing* no projecto Douro Tomadas, foi do foro tecnológico.

A introdução, no primeiro posto da linha de montagem, de uma máquina que possibilitasse fazer as duas cravações ao mesmo tempo na base da tomada, de uma forma automatizada, e de um jig rotativo que permitisse a realização de outras tarefas da operação enquanto se processava a cravação, era à partida uma modificação muito proveitosa.

No intuito de aferir o tempo que se pouparia fez-se um estudo por amostragem.

Com uma amostra de N= 12, estimou-se o tempo poupado na primeira operação. A tabela 39 mostra os resultados obtidos.

Tabela 39 – Estudo da redução da norma no primeiro posto pela implementação de uma nova máquina e jig de montagem

	1ª Operação			
N	Tempo (h/1000pcs)	Coef. Rep.	Vel.	Norma (h/1000pcs)
1	0,73	1,08	1,2	0,95
2	0,65	1,08	1,2	0,84
3	0,67	1,08	1,2	0,87
4	0,69	1,08	1,2	0,89
5	0,6	1,08	1,2	0,78
6	0,68	1,08	1,2	0,88
7	0,67	1,08	1,2	0,87
8	0,7	1,08	1,2	0,91
9	0,68	1,08	1,2	0,88
10	0,5	1,08	1,2	0,65
11	0,71	1,08	1,2	0,92
12	0,74	1,08	1,2	0,96
Média	**0,67**	**1,08**	**1,20**	**0,87**

O Tempo (h/1000 pcs) representa o tempo de ciclo das duas cravações. Foi multiplicado pelo coeficiente de repouso e pela velocidade de trabalho, resultando na norma, ou seja tempo normalizado para realizar a tarefa das duas cravações.

A velocidade de trabalho tem a ver com a capacidade da operadora que desempenha a operação. Assim, se uma norma está estabelecida e a pessoa consegue montar nesse tempo mais 20% das peças que à partida montaria com um tempo de ciclo estabelecido, a sua velocidade será 1,2, ou doutro ponto de vista, se se espera que a pessoa consiga fazer dado número de peças em x tempo e demora menos 20% do tempo esperado, a sua velocidade é de 1,2. A velocidade de execução da pessoa tem consequências na sua remuneração, dependendo da sua velocidade é ou não gratificada com um prémio salarial. A velocidade máxima pela qual é gratificada é de 1,4.

A velocidade da operadora é muito importante na cronometragem de uma norma, a velocidade introduz um aumento ou diminuição do tempo já que as normas têm de ser estabelecidas a uma velocidade média de 1. Assim, ao multiplicar-se o tempo pelo factor velocidade acautela-se que a norma seja estabelecida a uma velocidade de 1.

Após este estudo chegou-se à conclusão que poupar-se-ia em média 0,87 h/1000 pcs na primeira operação com o novo equipamento.

Para a segunda operação, estudou-se a solução de implementar uma máquina que fizesse a cravação também de uma forma automatizada, ou seja, sem que a operadora tivesse de usar as mãos nessa tarefa, ficando livre para outras tarefas ou mesmo para iniciar a operação noutra peça, no caso de alguns modelos.

O estudo para aferir quanto tempo se conseguiria poupar foi realizado segundo as mesmas directivas. Os resultados podem ser consultados na tabela 40.

Tabela 40 – Estudo da redução da norma no primeiro posto pela implementação de uma nova máquina e jig de montagem

	2ª Operação			
N	Tempo (h/1000pcs)	Coef. Rep.	Vel.	Norma (h/1000pcs)
1	0,66	1,08	1,2	0,86
2	0,48	1,08	1,2	0,62
3	0,53	1,08	1,2	0,69
4	0,58	1,08	1,2	0,75
5	0,53	1,08	1,2	0,69
6	0,77	1,08	1,2	1,00
7	0,47	1,08	1,2	0,61
8	0,56	1,08	1,2	0,73
9	0,51	1,08	1,2	0,66
10	0,53	1,08	1,2	0,69
11	0,58	1,08	1,2	0,75
12	0,38	1,08	1,2	0,49
Média	**0,55**	**1,08**	**1,20**	**0,71**

Com a introdução da nova máquina e do novo jig no segundo posto de trabalho poupar-se-ia cerca de 0,71 h/1000 peças.

Como foi referido na apresentação do projecto WD Douro Tomadas, as máquinas e jigs não foram implementados durante a realização do estágio, porém a máquina para o primeiro posto e os jigs para o primeiro e segundo postos estavam já nas instalações da GEPC Portugal, no departamento de Manutenção, em fase de teste. Nas figuras 37, 38 e 39 pode observar-se esse equipamento.

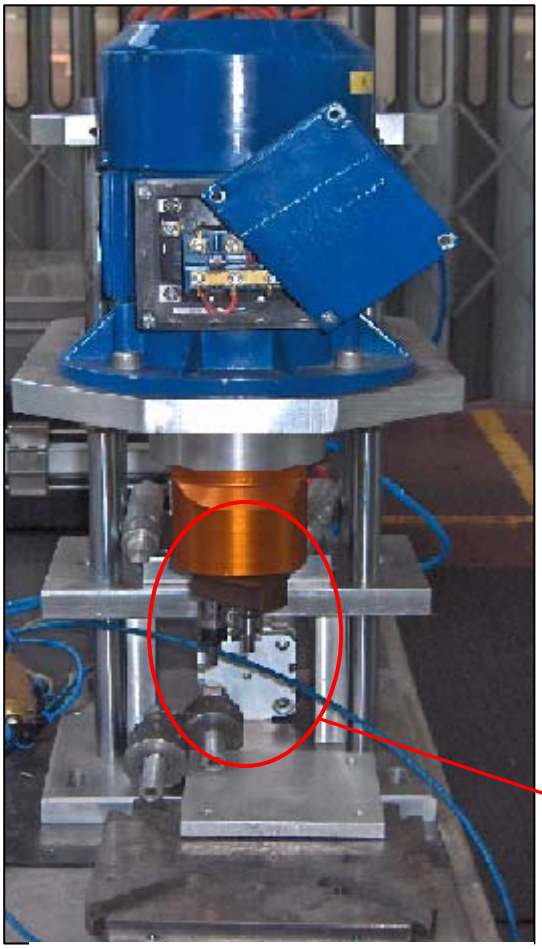


Figura 37 – Nova máquina de cravação para o primeiro posto

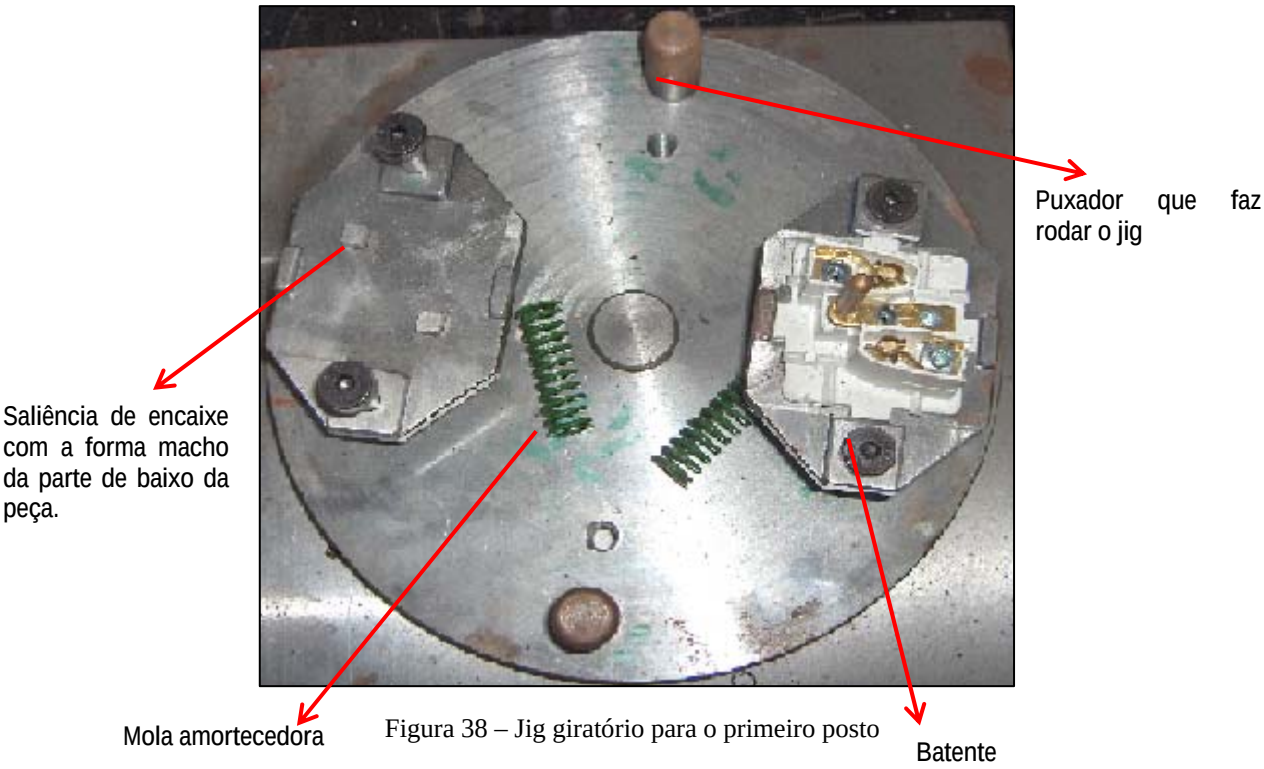


Figura 38 – Jig giratório para o primeiro posto

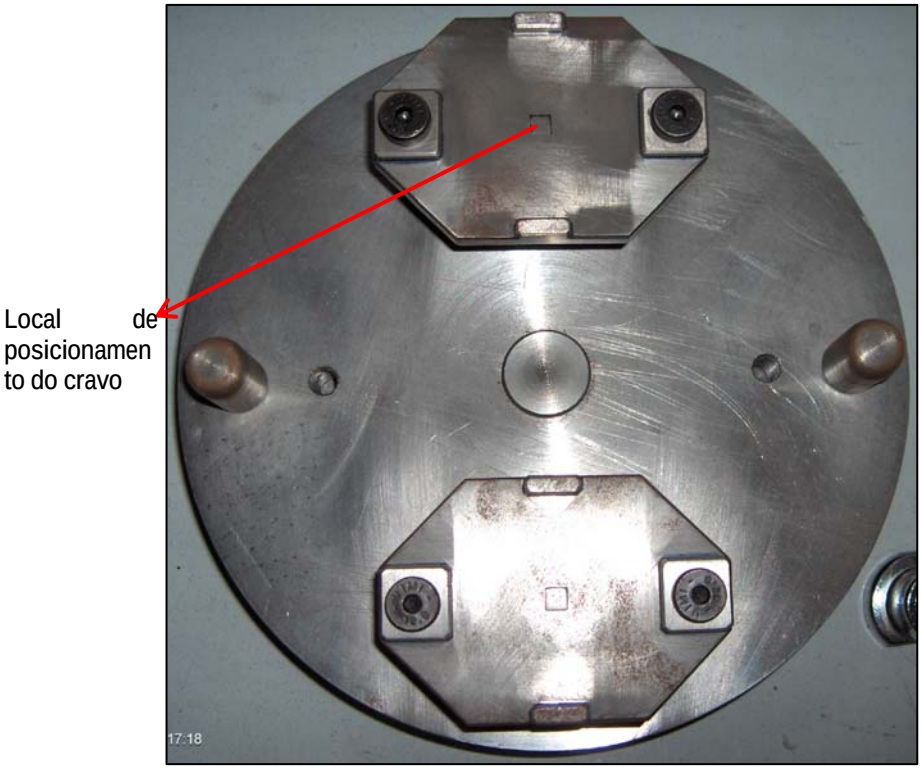


Figura 39 – Jig giratório para o segundo posto

C3 Resultados e conclusões

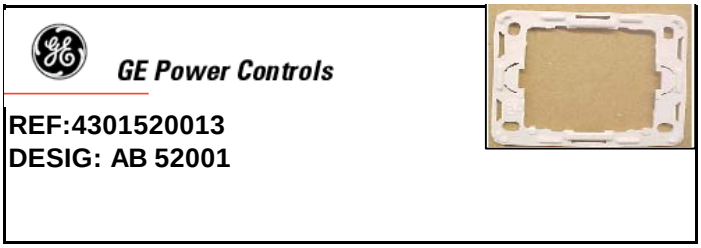


Figura 40 – Etiquetas identificativa do supermercado Douro Tomadas

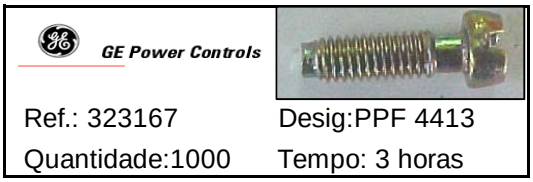


Figura 41 – Etiqueta identificativa dos contentores na linha Douro Tomadas

1.

LEAN ENTERPRISE

Porto Lean

Project

• WD Douro Sockets

1.

LEAN ENTERPRISE

WD Douro LEAN Implementation

Goals:
1. Reduce Cycle Time 27%
WIP reduction – 99%
2. Reduce Space 25%
3. Implement Single Piece Flow

Milestone 1	Milestone 2	Milestone 3
-Balance cycle times -Eliminate one work place -Line Material presentation -Two Bins system	Build SM Complete Kanban's	Water Spider
03-06-2005	10-06-2005	17-06-2005
75%		
	50%	
		0%

Date of completing
2005.06.3

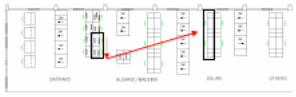
2.

