

Artigo REF: 14A001

## **IMPLEMENTAÇÃO DA METODOLOGIA QUICK CHANGEOVER NUMA LINHA DE MONTAGEM FINAL DE AUTO-RÁDIOS: PARA ALÉM DA TÉCNICA SMED**

**Pedro Costa, Anabela Alves<sup>1(\*)</sup> e Rui Sousa**

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

<sup>(\*)</sup>Email: anabela@dps.uminho.pt

### **RESUMO**

Este artigo apresenta alguns resultados de um projecto de implementação da metodologia *Quick Changeover* (QCO) nas linhas de montagem final de uma empresa de auto-rádios. Esta implementação incluiu a aplicação de *Single Minute Exchange Die* (SMED) e o desenvolvimento de sistemáticas de trabalho normalizado, tanto numa linha de montagem final como nas áreas adjacentes. Os resultados da implementação do SMED e das sistemáticas são apresentados. Na fase final do trabalho constatou-se que, em alguns casos, os tempos de mudança foram reduzidos para tempos inferiores ao esperado.

### **1. INTRODUÇÃO**

Para dar resposta aos desafios impostos por um mercado cada vez mais competitivo e exigente, onde os custos e os prazos de entrega dos produtos têm que ser cada vez mais reduzidos e a qualidade uma garantia, a empresa que propôs o projecto procura melhorar os seus processos. Para isso, a empresa tem vindo a implementar técnicas e ferramentas do *Toyota Production System* (TPS) (Monden, 1998) e *Lean Manufacturing* (Womack et al. 1990 e Womack e Jones, 1996) designadas de *Bosch Production System* (BPS) (Bosch, 2007). Entre estas técnicas encontra-se o *Quick Changeover* (QCO) que visa reduzir tempos de mudança entre produtos diferentes. O aumento de encomendas, necessidade de flexibilidade, redução de custos e aumento da produtividade são as razões invocadas pela empresa para a necessidade de implementar o *Quick Changeover* nas linhas de montagem final. Pretende-se que este artigo contribua para o conhecimento e compreensão das vantagens inerentes ao *Lean Manufacturing*, especificamente através das razões já referidas, permitindo à empresa obter maior lucro com os mesmos recursos.

Assim, o objectivo principal do trabalho descrito neste artigo foi a implementação do QCO em linhas de montagem final, de forma a reduzir os actuais tempos de mudança que apresentam valores superiores a 5 minutos na maioria dos casos. Pretendeu-se atingir tempos inferiores a 3 minutos.

Outros objectivos associados foram desenvolver e definir uma sistemática para as actividades de mudança nas linhas de montagem final e para o fluxo de informação e materiais. A criação da sistemática para as actividades de mudança tem como finalidade principal a redução dos tempos de mudança entre modelos de auto-rádio de forma a conseguir reduzir o *lead time*, o aumento do *mix* de produtos a produzir diariamente e a redução de *stock* e do custo unitário. Para a criação da sistemática no fluxo de informação e materiais foi necessário o estudo das

várias áreas implicadas: logística interna, armazém e área de abastecimento de placas de circuito impresso (Printed Circuit Board - PCB) e a organização dos respectivos procedimentos. Pretendeu-se criar trabalho normalizado nestas áreas, bem como criar um sincronismo perfeito entre as operações por estas realizadas e as necessidades das linhas de montagem final. Esta abordagem tornou-se necessária pois, conforme se verificará, a aplicação de SMED revelou-se insuficiente para, só por si, garantir que o processo de mudança na sua globalidade fosse eficaz e eficiente. A empresa pretendeu criar uma base piloto para, posteriormente, aplicar a todas as linhas de montagem final.

O artigo encontra-se organizado em secções. Na secção 2 é realizada uma revisão bibliográfica dos temas aplicados no trabalho. Na secção 3 descreve-se a linha de montagem final e as áreas directamente envolvidas. A implementação do QCO descreve-se na secção 4, efectuando-se a análise crítica da situação actual e apresentando-se as propostas de melhorias aos problemas detectados durante a análise. A secção 5 apresenta a análise dos resultados obtidos. Finalmente, na secção 6, são tecidas algumas conclusões.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Severson (1988) define *Changeover* como o tempo decorrido entre o último produto bom do ciclo anterior e o primeiro produto bom do ciclo seguinte. Para McIntosh et al. (1996) *Changeover* é a soma do tempo de *setup*, ou seja, o período de paragem entre as produções durante a troca de produto, com o tempo de arranque, que é o tempo gasto para estabilizar a produção no que diz respeito à taxa de produção e à qualidade requeridas. A redução do tempo de mudança permite obter um grande número de vantagens: produção de lotes mais reduzidos; redução do *lead time*; redução de *stocks*; aumento da qualidade; redução de desperdício e retrabalhos; aumento da flexibilidade e responsabilidade; aumento de produtividade; consciencialização das causas que geram erros e espera; aumento da disponibilidade dos equipamentos (Ohno, 1997).

Inerente à implementação do *Quick Changeover* encontra-se uma ferramenta de extrema importância: o *Single Minute Exchange of Die* - SMED (Productivity Press Development Team, 1996) normalmente conhecida como troca rápida de ferramentas. Esta técnica tem como objectivo conseguir tempos de mudança entre produtos na ordem de um dígito. O SMED foi desenvolvido por Shigeo Shingo (Shingo, 1985) e é caracterizado por este como sendo o caminho mais eficaz para a melhoria dos processos de mudança. São descritos inclusivamente alguns casos de sucesso na implementação de SMED, que resultaram em reduções de tempo na ordem dos 80 a 95%. Outras ferramentas utilizadas neste trabalho são a metodologia 5S, a implementação de normas aos procedimentos no trabalho (Monden, 1998) e a melhoria contínua.

