



Bruno Vieira do Vale

**Melhoria do fluxo produtivo numa linha de montagem de
exaustores na TEKA Portugal**



Bruno Vieira do Vale

**Melhoria do fluxo produtivo numa linha de montagem de
exaustores na TEKA Portugal**

Projeto apresentado à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial, realizado sob a orientação científica do Doutor Rui Jorge Ferreira Soares Borges Lopes, Professor Auxiliar do Departamento de Economia, Gestão, Engenharia Industrial e Turismo da Universidade de Aveiro

o júri

Presidente:

Doutora Helena Maria Pereira Pinto Dourado e Alvelos

Professora Auxiliar, Universidade de Aveiro

Vogais:

Doutor Pedro Sanches Amorim

Professor Auxiliar, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Doutor Rui Jorge Ferreira Soares Borges Lopes (Orientador)

Professor Auxiliar, Universidade de Aveiro

agradecimentos

À Universidade de Aveiro, nomeadamente ao Professor Rui Jorge Ferreira Soares Borges Lopes, pela orientação e disponibilidade demonstrada ao longo da execução do documento.

Ao Eng. Paulo Matos e a toda a equipa da engenharia e de melhoria contínua da TEKA Portugal pelo conhecimento partilhado e por todo o acompanhamento ao longo do projeto.

À minha família, em especial à minha irmã, que me deu um acompanhamento incansável ao longo de todo o meu percurso académico, principalmente nesta fase final. Obrigado pai, obrigado mãe, obrigado Patrícia.

Aos meus amigos, que desde sempre me acompanham e me deram força, sobretudo aos que conheci durante estes últimos cinco anos e aos meus colegas dos bombeiros. Foram vocês que fizeram com que estes anos se tornassem mágicos.

palavras-chave

Melhoria contínua, Desperdício, Valor, Linhas de montagem, Bordo de linha, Balanceamento de linha, Estudo de tempos.

resumo

A competitividade do mercado leva a um esforço, cada vez mais avultado, na identificação e eliminação de desperdícios nos processos, para que as empresas se apresentem cada vez mais eficientes e eficazes na resposta aos seus clientes. O projeto apresentado foi realizado na TEKA Portugal e surgiu com o objetivo de melhorar o fluxo produtivo numa linha de montagem de exaustores, por forma a dar resposta ao elevado *backlog* observado.

De modo a identificar e caracterizar os problemas, procedeu-se à medição de algumas métricas de desempenho, sobre as quais recaíram sete propostas de melhoria. Estas propostas têm como objetivo melhorar o desempenho da linha em estudo. Para tal, num primeiro estágio, procedeu-se ao reagrupamento das linhas de exaustores por modelos. Criaram-se ainda dois cenários que abrangem diversas alternativas de melhoria para a TEKA Portugal. A alteração da disposição do material no bordo de linha e o rebalanceamento da linha de produção com recurso à ferramenta *Methods-Time Measurement* (MTM) foram algumas das propostas apresentadas, que demonstraram os possíveis ganhos com o projeto em causa.

Prevê-se que o cenário final proposto resulte num incremento superior a 16% do volume de produção (nas linhas que produzem o modelo em estudo), com menos um colaborador.

Tal estudo foi possível com o recurso à ferramenta MTM, uma vez que esta ferramenta se baseia em tempos pré-determinados. Desta forma, podemos aferir que a implementação das melhorias propostas, quando implementadas, poderão ter um impacto anual positivo de 1,2 milhões de euros, no volume de vendas da TEKA Portugal.

keywords

Continuous improvement, Waste, Value, Assembly lines, Border of line, Line Balancing, Time study

abstract

The market's competitiveness leads, every day, to an effort in the identification and elimination of waste in the processes, in order for companies to become more efficient and effective in dealing with their customers. The presented project was held at TEKA Portugal aiming to improve the production flow in an assembly line of hoods, in order to respond to the high observed backlog.

With the aim of identifying and characterizing the problems, some performance metrics were measured, which resulted in seven improvement proposals. These proposals aimed at improving the performance of the line under study. To do so, in a first phase, the hood lines were rearranged by models. Two alternative scenarios were also developed to include different improvement possibilities for TEKA Portugal. Among some of the proposals made were the change of the material layout at the border of line and the production line rebalancing using the Methods-Time Measurement (MTM) tool.

Ultimately, it is expected an increase of over 16% in production volume (on the lines that produce the model under study) with one less employee.

This study was possible with the use of the MTM tool, as it is based on predetermined times. Therefore, we can assess that the implementation of the proposed improvements, when implemented, may have a positive annual impact of 1.2 million euros on TEKA Portugal's sales volume.

