

Ref: CLME'2011_0903A

IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA PULL NUMA LINHA DE MONTAGEM DE COMPONENTES ELECTRÓNICOS

Gisela Rocha^{*1}, Anabela Alves¹, Fernando Braga²

¹Universidade do Minho, Escola de Engenharia, Departamento de Produção e Sistemas

²General Electric Power Controls Portugal, Departamento de Lean

*Email: giselaoliveirarochoa@gmail.com

RESUMO: *Este artigo apresenta alguns resultados provenientes de um projecto realizado numa empresa de componentes electrónicos de baixa tensão. O objectivo principal deste projecto foi a implementação de uma das ferramentas de Lean Manufacturing, o Sistema Pull, numa linha de montagem. A ferramenta Lean mais importante deste sistema, revelou ser o controlo de produção por Kanban contudo, o uso das ferramentas de Gestão Visual e Kaizen também foram indispensáveis para o sucesso deste projecto. Os resultados obtidos, revelaram melhorias ao nível do desempenho operacional nomeadamente, maior interacção entre as secções de produção da área em estudo e maior controlo das prioridades das encomendas. Além disso, constatou-se uma redução do lead-time, assim como uma diminuição do WIP.*

1. INTRODUÇÃO

Para conseguir ultrapassar a pressão exercida pelo mercado, a empresa que propôs este projecto tende a implementar desde há alguns anos, várias ferramentas de *Lean Manufacturing* (Womack et al., 1990) com o objectivo de suprimir todos os desperdícios ao longo da cadeia logística e procurar uma melhoria contínua em todos os processos da empresa. Uma das melhorias que a empresa pretendia implementar na sua cadeia logística, era produzir produtos na quantidade desejada e no momento certo, ou seja, deixar o cliente liderar os processos. Conjuntamente, poder facilmente conhecer o estado da produção (Gestão Visual). Portanto, a ferramenta mais apropriada às exigências de produção da empresa surgiu ser uma das ferramentas *Lean Manufacturing*: o Sistema *Pull*.

O ideal seria aplicar o Sistema *Pull* em toda a cadeia de fornecimento da empresa contudo, devido à empresa ser constituída por inúmeras áreas de produção, decidiu-se inicialmente implementar o Sistema *Pull* numa delas. A secção escolhida para implementar o novo sistema é a maior e mais importante em termos económicos e representa a ultima etapa antes da entrega do produto ao cliente.

Visto isto, o objectivo principal do projecto descrito neste artigo visa a implementação de um Sistema *Pull* numa linha de montagem de componentes electrónicos. Esta mesma implementação envolveu a aplicação de um sistema de controlo por kanbans assim como das seguintes ferramentas Lean: Value Stream Mapping (VSM), Gestão Visual e Kaizen. Além disso, foi necessário elaborar diferentes acções para otimizar o funcionamento do sistema *Pull* como alteração dos contentores, modificação do layout da área em estudo e, finalmente, formar os operários de produção.

O presente artigo encontra-se dividido em sete secções. Na primeira é feito uma introdução do projecto, sendo exposto o enquadramento geral deste e identificado o seu objectivo principal. A segunda é constituída por uma revisão bibliográfica sintetizada dos temas aplicados. A caracterização e descrição do sistema produtivo da empresa,

principalmente da área em estudo são apresentadas na terceira secção. Na quarta é realizada uma análise crítica onde são identificados e analisados os diferentes problemas. Na quinta é descrita a implementação do Sistema Pull, a penúltima secção reservada aos resultados obtidos após a implementação do Sistema Pull, e finalmente, na última secção são apresentadas as conclusões do trabalho desenvolvido e o trabalho a desenvolver futuramente.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Lean Manufacturing, designação dada ao Toyota Production System por investigadores do MIT no livro *“The Machine that changed the world”* (Womack et al., 1990), tem como base a eliminação de todos os desperdícios, isto é, todas as actividades e funções desnecessárias aos processos de fabrico. A eliminação dos desperdícios permite consequentemente, alcançar um fluxo contínuo e atingir uma produção one-by-one piece flow (Liker, 2009).

Segundo Rother and Shook (2003) a primeira ferramenta Lean a utilizar na cadeia de valor de uma empresa é o Value Stream Mapping (VSM) visto que permite representar todas as actividades (quer de valor acrescentado quer de valor não acrescentado) necessárias para trazer um produto até ao consumidor. Esta análise é elaborada atendendo aos fluxos de informação, material e processos que esse produto percorre.

O Sistema Pull (puxado) representa um dos principais conceitos do Lean Production e consiste na produção de bens ou serviços unicamente de acordo com as necessidades do cliente (Monden, 1998). Existem três tipos de Sistema Pull (Smalley, 2004). O primeiro é conhecido por PULL de Reposição (Replenishment Pull System). As empresas que adoptam este tipo de Sistema Pull conseguem satisfazer rapidamente as ordens de encomendas. Contudo para implementar este sistema é necessário muito espaço e capital, visto que implica manter um stock final de todo o tipo de produtos. O próximo Sistema Pull é famoso por gerar menos stock e custos, considerando que não mantém stock de produto final e só produz após ordem de produção. Este Sistema Pull é designado por Pull Sequencial (Sequential Pull System). O último Sistema Pull é denominado por Sistema Pull Misto (Mixed Pull System) e representa uma combinação/mistura dos dois anteriores.

Para controlar as operações de fabrico e consequentemente coordenar e manter a disciplina num Sistema Pull é necessário aplicar um Sistema Kanban (Monden, 1998). De acordo com Pinto (2009), o Kanban (que significa em português, cartão) informa os operadores sobre o que produzir, quanto e quando, funcionando sempre das estações finais para as iniciais (do cliente para o fornecedor) e puxando deste modo a produção. Portanto, um sistema Kanban é um sistema de controlo visual onde, as encomendas dos clientes são automaticamente transformadas em cartão. Estes cartões devem ser ordenados segundo as prioridades e colocados num quadro de planeamento de produção. Segundo Womack and Jones (1996) o quadro de planeamento, permite visualizar os cartões em espera de produção, revelar as urgências/prioridades e conhecer a qualquer momento o trabalho em curso (WIP).