## **3. DESCRIÇÃO DA LINHA DE MONTAGEM E ÁREAS ENVOLVIDAS**

A linha de montagem descrita produz auto-rádios para automóveis das marcas Fiat e Nissan. Para cada uma dessas marcas existem plataformas (estruturas base) que dão origem a vários modelos distintos de auto-rádios: plataforma Fiat SB05 com 15 modelos; plataforma Fiat SB03 com 4 modelos; plataforma Nissan 1 din com 5 modelos; plataforma Nissan 2 din com 4 modelos, num total de 28 modelos.

Além do processo de mudança na linha descrevem-se também os fluxos de materiais e de informação da linha e procedimentos das áreas directamente envolvidas: logística interna, armazém e área de abastecimento de placas de circuito impresso (PCB).

A linha de montagem final envolve fases distintas de processo: a pré-preparação; montagem manual; controlo 1; montagem final; montagem e controlo de blendas; controlo 2a e controlo

2b; e embalagem (Figura 1). Estes processos envolvem um total de 83 postos de trabalho, que são sujeitos a várias actividades de mudança sempre que ocorre a troca de tipo de produto. O tempo de ciclo da linha é de 28 segundos e o tempo de percurso é 1 hora e 20 minutos.

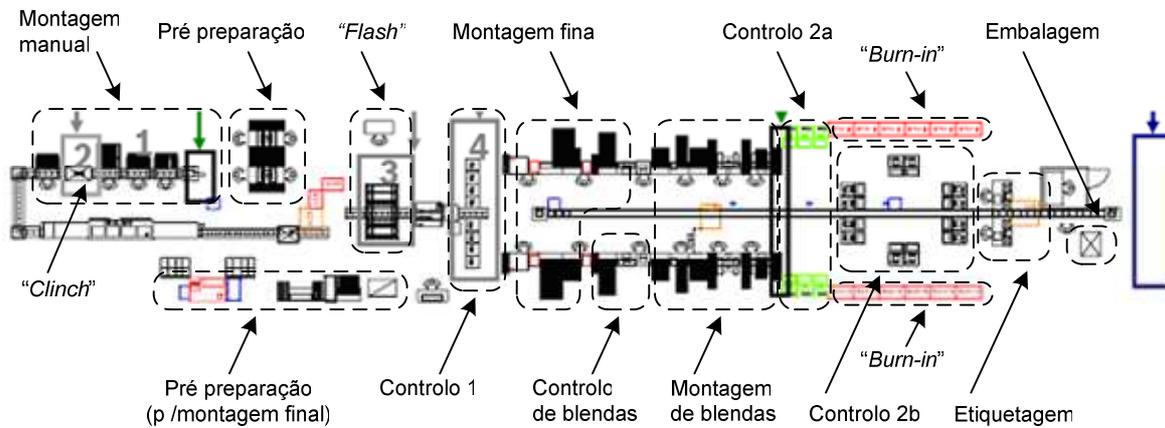


Figura 1. Implantação da linha de montagem com identificação das fases do processo.

### 3.1. Procedimentos na linha

A linha de montagem é a base para todo o processo de mudança. A análise dos procedimentos da linha permitiu constatar que é esta que determina o início das actividades a realizar pelas áreas de logística interna, responsável pelo abastecimento da maior parte dos materiais para as linhas de montagem final, pelo transportador (*milk run*) de materiais de placas (PCB) e pelo armazém fornecedor de material de embalagem (*warehouse*). Estas áreas estão representadas na Figura 2, onde são visíveis os percursos dos transportadores da logística interna (linha a tracejado) e do supermercado de placas (linha a cheio).

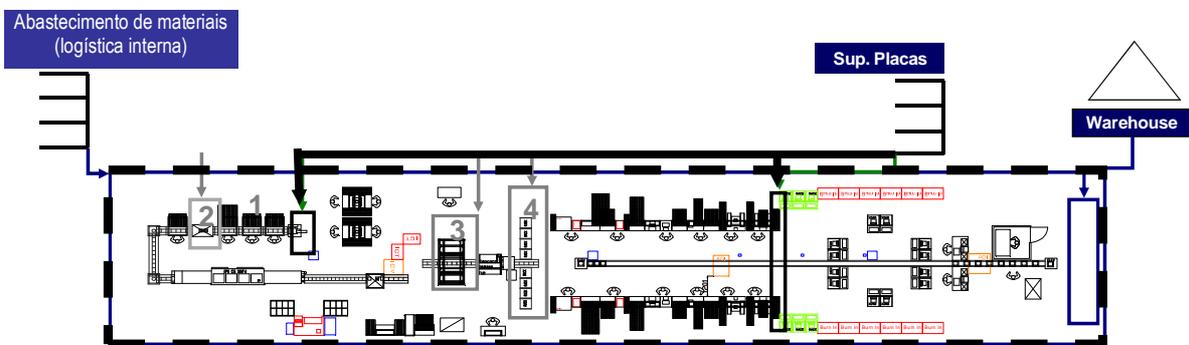


Figura 2. Implantação da linha de montagem e áreas envolvidas.

Realizado o planeamento do turno, a informação sobre a realização da mudança é disponibilizada à logística interna, com 2 horas de antecedência. Na mudança de turno a chefe de linha faz a contagem de aparelhos que estão no processo, para ter noção do número de aparelhos que tem de produzir até à próxima mudança. O condutor do *milk run* da logística interna informa a chefe de linha quando faltam 5 a 10 minutos para a mudança. Esta telefona para os técnicos da manutenção para comparecer na linha para executarem a mudança do *clinch*, designação para a máquina automática que tem a função de dobrar e cortar os pernos dos componentes colocados nos postos de inserção manual, e da máquina *flash*, i.e., máquina que grava o software dos auto-rádios e possui 6 gavetas internas e acontece com frequência a falta ou atraso dos técnicos para as mudanças, sendo as próprias colaboradoras a realizar esta mudança.

