

**Melhoria contínua na produção de produtos de comunicação visual
na
Bi-silque**

João Moreira da Silva Lima Barbosa

Dissertação de Mestrado

Orientador na FEUP: Prof. Hermenegildo Pereira

Orientador na Bi-silque: Engenheiro Abel Maia



FEUP

**Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto
Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica**

Janeiro de 2014

Ao meu avô, Luciano Carneiro Moreira da Silva

Resumo

O presente projeto foi realizado na Bi-silque S.A. em Esmoriz e teve como tema a “Melhoria contínua de produtos de comunicação visual”.

O mercado internacional é extremamente competitivo e a empresa Bi-silque pretende manter-se como uma das empresas líderes no mercado internacional de produtos de comunicação visual. Torna-se, portanto, fundamental a otimização dos processos produtivos, dando ênfase á existência de uma cultura de melhoria contínua que permita obter eficiências operacionais que coloquem a empresa numa posição de vantagem sobre as outras.

O trabalho desenvolvido focou-se fundamentalmente na resolução de problemas de qualidade e produtividade que afetam uma unidade de produção da empresa onde o projeto foi realizado.

Os problemas de qualidade que foram diagnosticados dizem respeito à criação e transferência entre estágios do processo produtivo de peças defeituosas em quantidades excessivas. De modo a obter-se a redução da sua frequência implementou-se um sistema de autocontrolo eficaz que permitiu obter melhorias assinaláveis de qualidade.

A eficiência e flexibilidade de produção são outros fatores com influência relevante sobre os resultados operacionais da empresa. Tendo em vista o seu aumento, procedeu-se á identificação de oportunidades de melhoria nas áreas mais críticas do sistema produtivo. A aplicação da metodologia *Single Minute Exchange of Die* nas células de trabalho que constituem o *bottleneck* do processo permitiu obter, para além do aumento da sua capacidade produtiva, uma maior flexibilidade através da criação de um *Setup* mais eficiente. A zona de embalamento também constituía uma restrição á capacidade produtiva da fábrica. A aplicação de heurísticas de balanceamento de linhas em conjugação com a implementação de técnicas de melhoria da qualidade permitiu aumentar a eficiência da linha com resultados visíveis no tempo de ciclo, balancear a taxa de utilização dos trabalhadores e eliminar e reduzir as causas de atrasos e interrupções do fluxo da linha.

Todo o trabalho de melhoria realizado durante o estágio centrou-se essencialmente nas pessoas que intervêm no processo de produção. Para que os objetivos pretendidos pudessem ser atingidos a presença regular no chão da fábrica analisando a forma como o trabalho é desenvolvido e a comunicação com todos os intervenientes no processo foi de extrema importância.

Continuous improvement in the production of visual communication products

Abstract

The present project was developed on Bi-silque S.A. at Esmoriz and its subject was “Continuous improvement in the production of visual communication products”.

The international market is extremely competitive and the company Bi-silque intends to maintain itself as one of the leading companies of the visual communication products in the international market. Therefore the optimization of the production process is primary, giving emphasis to the existence of a continuous improvement culture that allows the achievement of operational efficiencies that places the company in an advantageous position relative to the others.

The work developed focused fundamentally on the resolution of quality and productivity problems that affects a production unit of the business where the project was carried out.

The quality problems that were diagnosed regard the production and transference between production stages of defective parts in excessive quantities. To carry out this reduction an effective self-control system was implemented that permitted remarkable quality improvements.

The efficiency and production flexibility are the other factors with relevant influence over the company operational results. On that account, improvement opportunities were identified in the most critical areas of the production system. The application of the Single Minute Exchange of Die methodology on the work cells that constitute the process bottleneck allowed us to obtain, in addition to the production capacity increase, greater flexibility through the creation of an efficient Setup. The packaging area also constituted a restriction to the factory production capacity. The implementation of line balancing heuristics in conjugation with the implementation of quality improvement techniques allowed an efficiency increase with visible results on the cycle time, the balancing of the workers utilization rate and the reduction or elimination of the causes of interruptions and delays on the line flow.

All of the improvement work accomplished in this project centered essentially on the people involved in the production process. In order to achieve the intended objectives the regular presence on the factory floor analyzing how the work is performed and the communication with all the interveners in the process was of outermost importance.

Agradecimentos

Expresso aqui os meus agradecimentos a todos aqueles que me auxiliaram no desenvolvimento deste projecto.

Ao professor Hermenegildo Pereira pelo apoio e responsabilidade demonstrada ao longo do decorrer do projecto.

Ao Engenheiro Abel Maia, orientador na Bi-silque pela integração no departamento de produção da Bi-silque e pela disponibilidade para resolução dos problemas relacionados com o projecto.

Ao Engenheiro Carlos Leão pela orientação prestada e flexibilidade demonstrada ao longo do projecto.

À Bi-silque pela iniciativa de empreender este projeto de estágio e pelo acolhimento.

Aos meus colegas de estágio pela camaradagem e em particular ao meu colega João Manso.

Índice de Conteúdos

1	Introdução	1
1.1	Apresentação da Bi-silque	1
1.2	O Projeto Melhoria contínua na Bi-silque	2
1.3	Temas Abordados e sua Organização no Presente Relatório	4
2	Estado da arte	5
2.1	Single Minute Exchange of Die	5
2.1.1	Passos básicos no processo de <i>Setup</i>	6
2.1.2	Redução do tempo de <i>Setup</i>	6
2.2	<i>Kaizen</i>	8
2.2.1	Ciclo PDCA	9
2.2.2	Os sete tipos de desperdício	10
2.2.3	Os 5S	11
2.3	Balanceamento de linhas	13
3	Situação atual na fábrica	15
3.1	Situação atual nas células de montagem	15
3.2	Situação atual na zona de embalagem da linha “Process”	19
3.3	Situação atual relativa à produção de peças defeituosas	21
4	Implementação da solução	23
4.1	Redução do tempo de <i>Setup</i> das células de montagem	23
4.1.1	Conversão de tarefas internas em externas	24
4.1.2	Redução das tarefas internas	26
4.2	Redução do tempo de ciclo da área de embalagem da linha “Process”	27
4.3	Redução do número de perfis defeituosos	34
5	Resultados obtidos	37
5.1	Resultados da aplicação do SMED nas células de montagem	37
5.2	Resultados do balanceamento e ações implementadas na área de embalagem da linha “Process”	37
5.3	Resultados da implementação de medidas para reduzir o número de perfis defeituosos	40
6	Conclusões e perspectivas de trabalho futuro	43
6.1	Conclusões	43
6.2	Trabalhos futuros	43
	Referências	44
	ANEXO A: Instrução de trabalho do procedimento de <i>Setup</i> do operador nº1 para as células de montagem	45
	ANEXO B: Instrução de trabalho da zona de picagem do alumínio	46
	ANEXO C: Instrução de trabalho da zona de cravação do alumínio	48

Índice de Figuras

Ilustração 1 - Exemplo de um produto produzido na bi-silque.	1
Ilustração 2 - Local de atuação do projeto (Fonte da imagem: Bi-silque S.A.).	2
Ilustração 3 - Máquina 120x90 onde foi realizado o <i>SMED</i> . As máquinas 90x60 e 60x45 são idênticas.	3
Ilustração 4 - Exemplo de uma aplicação de <i>SMED</i> (Fonte da imagem: GRT consulting and training).	6
Ilustração 5 - Separação de <i>Setup</i> interno e externo (Fonte da imagem: http://www.slideshare.net/trisetyawati/quick-changeover-smed).	7
Ilustração 6 - Conversão do <i>Setup</i> interno em externo (Fonte da imagem: http://www.slideshare.net/trisetyawati/quick-changeover-smed).	8
Ilustração 7 - Racionalização das operações de <i>Setup</i> (Fonte da imagem: http://www.slideshare.net/trisetyawati/quick-changeover-smed).	8
Ilustração 8 - Ciclo SDCA (Fonte da imagem: http://www.ams.cmu.ac.th/research/article/circle6.htm).	9
Ilustração 9 - Os sete tipos de desperdício.	11
Ilustração 10 - Os 5S (Fonte da imagem: http://www.kaizenworld.com/kaizen/5s.html).	12
Ilustração 11 - Alimentador e empurrador de uma célula de trabalho de montagem do produto final.	15
Ilustração 12 - Diagrama esquemático da célula de montagem 120x90.	17
Ilustração 13 - Gráfico de gantt das tarefas realizadas pelo operador nº1 no Setup da máquina 120x90.	18
Ilustração 14 - Gráfico de gantt das tarefas realizadas pelo operador nº2 no Setup da máquina 120x90.	18
Ilustração 15 - Distribuição das tarefas pelos operadores que executam o Setup na máquina 120x90.	19
Ilustração 16 - Configuração da área de embalagem da linha "Process" (Fonte da imagem: Bi-silque S.A.).	20
Ilustração 17 - Gráfico comparativo do nível de utilização de cada operador na linha de embalagem.	21
Ilustração 18 - Comparação entre o tempo e nº de ocorrências das tarefas internas e externas no <i>SMED</i>	23
Ilustração 19 - Gráfico comparativo do tempo total de Setup correspondente a cada categoria.	24
Ilustração 20 - Diagrama de sequenciamento das tarefas de embalagem.	27
Ilustração 21 - Diagrama de causa-efeito do desperdício de tempo na área de embalagem da linha "Process".	29

Ilustração 22 - "Supermercado" da área de embalamento da linha "Process".....	31
Ilustração 23 - Gráfico da importância relativa de cada causa do tempo improdutivo da área de embalamento da linha "Process".	32
Ilustração 24 - Operador que realiza o controle dos memos com cola na área de montagem da linha "Process".....	33
Ilustração 25 - Gráfico de pareto dos defeitos dos perfis de alumínio.	34
Ilustração 26 - Instrução de trabalho das máquinas de picagem.	35
Ilustração 27 - Instrução de trabalho da máquina de cravação.....	36
Ilustração 28 - Balanceamento das tarefas pelos operadores nº1, nº2 e nº3.....	37
Ilustração 29 - Distribuição nova das tarefas pelos operadores da área de embalamento da linha "Process".....	38
Ilustração 30 - Configuração em "U" da área de embalamento da linha Process: o operador número 8 realiza tarefas na estação “a” e “d”.....	39
Ilustração 31 - Tendência decrescente do número de defeitos na entrada da linha "Process".	40
Ilustração 32 - Tendência decrescente do número de perfis defeituosos na entrada da célula 120x90.	41
Ilustração 33 - Tendência decrescente do número de perfis defeituosos na entrada da célula 90x60.	41
Ilustração 34 - O número de perfis defeituosos na entrada da célula 60x45 não decresceu. ...	42

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Conjunto de tarefas realizadas pelo operador nº1.	16
Tabela 2 - Conjunto de tarefas realizadas pelo operador nº2.	17
Tabela 3 - Tarefas realizadas pelos operadores na área de embalagem da linha "Process"..	20
Tabela 4 - Defeitos identificados na zona de produção dos perfis de alumínio.	22
Tabela 5 - Conjunto de tarefas a realizar para embalar um memo.	27
Tabela 6- Estação atribuída a cada tarefa e tempo de ciclo correspondente.	29

1 Introdução

No contexto de elevada competitividade internacional torna-se ainda mais relevante a redução ou eliminação do desperdício e o aumento da eficiência dos processos produtivos, possibilitando deste modo aumentar a margem de lucro da empresa.

Foi com este objetivo que se decidiu implementar ações de melhoria que gerassem os resultados já referidos de maior eficiência e reduzido desperdício.

O departamento de produção definiu que o principal desperdício de tempo de produção, ou seja de eficiência, que poderia ser eliminado ocorria nas células de montagem dos produtos finais e nas linhas de embalagem. As causas que limitam a flexibilidade, eficiência e capacidade produtiva são os tempos de Setup nas células de montagem dos quadros e o tempo de ciclo nas linhas de embalagem dos quadros. No que diz respeito aos problemas de qualidade, verificou-se a possibilidade de diminuição da ocorrência de defeitos nos produtos. Também nesta área, aferiu-se, como se verá posteriormente em maior profundidade, que os problemas de eficiência tinham origem no desperdício associado à qualidade das formas de produção.

1.1 Apresentação da Bi-silque

A Bi-silque S.A. é uma empresa de tamanho médio de capital social português. Está localizada em Esmoriz, Aveiro e o seu ramo de negócio é a produção de produtos de comunicação visual, nomeadamente quadros para escolas, escritórios etc.

O seu mercado alvo é maioritariamente internacional, exportando cerca de 98,7% da sua produção, possuindo para além da fábrica em Esmoriz, unidades no Reino Unido, Estados Unidos da América e Alemanha.

Os produtos produzidos pela Bi-silque dividem-se essencialmente em dois tipos: produtos para casa, Bi-Casa e produtos para escritório e aplicações profissionais, Bi-Office e Bi-Bloco. O projeto realizado pelo estagiário desenvolveu-se para o tipo de produtos Bi-Office.



Ilustração 1 - Exemplo de um produto produzido na bi-silque.

1.2 O Projeto Melhoria contínua na Bi-silque

A Bi-silque tem vindo a expandir-se no mercado internacional e prevê aumentar as suas exportações a curto prazo, solidificando a sua posição como um dos líderes nesta área de mercado. Com isto em vista, foi proposto ao mestrando pelo departamento de produção que desenvolve-se um projeto de melhoria que produzisse resultados com impacto sobre a eficiência operacional da área de produção sob sua responsabilidade.

O trabalho desenvolvido pelo mestrando foi realizado no pavilhão dos alumínio que se representa na ilustração 2.

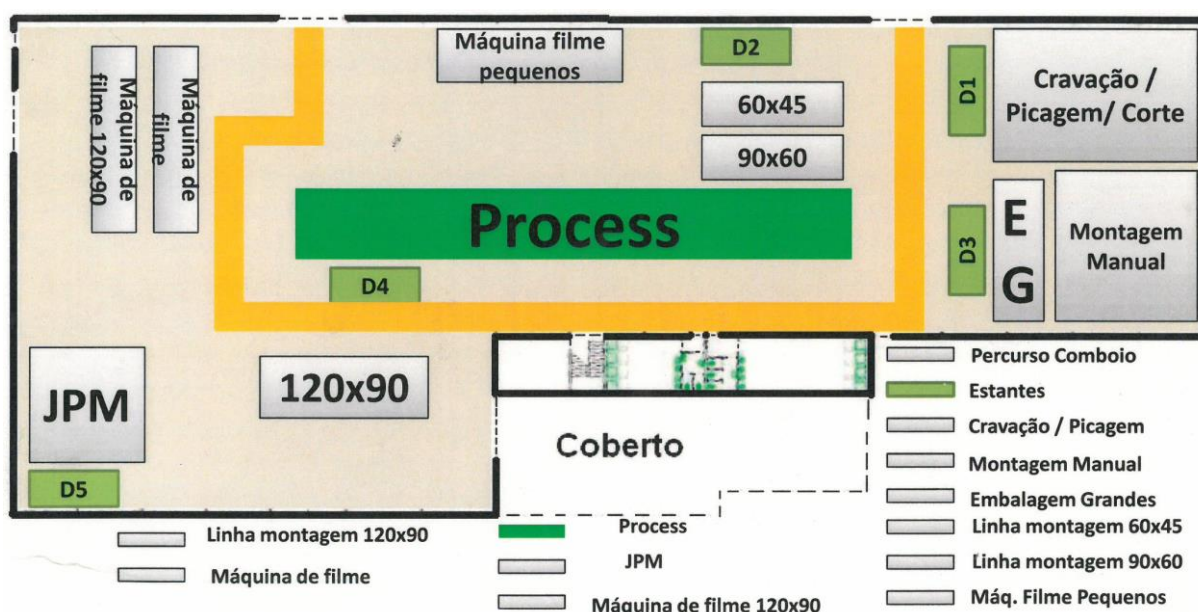


Ilustração 2 - Local de atuação do projeto (Fonte da imagem: Bi-silque S.A.).

É neste pavilhão que os quadros, também designados por memos, com perfil de alumínio são produzidos.

O fluxo do processo de desenvolvimento do produto desde que entra no pavilhão até atingir a sua forma final decorre do seguinte modo - os perfis de alumínio são enviados do fornecedor diretamente para a zona de corte onde os perfis são cortados nos tamanhos de acordo com as necessidades definidas nas ordens de fabrico, posteriormente são levados para a zona de picagem e é neste estágio que os perfis recebem uma indentação nas pontas que lhes permitem fixar os cantos dos memos que são cravados no estágio de cravação. Para a zona de cravação são apenas levados parte dos perfis cravados.

Os perfis cortados e cravados são subsequentemente enviados para as máquinas de montagem: Process, 120x90, 90x60 e 60x45, e é nestas máquinas que os perfis de alumínio são montados de forma automática nos planos dos memos.

Finalmente, os memos montados são enviados para a área de embalagem JPM ou para o final da linha Process onde são também embalados memos de outros tamanhos, ou seja, embalados memos produzidos noutras células de trabalho.

O projeto de melhoria envolve, primeiramente, a redução do número de peças defeituosas produzidas e não controladas na área de corte, picagem e cravação, ou seja, o trabalho

realizado no projeto pretende reduzir o número de perfis defeituosos que chegam às células de montagem, de modo a reduzir o número de memos produzidos com defeito e portanto reduzir o desperdício.

Na zona de corte picagem e cravação, os métodos de trabalho e o auto controlo não estão normalizados, o controlo de perfis defeituosos é inexistente ou é executado de forma ineficaz e os tipos de defeitos não se encontram inventariados na sua totalidade.

Na segunda parte do trabalho foi requerido ao mestrando que realizasse uma redução do tempo de Setup das células de montagem dos memos: 120x90, 90x60 e 60x45 (ilustração 3).