LEAN ENTERPRISE

Milestone 1

WD Douro Sockets Assembly Line

BEFORE



1st and 2nd Operations

3rdOperation

AFTER

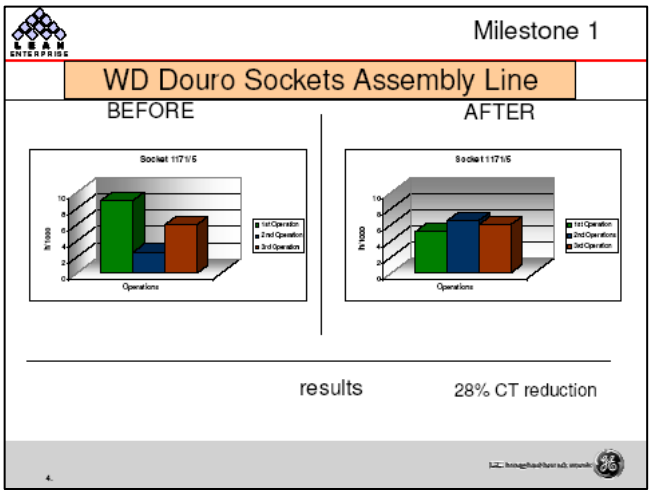
1st, 2nd & 3rdOperations

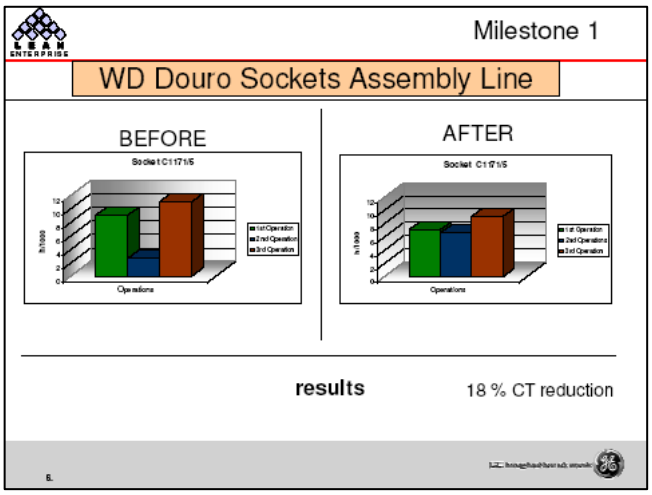
results

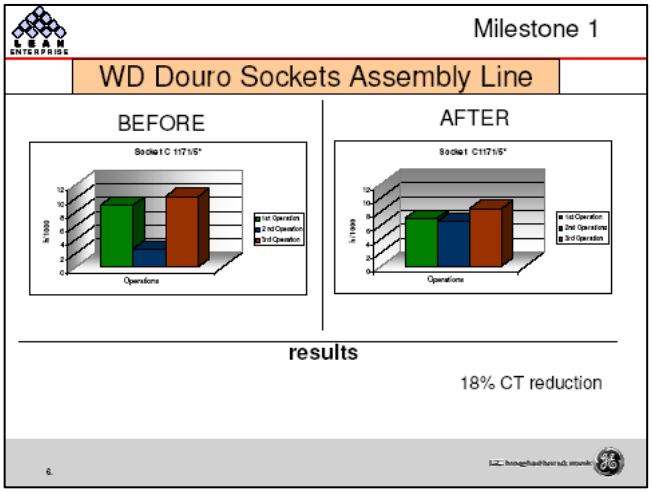
- 25% space reduction

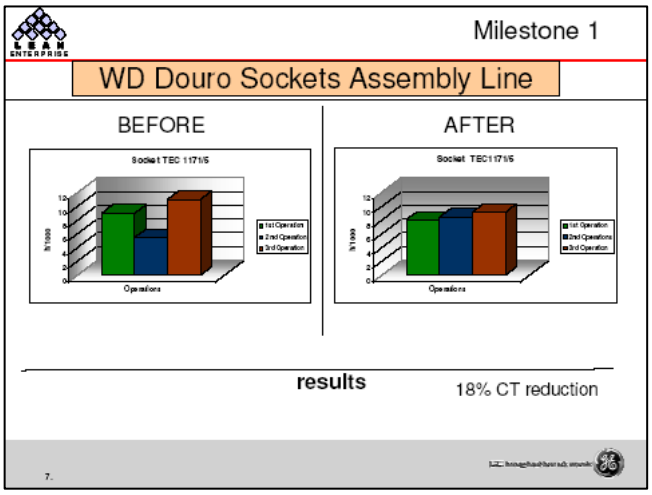
-Single piece flow
- One workplace eliminated

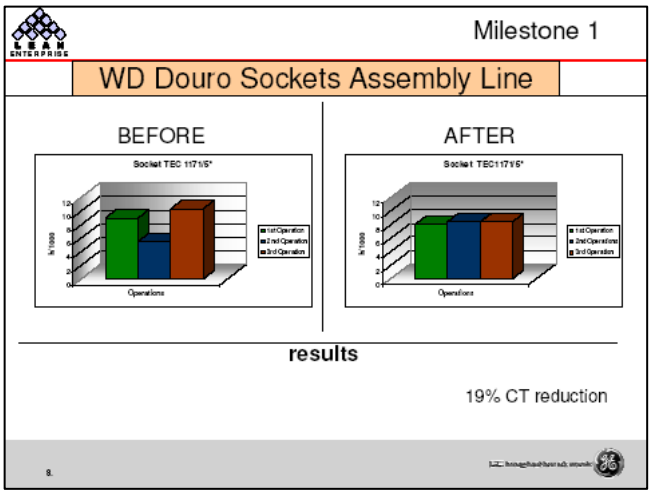
3.

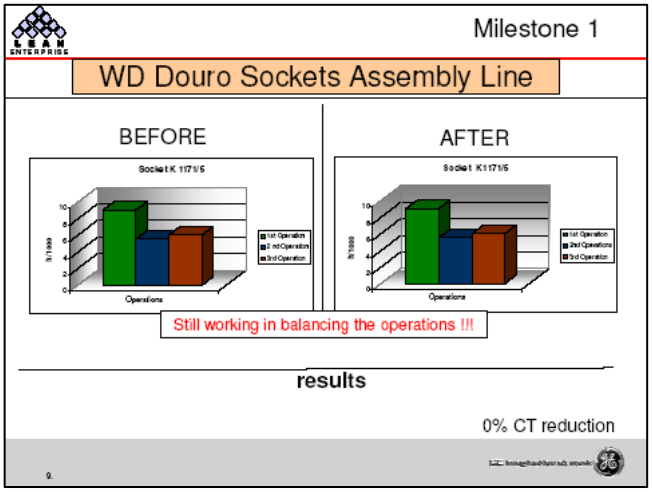

Milestone 1
WD Douro Sockets Assembly Line
BEFORE
AFTER
results
28% CT reduction


Milestone 1
WD Douro Sockets Assembly Line
BEFORE
AFTER
results
18 % CT reduction

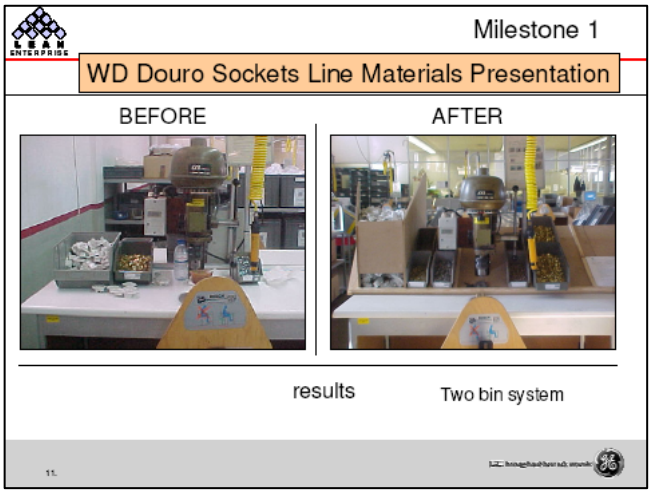

Milestone 1
WD Douro Sockets Assembly Line
BEFORE
AFTER
results
18% CT reduction


Milestone 1
WD Douro Sockets Assembly Line
BEFORE
AFTER
Socket TEC 1171/5
Socket TEC1171/5
Operations
1st Operation
2nd Operation
3rd Operation
results
18% CT reduction
7.

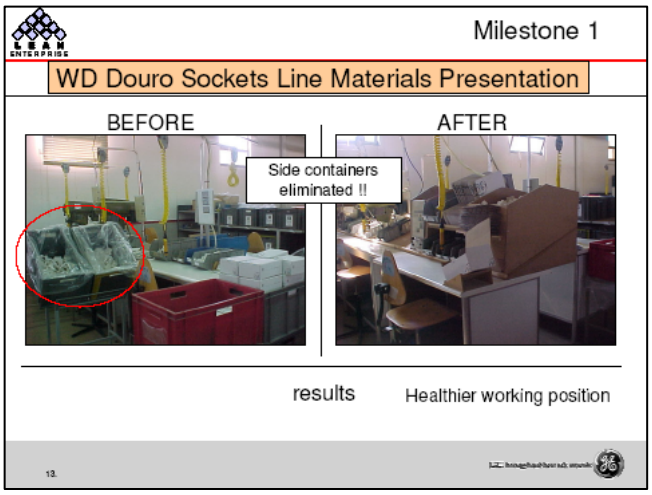

Milestone 1
WD Douro Sockets Assembly Line
BEFORE
AFTER
Socket TEC 1171/5"
Socket TEC1171/5"
Operations
1st Operation
2nd Operation
3rd Operation
results
19% CT reduction
8.

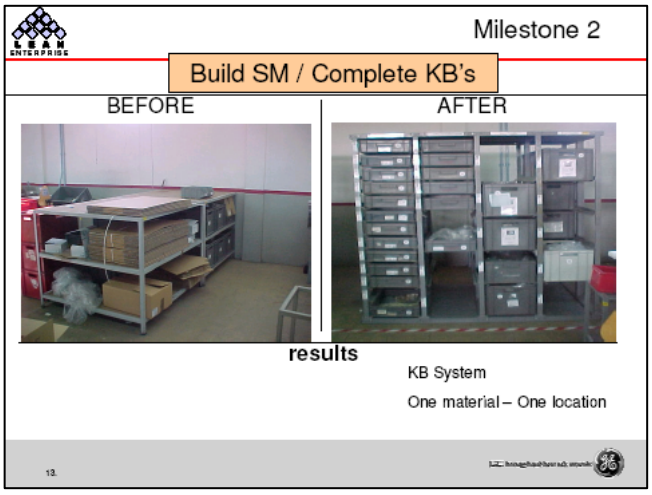

Milestone 1
WD Douro Sockets Assembly Line
BEFORE
AFTER
Socket K 1171/5
Socket K1171/5
Operations
1st Operation
2nd Operation
3rd Operation
Still working in balancing the operations !!!
results
0% CT reduction
9.

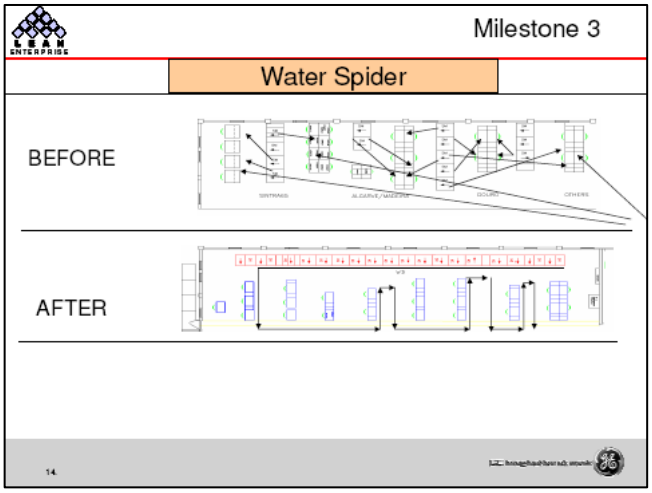
Milestone 1
WD Douro Sockets Line Materials Presentation
BEFORE
AFTER
results
Two bin system
10.


Milestone 1
WD Douro Sockets Line Materials Presentation
BEFORE
AFTER
results
Two bin system
11.

Milestone 1
WD Douro Sockets Line Materials Presentation
BEFORE
AFTER
results
Two bin system
12.


Milestone 1
WD Douro Sockets Line Materials Presentation
BEFORE
AFTER
Side containers eliminated !!
results
Healthier working position
13.


Milestone 2
Build SM / Complete KB's
BEFORE
AFTER
results
KB System
One material – One location
13.


Milestone 3
Water Spider
BEFORE
AFTER
14.

BENEFITS

Metric	Prod.Line	BASELINE	YTD ACTUALS	GOALS/RESULTS
• CYCLE TIME REDUCTION (Value added Process time reduction)	Douro	10,1 hr/1000pcs	7,4 hr/1000pcs 27%	7,4 hr/ 1000pcs 27%
• LEADTIME REDUCTION (DOH Inventory Reduction)	Douro	4,11 days	0,141 days 83%	0,02days 99%
• OUTPUT/HEAD (Headcount)	Douro	344 soo/day/head	344 soo/day/head 0%	344 soo/day/head 0%
• SPACE REDUCTION (In Sq.Mts)	Douro	5 Sq Mts	3,8 Sq Mts 24 %	3,8 Sq Mts 24 %
• Inventory Reduction (k$)	Douro	3K$	0,3k$ 83%	0,009K$ 99%

15.