Índice

1 Introdução	1
1.1. Enquadramento.....	2
1.2. Objetivos do projeto.....	2
1.3. Metodologia de investigação	2
1.4. Estrutura do documento	4
2 Enquadramento teórico.....	7
2.1. Pensamento LEAN.....	7
2.2. TPS e a filosofia JIT	9
2.3. Métodos e Ferramentas TPS/JIT	13
2.3.1. Processos uniformizados.....	14
2.3.2. Redução dos <i>Setups</i>	15
2.3.3. Balanceamento dos processos	17
2.3.4. Gestão Visual.....	18
2.4. Avaliação de desempenho.....	19
2.5. Métricas de avaliação de desempenho	19
2.5.1. Disponibilidade.....	19
2.5.2. Eficiência.....	20
2.5.3. Qualidade	21
2.5.4. <i>Overall Equipment Effectiveness</i> (OEE)	21
2.5.5. Tempo de ciclo	22
2.5.6. <i>Takt Time</i> (Tk).....	22
2.6. Estudo de Tempos (ET).....	23
2.6.1. Cronometragem	24
2.6.2. <i>Methods-Time Measurement</i> (MTM).....	25
2.7. Linhas de Montagem.....	26
2.8. Bordo de Linha	28
2.9. Diagrama de Pareto.....	29
3 Desenvolvimento do projeto	31
3.1. A Empresa	31

3.1.1. Grupo TEKA	31
3.1.2. TEKA Portugal S.A.: Multisserviços, multiproduto e multimarca.....	32
3.2. Contextualização e caracterização do problema	34
3.2.1. Pavilhão dos Exaustores e Chaminés	34
3.2.2. Cenário da Linha 4 dos exaustores.....	36
3.3. Propostas de melhoria	51
3.3.1. Melhoria 1: Desenho dos postos de trabalho com atividades acíclicas internas à linha 51	
3.3.2. Melhoria 2: Desenho dos postos de trabalho com atividades acíclicas externas à linha 55	
3.3.3. Melhoria 3: Ficheiro de apoio aos departamentos de planeamento e logística interna 57	
3.3.4. Melhoria 4: Criação da zona de retorno de caixas vazias	59
3.3.5. Melhoria 5: Criação de um <i>standard work</i>	60
3.3.6. Melhoria 6: Disposição do material abastecido a granel	62
3.3.7. Melhoria 7: Agrupamento das linhas por modelos.....	62
3.4. Balanceamento dos cenários propostos	64
3.4.1. Cenário 1 (atividades acíclicas internas à linha) com quatro operadores	64
3.4.2. Cenário 2 (atividades acíclicas externas à linha) com quatro operadores.....	65
3.4.3. Cenário 2 (atividades acíclicas externas à linha) com três operadores	66
3.5. Solução final proposta.....	68
4 Conclusão.....	71
Bibliografia	75
ANEXOS	79
Anexo A – Organograma Teka Portugal.....	80
Anexo B – Folhas de confirmação de processo.....	81
Anexo C - Listagem de tarefas e o tempo associado.....	84
Anexo D - Cenário 1: Tarefas acíclicas fora da linha	88
Anexo E - Cenário 1 e 2: Tarefas acíclicas fora e dentro da linha.....	92
Anexo F - Cenário 2: Tarefas acíclicas dentro da linha	94

Índice de Figuras

Figura 1 Ciclo Investigação-Ação.....	3
Figura 2 Investigação-ação: Metodologia aplicada no projeto.....	4
Figura 3 Estrutura do sistema de produção Toyota (a filosofia TPS)	11
Figura 4 Melhoria e standardização	14
Figura 5 Tempo de ciclo vs. Takt Time	18
Figura 6 Representação de perdas de disponibilidade	20
Figura 7 Representação de perdas de eficiência.....	20
Figura 8 Representação de perdas de qualidade.....	21
Figura 9 Perdas associadas ao cálculo OEE	22
Figura 10 Diagrama de Pareto.....	30
Figura 11 Evolução do volume de vendas da TEKA Portugal	34
Figura 12 Principais motivos de paragens (Quantidade)	39
Figura 13 Principais motivos de paragem (Tempo).....	39
Figura 14 Quantidade de defeitos por área	42
Figura 15 Quantidade de reparações em linha por área	43
Figura 16 Quantidade de rejeitados por área	45
Figura 17 Variação do OEE ao longo de 2019	46
Figura 18 Folha de confirmação da variação do Tempo de ciclo	47
Figura 19 Tc Real vs. Tc Objectivo	48
Figura 20 Balanceamento inicial do processo.....	49
Figura 21 Propostas de Melhoria	51
Figura 22 Documento de apoio para redução de <i>setup</i> (exemplo)	58
Figura 23 Folha de Apoio às abastecedoras/ logística interna.....	59
Figura 24 Zona de recolha das caixas vazias	60
Figura 25 <i>Standard Work</i>	61
Figura 26 Melhoria posicionamento material abastecido a granel	62
Figura 27 Balanceamento com 4 operadores com atividades acíclicas.....	65
Figura 28 Balanceamento com 4 operadores sem atividades acíclicas	66
Figura 29 Balanceamento com 3 operadores sem atividades acíclicas	67
Figura 30 Solução Final: Propostas de Melhoria e redução de desperdícios.....	69