No primeiro posto da montagem manual, a linha possui um sequenciador que é utilizado para

colocação de 3 cartões (*kanban*). Estes são distinguidos por cores e referências. Assim a linha é informada da mudança através da visualização do cartão da próxima referência. A colaboradora do primeiro posto realiza a primeira operação de sinalização de mudança para os restantes postos ao colocar a etiqueta dentro do primeiro aparelho. No terceiro posto a colaboradora retira a etiqueta e coloca 2 *dots* na bucha de ligação. A próxima operação de informação de mudança acontece na montagem de blendas onde a chefe de linha controla a progressão da mudança ao longo da linha. Aqui, o aparelho encontra-se perto do controlo 1, onde é realizado um controlo à gravação realizada na *flash*, e é realizada uma contagem de aparelhos que faltam produzir. Em seguida, faz a contagem de blendas e faz a diferença entre esse valor e o valor dos aparelhos em fim de curso, para informar as colaboradoras de quantas blendas faltam produzir para terminar o lote.

### **3.2. Procedimentos na logística interna**

A logística interna é uma área de grande relevância por ser a responsável pelo abastecimento da maior parte dos materiais para as linhas de montagem final. Necessita, por isso, de receber informação em tempo real da linha para poder proceder às entregas de material, em tempos diferentes, para a mudança ao longo da linha. Esta é a área de maior influência no bom ou mau funcionamento da linha, devido ao elevado número de postos que tem que abastecer e aos diferentes tipos de matérias-primas consumidas na linha. É, muitas vezes, responsável por paragens não planeadas da linha, devido à falta de coordenação interna e má gestão de material.

Os colaboradores da logística interna são responsáveis pelas operações de coordenação e realização de operações internas e de mudança de abastecimento de materiais à linha. O condutor do *milkrun* é o responsável pelo abastecimento de materiais à linha durante a produção com ciclos de 20 minutos e transporte de materiais necessários para a mudança. Estes materiais são colocados no bordo da linha para, na altura da mudança, os colaboradores executarem o abastecimento de materiais a serem consumidos no próximo produto a entrar em produção. A coordenadora da logística interna é a responsável pela coordenação interna de uma família de produtos e da gestão da mudança.

O condutor do *milkrun* da logística interna, durante o abastecimento das linhas, recolhe o cartão do quadro de produção que se encontra a 2 horas da mudança. Deposita o cartão no sequenciador, mas na maioria dos casos coloca-o na secretária da coordenadora. A coordenadora faz o registo de entrada, faz o filtro do material que entra na produção do próximo produto em folha de *excel*, compara a referência dos materiais de saída com a referência dos materiais de entrada e faz a impressão da folha com a referência de entrada. Entrega a folha à colaboradora da logística interna para realizar o levantamento de material das rampas do supermercado (*picking*). Esta coloca o material pedido num ou mais carros a transportar pelo *milkrun* e coloca-o em zona de espera. O condutor do *milkrun* entrega o carro à produção no ciclo anterior à mudança. O carro da mudança fica na linha em situação de espera até que a mudança se realize.

### **3.3. Procedimentos do condutor do *milkrun* de abastecimento de placas (PCB)**

O condutor do *milkrun* das placas é o responsável pelo abastecimento de placas principais e de serviço às linhas de montagem final. As placas principais são consumidas na montagem manual, e são colocadas num alimentador automático (*loader*) pelo condutor do *milkrun*. O *loader* é uma máquina com capacidade para 4 contentores (*containers*), com placas principais e de serviço - 3 para contentores a consumir e 1 de retorno (vazio) que os eleva a um nível de alimentação da linha e possui um mecanismo que empurra as placas para o tapete rolante conforme o consumo da linha.

As placas de serviço são consumidas na montagem de blendas, e são colocadas pelo condutor do *milk run* em rampas dinâmicas no primeiro posto de montagem de blendas. O condutor do *milkrun* é orientado pelo consumo de cartões de *kanban* (que informa sobre a quantidade de materiais fornecidos) na montagem manual. Este, ao colocar um contentor no alimentador da montagem manual pega no cartão de *kanban*, referente ao consumo desse contentor, do quadro de produção e coloca-o no sequenciador de produção da linha. A operária do primeiro posto controla a mudança através da visualização desse mesmo *kanban*.

No fornecimento de placas principais à montagem manual, o condutor do *milk run*, ao entregar o último contentor na montagem manual, coloca o último *kanban* referente à produção do lote em curso, visualiza no quadro de produção o *kanban* referente ao lote a produzir a seguir, pega no *kanban* e copia a referência do novo lote para um bloco de notas. Desloca-se ao supermercado de placas (no piso 1) e faz o levantamento de material do contentor da referência a entrar em produção. Desloca-se novamente para a linha (piso 0), coloca na quarta posição do alimentador o contentor com placas principais para próxima produção e coloca o *kanban* do quadro de produção no sequenciador da linha.

No fornecimento de placas de serviço na montagem de blendas: um ciclo após a entrega do primeiro contentor na montagem manual, o condutor do *milkrun* faz o levantamento de 2 contentores de placas de serviço de nova referência e abastece um contentor em cada linha paralela da montagem final.

### **3.4. Procedimentos no armazém abastecedor de material de embalagem**

O material de embalagem encontra-se no armazém. O *milkrun* da embalagem faz o abastecimento de material numa zona exterior à linha (corredor de material de embalagem), que está organizada por diferentes tipos de material consumido em cada linha. Cerca de 80% do material de embalagem permanece no corredor - material para produtos tipo A, produtos que produzem todos os dias e, por vezes, mais que uma vez ao dia. A reposição deste tipo de material obedece a uma regra de níveis máximos e mínimos, onde o *milkrun* tem como função garantir sempre um *stock* mínimo e nunca ultrapassar o *stock* máximo, fazendo uma gestão visual. Quando o *stock* mínimo é atingido o condutor do *milkrun* da embalagem faz o pedido ao armazém. Este coloca o material na zona de saída de armazém e o condutor do *milkrun* coloca o material no corredor de embalagem. O colaborador de linha abastece-se directamente do corredor portanto este tipo de material não tem influência na mudança pois encontra-se na zona de embalagem.