Outra das ferramentas mais importante em Lean é conhecida por Gestão Visual. Esta ferramenta permite obter visualmente informações sobre o estado dos processos nas diferentes áreas de produção da empresa, tornando a produção transparente, pois qualquer responsável ou operário é constantemente colocado ao corrente da situação da produção (Smalley, 2004). A Gestão Visual é utilizada para melhorar o desempenho de

uma empresa, sendo uma ferramenta de planeamento e controlo, tendo como finalidade a melhoria contínua (Gillet-Goinard and Maimi, 2007).

A Melhoria Contínua também designada por Kaizen permite otimizar o funcionamento do Sistema Pull. O Kaizen consiste numa melhoria contínua e gradual de uma actividade reduzindo os desperdícios e aumentando os benefícios (Womack e Jones, 2009).

A implementação de produção Lean em empresas de bens e serviços e em todos os sectores industriais (Shah and Ward, 2003; Melton, 2005; Doolen and Hacker, 2005; Liker and Morgan, 2006; Page, 2007; Silva, 2010) tem sido recorrente pois reconhecem neste tipo de produção, vantagens indiscutíveis na redução de desperdícios e, conseqüentemente, de custos e na criação de valor dos produtos. Esta implementação é gradual e começa muitas vezes pela implementação de ferramentas simples como os 5S e VSM, já referida, ou ferramentas para resolver problemas específicos, por exemplo, o Single Minute Exchange of Dies (SMED) como em Costa et al. (2008) passando depois para ferramentas mais complexas como as discutidas neste artigo, já implementadas em outras empresas (Afonso and Alves, 2009). Muitas vezes, as vantagens da implementação de ferramentas Lean só são possíveis depois de uma reconfiguração do sistema (Cardoso et al., 2008; Oliveira and Alves, 2009; Álvarez et al., 2009; Pattanaik and Sharma, 2009).

3. CARACTERIZAÇÃO E DESCRIÇÃO DO SISTEMA DE PRODUÇÃO

3.1. Produtos

A empresa onde este projecto foi realizado, é centrada principalmente na concepção de disjuntores representando 80% das vendas da empresa enquanto os restantes 20%, consistem na produção de Wiring Devices (WD) e Wiring Accessories (WA). A elaboração deste projecto incidiu sobre a área de produção de disjuntores. Nesta empresa produz-se dois tipos de família de disjuntores, disjuntores com dois pólos (2P) que são constituídos por uma Fase e um Neutro e disjuntores com quatro pólos (4P) que são compostos por três Fases e um Neutro. Na Figura 1 são apresentados exemplos de disjuntores de 2P e de 4P.



Figura 1: Exemplos de Disjuntores de 2P e 4P

3.2. Caracterização do departamento de Produção

Este estudo foi realizado na área de montagem de disjuntores, descrevendo-se nesta secção o funcionamento do departamento de produção da empresa onde se encontra localizada esta área. O departamento de produção está dividido em cinco áreas distintas em que três dessas mesmas áreas sustentam as outras. Existem três áreas de produção (plásticos, metais e soldadura) e duas secções de montagem (disjuntores e WA/WD). Na Figura 2 é representado um layout simplificado da empresa.

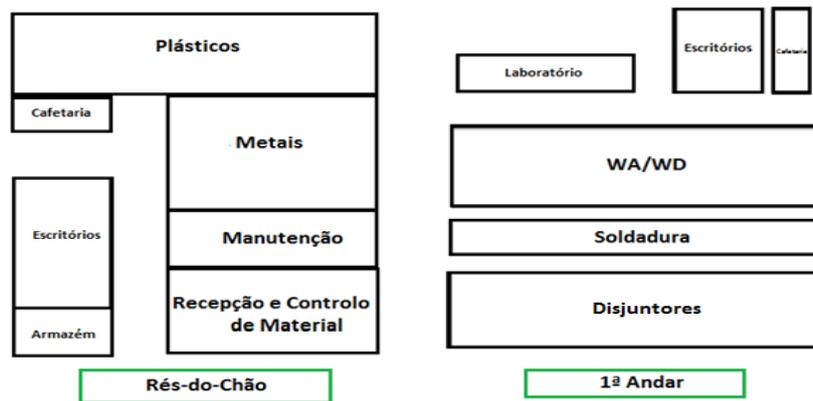


Figura 2: Layout simplificado do rés-do-chão e 1º piso da empresa

3.3. Descrição do processo produtivo e do fluxo de materiais da área em estudo

A área sobre a qual o projecto incidiu é dividida em seis secções distintas ou seja, as linhas de montagem (5 linhas), a estabilização térmica, as linhas de testes, a reparação, a verificação térmica e, por último, encontram-se as zonas de embalagem e pintura. Na Figura 3 é apresentado o layout geral da área de Produção de disjuntores e o respectivo sentido do fluxo de material.