**Ilustração 3 - Máquina 120x90 onde foi realizado o *SMED*.
As máquinas 90x60 e 60x45 são idênticas.**

Os memos produzidos no pavilhão dos alumínio são fabricados com 3 tipos de perfis: *Maya*, *Office Depot* e *Universal*, este último utilizado com muito baixa frequência.

O tempo de Setup de um lote de memos com perfil *Maya* para *Office Depot* e vice-versa é elevado e tem portanto consequências sobre a flexibilidade da produção e da capacidade produtiva desta área da fábrica.

A zona de embalagem da linha Process possui um tempo de ciclo demasiado elevado e portanto a sua capacidade produtiva é reduzida para satisfazer as necessidades dos clientes. Devido á sua baixa capacidade, é necessário criar elevados níveis de *stock* para colmatar períodos de maior procura. Esta dinâmica produtiva com criação de *stock* para suprir necessidades futuras de produtos tem consequências sobre a eficiência e gera desperdício. Pretende-se portanto com este projeto aumentar a capacidade produtiva da linha eliminando as causas de desperdício temporal.

1.3 Temas Abordados e sua Organização no Presente Relatório

O documento elaborado está dividido em seis capítulos, cada um dos quais apresenta subcapítulos correspondentes às áreas científicas de intervenção no projeto desenvolvido.

No capítulo dois foi realizado um enquadramento teórico ao tema do projeto – Melhoria contínua, balanceamento de linhas e *Single Minute Exchange of Die*, tendo sido feita uma explicação dos seus conceitos e princípios fundamentais.

No terceiro capítulo está descrito o problema proposto pelo departamento de produção da empresa e a situação atual da área de intervenção.

No quarto capítulo está explicitada a metodologia aplicada para resolver os problemas apresentados no terceiro capítulo e apresentada a evolução do processo de implementação de melhorias.

No quinto capítulo apresenta-se os resultados atingidos no final do projeto.

No último capítulo são apresentadas as conclusões globais do projeto e as propostas de trabalho futuro.

2 Estado da arte

2.1 Single Minute Exchange of Die

Quanto maior a diversidade de produtos que uma empresa produz maior a oferta desta aos seus clientes, no entanto com uma maior variabilidade de produtos resulta tamanhos de lote menores. A relação entre o *changeover* e o nivelamento da produção já foi estudado e concluiu-se que à medida que o tamanho dos lotes é reduzido o custo de cada peça aumenta pois o tempo de *changeover* fica afetado a um menor número de peças. Com isto resulta elevados custos de fabrico se os tempos de *Setup* forem elevados.

O *SMED* é portanto uma ferramenta também usada para permitir uma maior flexibilidade e a maior vantagem da redução do tempo de *Setup* é a capacidade de produzir peças com tamanho de lote menor.

O *SMED* foi criado na primavera de 1950 por shigeo shingo aquando de um projeto de melhoria da eficiência numa fábrica da Toyo Kogyo`s Mazda em Hiroshima que na altura produzia 3 tipos de veículos. Esta fábrica utilizava prensas de enorme atravancamento que não estavam a trabalhar na sua capacidade máxima e sabia-se serem o *bottleneck* da produção. Shigeo Shingo responsabilizou-se por executar uma análise detalhada da produção das prensas com um cronómetro. Chegou á conclusão, após o estudo realizado da produção das prensas, que as operações de *Setup* poderiam ser divididas em dois tipos fundamentais:

- *Setup* interno: São as operações que só podem ser executadas quando a máquina está parada, como por exemplo, montar ou remover moldes.
- *Setup* externo: São as operações que podem ser realizadas quando a máquina está em funcionamento. Como por exemplo, transportar os moldes que foram anteriormente utilizados para armazenamento e transportar os moldes novos e prepara-los para montagem na máquina.

Em 1969, Shigeo Shingo visitou a principal fábrica da Toyota na qual lhe foi pedido que reduzisse o tempo de *Setup* de quatro horas de uma prensa de 1000 toneladas. Com o conhecimento previamente adquirido, realizou a separação das operações de *Setup* em externas e internas, e após a aplicação do conceito alcançou uma redução do tempo de *Setup* para dezanove minutos. No entanto a Gestão pretendia reduzir o tempo ainda mais, para três minutos. Foi nesta altura que se pensou na possibilidade de conversão das operações de *Setup* interno em externo. Ao implementar esta ideia, foi possível reduzir o tempo de *Setup* para o objetivo definido de três minutos.

O *SMED* é uma metodologia baseada em teoria e em anos de experimentação prática. É uma abordagem científica para a redução do tempo de *Setup* que pode ser aplicado em qualquer fábrica e em qualquer máquina (Ilustração 4) [2].



Ilustração 4 - Exemplo de uma aplicação de *SMED*
(Fonte da imagem: GRT consulting and training).

2.1.1 Passos básicos no processo de *Setup*

Os procedimentos de *Setup* podem tomar variadíssimas formas dependendo do tipo de operação e da máquina na qual o procedimento é realizado.

No entanto todas as operações de *Setup*, independentemente do seu tipo ou origem, abrangem um conjunto sequencial de passos:

- Preparação, ajustamentos pré processo, verificação dos materiais e ferramentas etc. - Neste passo é assegurado que todos os materiais e ferramentas a serem utilizadas estão presentes e no seu local devido.
- Montagem e remoção de ferramentas, peças etc. - É nesta fase que as peças e ferramentas do processo anterior são removidas da máquina e montadas as peças e ferramentas do processo de fabrico do lote seguinte.
- Medições, ajustamentos e calibrações – Corresponde a todas as tarefas de medição e ajuste necessárias para que a operação de produção possa ser levada a cabo, nomeadamente ajustes de dimensões, medições de temperatura e pressão, entre outras.
- Testes de funcionamento e ajustamentos – Os ajustamentos são feitos após uma peça ser produzida. Quanto mais correto for executado o passo anterior mais simples serão os ajustamentos neste passo. A duração dos testes dependerá, portanto, da competência do técnico responsável pela realização do *Setup*. De modo a que os ajustamentos durante os testes de funcionamento sejam curtos e simples, o passo anterior deverá ser executado corretamente.

2.1.2 Redução do tempo de *Setup*

O procedimento de redução do tempo de *Setup* é composto por três estágios diferentes:

Estágio preliminar: Em operações de *Setup* convencionais as tarefas internas e externas não se encontram diferenciadas. As tarefas que poderiam ser feitas externamente, ou seja que poderiam ser realizadas antes ou após a paragem da máquina são realizadas internamente, mantendo a máquina parada e portanto sem produzir.

É necessário nesta fase um estudo detalhado do procedimento atual de modo a identificar corretamente as tarefas.

Os métodos a utilizar nesta fase são:

- A execução de vídeos de todo o procedimento de *Setup*, onde todos os intervenientes no processo de *Setup* devem atuar de forma natural, como se não estivessem a ser filmados. A filmagem começa quando a ultima peça do último lote é fabricada e termina quando a primeira peça do lote seguinte é produzida. Também poderá ser utilizado um cronómetro para medir os tempos das tarefas mais relevantes ao longo de vários *Setup* e fazer uma média deste modo obtendo-se um valor mais fidedigno.
- Inventariação das peças e ferramentas da máquina a remover/montar e sobre as ferramentas que executam a mudança.
- Também devem ser registados os procedimentos de *Changeover* que a filmagem não permite mostrar e compreender em pormenor
- Deve ser realizado um mapa do processo e tentar identificar os *sete tipos de desperdício* [6].
- Todo o procedimento de *Setup* deve ser discutido com os intervenientes no processo de modo a obter o maior grau de informação relativamente às melhorias que se podem implementar.

Estágio 1 – Separação do *Setup* interno e externo:

O estágio mais importante do *SMED* é a diferenciação entre tarefas de *Setup* internas e externas. Tarefas como preparação das peças, transporte de materiais, manutenção da máquina etc. podem ser efetuadas quando a máquina está em funcionamento, no entanto muitas vezes tal não ocorre, é portanto importante identificar estas oportunidades de melhoria, considerando tais tarefas como externas e consequentemente reduzir o tempo de paragem da máquina.

Através de uma separação efetiva das tarefas internas e externas é possível reduzir nesta fase, o tempo de paragem da máquina entre 30% a 50%. Ter a capacidade de distinção entre tarefas internas e externas é fundamental para realizar corretamente o *SMED*.

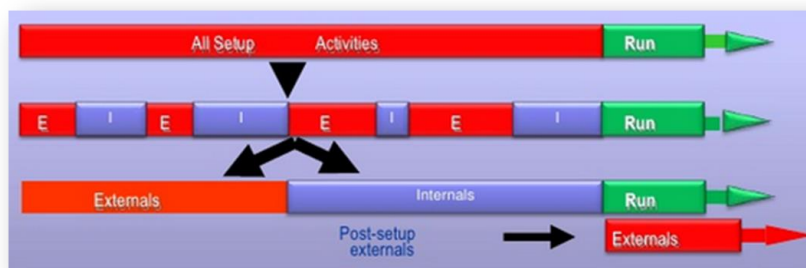


Ilustração 5 - Separação de *Setup* interno e externo (Fonte da imagem: <http://www.slideshare.net/trisetyawati/quick-changeover-smed>).

De modo a conseguir uma redução do tempo de *Setup* superior e portanto cumprir com os objetivos pretendidos, recorre-se á conversão do *Setup* interno em externo.

Neste estágio deve ser feita uma verificação em profundidade para averiguar se algumas das tarefas identificadas como internas poderão ser na verdade externas. Para realizar este passo

de forma efetiva é necessário habilidade por parte de quem realiza o *SMED*. Um exemplo da conversão de tarefas internas em externas é o pré-aquecimento de ferramentas.

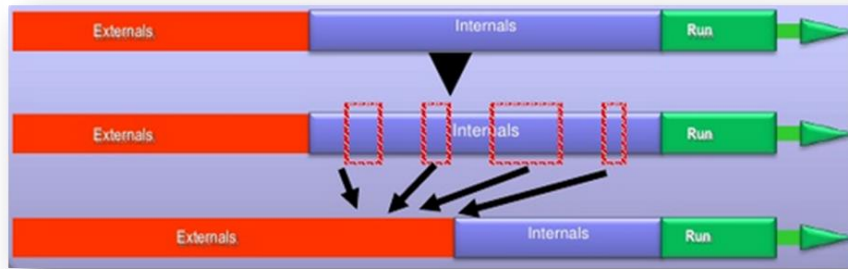


Ilustração 6 - Conversão do *Setup* interno em externo (Fonte da imagem: <http://www.slideshare.net/trisetyawati/quick-changeover-smed>).

Estágio 3 – Todas as operações de *Setup*, tanto internas como externas devem ser racionalizadas nesta fase ou seja deve ser feito um esforço por reduzi-las ainda mais através de uma análise profunda de cada tarefa em particular.

A racionalização passa, por exemplo por simplificar operações, Shigeo Shingo observou que é apenas a ultima volta de um parafuso que o aperta. Outro exemplo é a realização de tarefas em paralelo, recorrendo-se a mais operadores.

O estágio 2 pode ser feito em simultâneo com o estágio 3.

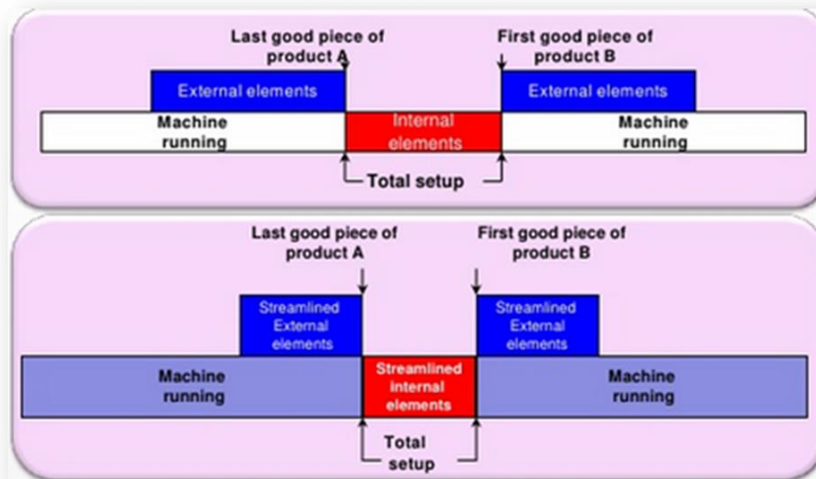


Ilustração 7 - Racionalização das operações de *Setup* (Fonte da imagem: <http://www.slideshare.net/trisetyawati/quick-changeover-smed>).

2.2 Kaizen

Significa melhoria contínua e é baseado nos fundamentos de pesquisa empírica no qual se analisa os elementos de um processo ou sistema para compreender como funciona de modo a

poder atuar sobre este de uma forma mais eficaz com o objetivo de o melhorar. O *kaizen* é uma parte fundamental de todas as metodologias de produção lean, constitui a fundação sobre o qual todos os métodos foram desenvolvidos. As pequenas, graduais e incrementais mudanças da melhoria contínua aplicadas durante um longo período criam grandes impactos no resultado de um negócio.

2.2.1 Ciclo PDCA

Kaizen é um sistema de melhorias incrementais realizadas progressivamente ao longo do tempo. Estas melhorias são auxiliadas pelo ciclo PDCA também designado por ciclo de Deming.

PDCA é o acrónimo para *Plan-Do-Check-Act*. Este ciclo desenvolve-se de forma iterativa e através dele pequenas melhorias são implementadas consistentemente no tempo a qualquer processo de negócio.

O ciclo PDCA é um elemento essencial na filosofia *lean* porque tem a capacidade de melhorar qualquer processo de acordo com uma metodologia direta e simples. *Plan* diz respeito a uma oportunidade de melhoria, onde se definem os objetivos e se executa o planeamento necessário para os atingir. *Do* significa levar a cabo o plano traçado testando a melhoria pretendida numa escala reduzida. *Check* refere-se á verificação e análise dos resultados da ação aplicada e identificar o que se aprendeu. *Act* significa tomar uma ação baseada naquilo que se aprendeu, se a melhoria não produziu resultados satisfatórios deve ser reiniciado o ciclo de novo com um planeamento diferente. Se foi bem-sucedido dever-se-á aplicar o que se aprendeu no teste a uma escala maior ou seja usar o que se aprendeu para aplicar novas melhorias reiniciando o ciclo.

A implementação de uma melhoria com recurso ao ciclo de Deming poderá previsivelmente provocar alguma instabilidade no processo dada a sua natureza iterativa. Não se deve recorrer ao ciclo PDCA desenfreadamente sem garantir que o processo é de alguma forma estabilizado. Essa estabilidade pode ser conseguida através do ciclo SDCA, que se pode ver na ilustração 8.



Ilustração 8 - Ciclo SDCA (Fonte da imagem: <http://www.ams.cmu.ac.th/research/article/circle6.htm>)

O ciclo SDCA significa *Standardize-Do-Check-Act* e deve ser utilizado quando se pretende estabelecer uma standardização no processo de produção. Ao definir um novo padrão de funcionamento do processo diminui-se a sua variabilidade.

Pode-se portanto afirmar que o ciclo SDCA ao standardizar um processo estabiliza-o, enquanto o ciclo PDCA o melhora em quantidades incrementais. Ambos devem ser utilizados de forma complementar para se obter uma progressão sustentada e não disruptiva dos processos de produção.

2.2.2 Os sete tipos de desperdício

O conceito de valor deve ser considerado do ponto de vista do cliente de modo a que a filosofia *Kaizen* possa ser implementada com sucesso.

Todas as empresas pretendem criar as condições no seu processo produtivo para tornar o seu produto mais atrativo para os seus clientes e ao mesmo tempo obtendo a maior margem de lucro. Para tal, do ponto de vista do cliente, todas as operações que não geram valor, ou seja, não tornam o produto mais atrativo tanto em termos de qualidade, custo, tempo de entrega etc., constituem operações de desperdício.

Todas as atividades realizadas numa empresa podem ser categorizadas em três tipos fundamentais: atividades que acrescentam valor á empresa, atividades que não acrescentam valor mas são necessárias e atividades que não acrescentam valor e são desnecessárias.

Os sete tipos de desperdício ou sete *Muda* são, de acordo com Taiichi Ohno, formas de não valorização do processo produtivo e que portanto devem ser eliminados [4]:

1. **Sobreprodução** – Ao produzir produtos que não foram encomendados ou que não constituem um lote resultante de uma ordem de fabrico, a empresa está a incorrer em custos e desperdício desnecessário em termos de matérias-primas, custos de produção como tempo, mão-de-obra, espaço ocupado etc. Portanto deve apenas ser produzido aquilo que é estritamente necessário e quando necessário.
2. **Inventário** – Matéria-prima em quantidades excessivas, produto final e *work in progress* constituem capital parado sem poder ser utilizado e é portanto um desperdício. Para prevenir encomendas que é necessário satisfazer de forma súbita ou uma procura com flutuações elevadas, as empresas produzem e acumulam *stock* mais elevados por forma a evitar a perda de oportunidades de venda e/ou clientes, no entanto estes *stocks* elevados ocultam problemas de defeitos, ineficiências da produção etc. Outros problemas associados a *stock* elevado são ocupação excessiva de espaço no armazenamento, produtos estragados e elevadas cargas no transporte dentro da unidade fabril.
3. **Geração de defeitos** – É um desperdício na medida em que causa perdas em termos de matérias-primas, tempo e mão-de-obra desnecessária. A concentração da resolução dos problemas de qualidade deve ser realizada na origem.
4. **Movimentações de operadores** – As deslocações desnecessárias de operadores devem ser eliminadas sempre que possível. A forma como está organizada ou a

estrutura das células de trabalho deve ser projetada de modo a que o operador se desloque o menos possível. Um desperdício relacionado são os desperdícios de tempo.