Na mudança, a situação a analisar refere-se aos restantes 20% de material de embalagem que são alocados a uma zona situada no mesmo corredor, designada de zona de “peça de chamada”. Esta zona possui a particularidade de servir para colocação de mais do que um tipo de material de embalagem. Este material é consumido por produtos designados por “produtos tipo B ou C”, isto é, os produtos tipo B são produzidos 3/4 vezes por semana e os produtos tipo C são produzidos 1/2 vezes por semana.

Para peças do tipo B ou C é feito o nivelamento, o chefe de linha coloca o cartão *kanban* “peça de chamada”, com 2 horas de antecedência. Se houver mais do que um tipo de produto B e/ou C, os cartões de *kanban* ficam sobrepostos por sequência de entrada. É feita uma gestão visual e a chefe de linha ao colocar os cartões de *kanban* na caixa de embalagem levanta uma bandeira a sinalizar um pedido de material. O *milkrun* lê o *kanban* por radiofrequência e entrega o cartão *kanban* ao armazém. Nesta leitura são fornecidos dados relativos à quantidade e à referência. A este processo é dado o nome “Gestor Visual do Andon e Reacção”. De seguida, o armazém prepara a quantidade requerida e dá baixa do material. O colaborador de armazém coloca o material na zona de saída e o *milkrun* transporta-o para a

zona de “peças de chamada”. A colaboradora da linha recolhe estas peças.

## 4. IMPLEMENTAÇÃO DO QUICK CHANGEOVER (QCO)

### 4.1. Abordagem adoptada

Tendo em vista a aplicação da metodologia *changeover* na linha de montagem final, foi realizada uma análise das mudanças de plataforma, visto ser aí que ocorrem as maiores perdas de tempo. No caso da mudança entre modelos da mesma plataforma, essa perda de tempo é considerada, na maior parte dos casos, insignificante, devido ao simplificado e reduzido número de actividades a realizar. A prioridade a dar à análise das mudanças entre plataformas baseou-se em: verificar com que frequência ocorre a mudança entre as várias plataformas; a complexidade das mudanças e o número de postos sujeitos a mudança.

	Fácil Mudanças dentro famílias	Moderada Mudanças de plataformas	Difícil Mudanças de clientes p.ex. Audi<->VW ou FIAT<-> >NISSAN
Pouco frequente Não diárias	--	--	+
Muito frequente Uma ou mais vezes ao dia	-	++	++

Figura 3. Caracterização do grau de dificuldade da mudança entre plataformas.

As actividades realizadas na análise das mudanças consistiram em: definir a mudança entre plataformas a analisar; filmar todas as actividades a realizar nos vários postos ao longo de todo o processo com utilização de, pelo menos, 3 câmaras de filmar; cronometrar todas as actividades; recolher informação mais pormenorizada junto dos colaboradores da linha; registar todas as actividades numa folha normalizada de registo de operações de *Changeover* (Figura 4).

Registo de actividades Quick Change Over										
Posto:5	Mudança de:		I DIN		Para:		SB05			
Int./Ext. Tarefa	Situação inicial				Situação final					
	Op.	Int.	Ext.	t(seg.)	Observ./Actividade melhoria	Op.	Int.	Ext.	t(seg.)	
1*	Coloca material do processo anterior na rampa de retorno.	O	X		25	Continua a proceder da mesma forma	O	X		25

Figura 4. Registo de actividades Quick Changeover.

Nesta folha consta a informação pormenorizada relativa ao posto em análise; à plataforma que sai e à que entra em produção; à sequência de operações executadas; a quem realiza as operações; à separação das operações internas das externas; ao tempo, em segundos, da duração de cada operação; aos tempos totais das operações realizadas em cada posto; e ao registo de observações de actividades de melhoria. Os campos à direita do registo de observações de actividades de melhoria, como se pode observar no excerto de uma das folhas na figura 4, são preenchidos após análise da situação actual.

Esta análise apoia-se nos procedimentos da ferramenta SMED: análise das operações internas e externas; análise da possibilidade de eliminar operações (internas e externas); analisar a possibilidade de transferir operações internas para operações externas; analisar a possibilidade de executar operações em paralelo; racionalizar operações internas e externas; dividir a linha em áreas/trabalho de grupo; e criação de um layout (tamanho A0) com estrutura para colocação de cartões.

As actividades atrás descritas foram efectuadas para todas as mudanças entre plataformas. Neste processo de mudança envolveram-se áreas de intervenção distintas na linha. A primeira fase ocorria na montagem manual; seguindo-se a montagem final, montagem de blindas e

controlo das mesmas; a área de controlo 2a e 2b e, finalmente, a embalagem, separada por uma estrutura para evitar que as impurezas do material de embalagem possam interferir na qualidade dos aparelhos enquanto estes são montados. No total identificaram-se nesta linha 15 problemas relacionados com falta de organização e arrumação dos postos e das gavetas e falta de procedimentos sistemáticos e normalizados. Apresentaram-se propostas de melhoria, recorrendo à ferramenta 5S e ao trabalho normalizado, destacando-se aqui apenas os postos mais críticos por exigirem a realização de um maior número de operações na mudança (e mais complexas).

#### 4.2. Análise crítica e propostas de melhorias

Os postos mais críticos são os postos da montagem e inserção manual de componentes (P5, P6, P7 e P9), o posto do *clinch* (P8), o posto da *flash* (P14), e os postos do controlo 1 (P17 a P24). Estes postos estão representados na Figura 1 com os números 1 – montagem manual, 2 – *clinch*, 3 – *flash* e 4 – controlo 1. Os problemas e propostas de melhoria estão sintetizados na tabela 1.

