

Criação de Linha de Montagem de Autocarros Elétricos

Filipe Nadais de Vasconcelos Ramalho

Dissertação de Mestrado

Orientador na FEUP: Prof. Jorge Freire de Sousa



Mestrado Integrado em Engenharia Industrial e Gestão

2018-07-02

Resumo

O presente projeto foi desenvolvido num estágio realizado no Instituto Kaizen, no âmbito da dissertação do curso de Mestrado Integrado em Engenharia Industrial e Gestão na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, FEUP.

A Caetano Bus é cliente do Instituto Kaizen e o projeto foi desenvolvido nessa empresa, com o intuito de apoiar a montagem de uma nova linha de produção de um novo produto.

O produto foi um novo chassi elétrico, tendo como objetivo o desenho de layout e modelo de produção e logística interna da linha de produção de chassis elétricos, implementando uma linha piloto dimensionada para 1 chassi/dia, com uma redução de pelo menos 30% das horas iniciais de produção.

O presente trabalho reflete o estudo de conceitos de desenho e implementação de linhas de montagem e também de criação de fluxo entre as várias operações que fazem parte da cadeia de valor, a partir de ferramentas como o Kaizen Diário. A criação de standards de trabalho e de postos de trabalho alinhados - para possibilitar o fluxo de materiais entre estes com o mínimo de desperdício possível - e o balanceamento de operações por posto de trabalho - tendo em consideração o tempo de saída do produto da linha previamente estabelecido - foram os pontos principais de análise e decisão.

Foram definidos três postos de montagem e dois de pré-montagem, por forma a conseguirmos aumentar a cadência na linha produtiva e também obtermos maior fluxo entre as várias operações de montagem.

Abstract

The project was developed in an internship at the Kaizen Institute, within the scope of the thesis of the Integrated Master's Degree in Industrial Engineering and Management at the Faculty of Engineering of the University of Porto, FEUP.

The company Caetano Bus is a client of the Kaizen Institute and the project was developed in this company, with the purpose of helping the company to build a new production line for a new product.

The project focused on the assembly line of a new electric chassis, aiming the layout design and production model and internal logistics of the production line, implementing a pilot line sized for 1 chassis / day, with a reduction of at least 30% of the initial hours of production.

The present work reflects the study of concepts of design and implementation of assembly lines, and creation of flow among the various operations that take part in the value chain, through the implementation of Daily Kaizen. The definition of work standards, working posts aligned with each other - in order to allow the flow of materials between them with as less Muda as possible - and the definition of tasks per working station - taking into account the time of the output of the line (*takt time*) previously set - were the main points of analysis and decision.

Three assembly stations and three pre-assembly stations were defined in order to increase the cadency in the production line and to obtain a higher flow between the various assembly operations.

Agradecimentos

Aos meus pais,
Por todo o apoio e ensinamentos que me transmitiram.

Ao Professor Doutor Jorge Rui Guimarães Freire de Sousa,
Por todos os conselhos e tranquilidade que me transmitiu ao longo deste período.

Ao Miguel Faria,
Por ser um grande colega e por todo o apoio e conhecimento que me transmitiu.

Ao André,
Pela confiança que depositou em mim desde o início do projeto.

Índice

1	INTRODUÇÃO	8
1.1	APRESENTAÇÃO DO INSTITUTO KAIZEN	8
1.2	APRESENTAÇÃO DA CAETANO BUS S.A	9
1.3	ORGANIZAÇÃO E TEMAS ABORDADOS	9
1.4	MÉTODO SEGUIDO NO PROJETO	10
2	KAIZEN MANAGEMENT SYSTEM – KMS	11
2.1	PRINCÍPIOS FUNDAMENTAIS DO KAIZEN	12
2.2	MODELO DOS MUDA	12
2.3	FERRAMENTAS BÁSICAS DE MELHORIA CONTÍNUA	13
2.3.1	5S	13
2.3.2	Estandarização	14
2.4	ERGONOMIA DO POSTO DE TRABALHO	14
3	TOTAL FLOW MANAGEMENT – TFM	16
3.1	FIABILIDADE BÁSICA	16
3.2	FLUXO NA PRODUÇÃO	16
3.2.1	Desenho e Layout de linhas de produção	17
3.2.2	Bordo de linha, BoL	19
3.2.3	Standard Work	20
3.3	FLUXO NA LOGÍSTICA INTERNA	20
3.3.1	Mizusumashi	20
4	DESCRIÇÃO DO PROJETO	22
4.1	PROBLEMAS ENCONTRADOS INICIALMENTE	22
4.2	SOLUÇÕES PROPOSTAS	24
4.2.1	Kaizen Diário	24
4.2.2	Kaizen Diário Nível de Supervisão	26
4.2.3	Balanceamento e Criação de Standards de Trabalho	27
4.2.4	Criação de postos de montagem e Bordo de Linha	30
5	CONCLUSÕES	35
5.1	CONCLUSÕES DO TRABALHO REALIZADO	35
5.2	PRÓXIMOS PASSOS	36
5.2.1	Kaizen diário	36
5.2.2	Kaizen Diário Nível de Supervisão	36
5.2.3	Gestão de fornecedores	37
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	38
	ANEXO A: ERGONOMIA DO POSTO DE TRABALHO	40
	ANEXO B: NORMA DE QUALIDADE	45
	ANEXO C: NORMA DE OPERADOR LOGÍSTICO	46
	ANEXO D: NORMA DE FALHAS DE MATERIAL	47
	ANEXO E: AGENDA DE REUNIÃO DE SUPERVISÃO	48
	ANEXO F: ÍNDICA DE DIAS DE ATRASO DE MONTAGEM DO CHASSI	49
	ANEXO G: INSTRUÇÃO DE PRÉ-MONTAGEM DO MOTOR ELÉTRICO DE TRAÇÃO	50

Glossário

Bordo de Linha – Local próximo de uma linha produtiva onde se encontram os materiais necessários à realização das tarefas que compõem a produção.

Gemba – Palavra japonesa para local onde tudo acontece. Descreve, neste caso, o chão de fábrica.

Kanban – Palavra japonesa que significa cartão, sendo este utilizado para permitir o fluxo de informação, fundamentalmente, entre a produção e a logística interna que abastece esta produção.

Kaizen – Palavra japonesa que significa Mudança para melhor, ou melhoria contínua.

Pull Flow – Forma de planeamento em que se produz unicamente o que é consumido, ou seja, a produção é despoletada pelo consumo ou “puxada” pelo cliente.

Push Flow – Forma de planeamento em que a produção é empurrada até ao cliente, tendo como base as previsões.

Lean – Significa sem desperdício.

Lead time – Tempo que um determinado produto demora a percorrer a cadeia de valor até ser entregue ao cliente.

Yamazumi charts – Gráficos que resumem visualmente (através de barras temporais) as tarefas de operadores durante o tempo de ciclo num posto de trabalho.

WIP – Work In Process, material que se encontra entre processos ou a ser processado.

Muda Hunting – Constante procura pelo desperdício, com vista a eliminá-lo.

Balanceamento – Operação de divisão e alocação de tarefas a serem realizadas por posto, tendo em consideração o *takt time*.

Takt time – Tempo, determinado através do rácio entre o ciclo de ordem de clientes e o tempo disponível para trabalhar, que determina o momento no qual o produto deve sair da linha. De outro modo: determina de quanto em quanto tempo a linha tem de ter um output sob a forma de produto final.

Time to market – Tempo que demora desde a primeira conceção do produto até ao ponto de venda do mesmo.

Assembly – Montagem do produto.

Picking – Operação de escolha e recolha de materiais.

Índice de Figuras

- Figura 1 – The Kaizen Way (Kaizen Institute).
- Figura 2 – Caetano Bus S.A (Caetano Bus).
- Figura 3 – Kaizen Management System (*Manual KMS*. Portugal: Kaizen Institute, 2010).
- Figura 4 – Modelo dos 5S (Manual TFM. Portugal: Kaizen Institute).
- Figura 5 – Estandarização no processo de melhoria contínua (*Manual KMS*. Portugal: Kaizen Institute).
- Figura 6 – Modelo do Total Flow Management, TFM (*Manual TFM*. Portugal: Kaizen Institute).
- Figura 7 – MUDA de stocks (*Manual TFM*. Portugal: Kaizen Institute).
- Figura 8 – Bull-Whip effect (*Manual TFM*. Portugal: Kaizen Institute).
- Figura 9 – Layout funcional vs Layout de processo (*Manual TFM*. Portugal: Kaizen Institute).
- Figura 10 – Abastecimento tradicional vs Muzusumashi (*Manual TFM*. Portugal: Kaizen Institute).
- Figura 11 – Níveis de Kaizen Diário (Manual Daily Kaizen Níveis 1 e 2, Kaizen Institute).
- Figura 12 – Horas de montagem imputadas ao chassi.
- Figura 13 – Quadro Kaizen Diário N1 implementado.
- Figura 14 – Quadro Kaizen Diário Nível de supervisão implementado.
- Figura 15 – *Yamazumi* das tarefas de montagem do chassi implementado.
- Figura 16 – Relação entre o ciclo SDCA e PDCA (Fonte: Imai (2012)).
- Figura 17 – Exemplo instrução de trabalho criada (pré-montagem do motor de tração elétrico).
- Figura 18 – Situação inicial de layout.
- Figura 19 – Layout intermédio da linha.
- Figura 20 – Layout atual com os postos de montagem e pré-montagens.
- Figura 21 – Estante do Bordo de linha.
- Figura 22 – Carrinhos para o abastecimento de kits de montagem.
- Figura 23 – Montagem do motor no chassi já com a melhoria realizada.
- Figura 24 – Tendência anormal numa carta de controlo de apertos.
- Figura 25 – Matrix de Kriljic (Fonte: Louise Knight, Yi-Hsi Tu, Jude Preston (2013)).

1 Introdução

A crescente competitividade dos mercados tem levado a uma busca incessante pela maximização da eficiência das empresas, por forma a sobreviverem e conseguirem obter uma vantagem competitiva nos respetivos mercados em que estão inseridas. É exatamente aqui que se enquadra o trabalho do Instituto Kaizen, promovendo o romper de antigos paradigmas para que possam ser criados novos paradigmas que permitam a construção dessa vantagem competitiva das empresas.

Hoje em dia a competitividade é de extrema importância para as empresas, na medida em que permite a maximização das margens obtidas nas vendas, mesmo que o preço de venda diminua, e é através da implementação da filosofia Kaizen que se consegue criar e manter uma vantagem em mercados e indústrias cada vez mais competitivas.

Esta filosofia assenta em cinco principais pilares (ver no capítulo 2, Figura 3 – “Kaizen Management System”, Manual KMS – Instituto Kaizen, 2017) e este projeto incidiu essencialmente no pilar de Total Flow Management (TFM). Este pilar, tal como o nome indica, descreve a forma como deve ser obtido fluxo nas linhas de produção e abrange todos os aspetos envolvidos, desde a produção em si até à logística envolvida no abastecimento dos materiais necessários para que essa produção possa funcionar. O fluxo abrange tudo, desde o fluxo de materiais até ao fluxo de informação da cadeia de valor, e tem como objetivo simplificar o mais possível estes fluxos e posteriormente minimizá-los sem que haja perdas, ou seja, tornando-os mais eficientes.

Desta forma, este trabalho tinha como objetivo auxiliar o desenvolvimento e aumento de competitividade da empresa Caetano Bus, no que diz respeito à produção de um novo produto – um autocarro elétrico. Este relatório resume o que foi desenvolvido, realçando com maior profundidade os aspetos mais relevantes e também, devido ao facto de nestes 5 meses não se conseguir ter uma visibilidade total dos resultados das implementações realizadas, dos aspetos que contribuíram de uma forma mais preponderante para a superação dos objetivos iniciais.

1.1 Apresentação do Instituto Kaizen

O Instituto Kaizen é uma consultora e, como tal, promove a transferência de conhecimento para as empresas onde desempenha os seus trabalhos. Este conhecimento promove a criação de uma nova cultura, a cultura de melhoria contínua, todos os dias, em todo o lado e envolvendo todos.

É uma consultora cujos princípios base estão alinhados com uma filosofia Japonesa conhecida internacionalmente, a Melhoria Contínua. Esta filosofia foi criada pelo Sr. Masaaki Imai, líder da Toyota (Imai 2012), e tem como princípios base a constante

reavaliação dos processos, por forma a haver uma melhoria dos outputs e dos métodos de realização e interligação de todos os processos.

A cultura Kaizen promove a melhoria com o envolvimento de todos, desde as chefias até aos operadores que estão no chão de fábrica por forma a haver um maior alinhamento entre todos os participantes nas melhorias em curso, reforçando o facto de esta filosofia estar assente em valores de confiança, envolvimento de pessoas e a constante procura por novo conhecimento (Figura 1).



Figura 1 – The Kaizen Way (Kaizen Institute).

1.2 Apresentação da Caetano Bus S.A

A Caetano Bus S.A foi fundada em 2002, resultando de uma parceria entre o Grupo Salvador Caetano e a Daimler. É uma empresa de fabrico de veículos para transporte de passageiros.

Atualmente as carroçarias são montadas sobre chassis produzidos pela empresa e vendidos como produto final aos clientes. No entanto, num mercado cada vez mais incerto e em constante alteração, a empresa está a adotar um novo modelo de negocio, sendo este a venda de chassis como produto, deixando a parte da carroçaria para o cliente final.



Figura 2 – Caetano Bus S.A (Caetano Bus).

A empresa iniciou a produção de um chassi elétrico em setembro de 2017 sem qualquer experiência prévia na área de mobilidade elétrica.

No início do projeto o chassi ficava estacionário, sem qualquer linha de produção definida e os diversos componentes eram montados no chassi sem qualquer ordem pré-definida, nem organização de fluxos de materiais ou informação, sendo que demoravam por volta de oito dias na montagem do chassi. É referido por volta de oito dias, porque havia imensa variabilidade associada a este processo, pois não tinha sido estabelecida qualquer estabilidade básica e também havia um grande número de defeitos e *re-work* associado à montagem.

1.3 Organização e temas abordados

Esta colaboração entre o Instituto Kaizen e a Caetano Bus surgiu com o intuito de desenhar, desde o início com valores associados à cultura Kaizen, uma linha de montagem para o desenrolar do novo produto, o E-city Gold, um autocarro urbano elétrico.

O desenho da linha dividiu-se em quatro principais partes:

- 1- Desenho de soluções: esta fase durou duas semanas e, com base no problema apresentado pela Caetano Bus, iniciou-se uma base de solução e metodologia seguida no desenho da linha de montagem.
- 2- Recolha de dados: nesta fase procedeu-se à recolha de todos os dados necessários, no chão de fábrica, para que se pudessem realizar os cálculos essenciais para o dimensionamento das diversas componentes do projeto, desde os postos de montagem e pré-montagem até à quantificação dos diversos fluxos que existiram.
- 3- Desenho e dimensionamento: nesta fase, com base nos dados recolhidos, foram dimensionados todos os processos envolvidos na linha de montagem.
- 4- Implementação dos processos dimensionados e acompanhamento da performance em cada um deles.