Índice de Tabelas

Tabela 1 Os 14 princípios da filosofia Toyota Way.....	12
Tabela 2 considerações da métrica de desempenho Cronometragem e MTM.....	24
Tabela 3 Produtos fabricados e comercializados pela TEKA Portugal	33
Tabela 4 Distribuição das famílias dos modelos iniciais produzidos por linha	35
Tabela 5 Produção de exaustores vs. Planeamento referente a 2019	36
Tabela 6 Produção da linha 4 em 2019	37
Tabela 7 Variação do indicador OEE (Disponibilidade) ao longo de 2019	38
Tabela 8 Variação do indicador OEE (Eficiência) ao longo de 2019	40
Tabela 9 Variação do indicador OEE (Qualidade) ao longo de 2019.....	41
Tabela 10 Principais razões de ocorrência nas áreas críticas (defeitos)	42
Tabela 11 Principais razões de ocorrência nas áreas críticas (reparações em linha).....	44
Tabela 12 Principais razões de ocorrência nas áreas críticas (Rejeitados)	45
Tabela 13 Desenho dos postos de trabalho com atividades acíclicas internas à linha	52
Tabela 14 Melhorias de tempo associadas ao redesenho da linha: 4 operadores com tarefas acíclicas.....	53
Tabela 15 Desenho dos postos de trabalho com atividades acíclicas externas à linha	55
Tabela 16 Melhorias de tempo associadas ao redesenho da linha: 4 operadores sem tarefas acíclicas.....	56
Tabela 17 Melhorias de tempo associadas ao redesenho da linha: 3 operadores sem tarefas acíclicas.....	57
Tabela 18 Alteração das famílias dos modelos produzidos por linha	63

Lista de Acrónimos e Abreviaturas

- **ET** – Estudo de Tempos
- **JIT** - *Just-In-Time*
- **KPI** - *Key Performance Indicators*
- **MTM** - *Methods Time Measurement*
- **NNVA** - *Necessary but Non Value Added*
- **NVA** - *Non Value Added*
- **OEE** - *Overall Equipment Efficiency*
- **SMED** - *Single Minute Exchange of Die*
- **Tc** - Tempo de ciclo
- **Tk** - *Takt Time*
- **TOC** - *Theory Of Constraint*
- **TPS** - *Toyota Production System*
- **TQM** - *Total Quality Management*
- **VA** - *Value added*
- **WIP** - *Work In Progress*

1 Introdução

Nos dias que decorrem, as empresas de produção são frequentemente confrontadas com situações desafiantes de mercado, relacionadas com a complexidade do produto e a variação da procura.

O presente documento centra-se no estudo da TEKA Portugal e apresenta uma estratégia que visa o aumento da eficiência da produção, por forma a superar estes desafios. De modo a que consiga evoluir e prosperar perante os seus rivais, torna-se importante que toda a empresa tenha como objetivo comum a melhoria contínua, ou seja, que todos os departamentos apresentem, de forma transversal, um pensamento LEAN. Esta filosofia é apoiada por Fujio Cho (Presidente e CEO da *Toyota Motor Manufacturing* nos EUA), na medida em que, com o aumento da competitividade no mundo dos negócios, torna-se imperativo que todas as empresas ofereçam aos seus clientes produtos de máxima qualidade e com custos mínimos. De acordo com o pensamento LEAN, todos os desperdícios devem ser eliminados, oferecendo aos consumidores custos cada vez menores, com produtos de qualidade cada vez mais elevada. Para tal, é importante que todas as atividades realizadas na produção de um determinado produto, sejam de valor acrescentado, e que se eliminem todas as outras que não agreguem valor para o consumidor final (desperdício).

O projeto em causa, passa pela melhoria do fluxo produtivo numa linha de montagem de exaustores (linha 4) de forma a maximizar a sua produção e, conseqüentemente, reduzir o seu tempo de ciclo. Neste sentido, serão estudados os principais problemas que estão na origem da ineficiência da linha e proposta uma solução de melhoria, que assenta no balanceamento da mesma. Esta proposta pretende, ainda melhorar outros *Key Performance Indicators* (KPI's) associados ao bom funcionamento da linha em estudo.

De seguida, será caracterizado o projeto e os seus objetivos e apresentada a metodologia de investigação que orienta o seu desenvolvimento. O último subtópico deste capítulo apresenta a estrutura do documento.

1.1. Enquadramento

O presente documento, “Melhoria do fluxo produtivo numa linha de montagem de exaustores na TEKA Portugal”, insere-se no âmbito do estágio realizado no Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial, da Universidade de Aveiro. O mesmo foi concretizado em contexto empresarial, na TEKA Portugal, com sede em (Aveiro, Portugal).

A empresa dedica-se ao fabrico de eletrodomésticos de cozinha, e faz da tecnologia e inovação bandeiras para promover o bem-estar de todos os consumidores.

O projeto em causa foca-se numa linha de montagem de exaustores, a tipologia de produto que apresenta maior volume de vendas na empresa.

1.2. Objetivos do projeto

O objetivo deste trabalho passa pela melhoria da produção na linha em estudo, promovendo, assim, o aumento da eficiência e eficácia da mesma, através da filosofia LEAN.

De forma particular, pretende-se reduzir o tempo de ciclo na montagem de um modelo de exaustores, promovendo a maximização da produção, de modo a responder ao elevado *backlog* (encomendas em atraso), sentido na TEKA Portugal. Este problema tem consequências a jusante, na satisfação do cliente, pelo que a redução do tempo de espera se torna num fator crítico de sucesso da empresa.

Perspetiva-se, assim, promover uma redução dos problemas que afetam o normal funcionamento da linha, como o elevado tempo a realizar tarefas acíclicas que muitas vezes, os colaboradores são forçados a executar. Além disso, pretende-se também apresentar propostas que visam melhorar o desenho da linha em estudo, para promover uma melhor ergonomia do local de trabalho.

As várias propostas de melhoria apresentadas no documento serão alvo de um balanceamento, pois só assim é possível garantir uma maior eficiência da linha, onde todos os colaboradores passam a ter o mesmo conteúdo temporal de trabalho, evitando acumulações de *Work In Progress* (WIP) e tempos de espera associados.