Tabela 1. Principais problemas na linha e melhorias propostas.

Problemas na linha	Melhoria
<p><b>Montagem manual (postos 5, 6, 7 e 9)</b></p> <p>Sempre que há mudança de produto e é necessário trocar a base do posto, as colaboradoras dos postos 5, 6 e 7 da montagem manual têm que se deslocar a um armário situado no topo da linha para proceder à troca de bases. A colaboradora do posto 9 tem igualmente que se deslocar a um armário para trocar a sua base. Este encontrava-se na zona traseira dos postos da montagem manual. Isto obrigava-a a percorrer uma distância de 4 postos para ter acesso ao armário.</p>	<p><b>Montagem manual (postos 5, 6, 7 e 9)</b></p> <p>Foram criados nos postos, diferentes tipos de suporte para as diversas bases utilizadas (Figura 5). Com as bases no posto de trabalho, a deslocação ao armário é eliminada e desse modo diminui o tempo de operações internas.</p>  <p>Figura 5 Suporte de bases.</p>
<p><b>Clinch (posto 8)</b></p> <p>Para a mudança do <i>clinch</i> é necessário realizar tarefas externas de transporte de bases que se encontram num armário situado no topo da linha (Figura 6). Em relação às actividades internas, as operações consistem em retirar e colocar duas bases. A base superior é de simples remoção pois funciona por <i>clamps</i>, basta mudar a posição de uma botoneira para que esta fique liberta. É na base inferior que reside a grande perda de tempo na mudança do <i>clinch</i>, pois é necessário utilizar ferramentas que se encontram dentro da máquina para desaparafusar 5 parafusos com muitas voltas de rosca (Figura 7).</p>  <p>Figura 6 e 7. Armário e <i>clinch</i> de parafusos.</p>	<p><b>Clinch (posto 8)</b></p> <p>As bases do <i>clinch</i> (Figura 8) foram transferidas para a parte inferior do mesmo, eliminando assim o armário e a necessidade de realizar operações externas com o transporte das mesmas. Foi alterada a forma de prender a base inferior do <i>clinch</i>. Deixou de ser necessário aparafusar/desaparafusar 5 parafusos e passou a ser colocado com o sistema de <i>clamps</i>, tal como na base superior (Figura 9). Assim, quando procedemos à mudança basta mudar a posição da botoneira e ambas as bases ficam libertas. O <i>clinch</i> é um dos postos com maior perda de tempos na mudança. Com estas alterações os tempos de mudança do <i>clinch</i> passaram de cerca de 3 minutos e meio para menos de 1 minuto.</p>  <p>Figura 8 e 9. Suporte para as bases e <i>clinch</i> com <i>clamps</i>.</p>

<p style="text-align: center;"><b>Flash (posto 14)</b></p> <p>Uso de armário para colocação de gavetas utilizadas na máquina <i>flash</i> (Figura 10). Isto obriga a operações externas, ou seja, o colaborador, antes da mudança, deslocava-se ao armário para pegar nas gavetas e colocava-as na zona da máquina <i>flash</i> para posteriormente proceder à mudança.</p>  <p style="text-align: center;">Figura 10. Armário para gavetas da <i>flash</i>.</p> <p>A mudança é realizada por duas colaboradoras, uma em cada um dos lados da máquina, mudando cada uma, 3 gavetas. O tempo de arranque é de 90 segundos (15``x 6 gavetas).</p>	<p style="text-align: center;"><b>Flash (posto 14)</b></p> <p>Foram criados na própria máquina suportes que estão identificados por modelo de rádio e numerados conforme numeração da gaveta (Figura 11). Desta forma, eliminaram-se operações externas – deslocação de colaboradoras ao armário, antes da mudança.</p>  <p style="text-align: center;">Figura 11. Suporte para armazenar gavetas da <i>flash</i>.</p> <p>Quanto ao facto de a mudança ser realizada por duas colaboradoras em 90 segundos, optou-se por reduzir o tempo das actividades internas através da realização de operações paralelas. As operações de mudança de gavetas da <i>flash</i> passaram a ser executada por quatro colaboradores: 2 colaboradoras da linha mais dois colaboradores da manutenção.</p>
<p style="text-align: center;"><b>Controlo 1 (posto 17 a 24)</b></p> <p>O controlo 1 é composto por 8 postos com a mesma função. Este possui gavetas para cada plataforma a produzir, que se encontram armazenadas num armário distanciado dos postos (Figura 12). Na altura da mudança os colaboradores têm que se deslocar ao armário para troca de gavetas. Estes postos têm alturas distintas de mudança devido ao facto de não serem alimentados ao mesmo tempo. São as colaboradoras dos primeiros postos da montagem final que alimentam o controlo 1. Assim, a mudança dos vários postos é feita consoante estes libertam o último aparelho. Neste sentido, sempre que um posto fica disponível para ser mudado, o colaborador da manutenção e/ou uma colaboradora da linha tem que se deslocar ao armário para troca de gavetas.</p>  <p style="text-align: center;">Figura 12. Armário para gavetas do controlo 1.</p>	<p style="text-align: center;"><b>Controlo 1 (posto 17 a 24)</b></p> <p>A melhoria implementada consistiu em colocar suportes nas zonas laterais do controlo 1, junto ao último posto. (Figuras 13 e 14).</p>  <p style="text-align: center;">Figura 13. Suporte de gavetas do controlo 1.</p>  <p style="text-align: center;">Figura 14. Identificação das gavetas do controlo 1.</p>

Na logística interna também se detectaram alguns problemas:

- 1) atrasos no levantamento do cartão de mudança do quadro de produção da linha e, conseqüentemente, atrasos na entrega nesta secção;
- 2) aparecimento de erros na preparação de material para as linhas devido a diferentes procedimentos de colocação do cartão de mudança;

- 3) falta de informação no kanban relativo à complexidade da mudança (número de postos a abastecer com material diferente do consumido anteriormente e procedimentos diferentes adoptados pelos dois turnos de logística);
- 4) deslocação das colaboradoras das linhas de montagem final para abastecer os postos na altura da mudança;
- 5) falta de comunicação entre a logística interna e o armazém que devido a desfasamento de tempo de entrega pode não garantir a produção prevista por falta de material.