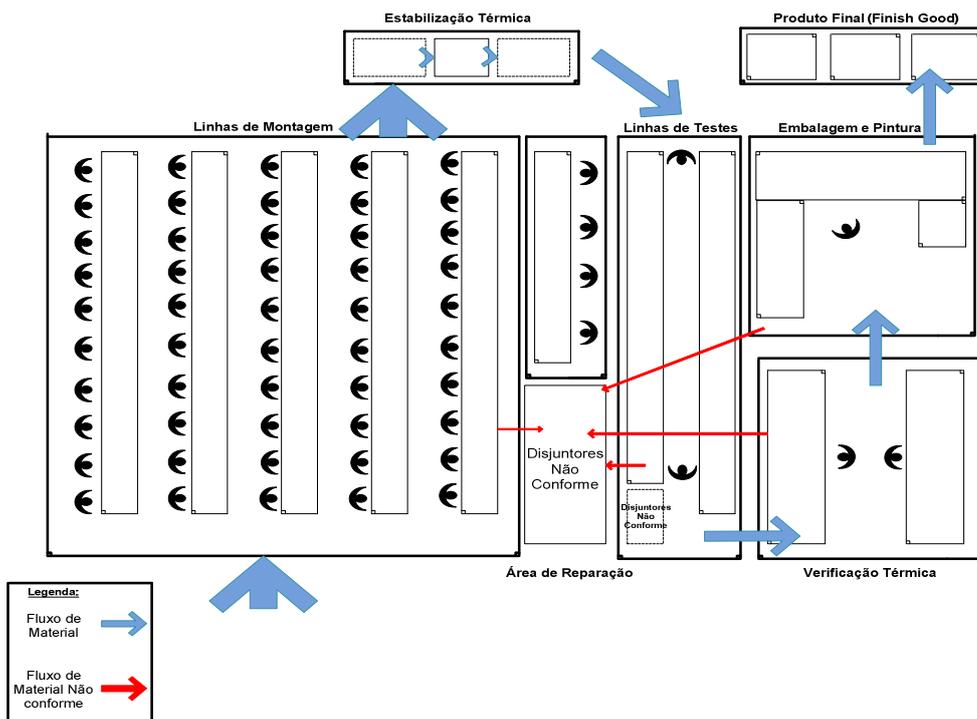


Figura 3: Layout inicial da área de produção de disjuntores

O fluxo de produção inicia-se nas linhas de montagem. Existem cinco linhas, cada linha composta por dez operários e todas elas com um processo de montagem repetitivo e manual. Após a passagem dos aparelhos pela montagem, todos eles passam por um forno onde ocorre o processo de estabilização térmica, visto que aquando da montagem tendem a sofrer tensões que devem ser eliminadas. O processo seguinte consiste na realização de uma série de auto-testes nomeadamente magnéticos e de rigidez, e subsequentemente ocorre a calibração térmica. Seguidamente, executa-se a verificação térmica consistindo em verificar se a calibração térmica foi realizada correctamente. Por fim e antes da expedição do produto final aos clientes, tende-se a limpar, pintar e

finalmente, embalar os disjuntores. Os disjuntores até chegarem à zona de pintura são designados por White Products visto que a montagem, os testes e a verificação térmica são iguais para cada cliente, apenas distinguidos pelo modelo. A fase de pintura é que diferencia os disjuntores, resumindo-se a gravar as iniciais do cliente e da empresa assim como colocar a referência do produto final.

Existe ainda na área de disjuntores uma zona de reparação onde são reparados os disjuntores provenientes das linhas de montagem, linhas de testes, verificação térmica e, finalmente, da embalagem. A reparação é independente dos restantes processos da área de disjuntores visto não pertencer à cadeia de valor, apenas cerca de 10% dos aparelhos criados passam na reparação.

A maior parte das encomendas dos clientes aparecem três meses antes do dia da entrega, contudo algumas encomendas prioritárias são entregues à empresa alguns dias antes. Ao responsável do planeamento da produção é atribuída a tarefa de elaborar todas as semanas um plano de produção de acordo com o prazo de cada encomenda, estabelecendo essas mesmas prioridades. Uma encomenda pode variar entre 30 a 5000 peças. A área de produção de disjuntores é orientada por um Sistema Push. Os tempos de processamentos de cada modelo em cada processo de produção demora entre 36 segundos e 162 segundos, excepto, os tempos da estabilização térmica que demoram cerca de 8 horas.

4. ANÁLISE CRÍTICA

4.1. Construção do VSM

Com o objectivo de identificar os problemas e desperdícios e visualizar todos os processos de fabricação e fluxos de materiais, foi inicialmente utilizada na área em estudo a ferramenta Lean: Value Stream Mapping (VSM). Na Figura 4 apresenta-se o VSM do estado inicial da área de disjuntores.

