



Universidade de Aveiro

2023

**André Filipe
Miguéis Oliveira**

**Aplicação das metodologias Kaizen no aumento de
produtividade de uma linha de montagem**



Universidade de Aveiro
2023

**André Filipe
Miguéis Oliveira**

Aplicação das metodologias Kaizen no aumento de produtividade de uma linha de montagem

Projeto apresentado à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial, realizada sob a orientação científica do Doutora Ana Luísa Ferreira Andrade Ramos, Professora auxiliar do Departamento de Economia, Gestão, Engenharia Industrial e Turismo da Universidade de Aveiro

o júri

presidente

Prof. Doutor José António de Vasconcelos Ferreira
professor associado da Universidade de Aveiro

Prof. Doutor Luís Carlos Ramos Nunes Pinto Ferreira
professor coordenador do Instituto Politécnico do Porto

Prof. Doutora Ana Luísa Ferreira Andrade Ramos
professora auxiliar da Universidade de Aveiro

agradecimentos

De forma geral quero agradecer a toda a equipa do Instituto Kaizen por todos os conhecimentos partilhados, principalmente com quem desenvolvi o projeto sobre o qual este documento se baseia, Eng. Sergio Reis e Eng. Ines Santos.

À minha mãe, por todo o apoio e ensinamentos transmitidos durante a minha vida.

À minha irmã, que foi minha professora durante todos os anos de estudo, pelo exemplo que sempre foi para mim e pelo constante desafio e exigência.

Por fim à minha namorada por me ter apoiado e motivado não só na vida académica, mas também por estar presente nos momentos mais importantes da minha vida.

palavras-chave

Lean, Kaizen, Layout, Line Design, Standardwork, Yamazumi, Ishikawa, Total Flow Management, Production Flow, Relatório A3, Mission Control Room

resumo

O seguinte trabalho foi realizado na Empresa X, através de um serviço de consultoria prestado pelo Instituto Kaizen, com o principal objetivo de aumentar a produtividade de uma linha de montagem final, através do recurso a ferramentas Lean e Kaizen, tais como o Diagrama de Ishikawa ou o Yamazumi.

Foi analisado o estado atual da linha e através de um estudo minucioso e exploração de alguns cenários, foi possível obter como resultado final deste projeto de melhoria, a redução de um turno e a redução de um dos operadores da linha nos restantes turnos, que significou também num aumento de produtividade de aproximadamente 52,3% e que se traduziu num benefício anual 135 800 €.

Várias outras ações foram desenvolvidas, distribuídas por várias áreas, como a qualidade, manutenção, processo, que resultarão em low hanging fruits.

Para gestão deste projeto de melhoria foram utilizadas dinâmicas tais como o relatório A3 e Mission Control Room, que de forma visual permitiram acompanhar e conduzir este projeto ao sucesso e que poderão servir de alicerce para futuros projetos internos.

keywords

Lean, Kaizen, Layout, Line Design, Standardwork, Yamazumi, Ishikawa, Total Flow Management, Production Flow, A3 Report, Mission Control Room

abstract

The following work was carried out at Company X, through a consultancy service provided by the Kaizen Institute, with the main aim of increasing the productivity of a final assembly line, through the use of Lean and Kaizen tools, such as the Ishikawa Diagram or Yamazumi

The current state of the line was analyzed and through a study and exploration of some scenarios, it was possible to obtain as a final result of this improvement project, the reduction of one of the shifts and the reduction of one operator on the remaining shifts, which also meant an increase in productivity of approximately 52.3% and which translated into an annual benefit of €135 800.

Several other actions were planned, distributed across several areas, such as quality, maintenance, process, which resulted in low-hanging fruit.

To manage this improvement project, dynamics such as the A3 report and Mission Control Room were used, which visually allowed monitoring and leading this project to success and which could serve as a foundation for future internal projects.

Conteúdo

1. Introdução	1
1.1. Motivação e Contextualização do trabalho	1
1.2. Objetivos e Metodologia	1
1.3. Kaizen Institute	2
1.4. Empresa X	3
1.5. Estrutura do documento.....	4
2. Enquadramento teórico	7
2.1. Os 5 Princípios fundamentais do Kaizen Institute	7
2.2. Lean Manufacturing.....	8
2.3. 3 MU's	8
2.4 Os 7 Mudanças	9
2.5 Total Flow Management.....	10
2.5.1 Fluxo na Produção	12
2.6 Gestão Visual	16
2.7. Relatório A3	17
2.7.1 A3 de 4 passos	18
2.8. Obeya Room / Mission Control Room	18
2.9. Gráfico Yamazumi	19
2.10. Diagrama de Ishikawa	20
2.11. Value Stream Analysis.....	21
3. Situação atual	24
3.1. Situação Atual – Linha X.....	26
3.1.1. Gráfico de Processo	27
3.1.2. Análise de estabilidade.....	28
3.1.3. Balanceamento das operações e Yamazumi	28
3.1.4. Eficiência da Linha	31
3.1.5. Análise dos contentores e cálculo dos BoL	34
4. Visão futura e implementação	38
4.1. 1ª Solução – Redução de um operador, sem alteração de layout físico da linha	38

4.2. 2ª Solução – Redução de 2 operadores, sem alteração de layout físico da linha	40
4.3. Alterações do BoL	42
4.4. Testes e solução	43
4.4.1. Acompanhamento da solução.....	44
4.4.2. Análise dos indicadores	46
5. Conclusão e Propostas de Trabalho Futuro.....	50
6. Bibliografia.....	53

Índice de Figuras

Figura 1 - Presença do Kaizen Institute a nível mundial.....	2
Figura 2 - Origem do termo Kaizen.....	2
Figura 3 - Exemplo de um produto final da Empresa X.....	3
Figura 4 - Esquema gráfico do processo produtivo da empresa X.....	4
Figura 5 - Total Flow Management.....	11
Figura 6 - Layout em Fluxo	13
Figura 7 - Layout em linha	13
Figura 8 – Layout funcional	13
Figura 9 - Zona de valor acrescentado	14
Figura 10 – Passos do Standardwork.....	15
Figura 11 - Exemplo de aplicação de SMED	16
Figura 12 - A3 de 9 passos	17
Figura 13 - Exemplo dos 3 A3 de 4 passos.....	18
Figura 14 - Exemplo de Mission Control Room	19
Figura 15 - Aplicação da ferramenta Yamazumi, antes e depois	19
Figura 16 - Diagrama de Ishikawa.....	20
Figura 17 - Exemplo de VSM com respetiva simbologia	21
Figura 18 - Mapeamento da situação atual, com identificação de problemas e desperdícios.....	24
Figura 19 - Mission Control Room na empresa X.....	24
Figura 20 - A3 de arranque do projeto	25
Figura 21 - Layout e distribuição inicial dos operadores no turno da manhã.....	26
Figura 22 - Layout e distribuição inicial dos operadores no turno da tarde	26
Figura 23 - Gráfico de processo da linha X	27
Figura 24 – Diagrama de Ishikawa aplicado à linha X	28
Figura 25 - Yamazumi da linha X no turno da manhã	30
Figura 26 - Yamazumi manual realizado durante a sessão de workshop em equipa	30
Figura 27 - Gráfico correspondente à procura semanal do cliente da linha X.....	32
Figura 28 - Yamazumi do turno da manhã com o takt time.....	33
Figura 29 - Yamazumi do turno da tarde com o takt time	33

Figura 30 - Ciclo do Mizusumashi	35
Figura 31 - Yamazumi manual da 1º solução	38
Figura 32 - Layout e distribuição de tarefas na 1º solução	38
Figura 33 - Yamazumi da 1º solução a 3 turnos	39
Figura 34 - Yamazumi manual da 2º solução	40
Figura 35 - Layout e distribuição de tarefas na 2º solução	40
Figura 36 - - Yamazumi da 1º solução a 3 turnos	41
Figura 37 - Yamazumi com as 2 soluções propostas	42
Figura 38 - BoL conceito posterior	42
Figura 39 - BoL conceito anterior	42
Figura 40 - Exemplo BoL depois das alterações	43
Figura 41 - Exemplo de BoL antes das alterações	43
Figura 42 - Documento com indicadores para acompanhamento da implementação das alterações	44
Figura 43 - A3 de Acompanhamento.....	45
Figura 44 - Evolução real dos indicadores propostos.....	45
Figura 45 - Evolução do indicador de produtividade	46
Figura 46 - Evolução dos indicadores de %paragens e %cumprimento do plano.....	46
Figura 47 - Relação entre %PDP e inverso do tempo de paragem.....	47
Figura 48 - Pareto de causas de paragens na semana W28.....	47
Figura 49 - Evolução do indicador de Scrap	48
Figura 50 - A3 de Fecho	50

Índice de tabelas

Tabela 1 - Levantamento das tarefas e tempos	29
Tabela 2 – Previsão mensal da procura para a linha X.....	32
Tabela 4 - Tabela de componentes e caixas necessárias no BoL	36
Tabela 3 - Tabela resumo com situação inicial e cenários propostos.....	41

Abreviaturas

VSA – Value Stream Analysis

VSD – Value Stream Design

VSM - Value Stream Mapping

PCB - Printed Circuit Board

PCB - Printed Circuit Board Assembly

TPS - Toyota Production System

JIT - Just In Time

TFM - Total Flow Management

BoL – Border of Line

SMED - Single Minute Exchange of Die

MCR – Mission Control Room

KPI – Key Performance Indicators

1. Introdução

1.1. Motivação e Contextualização do trabalho

O presente projeto foi realizado no âmbito da Unidade Curricular anual de Dissertação / Projeto / Estágio, que marca o fim do ciclo de estudos no Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial na Universidade de Aveiro. O projeto abordado neste projeto foi iniciado na terceira quinzena de Janeiro de 2023, numa empresa de componentes eletrónicos que por motivos de confidencialidade não é possível revelar a sua identidade, e que durante todo este documento será chamada de “Empresa X”, através de um serviço de consultoria prestado pelo Kaizen Institute, sendo esta a entidade responsável pelo estágio curricular.

A procura pela excelência organizacional e vantagem competitiva num ambiente industrial cada vez mais competitivo tem levado a que todas as empresas, quer de pequenas quer de grandes dimensões, procurem soluções que lhes permitam reduzir os custos operacionais, logísticos e administrativos, e deste modo tornarem-se economicamente mais eficientes.

Um exemplo desta afirmação é a Empresa X, localizada no norte de Portugal, é uma das principais especialistas e fabricantes de componentes eletrónicos em todo o mundo. Pertence a um grupo empresarial multinacional e apesar de ser uma divisão cujos lucros anuais são consideráveis, continua a procurar meios de melhorar e tornar os seus processos mais eficientes, tendo por base uma filosofia Lean de melhoria contínua, resultando assim nesta parceria com o Kaizen Institute.

1.2. Objetivos e Metodologia

O presente projeto teve como ponto de partida a compreensão do estado atual da Empresa X, relativamente aos seus processos produtivos, logísticos, de manutenção e Procurement, e identificação de oportunidades de melhoria que permitirão atingir os objetivos de crescimento, qualidade, custo e entrega (GQCD). Após realizado o diagnóstico do estado atual, foi desenhada a visão futura para as diversas áreas e seguido um plano de implementação personalizado baseado em projetos/workshops.

Neste projeto será exposto um caso prático específico, relativo a um projeto de melhoria que envolveu o aumento de produtividade de uma das linhas de montagem, explicando detalhadamente a situação inicial e todo o processo, métodos e ferramentas utilizados no desenho e implementação da visão futura, utilizando metodologias Kaizen.

Como conclusão também serão apresentados os resultados e benefícios financeiros resultantes deste projeto.

1.3. Kaizen Institute

A origem do Kaizen Institute remonta a 1985, sendo um grupo de consultoria fundado por Missaki Imai, que trabalhou diretamente com os notáveis Shoichiro Toyoda e Taiichi Ohno. Atualmente fornece serviços de consultoria em empresas nas Américas, Europa, Médio Oriente, Ásia e África, sendo que o seu portefólio engloba as áreas de consultoria, treino, formação e qualificação.

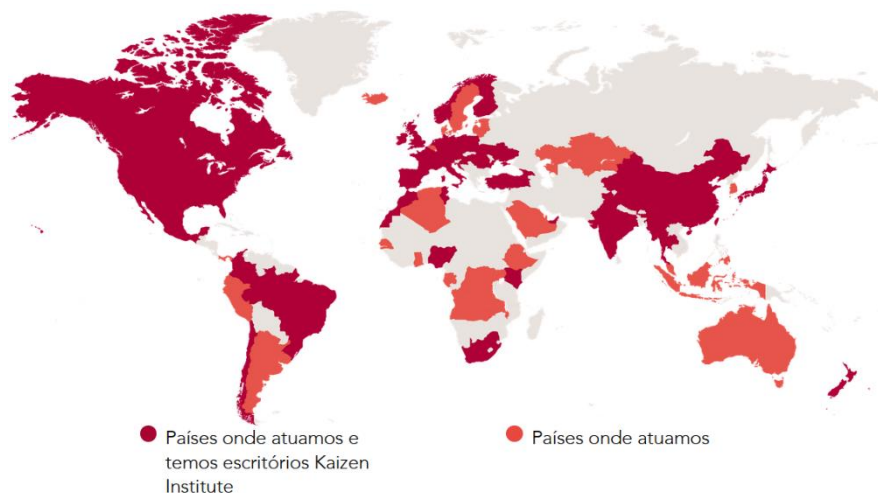


Figura 1 - Presença do Kaizen Institute a nível mundial

O Kaizen Institute apoia os seus clientes a dominarem o seu Gemba, palavra japonesa usada para descrever o local onde o valor é acrescentado, e a estabelecer a cultura e capacidades de melhoria contínua por toda a organização, isto em empresas de todas as dimensões e setores, bem como privadas ou públicas.

A origem etimológica da palavra “Kaizen” é uma junção das palavras “Kai” que significa “Mudança” e “Zen” que por sua vez significa “Melhor”, em suma “Kaizen” tem



Figura 2 - Origem do termo Kaizen

como significado “Mudar para melhor”, e esta é a missão do Kaizen Institute, mudar o mundo para melhor, em todas as áreas, envolvendo todas as pessoas e todos os dias.

No Kaizen Institute procura-se constantemente encontrar, desenvolver e promover vários aspetos de melhoria contínua em parceria com os nossos clientes, permitindo-os implementar melhorias sustentáveis através de consultoria, formação, atividades de benchmark e guiando-os na sua jornada Kaizen. Muitas das empresas começam a desenvolver as suas próprias estratégias de melhoria baseadas no Kaizen, procurando assim obter melhorias sustentáveis e vantagem competitiva nos seus mercados. (Kaizen Institute, 2023)

1.4. Empresa X

A Empresa X, como já referido é uma empresa que produz componentes eletrónicos, mais precisamente na transformação de PCB's (Printed Circuit Board) em PCBA's (Printed Circuit Board Assembly) e na montagem destes PCBA's com outros componentes mecânicos para obter então os seus produtos finais.