5. **Sobre processamento** – A falta de métodos de controlo, standardização e normalização das práticas de trabalho são responsáveis pela existência de operações desnecessárias para se atingir os resultados pretendidos no produto final. Operações em excesso são portanto uma forma de *Muda* que deve ser combatida.
6. **Tempo de espera** – A flexibilidade é uma característica relevante num processo produtivo. Se os tempos de espera forem elevados vão surgir ineficiências nos processos com consequências sobre o lead time. A paragem dos operadores ocorre por falta de balanceamento do trabalho entre operadores, falta de balanceamento de linhas, baixas capacidades de processos, *Setups* demasiado elevados, avarias entre outras causas.
7. **Transporte de material** – Constitui também uma atividade que não acrescenta valor. Quanto menos necessário for o transporte de material entre estágios de um processo produtivo menos tempo se perde, menos complexidade é necessária do ponto de vista logístico, e menores serão as necessidades no que diz respeito aos meios de transporte dos materiais. Deve-se incidir sobre o *layout* da fábrica para se reduzir o mais possível as necessidades de transporte de materiais.

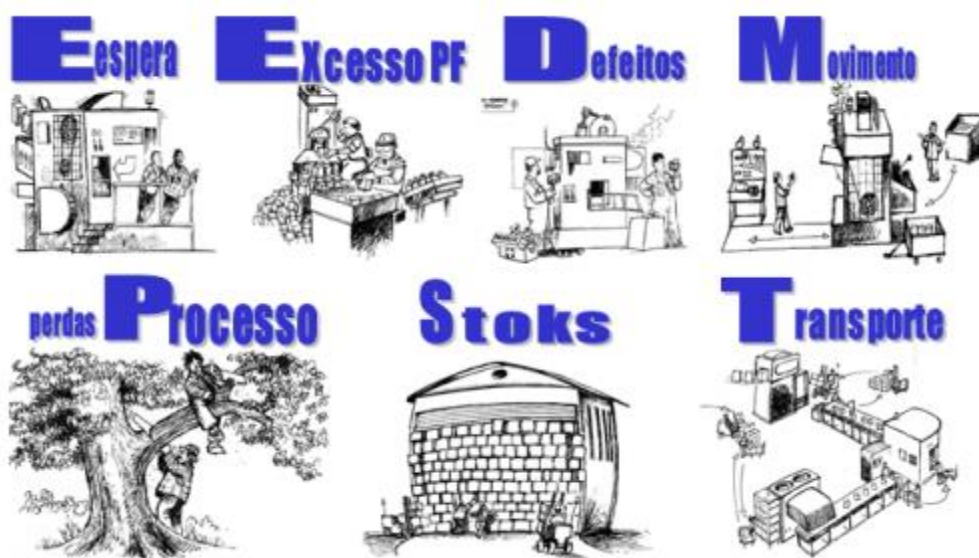


Ilustração 9 - Os sete tipos de desperdício.

2.2.3 Os 5S

O “5S” é um programa estruturado para sistematicamente atingir a total organização, limpeza e standardização no local de trabalho. Um local de trabalho mais organizado resulta em operações mais produtivas, seguras e eficientes. Aumenta a moral dos trabalhadores, promovendo um sentido de orgulho no trabalho e responsabilidade pelo que produzem.

5S Explanation



Ilustração 10 - Os 5S (Fonte da imagem: <http://www.kaizenworld.com/kaizen/5s.html>).

➤ **Seiri** – Triagem

Primeiramente determina-se o que é necessário e posteriormente elimina-se aquilo que é desnecessário, ou seja tudo o que está no chão da fábrica é dividido em duas categorias – necessário e desnecessário.

Com esta abordagem é possível criar espaços com menor nível de ocupação e racionalização destes. Todos os materiais, ferramentas, utensílios e estantes sem propósito no chão da fábrica devem ser removidos de modo a libertar espaço para aquilo que é essencial e necessário.

➤ **Seiton** – Arrumação

Nesta segunda etapa dá-se seguimento ao trabalho efetuado na etapa precedente. Com apenas os itens necessários no *genba* deve se proceder à sua arrumação “cada coisa no seu lugar e um lugar para cada coisa”. Para que cada item seja de fácil localização, estes devem ser categorizados por grau de utilização. Deste modo aumenta-se a facilidade para alcançar, localizar, armazenar ou transportar os itens por todos os colaboradores, reduz-se o desperdício de tempo e reduz-se os acidentes.

➤ **Seiso** – Limpeza

Seiso significa verificação portanto neste passo deve-se executar a limpeza de equipamentos e máquinas e simultaneamente aumenta-se a facilidade para detetar possíveis avarias e problemas.

As operações de limpeza permitem aumentar a segurança, prevenção de avarias, eliminar o desperdício, permite identificar e resolver problemas, melhoria do ambiente de trabalho e bem-estar dos colaboradores com consequências positivas sobre a produtividade.

➤ **Seiketsu** – Padronização

O objetivo deste passo é continuar o trabalho desenvolvido nas etapas prévias mantendo o *genba* organizado, arrumado e limpo. É nesta fase que se define a standardização/normatização pela qual todos os trabalhadores se devem reger no que diz

respeito à manutenção dos três passos precedentes. Os colaboradores devem portanto neste passo ficar aptos a aplicar de forma consistente, uniforme e de acordo com que ficou definido nas normas de organização, arrumação e limpeza.

➤ **Shitsuke** – Disciplina

No ultimo passo dos “5S” pretende-se que cada colaborador mantenha e/ou desenvolva um sentido de autodisciplina no que diz respeito à aplicação de todos os outros passos, pois sem essa disciplina não será possível implementar as melhorias de forma consistente e sustentada.

Para que esta etapa se solidifique em toda a fábrica é necessário inculcar em todos os colaboradores a necessidade de se cumprirem com todas as normas desenvolvidas no que diz respeito à organização, arrumação e limpeza no seu local de trabalho [3].

2.3 Balanceamento de linhas

As linhas de montagem consistem em estações de trabalho consecutivas que são dispostas de acordo com o fluxo do processo de montagem. As estações estão ligadas entre si por um tapete ou outro tipo de sistema de transporte e os produtos são conduzidos num fluxo de uma peça de cada vez entre estações de trabalho. Em cada estação um número pré-definido de trabalhadores executa as várias tarefas de montagem.

De modo a coordenar o processo de montagem e para evitar a estagnação, o tempo que cada produto é trabalhado em cada estação está limitado pelo tempo de ciclo. Consequentemente em intervalos do tempo de ciclo, um produto entra e outro deixa a linha de montagem enquanto os outros produtos seguem para a estação posterior. No geral, o somatório da duração das tarefas em cada estação não pode exceder o tempo de ciclo.

O balanceamento de linhas de montagem consiste no processo de afetar as tarefas de montagem às várias estações de trabalho de maneira a cumprir com os objetivos previamente definidos, ou seja, minimizar o tempo de ciclo ou maximizar a utilização e tendo simultaneamente em consideração as restrições impostas pelo produto, linha de montagem ou fatores humanos.

Em linhas de modelos múltiplos a complexidade é acrescida devido aos diferentes tempos das tarefas para os vários tipos de produtos. Existem duas estratégias comuns para enfrentar esta variação:

1. Balancear a linha para o tipo de produto com os maiores tempos de tarefas e deste modo é garantido que todos os tipos de produtos são montados na linha em todas as estações de trabalho dentro do tempo de ciclo definido.
2. Balancear a linha para a média dos tempos de todos os tipos de produtos de modo a que o programa de produção médio é concluído dentro do tempo de ciclo. No entanto, os tipos de produtos com maior duração são produzidos com uma duração acima do tempo de ciclo. A média dos tempos dos vários tipos de produtos é calculada através do peso dos vários tipos de produtos de acordo com a sua frequência.

A segunda estratégia é mais comum nas indústrias de modelos mistos com elevada procura pois a primeira dá origem a tempos de espera elevados e consequentemente baixa produtividade. A segunda estratégia tem como resultado uma média de utilização elevada, no

entanto os trabalhadores têm de lidar com os picos de produção correspondentes aos tipos de produtos mais demorados.

Para processar os tipos de produtos com tempos de tarefas superiores ao tempo de ciclo é dada aos trabalhadores suficiente liberdade de movimentação, ou seja, permite-se que estes se desloquem para a estação posterior para terminar o produto ou para a estação anterior para iniciar o processamento do produto. De modo a proporcionar o máximo impacto da liberdade de movimentação dos trabalhadores, o sequenciamento dos produtos torna-se extremamente relevante.

Se não existe possibilidade de suficiente movimentação dos trabalhadores entre estações, trabalhadores adicionais terão de ser afetados às estações mais críticas. Dado que estes trabalhadores adicionais baixam a produtividade das linhas de montagem, um dos objetivos do balanceamento de linhas é a redução do seu número e a frequência da sua afetação a estações de trabalho [5].

Para realizar balanceamento de linhas segundo a primeira estratégia várias heurísticas foram desenvolvidas e aquela mais comumente aplicada é a *Ranked Positional Weight*.

3 Situação atual na fábrica

3.1 Situação atual nas células de montagem

O departamento de produção pretendia uma redução de 30% do tempo de *Setup* das máquinas de montagem final do produto. O *Setup* é realizado quando se pretende a alteração da produção de memos com perfil Office Depot para Maya ou vice-versa.

Após estudar o *Setup* atual da máquina determinou-se que esta requer a alteração de dois sistemas principais: os alimentadores dos perfis e os empurradores dos perfis que os encaixam no plano do quadro, como se pode ver na ilustração 11.

Os alimentadores requerem o aperto/desaperto de duas porcas, movendo-se a barra dos alimentadores de modo a poder adaptar-se o alimentador ao tipo de perfil a ser utilizado. Considerando que a secção reta dos perfis Maya e Office Depot são diferentes tanto em altura como largura, a barra dos alimentadores tem de ser ajustada segundo essas duas direções. Os empurradores requerem apenas o aperto/desaperto de dois parafusos com sextavado interno.

O *Setup* atual requer o ajuste/afinação de oito barras dos alimentadores e a mudança de quatro empurradores. As restantes tarefas abrangem o transporte e a alimentação dos perfis nos alimentadores, o transporte e colocação de um perfil que serve como base para fazer o ajuste dos alimentadores, manutenção da máquina ou seja limpeza desta com um jato de ar no seu interior, a configuração da máquina e o *test run*.

A máquina, no total, é operada por quatro operadores, um operador que alimenta os planos dos memos na entrada da máquina, outro operador que verifica os memos na saída e os restantes dois operadores alimentam os perfis nos alimentadores.

O *Setup* atual é realizado por dois operadores e o conjunto de operações que cada operador executa está representado nas tabelas um e dois e nas ilustrações dez e onze.



Ilustração 11 - Alimentador e empurrador de uma célula de trabalho de montagem do produto final.

<i>Operador n°1</i>				
N°	Tarefa	Tempo	Tipo	Categoria
1	Remover perfis do alimentador 3	00:17	Interna	Alimentação
2	Transportar perfis Office Depot para o carrinho	00:13	Interna	Transporte
3	Remover perfis do alimentador 4	00:15	Interna	Alimentação
4	Transportar perfis Office Depot para o carrinho	00:13	Interna	Transporte
5	Dispor perfis de ajuste sobre a caixa dos empurradores (inclui recolher perfis de ajuste ao carrinho)	00:57	Interna	Transporte
6	Colocação do perfil de ajuste no alimentador 2 e averiguar folga inicial	00:09	Externa	Afinação
7	Aperto das porcas de ajuste 2-C	00:16	Interna	Afinação
8	Aperto das porcas de ajuste 2-B	00:32	Interna	Afinação
9	Colocação do perfil de ajuste no alimentador 1 e averiguar folga inicial	00:07	Externa	Afinação
10	Aperto das porcas de ajuste 1-B	00:16	Interna	Afinação
11	Colocação do perfil de ajuste no alimentador 3 e averiguar folga inicial	00:11	Externa	Afinação
12	Aperto das porcas de ajuste 3-C	00:18	Interna	Afinação
13	Aperto das porcas de ajuste 3-D	00:32	Interna	Afinação
14	Colocação do perfil de ajuste no alimentador 4 e averiguar folga inicial	00:08	Externa	Afinação
15	Aperto das porcas de ajuste 4-D	00:30	Interna	Afinação
16	Aperto das porcas de ajuste 4-A	00:55	Interna	Afinação
17	Aperto das porcas de ajuste 1-A	00:26	Interna	Afinação
18	Limpeza dos empurradores com jacto de ar	01:57	Externa	Limpeza
19	Recolher perfis Maya ao carrinho para alimentar o alimentador 2	00:10	Externa	Transporte
20	Colocação dos perfis Maya no alimentador 2	00:54	Interna	Alimentação
21	Recolher perfis Maya ao carrinho para alimentar o alimentador 3	00:21	Externa	Transporte
22	Colocação dos perfis Maya no alimentador 3	00:44	Interna	Alimentação
23	Configurar máquina	00:08	Interna	Configuração e test run

Tabela 1 - Conjunto de tarefas realizadas pelo operador n°1.

<i>Operador n°2</i>				
N°	Tarefa	Tempo	Tipo	Categoria
1	Remover perfis do alimentador 1	00:17	Interna	Alimentação
2	Transportar perfis Office Depot para o carrinho	00:13	Interna	Transporte
3	Remover perfis do alimentador 2	00:15	Interna	Alimentação
4	Transportar perfis Office Depot para o carrinho	00:13	Interna	Transporte
5	Recolher ferramenta de aperto/desaperto dos empurradores	00:57	Externa	Transporte
6	Desapertar e retirar empurrador Office Depot em 3-D	00:09	Interna	Monteagem
7	Recolher novos empurradores	00:16	Externa	Transporte
8	Colocar e apertar empurrador Maya em 3-D	00:32	Interna	Montagem
9	Desapertar e retirar empurrador Office Depot em 1-A	00:07	Interna	Montagem

10	Colocar e apertar empurrador Maya em 1-A	00:16	Interna	Montagem
11	Desapertar e retirar empurrador Office Depot em 1-B	00:11	Interna	Montagem
12	Colocar e apertar empurrador Maya em 1-B	00:18	Interna	Montagem
13	Desapertar e retirar empurrador Office Depot em 3-C	00:32	Interna	Montagem
14	Colocar e apertar empurrador Maya em 3-C	00:08	Interna	Montagem
15	Guardar ferramenta e empurradores usados nas caixas respectivas	00:30	Externa	Transporte
16	Recolher perfis Maya ao carrinho para alimentar o alimentador 4	00:55	Externa	Transporte
17	Colocação dos perfis Maya no alimentador 4 (inclui retirar plástico)	00:26	Interna	Alimentação
18	Reolher perfis Maya ao carrinho para alimentar o alimentador 1	01:57	Externa	Transporte
19	Colocação dos perfis Maya no alimentador 1	00:10	Interna	Alimentação
20	Ligar a máquina	00:54	Interna	Configuração e test run
21	Verificar se os memos estão a sair corretamente da máquina (test run)	00:21	Externa	Configuração e test run

Tabela 2 - Conjunto de tarefas realizadas pelo operador nº2.

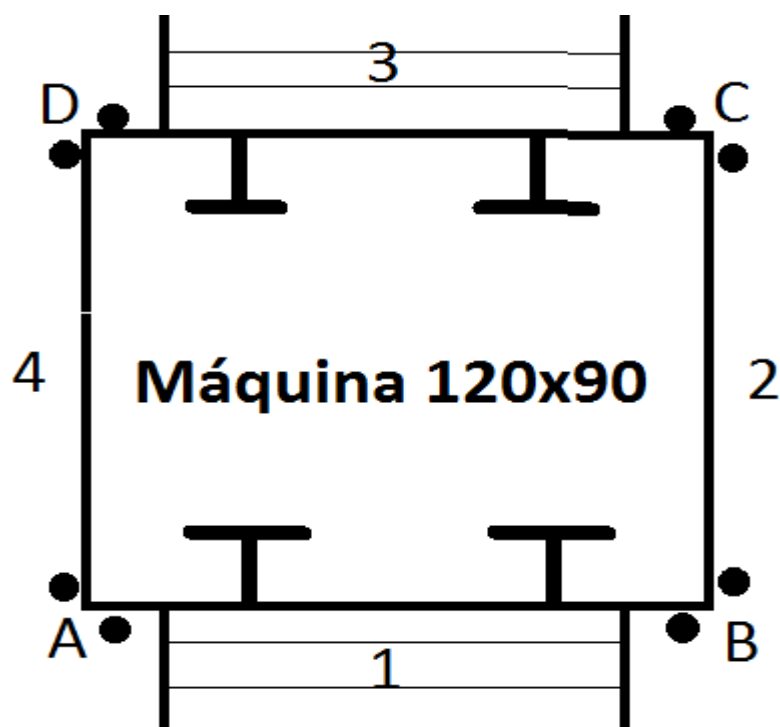


Ilustração 12 - Diagrama esquemático da célula de montagem 120x90.