As melhorias propostas passam por implementar procedimentos normalizados de colocação dos cartões de mudança a 2 horas da mudança e actualização em caso de atrasos. Após a recolha do cartão e transporte deste para a logística interna, o cartão de mudança é colocado num quadro criado para ajudar a coordenar todas as operações realizadas na logística (Figura 15). Foi também colocado um sistema de gestão visual (*andon*) na logística interna que está ligado ao contador que tinha sido colocado na linha (Figura 16) para permitir que o fluxo de informação entre a linha de montagem final e a logística interna na mudança do produto seja enviada em tempo real e de forma completamente transparente.



Figura 15. Quadro de mudança da logística interna



Figura 16. Andon da logística interna

Para evitar deslocações das colaboradoras foi formada uma equipa SMED na logística interna. Esta, quando recebe o sinal de linha de que a mudança se vai realizar, desloca-se para a linha para efectuar a mudança de produto nas linhas.

Na área responsável pelo abastecimento de placas identificaram-se os seguintes problemas:

- 1) falta de referência em alguns componentes;
- 2) falta de supermercados de placas para algumas plataformas;
- 3) transporte de contentores incompletos para o supermercado de placas;
- 4) consumo parcial das placas pela linha;
- 5) transporte de aparelhos reparados da zona de reparação efectuado pela chefe de linha que se desloca da linha até à zona de reparação.

As soluções apresentadas para resolver estes problemas passaram por: criar supermercados para todas as plataformas; criar cartões denominados “cartões de placas adicionais” para garantir o FIFO; e, os aparelhos com necessidade de reparação durante a produção passam a ser transportados para a zona de reparação pelo condutor do *milkrun*.

Os principais problemas identificados no armazém foram:

- 1) falta de material devido ao planeamento sem confirmação de quantidade/referência;
- 2) falta de comunicação com a logística e atraso no pedido do material de embalagem em relação à logística interna (1 hora e 20 minutos depois).

A proposta apresentada foi fazer o pedido de material de embalagem 3 horas e 20 minutos antes da mudança. Como a linha possui um tempo de percurso de 1 hora e 20 minutos e o armazém necessita de ser avisado 2 horas antes da mudança, o somatório destes tempos garante o tempo necessário. Este tempo permite que o armazém receba a informação de mudança ao mesmo tempo que a logística interna e, assim, informe a logística no caso da falta de material.

Após os vários trabalhos realizados em todas as áreas implicadas no sistema de mudança procedeu-se à normalização. A criação de standards é crucial para que o trabalho seja efectuado da mesma forma em qualquer área da empresa. Para isso foi criada uma equipa à qual foi dada formação, ministrada também a todos os colaboradores das linhas com *Quick Changeover*. A equipa é responsável por garantir que todos os procedimentos criados sejam implementados nas restantes linhas. Esta não se limita apenas a garantir a implementação do que foi criado, mas também a verificar se os standards são seguidos. A equipa é a principal promotora de melhorias quanto a actividades de *Quick Changeover*, a partir das quais, comprovada a sua eficácia, são criados standards que ficam sujeitos a novas melhorias. Foram criados vários standards para o *Quick Changeover* apresentados e descritos na tabela 2.

Tabela 2. Descrição de standards implementados.