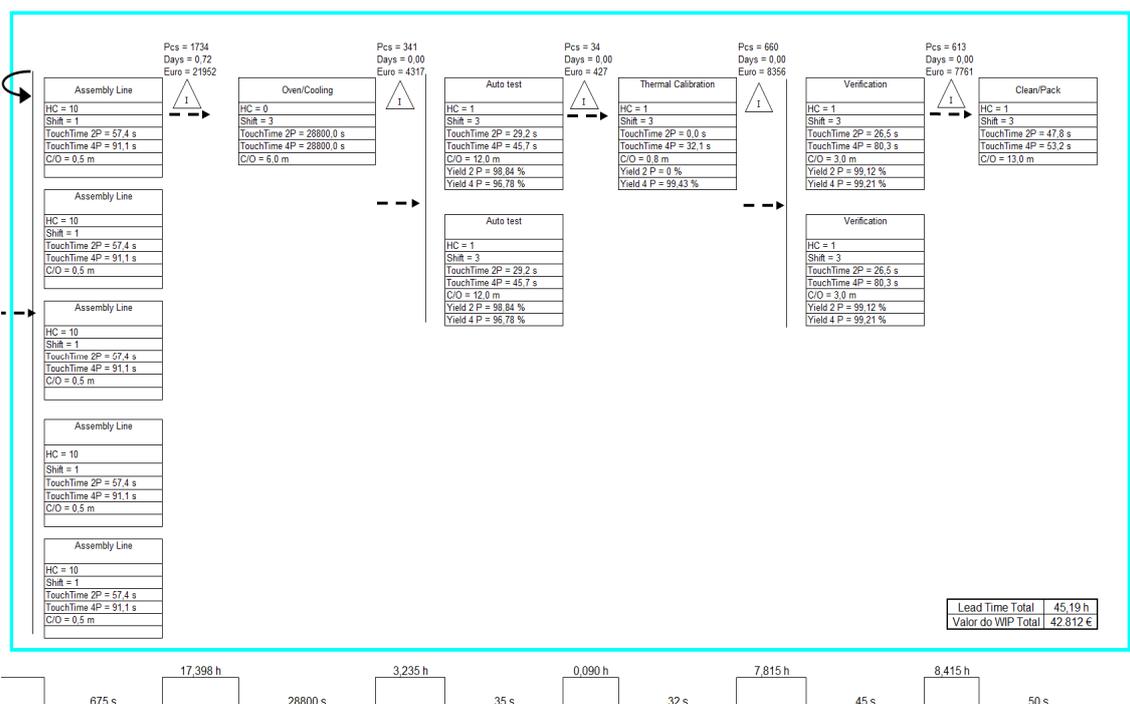


Figura 4: VSM do estado inicial da área de disjuntores

O VSM mostra que a percentagem de actividades que não acrescentam valor ao produto é de 81,8% contrastando com o valor de 18,2% das actividades que acrescentam valor ao produto. Também se pode ver neste VSM e são apresentados na Tabela 1 os dados iniciais sobre o WIP e o seu correspondente valor em euros que servirão de comparação para os resultados obtidos no final do projecto.

Tabela 1: Valores relativos ao estado inicial

Lead Time (h)	45,19
WIP (peças)	3382
Valor do WIP (€)	42813

4.2. Exposição e Análise dos Problemas

Como já foi referido anteriormente, a área de produção de disjuntores é controlada por um Sistema Push, onde cada secção de produção trabalha de forma independente. Desde as linhas de montagem, os aparelhos são empurrados para as operações seguintes sem ter qualquer noção de quais são realmente as prioridades do dia e as quantidades desejadas para cada cliente. Esta situação torna-se um problema visto que gera atrasos nas encomendas e o aumento do WIP.

O sistema de produção implementado na área de disjuntores apresenta mais imperfeições, como problemas de identificação e segregação entre o material das secções, nomeadamente da embalagem para a verificação térmica (pronto a ser embalado e ainda no circuito de verificação térmica). Além disso, a gestão da área de disjuntores é directamente controlada por sistemas informáticos e procedimentos formais o que torna uma ferramenta de fácil utilização apenas para alguns dos operários.

O último ponto crítico identificado na área de produção de disjuntores é a desorganização e obstrução gerada pelo excesso de WIP da reparação. O WIP da reparação, assim como, a secção de reparação estão localizados no meio da área de disjuntores, como se viu na figura 3, o que provoca, uma desarrumação geral da área. No início do projecto o WIP da reparação era constituído por 5808 disjuntores dos quais, 3839 são disjuntores de 2P e os restantes 1969 são disjuntores de 4P.

5. IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA PULL

A implementação de um Sistema Pull na área de disjuntores revelou ser o sistema mais apropriado para eliminar o não cumprimento das prioridades, suprimir os atrasos das encomendas e, finalmente, por fim à falta de identificação e segregação dos disjuntores entre as secções. O sistema de produção puxado é capaz de controlar e disciplinar o fluxo de materiais e informação na área de disjuntores considerando que, em produção Pull qualquer processo só é iniciado quando o processo a jusante o permite, e daí cada secção de produção de disjuntores torna-se dependente da outra.

O sistema de gestão da cadeia de fornecimento da empresa irá então ser controlado por um sistema Push-Pull. Nesse sistema a parte inicial da cadeia de fornecimento nomeadamente as áreas de produção de Plásticos, Metais e Soldadura irão continuar a ser geridas por um sistema Push onde a produção dessas áreas são baseadas em previsões, enquanto que a fase final da cadeia de fornecimento (a área de disjuntores) será governada por um Sistema Pull em que a produção é iniciada unicamente quando existem pedidos concretos dos clientes.

O primeiro passo da implementação do Sistema Pull na área de disjuntores consistiu numa análise ABC também designada por Lei de Pareto (Figura 5) com vista a permitir saber exactamente o consumo anual de cada componente e quais os disjuntores com

maior impacto económico. Esta análise revelou que 80% da quantidade total corresponde a sete modelos diferentes e os restantes equivalem a 20% da quantidade procurada.

Com o auxílio da curva de Pareto decidiu-se continuar a designar os produtos da classe A por *Big Runners* considerando que são modelos normalmente solicitados por clientes que fazem encomendas para repor os seus stocks mensais e os modelos da classe B e C por *Make-To-Order* visto que só são produzidos quando é realizada uma encomenda.

A fase seguinte do trabalho consistiu na escolha do tipo de Sistema Pull. Levando em consideração que a empresa não mantém stock de produto final e só produz por ordens de produção, o Sistema Pull que mais se enquadrava com estas condições era um Sistema Pull Sequencial, sendo este o implementado na área em estudo.

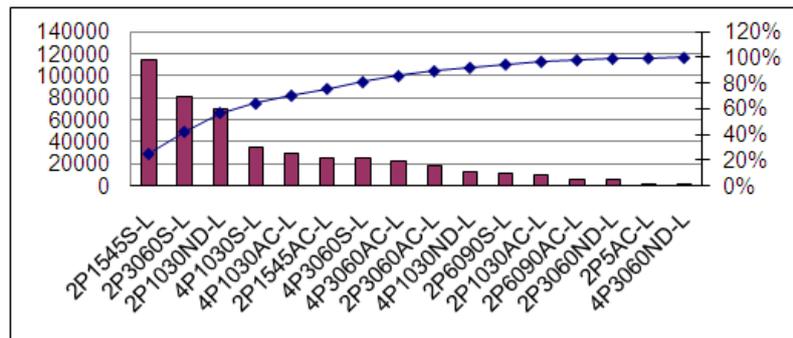


Figura 5: Análise ABC das encomendas anuais

5.1. Aplicação de Kanbans

Para coordenar e manter a disciplina num Sistema Pull, foi decidido aplicar Kanbans. Na Figura 6 é representado o funcionamento geral do Sistema Pull controlado por Kanbans que foi implementado na área de disjuntores.