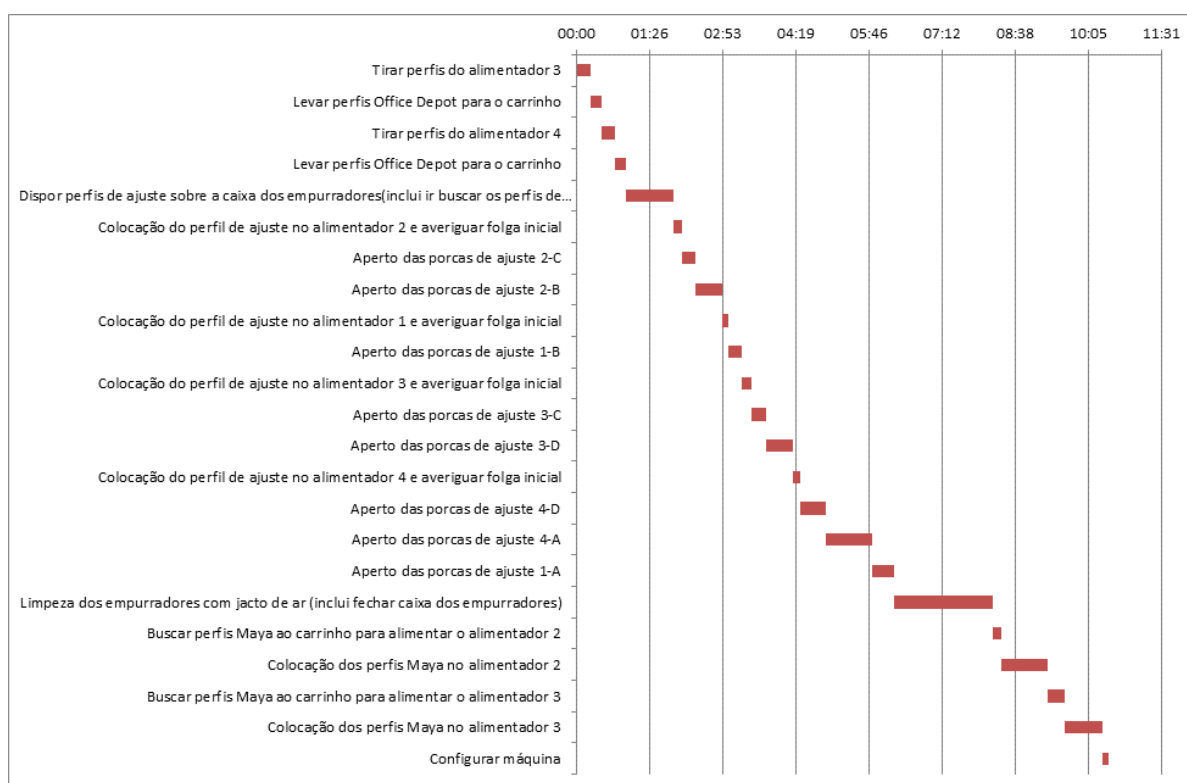


Ilustração 13 - Gráfico de gantt das tarefas realizadas pelo operador n°1 no Setup da máquina 120x90.

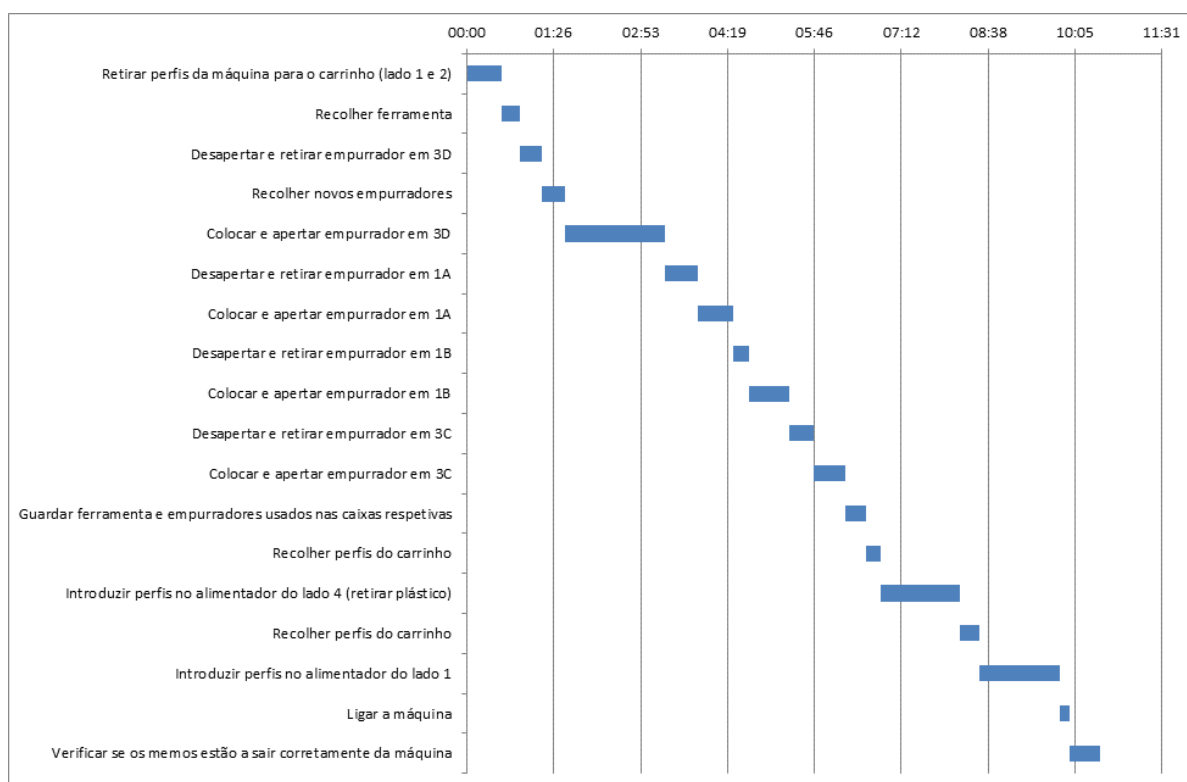


Ilustração 14 - Gráfico de gantt das tarefas realizadas pelo operador n°2 no Setup da máquina 120x90.

No gráfico seguinte demonstra-se o tempo total que cada operador requer para concluir todas as tarefas de *Setup* e pode-se apreender do gráfico que os tempos das tarefas estão bem balanceados pelos operadores. No total o *Setup* demora 10:30 a ser concluído. A redução pretendida de 30% requer que o *Setup* seja realizado em menos de 7:20.

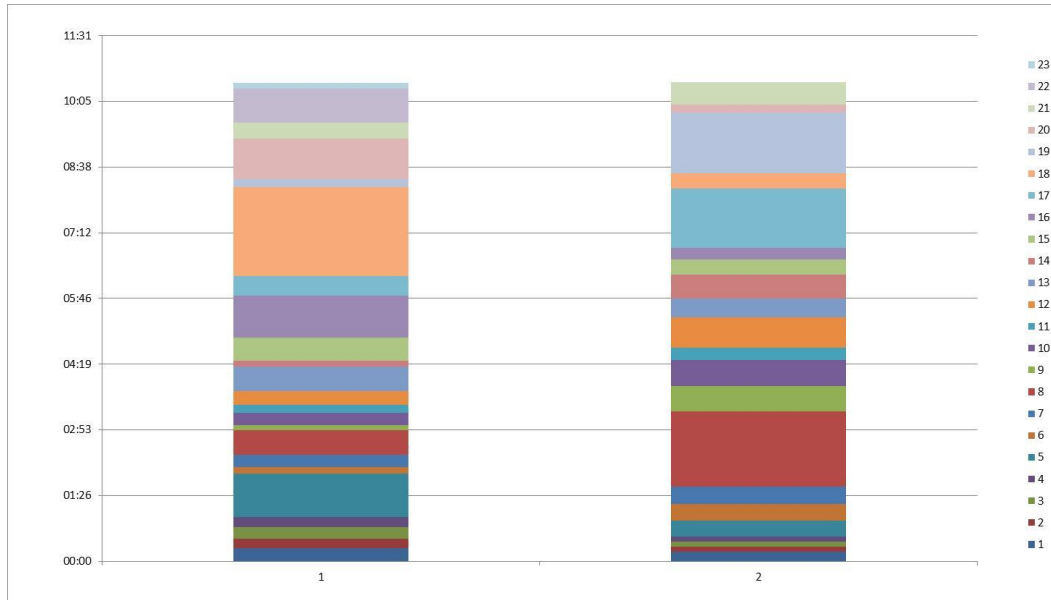


Ilustração 15 - Distribuição das tarefas pelos operadores que executam o Setup na máquina 120x90.

3.2 Situação atual na zona de embalagem da linha “Process”

Na área de embalagem da linha Process são embalados memos de diferentes dimensões: 180x120, 180x90, 150x100, 120x90. Esses memos podem vir diretamente da linha Process ou de outras máquinas que produzem memos de dimensões menores. O embalagem é realizado em contínuo, ou seja, de acordo com a chegada de encomendas procede-se ao embalagem do número de memos da encomenda em causa. O departamento de produção não exige nivelamento da produção ou seja não há preocupação com excesso de produção e portanto excesso de inventário. A produção horária, independentemente do tipo de produto (dimensão do memo), está definida para 100 quadros por hora, no entanto a produção média horária é significativamente mais baixa para os produtos cujo tempo de ciclo é mais elevado, ou seja, para os produtos cuja dimensão é mais elevada.

A média de memos de maior dimensão (180x120) produzidos por hora é igual a 72, com tempos improdutivo ou seja com paragens da linha por causas secundárias, e portanto o tempo de ciclo real é igual a 50 segundos.

Para se atingir uma produção de 100 quadros por hora é necessário que o tempo de ciclo seja de 36 segundos.

A configuração da linha de embalagem atual está representada na ilustração 16 e as tarefas realizadas por cada operador atualmente estão descritas na tabela 3.

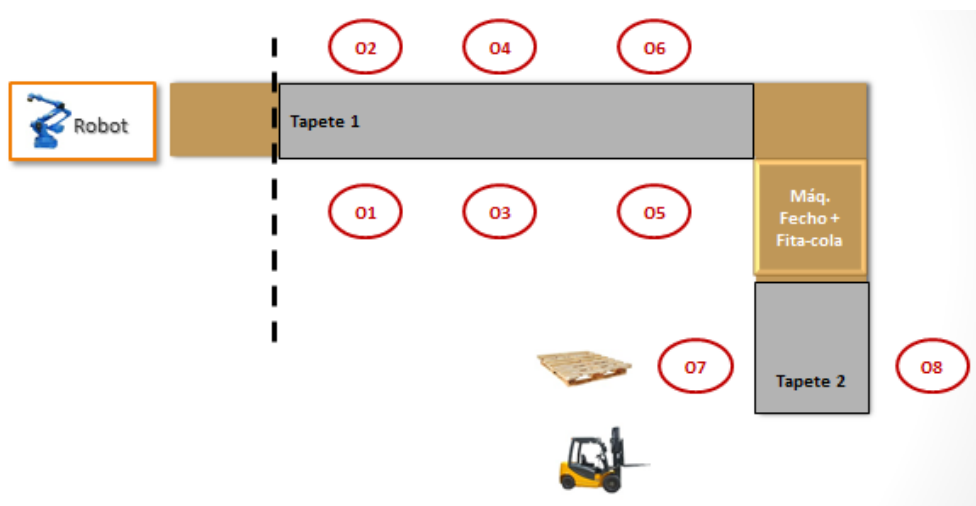


Ilustração 16 - Configuração da área de embalagem da linha "Process" (Fonte da imagem: Bi-silque S.A.).

Operador	Nº	Tarefa
1	1-b	Cola a etiqueta no perfil/plano do memo
	3	Coloca memo no tapete com a parte da frente voltada para baixo
	4-b	Coloca favos pequenos
2	1-a	Coloca caixa de cartão exterior no tapete
	2	Coloca caixa de cartão interior no tapete
	4-a	Coloca favos grandes
3	3	Coloca o memo no tapete com a parte da frente voltada para baixo
	5-b	Coloca manual de instruções e de limpeza por baixo do memo
	6-b	Dobra o topo da caixa interior
4	5-a	Coloca acessórios (incluindo a bandeja, se necessário) na caixa
	6-a	Dobra o topo da caixa interior
5	7	Ajusta favos
	8	Fecha caixa de cartão interior esquerda
	9	Fecha caixa de cartão interior direita
	10	Fecha caixa de cartão exterior
	11	Cola fita-cola
6	7	Ajusta favos
	8	Fecha caixa de cartão interior esquerda
	9	Fecha caixa de cartão interior direita
	10	Fecha caixa de cartão exterior
	11	Cola fita-cola
7	12	Empurra embalagem para a máquina de fita-cola
	13	Vira e coloca embalagem na paleta
	14	Cola rótulo na caixa exterior (apenas em alguns lotes)
8	15	Vira e coloca embalagem na paleta

Tabela 3 - Tarefas realizadas pelos operadores na área de embalagem da linha "Process".

Definiu-se cada par de operadores (1/2; 3/4; 5/6; 7/8) como uma estação de trabalho e o seu nível de utilização está representado no gráfico da ilustração 17. Pode-se observar que a distribuição das tarefas pelos operadores não se encontra equilibrado.

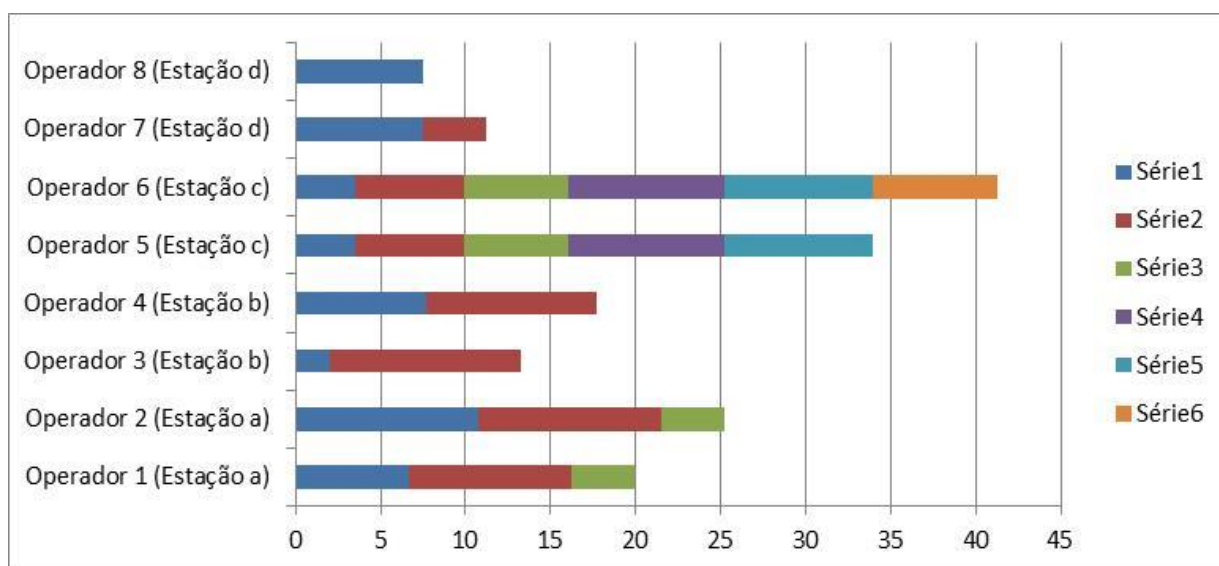


Ilustração 17 - Gráfico comparativo do nível de utilização de cada operador na linha de embalagem.

3.3 Situação atual relativa à produção de peças defeituosas

Aquando do levantamento das condições de produção dos perfis verificou-se que o controlo por parte dos operadores era executado de forma ineficaz e em alguns casos era totalmente inexistente. Verificou-se também que as outras causas da ocorrência de perfis defeituosos correspondem aos defeitos provenientes do fornecedor e aos defeitos causados pelas máquinas.

Procedeu-se primeiramente à análise da forma como o controlo era executado em todas as células de trabalho da área em que os perfis de alumínio são produzidos e chegou-se à conclusão que os defeitos eram produzidos essencialmente devido à falta de autocontrolo por parte dos operadores das máquinas.

Com a análise feita colocou-se como hipótese mais forte que o método com maior capacidade para se atingir uma redução e controlo da frequência de perfis defeituosos seria através da criação de um sistema de autocontrolo eficaz em toda a área de produção dos perfis de alumínio e nas células de montagem dos memos.

O aspeto mais relevante diz respeito à transmissão de perfis defeituosos de um estágio da produção dos memos para o seguinte com o consequente aumento de defeitos e desperdício associado à evolução do produto na cadeia de produção, como por exemplo, se um perfil defeituoso passar da entrada, na área dos alumínios, e chegar à zona final de montagem sem ser detetado no controlo, ao montar um quadro com o defeito em causa, aquando da sua deteção no controlo final ocorrerá desperdício de, por exemplo, os planos e cantos que ficarão danificados e portanto desperdiçados devido à inexistência de autocontrolo no início do processo de criação do produto.

Nesta fase inicial procedeu-se à identificação e catalogação de todo o tipo de defeitos que poderão eventualmente surgir nos perfis de alumínio. Essa identificação foi recolhida através da observação e da informação transmitida pelos operários de cada célula de trabalho.

Os defeitos identificados apresentam-se na tabela seguinte:

<i>Zona</i>	<i>Defeito</i>		
Corte	Manchado	Com cola	Com ferrugem
	Riscado	Amassado nos topos	Dimensional
	Com rebarba	Amassado	
Picagem	Mal picado	Com rebarba	Com ferrugem
	Amassado	Riscado	
	Amassado nos topos	Manchado	
Cravação	Canto aberto	Manchado	Com cola
	Mal picado	Riscado	Amassado
	Mal cravado	Com rebarba	Amassado nos topos

Tabela 4 - Defeitos identificados na zona de produção dos perfis de alumínio.

Para além do ineficaz e/ou inexistente autocontrolo do seu trabalho por parte dos operários, as outras causas de relevância identificadas da produção de defeitos nos perfis são:

- Transporte
- Manuseamento
- Máquinas
- Fornecedor

4 Implementação da solução

4.1 Redução do tempo de Setup das células de montagem

No primeiro passo do *SMED* a implementar, estabeleceu-se a diferenciação das tarefas realizadas por cada operador em internas e externas. Verificou-se que o número de tarefas internas é significativamente maior que o número de tarefas externas (Ilustração 18) e que portanto é necessário, para alcançar uma redução suficiente do tempo de *Setup*, converter o maior número possível de tarefas internas em externas e reduzir o tempo das tarefas internas.