1.4 Método seguido no projeto

Neste documento pretende-se descrever, de forma sucinta, o desenrolar deste projeto por forma a explicar os aspetos mais preponderantes neste período de 5 meses.

O documento está organizado da seguinte forma:

No capítulo 1 é feita uma breve apresentação das empresas envolvidas no projeto e uma contextualização dos problemas existentes. No capítulo dois é feita uma descrição teórica dos conceitos por detrás das ferramentas e metodologias aplicadas.

No capítulo três é feito um aprofundamento do pilar principal que sustenta a abordagem que foi feita ao projeto e o quarto capítulo descreve as ferramentas e metodologias aplicadas na resolução deste projeto.

Por fim, no quinto capítulo, referem-se as principais conclusões do projeto com um realce para os objetivos alcançados e propostas para melhorar os pontos que, neste projeto poderiam ter sido realizados de forma mais proveitosa.

2 Kaizen Management System – KMS

O Kaizen tem por base um sistema de gestão que auxilia a estruturação de pensamento que deve ser tido por forma a garantir a otimização da atuação que realiza nos seus clientes. Este sistema, se utilizado pelas empresas, auxiliará a que estas consigam, de forma independente, melhorar constantemente os seus processos e níveis de qualidade e serviço. A Figura 3 sintetiza esta linha de pensamento que auxilia o Kaizen na abordagem que faz aos diversos projetos que realiza nos seus clientes.

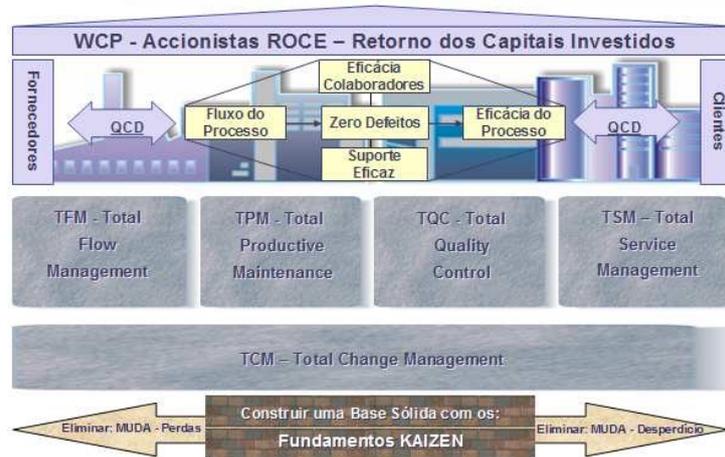


Figura 3 – Kaizen Management System (*Manual KMS*. Portugal: Kaizen Institute, 2010).

O Kaizen acredita que, para construir uma cultura de melhoria contínua, esta tem que estar apoiada numa base sólida e é com a sustentação dos 5 princípios e fundamentos Kaizen, apresentados na secção 2.1, que, segundo esta filosofia, se consegue construir essa base.

Temos cinco pilares que, na prática, dão seguimento a estes princípios e, através de metodologias apropriadas, permitem a implementação desta cultura, fundamentada nestes valores, nas empresas.

Neste documento é descrito com maior profundidade o pilar de TFM - Total Flow Management, sendo que os outros quatro serão apenas apresentados sucintamente.

TCM (*Total Change Management*) - Este pilar concede apoio a todos os outros, pois centra-se na gestão da mudança que é proposta por todos os outros e acarreta dificuldades mais acentuadas relacionadas com a grande resistência à mudança que se encontra nas empresas.

TFM (*Total Flow Management*) - Este pilar descreve as metodologias e ferramentas que auxiliam à criação de fluxo e gestão do mesmo na cadeia de valor. É principalmente neste pilar que estão sustentadas as implementações realizadas neste projeto.

TPM (*Total Productive Management*) - Este pilar foca-se na otimização da utilização de equipamentos, ou seja, no aumento de eficiência da utilização dos mesmos. Esta eficiência é medida através do OEE (*Overall Equipment Efficiency*) que é regularmente utilizado como indicador da fiabilidade e eficiência do funcionamento do equipamento.

TQM (*Total Quality Management*) - Este pilar foca-se na gestão da qualidade, contemplando as metodologias e ferramentas que devem ser implementadas por forma a maximizar a qualidade dos produtos.

TSM (*Total Service Management*) - Este pilar foca-se na gestão das melhorias na área dos serviços, através da implementação de ferramentas para diminuir os desperdícios nesta área.

Segundo a filosofia Kaizen, estes pilares devem estar na base dos principais objetivos das empresas. Estes objetivos são divididos em três categorias, nomeadamente, Qualidade, Custo e Capacidade de entrega (*Quality, Cost and Delivery, QCD*). Os principais objetivos que, segundo esta filosofia, devem estar presentes numa empresa são: a eficácia e eficiência dos colaboradores no seu trabalho e também dos processos produtivos, obtenção de zero defeitos, ter uma estrutura de suporte eficaz e ter fluxo nos diversos processos produtivos.

2.1 Princípios fundamentais do Kaizen

Para que a implementação das ferramentas incluídas no KMS seja eficaz, é necessário que seja suportada por princípios cruciais para que se consiga, de uma forma sustentável, atingir os objetivos descritos.

Estes princípios são:

- Criação de valor para o cliente - a operação seguinte deve ser vista sempre como cliente por forma a minimizar a passagem, para processos a jusante, de defeitos ou informações erradas, garantindo que o cliente final recebe o produto com a máxima qualidade possível.
- Ida ao *Gemba* - é o local onde se acrescenta valor ao produto e, como tal, deve ser feito um acompanhamento regular de tudo o que lá acontece. É nestas idas ao *Gemba* que nos conseguimos aperceber das dificuldades e desperdícios existentes e, principalmente, é aí que se conseguem implementar as melhorias necessárias.
- Envolvimento das pessoas - o envolvimento das pessoas é importante na medida em que permite que todos possam contribuir para melhorar os processos de uma forma livre de julgamentos ou culpabilizações. É com estes valores de *Não culpar Nem Julgar* que as pessoas envolvidas se sentem bem em participar no desenvolvimento das melhorias.
- Gestão visual - os seres humanos captam 83% da informação através da visão, como tal, a gestão visual foca-se na apresentação da informação a ser transmitida por forma a que esta represente parâmetros a serem cumpridos, dados importantes para serem analisados, identificar riscos, correlações, pontos de referência, do modo mais claro possível evitando quaisquer dúvidas futuras e aumentando a eficácia de transmissão de informação.

2.2 Modelo dos MUDA

O valor acrescentado, VA, é, como foi dito pelo Sr. Taiichi Ohno, “*Only activities that the customer is willing to pay for*”. Esta frase significa que apenas as atividades, que na ótica do cliente são proveitosas, ou seja, que ele está disposto a pagar por elas, deverão ser consideradas valor acrescentado ao produto, sendo que tudo o resto é *MUDA*, desperdício. Deve ser feito um esforço para minimizar este MUDA, na medida em que irá permitir diminuir custos inerentes ao processo produtivo e, conseqüentemente, diminuir o custo de produção total.

Com base neste pensamento, o Sr. Maasaki Imai descreve, no seu livro “*Gemba Kaizen*” um modelo dos 7 *Muda* na produção. É com base neste modelo que o Kaizen avalia o que são atividades de valor acrescentado ao produto e o que não são.

1. Produção em excesso - este *muda* está relacionado com a produção em demasia, produção antecipada, sendo o mais crítico de todos pois origina todos os outros.
2. Transporte de materiais - este *muda* está relacionado com a movimentação de materiais que, embora em alguns casos seja indispensável, não acrescenta valor ao produto e pode até causar falhas de qualidade devido a falhas no transporte. Salientam-se os custos de transporte e custos logísticos.
3. Espera de materiais - este desperdício está relacionado com inventários, stocks intermédios, ou seja, todos os materiais aos quais, em determinado momento, não lhes estão a acrescentar valor.
4. Espera de pessoas - neste ponto são consideradas as situações em que há pessoas à espera para poderem trabalhar, por falhas de materiais, falhas de balanceamentos, ou qualquer outro motivo que impeça a realização do seu trabalho.
5. Sobreprocessamento - este desperdício está relacionado com a realização de tarefas extra ao material, que não lhe acrescentem valor. Alguns dos pontos são muito complicados ou até, muitas vezes, impossíveis de remover por completo, no entanto, deve ser feito um esforço para minimizar a existência destas tarefas.
6. Defeitos ou erros - este *muda* está relacionado com o *re-work* de materiais ou produtos devido a defeitos ou erros de produção.
7. Movimentação de pessoas - este *muda* está relacionado com as deslocações realizadas por operadores ou quaisquer pessoas envolvidas no processo produtivo.

Este modelo dos 7 *Muda* pode ser aplicado transversalmente a qualquer área de negócio, desde a indústria até ao trabalho de escritório ou até mesmo ao nível de software.

Com o objetivo de reduzir os desperdícios na cadeia de valor, o Kaizen desenvolveu algumas ferramentas que auxiliam a regularizar o resultado desta tarefa exaustiva de *Muda Hunting*. Destas ferramentas salienta-se a estandardização.

2.3 Ferramentas básicas de melhoria contínua

Como forma de redução de desperdícios no *Gemba* e normalização da redução efetuada, o Kaizen sustenta a sua abordagem na utilização de algumas ferramentas básicas para permitir a constante melhoria dos processos na cadeia de valor. Algumas dessas ferramentas são os 5S, os 3Cs e a estandardização.

2.3.1 5S

Iniciaremos por descrever a ferramenta de 5S, responsável por eliminar o desperdício associado aos postos de trabalho, com foco especial para a organização e limpeza dos mesmos.

1. *Seiri* (Triagem) – em primeiro lugar deve ser feita uma triagem, na qual deve ser eliminado tudo o que não é realmente necessário para a realização da(s) tarefa(s) naquele posto. Pode ser feita também uma análise de frequência de uso de uma determinada ferramenta num posto de trabalho e, como tal, quanto menor essa frequência menos quantidade dessa ferramenta deverá estar presente no posto de trabalho.
2. *Seiton* (Arrumação) – arrumação de materiais em função de frequência de uso, peso, tamanho, distância ao ponto de uso.
3. *Seiso* (Limpeza) – posteriormente à organização e alocação dos materiais estritamente necessários ao posto de trabalho, deve ser feita uma limpeza profunda do mesmo, eliminando todas as sujidades ou fontes da mesma.

4. *Seiketsu* (Normalização) – por forma a que os progressos de eliminação de desperdícios não sejam esquecidos, devem ser criadas normas de trabalho, desde manuseamento de ferramentas a manuais de limpeza e todas e quaisquer instruções de trabalho que contribuam para o bom funcionamento do posto de trabalho.
5. *Shitsuke* (Disciplina) – é necessário disciplinar as pessoas que operam nos respetivos postos de trabalho para que estas sigam as normas criadas, por forma a que se mantenha o progresso efetuado e que se consiga fazer da situação atual um *benchmark* para melhorias futuras. Esta disciplina passa pela sensibilização das pessoas para o cumprimento das normas e também pela execução de auditorias regulares.

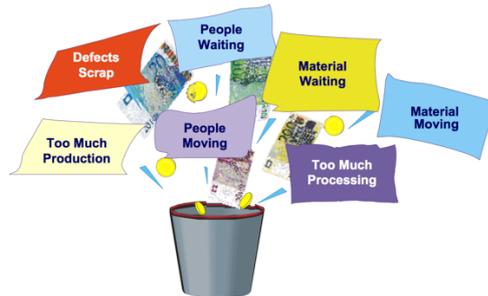


Figura 4 – Modelo dos 5S (Manual TFM. Portugal: Kaizen Institute).

2.3.2 Estandardização

A ferramenta de Estandardização ou Normalização é muito utilizada num processo de melhoria contínua, pois é através da criação de standards e normas que conseguimos criar novas bases de sustento para melhorias futuras.

Um standard é a forma mais simples, segura e rápida de realizar uma tarefa, conhecida até ao momento (Figura 5).

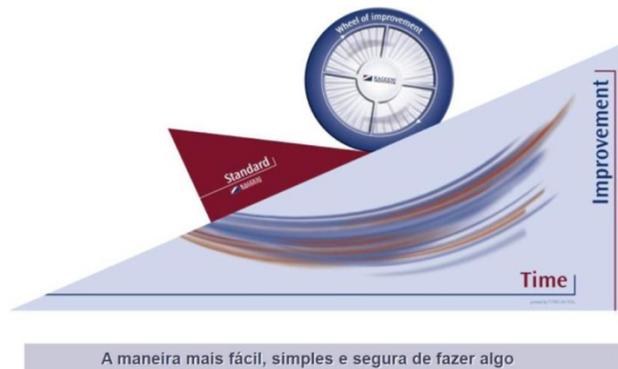


Figura 5– Estandardização no processo de melhoria contínua (Manual KMS. Portugal: Kaizen Institute).

Um standard auxilia a criar uma base de suporte de forma a que as melhorias realizadas até ao momento não retrocedam. É através da existência destes standards que, posteriormente, auxiliados por um plano de ações, se consegue continuar o processo de melhoria.

2.4 Ergonomia do Posto de Trabalho

A Ergonomia é a ciência que estuda a relação entre o operador e o trabalho que executa, procurando desenvolver uma relação perfeita entre as capacidades físicas do operador, os constrangimentos técnicos e as condições de trabalho

existentes, com o objetivo de aumentar a eficiência do sistema produtivo e a segurança e bem-estar do operador.

Há duas grandes ponderações que devem ser tidas em conta, nomeadamente a proporção entre as aptidões do operador e os constrangimentos técnicos que a tarefa possa ter e, por outro lado, o custo de investimento e o custo operacional desse desenho de posto que maximiza a ergonomia.

O layout dos postos deverá ter dimensões que se adaptem à estrutura do operador e que estejam, idealmente, dentro de alguns parâmetros (ver anexo A).

Superfície de trabalho: local onde os objetos são segurados e trabalhados; estes devem estar a uma distância adequada para que o operador possa pegar neles de uma forma rápida, ergonomicamente positiva e sem constrangimentos.

Local de trabalho: espaço onde podemos encontrar o operador em situações de manuseamento de objetos, tentar pegar em peças, entre outras tarefas que são necessárias para o cumprimento das tarefas em questão.

Muitas vezes é dada importância à altura da mesa ou estante onde o operador irá trabalhar, mas, na verdade, o ponto crítico, ao nível ergonómico, é a altura à qual o operador irá, de facto, realizar as tarefas, ou seja, a altura a que irão estar as mãos do operador em causa.

Ao desenhar o posto de trabalho devemos ter em conta a estrutura física do operador e o posto deverá ser o mais flexível possível, por forma a ser adaptável para diferentes operadores que o possam ocupar no futuro.

Esta componente está descrita em maior detalhe no anexo A (*Volvo Group Trucks Operations*, 2013).

3 Total Flow Management – TFM

Este pilar esteve na base, ao nível de suporte teórico, deste projeto.

Em mercados cada vez mais exigentes relativamente a prazos de entrega e nível de serviço ao cliente, as empresas, devido à insegurança de não terem capacidade de responder a encomendas e, como tal, entrarem em rotura face a encomendas previstas, criaram stocks de produtos em várias fases ao longo da cadeia por forma a conseguirem responder rápido e impedirem a rotura de vendas.