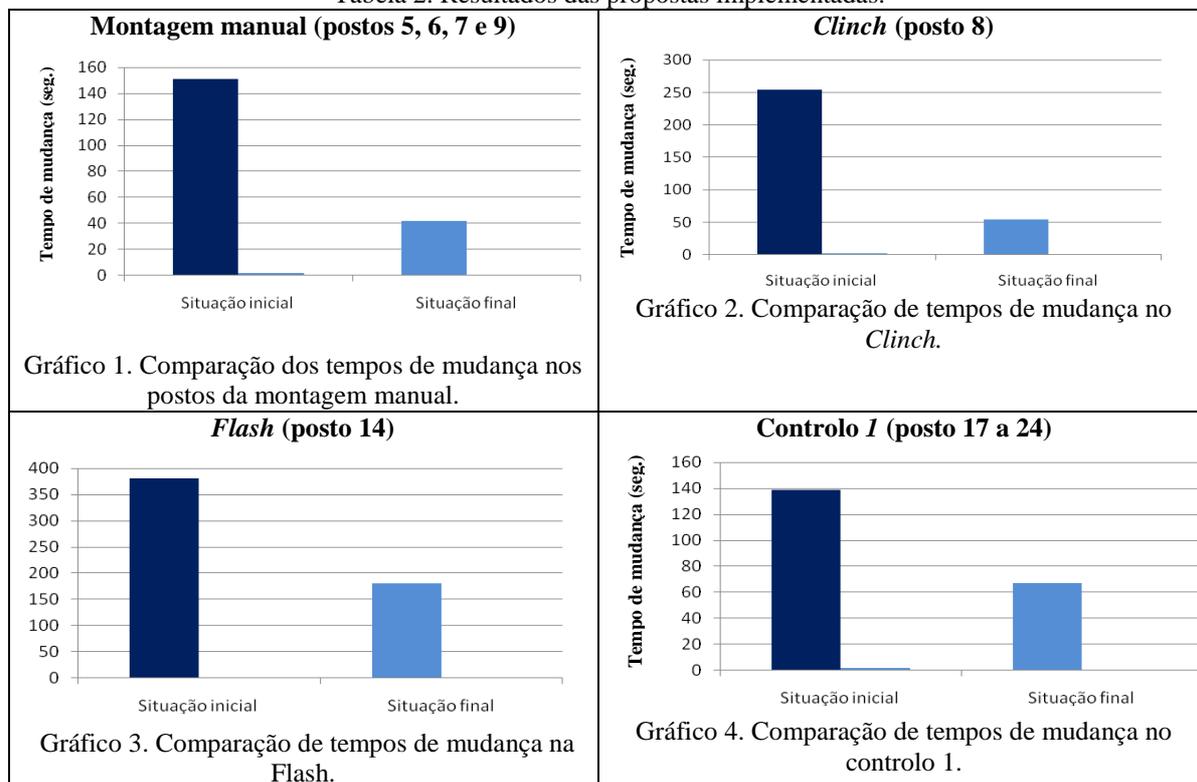
<b>Standard</b>	<b>Descrição</b>
<b>Sistemática para a mudança</b>	Descrição de todas as actividades de mudança nas respectivas áreas: linha, logística interna, área de abastecimento de placas e armazém.
<b>Standard para cartões de ferramentas</b>	Criação de um standard de identificação e arrumação de ferramentas nos postos de trabalho das linhas de montagem final
<b>Standard para cartões de mudança</b>	Standard de cartões de mudança para colocação nos postos de trabalho. Estes cartões permitem que o colaborador, na altura da mudança, se necessitar, consulte todas as tarefas que tem de executar na mudança de um determinado produto. Os cartões destinam-se a todos os intervenientes na mudança de produto: os colaboradores da linha e os colaboradores de manutenção. Estes são alocados à linha para apoiar a mudança. Existe um cartão para cada operação a realizar, podendo ser operação interna ou externa.
<b>Standard para folhas de trabalho</b>	Nesta folha podemos obter informação quanto à mudança a realizar, a todas as actividades realizadas nesse posto (internas/externas), tempos por tarefa e tempos totais de mudança.
<b>Standard para identificação de rampas</b>	O objectivo é a numeração das rampas dos postos de trabalho para apoiar as mudanças. A numeração é feita no sentido do fluxo produtivo, posto de trabalho/rampa. Às rampas estão associadas folhas de identificação do material com a seguinte informação: número da rampa e sequência de entrada na rampa; designação da peça; número de peça; número de caixas; tipo de caixa; quantidade por caixa.
<b>Standard de Gestão visual</b>	Permite visualizar quais as mudanças entre plataformas realizadas na linha, qual o WIP nos postos de trabalho e entre estes.
<b>Standard de registo de tempos SMED</b>	Este standard determina que a leitura de tempo de mudança deve ser realizado no monitor de leitura de etiquetas do posto 9. Este mede o tempo de mudança através da leitura de etiquetas diferentes. Contém um programa que faz a contagem entre passagem de aparelhos, quando lê uma referência diferente guarda esse valor.
<b>Folha standard para registo de tempos de SMED</b>	Nesta folha são registados os tempos de todas as mudanças realizadas durante o dia em cada linha
<b>Standard para cartões de placas adicionais</b>	Os cartões de placas adicionais permitem garantir o FIFO. Para isso foi criada uma sistemática de preenchimento dos cartões, a qual define operações standard a realizar pelo <i>milkrun</i> de placas.
<b>Standard de actividades para implementação do QCO</b>	Este standard mostra as actividades a realizar para que o Quick Changeover seja considerado implementado.
<b>Folha standard de seguimento de actividades Quick Changeover</b>	Nesta folha são registadas as actividades de Quick Changeover já implementadas nas linhas.
<b>Folha standard de participação nas reuniões semanais</b>	Folha para registo de presenças nas reuniões.
<b>Folha standard para confirmação do processo</b>	Nesta folha são registados todos os desvios ao trabalho standard de mudança em termos de tempo em cada linha.
<b>Folha standard de pontos em aberto</b>	Qualquer desvio ao standard deve ser alvo de análise. Esses desvios são registados nesta folha como pontos em aberto, ou seja, para análise. Após análise devem ser tomadas medidas correctivas para que o desvio não volte a acontecer.

## 5. APRESENTAÇÃO DE RESULTADOS

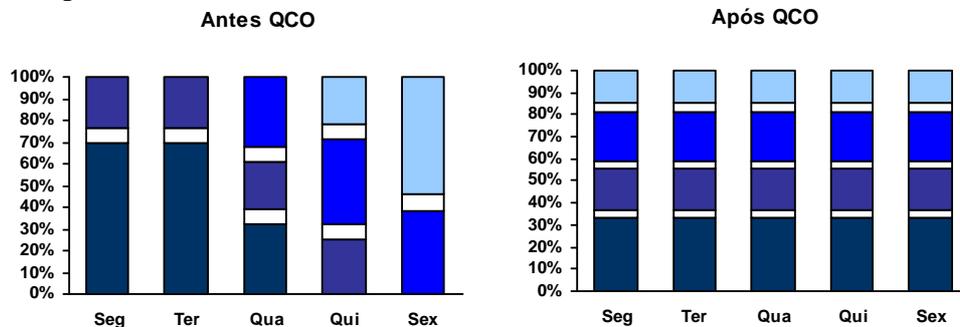
Todas as melhorias implementadas conduziram directamente a reduções no tempo gasto na mudança: realçam-se as actividades no âmbito da ferramenta 5S e do trabalho normalizado, que permitiram “limpar” e organizar os postos de trabalho, e, normalizar as operações de mudança. Com a realização da triagem, organização das gavetas, transferência das bases de trabalho para os postos (eliminação de armários) e normalização, obteve-se uma considerável redução de tempo. De uma forma geral, estas actividades permitiram obter melhorias nos seguintes pontos: ganho em espaço, tanto nos postos e gavetas onde são armazenadas as bases de trabalho, como em toda a área envolvente da linha; redução de deslocações das colaboradoras; normalização de procedimentos, que fazem com que as colaboradoras ajam sempre da mesma forma e, deste modo, não percam tempo com operações desnecessárias; libertação das colaboradoras para poderem realizar outras tarefas necessárias (ex.: ajudar na mudança em postos críticos, actividades de limpeza, etc.); e reorganização dos postos, principalmente das rampas de abastecimento que obrigavam a operações extra na organização do material a consumir.