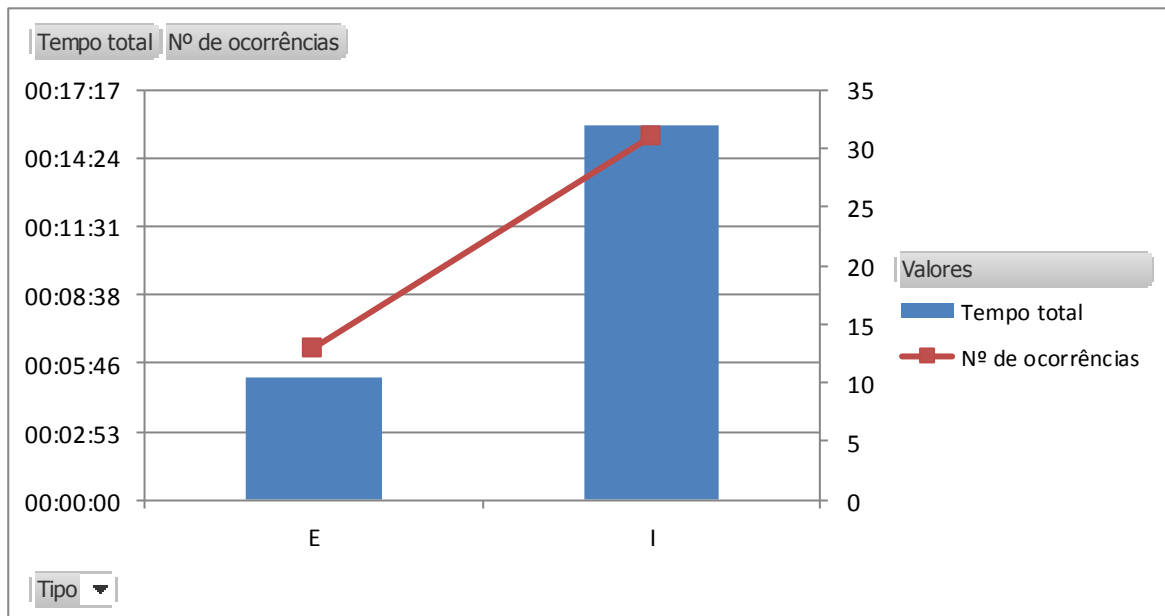


Ilustração 18 - Comparação entre o tempo e nº de ocorrências das tarefas internas e externas no SMED.

Foi atribuída uma categoria a cada tarefa realizada por cada operador, que se representa na ilustração 19. Pode-se verificar no gráfico apresentado que as tarefas internas de alimentação, montagem e afinação são aquelas que requerem mais tempo de execução e portanto terão de ser significativamente reduzidas e/ou convertidas em tarefas externas.

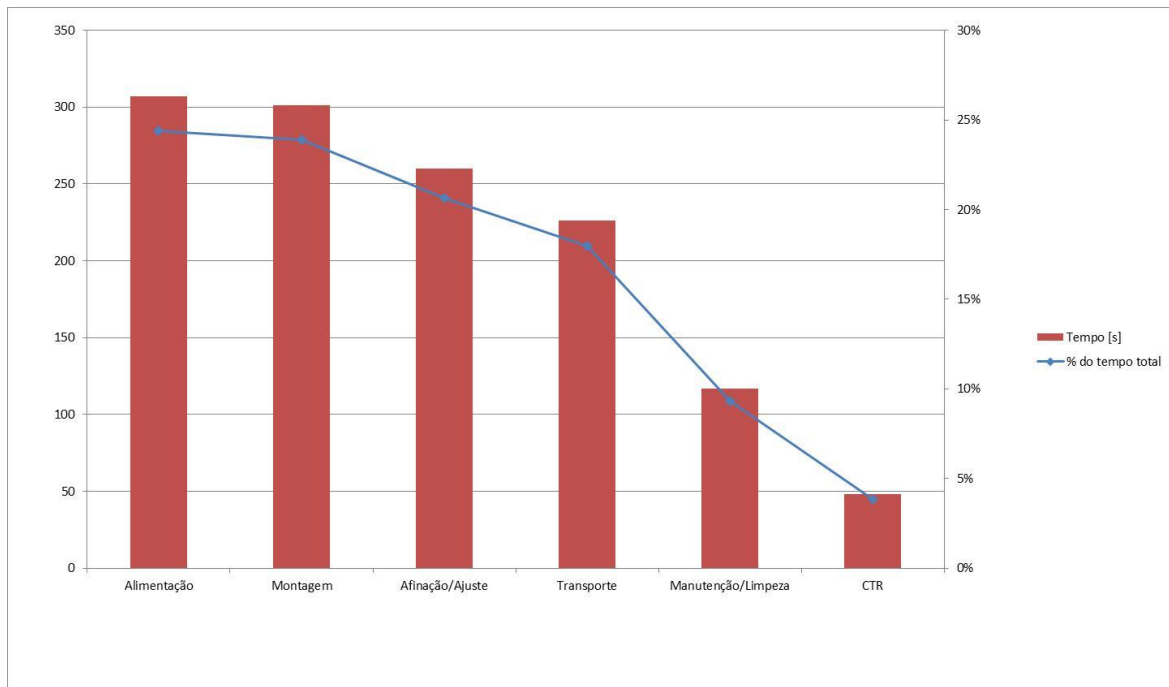


Ilustração 19 - Gráfico comparativo do tempo total de Setup correspondente a cada categoria.

4.1.1 Conversão de tarefas internas em externas

A conversão de tarefas internas em externas realizou-se com a implementação das seguintes ações:

- Remoção e alimentação dos perfis nos alimentadores

As máquinas em causa possuem um computador no qual é introduzido o número de memos a produzir, permitindo também a contabilização dos memos que está a ser produzidos em tempo real. Verificou-se que os materiais do lote anterior, ou seja os perfis que se encontram no alimentador do lote anterior só são removidos após a paragem da máquina, e são introduzidos nos alimentadores até a ocupação máxima destes últimos mesmo no final da produção do lote. Esta tarefa é aquela cuja duração é mais prolongada e portanto deve-se fazer um esforço significativo para ser reduzida. Uma forma de conseguir a sua redução foi fazer uso da capacidade do computador para contabilizar o número de memos em falta para terminar a produção do lote. No final da produção do lote anterior, ou seja quando faltam apenas produzir 5 memos do lote anterior, os operadores iniciam a remoção dos perfis antigos pois o alimentador encontra-se totalmente ocupado na sua capacidade máxima.

A tarefa interna de remoção dos perfis do lote anterior dos alimentadores foi convertida quase na sua totalidade para tarefa externa permitindo reduzir o tempo de paragem da máquina.

A mesma ideia foi implementada na alimentação dos perfis do lote seguinte ou seja, se os operários devem realizar a alimentação dos perfis novos numa quantidade reduzida enquanto a máquina está parada, e posteriormente proceder á alimentação até à ocupação máxima dos

alimentadores após a máquina entrar em funcionamento ou seja apenas quando se iniciar o “test run”.

➤ Manutenção/Limpeza da máquina

Como se pode observar na ilustração 19, a tarefa de limpeza do interior da máquina tem uma duração excessivamente elevada e é responsável pelo elevado tempo de *Setup*. Esta tarefa é executada pelo operador número um imediatamente após o ajuste das barras dos alimentadores como se pode verificar no diagrama de *gantt* do operador número um. Esta tarefa é executada com um jato de ar de elevada potência e requer que as caixas que cobrem os empurradores estejam abertas, a sua abertura requer apenas que seja feito o seu deslize numa calha e portanto é executada de forma imediata, no entanto requer também, para que a limpeza seja feita de forma mais expedita, que os alimentadores estejam livres de perfis de modo a conseguir alcançar toda a extensão da máquina de uma só posição sem haver necessidade de deslocação do operador em torno da máquina. O responsável do departamento de produção exigia que a limpeza fosse executada durante o *Setup* e não apenas no final do turno como foi inicialmente sugerido e portanto, teve de ser pensada uma alternativa para realizar a limpeza externamente ao *changeover* da máquina de modo a cumprir com a metodologia de Shigeo Shinto, pois segundo este, para que um *SMED* seja realizado na sua totalidade, uma operação de manutenção nunca pode ser uma tarefa interna. Com isto em mente, realizou-se vários testes nos memos a ser montados durante o funcionamento da máquina. Estes testes consistiam em atingir os memos com o jato de ar em elevada proximidade durante um intervalo de tempo suficientemente elevado e depois proceder à verificação destes para determinar se o jato de ar teria provocado defeitos. Verificou-se que o jato de ar não provocou defeitos nos memos produzidos e que portanto não haveria risco de executar esta tarefa durante o funcionamento da máquina. Sabendo que o espaço de manobra do operador está limitado devido ao facto dos alimentadores estarem alimentados na sua totalidade com perfis, o operador terá de se deslocar em torno da máquina de modo a poder alcançar todo o interior desta, realizando uma limpeza eficaz.

A limpeza dos empurradores dos perfis do lote anterior também era realizada durante o *changeover* e após a sua remoção da máquina, tal tarefa também foi convertida para externa. A única tarefa de limpeza que não foi possível converter de interna para externa foi a limpeza do espaço de colocação dos empurradores na máquina, tal terá de ser realizado durante o *changeover*, no entanto a sua duração é reduzida.

Com esta conversão da tarefa de limpeza do interior da máquina foi possível reduzir o tempo de paragem da máquina em cerca de 2 minutos (tarefa mais demorada).

➤ Transporte de ferramentas, peças e materiais

O transporte e disposição no local de utilização das ferramentas e peças necessárias para a execução do *changeover*, uma chave inglesa, uma ferramenta em T com sextavado interno e quatro empurradores, eram feitos após a paragem da máquina. A tarefa de transporte de materiais, ir buscar o carrinho com os perfis do novo lote à zona de produção dos perfis (zona de cravação, picagem e corte) também era realizada, com alguma frequência, durante o tempo de paragem da máquina. Estas tarefas foram convertidas para externas.

4.1.2 Redução das tarefas internas

➤ Afinação/ajuste dos alimentadores

A afinação dos alimentadores tem o propósito de poder acomodar de forma correta os perfis nos empurradores garantindo que a montagem destes uns nos outros e no plano possa ser executada corretamente pela máquina. O ajuste das barras dos alimentadores tem de ser feito apertando e desapertando porcas de modo a que a barra se movimente segundo a direção vertical e horizontal, e portanto a qualidade de ajuste depende da “sensibilidade” e experiência do operador ou seja é feito por intuição. O seu tempo de execução é variável e demorado. A melhor solução seria converter o sistema mecânico de ajuste com porcas e utilizar um sistema mecânico automático que fizesse a transição direta dos alimentadores para acomodar os perfis Maya ou Office Depot, no entanto esta solução foi descartada devido aos custos de investimento.

A solução adotada foi a estandardização do movimento das porcas. Foram desenhadas duas linhas que marcam os locais limite de rotação das porcas para efetuar o ajuste da barra para cada tipo de perfil segundo a direção horizontal e foram desenhadas mais duas linhas que marcam o ajuste das barras para cada tipo de perfil segundo a direção vertical, assim foi possível reduzir o tempo elevado de ajuste e eliminada a necessidade de colocação de um perfil no alimentador para fazer o correto ajuste.

Com a implementação desta medida, o tempo da tarefa de afinação/ajuste das barras dos alimentadores foi significativamente reduzido.

➤ Mudança dos empurradores

A tarefa de mudança dos empurradores é executada manualmente por um operador apenas e com uma ferramenta em T com sextavado interno. A duração desta tarefa é elevada e portanto uma forma de a reduzir seria alterar a ferramenta de remoção e montagem dos empurradores para uma ferramenta elétrica/automática, no entanto tal não foi possível aplicar pois o departamento de produção não permite a utilização de máquinas elétricas portáteis. Durante a análise do *Setup* da máquina observou-se que um dos operadores que executa a alimentação dos planos na entrada da máquina (tarefa não relacionada com o *Setup* pois o tipo de planos a alimentar na máquina é independente do tipo de perfil utilizado) fica em *standby* na quase totalidade do *changeover* da máquina. Decidiu-se portanto que este operador poderia passar a intervir no *Setup* da máquina, e foi incumbido de realizar a mudança de metade dos empurradores ou seja dois empurradores, permitindo reduzir esta tarefa para metade do seu tempo. Uma nova ferramenta em T com sextavado interno foi adquirida para que esta ação de melhoria pudesse ser implementada.

Uma melhoria implementada cuja relevância deve ser também referida diz respeito à estandardização da sequência de operações para cada operador. Como cada um dos operadores executa as tarefas em paralelo de modo a reduzir o tempo de *changeover*, a sequência de operações a executar na máquina foi padronizada de modo a que cada operador se desloque em torno da máquina o menos possível e sem prejudicar ou interferir com o trabalho dos restantes dois operadores.

4.2 Redução do tempo de ciclo da área de embalagem da linha “Process”

Inicialmente verificou-se se a linha de embalagem estava efetivamente balanceada através das heurísticas utilizadas com frequência no balanceamento de linhas de montagem.

Procedeu-se portanto à elaboração do diagrama de sequenciamento das tarefas (representadas na tabela 5) executadas na linha de embalagem que se apresenta na ilustração 20. Deve ser referido que as tarefas realizadas pelos dois últimos operadores não foram consideradas pois não interferem no tempo de ciclo e que as tarefas que se podem realizar em simultâneo, foram colocadas em paralelo.

Nº	Tarefa principal	Tarefa paralela	Restrição de precedência
1	Colocar embalagem exterior	Colar etiqueta	-
2	Colocar embalagem interior		1
3	Pegar, virar, e colocar memo sobre a caixa		2
4	Atirar favos grandes	Atirar favos pequenos	3
5	Colocar acessórios	Colocar instrução de montagem	3
6	Fechar topos (lado dos acessórios)	Fechar topos (lado da instrução)	5
7	Ajustar favos		4
8	Fechar caixa de cartão interior esquerda		7,6
9	Fechar caixa de cartão interior direita		7,6
10	Fechar caixa de cartão exterior		8,9
11	Colar fita-cola (lado da instrução)	Colar fita-cola (lado dos acessórios)	10
12	Empurrar memo para máquina de fita-cola		11

Tabela 5 - Conjunto de tarefas a realizar para embalar um memo.

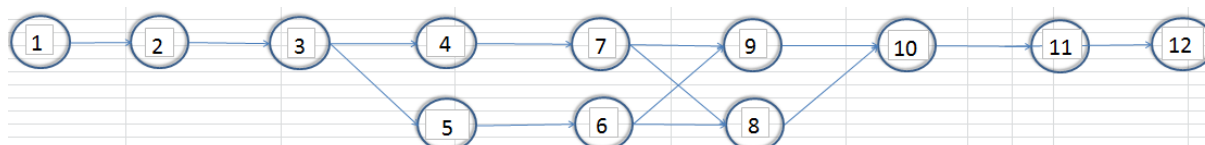


Ilustração 20 - Diagrama de sequenciamento das tarefas de embalagem.

De modo a determinar valores fidedignos do tempo de conclusão de cada tarefa, procedeu-se á obtenção de 25 amostras da duração de cada tarefa com um cronómetro ao longo de um período extenso de trabalho *in loco*. Devido á não contabilização dos tempos entre tarefas, foi considerado um fator de 0,2 do tempo das tarefas de modo a obter-se um resultado para o balanceamento mais seguro ou seja conseguir colocar a linha de embalamento a embalar, pelo menos, 100 memos por hora do produto cujo tempo de embalamento é mais longo (memo 180x120).

O número teórico de estações de trabalho determinado está de acordo com a situação atual ou seja três estações de trabalho.

Com a aplicação do método *Ranked Positional Weight* obteve-se um tempo de ciclo muito próximo de 36 segundos para a estação B, tendo ficado esta estação como *bottleneck*, no entanto visto que o departamento de produção pretende que a linha de embalamento esteja balanceada de forma a produzir na sua capacidade máxima, procedeu-se á alteração das tarefas nas estações de forma iterativa de modo a obter uma distribuição do somatório do tempo das tarefas mais equilibrada pelas estações, ou seja, obter um tempo de ciclo por estação o mais próximo possível entre elas.

Uma restrição que é importante mencionar refere-se ao facto de a tarefa da estação A: “pegar, virar e colocar o memo sobre a caixa da embalagem” ser executada pelo operador numero um e numero três em simultâneo e, portanto, a estação B à qual o operador numero três pertence, deve possuir o menor tempo de ciclo possível de modo a que este possa ter tempo suficiente para executar a tarefa supramencionada na estação A. Devido a esta restrição a distribuição das tarefas fez-se, como já referido, de forma iterativa de modo a que o tempo de ciclo das estações sejam o mais baixo possível e consequentemente o mais próximo possível entre elas e com a restrição de tempo de ciclo mais baixo para a estação B.

O resultado mais satisfatório apresenta-se na tabela 6.

Nº	Tarefa principal	Tarefa paralela	Estação atribuída	Tempo de ciclo por estação [s]
1	Colocar embalagem exterior	Colar etiqueta	A	34,9
2	Colocar embalagem interior			
3	Pegar, virar, e colocar memo sobre a caixa			
4	Atira favos grandes	Atirar favos pequenos	B	28,9
5	Coloca acessórios			
6	Fechar topos (lado dos acessórios)	Fechar topos (lado da instrução)		
7	Ajustar favos			
8	Fechar caixa de cartão interior esquerda			

9	Fechar caixa de cartão interior direita	C	31,3
10	Fechar caixa de cartão exterior		
11	Colar fita-cola (lado da instrução)	Colar fita-cola (lado dos acessórios)	
12	Empurrar memo para máquina de fita-cola		

Tabela 6- Estação atribuída a cada tarefa e tempo de ciclo correspondente.