Este pilar descreve, com recurso a metodologias e ferramentas adequadas, qual deve ser a abordagem aquando da criação de fluxo e a gestão do mesmo, por forma a diminuir *lead-times* de entrega e diminuir stocks, sem haver qualquer comprometimento dos níveis de serviço aos clientes (Figura 6).

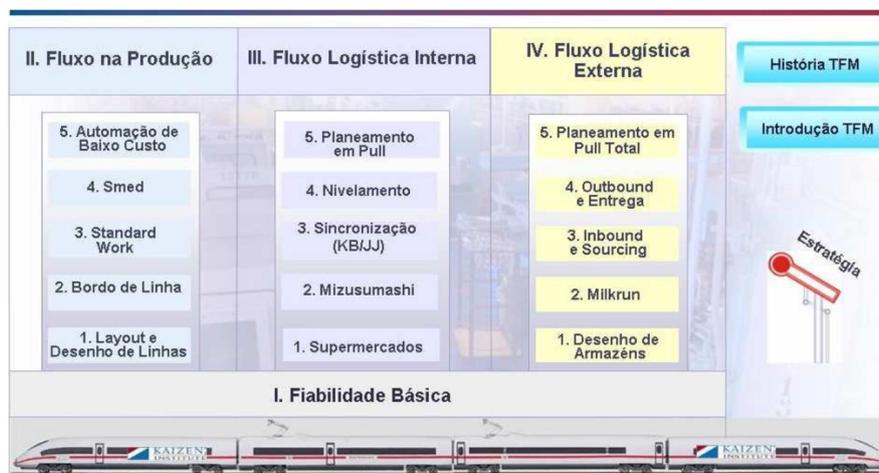


Figura 6 – Modelo do Total Flow Management, TFM (*Manual TFM*. Portugal: Kaizen Institute).

Este modelo divide-se em quatro pilares principais, sendo que não serão todos descritos em pormenor, pois nem todos contribuíram para o desenvolvimento deste projeto.

3.1 Fiabilidade Básica

Centra-se na criação de estabilidade ao nível de mão-de-obra, materiais, máquinas e métodos, os quatro M's do ambiente operacional. Esta estabilidade básica é conseguida através do desenvolvimento de uma capacidade de mudança, por forma a haver uma melhor adaptação a novas situações e, desta forma, uma maior propensão para a melhoria contínua.

Tal como é referido no livro “Kaizen in Logistics & Supply Chains” de Euclides A. Coimbra (2013), “*The company needs to develop a growth mindset, in order to become a learning company*”.

3.2 Fluxo na produção

A filosofia de produção *lean* tem como objetivo minimizar os custos operacionais através da eliminação dos desperdícios. Desperdício é entendido como tudo aquilo que não acrescenta valor ao produto ou serviço (*Womack, 1996*).

3.2.1 Desenho e Layout de linhas de produção

O desenho e layout de uma linha contribuem para o bom funcionamento e flexibilidade da mesma, maximizando a eficiência dos recursos lá empregues, sempre com a visão de obter um fluxo unitário de produção. Este tipo de fluxo nem sempre é conseguido devido a muitas condicionantes adjacentes ao processo produtivo, mas deve ser o foco a atingir.

O parâmetro mais importante a ter em consideração no desenho de uma linha de montagem é o *takt time*. Este último é definido como uma estimativa do ciclo de compra do cliente e é calculado através do rácio entre o tempo de ciclo e a procura, num determinado período de tempo. É a partir deste ponto que, com base nas diversas operações durante o tempo ciclo de produção, vamos definir quantos postos de montagem teremos e iremos balanceá-los de acordo com o *takt time* previamente definido. Tendo dito isto, a quantidade ideal de *wip* é igual ao número de postos de montagem existentes na linha, por forma a que esses produtos, em fases distintas de produção, avancem de posto ao mesmo ritmo e seja, deste modo, criado um fluxo unitário de produto na linha.

Há dois principais tipos de layouts possíveis.

3.2.1.1 Layout funcional ou por processo

Neste caso, a linha está dividida em pequenas células onde se realizam operações muito semelhantes, agrupando máquinas que têm funções semelhantes, tendo como vantagem uma boa eficiência de recursos, causando, no entanto, elevado *wip* e, conseqüentemente, fluxos de materiais e informações muito reduzidos, levando a elevados *lead times* de produção e de informação. É de realçar a grande dificuldade de gestão associada a este tipo de *layout*, pois diminui a visibilidade clara dos problemas existentes, visto que os elevados *stocks* funcionam como *icebergs*, em que grande parte dos problemas estão escondidos, como se pode ver na figura 7.



Figura 7 – MUDA de stocks (*Manual TFM*. Portugal: Kaizen Institute)

Este tipo de *layout* também potencia a existência do *bull-whip effect*. Este efeito, evidenciado na figura 8, revela que uma pequena variação na parte final da cadeia de valor leva a grandes variações a montante nessa mesma cadeia.

O termo "chicote" foi utilizado para descrever o efeito de pequenas e lentas variações da procura do consumidor cria grandes oscilações na produção para os fornecedores do outro lado da cadeia de fornecimento (Wang e Disney, 2015).

Os custos deste efeito de chicote podem estar associados à instalação ou abandono de máquinas, inatividade e horas extras na carga de trabalho, contratação e demissão da força de trabalho, excesso de estoque, dificuldade de previsão e programação, relacionamentos ineficazes com fornecedores e clientes, entre outros fatores.

O equilíbrio entre os custos de procura e produção e os custos de inventário determina se uma empresa deve ampliar ou suavizar a sua produção. A hipótese de suavização da produção (Holt et al, 1960) assume que flutuações na produção aumentam os custos operacionais através do excesso de *setups* de máquinas e contratação e demissão da força de trabalho.

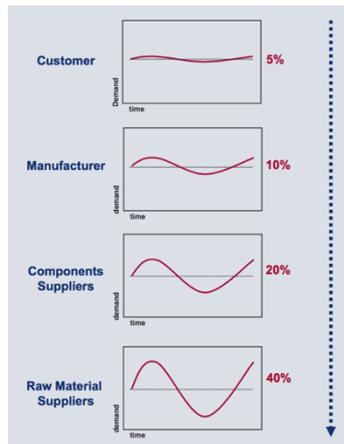


Figura 8 – Bull-Whip effect (*Manual TFM*. Portugal: Kaizen Institute).

3.2.1.2 Layout por produto

Este tipo de *layout* organiza a montagem em sequência de tarefas alinhadas, visando a possibilidade de abandono da produção em lotes, caminhando em direção ao fluxo unitário. Deste modo, o *lead time* de produção e o *wip* serão reduzidos substancialmente e conseguiremos maximizar o fluxo de produção entre operações. Este alinhamento não é suficiente, muitas vezes, para garantir o fluxo unitário. No entanto, é uma base sólida de sustento para as melhorias ao nível de eliminação de desperdícios existentes, para que se consiga atingir aquele objetivo final. Conseguimos ter um aumento de flexibilidade relativamente à quantidade de produção, pois já não estamos dependentes de grandes lotes de produção que levam a grandes ineficiências e a uma elevada dependência e baixa flexibilidade para ajustar a produção à procura existente.

A figura 9 mostra a evolução e as vantagens de passar de um layout funcional para um layout de processo.

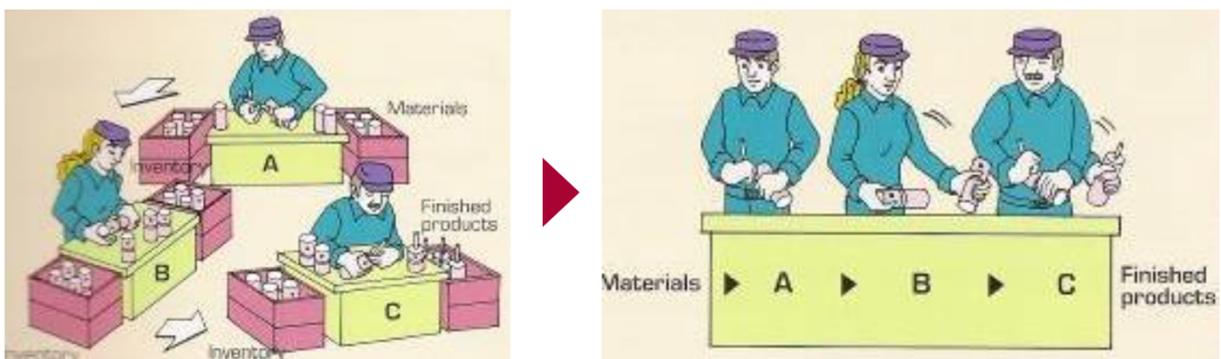


Figura 9– Layout por processo vs Layout produto (*Manual TFM*. Portugal: Kaizen Institute).

3.2.2 Bordo de linha, BoL

O bordo de linha é um componente a ter em atenção aquando da implementação de um desenho de linha, pois é através deste que é feita a passagem de informação e materiais entre a produção e a logística interna. Tem como objetivo auxiliar a logística a fornecer à produção os materiais corretos, na quantidade correta, no local correto, no tempo certo e com o método de apresentação correto. O bordo de linha deve ser o mais pequeno possível e, para isso, deverá ter o fornecimento de materiais em caixas com dimensões tão reduzidas quanto possível e organizadas de forma intuitiva, prevenindo erros de montagem.

É através da implementação do BoL que conseguiremos diminuir ineficiências associadas à movimentação de operadores e, como tal, melhorar a produtividade dos mesmos, bem como conseguir ter um papel importante na melhoria do standard da produção, melhorando o QCD (Qualidade, Custo e Capacidade de entrega).

Tendo como objetivo principal a maximização da existência de atividades que acrescentam valor ao produto, o bordo de linha deve estar de frente para o operador e deve ser o mais ergonómico possível, maximizando o desempenho do operador que o está a utilizar. Para uma melhor compreensão do que deve ser a ergonomia de um posto de trabalho, ver a explicação em maior detalhe na secção 2.4.

3.2.2.1 Construção de kits de abastecimento

O abastecimento de materiais aos postos de trabalho tem que ser contínuo, por forma a que seja possível a criação de um fluxo unitário na linha de produção (Caputo et al, (2015); Brynzér e Johansson (1995)). Este abastecimento deve ser feito de acordo com a ordem pré-definida no balanceamento das operações de produção.

A montagem de cada componente requer a existência de todos os materiais que vão ser acoplados a este estejam o mais próximo possível, evitando falhas de montagem ou deslocamentos do operador para procurar algum destes materiais. Para que este abastecimento seja possível é necessário a criação de kits de abastecimento, normalmente, específicos a uma determinada montagem de um componente. Estes kits podem ser de dois tipos, kits estacionários ou kits que acompanham a movimentação de um produto ao longo da linha. Os do primeiro tipo são abastecidos a um posto específico e ficam estacionários nesse posto. O segundo tipo de kits é abastecido no início da linha e acompanha a movimentação do produto ao longo da mesma, sendo os respetivos componentes consumidos à medida que o produto passa pelos diversos postos de montagem.

A preparação destes kits é realizada a montante do processo produtivo, ou seja, num armazém logístico ou posto colocado antes do início da linha. É levada a cabo por outros operadores, nomeadamente, operadores logísticos e, como tal, tem uma componente de erro, ou de falhas de qualidade, associada. Qualquer manuseamento de materiais tem um custo de correção adicional associado que põe em causa a eficiência ou proveitos provindos da criação dos kits. Está estudado que um erro de 1% em operações de *picking* aquando do abastecimento de ordens de clientes já é considerado standard na indústria e leva a custos elevados (Kain, 2008).

Há quatro tipos de erros que devem ser tidos em conta na preparação de kits de abastecimento, nomeadamente, componentes em falta ou em quantidades erradas, componente inserido no kit errado que não é consumido na operação à qual esse kit se destina, componentes inseridos já com defeitos e, por último, componentes colocados na posição errada no kit. Estes erros no abastecimento podem levar a custos logísticos de retrabalho e manuseamento extra, se detetados previamente ao abastecimento do kit; no entanto, caso não sejam detetados, levam a custos de qualidade e até mesmo a custos de separação e retrabalhos muito superiores, no final da linha de produção (Caputo et al, (2015)).

3.2.3 Standard Work

As melhorias realizadas no chão de fábrica devem ser sustentadas com a criação de standards para a realização das tarefas associadas a essas melhorias ou nas quais essas melhorias incidiram. Esta criação de standards de trabalho auxilia e permite a criação de uma base de suporte para que não se percam as melhorias realizadas até então e seja possível continuar a melhorar os processos.

Deste modo, a definição de standards de trabalho é utilizada como ferramenta para reduzir a variabilidade no processo produtivo, minimização de dúvidas ou dificuldades na realização de tarefas por parte do operador e, finalmente, tem um papel crucial no controlo do processo produtivo.

A utilização desta ferramenta passa por cinco fases:

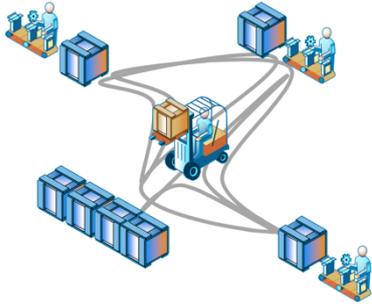
1. Definição do objetivo de melhoria;
2. Observação do trabalho a ser realizado e o tempo que demora;
3. Implementação de melhorias no trabalho;
4. Criação de standards que suportam essas melhorias criadas;
5. Consolidação do trabalho com a criação de fortes hábitos de trabalho com os novos standards.

3.3 Fluxo na Logística Interna

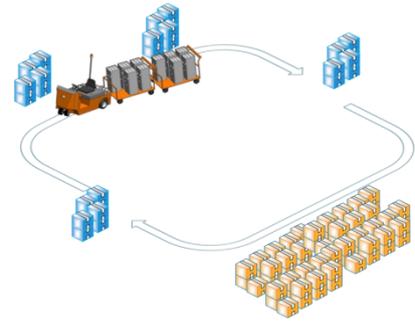
3.3.1 *Mizusumashi*

O *mizusumashi* é um operador logístico interno que auxilia o fornecimento dos materiais à produção através de uma rota cíclica estandardizada e que permite a criação de fluxo logístico internamente. Esta rota cíclica tem um tempo fixo de ciclo que é um múltiplo do *takt time* e que permite uma sincronização entre a produção e a logística. É através deste operador logístico que é feito o fluxo de informação entre a produção e a logística, pois este, ao passar nos BoL, retira caixas vazias de materiais consumidos, libertando ordens de reposição que, no ciclo seguinte, são repostas nos locais de onde foram retiradas, por forma a impedir que a produção pare.

A Figura 10 auxilia a compreensão da melhoria, ao nível da movimentação de materiais, e da simplificação do processo que ajuda, mais uma vez, à criação de fluxo entre operações e que reduz substancialmente a variabilidade associada ao processo, pois há a criação de standards de abastecimento com rotas e tempos pré-determinados. Tal permite, não só, uma maior visibilidade do processo, como também facilita a gestão do mesmo e a identificação de problemas existentes.