De modo geral, pode-se considerar que a empresa X é uma referência no setor, com um elevado grau de maturidade, com os seus departamentos e processos bem definidos, o que não invalida a sua ambição e visão inovação, melhoraria dos seus processos e conhecimentos, para se manter competitiva e na vanguarda do crescente mercado tecnológico.



Figura 3 - Exemplo de um produto final da Empresa X

Pode-se afirmar que a Empresa X está dividida em 2 grandes áreas. A área eletrónica onde os PCBA's são construídos e a área de montagem final, onde os PCBA's são assemblados a componentes mecânicos, formando assim o produto final.

De modo sintetizado o processo produtivo atual da Empresa X segue as seguintes etapas:

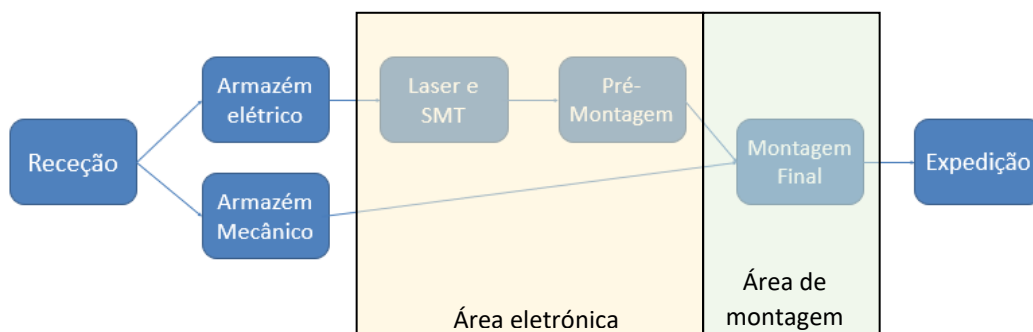


Figura 4 - Esquema gráfico do processo produtivo da empresa X

Durante o diagnóstico, denominado por Value Stream Analysis (VSA), todas estas áreas foram mapeadas e foram identificadas oportunidades de melhoria, sobre as quais resultaram vários workshops.

Para este projeto, será apenas abordado um dos workshops, que incidiu na área de montagem final, mais precisamente num Line Design & Standardwork numa das várias linhas de montagem.

A área de montagem final, é o local onde temos as típicas linhas de montagem e onde estão presentes mais operadores. Fundamentalmente é aqui em que os componentes eletrónicos são montados juntamente com os componentes mecânicos, dando origem ao produto acabado, podendo existir linhas mais automatizadas do que outras.

O abastecimento de componentes para as linhas de montagem final, quer mecânicos quer eletrónicos, é realizado por um Mizusumashi, assim como o transporte de produto acabado para o armazém de expedição.

1.5. Estrutura do documento

O presente documento é constituído por quatro capítulos. O primeiro capítulo é o introdutório onde se contextualiza o projeto sobre o qual o documento se incide, é explicado o objetivo do mesmo e é realizado um enquadramento do Kaizen Institute e da empresa cliente.

No segundo capítulo está presente o enquadramento teórico e revisão bibliográfica dos temas que sustentam este trabalho, procurando explicar antecipadamente todos os conceitos que são abordados nos capítulos 3 e 4.

O terceiro capítulo é o de desenvolvimento do projeto, onde é abordado o estado inicial da linha de montagem assim como todas metodologias e ferramentas utilizadas para aumentar a produtividade da linha.

Por fim, no quarto capítulo temos a conclusão com a comparação entre o estado inicial e o estado final da linha de montagem, quais os resultados atingidos e qual o retorno financeiro alcançado.

2. Enquadramento teórico

2.1. Os 5 Princípios fundamentais do Kaizen Institute

Existem 5 princípios fundamentais no Kaizen Institute, que são integrados em todas as suas ferramentas e comportamentos. A implementação destes 5 princípios em qualquer organização é crucial para uma cultura de melhoria contínua bem-sucedida e sem eles não será possível praticar nem sustentar Kaizen.

- Criar valor para o cliente: O que é procurado com este fundamento é capturar a voz do cliente, entender quais os seus objetivos e necessidades para assim melhorar a sua experiência, sempre com o pensamento de qualidade em primeiro lugar. O sucesso apenas é atingido quando os interesses do cliente e organização são o foco.
- Criar eficiência de fluxo: Com este pilar pretende-se implementar ações para melhorar o fluxo end-to-end e reduzir os seus desperdícios (muda, mura e muri). Entende-se por desperdício tudo aquilo que não acrescenta valor ao produto final.
- Ser orientado para o Gemba: Sendo “Gemba” a palavra japonesa para “o verdadeiro local”, é o lugar onde o valor é acrescentado. No contexto industrial, é considerado o chão de fábrica, sendo por isso fundamental focar neste local e visitá-lo frequentemente, para identificar as oportunidades de melhoria e eliminar os desperdícios, assim com resolver os problemas na sua causa raiz.
- Empoderar e capacitar as pessoas: Envolver e desenvolver as equipas de trabalho para que haja alinhamento de todos com os objetivos definidos é o propósito deste fundamento, sempre com o lema de não julgar e não culpar. É um ponto bastante importante para que a cultura de melhoria contínua fique enraizada pessoas e conseqüentemente nas organizações, não se tornando perecível; (Imai, 2012)
- Ser científico e transparente: A gestão visual e o conceito de “falar com dados” estão no núcleo deste fundamento. Com o recurso à gestão visual é possível facilmente transmitir, interpretar e identificar rapidamente desvios e atuar sobre os mesmos.

2.2. Lean Manufacturing

Lean é uma palavra inglesa que descreve algo que está isento de gordura, ou seja, pode-se traduzir em magra. Aplicada à gestão, é uma estratégia cujo objetivo consiste em reduzir ou eliminar o excesso/desperdício. Deste conceito surgiu o Lean Manufacturing, que é uma filosofia de gestão que engloba um conjunto de ferramentas e princípios para a melhoria de processos produtivos.

As raízes do Lean inicialmente derivam do sistema de produção da Ford, tendo sido posteriormente aperfeiçoado com o TPS (Toyota Production System), desenvolvido pela Toyota no Japão após a Segunda Guerra Mundial, mas ao longo do tempo, as suas ideias foram adotadas em todo o mundo, em praticamente todos os setores da indústria.

É natural confundir o conceito de Lean com o conceito de Kaizen, mas apesar de estarem relacionados, não são a mesma coisa. O conceito de Lean, engloba muitos outros conceitos, incluindo o de Kaizen.

O Lean Manufacturing apresenta como pilares fundamentais o Jidoka, conceito de automação homem-máquina e o Just In Time (JIT), sistema desenvolvido para se atingir níveis superiores de qualidade, custo e entrega de produtos/serviços, eliminando todos os tipos de desperdício nos processos e apresentando os produtos de acordo com os requisitos do cliente (Ohno, 1988).

Para além destes dois grandes pilares, engloba muitos outros conceitos, como o de Kaizen, Standardização, Heijunka, eliminação dos Muda e outros que serão apresentados ao longo deste documento.

2.3. 3 MU's

Um conceito chave no TPS é o dos 3 MU's. Estes 3 MU's, Muda, Mura e Muri, descrevem os 3 tipos de desvio da alocação ótima dos recursos.

Em primeiro lugar e talvez o mais conhecido, "Muda" significa desperdício. Representa todas as atividades que não agregam valor para o cliente, sendo fundamental proceder ao Muda Hunting para posteriormente reduzi-los ou eliminá-los.

Seguidamente, temos o "Muri" que designa sobrecarga, quer seja de operadores ou máquinas. Quando exigimos que operadores ou máquinas trabalhem para além de sua capacidade estamos a cometer "Muri" e poderemos estar a reduzir a sua vida útil (Turnbull, Oliver, & Wilkinson, 1992)

Por último, “Mura” representa variabilidade, ou seja, o uso irregular ou inconsistente de uma pessoa ou máquina que pode resultar de desequilíbrio na linha ou flutuações no ritmo de produção (Fucini & Fucini, 1990).

2.4 Os 7 Mudás

Segundo (Ohno, 1988) para se otimizar os fluxos e processos de uma organização, e assim realmente trabalhar sobre uma filosofia de melhoria contínua é fundamental identificar e diferenciar o que é valor acrescentado do que é desperdício, e consequentemente eliminar os desperdícios existentes.

Estes desperdícios, também denominados por Mudás, são categorizados em 7 tipos:

- Sobreprodução
- Transporte de material
- Movimento de pessoas
- Material em espera/ Stocks
- Pessoas em espera
- Sobreprocessamento
- Defeitos

Sobreprodução- A sobreprodução ou produção em excesso é considerado o desperdício mais grave de todos, pois pode ser a causa-raiz dos outros desperdícios. Uma organização deve produzir apenas as quantidades que vão de encontro à procura do cliente, quando isto não acontece ou produz antecipadamente, causa stocks intermédios e finais que não são desejáveis e causam outros desperdícios, como transporte ou espera. Este muda também leva a lead times excessivos e alocação desnecessária de recursos (Hines & Rich, 2007).

Transporte de material – Partindo do princípio de que o único transporte que acrescenta valor é aquele que é realizado em direção ao cliente, todos os restantes deveriam ser eliminados. Na prática, devido à existência de fluxos ou layouts não otimizados, muitos dos transportes não se conseguem eliminar, pelo que a reformulação dos fluxos ou layouts é essencial para a minimização deste desperdício. Transportar materiais entre postos de trabalho ou etapas do processo aumenta os tempos de ciclo e promove o uso desnecessário de mão de obra e espaço.

Movimento de Pessoas – Quando as ferramentas e materiais não se encontram num local aconselhável ou próximo do operador este tem de se movimentar para o alcançar. Existem outros motivos que promovem os movimentos desnecessários, como por exemplo uma sequência de trabalho não otimizada ou um layout desajustado. A ergonomia das estações de trabalho também é um dos fatores que influênciam este desperdício.

Material em espera/ Stocks – Este desperdício vai de encontro a um dos principais fundamentos da produção Lean e do Kaizen Institute, que é o fluxo. A espera não acrescenta valor ao produto, e o cliente não paga por este desperdício. A existência de excesso de matérias-primas, WIP e produto acabado provoca custos extraordinários para a organização como por exemplo custos de armazenamento.

Pessoas em espera – Este muda é facilmente identificado no chão de fábrica e pode indicar a presença de um “bottleneck” significativo. É usualmente causado por ineficiências do sistema, fluxo de materiais ou desbalançamento de tarefas. Muitas das vezes vemos operadores à espera de que uma máquina termine o processamento ou à espera de material para produzir (Liker, 2004).

Erros e Defeitos – Neste grupo, encontra-se toda a produção e materiais que não estão dentro dos padrões de qualidade exigidos pelo cliente e deste modo são sucata ou rejeitados. Pode originar o muda sobreprocessamento e consequentes custos acrescidos de não qualidade.

Sobreprocessamento – Consiste no processo de inspeção, limpeza ou retrabalho de um produto. É muito usual encontrar este defeito quando se pretende para corrigir etapas deficientes ou não consistentes a montante no processo. Pode ser eliminado através do uso de standards e normas.

A eliminação de todos estes desperdícios traz retornos financeiros significativos para qualquer organização, através por exemplo do aumento de produtividade, redução de stocks e satisfação dos clientes, promovendo simultaneamente uma cultura organizacional positiva e focada na melhoria contínua.

2.5 Total Flow Management

O Total Flow Management (TFM) é um modelo de gestão de logística integrada que se aplica a toda a cadeia de abastecimento de uma empresa. É uma estratégia KAIZEN baseada na criação do Pull Flow, que é um novo paradigma de sistema operacional que é de longe a melhor forma de projetar e gerenciar as operações e a cadeia de abastecimento de qualquer empresa (Kaizen Institute, 2023). É uma abordagem que se concentra na

otimização do fluxo de valor em processos e operações, procurando a eliminação de desperdícios e a criação de fluxos de trabalho mais eficientes.

O TFM é um modelo que pode potenciar o desempenho de qualquer processo da cadeia de abastecimento e incorpora o poder de uma transformação Lean completa para qualquer organização.

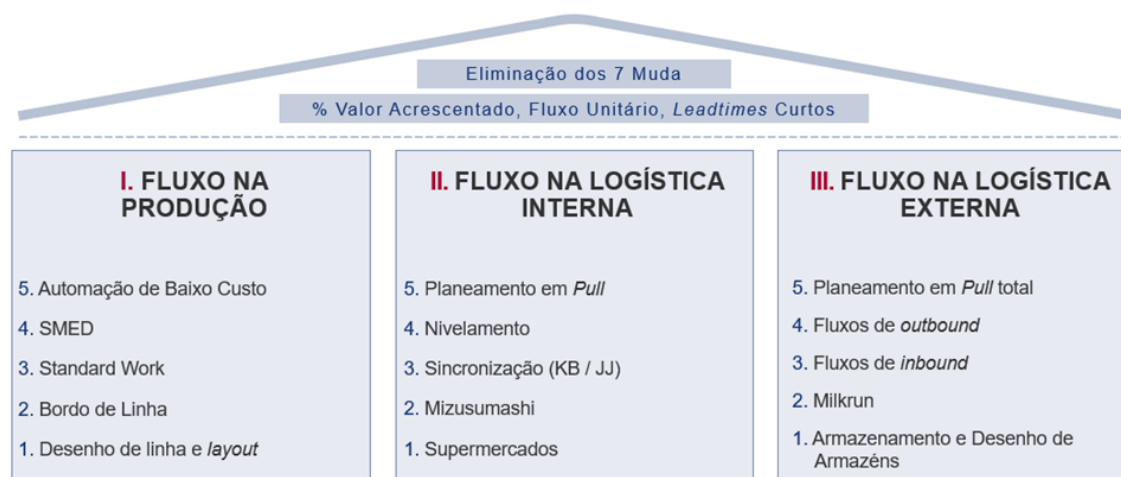


Figura 5 - Total Flow Management

O fluxo de informações e materiais identificados através da análise do ciclo logístico pode ser agrupado em três macrofluxos que são os pilares do TFM:

- Fluxo de produção
- Fluxo logístico interno
- Fluxo logístico externo

O primeiro pilar consiste em otimizar o fluxo de produção, cujo objetivo principal é implementar o one piece flow e resulta numa maior flexibilidade através do ajuste do set-ups e aumento da eficiência operacional (Kaizen Institute, 2023). Dentro deste pilar de fluxo de produção temos os seguintes conceitos:

- Desenho de linha e layout, em one-piece-flow
- Desenho dos bordos da linha, para a eficiência do abastecimento
- Definição do standardwork, para eficiência operacional
- SMED (Single Minute Exchange of Die), para flexibilidade na configuração
- Automação de baixo custo

O segundo pilar consiste na otimização do fluxo logístico interno, incluindo toda a movimentação de materiais, bem como os fluxos de informações relacionados. As ações de melhoria estão divididas nas seguintes áreas:

- Supermercados para aumentar a eficiência das retiradas de materiais
- Mizusumashi para simplificar e agilizar o transporte interno do material até o ponto de uso
- Sincronização, como coordenação entre oferta e demanda
- Nivelamento da produção
- Planeamento em Pull de acordo com os pedidos reais do cliente

Por fim, o terceiro passo é a otimização do fluxo logístico externo, ou seja, a movimentação de produtos acabados até os clientes e de matérias-primas desde os fornecedores até nós. Neste caso, as categorias de intervenção são:

- Redesenho de armazéns
- Criação do milk-run, que é um fluxo externo de transporte.
- Fluxos físicos de entrada
- Fluxos físicos de saída
- Planeamento em Pull total

2.5.1 Fluxo na Produção

A ferramenta que suportará este projeto é o TFM, mais precisamente com o primeiro pilar, o fluxo na produção. Posto isto será descrito mais pormenorizadamente neste subcapítulo.