10 ANEXO D: Complementos informativos relativo ao projecto WD Douro Mecanismos

D1 Análise da Situação Inicial

Gestão de materiais

Quant.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	0,1	1	1
Components	1171… Bases	Conj PTI 71	Conj. PTI 72	Conj. PTI 73	Conj. PTI 74	Conj. PTI 75	Conj. PTI 78	Conj. 1 PTI 76	Conj. 2 PTI 76	AB 52004	Mola PMH 151	Mola PMH 149	Pistão AB 52009	AB 52005	AB 52006	AB 52001- Aranhiço	AB 52002 - Aro	AB 52007	AB 52008	AB 52012	AB 52011	AB 52013 - Friso Cz claro	Caixa Cartão 754	AB 52013 - Friso BR	AB 44406
Quant/hora	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	350	175	175	350	175	175	175	175	175	175	175	18	175	175
Quant. Cont.	500	500	500	500	500	500	500	500	500	250	1000	1000	1000	1000	1000	250	500	250	500	500	700	400	36	400	1000
0.5 h																									
1 h										■						■		■							
2 h																						■	■	■	
3 h	■	■	■	■	■	■	■	■	■			■					■		■	■					
4 h																					■				
5 h																									
6 h											■		■	■	■										■
8 h																									

Figura 42 – Matriz de reabastecimento da linha Douro Mecanismos

D2 Acções e soluções adoptadas

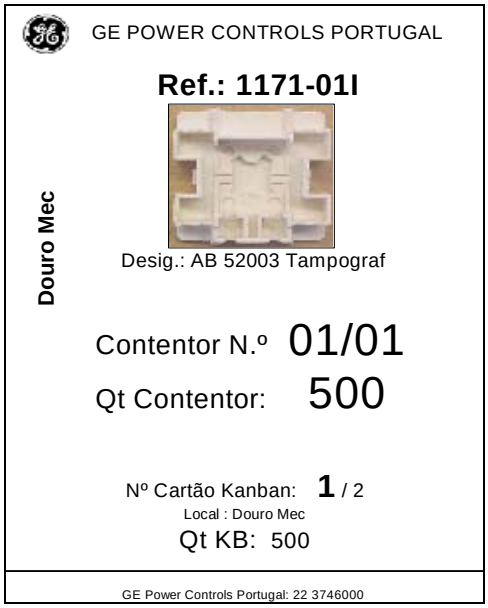


Figura 43 – Exemplo de cartão Kanban de contentor de 60l

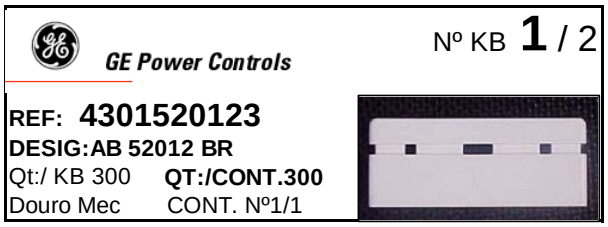


Figura 44 –Exemplo de cartão Kanban de contentor de 20 l

Figura 45 – Exemplo de etiqueta identificativa da prateleira no supermercado

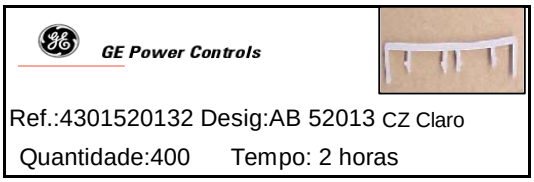
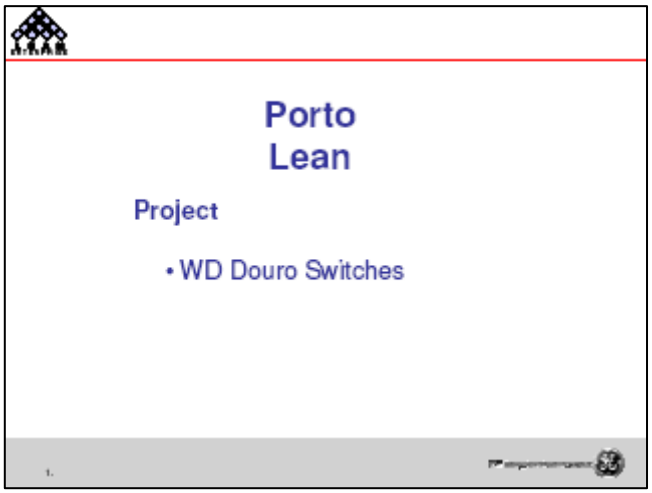
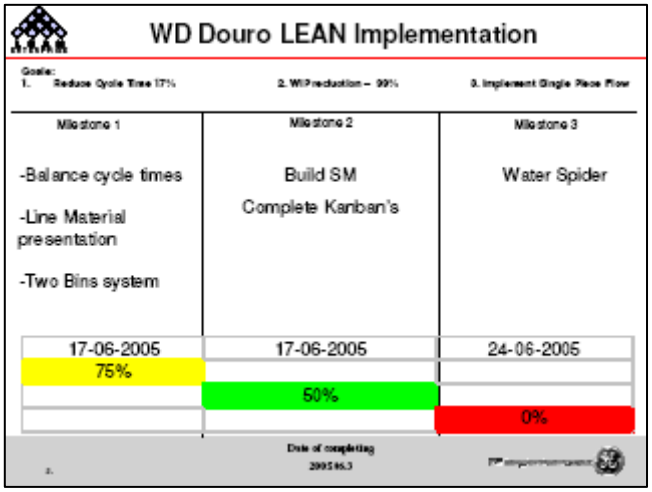
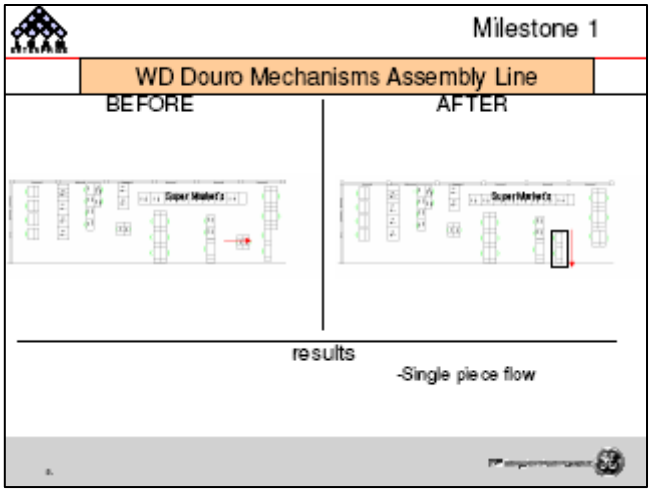


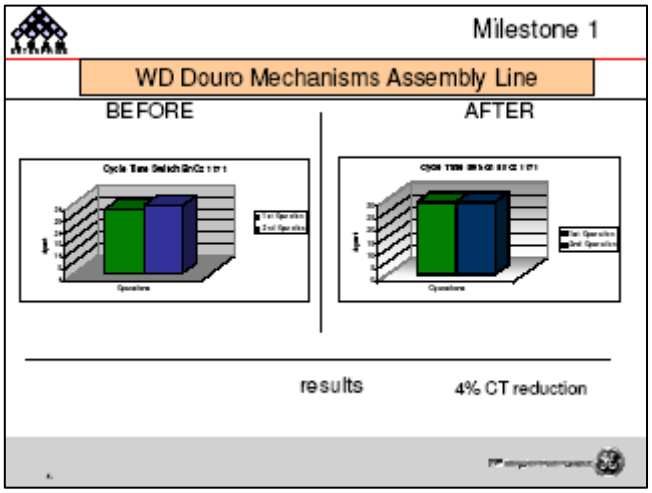
Figura 46 – Exemplo de etiqueta identificativa dos contentores na linha Douro Mecanismos

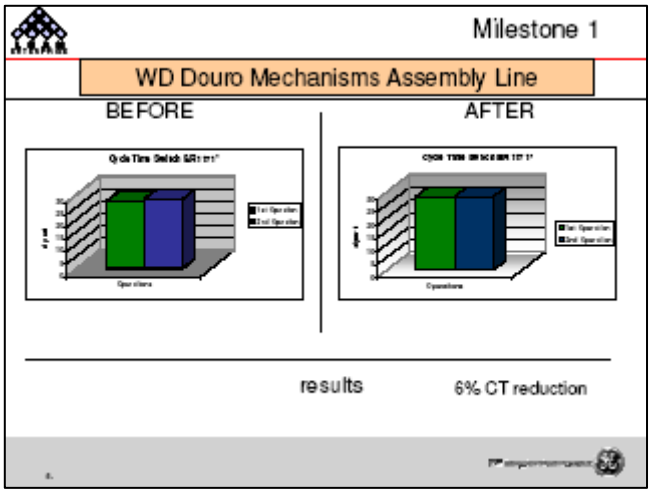
D3 Apresentação do projecto WD Douro Switches

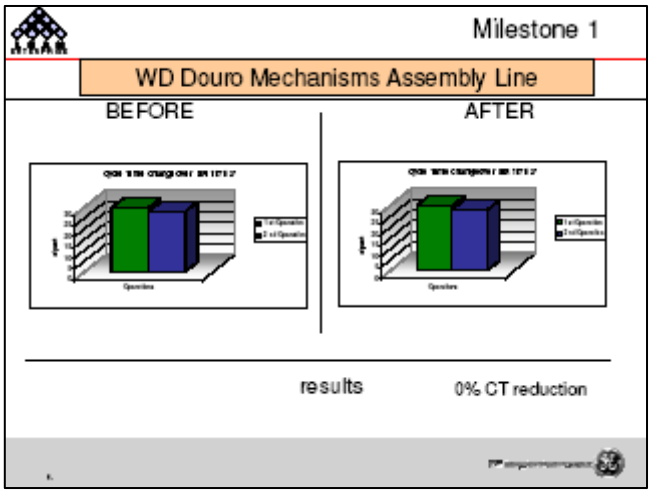


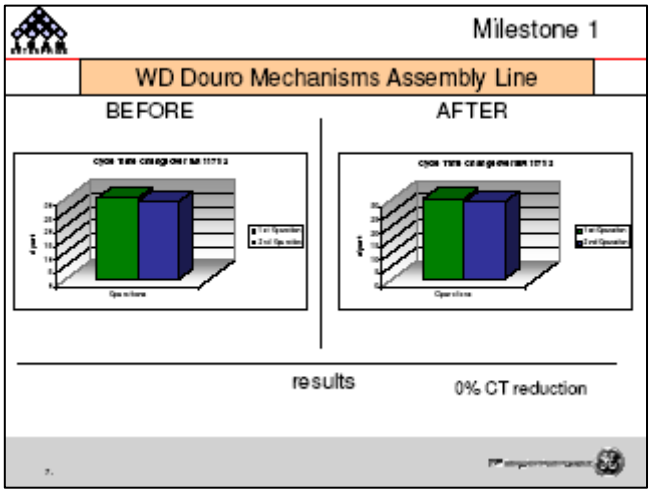


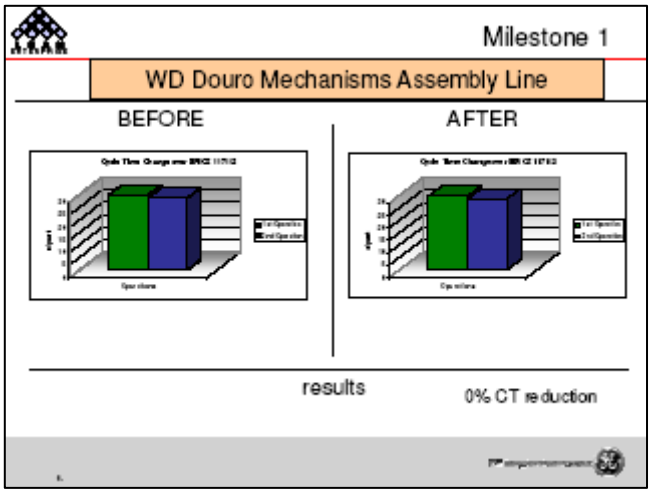



Milestone 1
WD Douro Mechanisms Assembly Line
BEFORE
AFTER
results
4% CT reduction


Milestone 1
WD Douro Mechanisms Assembly Line
BEFORE
AFTER
results
6% CT reduction

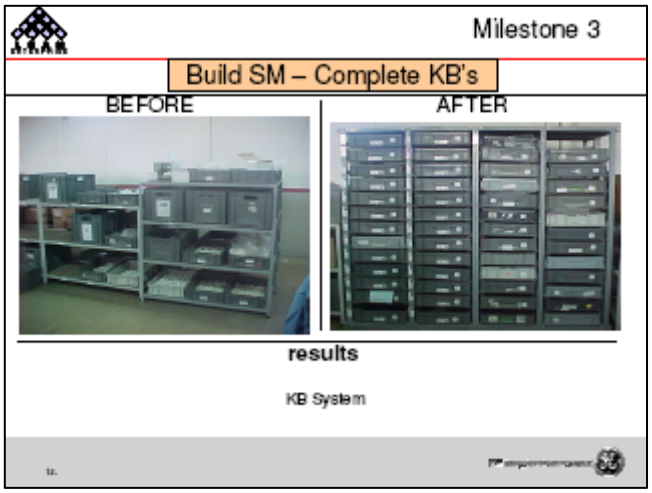

Milestone 1
WD Douro Mechanisms Assembly Line
BEFORE
AFTER
results
0% CT reduction

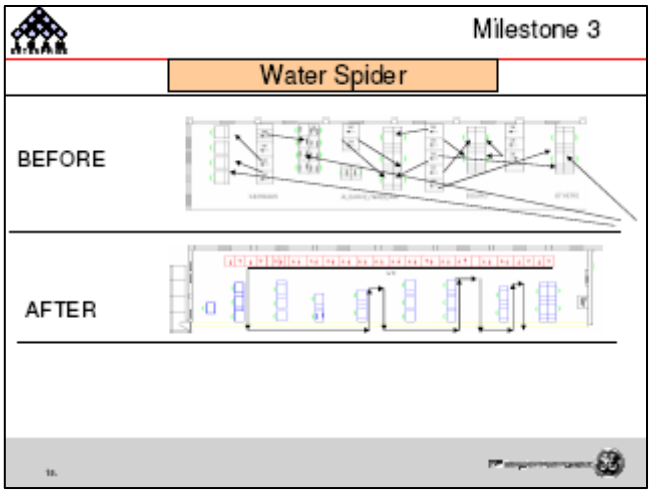

Milestone 1
WD Douro Mechanisms Assembly Line
BEFORE
AFTER
results
0% CT reduction


Milestone 1
WD Douro Mechanisms Assembly Line
BEFORE
AFTER
results
0% CT reduction

Milestone 1
WD Douro Mechanisms Line Material Presentation
BEFORE
AFTER
results
Organization
Two bin system

Milestone 1
WD Douro Mechanisms Line Material Presentation
results
Two Bin System