Pode-se observar na tabela 6 que o tempo de ciclo teórico mais elevado corresponde á estação A e seria esta estação que teoricamente iria marcar o tempo de ciclo da linha de embalagem, no entanto, devido ao facto de o operador número três ter que executar a tarefa número três em conjunto com o operador numero um na estação A, é a estação B o *bottleneck*.

Como já referido em 3.2, o tempo de ciclo da linha com a distribuição de tarefas pelas estações prévia ao balanceamento é excessivamente elevado e igual a 50 segundos, e isto deve-se aos tempos improdutivos acumulados ao longo de uma hora de trabalho, pois ao fazer a medição do tempo de ciclo real na linha sem os tempos improdutivos o seu valor médio é de 40 segundos.

Com o balanceamento efetuado e descrito nesta seção do relatório, a capacidade teórica de produção da linha é igual a 100 memos por hora. No entanto, ao implementar a distribuição de tarefas da tabela 4 na linha de embalagem verificou-se, e como se previa que, no final de uma hora de embalagem, a produção de quadros era apenas ligeiramente superior e isto deve-se á ocorrência de tempos improdutivos.

Procedeu-se seguidamente á identificação de todo o tipo de tempos improdutivos que ocorrem na linha de embalagem e que se apresentam no diagrama de *ishikawa* da ilustração 21.

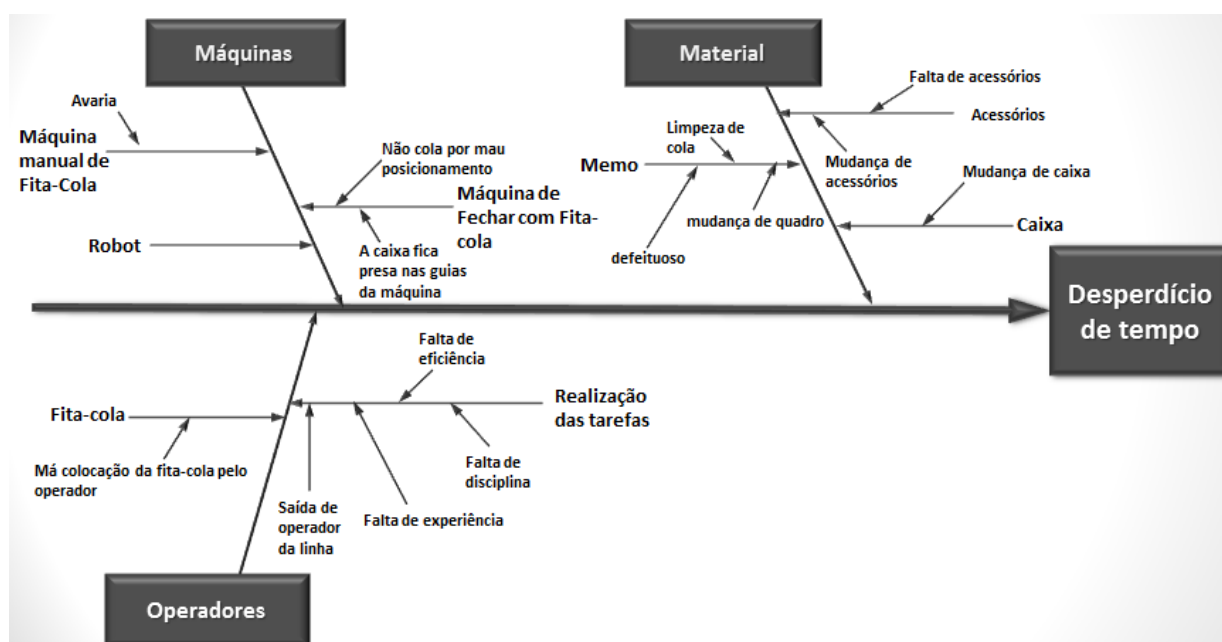


Ilustração 21 - Diagrama de causa-efeito do desperdício de tempo na área de embalagem da linha "Process".

As principais causas de desperdício são:

➤ Operadores

A interrupção do fluxo da linha de embalagem ocorre por várias razões relacionadas com o trabalho dos operadores, nomeadamente:

- Deficiente colocação das tiras de fita-cola pelos operadores cinco e seis.
- Saída do operador da linha para, por exemplo, ir á casa de banho. Apesar de sempre que tal ocorre, o operador em causa ser substituído pelo responsável da linha temporariamente, tal por vezes não ocorre de forma imediata o que provoca uma redução no fluxo da linha.
- Falta de experiência do trabalhador: Os operadores que trabalham na linha, são fixos ou seja não trabalham noutras áreas da fábrica, no entanto, ocorre com alguma frequência a rotatividade de um operário ou seja é introduzido um operário de outra zona da fábrica na linha cuja experiência na realização das tarefas é diminuta, dando origem, portanto a atrasos.
- Falta de disciplina ocorre devido a alguma permissibilidade por parte do responsável da linha, como por exemplo, fazer uma refeição enquanto estão a realizar as tarefas na linha, não cumprindo, como seria devido, com os horários da refeição.
- Falta de eficiência: Esta causa ocorre com pouca frequência, no entanto é também importante referir e diz respeito á diminuição da velocidade de execução das tarefas por parte de alguns operadores o que ocasiona uma redução do tempo de ciclo da linha.

➤ Máquinas

- Máquina manual de fita-cola: A máquina usada pelos operadores número cinco e número seis para colar as tiras de fita-cola nos topos da embalagem do memo, bloqueia ou deixa de funcionar, provocando atrasos na linha.
- Máquina de fechar com fita-cola: Ocorrem por vezes erros de posicionamento da máquina e elementos associados a esta que resulta numa deficiente colagem da fita-cola que fecha a embalagem.
- Robot: Por avaria ou falta de alimentação de memos provoca atrasos e interrupções de fluxo na linha de embalagem.

➤ Memo

- Memo defeituoso: Apesar do controlo implementado à saída de todas as células de montagem do produto final, memos defeituosos são enviados para a área de embalagem da linha “Process”.
- Limpeza de cola: Os memos de maior dimensão são enviados com frequência para a entrada da área de embalagem com cola nos planos e perfis o que demonstra a existência de falta de controlo deste tipo de defeito à saída da área de montagem dos memos da linha “Process”. Quando um memo com cola é colocado no tapete da linha

e um operador detecta o defeito, imediatamente se procede à sua limpeza, no entanto, a linha tem de ser parada para que essa tarefa seja executada.

- Mudança de memo: Quando ocorre uma mudança do lote de memos a embalar, o processo de embalagem fica em *standby* até que o empilhador entregue os memos da encomenda na entrada da área de embalagem.
- Mudança de caixa: As caixas requeridas para embalar os memos variam no seu tipo e tamanho e portanto quando chega uma nova encomenda, é necessário que as caixas correspondentes à encomenda a embalar estejam presentes no local devido, ou seja, na proximidade do operador número 2, pois é este que executa as tarefas de colocação da caixa no tapete da linha. Com frequência, ocorrem atrasos na entrega das caixas nesta área da linha ou entregas indevidas ou seja, caixas que não correspondem à encomenda a embalar. Outra situação recorrente é a colocação das caixas a uma distância considerável do operador.

Outra situação que deve ser salientada, é a deficiente colocação e disposição das caixas. Se as caixas a utilizar não forem colocadas na proximidade do operador ou se forem entregues numa quantidade excessiva e portanto dificultar ou impedir o operador de poder alcançar o topo da pilha de caixas, a eficiência da linha vai ser significativamente afetada com atrasos e paragens.

- Mudança de acessórios: Quando uma encomenda é alterada e o memo a embalar requer um conjunto de acessórios diferente, o operador responsável pela colocação dos acessórios no topo da embalagem tem de levantar ao supermercado, que se apresenta na imagem da ilustração 22, um recipiente com os acessórios necessários e coloca-lo numa mesa que se encontra na sua proximidade. Esta tarefa revela-se por vezes excessivamente demorada provocando atrasos no embalagem.



Ilustração 22 - "Supermercado" da área de embalagem da linha "Process".

- Falta de acessórios: Ocorre quando o recipiente dos acessórios a utilizar no embalagem fica vazio enquanto se está a processar uma encomenda e é necessário o operador número quatro (operador que coloca os acessórios) levantar mais acessórios no “supermercado”.

Todas as causas de atraso descritas previamente foram analisadas quanto ao seu nível de importância relativa sobre a variável “desperdício de tempo” através da recolha de 6 amostras da sua duração e número de ocorrências diretamente na linha com recurso, novamente, a um cronómetro.

Os resultados obtidos apresentam-se no gráfico da ilustração 23.

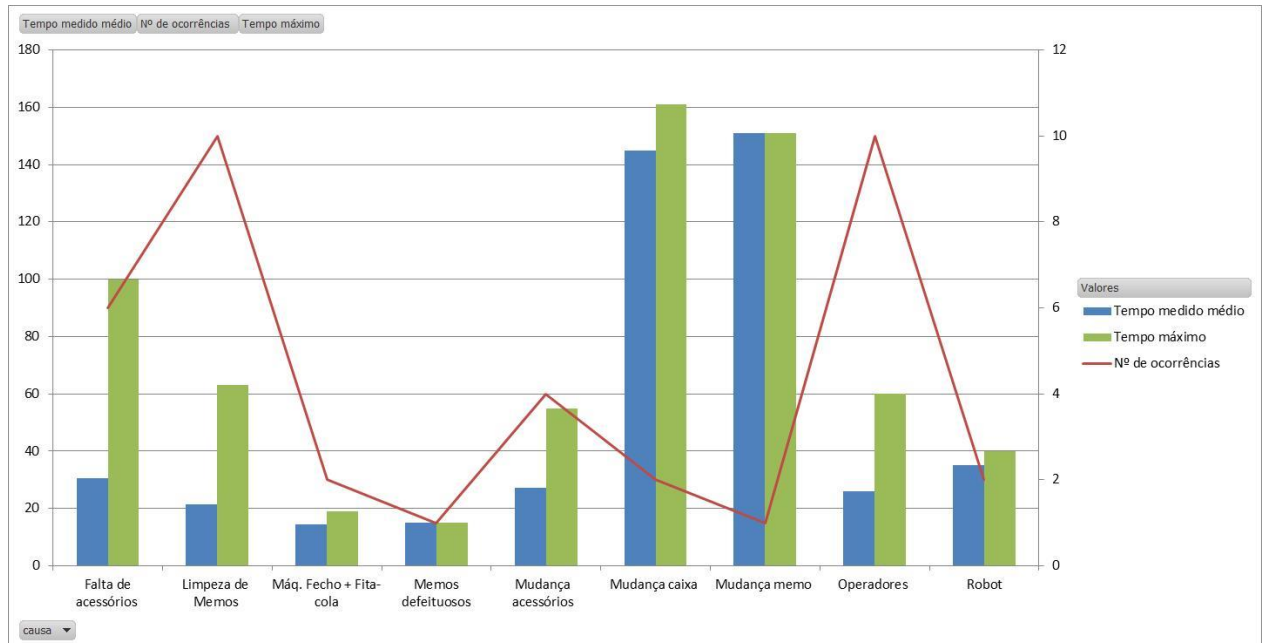


Ilustração 23 - Gráfico da importância relativa de cada causa do tempo improdutivo da área de embalagem da linha "Process".

Como se pode observar no gráfico, as causas “Limpeza de memos” e “Operadores” são aquelas cujo número de ocorrências é mais elevado, como já se previa pela observação diária no *genba*. As causas “Mudança de caixa” e “Mudança de memo” possuem uma duração média elevada e portanto a redução da sua duração deve ser considerada.

As causas “Máquina de colocar fita-cola” e “Robot” não irão ser abordadas pois é de difícil resolução e a sua ocorrência é escassa.

A causa “memos defeituosos” tem uma ocorrência e duração baixa e ocorre por falhas de controlo na saída das células de montagem dos memos. Não pode ser considerada uma causa de tempo improdutivo resolúvel pois depende apenas do autocontrolo implementado e como depende da capacidade do operador para detetar os defeitos, tal não é possível conseguir na sua totalidade pois o operador não é infalível.

A causa “Mudança de acessórios” e “Falta de acessórios” tem uma influência considerável sobre o desperdício de tempo e foram implementadas ações para reduzir a sua ocorrência.

As ações implementadas para reduzir ou eliminar as causas de desperdício de tempo na área de embalagem da linha “Process” foram as seguintes:

- Limpeza de memos: Os memos que irão ser embalados para satisfazer as encomendas são entregues na entrada da área de embalagem da linha Process por um empilhador. Posteriormente o operador número um e número três transportam o memo da paleta

com os memos trazida pelo empilhador para o tapete da linha. É nesta fase que os operadores detetam a existência de cola nos memos e seguidamente realizam a sua limpeza. De modo a evitar as paragens da linha para se fazer a limpeza dos memos deve-se garantir que os memos com cola são controlados à entrada da área de embalamento, antes de serem colocados no tapete da linha ou seja antes de se iniciar o processo de embalamento e portanto evitar que interfiram com o fluxo da linha. Para tal, foi instruído um operador da linha “Process” a realizar um controlo apertado dos memos, ou seja, a efetuar a deteção de cola em todos os memos que são enviados para a área de embalamento (ilustração 24).

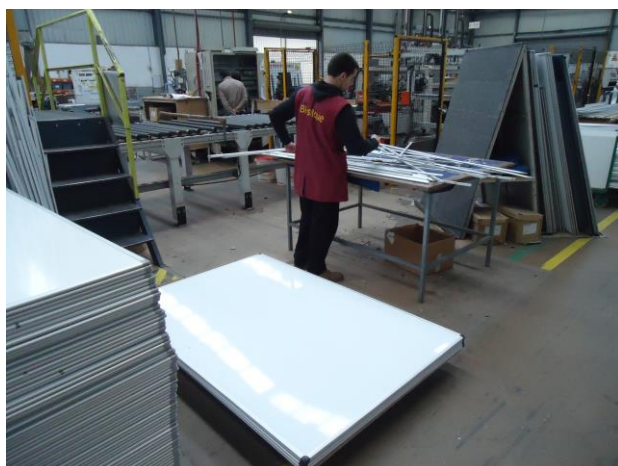


Ilustração 24 - Operador que realiza o controlo dos memos com cola na área de montagem da linha "Process".

- Operadores: Relativamente à substituição dos operadores aquando da sua saída temporária da linha. Garantiu-se que a substituição é sempre feita de forma imediata. Eliminou-se a rotatividade de operadores, ou seja devem ser sempre os mesmos operadores a trabalhar na linha, evitando que a inclusão de um operador com falta de experiência na execução das tarefas provoque atrasos. Quando é estritamente necessário a inclusão de um operador de outra área, esta deve ser sempre feita por um operador com experiência na execução das tarefas. Garantiu-se que os operadores devem cumprir com os horários de trabalho e refeições, não permitindo que as refeições sejam feitas na linha enquanto executam as tarefas. Instruiu-se os operadores para fazerem um esforço por manter um ritmo de trabalho constante de modo a cumprir com o tempo de ciclo previsto.
- Mudança e falta de acessórios: Aquando da mudança de acessórios instruiu-se os operadores para não estenderem o tempo de mudança para além do tempo de mudança dos memos, deste modo garantiu-se que o tempo de *changeover* da linha de embalamento é apenas limitada pela mudança de memo. Relativamente à falta de acessórios, o operador que executa a tarefa “colocação de acessórios” deve garantir que o recipiente do qual os retira tem a quantidade suficiente para poder satisfazer a encomenda. E isso deve ser garantido aquando da mudança de acessórios, quando recorre ao “supermercado” para recolher os novos acessórios da nova encomenda.

- **Mudança de caixa:** Esta tarefa de *Setup* da área da linha de embalagem é executada pelo operador do empilhador, que deve colocar as caixas do tipo de memo a embalar na zona de proximidade do operador que executa a tarefa de colocação da caixa no tapete. Para evitar que ocorram atrasos no início do embalamento de uma nova encomenda, a pilha de caixas deve ser colocada sempre no mesmo local e deve ser garantida que a sua disposição e altura permitem o alcance fácil por parte do operador.
- **Mudança de memo:** Esta tarefa marca o tempo de *Setup* da área de embalamento e deve ser garantido, tal como na operação de mudança de caixa, que o empilhador que transporta os memos a embalar para a entrada da área de embalamento, o faz na altura devida, ou seja, imediatamente após se completar o embalamento dos memos do lote anterior, e no local devido, ou seja, na proximidade dos operadores que executam a tarefa “pegar, virar e colocar memo sobre a caixa”.

4.3 Redução do número de perfis defeituosos

Numa fase inicial procedeu-se à obtenção de dados dos defeitos identificados e posteriormente determinou-se o grau de importância relativa de cada defeito através de um diagrama de pareto, que se apresenta na ilustração 25.

É importante referir que estes dados foram obtidos na entrada das máquinas de montagem dos memos, ou seja, permite avaliar os tipos de defeitos produzidos ou cujo controlo é feito de forma ineficaz nos estágios de produção precedentes.