2.5.1.1 Desenho de linha e layout

O objetivo principal de um desenho de linha e layout é eliminar as atividades de valor não acrescentado e criar fluxo unitário nas atividades que acrescentam valor. Materializando isto aumenta-se a produtividade e níveis de serviço, reduz-se o desperdício, stock e área ocupada e simultaneamente estimula-se o trabalho de equipa e polivalência.

Existem tipicamente 3 tipos de layout:

- Funcional
- Linha
- Fluxo

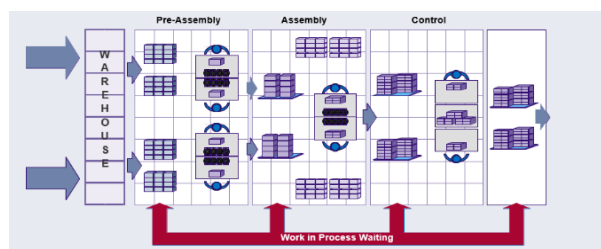


Figura 6 – Layout funcional

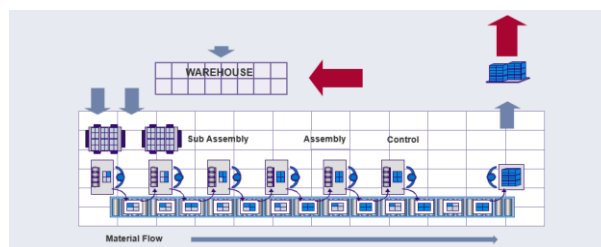


Figura 7 - Layout em linha

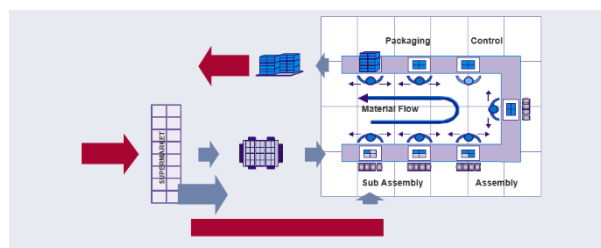


Figura 8 - Layout em Fluxo

Procura-se sempre adotar um layout em fluxo, para permitir o fluxo unitário através de uma célula de produção de formato em U. Este tipo de layout para além de reduzir o lead time quando comparado com os outros tipos de layout, elimina ou minimiza certos tipos de muda, como por exemplo, o transporte, o stock intermédio, tempos de espera.

2.5.1.2 Bordo de linha

O bordo de linha (BoL) é local que marca o limite da linha de produção e é onde se encontram os componentes necessários para produção. É considerado como a interface entre a produção e a logística, sendo então a área onde entram componentes e saem as caixas vazias desses mesmos componentes, desempenhando um papel fundamental na organização e na eficiência das operações.

“É tarefa da logística interna, o abastecimento do material certo, na quantidade exata, no momento certo, no local mais adequado e com um correto método de apresentação” (Coimbra , Total Flow Management: Archiving Excellence with Kaizen and Lean Supply Chains, 2009).

O abastecimento deve ser realizado pela equipa logística com o objetivo de o operador nunca parar a produção para abastecimento, pois a sua atividade de valor acrescentado foca-se em produzir.

A disposição física do BoL deve ser ergonómica e estar dentro a zona de valor acrescentado do operador, para minimizar os movimentos. Preferencialmente deve-se ter um BoL frontal, mas quando é fisicamente impossível, optar por um lateral.

A dimensão dos contentores ou caixas a colocar nos BoL é um ponto fundamental também, devendo sempre optar por caixas de pequena dimensão.

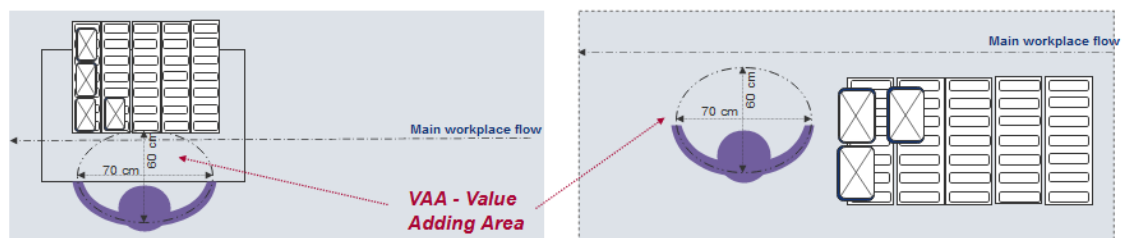


Figura 9 - Zona de valor acrescentado

A quantidade de componentes por contentor, o nº de contentores e a sua posição deve ser dimensionada e estudada, assim como quais componentes terão posição física e funcionar como Kanban ou aqueles que são sequenciados e funcionar como Junjo, apenas quando são necessários. Para além da posição de caixas de componentes cheias, também é fundamental existirem zonas para colocar as caixas vazias.

2.5.1.3 Standardwork

Por definição o standardwork é o melhor procedimento conhecido até ao momento para realizar uma tarefa ou operação. Consiste na sequência de tarefas ótima que assegura rapidez, segurança e qualidade na produção de um produto ou serviço, sendo uma ferramenta fundamental na melhoria contínua.

O primeiro passo para a construção de um standard de trabalho é observar e medir a execução de uma tarefa para assim identificar as dificuldades e oportunidades.

Segundo (Míkva, Prajová, Yakimovich, & Alexander, 2016) existem 5 características que todos os standards devem possuir:

- Ter apenas a informação necessária para se realizar as operações;
- Simplicidade e conter ajudas visuais para facilitar a interpretação;
- Possibilitar a modificação dos parâmetros do processo;
- Empoderar os operadores, garantindo que todos têm atividades importantes;
- Permitir monitorizar todos os standards de cada operação e o impacto que cada um tem no processo;

Quando é aplicada esta ferramenta, o objetivo é criar e formar trabalhadores em normas para cada tarefa, considerando melhorias que garantam uma melhor qualidade, menos custos e uma entrega mais rápida. Com isto, pretendemos que todos os colaboradores executem a mesma tarefa de forma igual para assim termos resultados consistentes e expectáveis, que nos garantem um output sempre igual, sem erros, sem variação e com o mesmo nível de serviço e leadtime. Outra vantagem de existir um standard para a execução de uma tarefa é na introdução de novos colaboradores, pois consegue-se reduzir a variabilidade e continuar com resultados consistentes.



Figura 10 – Passos do Standardwork

2.5.1.4 SMED

O SMED (Single Minute Exchange of Die) é outra ferramenta de melhoria contínua que consiste em otimizar as trocas de referência de produção na mesma linha ou máquina, com o objetivo de aumentar a produtividade, através da redução dos tempos gastos em setups.

Esta metodologia foi introduzida pela primeira vez em 1985 por Shigeo Shingo, e representa a sistemática redução do tempo de setup, através da conversão de atividades realizadas com a máquina parada (atividade internas) em atividades executadas durante o tempo em que a máquina está a trabalhar (atividades externas), e também através da simplificação das tarefas que não podem ser externalizadas ou eliminadas (Shingo, 1985).

É uma ferramenta importantíssima pois longos tempos de setup conduzem geralmente à acumulação de stock uma vez que forçam os planeadores a planear as referências iguais todas de uma vez para evitar setups, logo o sistema não é flexível o suficiente para ter muitas trocas.

Numa ótica de produção em fluxo e puxada, desejamos um sistema flexível que possa atender qualquer pedido rapidamente, independentemente da necessidade de setups ou não.

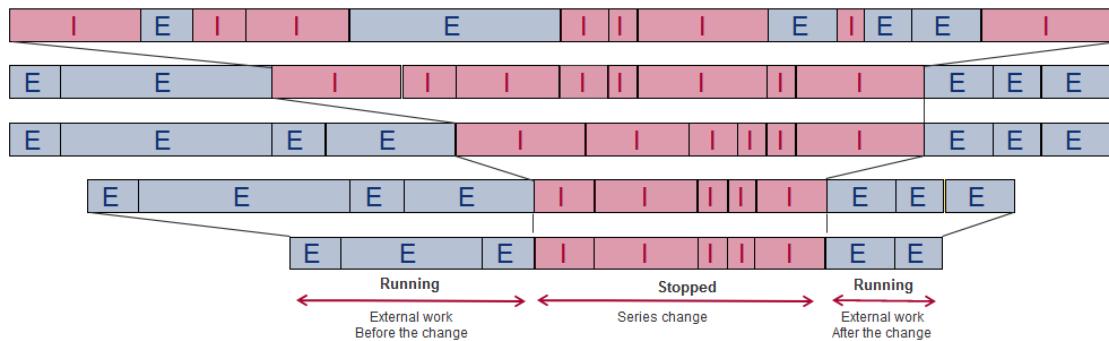


Figura 11 - Exemplo de aplicação de SMED

2.5.1.5 Automação de baixo custo

A automação de baixo custo refere-se à adoção de sistemas automatizados que sejam eficazes e económicos para melhorar os processos e fluxos de trabalho, sem incorrer em altos custos de investimento.

É baseado no conceito de "Karakuri", uma palavra japonesa que se refere a dispositivos mecânicos simples, muitas vezes acionados por engrenagens, pesos, molas ou outros mecanismos básicos. Esses dispositivos foram tradicionalmente usados no Japão como brinquedos, truques de entretenimento ou para fins práticos, como na agricultura e na indústria.

2.6 Gestão Visual

A gestão visual consiste em apresentar e disponibilizar de forma visual os dados e informação, de modo facilitar e tornar mais rápida a sua interpretação. É uma ferramenta mandatória na prática de melhoria contínua, quer para acompanhamento de indicadores, na deteção de problema ou na organização do posto de trabalho.

Esta ferramenta permite também uma melhor visão de toda a value stream e identificação dos elementos que não acrescentam valor. A implementação desta ferramenta possibilita avaliar de forma mais eficiente qual o nível de cumprimento dos objetivos inicialmente definidos por parte dos colaboradores, ou que tipos de anomalias estão presentes nos processos da organização, prevenindo riscos e melhorando indicadores (Imai, 2012).

2.7. Relatório A3

O relatório A3, é uma ferramenta de comunicação visual utilizada para resumir informações e soluções relacionadas com problemas, projetos ou processos. Originalmente esta ferramenta possui este nome pois é uma única folha de papel no formato A3.

O objetivo principal de um relatório A3 é fornecer uma maneira concisa e eficaz de comunicar informações complexas, promover o pensamento estruturado e colaborativo, e facilitar a tomada de decisões, reduzindo assim o tempo empregado nas atividades de planeamento, acompanhamento e encerramento de um projeto.

Por detrás do preenchimento do A3 – que se assumirá como um “resumo” das atividades que estão em curso – está um “pensamento A3” que obedece a três regras de ouro: simplificar, obter consenso e normalizar. O preenchimento do A3 obedece ainda a outras regras elementares – deve ser desenvolvido pelo líder do projeto, e, sempre que possível, com recurso a gestão visual, para uma melhor leitura e entendimento da mensagem principal – e permite comunicar o processo de melhoria com elementos internos e externos (Kaizen Institute, 2023).

Tradicionalmente o A3 é constituído por 9 passos, Identificação do problema e âmbito, Observação o estado inicial, Definição dos objetivos a atingir, Análise das diferenças e causas, Desenho de soluções, Teste das soluções, Atualização do plano de ações, Confirmação e Follow up dos resultados e, por último, Lições aprendidas.

The image shows a template for an A3 workshop form. At the top left, there is a blue box with the text 'A3'. To its right, the text reads 'Workshop name: XXXX XXXXXXXXXXXX'. Further right is the Kaizen Institute logo. Below the workshop name, there are three dates: 'KICK OFF DATE: XX-XX-XXXX', 'LAST UPDATE: XX-XX-XXXX', and 'DEADLINE: XX-XX-XXXX'. The main body of the form is a 3x3 grid of boxes, each representing a step in the process. Each step has a title and a small green and red icon. The steps are: 1. CLARIFY OBJECTIVES, 2. OBSERVE THE INITIAL STATE, 3. SET TARGET STATE, 4. ANALYSE DIFFERENCES AND CAUSES, 5. DESIGN SOLUTIONS, 6. TEST SOLUTIONS, 7. UPDATE ACTION PLAN, 8. CONFIRM RESULTS, and 9. LESSONS LEARNED. At the bottom of the form, there are three fields: 'Project Manager: Sensel Consultant', 'Team:', and 'Sponsors:'.

Figura 12 - A3 de 9 passos

2.7.1 A3 de 4 passos

Baseado no tradicional A3 de 9 passos, foi desenvolvido o A3 de 4 passos. Esta variante da ferramenta, divide o A3 em 3 fases, o Arranque, o Acompanhamento e o Fecho, permitindo então ter a informação necessária e mais detalhada à fase em que o projeto se encontra no momento. Assim sendo, passamos a ter 3 documentos A3, referentes a cada uma das fases acima referidas.

No A3 de Arranque, são definidos os problemas e objetivos, os entregáveis, a estrutura organizacional e o cronograma do projeto.

O A3 de acompanhamento é constituído pela evolução dos KPI's, as ações implementadas até ao momento, as próximas ações e constrangimentos e ações necessárias.

Por último, no A3 de fecho, temos a situação antes, a situação depois, a definição do problema e o impacto.