Milestone 3
Build SM – Complete KB's
BEFORE
AFTER
results
KB System


Milestone 3
Water Spider
BEFORE
AFTER

BENEFITS

Metric	Prod.Line	BASELINE	YTD ACTUALS	GOALS/RESULTS
CYCLE TIME REDUCTION (Value added Process time reduction)	Douro Switches	13,6 h/1000 pcs	11,3h/1000 pcs 17%	11,3h/1000 pcs 17%
LEADTIME REDUCTION (DOH Inventory Reduction)	Douro Switches	0,5 days	0,01 days 99%	0,01days 99 %
OUTPUT/HEAD (Headcount)	Douro Switches	414 sw/day/head	414 sw/day/head 0 %	414 sw/day/head 0%
SPACE REDUCTION (In Sq.Mts)	Douro Switches	5 Sq.Mts	5 Sq.mts 0%	5 Sq.mts 0 %
Inventory Reduction (k$)	Douro Switches	0,72k$	0,01k$ 99%	0,01k$ 99 %

11 ANEXO E: Complementos informativos do projecto WD Algarve Mecanismos

E1 Análise da Situação Inicial

Gestão de materiais

Componentes	137/..	Ilho PSZ 34	contacto 71/22	contacto 72/22	terminal 73/1	terminal 74/1	conj 1 pti 76	conj 2 pti 76	ab 45106	ab 45105	ab 45101	ab 45124	molas phm 149	psw 84	ppf 3215 cem	ab 45104	ab 45103	divisória 789	caixa 789	pfq 305 porca	psg 15	ppf 3811	elásticos	ppf 3020	ab45102
Quantidade	1	2	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	2	2	1	0,1	0,1	1	2	2	1	2	1
Quant/hora	125	250	125	125	125	125	125	125	125	250	125	125	125	125	250	250	125	12,5	12,5	125	250	250	125	250	125
Quant/cont	250	1000	500	500	500	500	500	500	300	400	250	1000	1000	250	1000	250	200	30	30	1000	500	1000	1000	1000	250
0.5 h																									
1 h																									
2 h																									
3 h																									
4 h																									
5 h																									
6 h																									
8 h																									

Figura 47 – Matriz de reabastecimento da linha Algarve Mecanismos

E2 Acções e soluções adoptadas

Figura 48 – Exemplo de cartão Kanban de contentores de 60 l

Figura 49 – Exemplo de cartão Kanban para contentor de 20l

Figura 50 – Exemplo de etiqueta identificativa da prateleira de supermercado

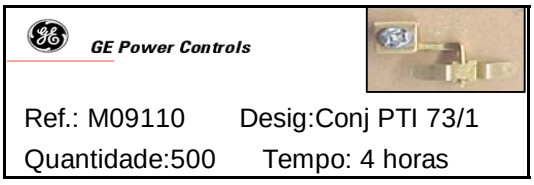
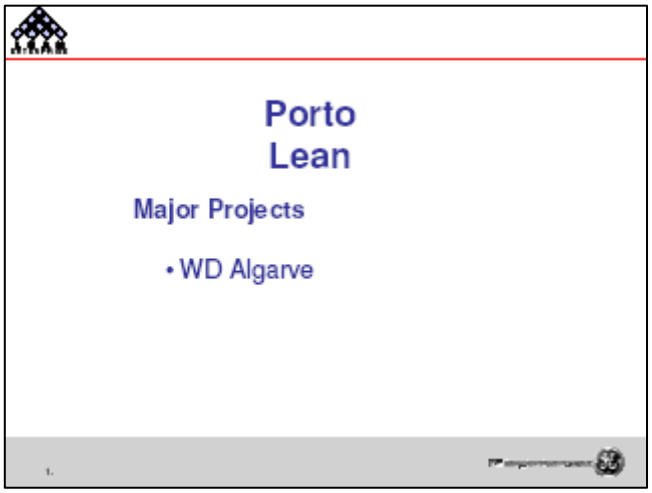
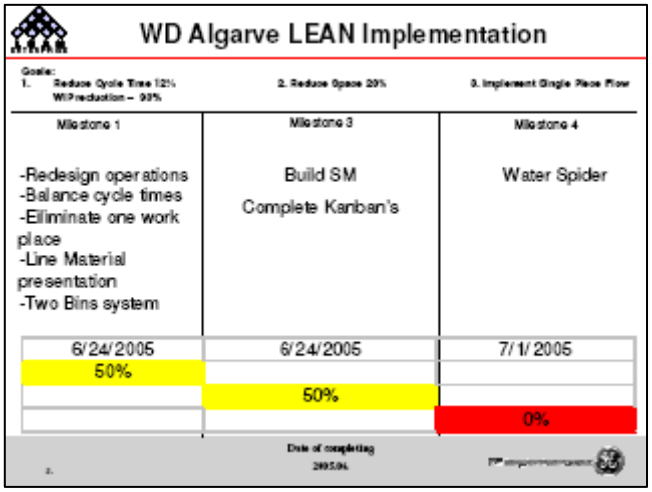
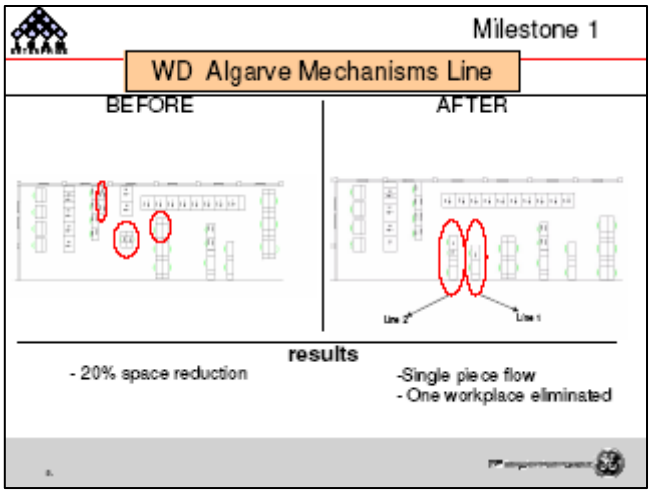


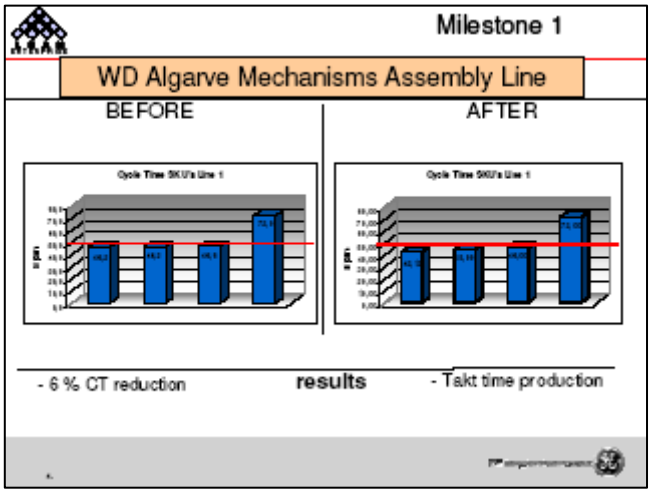
Figura 51 – Exemplo de etiqueta identificativa de contentores na linha

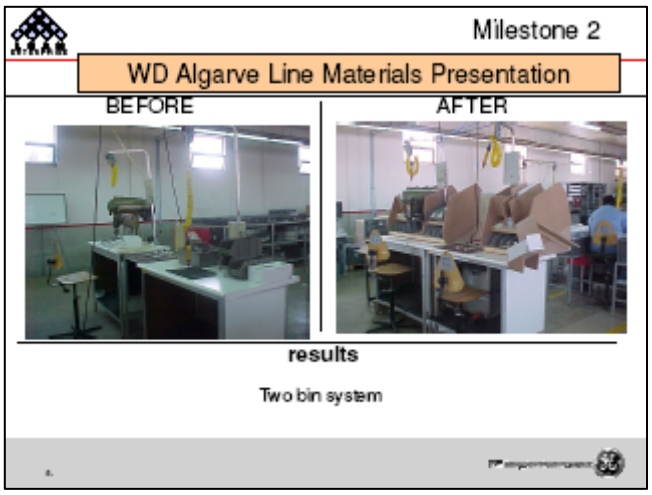
E3 Apresentação do projecto WD Algarve Switches

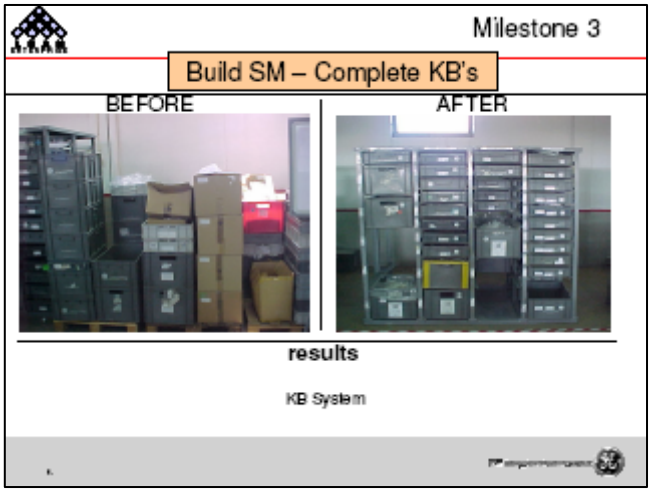


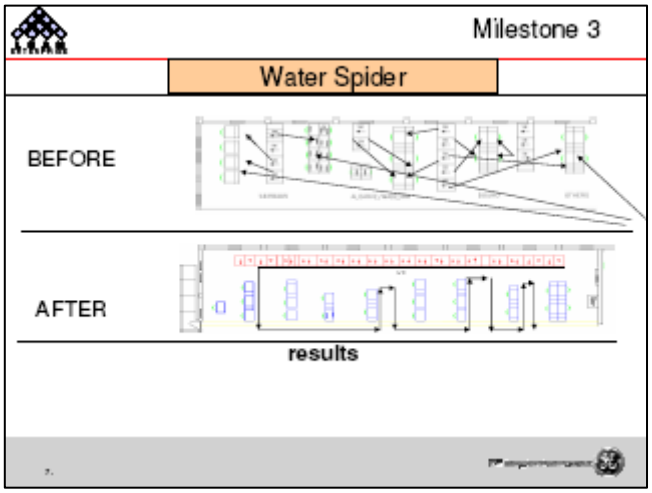





Milestone 1
WD Algarve Mechanisms Assembly Line
BEFORE
AFTER
- 6 % CT reduction
results
- Takt time production


Milestone 2
WD Algarve Line Materials Presentation
BEFORE
AFTER
results
Two bin system


Milestone 3
Build SM – Complete KB's
BEFORE
AFTER
results
KB System



BENEFITS

Metric	Prod.Line	BASELINE	YTD ACTUALS	GOALS/RESULTS
CYCLE TIME REDUCTION (Value added Process time reduction)	Algane Switches	16,3 h\1000pcs	15,2 h\1000 pcs 7%	15,2 h\1000 pcs 7%
LEADTIME REDUCTION (DOH Inventory Reduction)	Algane Switches	1,35 days	0,02 days 99%	0,02 days 99%
OUTPUT/HEAD (Headcount)	Algane Switches	300 sw\day/head	300 sw\day/head 0%	300 sw\day/head 0%
SPACE REDUCTION (In Sq.Mts)	Algane Switches	7,2 Sq.Mts	5,75 Sq.Mts 20%	5,75 Sq.Mts 20%
Inventory Reduction (K$)	Algane Switches	2K$	0,04K$ 99%	0,04K$ 99%

12 ANEXO F: Complementos informativos do projecto WD Sintra 65 Mecanismos

F1 Análise da Situação Inicial

Processo Produtivo

Tabela 41 – Resumo da situação inicial

Before	1.ª Op	2ª Op	Cycle Time	Space m2	WIP pcs	WIP DOH	WIP €	Prod Time (hr)	OPH Pcs/day	Labour €	Produção Semanal	Produção Anual
1280	11	10,7	11,0	7,2	800	0,27	296	20,25	103,48	5619,08		
1280/1	15,4	10,7	15,4	7,2	550	0,18	204	6,09	25,87	1689,61		
1280/2	13	10,7	13,0	7,2	200	0,07	74	15,21	71,14	4219,17		
1280/3	16	10,7	16,0	7,2	200	0,07	74	1,56	6,47	432,11		
1280/4	18	10,7	18,0	7,2	150	0,05	56	1,67	6,47	464,48		
1280/4L	19,7	10,7	19,7	7,2	100	0,03	37	1,77	6,47	491,99		
1280/6	13,5	10,7	13,5	7,2	50	0,02	19	7,06	32,34	1958,26		
1280/6D	18,6	10,7	18,6	7,2	50	0,02	19	1,71	6,47	474,19		
1280/6L	15,3	10,7	15,3	7,2	50	0,02	19	12,13	51,74	3366,27		
1280/L	13	10,7	13,0	7,2	50	0,02	19	1,38	6,47	383,56		
1280/S	14	10,7	14,0	7,2	50	0,02	19	1,44	6,47	399,74		
1280/2D	21,5	10,7	21,5	7,2	50	0,02	19	1,88	6,47	521,12		
					2300	**0,77**	**851,0**	**72,16**	**329,83**	**20019,61**		

Tabela 42 – Lead time inicial

Lotes	Lead Time (horas)
1280	20,3
1280/1	6,1
1280/2	15,2
1280/3	1,6
1280/4	1,7
1280/4L	1,8
1280/6	7,1
1280/6D	1,7
1280/6L	12,1
1280/L	1,4
1280/S	1,4
1280/2D	1,9
	72,2