Abastecimento tradicional com empilhador.



Abastecimento com Mizusumashi.

Figura 10 – Abastecimento tradicional vs Mizusumashi (*Manual TFM*. Portugal: Kaizen Institute).

4 Descrição do projeto

4.1 Problemas encontrados inicialmente

Ao entrar num novo projeto há muitas variáveis que aumentam a complexidade da gestão e do evoluir do projeto. Neste caso, a Caetano Bus iniciou um novo projeto com a produção de autocarros citadinos elétricos. Sem qualquer experiência prévia neste produto, houve esforços para desenhar e conceber protótipos deste autocarro para que, fosse possível entrar em produção.

Hoje em dia, o *time to market* é uma variável crucial na medida em que permite que uma organização consiga ser competitiva em mercados caracterizados por uma constante mudança e constituídos por produtos com ciclos de vida cada vez mais curtos.

Desta forma, houve uma grande necessidade de acelerar o processo de conceção do chassi E-City Gold, autocarro em questão no projeto. Com esta rápida evolução, desde o protótipo até ao início de conceção do produto e comercialização do mesmo, houve algumas lacunas no que toca à standardização do processo e para colmatar essas lacunas foi feita esta parceria entre a Caetano Bus e o Instituto Kaizen.

Os principais objetivos do projeto foram o aumento da produtividade e diminuição do tempo de *assembly* do chassi do autocarro E-City Gold, como já tinha sido referido anteriormente.

Para que estes objetivos fossem cumpridos houve uma primeira análise do processo através de uma ferramenta denominada *Muda hunting*, que consiste numa análise profunda de todo o processo e na identificação dos diferentes tipo de MUDA existentes e ao mesmo tempo um desenho de soluções para que seja possível criar fluxo entre operações e departamentos. Foram identificados diversos problemas.

Primeiramente, identificou-se que não havia qualquer linha de montagem definida. O chassi entrava na fábrica e ficava estacionário enquanto se realizavam todas as operações necessárias. Conseguiu-se perceber que o número de dependências entre tarefas era substancial. A título exemplificativo, precedências de tarefas anteriores ou casos em que uma tarefa tinha que esperar que a outra tarefa terminasse pois, para a primeira, o chassi tinha de estar num nível mais baixo e na outra tinha de estar num nível mais elevado. Este tipo de situações era muito habitual e levava a grandes ineficiências no processo e a grandes períodos de espera. Nestes períodos os operadores ficavam parados, sem qualquer tarefa a realizar, o que cria um impacto negativo acentuado na produtividade do processo. Não havia qualquer standard de ordem de tarefas e, conseqüentemente, a ordem de tarefas realizadas variava de chassis para chassis, o que causava uma enorme variabilidade associada ao processo e uma fraca capacidade de controlo das operações que estavam em curso por parte do encarregado de linha.

Em seguida, foi identificada falta de organização dentro da própria equipa. Não estava bem definido quem realizava que tarefa, nem o modo como essa tarefa devia ser realizada. Este facto adicionava ainda mais variabilidade ao processo e aumentava o risco de falhas de qualidade associadas à montagem do produto.

Devido à falta de instruções de trabalho e standards de trabalho, havia uma reduzida polivalência dos operadores relativamente a muitas tarefas. Na maioria dos casos, quando um operador especializado faltava, a linha parava, pois não havia mais ninguém que o conseguisse substituir, o que conduzia a uma desorganização e, mais uma vez, aumentava o grau de dificuldade de gestão do processo produtivo. Desta forma, havia uma grande

dependência de determinados operadores especializados em certas tarefas, nomeadamente, tarefas de hidráulica e de eletricidade.

A falta de instruções de trabalho levava a grandes erros de montagem e, consequentemente, aumentava substancialmente o número de operações de retrabalho que, consequentemente, tinham um impacto grande no *lead time* de produção do produto.

Na realização de tarefas de pré-montagem nos postos pré-determinados havia um elevado número de fatores que contribuíam para o aumento do tempo total do processo e das ineficiências associadas à produção. Os postos estavam distantes da montagem do chassi, não havia organização dentro dos mesmos, nomeadamente, não havia nenhuma ordenação das caixas dos diferentes componentes, o que aumentava muito as ineficiências do processo. Os operadores andavam à procura dos materiais, como por exemplo, parafusos que não estavam em locais identificados e, muitas vezes, alteravam a sua localização de um chassi para outro. Como tal, havia muitas improdutividades associadas ao dia-a-dia dos operadores, visto que eram obrigados a percorrer distâncias substanciais para encontrar componentes necessários à realização de tarefas de montagem.

Um outro fator que condicionava o tempo total do processo era o facto de todos os materiais e componentes necessários no processo produtivo estarem situados nos postos de pré-montagens. Este facto implicava que, de forma muito regular, houvesse deslocações a esses postos para procurar e recolher materiais necessários à montagem.

O abastecimento logístico era realizado da seguinte forma: um operador do armazém contava, por componente (parafusos, válvulas, entre outros), a quantidade que iria ser utilizada na montagem do chassi, e colocava num saco de plástico com o respetivo código e depois fornecia esses componentes à linha.

Na linha, um operador logístico conferia o *picking* feito pelo operador do armazém e colocava os sacos, com os materiais, no seu respetivo local. Este processo tinha inúmeras ineficiências associadas, desde a contagem de, por exemplo, dois parafusos de cada vez, até à reconfirmação e recontagem dos mesmos parafusos. Por outro lado, muitas vezes, como os locais de cada componente não estavam bem definidos, o operador logístico da linha, não sabia o local exato onde colocar o componente e colocava-o noutro ponto.

Este facto levava a que os operadores tivessem de procurar o componente e perdessem muito tempo com essa procura. Por outro lado, devido a um mau planeamento, havia uma elevada percentagem de falhas de materiais que não eram fornecidos pois não havia materiais em stock para fornecer à linha, o que conduzia a paragens na linha, tendo um impacto substancial no aumento das ineficiências do processo produtivo.

As elevadas ineficiências, dificuldades e falta de acompanhamento levavam regularmente a situações de falta de ferramentas de trabalho para os operadores. Consequentemente, havia impossibilidade de realização de determinadas tarefas, elevado número de paragens e também causava perdas de motivação nos colaboradores que se sentiam desapoiados e desvalorizados por parte das chefias.

À linha eram fornecidos componentes de fornecedores externos e internos. Existia um impacto preponderante no aumento da variabilidade do processo associado a falhas de fornecedores internos. Devido a este facto foi feita uma análise numa outra fábrica do grupo que funcionava como fornecedora interna e cujo papel, no processo, era a soldadura de peças em aço e de uma estrutura que suportava a montagem de alguns componentes ao chassis. O fornecimento interno não era apenas do chassi, mas também de algumas peças soltas que eram pré-montadas em alguns componentes e, posteriormente, montados

no chassi. Ao fornecimento destas peças e do chassi estava associada uma enorme variabilidade, desde defeitos de qualidade até a falhas no abastecimento das mesmas devido, em grande parte, ao mau planeamento, falta de organização na fábrica a montante e, também, devido ao reduzido treino de operadores e standards de processo nessa fábrica.

Estes fatores tinham um impacto elevado nas ineficiências associadas ao processo produtivo, pois a produção estava muitas vezes parada devido a falhas de materiais ou falhas ao nível da qualidade.

4.2 Soluções propostas

4.2.1 Kaizen Diário

O Kaizen diário é uma ferramenta focada na transformação de hábitos e comportamentos. Neste projeto apenas foram implementados dois níveis dos cinco existentes na ferramenta.

Esta ferramenta permite uma maior visibilidade das várias componentes relacionadas com o dia-a-dia da equipa na linha de produção. É um auxílio a líderes, para que estes consigam ter, mais facilmente, a perceção de problemas existentes que, muitas vezes, não são fáceis de detetar devido às falhas de comunicação entre as pessoas (Figura 11).



Figura 11 – Níveis de Kaizen Diário (Manual Daily Kaizen Nível 1 & 2, Kaizen Institute).

O Kaizen diário implementado neste projeto é, segundo as ferramentas Kaizen, de nível 0 e nível 1.

O nível 0 foca-se na construção de equipas naturais, ou seja, equipas que trabalham em conjunto diariamente.

O nível 1 consiste numa reunião diária, ao início de cada dia de trabalho, que não deve durar mais de 15 minutos, e que permite ao chefe de equipa fazer um ponto de situação do dia anterior e analisar diversos indicadores desde a segurança nos postos de trabalho, estados de montagem do produto em causa, faltas de materiais não abastecidos pela logística, até defeitos de qualidade, dificuldades dos operadores, análise de indicadores e transmissão do plano de trabalho para esse dia.

É, fundamentalmente, uma reunião que permite ao chefe de equipa ter maior visibilidade sobre tudo o que acontece na linha de produção, alinhar a equipa e planear o dia de trabalho.

Os conteúdos desta reunião são apresentados num quadro, visível para todos, no qual estão presentes os indicadores definidos. São particularmente relevantes o plano de trabalho, o plano de ações, em que vão surgindo problemas durante a reunião e relativamente aos quais o chefe de equipa imediatamente cria contramedidas, e os

indicadores de performance e de segurança no trabalho, entre outros, que auxiliem o chefe de equipa a gerir a sua equipa.

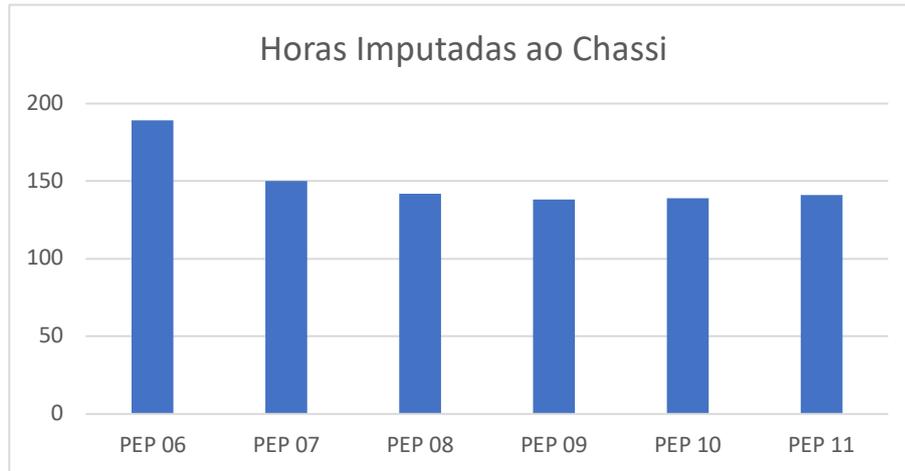


Figura 12 – Horas de montagem imputadas ao chassi.

Com a implementação do Kaizen diário nível 0 e 1 conseguiu-se reduzir o número de horas na montagem dos chassis, como podemos ver no gráfico do lead time que está na figura 12. Esta redução foi de 26%, ou seja, passou de 189 horas para 140 horas, tendo-se mantido, a partir daí, constante. Por outro lado, também se verificaram melhorias ao nível da comunicação e partilha de dificuldades com a chefe de equipa. Podemos considerar que este ganho obtido está diretamente relacionado com a implementação desta ferramenta pois, tanto os operadores da linha bem como a chefe de equipa passaram a sentir-se mais acompanhados e valorizados pela organização. Este facto permitiu que houvesse um maior empenho no trabalho, bem como uma maior visibilidade dos problemas existentes. A título exemplificativo, o facto de ser partilhada a falta de ferramentas permitiu o despoletar de uma ação de compra de carros de ferramentas novos que teve um contributo direto para este ganho na redução das horas imputadas à montagem do chassi.

O plano de ações é transmitido no quadro através de uma ferramenta denominada ciclo PDCA, *Plan, Do, Check, Act*, a qual permite o seguimento de uma dificuldade ou problema que tenha sido partilhado na reunião e que levou a uma contramedida, que vai ser planeada, executada e depois confirmada a sua realização e implementação no terreno (Figura 13).

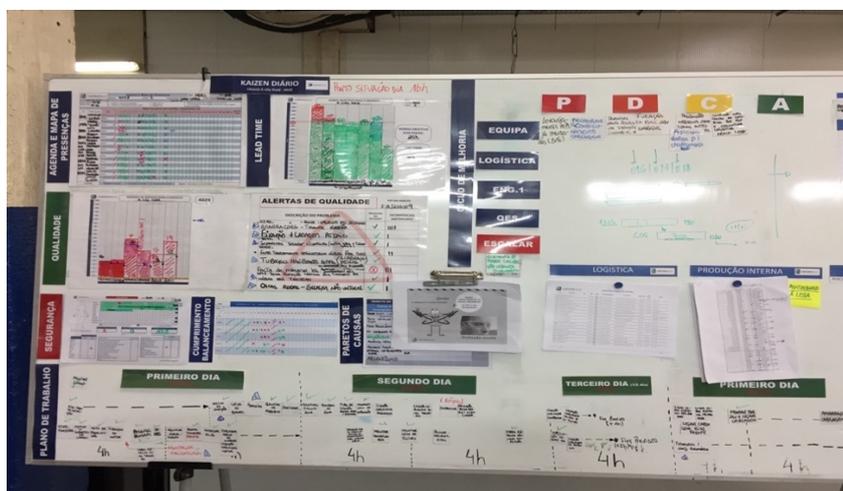


Figura 13 – Quadro Kaizen Diário N1 implementado.

A existência do quadro serve apenas para auxiliar e tornar visíveis as melhorias, os problemas e também as contramedidas executadas para resolução dos mesmos. Estas medidas são apresentadas no ciclo PDCA, apresentado no lado superior direito da Figura 13.

4.2.2 Kaizen Diário Nível de Supervisão

Devido à inexperiência da equipa foi também implementado um kaizen diário de supervisão, com o intuito de auxiliar na transmissão de informação entre os vários departamentos diretamente relacionados com a produção, nomeadamente, a logística, a qualidade e a engenharia.

O Kaizen diário nível de supervisão é, mais uma vez, uma reunião diária que permite ao chefe de equipa dar feedback aos superiores hierárquicos e a outros superiores hierárquicos de departamentos distintos. A partilha com todos os intervenientes dos problemas e dificuldades, levantados na reunião de nível 1, que o chefe de equipa não consegue resolver sem o auxílio das áreas de suporte, teve um papel crucial na coesão da equipa. Para tal, foi tomada a decisão da partilha do PDCA entre as duas reuniões, o que permitiu transmitir visualmente à equipa de operadores o seguimento dos problemas levantados pelas chefias.

A agenda da reunião foi dividida em nove partes principais. Primeiramente era revisto o indicador de horas previstas para terminar os diferentes chassis na linha. Posteriormente eram identificadas todas as questões relativas à qualidade, logística e engenharia que estavam com algum impacto negativo na produção. Após esta comunicação dos problemas existentes aos departamentos de suporte, havia um planeamento do próximo chassis que entraria em linha e uma análise acerca de possíveis falhas de materiais, criando-se contramedidas para colmatar estes pontos. Estas contramedidas eram, então colocadas no PDCA, partilhado com a reunião de nível 1, e eram revistas as ações pendentes no mesmo – Anexo E.