The image displays three A3 project management templates side-by-side, each with a header and a grid of sections. The first template, 'Start-Up A3', includes sections for '1. OBJECTIVES & GOALS', '2. DELIVERABLES', '3. ORGANISATIONAL STRUCTURE', and '4. PROJECT PLAN'. The second, 'Follow-Up A3', features '1. CHRONOGRAM AND KPI'S PROGRESS', '2. IMPLEMENTED ACTIONS (from the last state of play)', '3. NEXT ACTIONS (until the next state of play)', and '4. BOTTLENECKS AND NECESSARY DECISIONS'. The third, 'Closing A3', contains '1. PICTURES BEFORE', '2. PICTURES AFTER', '3. PROBLEM DEFINITION', and '4. VALUE & IMPACT'. The 'Closing A3' template also includes a 'PROBLEM DEFINITION' section with a 'Desired State' field and a 'Value & Impact' section with a bar chart comparing 'KPI' and 'KPI2'.

Figura 13 - Exemplo dos 3 A3 de 4 passos

2.8. Obeya Room / Mission Control Room

Também conhecida com War Room e Obeya Room, deriva da palavra japonesa “Obeya” que significa “grande sala visual”, é o local onde é feita toda a gestão de projetos e são monitorizados os KPI (Key Performance Indicators) da organização (Coimbra, Kaizen Uma estratégia de melhoria, crescimento e rentabilidade, 2016).

A Mission Control Room é um conceito adotado das salas de controlo de tráfego aéreo e das missões aeroespaciais desenvolvidas pela NASA, na qual através de ferramentas visuais de gestão de projeto, são seguidos os resultados e ações derivadas de projetos. É uma ferramenta essencial para visualmente expor os problemas e desvios aos objetivos.

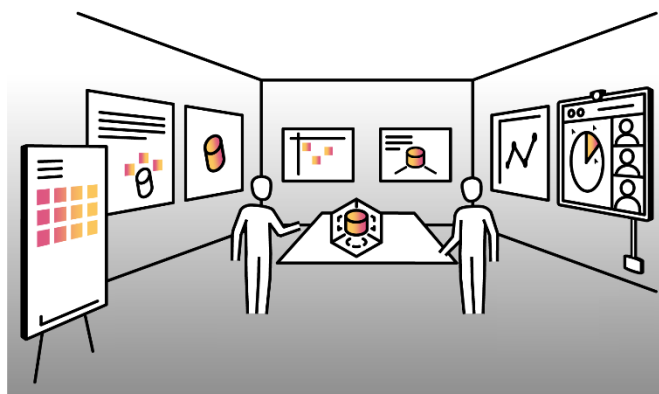


Figura 14 - Exemplo de Mission Control Room

2.9. Gráfico Yamazumi

Derivada da palavra japonesa que significa “Empilhar”, o gráfico Yamazumi é simplesmente um gráfico de barras que permite de forma visual perceber a distribuição de carga de tarefas por posto de trabalho ou operador e tirar conclusões acerca do balanceamento de tarefas, mas também se temos capacidade para satisfazer a procura do cliente.

Para a construção deste gráfico é essencial ter conhecimento do tempo de execução de cada uma das tarefas, bem como a procura do cliente e do nosso tempo de abertura, para se calcular o takt time do cliente, que fundamentalmente é o ritmo no qual devemos produzir uma unidade para satisfazer a procura do cliente.

O objetivo desta ferramenta é balancear as tarefas entre todos os postos ou operadores e garantir que o tempo de ciclo, ou seja, o tempo médio entre unidades de output seguidas, se encontre abaixo do takt time do cliente.

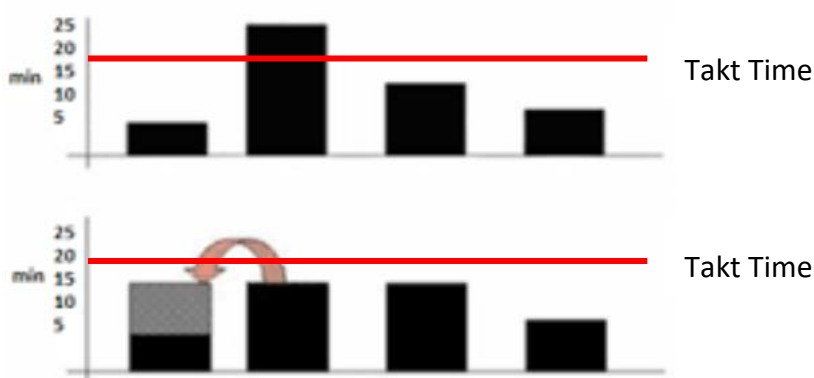


Figura 15 - Aplicação da ferramenta Yamazumi, antes e depois

2.10. Diagrama de Ishikawa

O Diagrama de Ishikawa ou "Diagrama de Causa e Efeito", é uma ferramenta de qualidade amplamente utilizada para identificar e visualizar as possíveis causas de um problema específico. Foi desenvolvido pelo engenheiro japonês Kaoru Ishikawa nos anos 1960 e é uma ferramenta fundamental no contexto da melhoria contínua e da gestão da qualidade.

Muitas das vezes também é chamado de "Diagrama de Espinha de Peixe" devido à sua aparência visual, que se assemelha a uma espinha de peixe. Consiste numa linha central horizontal que representa o problema ou efeito que se deseja analisar. A partir dessa linha central, são desenhadas linhas diagonais que parecem espinhas de peixe, e cada uma delas representa uma categoria ampla de possíveis causas do problema. Essas categorias são:

- Métodos: Como os processos são executados;
- Materiais: Materiais, matérias-primas ou componentes usados no processo;
- Mão de Obra: Habilidades, treino e recursos humanos envolvidos;
- Máquinas: Equipamentos, máquinas e tecnologia envolvidos;
- Medidas: Métricas, padrões e procedimentos de controle de qualidade;
- Meio Ambiente: Fatores externos ou ambientais que podem afetar o processo.

Para utilizar esta ferramenta, por norma é reunida uma equipa multidisciplinar com o intuito de identificar todas as possíveis causas que podem contribuir para o problema que se pretende resolver. Cada causa potencial é registada nas espinhas de peixe correspondentes sob as categorias apropriadas. A equipa pode realizar análises mais detalhadas para explorar as causas raiz dentro de cada categoria.



Figura 16 - Diagrama de Ishikawa

2.11. Value Stream Analysis

O VSA é uma metodologia e ferramenta utilizada no conceito de LM e Kaizen, que consiste no mapeamento da cadeia de valor atual de uma organização end-to-end, tornando visíveis todas as atividades realizadas, com o objetivo de se identificar aquelas que representam desperdício ou valor acrescentado.

Esse mapeamento inclui não apenas o fluxo de materiais, mas também o fluxo de informação. Aqui, são adicionados dados relevantes, como mão de obra, stocks, tempos, dados dos equipamentos e outros. Em seguida, passa-se para o Mapeamento da Visão Futura, onde a equipa é desafiada a criar uma visão que contenha apenas as atividades relevantes. Posteriormente, são definidos os projetos a realizar e, no fim, são calculados os benefícios esperados (Kaizen Institute, 2023).

Resumidamente o VSA pode ser dividido em 2 fases, o Value Stream Mapping (VSM), onde se faz o diagnóstico da situação atual, e o Value Stream Design (VSD), onde se desenha a visão futura e o roadmap para a atingir.

O VSM é uma ferramenta que surgiu no século XX na Toyota Motor Company e que imediatamente ganhou muita importância no LM. A sua filosofia baseia-se na representação gráfica do fluxo de uma cadeia de valor de materiais ou informação, desde que a ordem do cliente é colocada até que o produto final é entregue. (Rohac & Januska, 2015).

É utilizado de forma a providenciar uma visão global das atividades envolvidas no processo de produção, facilitando a identificação dos desperdícios existentes e das suas fontes. O VSM apenas por si não permite atingir estes resultados, mas sim, identificar as oportunidades de melhoria existentes nos processos (Lacerda, Xambre, & Alvelos, 2016).

Os principais objetivos da realização de um VSA incluem:

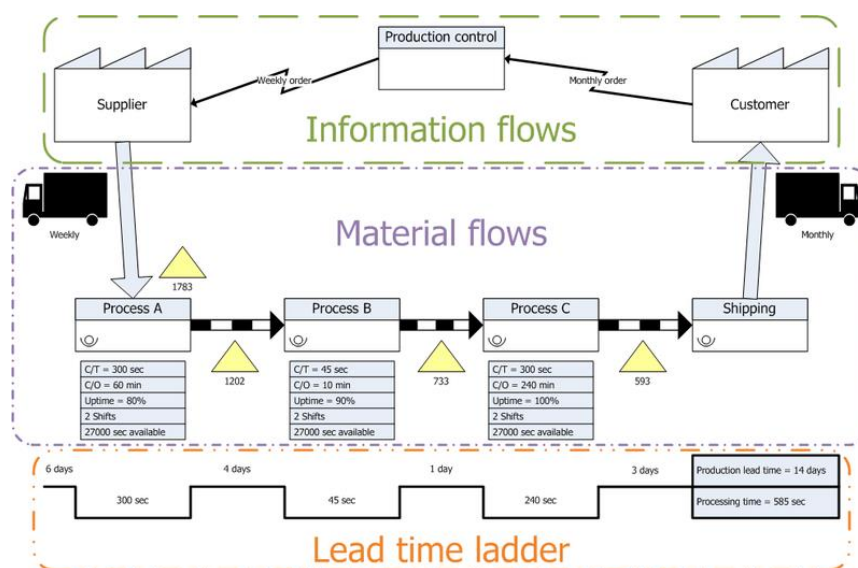


Figura 17 - Exemplo de VSM com respetiva simbologia

- Identificação de Desperdícios: Através do mapeamento do processo, a metodologia ajuda a identificar desperdícios, como tempo de espera, movimento desnecessário, stocks excessivos e retrabalho;
- Identificação de Oportunidades de Melhoria: Uma vez que os desperdícios são identificados, a VSA ajuda a encontrar oportunidades para melhorar a eficiência e a qualidade do processo;
- Redução de Lead Time: A análise do fluxo de valor visa reduzir o lead time, ou seja, o tempo necessário para concluir um processo do início ao fim, o que pode melhorar a capacidade de resposta às demandas dos clientes;
- Aumento da Qualidade: Ao identificar e eliminar fontes de desperdício, a qualidade do produto ou serviço muitas vezes melhora;
- Aumento da Eficiência: A metodologia busca otimizar o fluxo de trabalho, eliminando gargalos e simplificando processos;
- Promoção da Colaboração: A análise do fluxo de valor envolve frequentemente equipas multidisciplinares, o que promove a colaboração entre diferentes partes da organização.

3. Situação atual

Após finalização do VSA/diagnóstico e identificação das áreas com potencial de melhoria (fig.17), realizou-se a seleção de quais as áreas que seriam atuáveis. Concluímos, em conjunto com o cliente e respectiva direção, arrancar com certos workshops/ projetos de melhoria, sendo um deles o foco deste projeto de estágio.

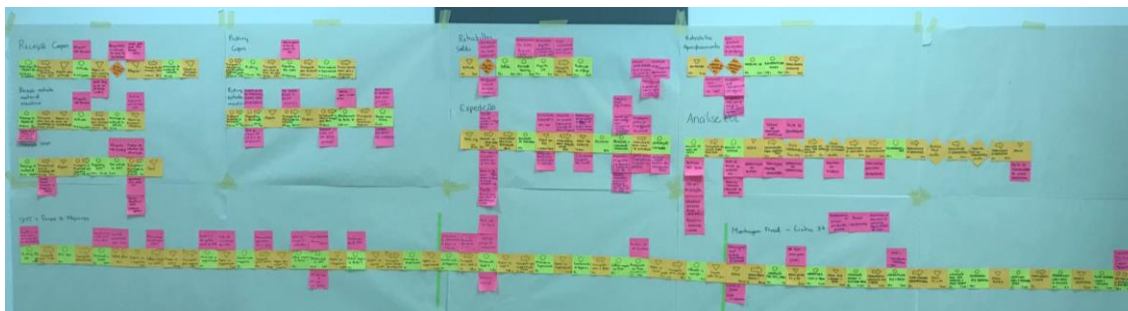


Figura 18 - Mapeamento da situação atual, com identificação de problemas e desperdícios

Como foram selecionados vários projetos, e muitos deles decorreriam simultaneamente, o primeiro passo foi construir uma MCR (fig.18) para garantir o acompanhamento e correta gestão dos projetos. Foi também adotada a rotina de reunir semanalmente com os líderes de cada um dos projetos para acompanhar a evolução dos indicadores, definir próximos passos, desbloquear tensões e assim garantir o sucesso dos vários projetos.

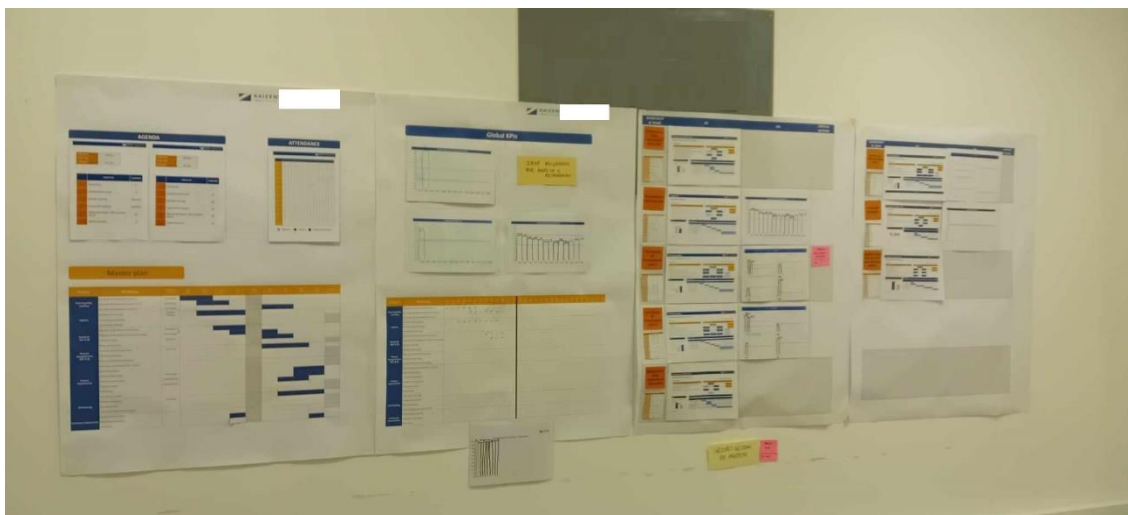


Figura 19 - Mission Control Room na empresa X

Estando esta sala pronta e os envolvidos alinhados, arrancou-se então com os projetos de melhoria. O projeto sobre o qual este projeto de estágio incidirá, tomou o nome de “Line Design & Standard Work for Line X” e teve como principal objetivo aumentar a produtividade de uma linha de montagem, através da aplicação de metodologia Kaizen.