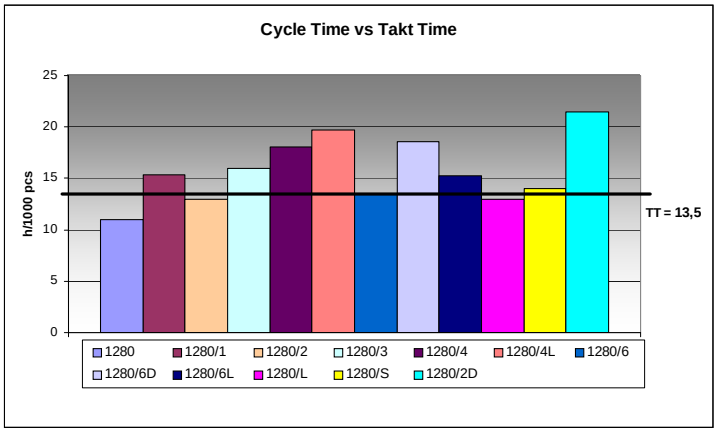


Gráfico 12 – Cycle time inicial versus Takt time

Tabela 43 – Resumo das previsões da situação final

After	1.ª Op	2ª Op	Cycle Time	Space m2	WIP pcs	WIP DOH	WIP €	Prod Time (hr)	OPH Pcs/day	Labour €	Produção Semanal	Produção Anual
1280	11	9,3	11,0	7,2	5	0,27	2	20,53	98,63	5696,77		
1280/1	15,4	9,3	15,4	7,2	5	0,18	2	7,19	24,66	1993,87		
1280/2	13	9,3	13,0	7,2	5	0,07	2	16,68	67,81	4628,62		
1280/3	12,9	12,4	12,9	7,2	5	0,07	2	1,51	6,16	417,55		
1280/4	14,9	12,4	14,9	7,2	5	0,05	2	1,74	6,16	482,28		
1280/4L	16,6	12,4	16,6	7,2	5	0,03	2	1,94	6,16	537,31		
1280/6	13,5	9,3	13,5	7,2	5	0,02	2	7,88	30,82	2184,84		
1280/6D	12,5	15,4	15,4	7,2	5	0,02	2	1,80	6,16	498,47		
1280/6L	12,2	12,4	12,4	7,2	5	0,02	2	11,57	49,31	3210,91		
1280/L	12,2	12,4	12,4	7,2	5	0,02	2	1,45	6,16	401,36		
1280/S	14	9,3	14,0	7,2	5	0,02	2	1,63	6,16	453,15		
1280/2D	15,4	15,4	15,4	7,2	5	0,02	2	1,80	6,16	498,47		
					60	**0,0000**	**22,2**	**75,71**	**314,38**	**21003,60**		

Tabela 44 – Previsão do lead time final

Linha	Lead Time (horas)
1280	10,3
1280/1	3,6
1280/2	8,3
1280/3	0,8
1280/4	0,9
1280/4L	1,0
1280/6	3,9
1280/6D	0,9
1280/6L	5,8
1280/L	0,7
1280/S	0,8
1280/2D	0,9
	37,9

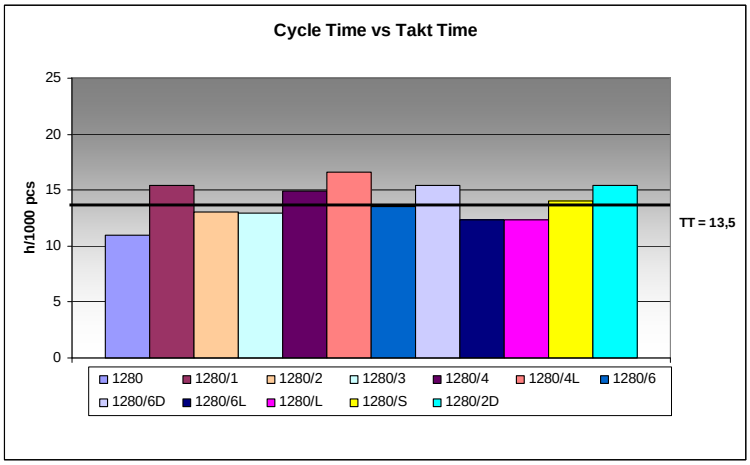


Gráfico 13 – Cycle time final versus Takt time

Tabela 44 – Objectivos do projecto WD
Sintra 65 Mecanismos

Objectivos	
Space Reduction	**0%**
WIP Reduction	**95%**
Lead Time Reduction	**50%**
Cycle Time Reduction	**10%**
Output / Head increase	**0%**
Labour Reduction	**0%**

F2 Acções e soluções adoptadas

Estudo da conversão de um posto de ensaio para implementação na linha Sintra 65 Mecanismos

A necessidade de um equipamento de ensaio para conseguir implementar a linha Sintra 65 Mecanismos e, consequentemente, a segunda linha do projecto WD Algarve Mecanismos, precipitou a ideia de converter um equipamento de ensaio, em desuso, existente na área WA/WD, que era utilizado para ensaiar mecanismos da série Sintra.

Para melhor compreender a razão do estudo desta solução descrever-se-á de seguida a operação "Ensaiar", os dois equipamentos de ensaio, os produtos para qual cada um foi projectado e as soluções para a conversão.

Operação "Ensaiar"

Esta operação consiste em escolher, no aparelho de ensaio, o modelo que se pretende ensaiar, colocar a peça na matriz de ensaio e fazer um movimento basculante no componente que confere essa propriedade ao mecanismo. Se a peça estiver boa, uma luz verde acende, se a peça estiver má uma luz vermelha acende.

Modelos da série Algarve e Sintra 65

Como foi referido durante a apresentação do projecto WD Sintra 65 Mecanismos, o interior dos mecanismos Algarve e Sintra 65 é igual, variando, apenas, a pintura na base. A base é a mesma e como tal o ensaio também. Porém, nos modelos Algarve, como é uma série de embutir, é necessário o componente aranha que segura o mecanismos na parede, já a série Sintra 65, sendo uma série saliente, não necessita de aranha.

Figura 52 – Parte inferior da base dos mecanismos das famílias Algrave e Sintra 65

Modelos da série Sintra

O interior dos modelos Sintra só diferem num pequeno pormenor da série Algarve, o facto da base ser furada na parte inferior. Estes furos vão permitir que as agulhas do ensaio consigam tocar nos contactos e terminais.

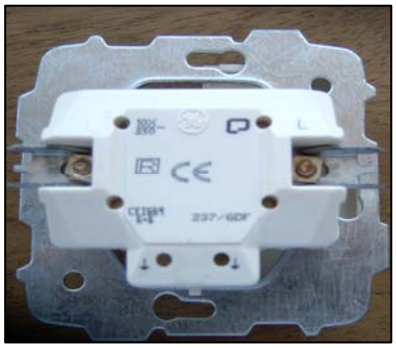


Figura 53 – Parte inferior da base dos mecanismos da família Sintra

Equipamento de ensaio a ser convertido

Como seria de esperar, já que a pessoa tem fazer o movimento basculante na peça, o aparelho de ensaio funciona com um pedal que, pressionado, faz passar ar comprimido o qual provoca o movimento das agulhas de ensaio de encontro aos terminais do mecanismo.

Ao ser escolhido o modelo a ser ensaiado antes de começar a operação, o equipamento corre o programa correspondente a esse modelo

O ensaio tem seis agulhas que tocam na base da peça por baixo, o número máximo de contactos e terminais nas peças é seis.

O sensor deste equipamento situa-se na parte de cima da matriz, é um sensor de metais, já que todos os mecanismos da série Sintra têm aranha.

Este equipamento permite o ensaio de todos os modelos da série Sintra, inclusive modelos com lâmpada.

Na Figura 54 pode ver-se o equipamento de ensaio, e na Figura 55 o pormenor da matriz de ensaio.

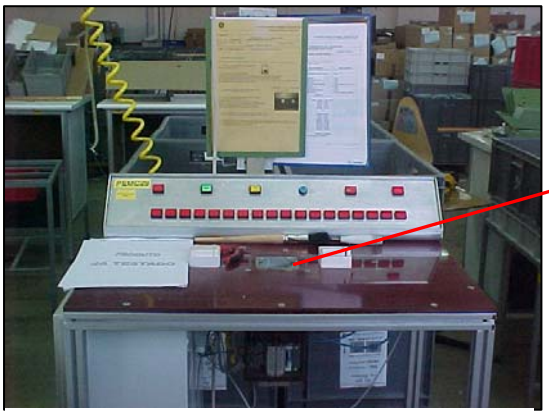


Figura 54 – Equipamento de ensaio para conversão

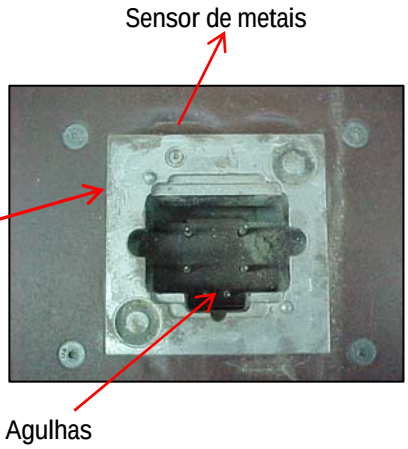


Figura 55 – Matriz de ensaio

Equipamento de ensaio em uso nas séries Algarve e Sintra 65

O equipamento utilizado para ensaiar os mecanismos Algarve e Sintra 65 também tem o sistema de pedal para accionar as agulhas de ensaio. O modelo pode ser escolhido numa botoneira, e o programa é basicamente o mesmo, porém a matriz de ensaio tem características bastante diferentes.

As agulhas de ensaio são laterais, o sensor é de presença e está no interior da matriz, isto porque os modelos Sintra 65 não têm aranha.

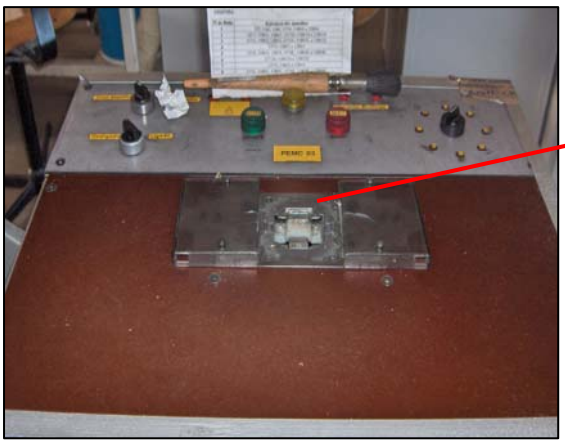


Figura 56 – Equipamento de ensaio de Sintra 65 e Algarve

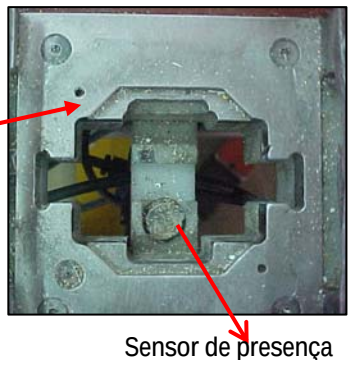


Figura 57 – Matriz de ensaio

Solução 1

Na primeira abordagem ao problema contactou-se uma empresa externa especializada.

Durante o acompanhamento dos técnicos na área WA/WD algumas conclusões foram imediatas depois da comparação entre os dois ensaios.

Seria necessária uma matriz de ensaio completamente reformulada, com um sensor de presença no interior e as agulha de lado. O programa de ensaio era semelhante e seriam necessárias poucas ou nenhuma alteração.

A integração do ensaio no posto de trabalho da linha Sintra65 estaria a cargo da mesma empresa.

Esta solução apresentou-se bastante dispendiosa, mas rápida, porém seria investir num equipamento bastante antigo.

Solução 2

A solução alternativa à apresentada seria implementada por entidades internas. O raciocínio foi realizado ao contrário: mudar a peça.

Como a forma das bases de todos os modelo era igual, apenas se teria de mudar o molde das séries Algarve e Sintra 65, e transformá-lo num molde que já tinha sido usado para fazer as peças da série Sintra.

A proposta teve de ser feita ao departamento de tecnologia, na GEPC em Espanha.

Sem a necessidade de alterar totalmente a matriz, apenas se teria de mudar o sensor de metais para um sensor de presença que possibilitasse a detecção dos modelos Sintra 65.

A integração do posto de ensaio, a realizar também internamente, consistiria em alterar a estrutura em mdf já instalada no posto de trabalho, de forma a que o ensaio se situasse a meio do posto, para que a operação “Ensaiar+tapar” fosse totalmente realizada à frente da operadora.

Sendo uma solução completamente interna, apresentou-se substancialmente mais barata, porém muito mais morosa.

À data de terminus do estágio nenhuma solução tinha sido ainda implementada, porém foram realizados contactos com a tecnologia em Espanha no sentido de expor a alteração do molde das peças no sentido de aplicar ao problema a segunda solução estudada.