Na segunda parte era analisado o indicador de dias de atraso na produção, evidenciado no anexo F. Desde a implementação das melhorias e desta ferramenta de kaizen diário conseguimos obter uma melhoria significativa nos dias de atrasos da produção dos chassis, tal como podemos observar no gráfico do anexo F.



Figura 14 – Quadro Kaizen Diário Nível de supervisão implementado.

4.2.3 Balanceamento e Criação de Standards de Trabalho

Posteriormente à recolha das informações necessárias, foi feito um balanceamento com macro tarefas realizadas na montagem do chassi. Com base nos tempos, por macro tarefa, foi construído um *Yamazumi*, onde, com base no *takt time* de 2,5 dias, conseguimos calcular a quantidade de postos de montagem e de operadores necessários para cumprir esse tempo de *takt* (Figura 15).

Nesta fase foram identificadas algumas dificuldades, pois não havia qualquer noção prévia de quais as macro tarefas existentes. Foi possível, com o envolvimento dos operadores, definir as tarefas e recolher a informação necessária de cada uma (tempo da tarefa, conjunto de micro-tarefas que englobam precedências no processo produtivo).

Neste estudo, concluiu-se que eram necessários três postos de montagem e um de certificação para um *takt time* de 20 horas. Foi considerado este tempo de *output* de linha para o momento atual, pois tanto ao nível dos fornecedores como ao nível interno ainda não estavam reunidas as condições para se iniciar, de imediato, com o tempo de *takt* de 8 horas.

Com base nos dados recolhidos de pré-montagens, também foi feito um estudo de balanceamento para as mesmas e, com base nesse estudo, obteve-se que, para esse mesmo tempo de *takt*, são necessários dois postos de pré-montagens, conseguindo-se, deste modo, reduzir um posto no processo, melhorando, em 30% o espaço necessário para a realização do processo.

É de realçar a falta de standards de trabalho. Foi necessária a criação de instruções e normas de trabalho, com o intuito de diminuir a variabilidade associada às tarefas e o aumento do conhecimento profundo das mesmas. Tendo por base um ciclo SDCA e um ciclo PDCA foram realizadas algumas melhorias e preparada a estrutura para que futuramente a empresa continue a melhorar (Figura 16).

Um ciclo SDCA (*Standardize, Do, Check, Act*) é utilizado para a criação e melhoria de standards ou normas, no qual inicialmente é criada uma norma de realização da tarefa, acompanhada a sua implementação e, posteriormente, com base num ciclo PDCA (*Plan, Do, Check, Act*), é feita uma regular reavaliação do estado da tarefa e das melhorias que podem ser realizadas, promovendo, deste modo, a melhoria contínua.

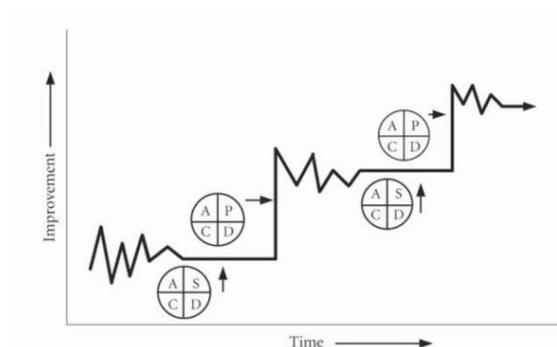


Figura 16 - Relação entre o ciclo SDCA e PDCA (Fonte: Imai (2012)).

Estes standards de trabalho foram criados através de instruções que explicavam, em detalhe e com ilustrações, a forma como a tarefa deve ser realizada e focando-se em pontos críticos, identificados previamente pelos operadores.

A figura 17 mostra um exemplo de instrução de trabalho criada (para a sua leitura, colocou-se a instrução no anexo G).

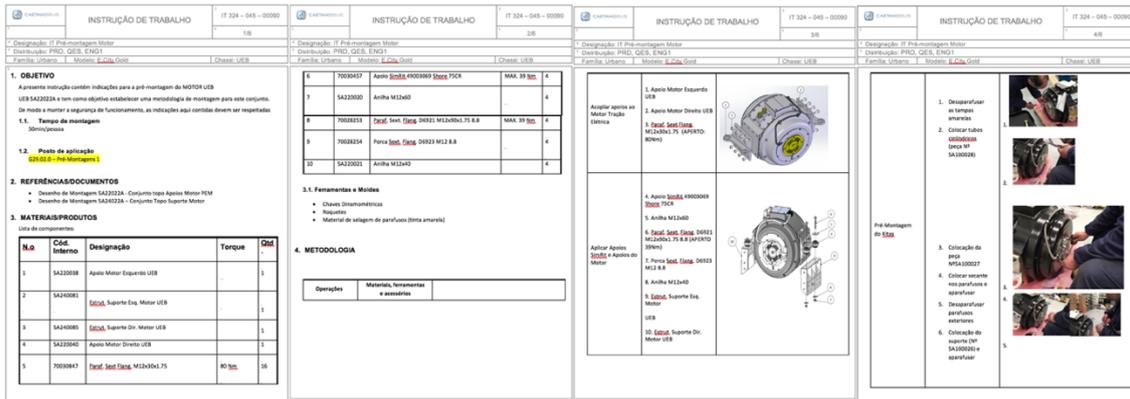


Figura 17 – Exemplo de instrução de trabalho criada (pré-montagem do motor de tração elétrico).

4.2.4 Criação de postos de montagem e Bordo de Linha

A situação inicial está demonstrada na figura 18.

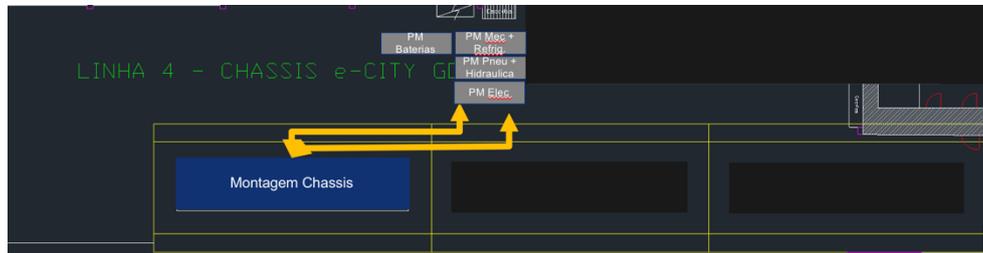


Figura 18– Situação inicial de layout.

Havia uma grande distância entre o local onde as pré-montagens estavam a ser realizadas e a montagem efetiva no chassis. Este facto tinha um impacto substancial no aumento dos desperdícios, ao nível de transporte de materiais, movimentação de pessoas e, acima de tudo, tinha como consequência direta a dispersão da equipa durante o dia de trabalho.

Muitas vezes, quando um operador ia procurar um determinado material, encontrava um colega e ficavam a conversar ou a tirar algum tipo de dúvidas relativamente à montagem de um determinado componente.

A figura 19 ilustra a situação intermédia criada.

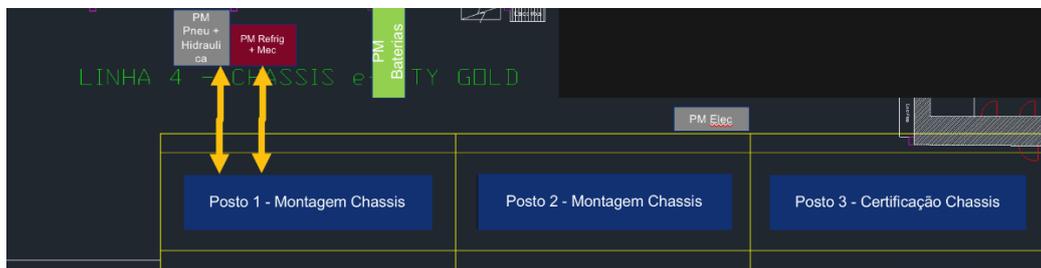


Figura 19 – Layout intermédio da linha.

Com base na recolha de dados e na visibilidade adquirida ao longo do projeto, dimensionou-se uma linha provisória com três postos, dois de montagem e um de certificação. Este facto permitiu uma melhoria ao nível da dependência de tarefas, pois criou-se um balanceamento para 5 dias de montagem com 4 operadores a trabalhar no chassis, tornando possível calcular as necessidades destes três postos. Este balanceamento foi útil para demonstrar, tanto à equipa como às chefias, que havia um quantidade

substancial de melhorias e de alinhamento que eram cruciais para obter uma maior fluidez do processo. Houve, simultaneamente, uma reorganização do local dos postos de pré-montagens, por forma a aproximá-los dos postos de montagem.

No entanto, ainda havia muitos materiais dispersos pelas pré-montagens e muitos casos de falta de material.

Com a implementação destas ações foi possível reduzir substancialmente a variabilidade associada ao processo, pois passamos de variações de 30 horas de tempo total de montagem para variações de 8 horas, reduzindo em 73% a variabilidade associada ao tempo de montagem.

Posteriormente, foi feito um balanceamento para um output de produto da linha a cada 2,5 dias (Figura 15 – *Yamazumi* das tarefas de montagem do chassi implementado) e, com base nesse balanceamento, concluiu-se que era necessário ter quatro postos de montagem e dois de pré-montagem (Figura 20).

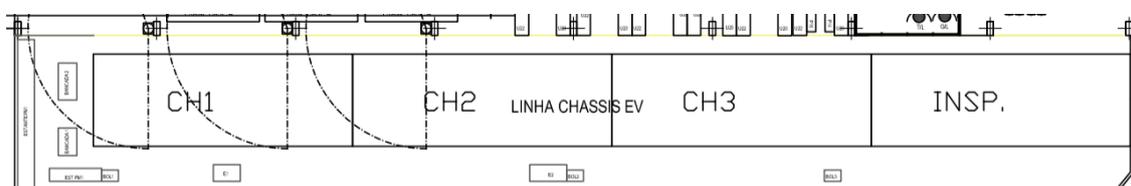


Figura 20 – Layout atual com os postos de montagem e pré-montagens.

Para que seja possível reduzir as distâncias percorridas, por parte dos operadores, foi criado um bordo de linha. Este bordo de linha consiste em estantes e carrinhos que são colocados na lateral de cada um dos postos de montagem, por forma a aproximar os componentes necessários à montagem do local onde são montados no chassi.

Com o objetivo de reduzir o esforço logístico associado ao *picking* de peças para a montagem, foi adotado o sistema de reposição por *Kanban* nos componentes de menor valor monetário. Na seleção dos componentes que poderíamos colocar com este sistema foram tidas em conta duas características: o valor monetário associado e o tamanho do componente em causa.

A primeira característica foi contabilizada, pois ao encher caixas com um determinado componente, se o valor monetário deste fosse elevado, isto teria uma carga monetária elevada para a empresa, o que não era desejado. Por outro lado, o tamanho do componente também foi tido em causa, pois, para que o transporte em caixa fosse possível, o componente tinha de ser de tamanho reduzido.

Este sistema tem por base a reposição por consumo, ou seja, apenas quando uma caixa era consumida, saía uma ordem de reposição (*Kanban*) que neste caso era a caixa vazia, indicando, ao operador logístico, a necessidade de reposição de uma caixa daquele componente. No entanto, para que este sistema funcione sem que haja implicações de paragens da linha por falta de componentes, a quantidade de um determinado componente, no bordo de linha, após ter saído a ordem de reposição, tem que ser suficiente para cobrir as necessidades desse componente durante o tempo necessário para o repor.

Procedeu-se à avaliação do tempo necessário para a reposição destas caixas e chegou-se à conclusão de que, visto que o tempo de reposição era muito inferior a 2,5 dias (tempo de montagem por posto), bastava ter duas caixas de cada componente, pois,

enquanto uma estava a ser reposta, o operador podia responder às suas necessidades utilizando a outra caixa.

Foram enchidas duas caixas de cada componente (dos de menor valor monetário), e, sempre que uma era consumida, esta teria de ser reposta pelo operador logístico.

Num total de 561 referências de imputação direta ao chassis, reduzimos em cerca de 19% o esforço logístico necessário apenas pela implementação deste sistema de *Kanban*. Já não era necessária a realização da escolha e contagem de 103 referências, visto que estas só seriam escolhidas após o consumo total da caixa que, em média, era de 10 chassis, ou seja, o esforço logístico associado a estes componentes foi substancialmente reduzido.

Na construção do bordo de linha (Figura 21) foi tido em consideração em que postos é que um determinado material era aplicado e a necessidade da replicação do mesmo para estantes presentes noutros postos de trabalho. Esta análise foi feita, por forma a garantir a minimização de deslocações sem acrescento de valor, por parte dos operadores, na linha.



Figura 21 – Estante do Bordo de linha.

As restantes referências foram colocadas no que se denomina de kits de montagem, ou seja, contruíram-se carrinhos, à medida, por forma a que o abastecimento desses kits fosse feito a cada novo chassis que iniciasse o processo de montagem. Estes kits foram desenhados com o intuito de ocuparem o menor espaço possível no bordo de linha e por forma a que os materiais estivessem o mais visualmente distribuídos possível.

Devido ao facto de, nestes kits, serem transportados materiais de custo mais elevado ou de dimensões mais elevadas, a quantidade de materiais, por kit, era apenas o necessário para um chassis. Ou seja, cada kit continha o material necessário para realizar a montagem ou pré-montagem de um determinado componente para um determinado chassis.

Este modelo de abastecimento permite a concentração dos materiais consumidos na montagem de um determinado componente, o que, por sua vez, contribui de forma positiva para a redução do tempo de procura de materiais para a montagem, pois este esforço já foi feito pela logística previamente, tendo, desta forma um impacto substancial no aumento da produtividade dos operadores na linha de produção.



Figura 22 – Carrinhos para o abastecimento de kits de montagem.

Paralelamente à implementação deste modelo de produção e de logística interna, foi dada alguma atenção a diversas melhorias no processo de montagem em si. Um exemplo de uma melhoria onde houve um ganho significativo é a do processo de pré-montagem e montagem do motor.

Previamente era realizada a pré-montagem do motor no chão de fábrica ou então em cima de uma palete, o que, ergonomicamente, é muito prejudicial tanto para o operador como para a fluidez do trabalho que este desempenha. Esta tarefa de pré-montagem consistia em montar os suportes do motor e os respetivos parafusos, dar-lhes binário, montar o conjunto que suportava o sensor kitas (um componente que permitia a contagem da velocidade do autocarro), colocar os sinoblocos e também anilhas, porcas e parafusos (que se posicionam no meio dos sinoblocos).

Na montagem, com a ponte, erguia-se o motor com umas cintas, colocava-se o motor numa palete e, com a ajuda do empilhador, colocava-se o motor por baixo do chassi. Depois as cintas eram, novamente, colocadas e erguia-se o motor até uma posição mais elevada do que este iria estar, por forma a que fosse possível colocar os apoios deste no local correto. Enquanto o motor estava suspenso, os operadores tinham de estar em posições de extremo desconforto, torcidos e, devido à proximidade entre o chassi e o chão, tinham de estar de joelhos, durante muito tempo, para colocar os apoios e guiar o motor até aos mesmos. Posteriormente, era retirada a anilha e a porca inferior, que tinham sido colocadas na pré-montagem, nos suportes do motor, por forma a conseguir prendê-los aos apoios, que estavam aparafusados no chassi.