Neste tipo de projetos de melhoria, que no Instituto Kaizen é denominado de Workshops, é normalmente seguida uma metodologia standard, que dependendo das características da organização ou do estado atual da linha de montagem, poderá ser diferente.

Para todos os Workshops, o Instituto Kaizen em conjunto com o líder do workshop, neste caso foi o responsável de produção, constroem o A3 de arranque. Este documento (fig.19), abaixo exposto, é constituído por quatro grandes pontos que suportam a fase inicial do workshop: problemas e objetivos, equipa do workshop, indicadores que serão acompanhados e também o cronograma de projeto.

Como é possível ver pelo A3 de arranque, e tendo em vista o sucesso do workshop, foi selecionada uma equipa multidisciplinar, composta por elementos da produção, equipa da qualidade, equipa da melhoria contínua, equipa da engenharia do processo, equipa de manutenção, equipa de tempos e métodos e também pela equipa logística, isto para que durante as análises e discussões promovidas todos os interessados estivessem presentes e para que as decisões resultantes do workshop não comprometessem nenhum dos departamentos.



Figura 20 - A3 de arranque do projeto

Os dados históricos de produção, produtividade, vendas e previsões de vendas também foram recolhidos antes do arranque do workshop, para que estes estivessem prontamente disponíveis quando necessários.

3.1. Situação Atual – Linha X

Este workshop arrancou com uma pequena contextualização e explicação teórica para a equipa, de alguns conceitos relevantes para o mesmo, nomeadamente o que é o Instituto Kaizen, filosofias Kaizen, desenhos de linha, standardwork e bordos de linha. Seguidamente foi feito um Gemba Walk com todos os participantes do workshop, para observação, identificação de oportunidades e também recolha de tempos, tendo sido esta análise mais detalhada e aprofundada do que aquela realizada durante o VSA.

À data de arranque do workshop, a linha X, é constituída por 9 postos de trabalho e laborava com 5 operadores. É uma linha dedicada a um cliente, monta apenas um produto e trabalha normalmente com 3 turnos.

No imediato constatou-se que o standardwork e a distribuição de tarefas entre operadores era diferente nos turnos observados, manhã e tarde, pelo que não era seguido nenhum Standardwork ou Workflow definido pela organização.

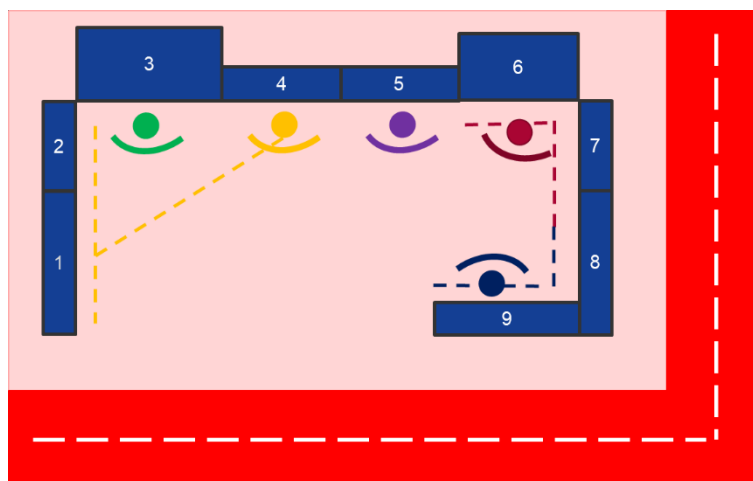


Figura 21 - Layout e distribuição inicial dos operadores no turno da manhã

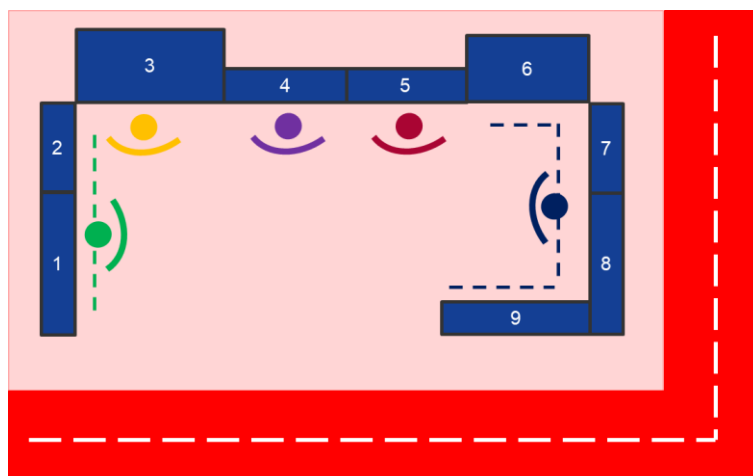


Figura 22 - Layout e distribuição inicial dos operadores no turno da tarde

3.1.1. Gráfico de Processo

Seguidamente, e para tornar todo o processo mais claro, foi realizado o gráfico de processo. Para este gráfico foi feito o sequenciamento de tarefas de valor acrescentado, levantados os tempos de cada operação e as incorporações dos diversos componentes, construindo assim o gráfico abaixo:

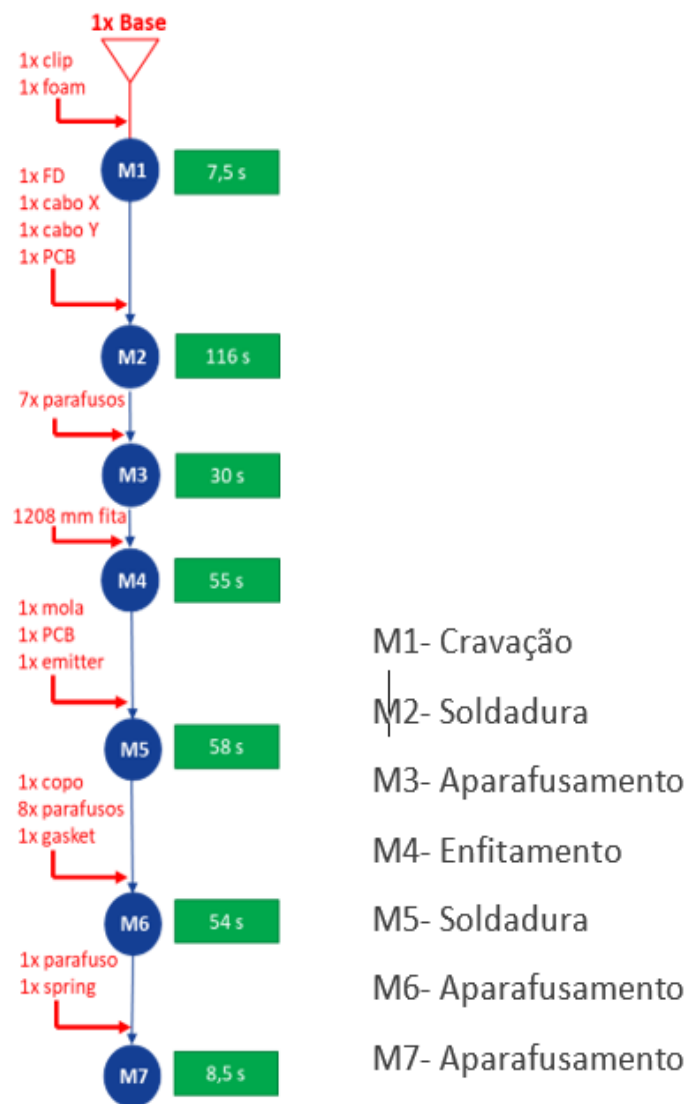


Figura 23 - Gráfico de processo da linha X

corresponde a tempo homem ou tempo de máquinas. Na tabela 1 abaixo é possível ver esses tempos:

Tarefa	Tempo (s)	Homem	Máquina
Coloca 3 componentes na máquina	13 x		
Máquina junta componentes	7,5		x
Coloca 2 fios	18 x		
Reposição componente de borracha (856 por cx)	0,005841121 x		
Reposição componente de metal (32 por blister)	0,1875 x		
Reposição componente de plástico (180 por cx)	0,027777778 x		
Reposição de fios brancos e azuis (200 por cx)	0,085 x		
Colocar peça na máquina e operar 3x (posto duplicado)	116 x		x
Reposição de pcb's (8 por blister)	1 x		
Verificar peça e ler código	26 x		
Aparafusar 7 parafusos	30 x		
Retirar peça e verificar	7 x		
Repor parafusos (10 000 por cx)	0 x		
Coloca peça e enrola fita cola	67 x		
Retira peça e coloca em espera	3 x		
Repor fita-cola (48 rolos por cx)	0,0625 x		
Colocar componente metálico no pcb	8 x		
Repor componentes metálicos (10 000 por cx)	0 x		
Repor pcb's (116 por cx)	0,025862069 x		
Coloca peça na máquina	15 x		
Máquina solda e analisa soldas	58		x
Retira peça da máquina	10 x		
Repor componente metálico (40 por blister)	0,125 x		
Colocar copo no molde e aparafusa	54 x		
Repor copo (15 por cx)	0,333333333 x		
Repor componente silicone (250 por cx)	0,02 x		
Repor parafusos	0 x		
Prender máquina e colocar peça metálica	6 x		
Pegar em parafuso e aparafusar	8,5 x		
Retirar do molde e colocar na próxima máquina	16 x		
Repor parafusos (1000 por cx)	0 x		
Repor peça metálica (120 por blister)	0,041666667 x		
Teste EOL	12		x
Inspeção visual	6,5 x		
Enrolar fio e arrumar na caixa	6 x		
Colocar etiqueta na caixa, empurrar antiga e colocar nova	1,875 x		

Tabela 1 - Levantamento das tarefas e tempos

Constatou-se no imediato e através da recolha de tempos, que as tarefas não estavam bem balanceadas nem bem distribuídas pelos operadores, sendo que havia operadores que tinham longos tempos de espera, enquanto outros estavam sobrecarregados.

Para perceber o estado atual, recorreu-se à metodologia Yamazumi que é uma ferramenta que permite distribuir a tarefas pelos operadores e de uma forma visual perceber a distribuição e carga de cada operador. Os gráficos abaixo mostram com clareza o desbalanceamento presente na linha.

Numa primeira fase, e para envolver os elementos no workshop, foi realizado manualmente recorrendo a post-its, e numa fase posterior foi realizado em Excel.

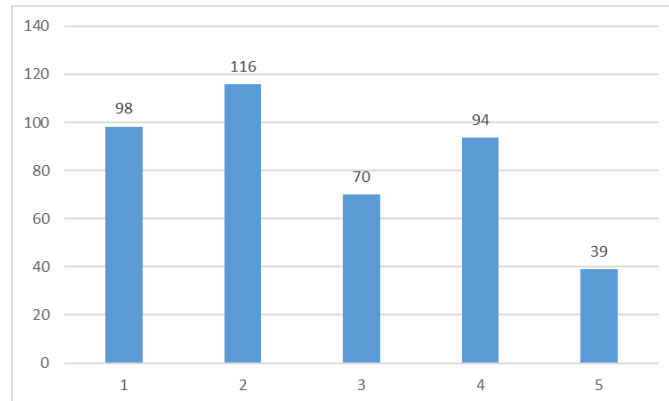


Figura 25 - Yamazumi da linha X no turno da manhã



Figura 26 - Yamazumi manual realizado durante a sessão de workshop em equipa

Após este exercício, concluiu-se que o tempo total das operações é de 414 segundos, já tendo em conta todas as operações frequenciais, que para o caso desta linha é apenas a troca de caixas e reposição de componentes.

Como é possível concluir pelo gráfico Yamazumi, há operadores que têm muito mais tempo de operação do que outros, pelo que o desbalanceamento confirmou-se.

Para cálculo do tempo dos frequênciais, foi tido em conta o nº de componentes de cada caixa e também o tempo que o operador demora a substituir cada caixa, pela seguinte fórmula:

$$\textit{Tempo do frequêncial} = \frac{\textit{Tempo de operação}}{\textit{N}^{\circ} \textit{ de componentes}}$$

Exemplificando, imaginemos que uma caixa tem 50 componentes e que para a substituir o operador demora 5 segundos, o frequêncial seria calculando 5 seg / 50 componentes, o que daria 0,1 segundos por unidade.

3.1.4. Eficiência da Linha

Terminando esta primeira fase do workshop, e com os dados já disponíveis e recolhidos foi possível calcular a eficiência da linha X, através da fórmula:

$$\textit{Eficiência} = \frac{\textit{Tempo total de operação}}{\textit{N}^{\circ} \textit{ de operadores} \times \textit{tempo de ciclo}}$$

Para um dos turnos, seria 71,4% (116 gargalo e 414 total) e para outro turno seria 62,7% (132 gargalo e 414 total). O que está longe de ser o desejável e que confirmou o diagnóstico feito durante o VSA.

Um ponto importante na realização de um Yamazumi é ter presente os dados relativos à procura do cliente, conhecido no meio industrial como Takt Time. Para isto foi analisado o histórico da procura e também as encomendas dos nossos clientes para os meses futuros.

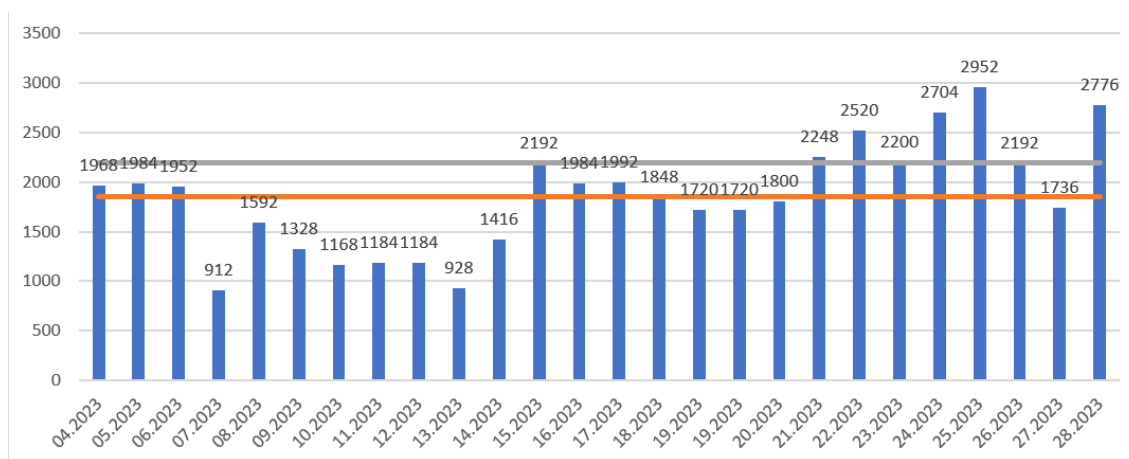


Figura 27 - Gráfico correspondente à procura semanal do cliente da linha X

Na figura 27 temos os dados históricos de vendas semanais, com a respetiva média, 1850 unidades/semana. Também foi calculado do 3º quartil, pelo que indica os 25% maiores valores, neste caso 2195 unidades semanais, e este valor foi calculado para perceber a variação que poderá acontecer.