13 ANEXO G: Complementos informativos do projecto WD Sintra 65 Tomadas

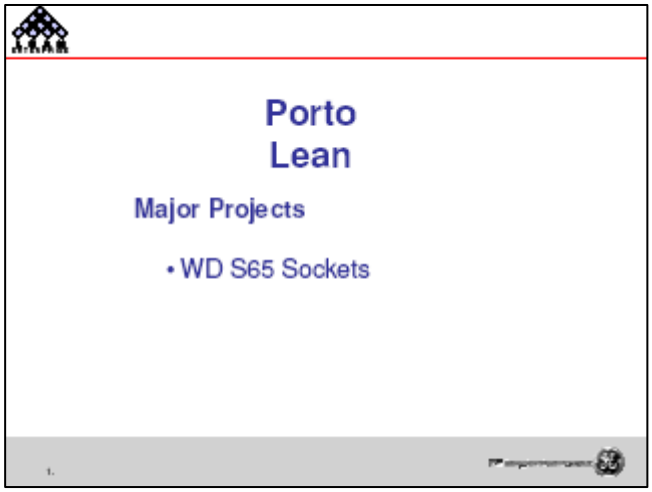
G1 Análise da Situação Inicial

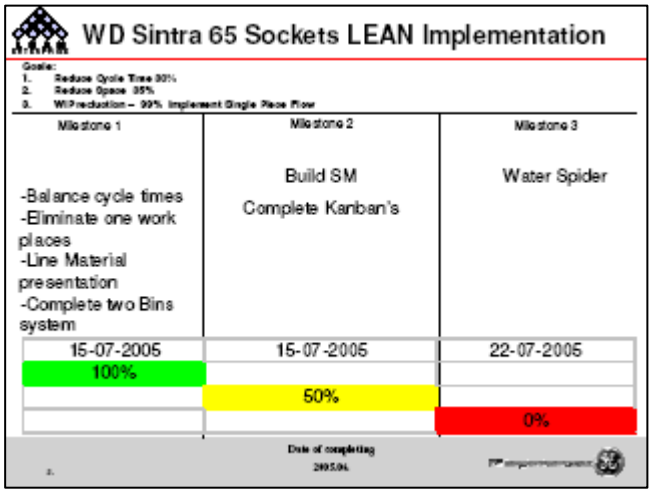
Gestão de materiais

	1.º Posto					2º Posto							3º Posto							
Componentes	PFZ 330	A 729 KC	PKM 125	PYZ 35	PPF 4413	PFZ 313	PFQ 314	PPF 3215	PKM0136NI	AB 60001	PPZ 320	AB 60009	PMH 150	AB 45203	AB 60201	AB 52103	PMH 1430	AB 60104	cx 474786	474788
Quant.	2	1	2	2	2	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	0,1	1
Quant/hora	280	140	280	280	280	140	140	140	140	140	280	140	140	140	140	140	140	140	14	140
Quant/contentor	1000	100	1000	1000	1000	1000	1000	1000	500	150	1000	300	1000	700	150	300	700	150	30	
0.5 h		■																		
1 h										■					■			■		
2 h												■				■			■	
3 h	■		■	■	■				■		■									
4 h														■			■			
5 h																				
6 h						■	■	■					■							
8 h																				

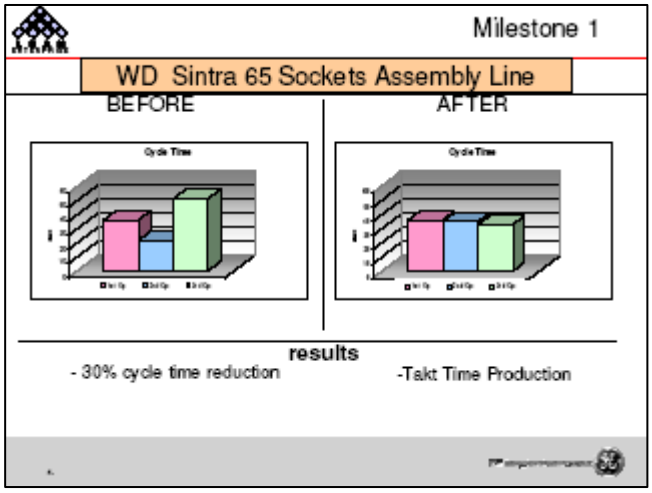
Figura 58 – Matriz de reabastecimento da linha Sintra 65 Tomadas

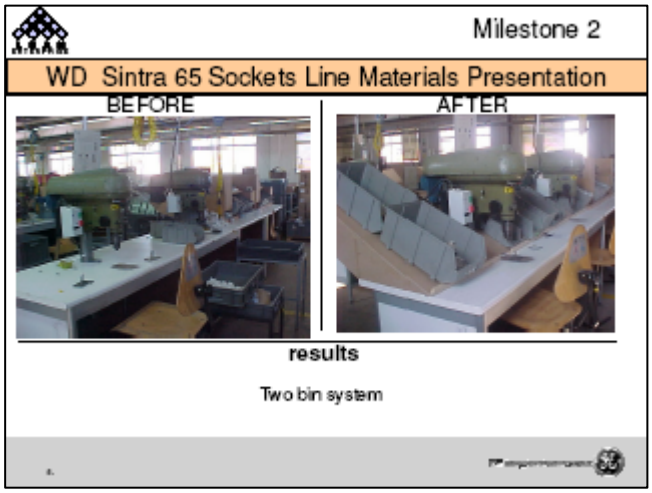
G2 Apresentação do projecto WD Sintra 65 Tomadas

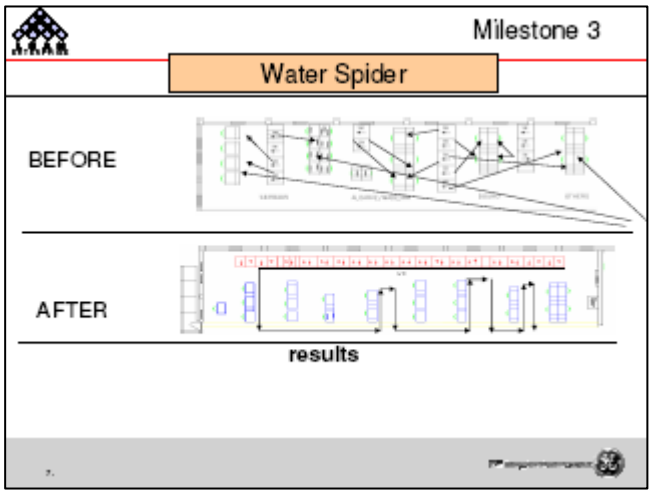


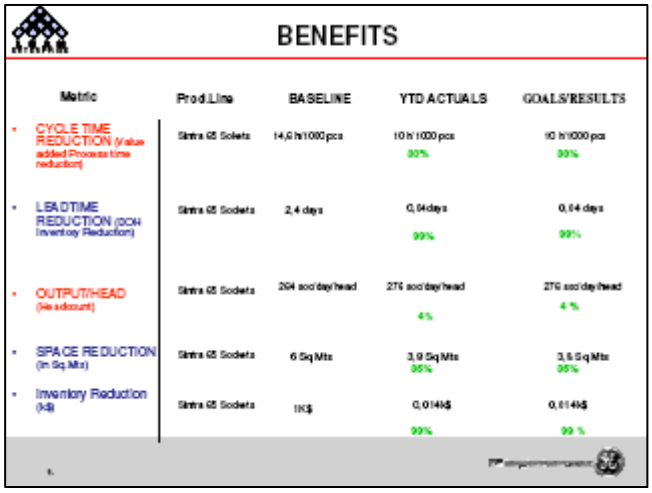

WD Sintra 65 Sockets LEAN Implementation
Goals:
1. Reduce Cycle Time 30%
2. Reduce Space 35%
3. WIP reduction – 99% Implement Single Piece Flow
Milestone 1
Milestone 2
Milestone 3
-Balance cycle times
-Eliminate one work places
-Line Material presentation
-Complete two Bins system
Build SM
Complete Kanban's
Water Spider
15-07-2005
15-07-2005
22-07-2005
100%
50%
0%
Date of completing

Milestone 1
WD Sintra 65 Sockets Line
BEFORE
AFTER
results
- 35% space reduction
-Single piece flow
- One workplace eliminated


Milestone 1
WD Sintra 65 Sockets Assembly Line
BEFORE
AFTER
Cycle Time
Cycle Time
results
- 30% cycle time reduction
-Takt Time Production





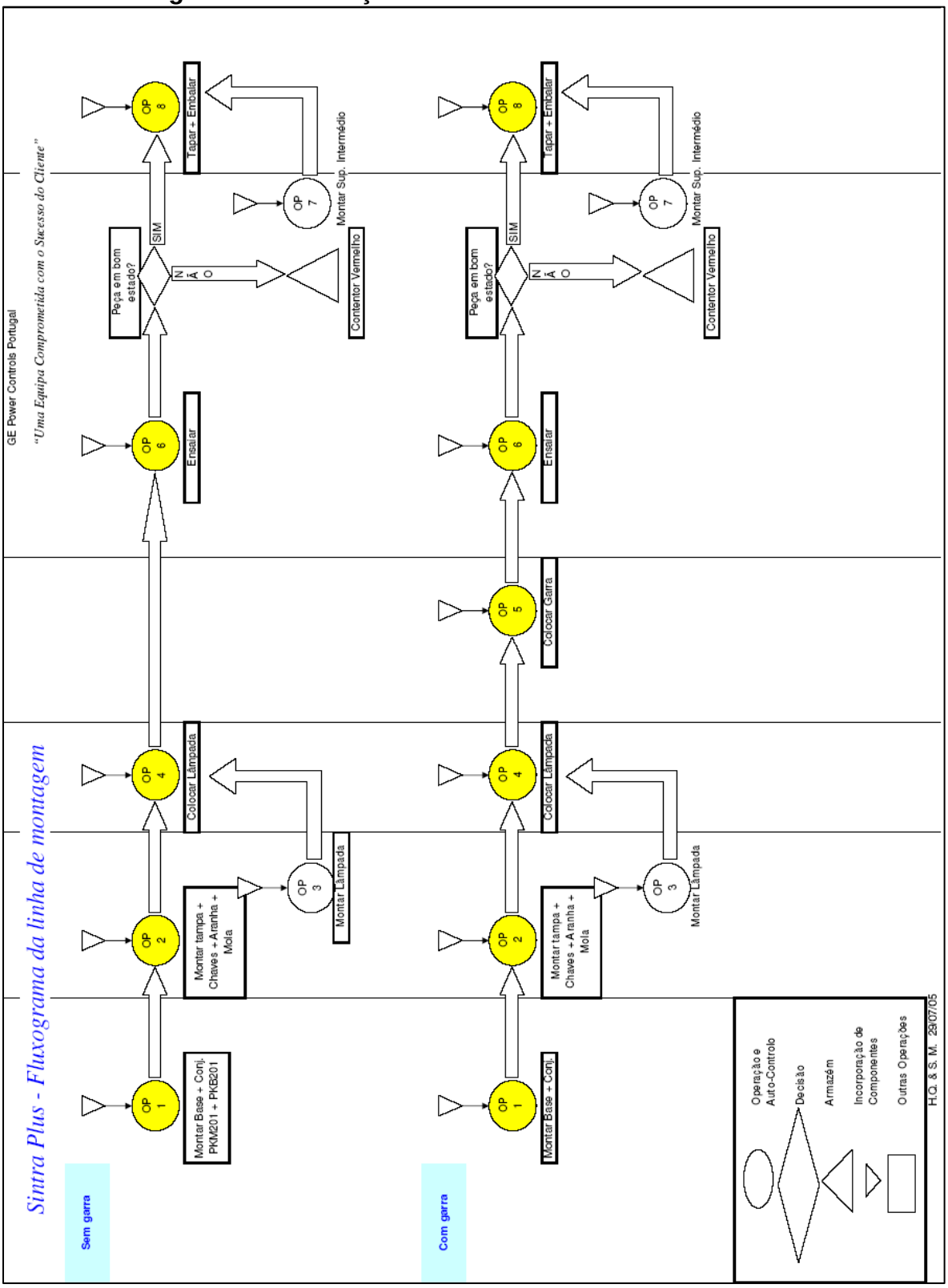


BENEFITS

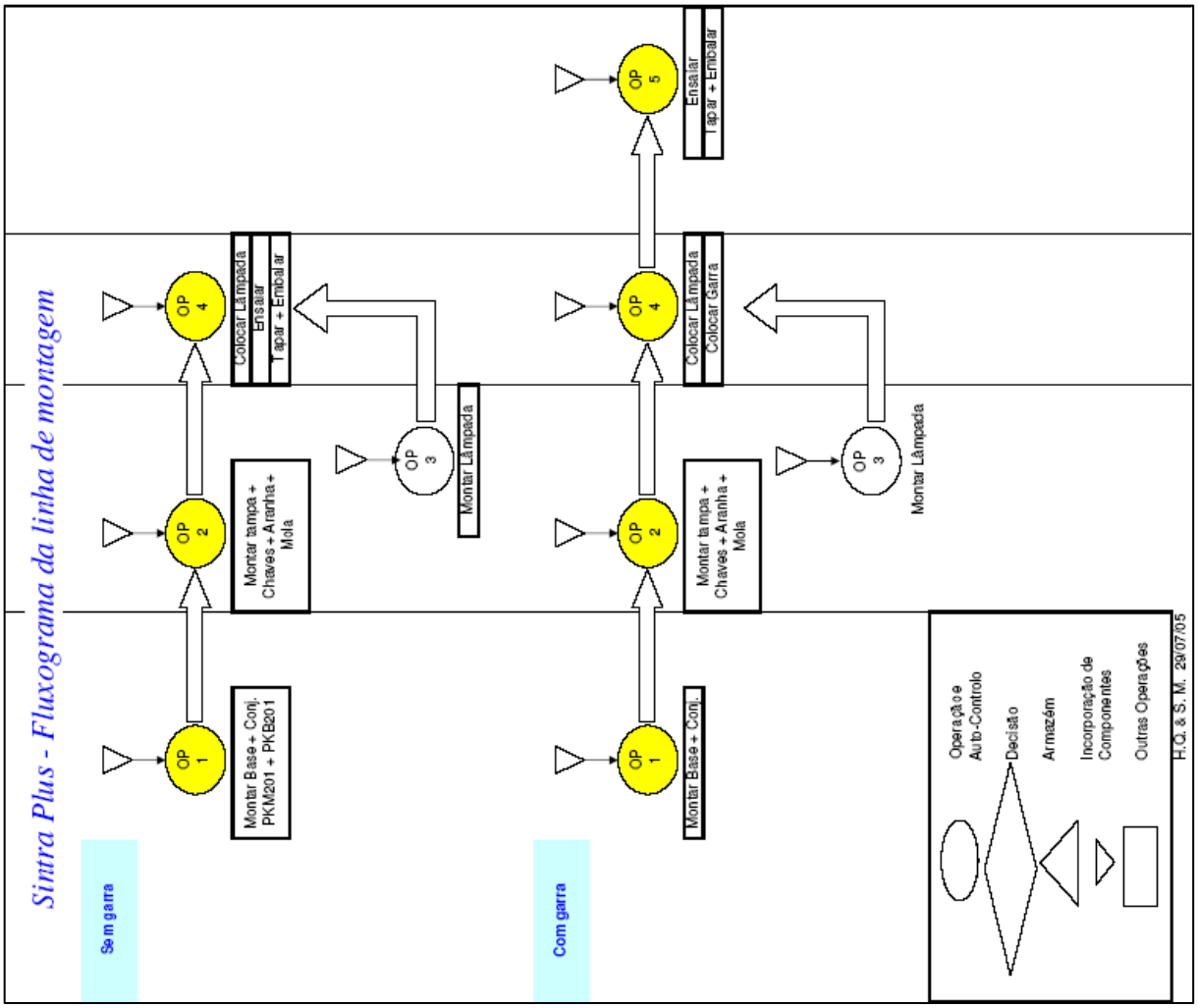
Metric	Prod Line	BASELINE	YTD ACTUALS	GOALS/RESULTS
CYCLE TIME REDUCTION (value added Process time reduction)	Sintra 65 Sockets	14,6 h/1000 pcs	10 h/1000 pcs 30%	10 h/1000 pcs 30%
LEADTIME REDUCTION (DOH Inventory Reduction)	Sintra 65 Sockets	2,4 days	0,04 days 99%	0,04 days 99%
OUTPUT/HEAD (Headcount)	Sintra 65 Sockets	264 soc/day/head	276 soc/day/head 4%	276 soc/day/head 4 %
SPACE REDUCTION (in Sq Mts)	Sintra 65 Sockets	6 Sq Mts	3,9 Sq Mts 35%	3,9 Sq Mts 35%
Inventory Reduction (k$)	Sintra 65 Sockets	1K$	0,014k$ 99%	0,014k$ 99 %