Este processo, longo, com muito baixo nível ergonómico, não só era um entrave à melhoria de eficiência da linha, como também era prejudicial para o operador, pois tinha de estar debaixo do chassi numa posição prejudicial durante mais de uma hora.

O novo processo passou a realizar tudo para pré-montagem, com o motor em cima de um carrinho com elevador, em que se consegue colocar o motor a uma altura ergonomicamente ótima e, ao mesmo tempo, ajustável na eventualidade de haver uma alteração do operador que realiza a tarefa. Posteriormente, o operador leva o carrinho, com o motor em cima, para a posição correta, debaixo do chassi, e eleva o motor até que os buracos dos apoios estejam alinhados e, rapidamente, coloca os parafusos e porcas no sítio e aperta-os com uma pistola pneumática.

Em termos ergonómicos, conseguimos reduzir drasticamente o tempo que o operador permanecia em posições prejudiciais, tanto na tarefa de montagem como de pré-montagem.

Com esta melhoria conseguimos reduzir o tempo da macro tarefa em 89%, passando de uma duração de uma hora e quinze minutos para demorar apenas oito minutos, tendo em conta que não houve qualquer remoção de micro tarefa e também que os operadores que realizaram a tarefa foram os mesmos (Figura 23).

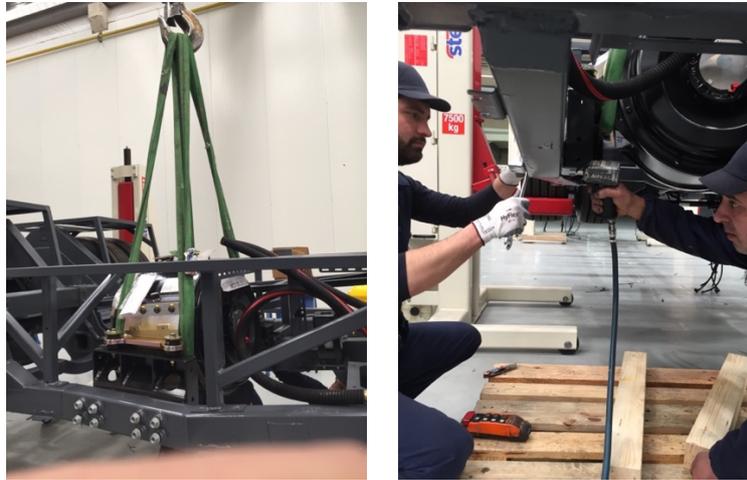


Figura 23 – Montagem do motor no chassi já com a melhoria realizada.

5 Conclusões

5.1 Conclusões do trabalho realizado

A criação de uma linha de montagem envolve múltiplos fatores que, se não estiverem bem acompanhados, conseguem transformar, por completo, o desenrolar de um projeto. A coesão e alinhamento de toda a equipa durante este projeto mostrou-se crucial para o bom desenrolar do mesmo e para a possibilidade de atingir os objetivos previamente delineados.

A implementação de uma nova cultura em empresas com uma história muito longa e com colaboradores, também eles, com uma vasta experiência na área torna-se um obstáculo muito complicado de ultrapassar. É, então, apenas com o envolvimento de todos que se consegue romper paradigmas antigos e abrir espaço para a criação de novos.

Neste projeto houve muitas dificuldades em conseguir explicar e convencer todos que melhorar ou alterar por completo procedimentos antigos é uma forma positiva de crescer e, acima de tudo, melhorar formas de trabalhar e sermos mais produtivos naquilo que fazemos.

Com a implementação de reuniões diárias conseguiu-se um ganho significativo na alteração de comportamentos da equipa, tanto a nível da equipa de operadores de linha, como na equipa de suporte aos mesmos. Foi com este ganho em comprometimento destes colaboradores que foi possível realizar todas as melhorias. A simplificação e normalização do esforço logístico teve um ganho significativo na redução da variabilidade do processo e na deteção antecipada de problemas. A correta e regular utilização do ciclo PDCA para resolução de problemas, e posteriormente do ciclo SDCA para standardizar a realização da medida tomada, foi identificada como sendo um ganho preponderante no projeto, pois trouxe maior visibilidade e seguimento dos problemas, colmatando os pontos que anteriormente eram levantados; no entanto, não havia seguimento nem resolução dos mesmos.

A filosofia Keaizen está muito alinhada com a importância de criação de fluxo e, neste caso, a criação de um fluxo, tanto na linha de produção como na logística, trouxe benefícios substanciais à redução de variabilidade do processo. Este facto é suportado pelo facto de que o número de horas de construção de um chassi, após a implementação de reuniões diárias, melhorou e, posteriormente, estabilizou, mantendo-se constante.

O principal objetivo da parceria era um ganho em produtividade, passando de uma montagem de chassi em 8 dias depois para 5 dias e, finalmente para 2,5 dias. Tal como foi referenciado anteriormente, não foi possível, nestes cinco meses, observar o impacto de todas as melhorias realizadas; no entanto, com o alinhamento de toda a equipa, não tenho dúvidas de que este objetivo será cumprido.

Até ao momento foi conseguido uma melhoria de 30% no tempo de montagem do chassi, passando de 180 horas para 126 horas; no entanto, ainda há um grande caminho a percorrer ao nível de suprir falhas de qualidade e, principalmente, falhas de material.

Pessoalmente, foi uma experiência muito enriquecedora da qual retiro lições fundamentais de integração em equipa, gestão de equipas e acima de tudo interações entre colaboradores.

5.2 Próximos passos

5.2.1 Kaizen diário

Apesar da situação atual estar substancialmente melhor do que a inicial, ainda há um longo percurso a percorrer.

Em termos de Kaizen diário nível 1, apesar das notórias melhorias ao nível de coesão e alinhamento da equipa, não foi possível registar melhorias ao nível das falhas de qualidade. Este ponto é crucial, pois o retrabalho é um dos pontos mais negativos no modelo defendido pelo Kaizen. Como forma de colmatar esta questão foi iniciada a criação de normas de autocontrolo, com ilustrações visuais de componentes OK e Não OK (Ver anexo B).

No decorrer do projeto foi identificado que havia um grande peso de falhas associadas à falta de aperto de binário em determinados componentes, aperto esse que é crucial para assegurar a segurança do funcionamento do componente. Como modo de ultrapassar este problema seria positiva a implementação de cartas de controlo de apertos. Consistiria em criar uma norma para que, no final do dia, o chefe de equipa, ou até mesmo o operador, com uma chave dinamométrica de controlo, inspeciona o aperto dado e regista-o para que se consigam observar possíveis tendências.

Nestas cartas estão presentes limites que, com base em leituras de binários e registo nas mesmas, consegue-se identificar tendências e padrões que auxiliam a encontrar causas para falhas existentes ou, por exemplo, perceber, antecipadamente, que a chave dinamométrica não está afinada ou requer substituição (Figura 23).

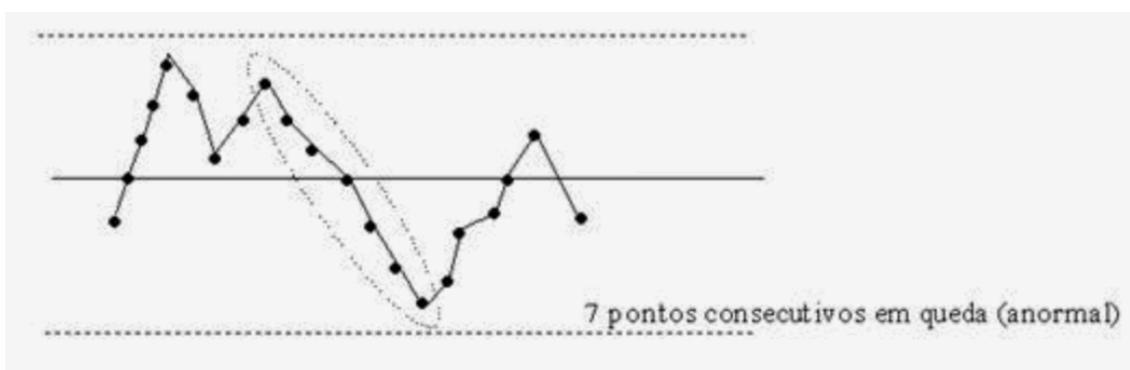


Figura 24 – Tendência anormal numa carta de controlo de apertos.

5.2.2 Kaizen Diário Nível de Supervisão

Ao nível do Kaizen diário de supervisão foi identificado um ponto recorrente, nomeadamente, as faltas de material devido a uma gestão de fornecedores pouco eficaz.

Este ponto tem um papel crucial, na medida em que a recorrente existência deste problema tem implicações de paragens de linha. Como forma de ganhar alguma visibilidade acerca deste problema seria benéfico, de forma regular, fazer uma análise de quais são os fornecedores responsáveis por 80% das falhas de material. Tendo realizado esta análise, o próximo passo deve ser deslocar-se até ao fornecedor, por forma a perceber quais são as suas dificuldades e o que podem fazer, em conjunto, para colmatar este problema.

Para realizar esta análise pode ser utilizado o método de ABC, ou seja, uma alocação de importância, relativamente a falhas atempadas de entregas de material, em que o fornecedor na categoria A é o mais crítico e o C é o menos crítico.

5.2.3 Gestão de fornecedores

A matriz de gestão de portfolio de compras é frequentemente utilizada pelas empresas por forma a maximizar a sua performance nas compras realizadas. É utilizada para classificar as compras de acordo com fatores internos, lucro, produtos ou operações ou de acordo com fatores externos e condições do mercado de fornecedores existente (Knight et al, (2013)), usualmente denominada de *profit impact* e *supply risk factors* (Gelderman e Semeijn, 2006).

A matriz de Kriljic classifica as compras em duas dimensões, nomeadamente, externas e internas. Na vertente externa são avaliados fatores relativos a fornecedores e ao estado do mercado de fornecedores, ao passo que na vertente interna são avaliados aspetos relativos ao impacto no lucro da organização que um determinado produto tem (Dubois e Pederson, 2002). Podemos diferenciar as quatro situações de compras por determinadas características, nomeadamente, espaço temporal de criação de contactos e relações, critérios-chave de performance e autoridade de decisão, culminando com um alinhamento com as quatro estratégias, apresentadas na figura 24, para gestão de fornecedores.

		Leverage items		Strategic items	
<i>Profit Impact</i>	High	Materials management: Exploit purchasing power		Supply Management: Establish partnerships	
		Noncritical items		Bottleneck items	
	Low	Purchasing management: Increase operational efficiency		Sourcing Management: Assure supply and seek alternative suppliers	
		Low		High	
		<i>Complexity of Supply Market</i>			

Figura 25 – Matrix de Kriljic (Knight et al, (2013))

Pode-se concluir que a empresa, no futuro deveria fazer a análise dos fornecedores que são críticos para o seu lucro, que têm maior risco, nomeadamente os que têm maior número de falhas em entregas ou percentagem de defeitos, por forma a aplicar estratégias de colaboração para combater estes pontos fracos da sua gestão da cadeia de abastecimento.

Uma gestão pouco eficaz da cadeia de abastecimento tem um impacto substancial na produtividade de uma linha, pois esta, se tiver falhas de materiais, terá consequentemente de parar e, como já foi mencionado anteriormente, este ponto é um dos fatores de maior criticidade da atividade da linha em causa.

O próximo passo seria, então, fazer uma análise ABC em termos dos 20% dos fornecedores que representem 80% das suas falhas, por forma a entrar em contacto direto com estes, através de visitas organizadas e de criação de contramedidas, em conjunto, para colmatar as falhas ou até a criação de equipas multidisciplinares encarregues de controlar e melhorar o processo.

6 Referências Bibliográficas

BOSH Group. “Manual de Ergonomia” (20.04.2018)

Brynzér, H., and M.I. Johansson. Design and Performance of Kitting and Order Picking Systems International Journal of Production Economics 41, no. 13 (October 1995): 115-125. doi:10.1016/0925-5273(95)00083-6.

Caetano Bus (2018)

Antonio C. Caputo, Pacifico M. Pelagagge, Paolo Salini (2015). “*Modeling Errors in Kitting Processes for Assembly Lines Feeding Modeling*”
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405896315003432>.

Coimbra, E. (2009). *Total Flow Management: Achieving Excellence with Kaizen and Lean Supply Chains*. New Zealand: Kaizen Institute.

Coimbra, E. (2013). *Kaizen in Logistics & supply chains*, Hill Mc.Graw.

Anna Dubois, Ann-Charllot Pederson (2002). “Why relationships do not fit into purchasing portfolio models- a comparison between the portfolio and industrial network approaches”
https://www.researchgate.net/publication/222280835_Why_Relationships_Do_Not_Fit_into_Purchasing_Portfolio_Models_-_A_Comparison_Between_the_Portfolio_and_Industrial_Network_Approaches.

Gelderman, C.J., Semeijn, J. (2006). Managing the global supply base through purchasing portfolio management. *Journal of Purchasing and Supply Management* 12, 209–217.

Holt, C.C., Modigliani, F., Muth, J., & Simon, H. (1960). “Planning production, inventories and the work force”, NJ: Prentice-Hall.

Imai, Maasaki (2012). *Gemba Kaizen: A Commonsense Approach to a Continuous Improvement Strategy*. Hill, McGraw.

Kaizen Institute (2017). *Manual KMS*. Portugal: Kaizen Institute.

Kaizen Institute (2017). *Manual TFM*. Portugal: Kaizen Institute.

Kaizen Institute (2018). *Manual Standard Work*

Kaizen Institute (2018). *Manual Daily Kaizen Nível 1 & 2*

Ohno, T. (1988), “Toyota production systems: beyond large-scale production” Portland, Oregon: Productivity Press.

Volvo Group Trucks Operations. “Memorandum Ergonomic, main recommendations”, EMEA, Edition 2013.

Kain, H. (2008). *Simple fulfillment errors will affect the bottom line*. ALOM White Paper. https://www.alom.com/wp-content/uploads/2014/03/ALOM_SimpleShippingErrors.pdf

Louise Knight, Yi-Hsi Tu, Jude Preston (2013). “Integrating skills profiling and purchasing portfolio management: An opportunity for building purchasing capability” <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925527313002831>

Xun Wang, Stephen M. Disney (2015). “The bullwhip effect: Progress, trends and directions” <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0377221715006554>

Womack, J., Jones, D. (1996). “Lean Thinking: Banish waste and Create Wealth in your Corporation”, Simon & Schuster, New York, NY.