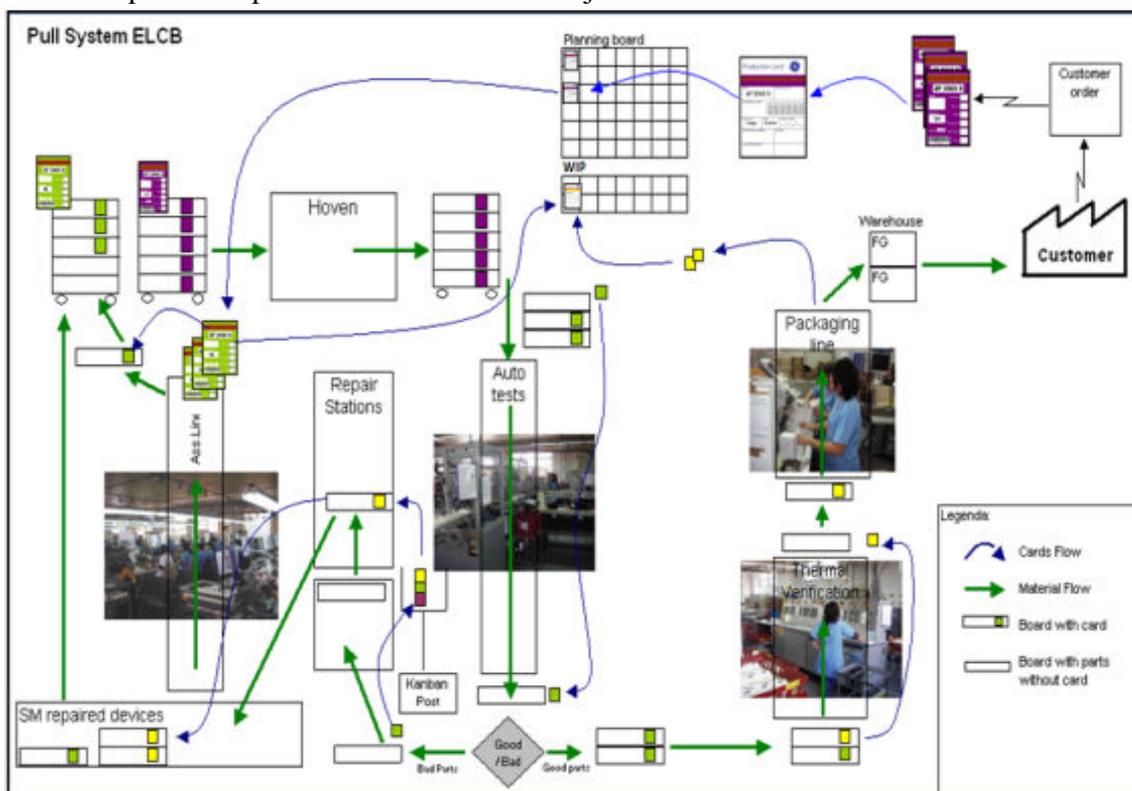


Figura 6: Funcionamento do Sistema Pull Controlado por Kanban

Como se pode observar na figura anterior, as encomendas dos clientes são transformadas em ordens de produção e enviadas por “*Big Cartões*” para a área de disjuntores. Os *Big Cartões* de produção são colocados num quadro (Figura 7(A)) afixado na secção de embalagem e quando este é lançado na produção passa para a secção ao lado do quadro “*WIP*”. Cada *Big Cartão* envolve vários *Small Cartões* que vão circular em toda a zona de disjuntores. Os *Small Cartões* após passarem a embalagem serão colocados junto ao seu *Big Cartão* o que significa que a encomenda é terminada e satisfeita. Na Figura 7(B) são apresentados alguns exemplos de cartão que irão controlar a produção de disjuntores. O Quadro afixado na área de produção representa o planeamento de produção e desempenha o papel de controlo visual da produção, onde os cartões são ordenados segundo prioridades e lá colocados.



Figura 7: Quadro de Planeamento de Produção (A) e Cartões de Controlo de Produção (B)

Para uma utilização eficiente do Sistema Pull foi necessário determinar o número de aparelhos a manter em cada contentor que circula na área de produção e consequentemente, calcular para cada modelo, o número de *Big Cartões* e os seus respectivos *Small Cartões*.

A determinação da quantidade fixa em cada contentor foi intimamente relacionada com o Pacemaker do Sistema. Num Sistema Pull Sequencial, o Pacemaker localiza-se num dos primeiros processos de produção. Neste caso, o processo que irá marcar o ritmo de todo o sistema é o processo de Estabilização Térmica visto que caracteriza-se por ser o processo mais demoroso e representa um dos primeiros processos de produção. Portanto, foi decidido que a capacidade dos contentores seria a mesma que a capacidade das prateleiras dos carrinhos do forno “estabilização térmica” (Tabela 2 (B)) e consequentemente, em cada prateleira de um carrinho seria colocado um *Small Cartão*.

O cálculo para definir o número de *BIG Cartões* e *Small Cartões* teve em conta diferentes aspectos nomeadamente, a capacidade máxima de produção por dia (Tabela 2 (A)), a procura de cada modelo (Figura 5) e o volume de cada contentor (Tabela 2 (B)).

Tabela 2: Produção de Disjuntores por Dia (A) e Capacidade do Forno "Estabilização térmica" (B)

	Produção Planeada por Dia	Produção Máxima de Big Runners por Dia	Produção Máxima de MTO por Dia		Capacidade Máxima de cada Prateleira do Carrinho	Capacidade Máxima dos Carrinhos do Forno
2P	2275	1517	758	2P	16	176
4P	1225	919	613	4P	10	110

5.2. Acções aplicadas para otimizar o funcionamento do Sistema Pull

A realização de diferentes acções foram indispensáveis para disciplinar e otimizar o Sistema Pull. Uma delas foi a modificação do tipo de contentores visto que a capacidade das prateleiras do processo de estabilização térmica eram diferentes dos contentores que recepcionavam os aparelhos após as linhas de teste. Daí, para não provocar distúrbios no fluxo de produção e facilitar o trabalho dos operários, foi decidido trocar os contentores que recepcionavam os disjuntores após as linhas de testes por contentores com a mesma capacidade que as prateleiras dos carrinhos do processo de Estabilização.