Volumes								
Mês	05	06	07	08	09	10	11	12
Quantidade	8 812	9 613	8 011	4 806	8 011	9 613	9 613	6 409

Tabela 2 – Previsão mensal da procura para a linha X

Como já referido, para sermos mais precisos na análise, foram ainda analisadas as previsões para os restantes meses do ano, pelo que a previsão seria em média de 8200 unidades/ mês, ou seja, 2050 unidades/semana.

Em discussão com a equipa foram confirmados estes valores, e que para o efeito do workshop, não iriam variar significativamente. Posto isso o valor considerado para calculo de takt time foram 2050 unidades por semana.

Foi calculado então o takt time, através da fórmula:

$$Takt\ time = \frac{Tempo\ de\ abertura}{Procura}$$

O tempo de abertura considerado foram 21 horas diárias, o que corresponderia a 3 turnos, já tendo em consideração as pausas para refeições e pausas para reunião. Com isto chegamos ao valor final para takt time de aproximadamente 185 segundos por unidade.

$$\frac{21 \text{ horas} \times 5 \text{ dias} \times 3600 \text{ seg}}{2050 \text{ peças}} = 184,4 \text{ seg por unidade}$$

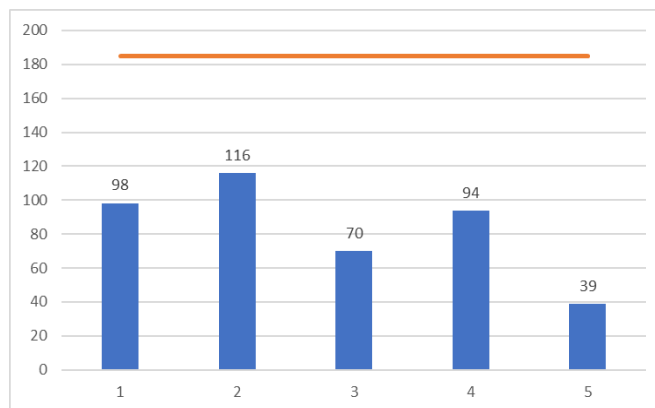


Figura 28 - Yamazumi do turno da manhã com o takt time

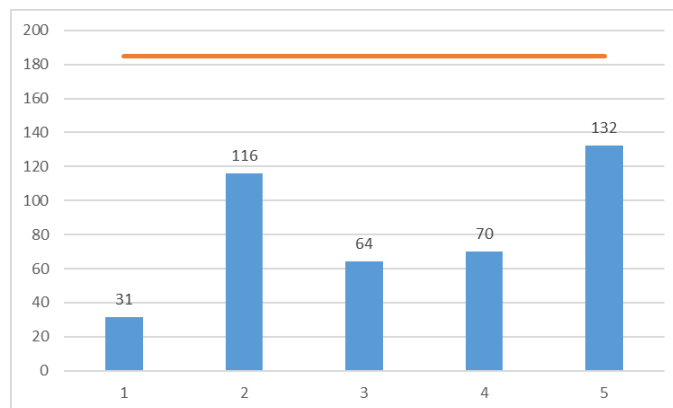


Figura 29 - Yamazumi do turno da tarde com o takt time

Como é possível constatar pela análise dos gráficos acima representados, além de existir em primeiro lugar um elevado desnivelamento entre os operadores, observa-se ainda uma grande “almofada” relativamente ao Takt time, com a qual poderíamos trabalhar.

Conclui-se que apesar do desbalanceamento e ineficiências da linha, e empresa X consegue cumprir as encomendas do seu cliente, mas existe muita “gordura” nesta linha.

O passo seguinte foi, em modo de brainstorming, balancear as operações pelos operadores, tendo como princípio não aumentar o tempo de ciclo.

3.1.5. Análise dos contentores e cálculo dos BoL

Um ponto importante para que uma linha de montagem funcione sem paragens é garantir que nunca haja falta de componentes. Foi realizada uma análise os contentores utilizados no BoL, mais precisamente na quantidade de unidades presentes por contentor e também no fator de incorporação destes mesmos componentes no produto final.

Visto que o abastecimento desta linha é feito por um mizusumashi, ou vulgarmente conhecido como comboio logístico, segundo o sistema kanban, que abastece fundamentado na regra caixa cheia – caixa vazia, é possível calcular o nº de contentores ideal através de uma fórmula matemática.

Tendo em conta o tempo de ciclo da linha, o tempo de ciclo do mizusumashi, o nº de componentes por caixa e também o fator de incorporação, é possível através da fórmula $2n+1$, garantir que nunca haja falta de material na linha.

$$N^{\circ} \text{ Contentores} = 2n + 1$$

$$n = \frac{\textit{tempo de ciclo do mizusumashi}}{\textit{autonomia da caixa em condições de produção ideais}}$$

Explicação da fórmula

Esta fórmula, tem por base o ciclo de informação e o ciclo de transporte do mizusumashi, daí ter a multiplicação por 2. No caso extremo de uma caixa ser esvaziada imediatamente a seguir ao mizusumashi arrancar, este não consegue levar a caixa e respetiva informação de que tem de trazer uma caixa cheia.

Se não houvesse o fator de multiplicação por 2, apenas no ciclo seguinte é que levaria a informação que era necessária uma caixa cheia, e dentro deste tempo a linha ficaria sem esse mesmo componente e teria de parar a produção.

O +1 da fórmula, serve para prevenir possíveis erros do mizusumashi ou variabilidade da linha.

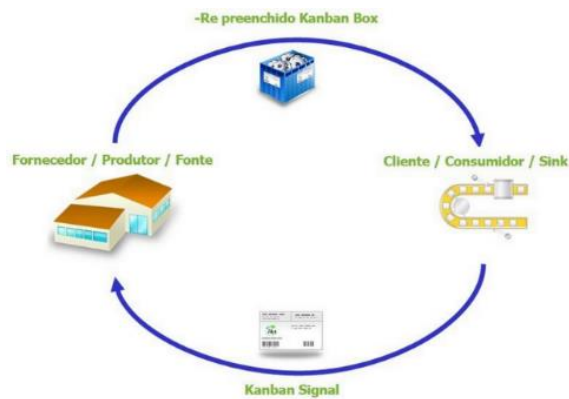


Figura 30 - Ciclo do Mizusumashi

Exemplo:

Imaginando que uma caixa tem 15 componentes, sendo o fator de incorporação de 1. O tempo de ciclo da linha como referido acima é de 116 segundos e o tempo do mizusumashi é de 50 minutos, o que corresponde a 3000 segundos.

A caixa com 15 componentes teria autonomia para:

$$Autonomia = \frac{15 \times 1}{116} = 1740 \text{ segundos}$$

Pela regra de $2n + 1$, a capacidade do bordo de linha para este componente teria de ser:

$$N^{\circ} \text{ de caixas} = \left(2 \times \frac{3000}{1740} \right) + 1 = 4,45 \text{ caixas}$$

Logo para não corrermos o risco deste componente acabar, temos de ter no BoL 5 caixas.

Estes cálculos foram replicados para todos os componentes e estão representados na tabela 3.

Componente	Qtd/caixa	Fator de incorporação	Autonomia (seg.)	# Caixas BoL
Ppré fixação	180	1	20880	2
Foam	858	1	99528	2
Cabo preto conector azul - TEL/GPS	200	1	23200	2
Cabo preto conector branco – FM/DAB	200	1	23200	2
Base	64	1	7424	2
Pcba	72	1	8352	2
Parafusos p3	10 000	7	165714,2857	2
Mola/Contacto	10 000	1	1160000	2
Pcb	216	1	25056	2
Fita cola	1 920 000	1 208	184370,8609	2
Emitter	40	1	4640	3
Gasket	250	1	29000	2
Copo	15	1	1740	5
Parafusos p6	10 000	8	145000	2
Parafusos p7	1 000	1	116000	2
Spring	120	1	13920	2

Tabela 3 - Tabela de componentes e caixas necessárias no BoL

Como é possível observar na tabela 3, todos os componentes, exceto um, tinham espaço disponível suficiente.

Para o componente em que eram precisas 5 caixas (copo), destacado na tabela 3, havia 2 soluções. Ou aumentar o nº de unidades por caixa, ou aumentar a capacidade do BoL. Visto este componente ser um estético, optou-se por não alterar a capacidade da caixa com vista a não comprometer a qualidade do produto e aumentou-se apenas a capacidade do BoL.

4. Visão futura e implementação

4.1. 1ª Solução – Redução de um operador, sem alteração de layout físico da linha

Com esta solução, alterando apenas as tarefas desempenhadas por cada operador e sem qualquer investimento, era possível reduzir 1 operador por turno ficando com uma eficiência de linha de 89,2%, representado no Yamazumi abaixo:

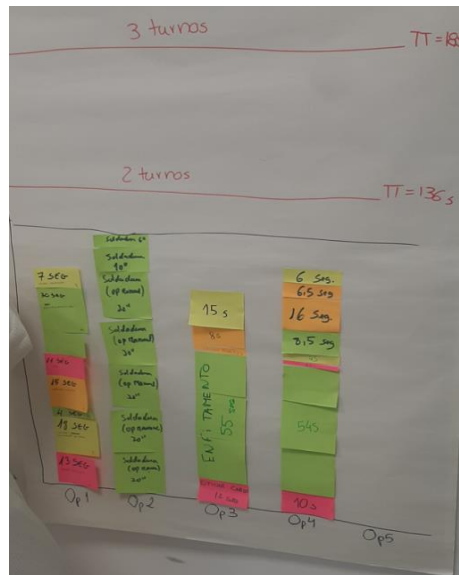


Figura 31 - Yamazumi manual da 1ª solução

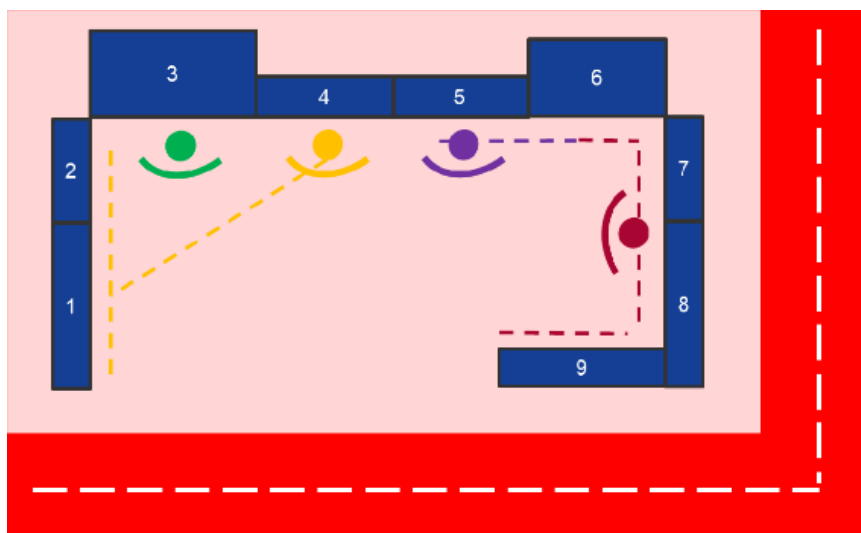


Figura 32 - Layout e distribuição de tarefas na 1ª solução

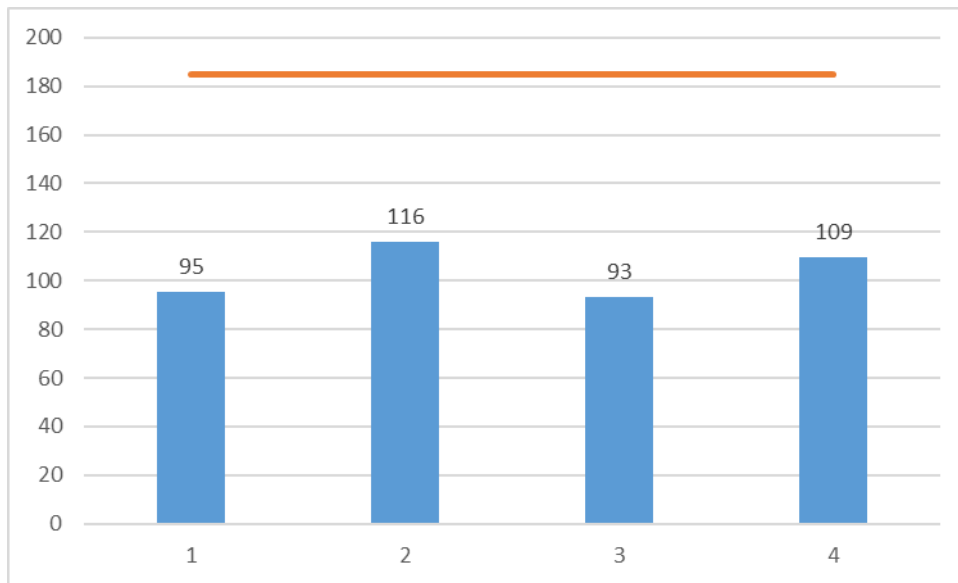


Figura 33 - Yamazumi da 1ª solução a 3 turnos

Explorando melhor esta solução, vemos que ainda existe uma almofada entre o Takt time e o tempo de ciclo. A solução seria diminuir o tempo de abertura, através da redução para 2 turnos, o que faria com que o takt time diminuísse.

$$Takt\ time = \frac{Tempo\ de\ abertura}{Procura} = \frac{15,5\ horas\ x\ 5\ dias\ x\ 3600\ seg}{2050\ peças} = 136,1\ seg\ por\ unidade$$

Considerando que a linha X não abriria no turno da noite, ficaríamos com um tempo de abertura de 15,5 horas, e desta forma baixaríamos o takt time para aproximadamente 136 segundos.

Com esta solução, mesmo considerando o OEE definido pela organização para esta linha, baseado no histórico, de 95%, teríamos um tempo de ciclo de $116 / 0,95 = 122,1$ segundos, ainda longe dos 136 segundos do takt time, o que nos permite satisfazer totalmente as necessidades do cliente.