14 ANEXO H: Complementos informativos do projecto WD Sintra Plus

Fluxograma da Situação Inicial



Fluxograma após implementação



15 ANEXO I: Desenvolvimento do projecto WA Fichas 16/32 A

I 1 Análise da Situação Inicial

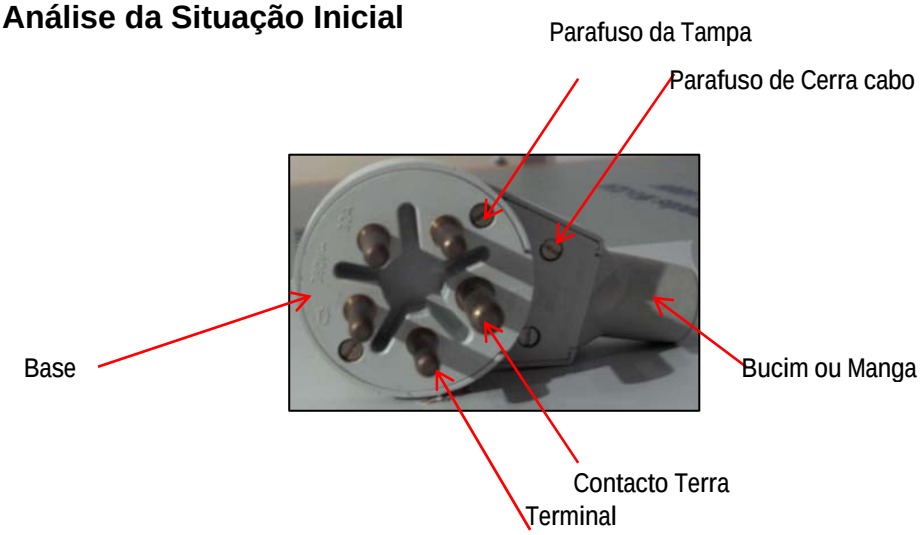


Figura 59 – Ficha 32 A 4P+T

I 1.1 Processo produtivo

A montagem das fichas 16/32 A consiste em duas operações. Na primeira operação cravam-se na base os terminais e o contacto terra, na segunda operação monta-se o exterior da ficha, tapa-se a base e prende-se, à custa de um cerra cabo, a "manga" que estará a tapar os fios de instalação.

Devido aos diferentes tipos de fichas que se produzem, são usadas duas máquinas de cravação diferentes para realizar a primeira operação. Dependendo do tipo de ficha, a primeira operação é realizada numa máquina ou noutra, a segunda operação é sempre realizada no mesmo posto.

A base das fichas que têm quatro terminais e um contacto terra são montadas numa máquina de cravar tipo roleta, os terminais e o contacto terra são montados na base, esse conjunto é posicionado na "roleta", que não é mais que um jig giratório, a operadora vai colocando as bases com os terminais e a máquina á medida que as peças vão passando pelas cabeças de cravação vai cravando os terminais.

Nas fichas que têm menos de quatro terminais e um contacto terra, ou seja, dois terminais e um contacto terra e três terminais e contacto terra, os terminais são cravados numa primeira máquina e o contacto terra noutra, mas que se encontram juntas no mesmo posto. Neste posto as máquinas cravam duas peças ao mesmo tempo.

A segunda operação que consiste em aparafusar a manga e a tampa à base montada é realizada no mesmo posto, mas à custa de duas máquinas de aparafusar. Para cada tipo de ficha os jigs utilizados nas máquinas diferem.

Conclui-se que, apesar de haver três postos juntos, apenas dois podem estar a funcionar ao mesmo tempo, estando a trabalhar em linha. Na situação inicial, trabalhava-se individualmente e havia quantidades enormes de *wip*.

Na figura 60 podemos observar o esquema geral do processo produtivo. Nas tabelas 45 e 46 e no gráfico 14 podemos observar a avaliação da situação inicial.

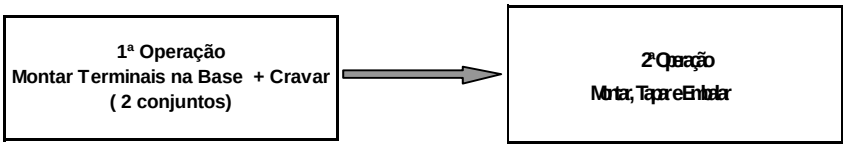


Figura 60 – Processo produtivo das Fichas 16/32 A

Tabela 45 – Resumo das previsões da situação final

Before	1.ª Op	2ª Op	Cycle Time h/1000 pcs	Espaço m2	WIP pcs	WIP DOH	WIP €	Prod Time (hr)	OPH Pcs/day	Labour €	Produção semanal	Produção Anual
16A 2P+T	7	8,5	8,5	5,75	1000	1,064	500	0,93	29,43	258,02		
16A 3P+T	8,5	8,5	8,5	5,75	1000	1,064	500	0,68	19,62	188,66		
16A 4P+T	9	9	9,0	5,75	1000	1,064	500	3,96	107,91	1098,66		
32A 2P+T	7	8,5	8,5	5,75	1000	1,064	500	1,86	58,86	516,04		
32A 3P+T	8,5	8,5	8,5	5,75	1000	1,064	500	2,04	58,86	565,98		
32A 4P+T	9	9	9,0	5,75	1000	1,064	500	6,84	186,39	1897,69		
					6000	**6,38**	**3000**	**16,31**	**461**	**4525**		

Tabela 46 – Lead time inicial

Lotes	Lead time (horas)
16A 2P+T	0,93
16A 3P+T	0,68
16A 4P+T	3,96
32A 2P+T	1,86
32A 3P+T	2,04
32A 4P+T	6,84
	16,31

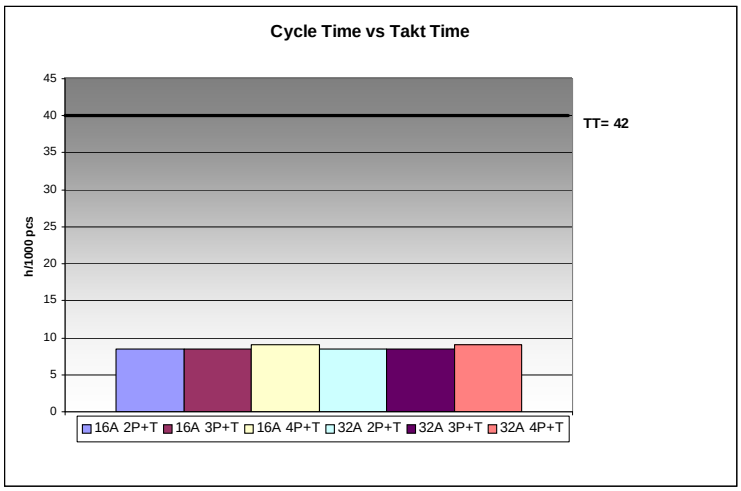


Gráfico 14 – Cycle time inicial versus Takt time

Ao observar o gráfico 14 pode concluir-se que o *cycle time* de todas as referências se situa bem abaixo do *takt time*. A complementar esta conclusão está a tabela 46 que indica que em menos de meia semana se consegue produzir o mix de produção semanal previsto.

Apesar do *cycle time* se apresentar bastante mais baixo que o *takt time* e o *lead time* ser menor do que o tempo disponível durante uma semana, o processo poderia ser optimizado. Após análises e tratamento da informação recolhida, estabeleceram-se objectivos e previsões quanto à situação final. Nas tabelas 47 e 48 e no gráfico 15 pode observar-se a previsão da situação final a atingir. Na tabela 49 estão os objectivos delineados para este projecto.

Tabela 47 – Resumo das previsões da situação final

After	1.ª Op	2ª Op	Cycle Time h/1000 pcs	Espaço m2	WIP pcs	WIP DOH	WIP €	Prod Time (hr)	OPH Pcs/day	Labour €	Produção semanal	Produção Anual
16A 2P+T	8,3	6	8,3	5,75	380	0,404	190	1,00	31,32	276,33	[redacted]	[redacted]
16A 3P+T	9,3	7,8	9,3	5,75	200	0,213	100	0,74	20,88	206,42		
16A 4P+T	7,2	7,8	7,8	5,75	50	0,053	25	3,43	114,85	952,17		
32A 2P+T	8,3	6	8,3	5,75	380	0,404	190	1,99	62,65	552,66		
32A 3P+T	9,3	7,8	9,3	5,75	200	0,213	100	2,23	62,65	619,25		
32A 4P+T	7,2	7,8	7,8	5,75	50	0,053	25	5,93	198,38	1644,66		
					1260	**1,34**	**630**	**15,32**	**491**	**4251**		

Tabela 48 – Previsão do lead time final

Linha	Lead time (horas)
16A 2P+T	0,498
16A 3P+T	0,372
16A 4P+T	1,716
32A 2P+T	0,996
32A 3P+T	1,116
32A 4P+T	2,964
	7,7

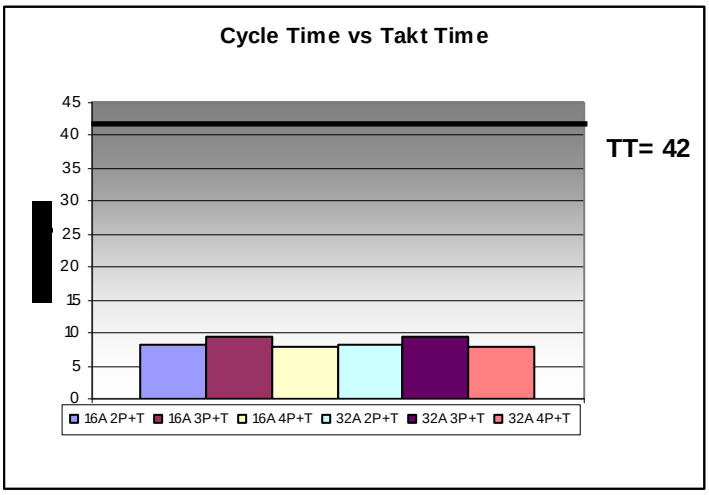


Gráfico 15 – Cycle time final versus Takt time

Tabela 49 – Objectivos do projecto
WA Fichas 16/32 A

Objectivos	
Space Reduction	**0%**
WIP Reduction	**95%**
	75%
	75%
Lead Time Reduction	**50%**
Cycle Time Reduction	**5%**
Output / Head increase	**10%**
Labour Reduction	**10%**

I 1.2 Gestão de materiais

Na situação inicial não havia supermercado para os materiais usados nesta linha. Os materiais vinham da área de produção e do armazém de intercalares e ficavam em paletes, misturados. Era difícil a sua gestão, saber ao certo o que havia e o que faltava e muitas vezes a linha parava por falta de componentes.

Segundo a filosofia de *Lean Manufacturing* os materiais devem estar num só local na fábrica. É o conceito – "one material, one location".

Para que tal se tornasse verdade havia que transferir todo o material de fornecedores externos para um supermercado junto da linha, de modo a que o material chegasse à fabrica e fosse armazenado apenas aí. Para tal, procedeu-se ao redimensionamento dos Kanbans, tendo em conta o *lead time* dos fornecedores e a quantidade necessária à produção semanal.

Os materiais que se produzem internamente, na área de produção, movimentar-se-iam segundo as necessidades semanais da área de montagem. Para tal dimensionaram-se apenas os espaços necessários para armazenar os contentores correspondentes ás necessidades.
Para que a transição do supermercado para a linha se fizesse com maior precisão e eficiência realizou-se uma matriz de reabastecimento à linha que ditava as quantidades e periodicidade de reabastecimento.

Cálculo Kanbans fornecedores externos

Para o cálculo dos kanbans de fornecedores externos fez-se um levantamento dos consumos de componentes para realizar a produção semanal. Fazendo um cruzamento entre essas quantidades, o *lead time* dos fornecedores e a quantidade mínima que estes forneciam, numa matriz, chegou-se à quantidade de Kanbans. Este estudo foi compilado na tabela 50.

Tabela 50 – Estudo das quantidades de Kanban de fornecedores externos

Designação.	Ref.	Lead Time Fornecedor semanas	Quant. Minima	Quant. Requerida/semana	Quant. Kb	KB Normalizado	nº kanbans	Quant. Cont.	nº cont.	Tipo cont.	Duração Kb Semanas	Disparo nº contentores
Parafuso Terra	323050	2	5000	309	927	1000	2	5000	1	caixas	32,0	
	323119	2	5000	613	1839	2000	2	5000	1	caixas	3,3	
Parafuso Cerra	323146	2	5000	860	2580	2600	2	2600	1	caixas	3,0	
	323261	2	5000	990	2970	3000	2	3000	1	caixas	3,0	
cerra cabos	074031186030	5	5000	500	3750	4000	2	4000	1	caixas	8,0	
pinos	074031166016	6	45000	1120	10080	10100	nível	1500		caixas	9,0	7
	074031186017	6	24000	740	6660	7000	nível	1500		caixas	9,5	5
pino terra	074031166020	6	10000	320	2880	3000	nível	1500		caixas	9,4	2
	074031186021	6	10000	620	5580	6000	nível	1500		caixas	9,7	4

Kanbans internos

Os componentes que se produzem internamente são movimentados em Kanbans da área de produção, assim só se tem de calcular o número de contentores necessários no supermercado para satisfazer a procura semanal.