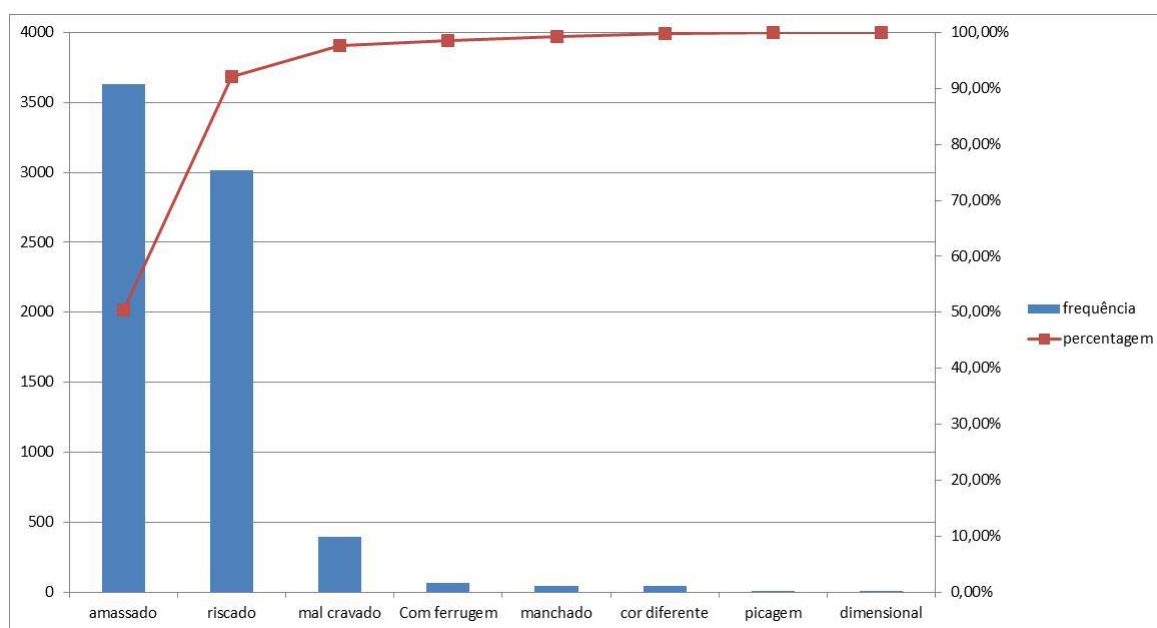


Ilustração 25 - Gráfico de pareto dos defeitos dos perfis de alumínio.

Como se pode verificar no gráfico, os defeitos sobre os quais as ações a implementar se devem concentrar são aqueles cuja frequência é mais elevada – “Amassado” e “Riscado”. O auto controlo, é como já se referiu, a ação fundamental para prevenir e reduzir a ocorrência e transmissão de defeitos, no entanto o gráfico de Pareto indica-nos, para além da observação do trabalho *in loco*, que a geração dos defeitos deve ocorrer com regularidade no transporte e manuseamento incorreto dos perfis.

Para implementar o autocontrolo, decidiu-se que a área onde os perfis de alumínio são trabalhados deveria possuir instruções de trabalho claras sobre o quê, como, onde e quando o controlo dos defeitos deverá ser feito, ou seja colocou-se em prática a normalização do trabalho dos intervenientes no processo de produção relativamente ao controlo de defeitos nos perfis de alumínio de modo a prevenir a sua ocorrência e a sua transmissão aos estágios de produção posteriores.

Para tal, analisou-se as formas como o trabalho dos operadores das máquinas poderiam criar defeitos e criou-se instruções de como esse trabalho deverá ser feito de modo a prevenir a sua ocorrência. Um exemplo deste tipo de instrução encontra-se na imagem da ilustração 26.

1- Aspeto funcional

O colaborador deve encostar o perfil de alumínio à máquina de picagem, por forma a assegurar uma correta picagem.



Ilustração 26 - Instrução de trabalho das máquinas de picagem.

O controlo dos defeitos produzidos pela máquina operada pelo trabalhador é feito com recurso a uma análise visual por parte deste. Um exemplo da instrução de trabalho para a realização do autocontrolo está representado na ilustração 27.

O colaborador deve ainda, ao longo do processo de cravação, procurar identificar defeitos do tipo visual. São exemplos:



Ilustração 27 - Instrução de trabalho da máquina de cravação.

Na célula de trabalho de cravação da área de produção dos perfis de alumínio, o autocontrole não pode ser executado na sua totalidade por questões de produtividade e portanto é feito parcialmente, por amostragem – quando um dos carrinhos que transporta os perfis fica completamente ocupado, o operador da máquina que está a executar a operação de cravação, deve analisar pelo menos três perfis cravados por forma a verificar se a máquina não está desafinada e consequentemente a produzir perfis com defeito.

Os defeitos cuja origem é o fornecedor são apenas controlados na entrada da fábrica, ou seja, na área de corte e portanto os operadores destas máquinas devem executar o controlo do seu trabalho - cumprir com os requisitos dimensionais e simultaneamente realizar a inspeção visual de modo a detetar e impedir que defeitos com origem no fornecedor sejam enviados para os estágios seguintes. Os defeitos cuja origem é o transporte entre estágios ou manuseamento são controlados em todas as fases de produção, exemplos destes defeitos são perfis riscados e amassados.

Após a elaboração das instruções de trabalho para a zona de corte, picagem, e cravação dos perfis de alumínio, redigiu-se as instruções de trabalho para as máquinas de montagem dos memos – máquina 120x90, 60x45 e 90x60. As instruções de trabalho para estas máquinas são do mesmo tipo e abordam a mesma temática do autocontrole, pretendendo-se, portanto que não sejam produzidos e enviados memos com defeitos para a saída do processo de produção ou seja, para o embalamento.

No que diz respeito à prevenção da ocorrência dos defeitos no transporte e manuseamento, foram consideradas as duas ações complementares ao autocontrole:

- Os operadores foram instruídos a manipular os perfis de forma cuidadosa de modo a não provocar o defeito “Riscado” e “Amassado”, como por exemplo, não atirar os perfis para os carrinhos de transporte.
- Uma ação sugerida mas não implementada no decorrer do estágio é a utilização nos carrinhos de transporte de bolas de esferovite de modo a que os perfis entrem em contato o menos possível uns com os outros evitando a produção do defeito “Riscado”.

5 Resultados obtidos

5.1 Resultados da aplicação do SMED nas células de montagem

Com a implementação do *SMED* foi possível obter uma redução considerável do tempo de paragem das máquinas de montagem dos memos. O tempo total do *Setup* foi reduzido para 4:14, ou seja conseguiu-se uma redução de cerca de 60%, significativamente acima do valor pretendido de 30%.

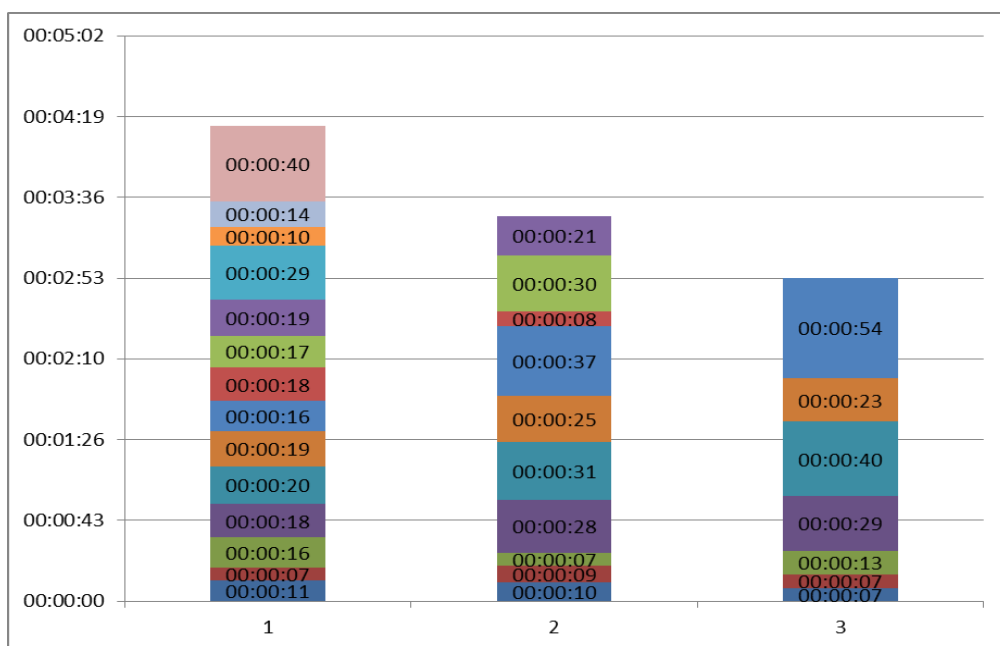


Ilustração 28 - Balanceamento das tarefas pelos operadores nº1, nº2 e nº3.

Pode-se observar na ilustração 28 que a distribuição das tarefas pelos operadores encontra-se aceitavelmente balanceada.

5.2 Resultados do balanceamento e ações implementadas na área de embalagem da linha “Process”

A abordagem teórica do balanceamento da área de embalagem da linha “Process” permitiu reduzir o tempo de ciclo para um valor mais reduzido, como já foi explicitado na secção prévia. Para produzir acima de 100 memos por hora, foi necessária a implementação de ações que gerassem a eliminação e redução dos tempos improdutivos que foi levada a cabo com sucesso.

A ocorrência de memos sujos com cola foi totalmente eliminada, sendo a causa mais influente sobre o tempo e frequência de paragens da linha, o efeito sobre o número de memos produzidos por hora foi considerável. Os problemas causados pela mudança de caixa sofreram uma redução mas não foi possível atingir uma redução aceitável. Para se obter uma redução mais elevada da sua ocorrência foi sugerido ao departamento de produção que mudasse o tipo de caixa utilizado no embalamento dos memos. Considerando que o embalamento requer uma embalagem exterior e outra interior, o espaço ocupado por estas é excessivo, requer mais trabalho por parte do operador do empilhador e do operador que executa as tarefas relacionadas com a manipulação das caixas. A sugestão consiste na utilização de uma caixa apenas em substituição da utilização de duas caixas, uma interior e outra exterior.

Todas as ineficiências da área de embalamento causadas pelos operadores e pela mudança/falta de acessórios foram também reduzidas, no entanto um esforço deve ser continuamente feito, de modo a que estes problemas não ressurgam.

Com o balanceamento realizado a distribuição das tarefas pelos operadores da linha resultou mais uniforme e portanto o nível de utilização de cada operador apresenta-se mais equilibrado como se pode observar no gráfico da ilustração 29.

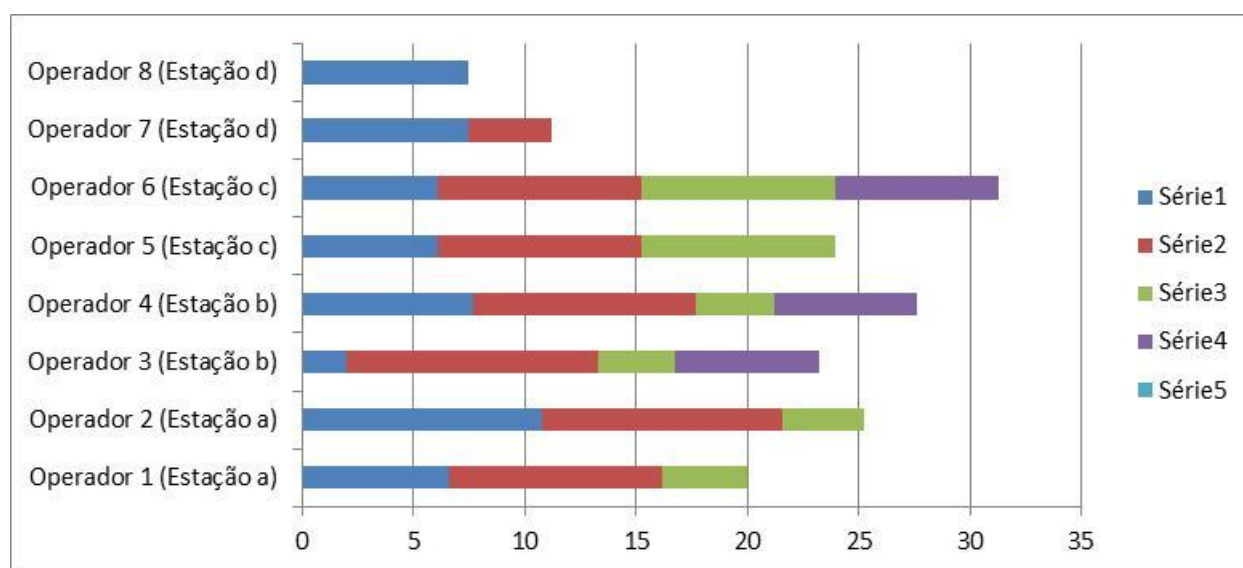


Ilustração 29 - Distribuição nova das tarefas pelos operadores da área de embalamento da linha "Process".

Durante o trabalho de aumento da eficiência da área de embalamento da linha "Process", a "estação d" não foi considerada pois não tinha influência sobre o tempo de ciclo, mas como se pode observar no gráfico, o grau de utilização dos operadores nº7 e nº8 é significativamente baixo. Tal se deve ao facto de ambos os operadores serem necessários para executar a operação de virar o memo para a paleta pois um operador não possui a capacidade física para realizar a tarefa sozinho por um período prolongado de tempo. De modo a utilizar apenas um operador, sugeriu-se ao departamento de produção que instalasse um sistema automático para virar as embalagens e desse modo só seria necessária a utilização de um operador na "estação d", tornando mais eficiente a linha.

Finalmente foram obtidas amostras da produção de memos por hora cujo valor médio é igual a 89 memos por hora. Este valor é referente aos memos de maior dimensão, 180x120, tendo em consideração que o tempo de ciclo para embalar os memos de menor dimensão é inferior, a capacidade da linha para embalar este tipo de memos aumentou proporcionalmente, e logicamente a linha apresenta também a capacidade para produzir os memos de menor dimensão numa taxa acima dos 89 memos por hora.

O tempo de ciclo foi reduzido em 14% e portanto o objetivo não foi cumprido.

Como se afirmou previamente, o operador número 3 executa a tarefa de “pegar, virar e colocar o memo sobre a embalagem” em conjunto com o operador número 1 na estação A, originando um tempo de espera da estação B para que as tarefas aí realizadas sejam iniciadas pelo operador número 3. O tempo de espera da estação B é a principal razão pela qual o balanceamento não produziu o resultado previsto teoricamente.

De modo a conseguir atingir o resultado de redução do tempo de ciclo de 25% foi sugerido ao departamento de produção uma solução economicamente viável e eficiente do ponto de vista produtivo, ou seja sem recorrer a mais um operador ou a uma solução automatizada.

A solução consiste na alteração da área de embalamento de uma configuração em “linha” para uma configuração em “U”. Como se pode observar na ilustração o nível de utilização do operador número 8 é significativamente baixo e portanto com a alteração da área de embalamento para uma configuração em “U” é possível colocar este operador a realizar ambas as tarefas “virar e colocar memo sobre a paleta” da estação D e a tarefa de “pegar, virar e colocar o memo sobre a embalagem” da estação A, aumentando a sua taxa de utilização e em simultâneo permitir que o operador número 3 execute apenas as tarefas da estação B, eliminando o tempo de espera que ocorria nesta estação quando a área de embalamento possuía uma configuração em “linha”.

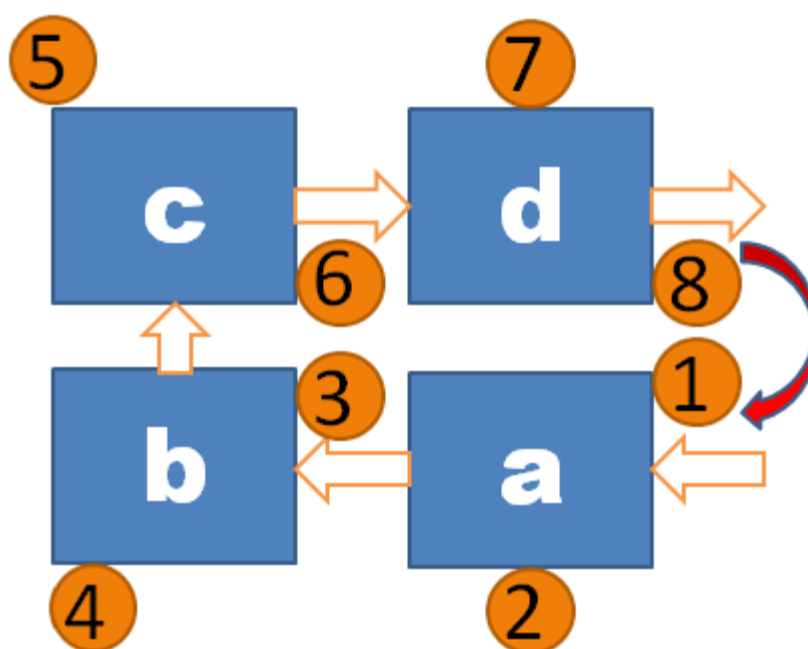


Ilustração 30 - Configuração em "U" da área de embalamento da linha Process: o operador número 8 realiza tarefas na estação "a" e "d".

5.3 Resultados da implementação de medidas para reduzir o número de perfis defeituosos

Nos gráficos seguintes pode-se observar a tendência decrescente no número de perfis defeituosos que chegam à entrada das células de montagem dos memos: Process, 120x90 e 90x60.