4.2. 2º Solução – Redução de 2 operadores, sem alteração de layout físico da linha

Com esta solução, alterando apenas as tarefas desempenhadas por cada operador e sem qualquer investimento, era possível reduzir 2 operadores por turno, representado no Yamazumi abaixo:

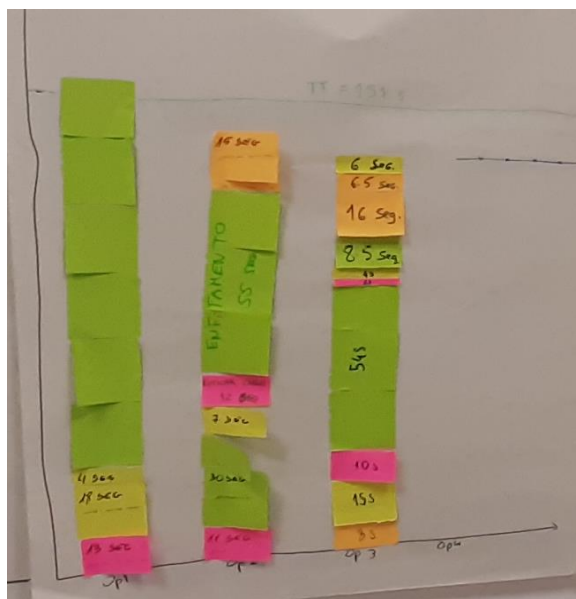


Figura 34 - Yamazumi manual da 2ª solução

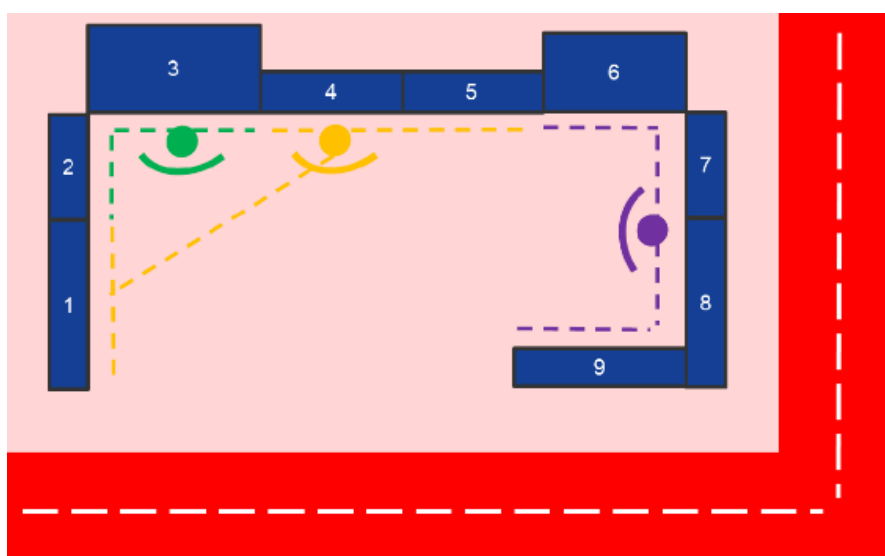


Figura 35 - Layout e distribuição de tarefas na 2ª solução

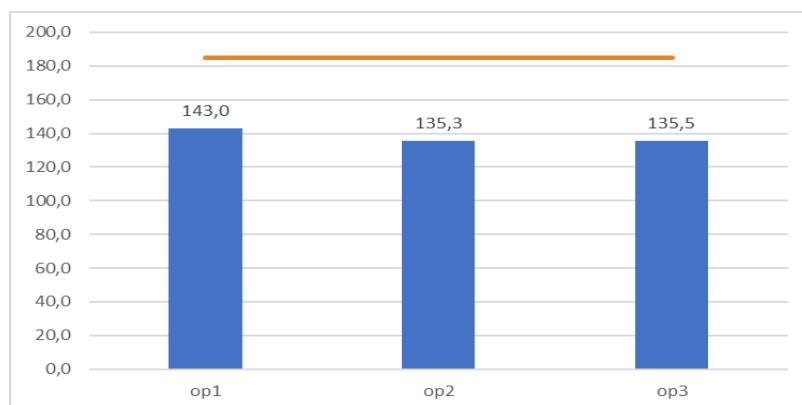


Figura 36 - Yamazumi da 1ª solução a 3 turnos

Como é possível observar na 2ª solução, o tempo de ciclo é aumentado de 116 segundos para 143 segundos, que acrescentando as perdas por OEE, ficaríamos com 150 segundos. Para esta solução teríamos uma eficiência de linha de 95,6 %.

Na tabela abaixo (tabela 4) temos um quadro resumo das soluções discutidas:

	Situação inicial	Solução 1	Solução 2
Nº de operadores diários	15	8	9
Nº de turnos	3	2	3
Tempo de ciclo (s)	116	116	143
Tempo total de operação (s)	414	414	414
Eficiência %	71,4	89,2	96,5

Tabela 4 - Tabela resumo com situação inicial e cenários propostos

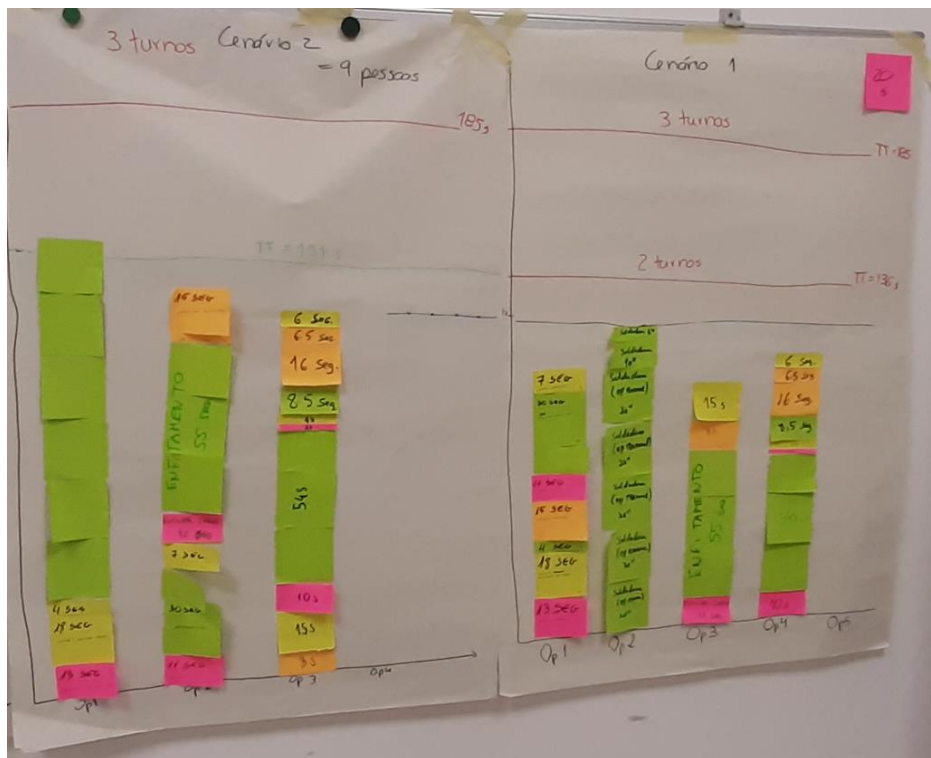


Figura 37 - Yamazumi com as 2 soluções propostas

4.3. Alterações do BoL

Derivada a análise do BoL realizada no capítulo acima, resultaram alterações físicas, nomeadamente na extensão da capacidade o BoL para o componente “Copo” mas outras alterações para promover uma correta execução das operações.

Foram adicionadas racks-out para todas os componentes, e os rack-in foram adaptados, mais precisamente na inclinação das caixas, com o objetivo de tornar os componentes mais acessíveis e os movimentos mais ergonómicos para os operadores.

As imagens abaixo mostram de forma visual aquilo o que foi alterado:

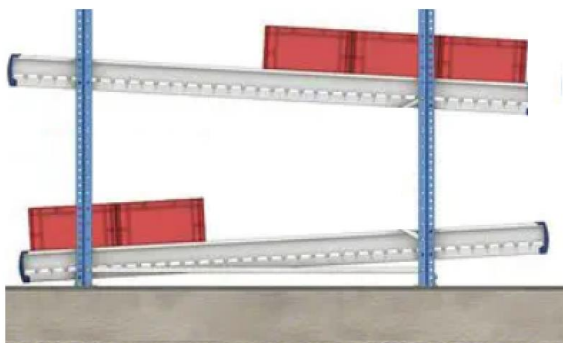


Figura 38 - BoL conceito anterior

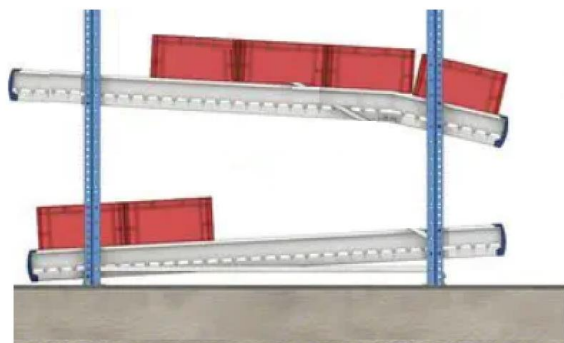


Figura 39 - BoL conceito posterior



Figura 40 - Exemplo de BoL antes das alterações



Figura 41 - Exemplo BoL depois das alterações

4.4. Testes e solução

Após toda a metodologia aplicada e como mencionado acima, foram encontradas e propostas 2 soluções para a linha, uma solução com 4 operadores e outra com 3 operadores.

Teoricamente, com a construção do Yamazumi e redistribuição das tarefas havia a possibilidade de ambas serem aplicáveis em produção, pelo que o passo seguinte, ainda antes de implementar alguma delas definitivamente, foi testar ambas as soluções durante 2 horas para perceber como seria o output da linha e o comportamento dos operadores.

Concluiu-se que ambas as soluções eram válidas e que iam de encontro ao que foi calculado teoricamente. Também foi explicado aos operadores o porquê destas alterações e foi confirmado pelos mesmos que realmente fazia sentido uma vez que existiam postos com pouca carga e outros com mais.

Após validar as soluções, discutiu-se em conjunto o owner do projeto qual a solução que seria implementada em definitivo. Decidiu-se adotar a solução que englobava os 4 operadores em vez dos 3 por 2 principais razões:

- Manter o output da linha, pois com 3 operadores o tempo de ciclo aumentaria;
- Assegurar questões de qualidade, pois com 3 pessoas e conseqüente aumento de tarefas por cada operador, seria difícil garantir o autocontrolo do produto;

Para além desta decisão, também foram esboçadas várias ações para melhoria da linha, a nível de manutenções, qualidade, processo e produtividade, sendo que a ação com maior peso foi a ação de reduzir um operador por turno, derivado do balanceamento realizado.

4.4.1. Acompanhamento da solução

Dada a indicação para a produção que o novo standard seria trabalhar com 4 operadores, começou-se igualmente a acompanhar nas reuniões semanais, os indicadores de produtividade, cumprimento de plano, % de paragens e % de scrap. Para se perceber o impacto de todas estas ações foram calculados previamente os baseline dos indicadores, considerando período de um ano antecedente.



Figura 42 - Documento com indicadores para acompanhamento da implementação das alterações

Assim, foi criado um documento (figura 42) para acompanhar estes indicadores, que foi adicionado à MCR e atualizado semanalmente.

Também neste momento, o A3 de Arranque foi substituído por um A3 de Acompanhamento, sendo este constituído pelo roadmap, próximas ações e as ações implementadas, como abaixo representado.

Nas semanas seguintes os indicadores foram atualizados e acompanhados até atingirmos os valores perdidos. Quando os valores se revelassem satisfatórios, em conjunto com o Owner, seria dado por encerrado o Workshop.

Final Assembly



Line Design and Standardwork for Line 11

Follow up A3

UPDATE DATE 15 / 05 / 2023

Roadmap & KPI Progress						
	02.05	09.05	11.05	15.05		
Introduction & Current State Analysis	█					
Levelling and Layout tryform		█				
Concept Validation - Mockup			█			
Standard and Physical Changes				█		
Standardize and Follow Up					█	
Audits						█

Next Actions (until the next follow-up meeting)				
AGRES DE PRODUÇÃO L 11	L 11 REALINE ALTOFAZ 30 TRABALHOS V1.2 17.05	ROBOT 1 BARBELETA 2 ESTADOS 06.11.04	FSD 10 KANIZO 06.11.04	POSTO 26 RETRABALHO NA LINHA 27.05
ASSIGNO P/B COM O MANTENHA L1 19.05	ORAO MANTEN. ACE 1º ESTAD 20.05.05	FEITE 205 DE UNIDADES DE ENXARGA 17.05.05	FSD 26 ESTAD 26 06.11.04	ESTUDO DE MANTENHA L1 19.05
ATENCIONA (PREMUNA) K.L. 24.05	SORTIDA PARA 10.05.05	INTRODUO DO 2º ESTAD 10.05.05	ESTRATEGIA 26.05.05	DAVIDES ROBOT 06.11.04



Figura 43 - A3 de Acompanhamento

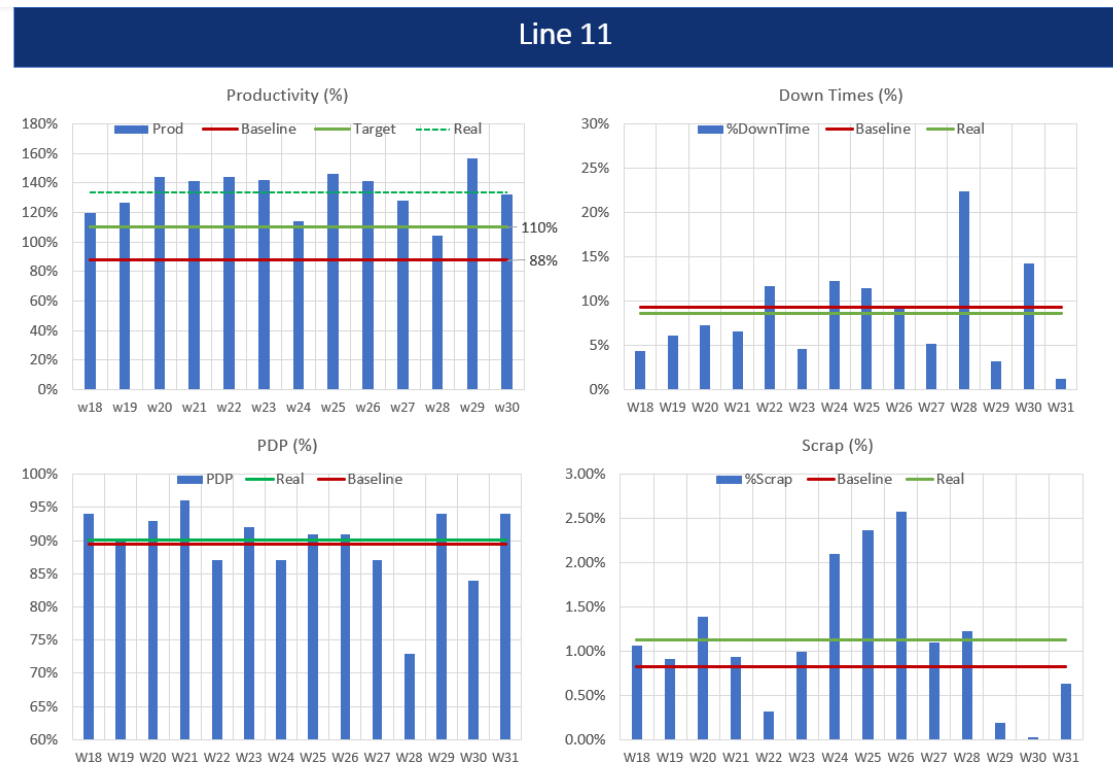


Figura 44 - Evolução real dos indicadores propostos

4.4.2. Análise dos indicadores

Produtividade

O cálculo da produtividade foi feito com a fórmula utilizada internamente pela empresa X, que tem em consideração o nº de operadores standard, o nº de operadores real, o nº de unidades produzidas e o tempo de abertura.