1.3. Metodologia de investigação

Para o desenvolvimento de um projeto, torna-se importante a definição de uma metodologia de investigação (Figura 1). Neste sentido, recorreu-se a uma metodologia de

investigação-ação, que coloca o investigador numa situação real, com o objetivo de a melhorar, ao mesmo tempo que obtém conhecimento a partir dela (Checkland & Holwell, 1998).

A investigação-ação torna-se, desta forma, um processo interativo entre investigadores e profissionais, que atuam mutuamente num ciclo de atividades, como diagnóstico de problemas, intervenção de ações e reflexão da aprendizagem (Avison, Lau, Myers, & Nielsen, 1999; Phillips & Carr, 2010), como apresenta a Figura 1.

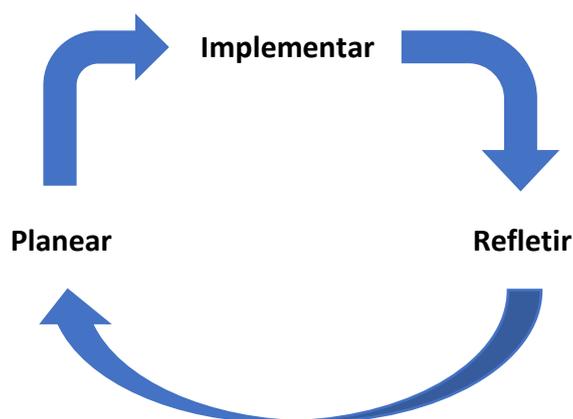


Figura 1 Ciclo Investigação-Ação

Fonte: Adaptado de Donna Kalmbach Phillips (2010)

Tendo em conta estes princípios defendidos na literatura, o presente projeto decorre ao longo de diferentes estágios. Uma fase inicial passa pela observação e integração da linha em estudo, de modo a haver uma familiarização com o problema em causa e identificação de oportunidades para possíveis melhorias. Esta fase inclui também a recolha dos dados, bem como a identificação e realização todas as diretrizes que vão conduzir à proposta de uma resolução do problema.

Uma segunda fase, passa pela proposta de implementação das melhorias identificadas no ponto anterior, submetidas a um balanceamento.

Num último estágio, procede-se à reflexão destas propostas de melhoria, com a identificação de possíveis ganhos com a sua implementação, de modo a perceber o impacto das mesmas nos objetivos delineados.

A Figura 2 traça um paralelismo entre a literatura (caixas a azul) e as etapas seguidas aos longo do projeto (caixas cinzentas).

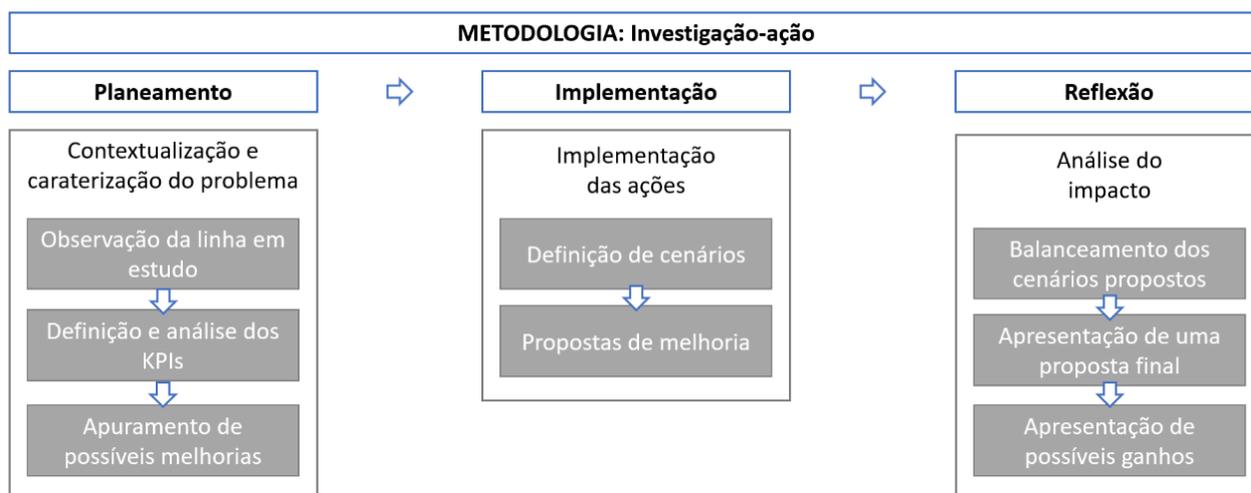


Figura 2 Investigação-ação: Metodologia aplicada no projeto

Fonte: elaboração própria

1.4. Estrutura do documento

O presente documento encontra-se dividido em quatro capítulos.

No capítulo 1, introdução, aborda-se o tema em causa e a pertinência da sua investigação, passando pela apresentação dos objetivos pretendidos e metodologia aplicada, assim como a realização de uma abordagem à estrutura do documento.

Já no capítulo 2 é feito um enquadramento teórico, aplicado à resolução do problema em causa. Inicialmente é abordada a filosofia LEAN e TPS, de forma genérica, passando, posteriormente, à descrição dos métodos e ferramentas ligados à filosofia. Ainda neste capítulo, são discutidas as diversas métricas de desempenho e a sua colaboração para uma excelência operacional. Uma abordagem ao estudo de tempos e às linhas de montagem torna-se também imprescindível de ser exposto neste capítulo, devido à sua importância no projeto em causa.