Apenas a célula de montagem 60x45 não possui resultados satisfatórios, no entanto há uma explicação plausível para tal facto. Esta célula de trabalho apenas produz memos cujo material é proveniente do aproveitamento, sendo este, o material que é aproveitado dos memos defeituosos produzidos pelas restantes máquinas de montagem, ou seja, a probabilidade de esta máquina receber na sua entrada material defeituoso é mais elevada relativamente a todas as outras máquinas e portanto a não existência de um decréscimo do número de perfis defeituosos na sua entrada tem uma causa identificável. No entanto este problema pode ser resolvido através de um controlo mais eficaz na saída da máquina de corte dos aproveitamentos e apesar de se ter implementado o autocontrolo nesta célula, pode-se apreender do gráfico da ilustração 30 que esse controlo não está a ser feito eficazmente. A razão para tal ocorrência deve-se a questões de eficiência ou seja, os operadores ao realizarem um ritmo elevado de trabalho não executam um autocontrolo eficaz.

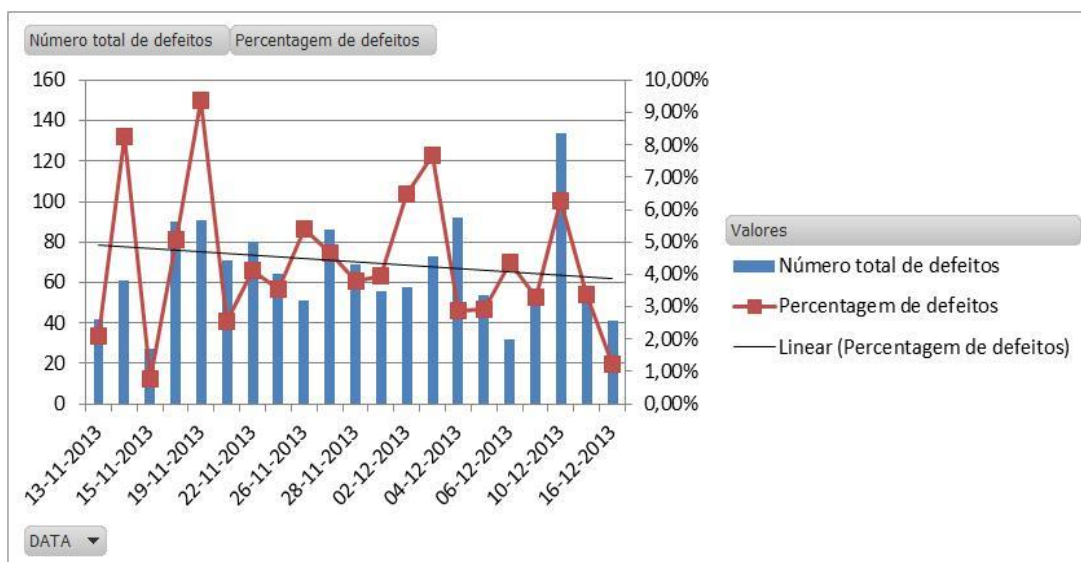


Ilustração 31 - Tendência decrescente do número de defeitos na entrada da linha "Process".

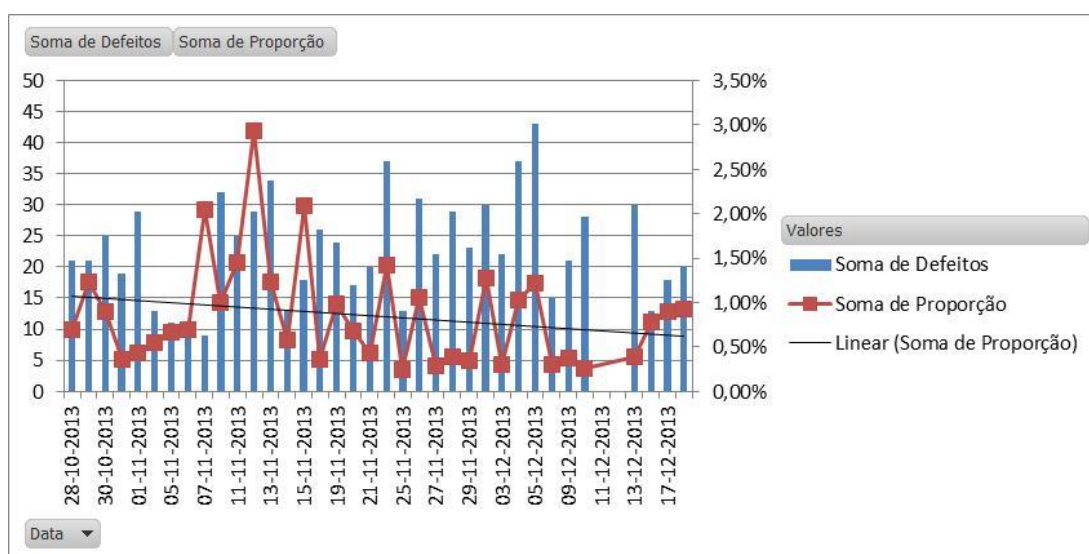


Ilustração 32 - Tendência decrescente do número de perfis defeituosos na entrada da célula 120x90.

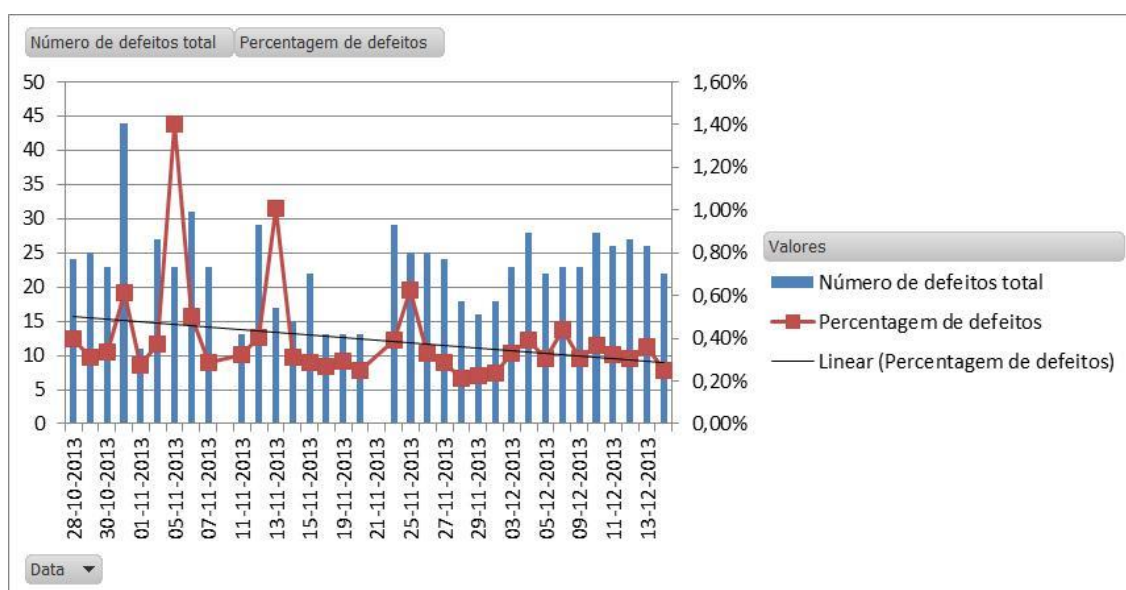


Ilustração 33 - Tendência decrescente do número de perfis defeituosos na entrada da célula 90x60.

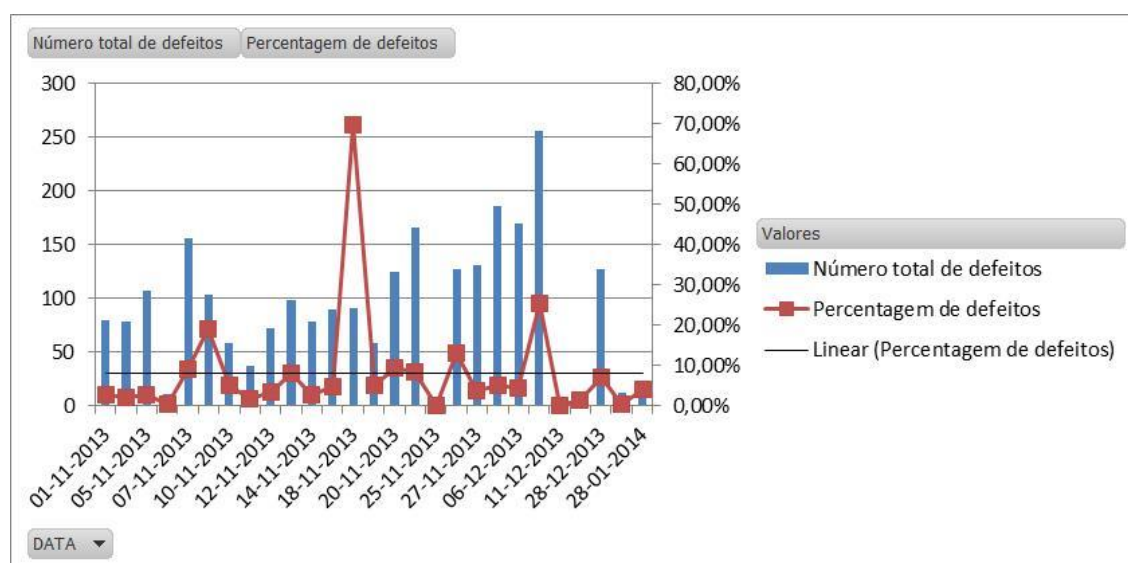


Ilustração 34 - O número de perfis defeituosos na entrada da célula 60x45 não decresceu.

Com as ações implementadas para se obter o controle e prevenção da ocorrência de perfis defeituosos nesta área da fábrica, foi possível atingir o resultado pretendido.

6 Conclusões e perspectivas de trabalho futuro

6.1 Conclusões

A redução dos tempos de *Setup* e dos tempos de ciclo numa empresa industrial como a Bisilque, revela-se de extrema importância para permitir dar uma resposta adequada e flexível às solicitações do mercado, tal como nos resultados operacionais da empresa.

A redução do desperdício de índole temporal permite obter maior eficiência e capacidade produtiva para fazer face a um mercado internacional cada vez mais competitivo.

Também a redução da produção de peças defeituosas é um importante passo na satisfação dos clientes e na redução do desperdício com a também consequente melhoria nos resultados operacionais.

Com a implementação do trabalho normalizado em todas as áreas de intervenção foi possível uniformizar e melhorar as práticas de trabalho neste setor da empresa. Ao focalizar o projeto na forma como o trabalho é realizado por todos os colaboradores da empresa obtém-se uma maior satisfação por parte destes no trabalho que é realizado, para além dos resultados importantes que foi possível obter para a empresa.

Para que os resultados satisfatórios atingidos pudessem ser possíveis foi necessário um estudo minucioso das práticas atuais de trabalho na unidade fabril com recolha de dados, catalogação, registo, e utilização de ferramentas estatísticas. A aplicação das metodologias e heurísticas da área da gestão da produção foram também importantes para que a eficiência da produção pudesse ser melhorada.

6.2 Trabalhos futuros

As ações de melhoria realizadas foram, como já se referiu previamente, centradas no trabalho dos colaboradores ou seja apenas se modificou a forma e métodos de trabalho para se atingir os objetivos propostos. Para que melhorias mais significativas possam ser obtidas na eficiência e qualidade da empresa, ações que requerem um investimento monetário avultado por parte desta, devem no futuro ser consideradas.

As ações que maior peso teriam sobre a eficiência e produtividade da fábrica estão relacionadas com uma maior automatização dos processos produtivos. Como exemplo refere-se a área de embalamento da linha “Process” cujos problemas de produtividade poderiam ser significativamente melhorados com a utilização em contínuo do robot, ao invés da sua utilização parcial como acontece atualmente. Outro exemplo diz respeito ao *Setup* das células de montagem dos memos cujo ajuste dos alimentadores deveria ser feito de forma automática sem necessidade de afinação por parte do operador. Também nestas máquinas os empurradores poderiam ser fixados através de grampos em substituição dos parafusos. Estas alterações na estrutura da máquina permitiria, muito provavelmente, reduzirem o tempo de *Setup* para menos de um minuto.

Referências

- [1] Jacobs, F. Robert; Chase, Richard B. and Aquiliano, Nicholas J. (2009), Operation & Supply Management, McGraw-Hill.
- [2] Shingo, S., (1985), A revolution in manufacturing: the SMED system, Productivity Press.
- [3] Imai, M. (1997), Gemba Kaizen, A Commonsense, Low-Cost Approach to Management, McGraw-Hill.
- [4] Ohno, T. (1988), Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production. Productivity Press.
- [5] Michael F. Zaeh, (2013), Enabling Manufacturing Competitiveness and Economic Sustainability, Springer.
- [6] <http://www.six-sigma-material.com/>

ANEXO A: Instrução de trabalho do procedimento de Setup do operador nº1 para as células de montagem

Nº	Tarefa	Zona	Tempo	Categoria	Tipo
1	Contagem dos quadros que faltam produzir*	4	00:00:11	Alimentação	Externa
2	Recolher ferramenta de ajuste das porcas e colocar sobre a caixa dos empurraadores 3	Bancada	00:00:07	Transporte	Externa
3	Aperto das porcas de ajuste	3-C	00:00:20	Afinação	Interna
4	Aperto das porcas de ajuste	2-C	00:00:20	Afinação	Interna
5	Aperto das porcas de ajuste	2-B	00:00:20	Afinação	Interna
6	Aperto das porcas de ajuste	1-B	00:00:20	Afinação	Interna
7	Aperto das porcas de ajuste	1-A	00:00:20	Afinação	Interna
8	Aperto das porcas de ajuste	4-A	00:00:20	Afinação	Interna
9	Aperto das porcas de ajuste	4-D	00:00:20	Afinação	Interna
10	Aperto das porcas de ajuste	3-D	00:00:20	Afinação	Interna
11	Recolher perfis novos ao carinho para alimentar o alimentador 4 e 3	Carinho	00:00:17	Transporte	Interna
12	Colocação dos perfis novos no alimentador 4	3	00:00:19	Alimentação	Interna
13	Colocação dos perfis novos no alimentador 3	3	00:00:29	Alimentação	Interna
14	Configurar o computador	4	00:00:10	Inicialização	Interna
15	Ligar a máquina	4	00:00:14	Inicialização	Interna
16	Verificar se os menus estão a sair corretamente da máquina	3	00:00:40	Inicialização	Externa

Procedimento de Setup no *changeover* de Maya para Office Depot do operador nº1

Bi-silique

ANEXO B: Instrução de trabalho da zona de picagem do alumínio

Instrução de Trabalho

Controlo dos Perfis do alumínio

| 00-IT-00
| Rev. 00



Picagem de alumínio | Produção

Objetivo	1- Controlo do aspeto funcional do perfil de alumínio. 2- Controlo do aspeto visual do perfil de alumínio.
Observações	
- Esta IT lista os defeitos a identificar no processo de picagem dos perfis de alumínio.	
Modo de Proceder	
1- Aspeto funcional O colaborador deve encostar o perfil de alumínio à máquina de picagem, por forma a assegurar uma correta picagem. Mal picado   2- Aspeto visual O alumínio que chega em maço, após picado, deve ser sujeito a uma inspeção visual por parte do colaborador. Os defeitos abaixo listados são alguns exemplos: Amassado  	

Elaborado:

Aprovado:
Data:

Página 1 de 2

Por favor verifique que esta é a última versão deste documento

| Cópias impressas representam documentos não controlados

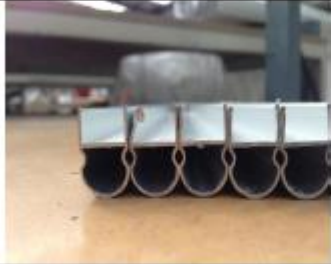
Instrução de Trabalho

Controle dos Perfis do alumínio

I 00-IT-00
I. Revisão 00

Bi-silque

Picagem de alumínio | Produção

Amassado nos topos	Com rebarba
	
Riscado	Manchado
	
Com ferrugem	
	

Elaborado:

Aprovado:

Página 2 de 2

Por favor verifique que esta é a última versão deste documento | Cópia impressa representa documentos não controlados

ANEXO C: Instrução de trabalho da zona de cravação do alumínio

Instrução de Trabalho	Controlo dos Perfis de alumínio	00-IT-00 Revisão 00	
	Cravação de alumínio Produção		
Objetivo:	Controlo do aspeto visual do perfil de alumínio.		
	Observações		
	- Esta IT lista os defeitos a identificar no processo de cravação dos perfis de alumínio. - Mediante a forma como o alumínio é processado, é definido o modo de proceder.		
	Modo de Proceder		
	O colaborador, após a cravação dos perfis de alumínio, deve realizar uma inspeção visual aos mesmos de forma descontinua (analisar 3 perfis por carrinho), por forma a verificar se o canto ficou bem cravado:		
	Canto aberto		
			
	Mal picado		
			
Elaborado:	Aprovado: Data:	Página 1 de 3	
Por favor verifique que esta é a última versão deste documento Cópias impressas representam documentos não controlados			

Instrução de Trabalho

Controlo dos Perfis do alumínio

| 00-IT-00
| Rev.00

Cravação de alumínio | Produção



Mal cravado




Na situação em que o canto fica aberto, tal se pode dever a uma reduzida profundidade do "pico" ou a um "canto" imperfeito.

O colaborador deve ainda, ao longo do processo de cravação, procurar identificar defeitos do tipo visual. São exemplos:

Manchado




Elaborado:

Aprovado:
Data:

Página 2 de 3

Por favor verifique que esta é a última versão deste documento | Cópias impressas representam documentos não controlados

Instrução de Trabalho

Controle dos Perfis do alumínio

I 00-IT-00
I Revisão 00

Cravação de alumínio | Produção

Bi-silque

Produção de Comunicação Visual

Riscado	Com rebarba
	
Com cola	Amassado nos topos
	
Amassado	
	

Elaborado:

Aprovado:
Data:

Página 3 de 3

Por favor verifique que esta é a última versão deste documento

Cópias impressas representam documentos não controlados