Anexo A: Ergonomia do Posto de Trabalho

Postura do operador:

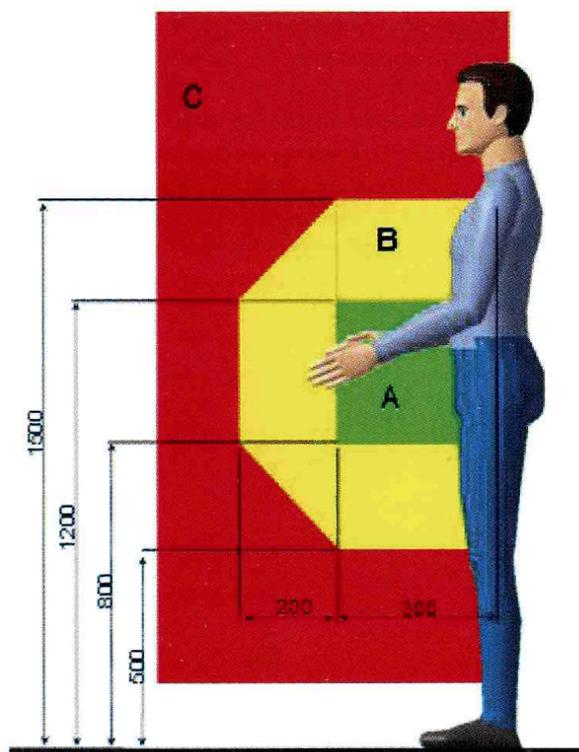


Figura 1- Dimensões de avaliação da postura do operador (“Memorandum Ergonomic, main recommendations”, Volvo Group)

Aquando da realização das tarefas têm de ser evitada as posturas incorretas do operador, pois estas podem levar a lesões e a dificuldades na realização do trabalho que têm impacto, não só ao nível do bem-estar do operador, como também da sua eficiência produtiva.

A zona A, da imagem ao lado, é a zona ideal para a realização de tarefas, pois não requer muito esforço do operador. A zona B já requer algum esforço para a sua realização e a zona C deve ser evitada, ao máximo, pois não só prejudica a eficiência do trabalho do operador, como também tem impactos elevados na saúde do operador e dificuldade de realização da tarefa.

A repetitividade de uma tarefa num ciclo produtivo deve ser tida em conta na avaliação da postura do operador, pois, se uma determinada tarefa for realizada com elevada frequência, devemos tentar colocar os

materiais para a realização da mesma na zona A, e nunca na zona C.

Se houver alguns constrangimentos de espaço e for necessário tomar decisões a cerca da prioridade da localização de determinados materiais para determinadas tarefas, deve ser medido o número de vezes que um determinado movimento é realizado por hora e o peso que é necessário movimentar de cada uma dessas vezes, por tarefa.

Quanto maior for número de vezes que esse movimento é realizado, por hora, maior será a criticidade de colocação dos materiais, necessários a esse movimento, na zona A e assim sucessivamente.

Handling area (Graph)	HANDLING HOURLY FREQUENCY			
	1 to 10/h	10 to 30/h	30 to 60/h	>60/h
A	15 Kg	12 Kg	9 Kg	6 Kg
B	10 Kg	7 Kg	5 Kg	3 Kg
C	5 Kg	arduous posture and frequency too high		

Figura 2 - Carga e posição de materiais por número de movimentos numa hora (“Memorandum Ergonomic, main recommendations”, Volvo Group)

Movimentos e forças que requerem o uso das mãos

Na avaliação de um posto de trabalho deve ser tido em consideração a quantidade de movimentos que o operador realiza com as mãos, o ângulo associado a esses movimentos e, acima destes dois pontos, devemos medir a força exigida para a realização do mesmo.



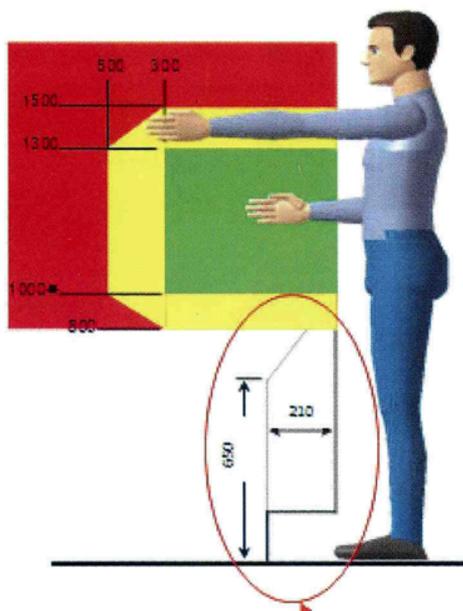
As duas mãos a trabalhar independentemente:

$$L1=1,1m \quad L2 = 1,6m$$

As duas mãos a trabalhar em simultâneo:

$$L1=0,5m \quad L2=1,2m$$

Figura 3- Dimensões da superfície de trabalho



Para o desenho do posto temos as seguintes especificações:

1. >1m de altura para tarefas que requeiram liberdade de movimento dos membros superiores;
2. > 0,9m de altura para tarefas que exijam uma pressão para baixo;
3. >1,1m para tarefas de precisão e controlo, que requeiram o repouso dos membros superiores;

No caso de o operador ser do sexo feminino deveremos reduzir estas especificações em 0,1m.

Espaço para pés e membros inferiores deve ter a seguintes dimensões:

$$210*130mm$$

Figura 4 -Dimensões do espaço de trabalho no caso do operador estar de pé.

Se o número de movimentos, ângulo e esforço necessário forem excessivos terá impactos na saúde do operador. Acontece com frequência, a operadores que, durante um

período elevado de tempo a realizar uma tarefa repetitivamente e com movimentos não ergonômicos, terem Síndrome do Túnel Cárpico. Esta é uma doença que afeta o pulso do operador que, depois de tanto esforço ao longo do tempo, fica com o nervo mediano do Túnel Cárpico com uma compressão crônica, causando dormência e falta de força nas mãos do operador.

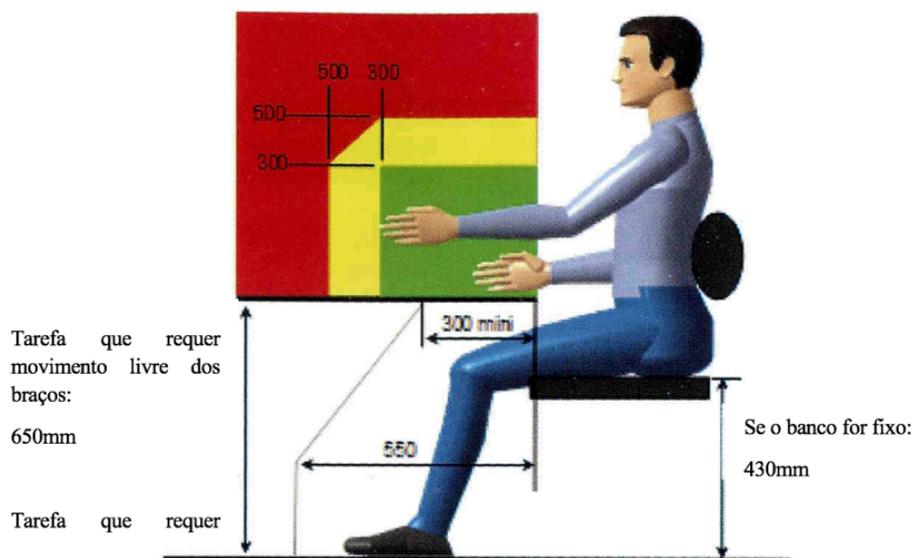


Figura 5- Dimensões do espaço de trabalho no caso do operador estar sentado.

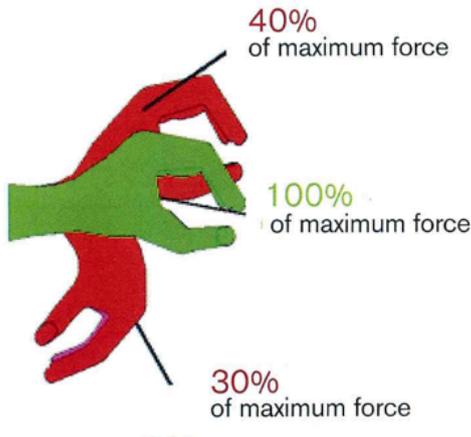
Manuseamento de ferramentas pesadas ou que exerçam uma força de torção

Neste tipo de indústria, há muitas ferramentas constantemente a serem utilizadas que, não só, são pesadas, como também exercem, sobre o pulso do operador, uma força de torção. Um exemplo disto são as pistolas pneumáticas, rebitoras, furadoras e roquetes, muito utilizadas para o aperto de parafusos.

Este tipo de ferramentas, em alguns casos, tem baterias portáteis incorporadas que, devem ser evitadas ao máximo em situações de uso frequente (> 80 utilizações/Hora), pois, são mais pesadas o que amplia ainda mais o esforço que o operador terá que fazer para a manusear.

A pega destas ferramentas deverá permitir uma correta angulação e alinhamento entre a mão, pulso, antebraço. É muito importante que a pega, das ferramentas que causem vibrações no seu funcionamento, seja capaz de atenuar ou absorver essas vibrações, por forma a que estas não sejam transmitidas para o operador, pois em tarefas com um período de tempo entre utilizações reduzido e número de utilizações elevadas, podem ter impactos elevados ao nível da saúde do operador, pois não só causam fadiga, o que leva a ineficiências, como também podem levar a lesões ao nível do pulso.

Em ferramentas mais pesadas deve ser introduzido um meio de suspensão da ferramenta, para que o operador não tenha de suportar todo o peso da ferramenta. Também podem ser colocadas duas pegas, em vez de uma, o que permite uma distribuição uniforme de esforço pelos dois braços, permitindo uma menor fadiga e maior bem-estar do operador ao manusear a ferramenta.



Como podemos ver na Figura 16, quanto maior for o ângulo do movimento, maior será a perda de capacidade de exercer força por parte do operador. Como tal, os movimentos devem ter o menor ângulo de articulação possível.

Figura 6- Relação entre o ângulo da articulação do pulso e a capacidade de exercer força.

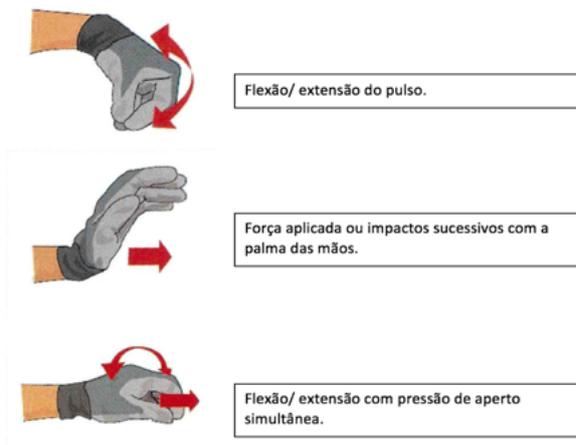


Figura 7- Diferentes tipos de movimentos com as mãos.

Movimentação de operadores

A eliminação de movimentos muitas vezes é interpretada de forma errada, pois a eliminação de movimentos não deve ser total, apenas dos desnecessários. É vantajoso existir alguma movimentação do operador ao longo do dia, pois caso esteja muito tempo, em pé ou parado, terá impactos graves, não só, ao nível do sistema circulatório, como também, ao nível das articulações.

Se um operador não estiver em carga deveremos considerar os seguintes valores como base para o desenho do posto de trabalho:

Aconselhado	Não-aconselhado	Excessivo
< 10m/min	10-20 /min	>20 m/min
< 4200m/dia	4200 – 8400 m/min	>8400 m/dia

Figura 1 - Limites aconselháveis de movimentação do operador (“Memorandum Ergonomic, main recommendations”, Volvo Group)

Em casos de permanência no mesmo local, ou seja, sem movimentos, deve ser adotado um posto de trabalho em que o operador esta sentado.

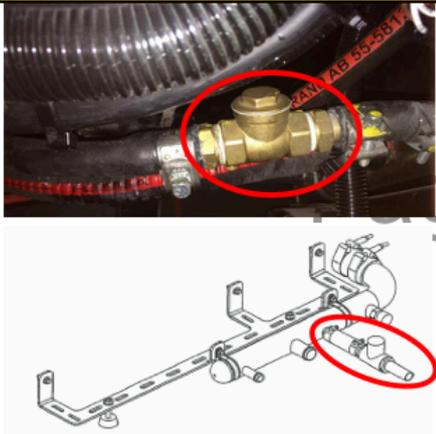
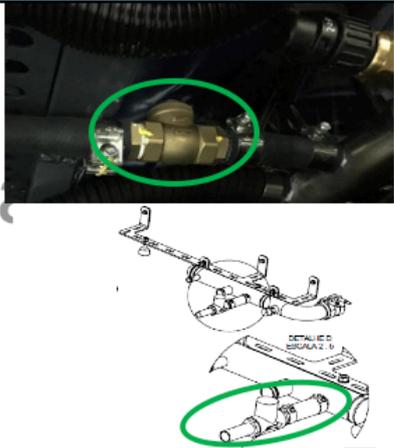
Se houver muita movimentação do operador ao longo do tempo produtivo, deve ser adotado um posto de trabalho de pé.

Os movimentos excessivos devem ser evitados, pois causam fadiga física e psicológica aos operadores e, conseqüentemente, também tem um impacto negativo na produtividade do operador.

Informação visual

Toda a informação que o operador necessita para realizar o seu trabalho deve estar o mais visual possível no posto de trabalho por forma a que não haja dúvidas de montagem que fiquem por resolver, nem a necessidade de deslocções desnecessárias do operador.

Anexo B: Norma de Qualidade

CAETANOBUS		MELHORIA CONTÍNUA do PRODUTO		ITEM N.º: 75	
				Modelo: Chassis UEB	
Tema:	Válvula de Retenção Postigo Latão mal posicionada no coletor de água quente	Código Peça(s)	70027833		
Origem tema:	Teste de AC ao Protótipo F183205001	PDCA - Estado Actual			
Responsável:	CBO/4029	Plan	Do	Check	Act
ANTES (defeito) Causas		DEPOIS Ação corretiva (Como?)			
<ul style="list-style-type: none"> Válvula de retenção postigo latão G3/4" (Ref. 70027833) montada no chassis da unidade UEB - Protótipo STCP F183205001, com a indicação do sentido do fluxo errado. Durante a montagem o Operador não teve em atenção o correto posicionamento da válvula anti-retorno, isto é, do sentido do fluxo de água a circular no coletor de água quente. Desenho de montagem do coletor de água quente 5A500239 - alteração 00 não tinha indicação do correto sentido do fluxo de água. Observação: Problema detetado durante o teste de AC efetuado à unidade, pela equipa QES e pelo Fornecedor de AC (Termo King Sutrak). 		<ul style="list-style-type: none"> Alteração do desenho 5A500239 - alteração 01, a 28-03-2018. ENGI acrescentou no desenho o detalhe D e a indicação: "Importante respeitar a posição da seta na montagem". Equipa da secção 4029 alertada, passando os operadores a garantir a montagem conforme o correto sentido da aplicação da válvula 70027833, isto é, na direção do radiador (sentido da seta: do lado esq. para o lado dir.). 			
Foto do Antes		Foto do Depois			
		 <p style="font-size: small;">Nota: Importante respeitar a posição da seta na montagem</p>			
Responsabilidade (Quem?):	Linha Chassis 4029	Alfredo Valente Rúben Oliveira	Acompanhamento QES	Celina Afonso	
Prazo implementação (Quando?):	imediato		PEP implementação:	F183205007	
Fecho da ação			Rubrica de conformidade do responsável(do tema):		

Anexo C: Norma de Operador Logístico



Norma de Operador Logístico



1. Recolha de caixas ou carrinhos do bordo de linha

- Recolher carros de kit após consumo
- Os carros vazios devem ser reabastecidos, de imediato, e colocados no local indicado
- 08:15 recolha de caixas em sistema kanban vazias
- A caixa vazia deve ser recolhida do Local de retorno de caixas, no último nível da estante. Este local está marcado como indica a fotografia 1 & 2
- As caixas vazias devem ser colocadas no local indicado, fotografia 3



2. Reabastecimento de materiais

- No caso das caixas em sistema kanban, devemos seguir a norma de fluxos de caixas em kanban
- No caso dos carrinhos de kit, estes devem ser abastecidos pela logística, de acordo com a lista de picking, nos locais respetivos, por forma a que estejam aptos a serem reabastecidos à linha.