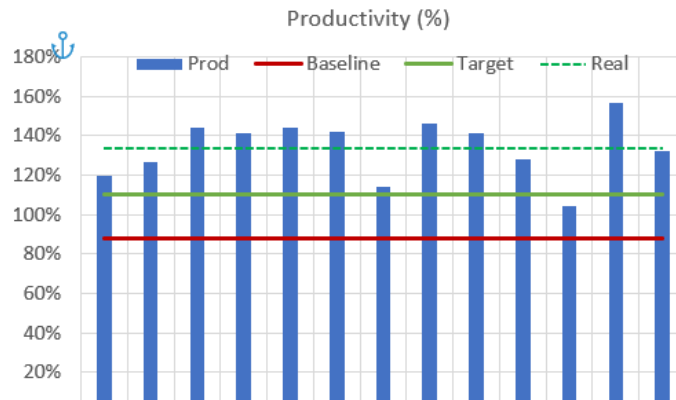


Figura 45 - Evolução do indicador de produtividade

Através da análise deste indicador podemos concluir que o aumento de produtividade foi superado. Aquando do arranque do workshop, tinha-se definido como alvo aumentar a produtividade de 88% para 110% e o resultado alcançado foi de 134%. Isto traduz-se num aumento de produtividade de 52,3%, devido como é obvio à redução de um dos operadores.

% DownTime e % PDP (Cumprimento do plano de produção)

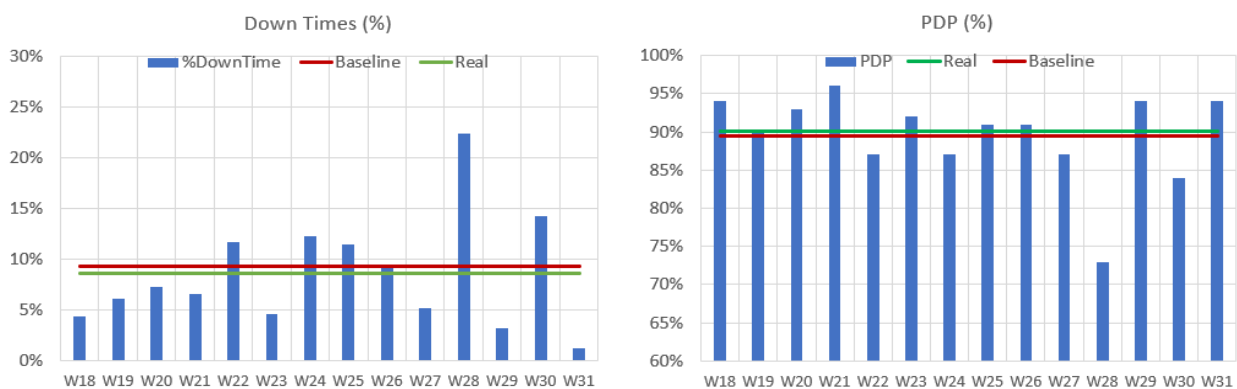


Figura 46 - Evolução dos indicadores de %paragens e %cumprimento do plano

Os indicadores de cumprimento de plano (%PDP) e tempo de linha parada (%downtimes) serão analisados em simultâneo, pois como comprova a figura 47, existe relação direta entre ambos.

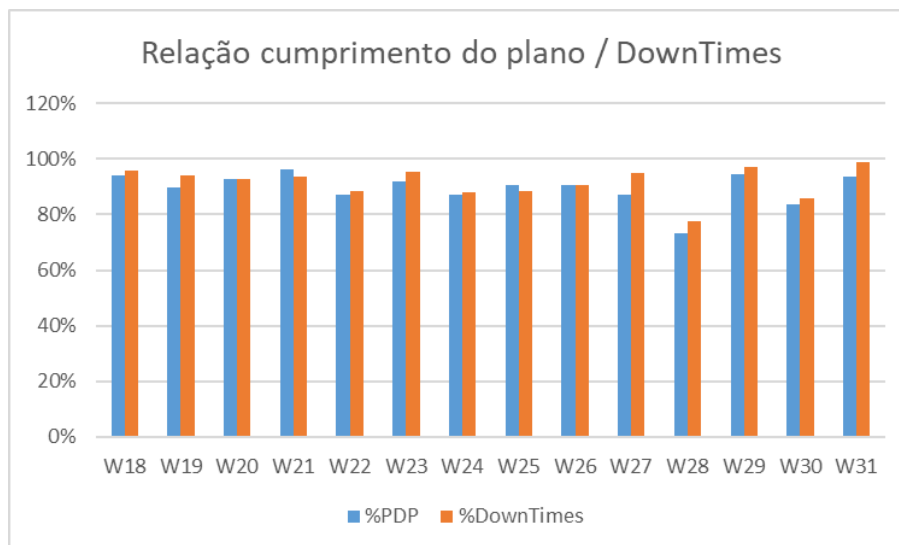


Figura 47 - Relação entre %PDP e inverso do tempo de paragem

Para estes indicadores, concluiu-se que, apesar da redução de uma pessoa, não houve impacto negativo no cumprimento do plano de trabalho ou paragens de linha, pelo contrário, existiu uma ligeira melhoria.

Podemos analisar em específico a semana W28 na qual estes indicadores estiveram aquém do pretendido e procurou-se identificar as causas. Para tal, foi construído o pareto, que visa agrupar essas mesmas causas.

Como o gráfico de pareto (figura 48) mostra, existiram 4 causas para as paragens de linha, sendo que 95% deveram-se a avarias nos robots de soldadura e aparafusamento.

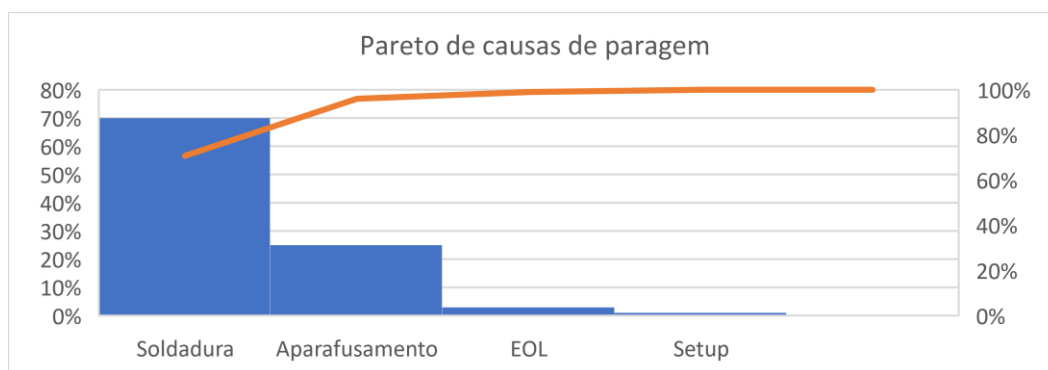


Figura 48 - Pareto de causas de paragens na semana W28

% Scrap

A percentagem de Scrap traduz a percentagem de unidades que não estão conformes relativamente à produção total.

Na figura 49 é possível observar que existiu uma elevada percentagem de Scrap nas semanas W24, W25 e W26, o que impactou a média “real”, tendo este indicador sido superior ao baseline, indo contra as expectativas iniciais.

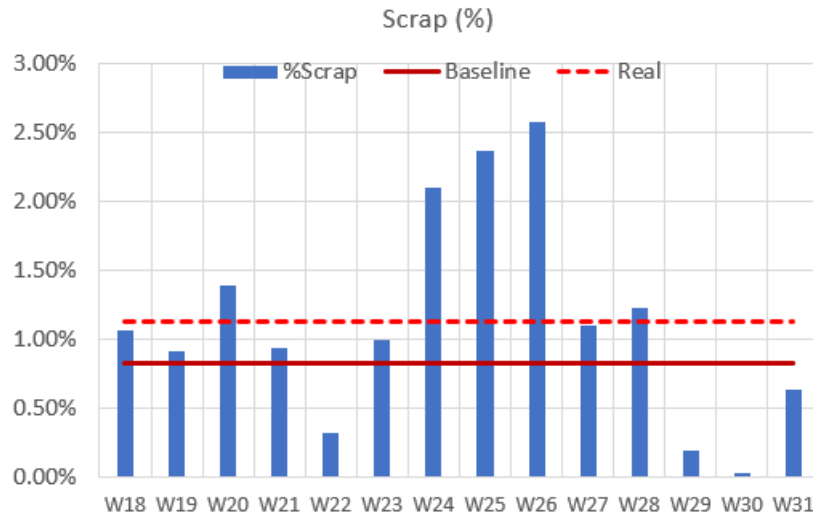


Figura 49 - Evolução do indicador de Scrap

A percentagem de Scrap e a percentagem de DownTime pode ser relacionada de 2 formas:

O exemplo da semana W24, W25 e W26 mostra que a % de DownTimes é ligeiramente superior à média, e nestas semanas a % de Scrap foi muito elevado. Isto possivelmente sucedeu, porque enquanto se faziam manutenções e ajustes nos equipamentos de Soldadura e Aparafusamento, existiu produção em simultâneo.

O outro cenário é o da semana W30 em que praticamente não existiu Scrap e a % de downtimes foi muito elevada. Isto indica que não existiu produção durante as manutenções e ajustes, logo não se produziram produtos não conformes.

5. Conclusão e Propostas de Trabalho Futuro

Este projeto de melhoria, realizado na linha de montagem X permitiu à empresa X, reduzir um dos turnos e um colaborador nos restantes turnos que se traduz numa redução imediata anual dos seus custos de operação em cerca de 135 800 €, considerando 19 400 € o custo anual médio por operador, na área de montagem final.

À data de escrita desta conclusão ainda não é possível estimar os impactos que as ações relativas à revisão dos parâmetros dos equipamentos, revisão das rotinas de manutenção e revisão dos BoL causaram, mas a previsão é de trazer retorno positivo, resultante da redução de paragens derivadas quer de avarias de equipamentos ou abastecimento logístico.

Como conclusão, o objetivo principal deste projeto de melhoria foi alcançado. A produtividade global da linha de montagem X foi aumentada de 88% para 134%, sem qualquer investimento e sem comprometer qualquer departamento. Abaixo está representado o A3 de fecho, que é o documento usado para dar por terminado um projeto de melhoria.



Figura 50 - A3 de Fecho

Atualmente este exemplo de workshop está a ser replicado para outras linhas de montagem, estando também a traduzir-se em resultados muito positivos, pelo que a metodologia e ferramentas utilizadas são bastante transversais e moldáveis, retornando benefícios e poupanças significativas, sempre sustentados com dados.

É importante referir que para além das ferramentas específicas do projeto, todas as ferramentas de gestão de projeto tais como o A3 e a MCR, que foram adotados neste projeto, deveriam ser adotadas pelo cliente nos seus atuais e futuros projetos de melhoria e

resolução de problemas, pelo que no longo médio/longo prazo podem ser um fator crucial para a adoção de uma cultura de melhoria contínua, que certamente se traduzirá em aumentos de eficiência e redução de custos, tornando-se assim ainda mais competitiva e prosperar no mercado.

Como trabalho futuro, poderá existir oportunidade de melhoria nesta linha ao nível de produtividade, nomeadamente com a aquisição de equipamentos que permitam reduzir o tempo de ciclo, mais precisamente na substituição da soldadora gargalo por outra, com tempo de ciclo mais curto. Foi levantada e estudada essa oportunidade, chegando à conclusão de que o custo de aquisição seria significativo, tendo sido adiado para uma segunda fase. No que toca à redução de scrap, aí sim, existe uma grande oportunidade de melhoria, pelo que a sugestão deixada à direção foi a realização de um projeto de six sigma.

6. Bibliografia

- Coimbra, E. (2009). *Total Flow Management: Archiving Excellence with Kaizen and Lean Supply Chains*.
- Coimbra, E. (2016). *Kaizen Uma estratégia de melhoria, crescimento e rentabilidade*.
- Fucini, H., & Fucini, S. (1990). *Working for the Japanese : Inside Mazda's American Auto Plant*.
- Hines, P., & Rich, N. (2007). The seven value stream mapping tools. *International Journal of Operations & Production Management*.
- Imai, M. (2012). *Gemba Kaizen A Commonsense Approach to a Continuous Improvement Strategy*.
- Kaizen Institute. (2023). <https://pt.kaizen.com/>.
- Lacerda, A., Xambre, A., & Alvelos, H. (2016). Lacerda, A. P., Xambre, A. R., & Alvelos, H. M. Applying Value Stream Mapping to eliminate waste: A case study of an original equipment manufacturer for the automotive industry. *International Journal of Production Research*.
- Liker, J. (2004). *Toyota way: 14 management principles from the world's greatest manufacturer*.
- Míkva, M., Prajová, V., Yakimovich, B., & Alexander, K. (2016). Standardization-one of the tools of continuous improvement. *Procedia Engineering*.
- Ohno, T. (1988). *Toyota production system: beyond large-scale production*.
- Rohac, T., & Januska, M. (2015). Value stream mapping demonstration on real case study. *Procedia Engineering*.
- Shingo, S. (1985). *A Revolution in Manufacturing: The SMED System*.
- Turnbull, P., Oliver, N., & Wilkinson, B. (1992). *Buyer-supplier relations in the UK - automotive industry: Strategic implications of the Japanese manufacturing model*.