No capítulo 3, é apresentado o estudo prático. Este é subdividido em quatro partes, começando com uma breve descrição da empresa, onde é realizado o projeto, seguido por uma análise e contextualização do cenário atual. Aqui, é feito um levantamento das métricas enunciadas no capítulo anterior. De seguida, são ainda apresentadas diversas propostas de melhoria e, por fim, descrita uma possível solução final e os benefícios esperados.

O documento termina com uma conclusão, com a apresentação das considerações finais e contributos do projeto para a empresa. Neste capítulo, descrevem-se ainda as limitações do projeto, seguidas pela apresentação de orientações para trabalhos futuros.

2 Enquadramento teórico

O enquadramento teórico assume forte relevância neste estudo, na medida em que será com base nos contributos da academia que serão discutidos os resultados.

Neste capítulo serão introduzidos diversos conceitos teóricos pertinentes na realização do projeto em causa, sendo estes relacionados com métricas das filosofias LEAN e JIT – *Just-In-Time*.

2.1. Pensamento LEAN

De acordo com Womack e Jones (2003), o pensamento LEAN fornece diretrizes para especificar valor, alinhando as atividades de criação de valor de acordo com a melhor sequência, realizando essas atividades sem interrupções e tornando os processos mais eficazes. Desta forma, o pensamento LEAN oferece um caminho para que se faça mais, com menos – esforço humano, equipamento, tempo e espaço – de modo a responder às necessidades dos clientes.

O pensamento LEAN é baseado na noção de Taiichi Ohno e tem como objetivo “reduzir custos, eliminando desperdícios” (Stadnicka & Ratnayake, 2017).

Em geral, o pensamento LEAN fornece uma abordagem sistemática para identificar e eliminar o desperdício através da estratégia *pull*¹, com o objetivo de permanecer competitivo no mercado global. Neste contexto, todas as perdas causadas pelas atividades que geram custos, diretos ou indiretos, e que não agreguem valor ao produto e / ou serviço do ponto de vista do cliente, são designadas como “desperdícios”.

No contexto dos sistemas de produção, o sistema da Toyota identifica sete tipos originais de desperdício: sobreprodução, inventário, esperas, transporte, movimento, sobreprocessamento e defeitos. Liker (2004) adiciona ainda um oitavo desperdício: talento não utilizado. Abaixo encontram-se listados e descritos os tipos de desperdício mencionados, com base nos princípios de El-namrouty & Abushaaban (2013) e Liker (2004).

- **Sobreprodução** – Este desperdício verifica-se quando se produz mais do que aquilo que o cliente deseja. A antecipação da produção aos pedidos está na origem de desperdício

¹ *Pull*: sistema de fabrico coordenado pelo cliente. Neste sistema as atividades de fabrico são iniciadas apenas na presença de um pedido ou ordem do cliente.

de pessoas, bem como de um aumento dos custos de armazenamento e de transporte, com a acumulação de *stock*.

- **Inventário** – Traduz-se em ter, desnecessariamente, elevadas quantidades de matérias-primas, *Work In Progress* (WIP) ou produtos finais. Este excesso de inventário tende a aumentar o *lead time*², impede a identificação rápida de problemas, aumenta a probabilidade de danificação do produto, os requisitos de espaço e custos associados.
- **Esperas** – Corresponde a tempo inativo dos trabalhadores ou máquinas devido a gargalos ou fluxo de produção ineficiente no chão de fábrica. Ou seja, corresponde a uma utilização ineficiente do tempo. Este tipo de desperdício pode ser causado por diversos problemas, como o mau balanceamento, falta de material, mudanças de ordens de produção, avarias, entre outros.
- **Transporte** – Inclui todo o tipo de movimentações de materiais que não agregam valor ao produto, como movimentações entre processos ou entre armazenamentos. Associado a este desperdício está o aumento do Tempo de ciclo (Tc) do produto, podendo causar inventário, bem como aquisição de meios de transporte.
- **Movimento** – Este desperdício inclui todos os movimentos físicos desnecessários dos trabalhadores. Ou seja, movimentações não essenciais para desempenhar a(s) tarefa(s) que lhe estão destinadas, como procurar, pegar ou empilhar peças, caminhar.
- **Sobreprocessamento** – Corresponde a todas as atividades realizadas que não são desejadas pelos clientes. Isto acontece essencialmente devido à falta de ferramentas e *design* do produto, levando a movimentos desnecessários e produzindo defeitos. Origina operações excessivas, que resultam numa falsa “segurança” e que controlam a variabilidade do processo.
- **Defeito** – Todo o tipo de defeitos fazem aumentar o custo dos produtos. A este desperdício está associado a produção de peças defeituosas ou correção de defeitos. Reparar, retrabalhar, material que vai para a sucata e origina uma produção para colmatar esses defeitos e inspeção, significa tempo e esforço desnecessário.

² *Lead Time* (LT) corresponde a todo o tempo que um produto demora a passar por todas as fases de produção até chegar ao cliente.

- **Talento**– Corresponde ao desaproveitamento do potencial e talento humanos. Desperdício de tempo, ideias, capacidades, melhorias e oportunidade de aprendizagem por não se envolver ou ouvir os colaboradores.