Os resultados em poupança de tempos de mudança (segundos) relativamente às propostas apresentadas na tabela 1 apresentam-se graficamente na tabela 2. A redução de tempo apresentada nestas quatro melhorias demonstra realmente o ganho obtido com a utilização da metodologia *Quick Changeover*. Ao analisar-se o tempo de ciclo na linha de produção, que é de 28 segundos, conseguiu-se quantificar o número de aparelhos que se pode produzir a mais com esta mudança. Através do cálculo simples, tendo em consideração o posto que mais tempo gasta (flash), se se subtrair o tempo de mudança antes da aplicação da ferramenta ao tempo depois dessa aplicação obtém-se uma diferença de 3 minutos e 20 segundos. Como o tempo de ciclo é de 28 segundos ganhou-se  $200''/28''$  que é igual a cerca de 7 aparelhos por mudança. Se se fizer 5 mudanças por dia dá um total de 35 aparelhos. O que multiplicado por dez linhas dá 350 aparelhos, num só dia.

Tabela 2. Resultados das propostas implementadas.



As melhorias apresentadas permitem agora que o número de mudanças a realizar seja consoante a exigência do cliente. Isto é, se o cliente quer que lhe sejam fornecidos modelos distintos num mesmo dia isso pode ser conseguido. Existe agora mais flexibilidade para o nivelamento da produção com possibilidade de obter um *Every Part Every Interval* (EPEI) = 1 dia para as referências tipo A. Os gráficos 5 e 6 apresentam as diferenças quanto à produção de diferentes produtos num dia.



Gráficos 5 e 6. Diferença de EPEI: antes e depois da implementação de QCO.

### Redução do *Work In Process* (WIP)

Outra das melhorias com impacto na linha foi a redução do WIP. Esta redução criou por um lado, mais transparência no processo, isto é, os problemas tornaram-se visíveis à primeira. Por outro lado, é o caminho para atingir a produção de “peça-a-peça” sem qualquer stock intermediário. Esta melhoria é visível no gráfico 7.

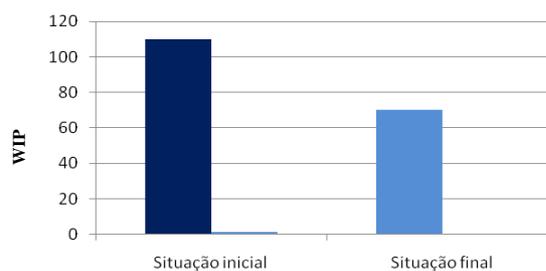


Gráfico 7. Redução de WIP.

### Fluxo de informação entre áreas

As melhorias obtidas entre as várias áreas implicadas nas mudanças são realmente significativas, pois foi criada uma sistemática para todos os procedimentos em cada uma das áreas. Esta sistemática implica um trabalho coordenado entre as áreas e a linha, isto é, cada operação é realizada correctamente e só quando tem que ser realizada. As linhas são abastecidas com o material que necessitam, quando necessitam. As actividades dentro das áreas estão normalizadas, quanto às operações a realizar, como e quando devem ser realizadas. Este fluxo de informação em tempo real entre as linhas e as restantes áreas só é possível por terem sido implementados os contadores na linha que ligados directamente às áreas permitem que estas saibam sempre qual a situação actual da linha.

## 7. CONCLUSÕES

A implementação da metodologia *Quick Changeover* (QCO) levou à optimização do processo produtivo numa linha de montagem final de auto-rádios e áreas envolventes, nomeadamente a logística interna, armazém e abastecimento. Esta implementação foi uma tarefa complexa e que exigiu muito trabalho de toda a equipa envolvida, uma interacção permanente com os colaboradores na linha e, ainda, a necessidade de dar a formação sobre a metodologia *Quick Changeover*. Os resultados finais obtidos permitiram mostrar que foi uma tarefa bem conseguida e gratificante. A metodologia foi implementada primeiro numa linha e posteriormente em outra, tendo-se conseguido reduzir os tempos de mudança de 5 minutos

para 3 minutos. A sistemática de mudança na linha e nos procedimentos das áreas envolvidas também foi implementada conseguindo-se que os colaboradores adoptassem procedimentos normalizados que não os façam perder tempo a pensar naquilo que vão fazer de seguida. Foi constituída a base piloto para ser aplicada às restantes linhas. Desta forma, pode concluir-se que os resultados do trabalho realizado corresponderam às expectativas e objectivos inicialmente traçados.

## REFERÊNCIAS

Bosch (2007). *Bosch Production System Element Description*.

McIntosh, R. et. al. (1996). *An assessment of the role of design in the improvement of changeover performance*. International Journal of Operations & Production Management, Vol. 16, N.º 9, pp. 5-22.

Monden, Y. (1998). *Toyota Production System – an integrated approach to Just-In-Time*. Institute of Industrial Engineers, Norcross, Georgia

Severson, D. (1988). *The SMED system for reducing changeover times: an exciting catalyst for companywide improvement and profits*. P&IM Review with APICS News, p.10.

Shingo, S. (1985). *A Revolution in Manufacturing: the SMED systems*. Portland, Oregon, Productivity Press.

Ohno, T. (1997). *O Sistema Toyota de Produção: além da produção em larga escala*. Porto Alegre: Bookman.

Productivity Press Development Team (1996). *Quick Changeover for Operators*. Portland, Oregon, Productivity Press.

Womack, J. P. e Jones, D. T. (1996). *Lean Thinking*. Siman & Schuster, New York, USA

Womack, J. P., Jones, D. T. e Roos, D. (1990). *The machine that changes the world*. Rawson Associates, NY