A segunda acção elaborada representava uma das soluções para que as prioridades das encomendas fossem respeitadas. Para isso afixou-se em determinadas zonas das áreas de disjuntores, as prioridades de produção. Este acto permitiu que as prioridades das encomendas fossem respeitadas pelos operários, que em apenas um simples olhar numa folha afixada em cada secção de produção sabiam as prioridades do dia sem precisarem de consultar ninguém ou ligar um único computador.

A acção seguinte para otimizar o sistema de produção puxado, foi a movimentação da secção de reparação e respectivo WIP fora da área de disjuntores. A secção de reparação, encontrava-se localizada no meio da área de disjuntores e como referido anteriormente, o processo de reparação não faz parte da cadeia de fluxo de produção. Esta mesma secção gera uma desorganização geral da área de disjuntores devido a um elevado WIP de peças não-conformes que são reunidas nessa secção. Por isso mesmo decidiu-se deslocar a secção de reparação e o seu WIP de peças não-conformes da área de disjuntores. Contudo, foi necessário manter um posto de trabalho que se dedicasse a reparar e identificar os problemas que pudessem surgir durante a montagem de disjuntores. Na Figura 8 encontra-se o novo layout da área de disjuntores.

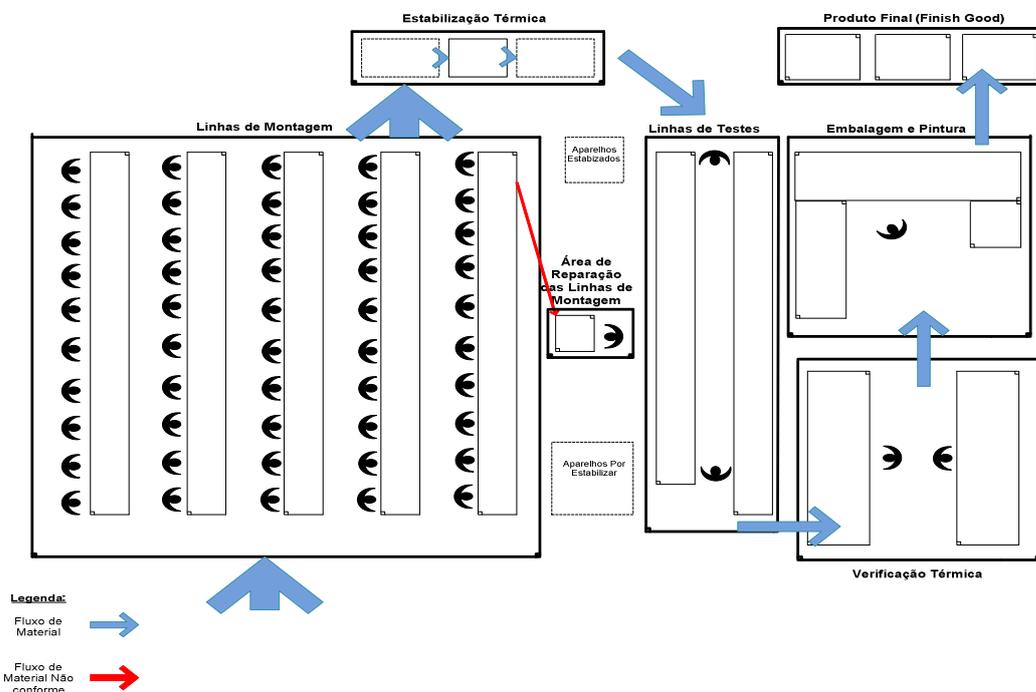


Figura 8: Layout da Zona de Disjuntores Modificado

Após a movimentação da área de reparação, o processo de recolha dos aparelhos não - conformes, continua a ser o mesmo, tendo que todos os dias de manhã, um operário da reparação recolhe esses mesmos aparelhos e coloca-os no WIP da reparação. Mesmo o processo de reparação não fazendo parte da cadeia de fluxo de produção, depois destes

serem reparados regressam à cadeia, e consequentemente nos carrinhos provenientes da reparação é colocado um *Small cartão* em cada prateleira e estes são contabilizados e introduzidos no Sistema Pull.

A última acção da implementação do Sistema Pull foi facultar formação aos operários da área de disjuntores. Contudo, esta actividade revelou ser um dos principais obstáculos ocorridos durante a implementação do novo sistema, pois a maior parte dos operários não estavam receptivos à mudança. Uma das principais formas de resistência que surgiu foi uma resistência passiva, ou seja, alguns operários efectuavam os procedimentos mas exprimiam constantemente protesto e desinteresse. Portanto, para ultrapassar esta dificuldade, foi necessário explicar aos operários da zona de disjuntores, a necessidade dessa mudança mas igualmente revelar os benefícios que este novo sistema podia proporcionar à empresa. Além disso, durante algumas semanas houve a necessidade de estar constantemente a averiguar se os novos procedimentos estavam a ser executados da forma como lhes eram solicitados.

6. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Nesta secção pretende-se fazer uma análise comparativa da situação inicial com a actual da área de produção de disjuntores, i.e., após a implementação do Sistema Pull. O Sistema Pull durante o projecto da autora, foi implementado com sucesso e revelou ser mais eficiente que o sistema inicial (Sistema Push).

Verificou-se uma maior interacção entre as secções de produção, um maior controlo das prioridades das encomendas e uma melhor gestão da área de produção visto que num simples olhar no quadro de planeamento da produção, os responsáveis dessa área e colaboradores, sabiam exactamente o que estava a ser produzido e em que quantidades. Essas modificações realizadas na área de disjuntores são expostas no VSM de Junho de 2010 (data da conclusão do projecto) da Figura 9.