O ponto de partida crítico para o pensamento LEAN é o valor, que só pode ser definido pelo cliente final. Este valor corresponde a um produto específico que atenda às necessidades de um cliente a um determinado preço, num momento específico (Womack & Jones, 2003).

Para tal, as empresas necessitam de repensar as suas linhas de produtos e manter as suas equipas fortes e dedicadas (Womack & Jones, 2003).

Segundo Chen, Li, & Shady (2008) existem três tipos de ações que ocorrem ao longo do fluxo de valor:

- **Atividades de valor acrescentado (*Value added* - VA):** Todos os processos que agregam valor ao produto, como a montagem.

- **Atividades de valor não acrescentado (*Non Value Added* - NVA):** Correspondem a processos sem valor agregado, também designados como desperdício. Além disso, estes processos não são exigidos pelo sistema de produção atual.

- **Atividades de Valor não Acrescentado, mas necessárias (*Necessary but Non Value Added* - NNVA):** Correspondem a processos que não acrescentam valor, mas que são exigidos pelo sistema atual. É o caso, por exemplo, da inspeção.

Assim, a eliminação de atividades de valor não acrescentado e eventualmente, atividades de valor não acrescentado mas necessárias, é uma abordagem comum para aumentar a eficiência em processos internos e externos (Neumann, Kohlhuber, & Hanusch, 2012).

2.2. TPS e a filosofia JIT

O *Just-in-time* (JIT) é “uma filosofia que permite que as organizações de produção, serviços e de retalho eliminem desperdícios, reduzam prazos de entrega e utilizem os recursos com mais eficiência” (APICS, 2015).

Esta filosofia, com início nos anos 50, tem a *Toyota Motor Company* na sua génese, tendo sido, posteriormente, aplicada por empresas ocidentais no início dos anos 80. Por isso, este sistema é denominado por *Toyota Production System* (TPS) e visa facilitar o fluxo

suave dos materiais. Para tal, é necessário que as trocas de máquinas (*setup*) sejam bastante reduzidas, para que as operações de fabricação a montante produzam pequenas quantidades de cada peça, onde a próxima fabricação seja convocada pelo processo seguinte, a jusante. Esta filosofia pretende, assim, eliminar gargalos e reduzir os *buffers* (*stocks* de segurança) (Womack & Jones, 2003). De acordo com J. Pinto, Matias, Pimentel, Azevedo, & Govindan (2018) a filosofia JIT assenta em quatro vetores, de modo a criar um sistema de produção eficiente.

- **Qualidade:** De forma a garantir a qualidade necessária do produto, é necessário determinar as capacidades reais do processo de produção, verificando que se encontra de acordo com as especificações definidas, assim a trabalhar continuamente no desenvolvimento do processo, equipamentos e pessoas.

- **Custo:** Como a essência da metodologia JIT consiste em eliminar todo o tipo de desperdício, a noção de “custo” é alterada. Assim, o preço final do produto não deve ser visto como o somatório entre o custo associado e o lucro pretendido. Neste caso, o lucro corresponde à diferença entre o preço (definido pela lei da oferta/procura) e o custo (onde estão associados todos os desperdícios).

- **Colaboradores:** A filosofia JIT pretende que todos os colaboradores sejam polivalentes, com a capacidade de se adaptarem facilmente a qualquer mudança no produto, método de fabricação ou tecnologia.

- **Entrega:** Os produtos devem ser produzidos de acordo com os requisitos dos clientes e entregues no tempo definido por estes.

Como referido anteriormente, a filosofia JIT emergiu do TPS. O TPS demorou algumas décadas até ao seu amadurecimento final, estando na origem ao Pensamento LEAN (1990). A Figura 3 demonstra os elementos fundamentais neste sistema TPS.