Norma de Trabalho de materiais



4. Tratamento de materiais em falta

- No caso de haver materiais críticos para a PEP em curso, o operador deve, de acordo com o quando disposto, fazer o picking diretamente do material que chegou.
- O resto das operações de tratamento de faltas deve ser realizado de acordo com a norma de faltas de material



Anexo D: Norma de Falhas de Material

KAIZEN
INSTITUTE

Norma de Falhas de materiais

CAETANO ELUS
SISTEMAS DE GESTÃO

1. Visibilidade de Falhas de Material

- Registrar nas folhas de picking quais as falhas de materiais existentes, preenchendo o campo "Abastecimento"
- Colocar as folhas com faltas no quadro de falhas de material

Deve realizar, a partir deste momento, o processo normal de corte.



2. Visibilidade de falhas na linha

- Faltas de materiais no picking são transmitidas à produção por espaços vazios nos carrinhos



KAIZEN
INSTITUTE

Norma de Trabalho de materiais

CAETANO ELUS
SISTEMAS DE GESTÃO

3. Visibilidade de Materiais em Falta no centro logístico

1. Fazer Login na base de dados.
2. Clicar em gestão de faltas e listagem
3. Filtrar por PEP, ou outra informação pretendida

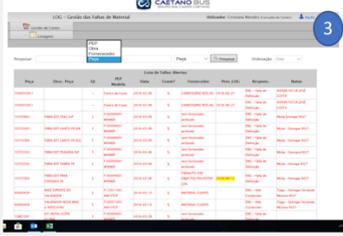
1



2



3



4. Comparar as falhas em materiais de picking com a lista e, nos casos, em que há falhas de material de picking e não consta na lista, transmitir essa informação à LOG Interna Gaia através de e-mail à pessoa responsável pelo tratamento destas situações.

Anexo E: Agenda de reunião de supervisão

Reunião Supervisão



Horário:	Frequência:	Diária
	Horário:	14h00 – 14h15
	Duração:	15'

Participantes:

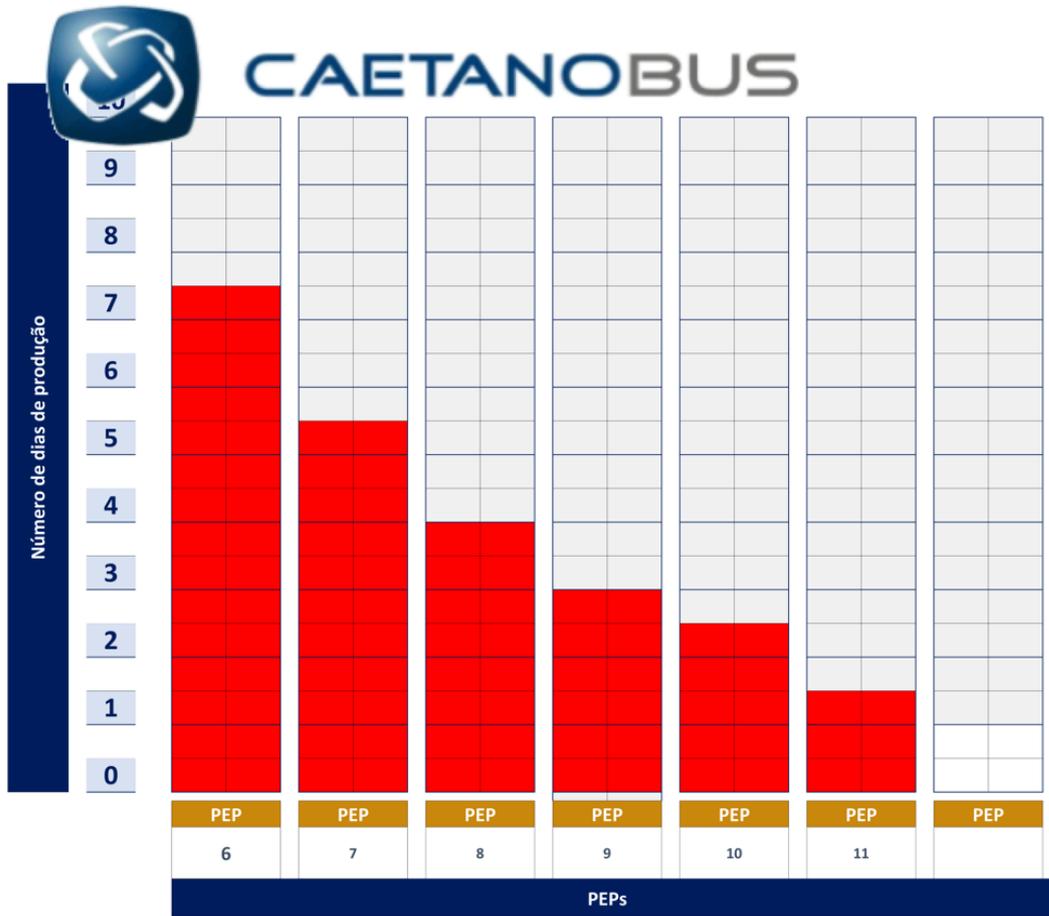
Equipa Permanente:

1. Chefe de Linha;
2. Logística;
3. Qualidade;
4. Engenharia;

Agenda:

1. Revisão do indicador do atraso previsto no carro;
2. Identificação das não conformidades que necessitam de intervenção externa;
3. Identificação das peças reclamadas e data prevista de entrega.
4. Identificação das alterações de peças/desenhos do chassis.
5. Identificação das Faltas de Definição.
6. Planeamento Próximas PEPs – Falta de Material.
7. Revisão Lista Cortes.
8. Revisão de Falta de Produção Interna.
9. Revisão e Atualização do Plano de Ações.

Anexo F: Índica de dias de atraso de montagem do chassi



Anexo G: Instrução de pré-montagem do Motor Elétrico de Tração

		INSTRUÇÃO DE TRABALHO		¹ IT 324 – 045 – 00090																															
				³ 1/6																															
⁴ Designação: IT Pré-montagem Motor																																			
⁵ Distribuição: PRD, QES, ENG1																																			
Família: Urbano		Modelo: E City Gold		Chassi: UEB																															
⁶ <h3>1. OBJETIVO</h3> <p>A presente instrução contém indicações para a pré-montagem do MOTOR UEB UEB 5A22022A e tem como objetivo estabelecer uma metodologia de montagem para este conjunto. De modo a manter a segurança de funcionamento, as indicações aqui contidas devem ser respeitadas</p> <p>1.1. Tempo de montagem 50min/pessoa</p> <p>1.2. Posto de aplicação G29.02.0 – Pré-Montagens 1</p> <h3>2. REFERÊNCIAS/DOCUMENTOS</h3> <ul style="list-style-type: none"> Desenho de Montagem 5A22022A - Conjunto topo Apoios Motor PEM Desenho de Montagem 5A24022A – Conjunto Topo Suporte Motor <h3>3. MATERIAIS/PRODUTOS</h3> <p>Lista de componentes:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>N.o</th> <th>Cód. Interno</th> <th>Designação</th> <th>Torque</th> <th>Qtd</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>5A220038</td> <td>Apoio Motor Esquerdo UEB</td> <td></td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>5A240081</td> <td>Estrut. Suporte Esq. Motor UEB</td> <td></td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>5A240085</td> <td>Estrut. Suporte Dir. Motor UEB</td> <td></td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>5A220040</td> <td>Apoio Motor Direito UEB</td> <td></td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>70030847</td> <td>Paraf. Sext. Flang. M12x30x1.75</td> <td>80 Nm</td> <td>16</td> </tr> </tbody> </table>						N.o	Cód. Interno	Designação	Torque	Qtd	1	5A220038	Apoio Motor Esquerdo UEB		1	2	5A240081	Estrut. Suporte Esq. Motor UEB		1	3	5A240085	Estrut. Suporte Dir. Motor UEB		1	4	5A220040	Apoio Motor Direito UEB		1	5	70030847	Paraf. Sext. Flang. M12x30x1.75	80 Nm	16
N.o	Cód. Interno	Designação	Torque	Qtd																															
1	5A220038	Apoio Motor Esquerdo UEB		1																															
2	5A240081	Estrut. Suporte Esq. Motor UEB		1																															
3	5A240085	Estrut. Suporte Dir. Motor UEB		1																															
4	5A220040	Apoio Motor Direito UEB		1																															
5	70030847	Paraf. Sext. Flang. M12x30x1.75	80 Nm	16																															
⁷ DATA		⁸ ELABORAÇÃO		⁹ APROVAÇÃO																															
				¹¹ ARQUIVO																															

CB 324

 CAETANOBUS	INSTRUÇÃO DE TRABALHO	¹ IT 324 – 045 – 00090
		³ 2/6
⁴ Designação: IT Pré-montagem Motor		
⁵ Distribuição: PRD, QES, ENG1		
Família: Urbano	Modelo: E.City Gold	Chassi: UEB

6	70030457	Apoio SimRit 49003069 Shore 75CR	MAX. 39 Nm	4
7	5A220020	Anilha M12x60	..	4
8	70028253	Paraf. Sext. Flang. D6921 M12x90x1.75 8.8	MAX. 39 Nm	4
9	70028254	Porca Sext. Flang. D6923 M12 8.8	..	4
10	5A220021	Anilha M12x40		4

3.1. Ferramentas e Moldes

- Chaves Dinamométricas
- Roquetes
- Material de selagem de parafusos (tinta amarela)

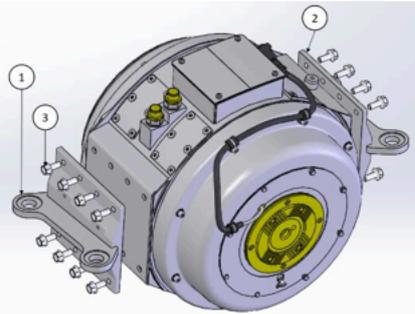
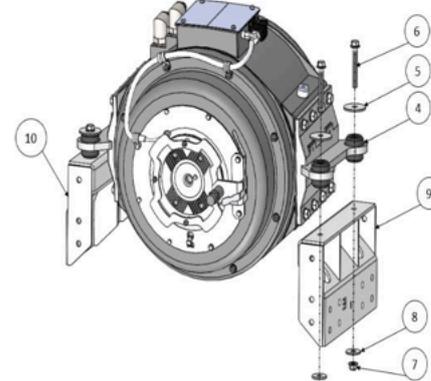
4. METODOLOGIA



Operações	Materiais, ferramentas e acessórios	
-----------	-------------------------------------	--

⁷ DATA	⁸ ELABORAÇÃO	⁹ APROVAÇÃO	ALTERAÇÃO	¹¹ ARQUIVO

	INSTRUÇÃO DE TRABALHO	1 IT 324 – 045 – 00090
		3 3/6
4 Designação: IT Pré-montagem Motor		
5 Distribuição: PRD, QES, ENG1		
Família: Urbano	Modelo: E City Gold	Chassi: UEB

<p>Acoplar apoios ao Motor Tração Elétrica</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Apoio Motor Esquerdo UEB 2. Apoio Motor Direito UEB 3. Paraf. Sext Flang. Carca. Sext Flang. M12x30x1.75 (APERTO: 80Nm) 	
<p>Aplicar Apoios SimRit e Apoios do Motor</p>	<ol style="list-style-type: none"> 4. Apoio Carca. Sext Flang. SimRit 49003069 Shore 75CR 5. Anilha M12x60 6. Paraf. Sext Flang. Carca. Sext Flang. D6921 M12x90x1.75 8.8 (APERTO 39Nm) 7. Porca Carca. Sext Flang. Sext Flang. D6923 M12 8.8 8. Anilha M12x40 9. Estrut. Suporte Esq. Motor UEB 10. Estrut. Suporte Dir. Motor UEB 	

7 DATA	8 ELABORAÇÃO	9 APROVAÇÃO	ALTERAÇÃO	11 ARQUIVO

	INSTRUÇÃO DE TRABALHO	¹ IT 324 – 045 – 00090
		³ 4/6
⁴ Designação: IT Pré-montagem Motor		
⁵ Distribuição: PRD, QES, ENG1		
Família: Urbano	Modelo: E.City Gold	Chassi: UEB

Pré-Montagem do Kitas	<ol style="list-style-type: none"> 1. Desaparafusar as tampas amarelas 2. Colocar tubos cilíndricos (peça Nº 5A100028) 	<ol style="list-style-type: none"> 1.  2. 
	<ol style="list-style-type: none"> 3. Colocação da peça Nº5A100027 4. Colocar secante nos parafusos e aparafusar 	<ol style="list-style-type: none"> 3.  4. 
	<ol style="list-style-type: none"> 5. Desaparafusar parafusos exteriores 6. Colocação do suporte (Nº 5A100026) e aparafusar 	<ol style="list-style-type: none"> 5. 

⁷ DATA	⁸ ELABORAÇÃO	⁹ APROVAÇÃO	ALTERAÇÃO	¹¹ ARQUIVO

 CAETANOBUS	<h2>INSTRUÇÃO DE TRABALHO</h2>	¹ IT 324 – 045 – 00090
²		³ 5/6
⁴ Designação: IT Pré-montagem Motor		
⁵ Distribuição: PRD, QES, ENG1		
Família: Urbano	Modelo: E.City Gold	Chassi: UEB

	<p>7. Colocação e aparafusar o Kit Kits</p> <p>8. Colocação e rebitagem da peça Nº 5A100039</p>	<p>6. </p> <p>7. </p> <p></p> <p>8. </p>
--	--	---

⁷ DATA	⁸ ELABORAÇÃO	⁹ APROVAÇÃO	ALTERAÇÃO	¹¹ ARQUIVO

 CAETANOBUS	INSTRUÇÃO DE TRABALHO			¹ IT 324 – 045 – 00090
²				³ 6/6
⁴ Designação: IT Pré-montagem Motor				
⁵ Distribuição: PRD, QES, ENG1				
Família: Urbano	Modelo: E.City Gold	Chassi: UEB		
<p>4.1 OBS</p> <p>Aquando da aplicação de binário nos parafusos com a respetiva informação é necessária a sua selagem.</p>				
⁷ DATA	⁸ ELABORAÇÃO	⁹ APROVAÇÃO	ALTERAÇÃO	¹¹ ARQUIVO