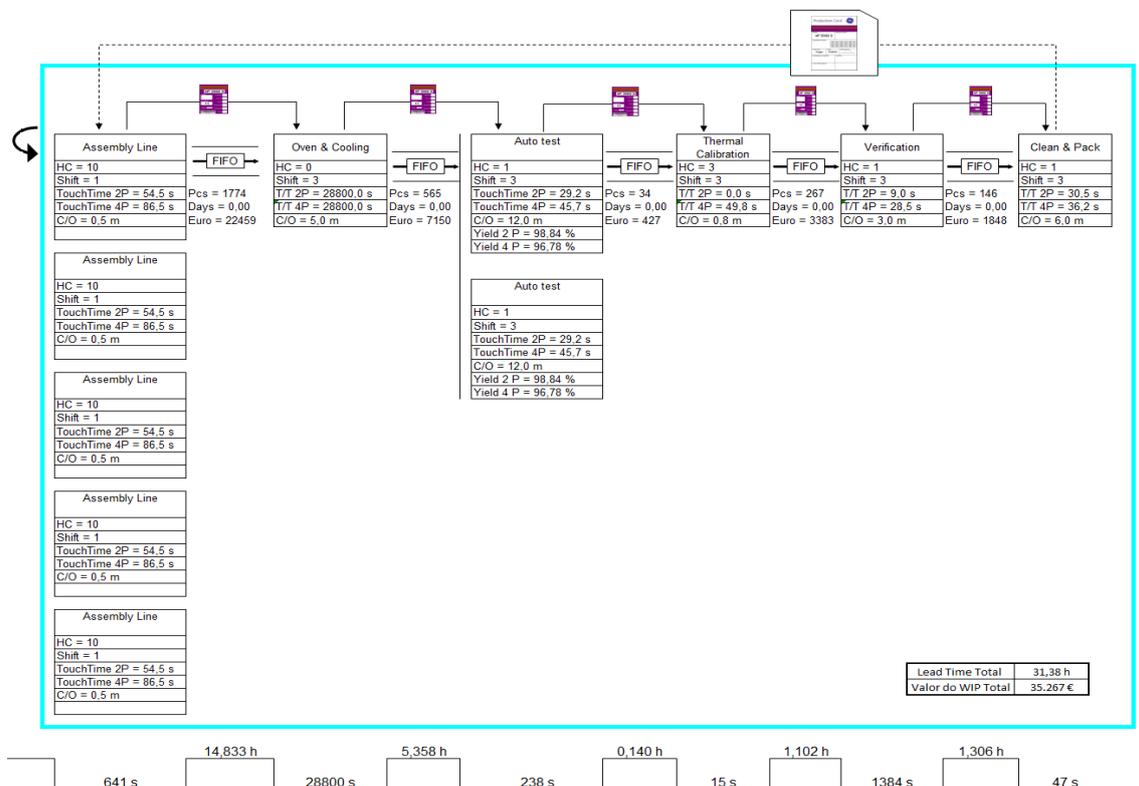


Figura 9: VSM de Junho 2010

Fazendo a comparação da situação inicial e final, com o auxílio dos indicadores de desempenho considerados anteriormente, identificam-se alterações significativas expostas na Tabela 3.

Tabela 3: Comparação de Indicadores

	Situação Inicial	Situação Final	Diferença
Lead Time (horas)	45,19	31,38	30,56%
WIP (peças)	3382	2786	17,62%
Valor do WIP (€)	42813	35267	17,63%

Como se pode observar na Tabela 3, controlando as quantidades a ser produzidas através da identificação de todo o material em produção e produzindo unicamente a quantidade pedida pelo cliente, o stock intermédio reduziu 17,62% e consequentemente o valor do WIP passou de 42813€ para 35267€ ou seja reduziu de 7546€.

Analisando e comparando a percentagem inicial e final relativamente ao lead-time total, verifica-se uma diminuição de 30,56%. Esta redução podia ser maior, contudo, devido à elevada duração do processo de Estabilização Térmica, o lead-time total continua bastante alto.

A obtenção destes resultados não foi tarefa fácil devido essencialmente à resistência dos operários que foi uma das maiores dificuldades sentidas durante a implementação do Sistema Pull. Mesmo após várias formações sobre o funcionamento dos Kanbans, continuavam a efectuar de maneira incorrecta os procedimentos tendo como consequência um descontrolo da quantidade dos produtos em curso. Só após várias formações e devido à persistência da autora deste trabalho, o Sistema Pull começou a funcionar perfeitamente.

Durante o projecto surgiram diferentes oportunidades de melhoria, uma delas foi a redução do WIP da reparação. Após de ter identificado o WIP extra da área de reparação e elaborado um plano de trabalho para reduzir este mesmo WIP, no final do projecto verificou-se que o WIP passou de 5808 a 3761 disjuntores ou seja reduziu de 35,24%. O valor do WIP inicial e final da reparação é apresentado na Tabela 4.

Tabela 4: Valor do WIP Inicial e Final da Reparação

	Situação Inicial	Situação Final	Diferença
Valor do WIP da Reparação (€)	73529,28	47614,26	25915,02

Analisando e comparando os valores do WIP da reparação representados na Tabela 4, constata-se uma redução significativa do valor ou seja reduziu de 25915,02€.

7. CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS DE TRABALHO FUTURO

A implementação do Sistema Pull na linha de montagem de componentes electrónicos levou a inúmeras melhorias ao nível do desempenho operacional, nomeadamente uma redução do lead-time e do WIP. Contudo, e embora o Sistema Pull seja um dos sistemas mais simples de controlo da produção, esta implementação não foi tarefa fácil tendo sido um dos principais obstáculos o factor humano, pois a maior parte dos operários não estavam receptivos à mudança. Para ultrapassar este obstáculo foi necessário dar formação, explicar a causa da mudança, conversar com as pessoas e sobretudo ouvir a suas opiniões/ideias de melhoria.

A componente de produção que revelou ser indispensável para controlar e disciplinar o fluxo de material e informações foi o sistema de controlo por Kanban. Estes cartões tiveram como principal função autorizar ou não a produção de um determinado produto na área de em estudo. Além disso, o sistema de controlo por Kanban foi auxiliado por acções de Gestão visual, nomeadamente, um quadro de planeamento de produção afixado na área de disjuntores e nas zonas específicas dedicadas ao controlo das prioridades.