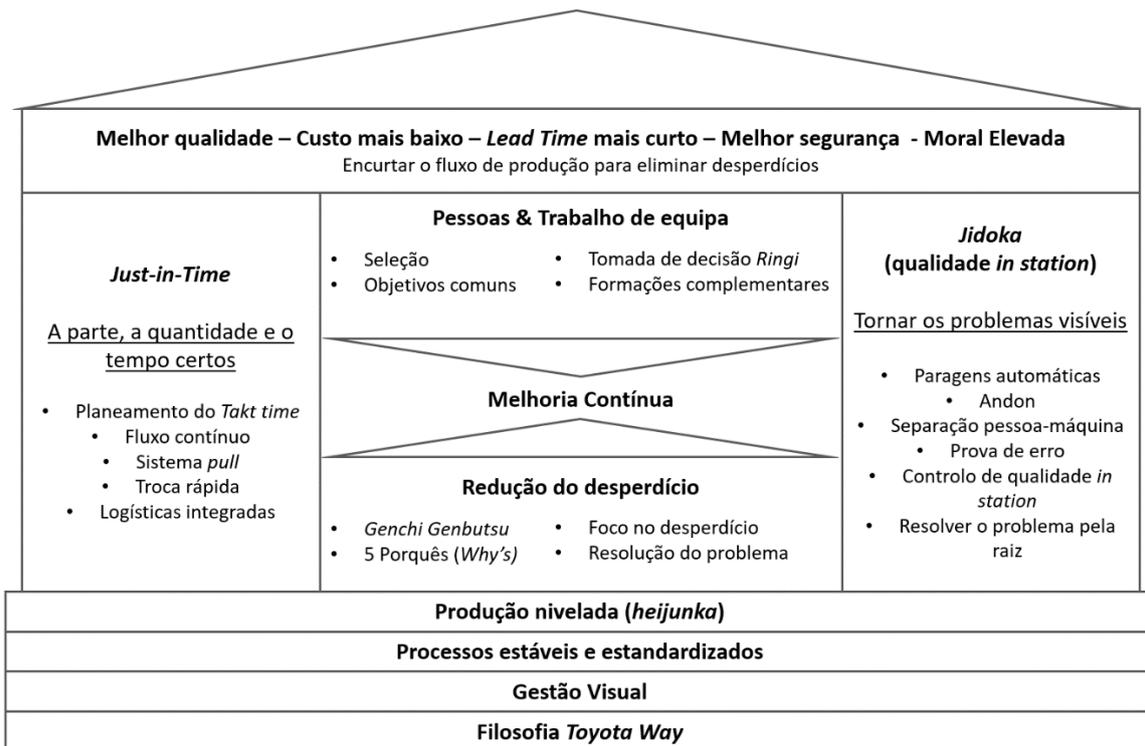


Figura 3 Estrutura do sistema de produção Toyota (a filosofia TPS)

Fonte: Adaptado de Liker (2004)

A figura acima corresponde a um modelo de casa, cujos pilares e bases são formadas por filosofias *Toyota Way*. Entre elas:

- **Just-in-Time:** esta filosofia baseia-se num sistema onde o fluxo de materiais e informação seguem o sistema *pull*, onde o cliente desencadeia a produção, promovendo que o trabalho siga a uma velocidade constante e que o tempo de ciclo (ver 2.5.5) seja o mais próximo do *Takt Time* (Tk) (ver 2.5.6) (J. P. Pinto, 2006).

- **Jidoka**, ou automação, corresponde a todos os métodos que promovam a perfeição dos processo, estimulando o foco dos colaboradores em tarefas de valor acrescentado (Womack & Jones, 2003).

- **Melhoria contínua** é uma abordagem muito utilizada na Toyota. O objetivo da melhoria contínua está em criar uma atmosfera de constante aprendizagem, onde, não só se aceita, como se abraça o conceito de mudança (Liker, 2004).

- **Heijunka**, ou programação nivelada, refere-se às condições que promovam um fluxo contínuo, reduzindo *stocks* e melhorando a estabilidade dos processos (Womack & Jones, 2003).

- **Processos estáveis e estandardizados**, corresponde à padronização dos processos, de modo a reduzir a sua variabilidade, tornando-os estáveis e previsíveis (Liker, 2004).

- **Gestão Visual** consiste num conjunto de ferramentas exibidas pelos representantes das diversas áreas funcionais. Essas ferramentas permitem visualizar o status de cada área, comparando-o com o planeado. Além disso, podem ser observadas por qualquer membro da equipa, de modo a analisar se o seu desempenho está de acordo com o cronograma.

- **Filosofia da Toyota Way** consiste na cultura de apoio às pessoas. Assim, a gestão de topo deve demonstrar, diariamente, um compromisso com a qualidade, sendo que os colaboradores são os responsáveis por essa qualidade.

A filosofia da Toyota assenta a sua gestão em 14 princípios, listados na Tabela 1.

Tabela 1 Os 14 princípios da filosofia Toyota Way

Princípio	Descrição
P1	Basear as decisões de gestão numa filosofia de longo prazo, mesmo que provoque alterações financeiras a curto prazo
P2	Criar um fluxo contínuo de modo a trazer os problemas à superfície
P3	Usar o sistema “pull” de modo a evitar a sobreprodução
P4	Nivelar a carga de trabalho (<i>heijunka</i>)
P5	Construir uma cultura de paragem para corrigir problemas e obter qualidade à primeira
P6	Padronizar tarefas de modo a criar uma base de melhoria contínua no conhecimento dos colaboradores
P7	Usar o controlo visual no sentido de nenhum problema ficar oculto
P8	Usar apenas tecnologia confiável e minuciosamente testada que atenda a pessoas e processos
P9	Criar líderes que compreendam o trabalho, vivam e ensinem a filosofia a outras pessoas
P10	Desenvolver pessoas e equipas que sigam a filosofia da sua empresa
P11	Respeitar a rede de parceiros e fornecedores desafiando-os e ajudando-os a melhorar
P12	Ir e ver pessoalmente a situação em causa
P13	Tomar decisões lentamente por consenso, considerando minuciosamente todas as ações para posteriormente implementar rapidamente
P14	Realizar uma reflexão incansável e de melhoria contínua, de modo a tornar-se numa organização de aprendizagem.

Fonte: Liker (2004)

Estes princípios, orientados pela cultura da Toyota, têm como objetivo melhorar a qualidade e eficiência dos processos. Contudo, entender o sistema de sucesso da Toyota e a melhoria de qualidade associada a este, não significa automaticamente que, aplicando-o noutra empresa, os resultados sejam os mesmos. Isto porque a cultura e circunstâncias são diferentes (Liker, 2004).

Em suma, o sistema de produção da Toyota pode servir como inspiração, demonstrando a importância da estabilidade na liderança e valores que vão para além do lucro a curto prazo, surgindo como uma combinação entre filosofia, processo, pessoas e resolução de problemas. Assim, cada organização deve encontrar o seu próprio caminho, aprendendo sozinha (Liker, 2004).

De seguida, serão abordados alguns métodos e ferramentas que levam ao sucesso destas filosofias (TPS/JIT).