Num sistema de dois kanbans, geridos por FIFO (first in first out), apenas se tem de cruzar a quantidade por contentor com a quantidade necessária.

Tabela 51 – Cálculo do número de contentores por componente

Designação.	Ref.	Quant. Requerida/semana	Quant. Kb	nº kanbans	Quant. Cont.	nº cont.	Tipo cont.
	068031162008	60	450	2	500	1	60 l
Base	068031164008	40	300	2	300	1	20 l
GE	068031166008	220	330	2	350	1	20 l
	068031182005	120	900	2	900	1	60 l
GE	068031184005	120	180	2	200	1	20 l
GE	068031186005	380	570	2	600	1	60 l
Tampa	068031162013	100	750	2	500	2	60 l
	068031166013	340	2550	2	400	7	60 l
GE	068031186010	500	750	2	180	4	60 l
Manga	4301812035	440	660	2	700	1	60 l
GE	4301812435	500	750	2	750	1	60 l

Matriz de reabastecimento

Na figura 60 pode observar-se a matriz de reabastecimento à linha.

Nesta constam todos os componentes de todos os produtos que é possível montar na linha, conforme o produto a montar, apenas se consideram os componentes que lhe pertencem.

Components	Peças/hora	Base 16 A 2P+T	Base 16 A 3P+T	Base 16 A 3P+N+T	Base 32 A 2P+T	Base 32 A 3P+T	Base 32 A 3P+N+T	Pino 074031166016 Maq. 1	Pino 074031166016 Maq. 2	Pino 074031186017 Maq.1	Pino 074031186017 Maq.2	Pino Terra 074031166020 Maq 1	Pino Terra 074031166020 Maq 2	Pino Terra 074031186021 Maq. 1	Pino Terra 074031186021 Maq. 2	PPZ 495	Etiq STD GE 85x 65	Tampa - 16 A 3P+T e 2P+T		Tampa 16 A 3P+N+T e 32A 2P+T		Tampa - 32 A 3P+T e 3P+N+T PL		Cerra Cabos - 074031140040	Cerra Cabos - 074031140030	Caixa 789	Caixa 767	PPF 3618	PPF 3812	AB 81203	AB 81243
Quantidade		60	40	220	120	120	380	240	880	600	1520	100	220	240	380	1880	94	60	40	220	120	120	380	440	500	44	50	880	1000	440	500
Cont. Type		SUC Mod. C						SUC Mod. B				SUC Mod. B				Peq.		SUC Mod. C						Pequeno		"Estante"		Pequeno		SUC Mod. C	
Cont. quant.		60	40	100	120	120	100	300	200	300	600	100	250	250	400	1000	94	60	40	100	100	60	60	450	500	44	50	900	1000	150	150
0.5 h																															
1 h																															
2 h																															
4 h																															
8 h																															

Figura 60 – Matriz de reabastecimento da linha Fichas 16/32 A

I 2 Acções e soluções adoptadas

Balanceamento de operações

O balanceamento de operações não se revelou muito fácil, porque o processo produtivo está dependente de equipamento que ao longo do desenvolvimento do projecto se revelou problemático, necessitava com muita frequência de manutenção devido à quantidade de defeituosos que criava.

O balanceamento foi baseado em cronometragens realizadas na altura da análise ao processo.

Construção de estruturas para implementação two bin system

A primeira solução estudada foi a construção de estruturas independentes dos postos de trabalho pela facilidade de mobilidade, e devido às características do equipamento usado.

Necessitando o equipamento de manutenção frequente, as estruturas móveis seriam vantajosas, porque poderiam ser retiradas dos postos quando fosse necessária qualquer intervenção nas máquinas. Pelas características da manutenção, uma estrutura fixa iria à partida dificultá-la, por tal optou-se por estruturas individuais e móveis, que permitissem disponibilizar dois contentores de componentes em cada posto de trabalho.

Construção Supermercado

Na altura de implementação do projecto havia muito excedente de material relativo às Fichas 16 e 32 A. Esse material, embora perto da linha de montagem, não era controlado devidamente. Devido à inexistência de Kanbans o material era pedido conforme ia sendo preciso, porém muitas vezes pedia-se material que existia em excedente, porque este não estava organizado nem identificado.

A primeira acção realizada foi o dimensionamento de uma estante que permitisse armazenar as quantidades dos Kanbans calculadas, correspondentes à linha de montagem em questão. Primeiro, verificou-se as dimensões das caixas em que chegavam os componentes, e segundo, o número que era necessário projectando-se a estante, sempre com a restrição da implementação do sistema FIFO.

Com esta estante foi possível armazenar não só os componentes das Fichas, mas organizar outros componentes que estavam com eles misturados.

Depois de ter a estante no local pré-definido fizeram-se as etiquetas identificativas para cada componente de modo a identificar todos os espaços da estante, para que cada material tivesse o seu local.

Cartões Kanban

Usando as quantidades calculadas na fase de análise fizeram-se os cartões Kanban correspondentes. Na figura 61 pode observar-se um exemplo de Kanban de fornecedor externo.

Figura 61 – Cartão kanban para fornecedor externo

I 3 Resultados e conclusões

No caso do processo produtivo é difícil avaliar os resultados visto o projecto ter parado, devido a melhorias no processo a serem implementadas. Considera-se que o projecto está ainda na fase de implementação devido a esta fase não poder ter sido concluída devido aos problemas já referidos. Porém, as estruturas que permitem a implementação do *two bin system* foram implementadas em dois postos de trabalho. No posto que restava era necessária uma ligeira mudança no equipamento para que tal fosse possível. Há, porém, que referir que nesse posto o espaço era exíguo para qualquer estrutura ser implementada. Os resultados podem ser observado numa perspectiva de antes e depois nas figura 64 à 69.

Quanto à gestão de materiais, o supermercado foi implementado e libertou-se espaço devido à organização dos excedentes. Os resultados podem ser observados nas figuras 70 e 71.

Figura 62 – Antes da implementação do two bin system

Figura 63 – Depois da implementação do two bin system

Figura 64 – Frente do primeiro posto Antes

Figura 65 – Frente do primeiro posto Depois

Figura 66 – Retaguarda do primeiro posto Antes

Figura 67 – Retaguarda do primeiro posto Depois

Figura 68 – Máquina Roleta Antes

Figura 69 – Máquina Roleta Depois

Figura 70 – Materiais Antes

Figura 71 – Supermercado

16 ANEXO J: Gant Chart dos projectos da secção WA/WD

PLANT	PROD. LINE	ACTION	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37
A. PRODUCTION LINES																														
Porto	WA Plugs	Base line & Goals definition																												
Porto	WA Plugs	New Line concept design																												
Porto	WA Plugs	AWO Line balancing, one piece flow, TT					14																							
Porto	WA Plugs	Waterspider																												
Porto	WA Plugs	Production secuencing and leveling																												
Porto	WA Plugs	Operators Lean philosophy																												
Porto	WA Plugs	Ergonomical analisys and actions planning																												
Porto	WA Plugs	Technical analisys and actions planning																												
Porto	WA Plugs	Lean implementation					14						Stopped due to quality issues																	
Porto	Algarve Switches	Base line & Goals definition																												
Porto	Algarve Switches	New Line concept design																												
Porto	Algarve Switches	AWO Line balancing, one piece flow, TT													22															
Porto	Algarve Switches	Waterspider																												
Porto	Algarve Switches	Production secuencing and leveling																												
Porto	Algarve Switches	Operators Lean philosophy																												
Porto	Algarve Switches	Ergonomical analisys and actions planning																												
Porto	Algarve Switches	Technical analisys and actions planning																												
Porto	Algarve Switches	Lean implementation													22															
Porto	Sintra 65 Switches	Base line & Goals definition																												
Porto	Sintra 65 Switches	New Line concept design																												
Porto	Sintra 65 Switches	AWO Line balancing, one piece flow, TT																												
Porto	Sintra 65 Switches	Waterspider																												
Porto	Sintra 65 Switches	Production secuencing and leveling																												
Porto	Sintra 65 Switches	Operators Lean philosophy																												
Porto	Sintra 65 Switches	Ergonomical analisys and actions planning																												
Porto	Sintra 65 Switches	Technical analisys and actions planning																												
Porto	Sintra 65 Switches	Lean implementation																												
Porto	Sintra 65 Sockets	Base line & Goals definition																												
Porto	Sintra 65 Sockets	New Line concept design																												
Porto	Sintra 65 Sockets	AWO Line balancing, one piece flow, TT																					30							
Porto	Sintra 65 Sockets	Waterspider																												
Porto	Sintra 65 Sockets	Production secuencing and leveling																												
Porto	Sintra 65 Sockets	Operators Lean philosophy																												
Porto	Sintra 65 Sockets	Ergonomical analisys and actions planning																												
Porto	Sintra 65 Sockets	Technical analisys and actions planning																												
Porto	Sintra 65 Sockets	Lean implementation																					30							
Porto	Douro Switches	Base line & Goals definition																												
Porto	Douro Switches	New Line concept design																												
Porto	Douro Switches	AWO Line balancing, one piece flow, TT										19																		
Porto	Douro Switches	Waterspider																												
Porto	Douro Switches	Production secuencing and leveling																												
Porto	Douro Switches	Operators Lean philosophy																												
Porto	Douro Switches	Ergonomical analisys and actions planning																												
Porto	Douro Switches	Technical analisys and actions planning																												
Porto	Douro Switches	Lean implementation										19																		
Porto	Sintra Plus	Base line & Goals definition																												
Porto	Sintra Plus	New Line concept design																												
Porto	Sintra Plus	AWO Line balancing, one piece flow, TT																										35		
Porto	Sintra Plus	Waterspider																												
Porto	Sintra Plus	Production secuencing and leveling																												
Porto	Sintra Plus	Operators Lean philosophy																												
Porto	Sintra Plus	Ergonomical analisys and actions planning																												
Porto	Sintra Plus	Technical analisys and actions planning																												
Porto	Sintra Plus	Lean implementation																										35		
Porto	Douro Sockets	Base line & Goals definition																												
Porto	Douro Sockets	New Line concept design																												
Porto	Douro Sockets	AWO Line balancing, one piece flow, TT								17																				
Porto	Douro Sockets	Waterspider																												
Porto	Douro Sockets	Production secuencing and leveling																												
Porto	Douro Sockets	Operators Lean philosophy																												
Porto	Douro Sockets	Ergonomical analisys and actions planning																												
Porto	Douro Sockets	Technical analisys and actions planning																												
Porto	Douro Sockets	Lean implementation								17																				

Gathering data & Line Goals definition — A.W.O. Line Balancing, One piece flow and T.T. production — Line Stabilization & Auxiliar Lean technics implementation

17 ANEXO L: Outros Projectos

Supermercados WA

Este projecto surgiu na sequência dos projectos desenvolvidos na zona de produção "Célula 6".

Para conseguir implementar os supermercados WD, que ficariam paralelos à parede, afastados desta o suficiente para passar uma palete, eram necessárias prateleiras. Ao observar a área concluiu-se que os supermercados WA poderiam ser redimensionados. Estavam a usar-se contentores muito grandes para uma pequena quantidade de Kanban, isto é, poderia reduzir-se espaço e compactar os supermercados em contentores menos volumosos que seriam armazenados em prateleiras mais pequenas. Uma agravante dessa situação era o facto das prateleiras usadas nos supermercados WA serem muito altas e retirarem luminosidade à área.

Optou-se por trocar as prateleiras das duas áreas e encomendar contentores mais pequenos para armazenar os componentes WA.

O plano de acções deste projecto pode ser observado na tabela 51.

Tabela 51 – Plano de acções do projecto WA Fichas 16/32 A

Acção	Responsável
Análise Supermercados WA	Sofia Magalhães
Afectar componentes a contentores proporcionais à quantidade de Kanban	Sofia Magalhães WA/WD
Encomendar contentores necessários	Sofia Magalhães
Verificar se prateleiras disponíveis para WA são suficientes	Sofia Magalhães
Alterar prateleiras para redimensionar Supermercado WA	Serralharia externa
Etiquetas para novos supermercados	Sofia Magalhães

Com a implementação deste projecto, a área ficou mais iluminada e, o espaço ocupado pelos supermercados reduziu muito. Por outro lado, conseguiu-se optimizar a utilização das diferentes prateleiras.

Workout – Projectos de Produtividade

Paralelamente ao desenvolvimento dos projectos de *Lean Manufacturing*, participei em *workouts* de produtividade.

O objectivo destes *workouts* era: numa sessão, focar uma dada área ou produto e identificar pontos que podendo ser melhorados trariam produtividade à empresa.

Uma equipa multidisciplinar é reunida, desloca-se ao local de produção, cada elemento levanta problemas que, podendo ser melhorados, trarão produtividade à empresa. Uma ferramenta básica de um projecto de produtividade é o chamado 4block – documento que faz o balanço entre os possíveis ganhos, o investimento e a despesa que o projecto trará. Deste balanço resulta o valor em K$ que se poupará num período de um ano, desde que o projecto é implementado. Todos os elementos fazem um 4block para os projectos que acham viáveis e expõem à equipa, nenhum projecto é considerado se ao fim de um ano não resultar em pelo menos 1K$ de ganho.

No fim de cada *workout* devem estar definidos os projectos a desenvolver, a pessoa responsável pelo desenvolvimento e os ganhos que cada projecto reverterá.

A participação nestas iniciativas foi deveras proveitosa pelo facto de contactar com novas formas de trabalhar em Engenharia.

18 ANEXO M: Antes & Depois Geral

ANTES

DEPOIS

ANTES

DEPOIS

ANTES

DEPOIS