Este trabalho esteve directamente relacionado com outros projectos também baseados na implementação de técnicas de Lean Manufacturing. Todos estes projectos tinham como objectivo comum otimizar os processos de fabrico e uniformizar o fluxo de produção para conseguir futuramente implementar o Sistema Pull em toda a empresa. Após a implementação do Sistema Pull na última fase de transformação do produto, a cadeia de fornecimento da empresa passou a ser controlada por um Sistema Push-Pull.

Outros projectos de Lean Manufacturing desenvolvidos durante a implementação do Sistema Pull foram a aplicação do SMED nas áreas de plástico, metais e soldadura com o objectivo de reduzir os tempos de setup, o redimensionamento e a redefinição dos supermercados de produtos que abastecem a área de produção de disjuntores e, finalmente, a construção de um carrinho logístico ergonómico adaptado às necessidades da área de produção de disjuntores assim como a reconfiguração dos circuitos do carrinho logístico.

Como trabalho a desenvolver futuramente, seria em primeiro lugar estender o sistema puxado até aos fornecedores de matéria-prima das primeiras áreas de produção de componentes electrónicos envolvidas num disjuntor, seguidamente reduzir os tempos relativos aos processos de Estabilização térmica e, por fim, utilizar os códigos de barras colocados nos Kanbans para facilitar a contagem.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Afonso, Celina and Alves, Anabela C. (2009) “Implementation of the Pull Levelling project in a car radio assembly firm” Integrity, Reliability and Failure: Challenges and Opportunities, Eds. J.F. Silva Gomes and Shaker A. Meguid, Porto, 20-24 July, pp. 415-416 (Ref.: S0233_A0552). Edições INEGI.

Álvarez, R., Calvo, R., Marta M. Peña, M. M. and Domingo, R. (2009) “Redesigning an assembly line through lean manufacturing tools” International Journal of Advanced Manufacturing Technology, vol. 43, pp. 949–958

Cardoso, A., Arezes, P., Alves, A. C. and Carmo-Silva, S. (2008) “Reconfiguração de Sistemas de Produção Orientados ao Produto: estudo de um caso industrial” Proceedings do 5º Congresso Luso-Moçambicano de Engenharia (CLME2008), 2-4 de Setembro, Maputo, Moçambique

Costa, P., Alves, A. C. and Sousa, R. (2008) “Implementação da metodologia Quick ChangeOver numa linha de montagem final de auto-rádios: para além da técnica SMED” Proceedings do 5º Congresso Luso-Moçambicano de Engenharia (CLME2008), 2-4 de Setembro, Maputo, Moçambique

Doolen, T. L. and Hacker, M. E. (2005) “A Review of Lean Assessment in Organizations: An Exploratory Study of Lean Practices by Electronics Manufacturers”, Journal of Manufacturing Systems, vol. 24, nº 1, pp. 55-67

Gillet-Goinard, F., Maimi L. (2007) “Toute la Fonction Production”, L’USINE NOUVELLE, DUNOD.

- Liker, J. (2009) “Le Modèle Toyota, 14 Principes qui font la Réussite de votre Entreprise”, Pearson Education France, Paris.
- Liker, Jeffrey K. and Morgan, James M. (2006) “The Toyota Way in Services: The Case of Lean Product Development”, *Academy of Management Perspectives*, pp. 5-20
- Melton, T. (2005) “The benefits of lean manufacturing: What Lean Thinking has to Offer the Process Industries”, *Chemical Engineering Research and Design*, 83(A6): 662–673
- Monden, Y. (1998) “Toyota Production System - An Integrated Approach to Just-in-Time”, Edição 3rd, Engineering & Management Press, a division of the Institute of Industrial Engineers, Georgia, United States of America.
- Oliveira, A. R. and Alves, A. C. (2009) “Operating modes in manufacturing cells – An Action Research study” in *Proceedings of the 5th International Conference on Intelligent Manufacturing & Logistics Systems and Symposium on Group Technology and Cellular Manufacturing (GT/CM 2009)*, (Eds.) Mitsuo Gen, Gursel A. Suer, Hark Hwang, Kap Hwan Kim, Katsuhisa Ohno and Shigeru Fujimara – February 16-18, Kitakyushu, Japan, pp. 107-115
- Page, M. (2007) “Much more than lean production”, *The manufacturer*. Disponível em <http://www.themanufacturer.com/uk/content/7599/Much_more_than_lean_production.html>, acedido em 28.12.2010
- Pattanaik, L. N. and Sharma, B. P. (2009) “Implementing lean manufacturing with cellular layout: a case study”, *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, vol. 42, pp. 772–779
- Pinto, J. (2009) “Pensamento Lean” , LIDEL-Edições técnicas, Lda.
- Shah, R. e Ward, P. T. (2003) “Lean manufacturing: context, practice bundles, and performance”, *Journal of Operations Management*, vol. 21, pp. 129–149
- Silva, C., Tantardini, M., Staudacher, A., P. e Salviano, K. (2010) “Lean Production Implementation: A survey in Portugal and a comparison of results with Italian, UK and USA companies” *Proceedings of 17th International Annual EurOMA Conference - Managing Operations in Service Economics*, (Eds.) R. Sousa, C. Portela, S. S. Pinto, H. Correia, Universidade Católica Portuguesa, 6-9 June, Porto, Portugal
- Smalley, A. (2004) “Creating Level Pull”, Cambridge, Massachusetts, USA: The Lean Enterprise Institute.
- Womack, J., Jones, D. (1996) “Lean Thinking: banish waste and create wealth for your corporation” Simon and Schuster.
- Womack, J., Jones, D. (2009) “*Système Lean*” (2^o Edition), PEARSON, Village Mondial.
- Womack, J., Jones, D. T. and Roos, D. (1990) “The machine that changed the world”, Rawson Associates.