2.3. Métodos e Ferramentas TPS/JIT

Como referido anteriormente, é necessário haver uma mudança cultural em toda a empresa para que as ferramentas e técnicas TPS/JIT se façam sentir. A gestão de topo deve estar consciente da necessidade de alterar práticas de trabalho, desenvolvendo valores que visam suportar o TPS/JIT. A formação e treino tornam-se um moderador capaz de envolver todos os colaboradores, oferecendo entusiasmo e confiança.

Através da implementação das filosofias TPS/JIT, as soluções para os diversos problemas acabam por surgir de forma sistemática e natural, visto que estamos perante uma equipa motivada, onde cada um tem consciência da importância do papel que desenvolve para que se atinja uma melhoria contínua.

Além da formação e treino, outras técnicas e ferramentas são usadas de modo a reduzir o desperdício e aumentar a produtividade. Algumas das práticas usadas nas filosofias TPS/JIT são as seguintes:

- Processos uniformizados
- Redução dos *setups*
- Balanceamento dos processos
- Gestão visual

2.3.1. Processos uniformizados

De acordo com Imai (1986), não é possível realizar uma melhoria, quando não existem padrões. Quando se pretende implementar uma melhoria, devemos conhecer o ponto de partida. Para tal, é necessário que exista um padrão preciso de medição para cada trabalhador, máquina e processo. Além disso, J. Pinto et al. (2018), considera que a presença de *standards* surge como uma ferramenta de melhoria contínua, na medida em que permite uma avaliação que seria impossível caso as tarefas fossem realizadas sempre de forma diferente. A uniformização dos processos é uma das tarefas mais importante do TPS. Quando se estabelece um novo *standard*, este transforma-se numa nova linha para futuras melhorias. Assim, o trabalho padronizado serve como base da estabilidade, facilitando a adoção do JIT e do *Jidoka* (J. Pinto et al., 2018).

De acordo com Suzaki (2013), um processo de melhoria contínua deve seguir os seguintes passos:

1. Analisar a situação atual e estandardizar o procedimento
2. Identificar as áreas problemáticas
3. Resolver os problemas e desenvolver métodos melhorados
4. Implementar novos métodos
5. Desenvolver *standards*, caso estes métodos sejam satisfatórios. Regressar ao ponto 2.

De modo a entender melhor a importância dos standards, a Figura 4 demonstra como este funciona ao longo da implementação de melhorias, servindo como um calço de sustentação.

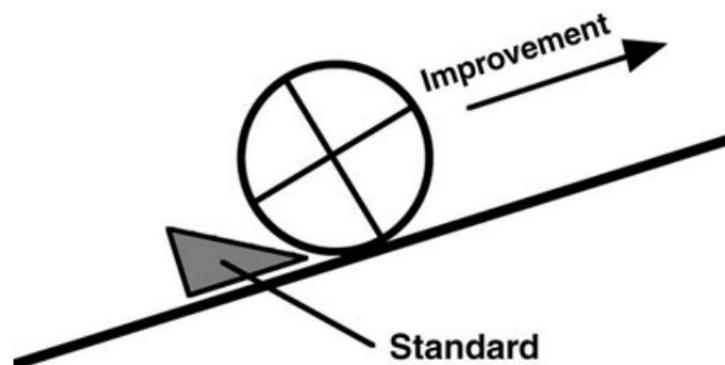


Figura 4 Melhoria e estandardização

Fonte: Rother (2010)

Esta figura resume a principal razão para a importância de implementação de *standards*.

Posto isto, conclui-se que, ao se definir um método transversal a todos os trabalhadores alocados à mesma atividade, a padronização acaba por favorecer todos, desde gestores a colaboradores do chão de fábrica. Além de melhorar a identificação de problemas com materiais, equipamentos, processos ou até mesmo capacidades dos trabalhadores, torna possível reduzir o tempo associado ao domínio de uma atividade, passando esse tempo a ser reservado para identificar e corrigir problemas (Moreira, 2008).

A lista abaixo apresenta os benefícios na implementação de *standards* (Suzaki, 2013).

- Reduzir a variabilidade, aumentar a previsibilidade
- Aumentar a repetição, confiança, consistência
- Clarificar processos
- Facilitar a comunicação
- Facilitar a resolução de problemas
- Implementar boas práticas
- Desenvolver a perceção
- Disponibilizar uma base para melhorias
- Disponibilizar mecanismos para expor problemas
- Disponibilizar uma base para a formação e treino
- Base para medição
- Eliminar retrabalho, defeitos, problemas de fiabilidade e segurança dos produtos, etc.

Em suma, J. Pinto et al. (2018) traduz a importância do *standards* como “uma ferramenta para manter a produtividade, qualidade e níveis de segurança altos. Oferecem uma estrutura confiável para executar o trabalho no tempo necessário para identificar oportunidades de melhoria nos procedimentos de trabalho. Além disso, estabelecem diretrizes detalhadas, passo a passo, para cada trabalho”.

2.3.2. Redução dos *Setups*

O tempo de *setup* traduz-se no tempo entre a última peça boa do lote anterior e a primeira peça boa do lote seguinte (Coimbra, 2009). O custo de *setup* corresponde ao custo

associado à configuração dos recursos antes da tarefa ser iniciada. As atividades que podem estar inerentes à realização do *setup* podem ser, entre outras, a obtenção ou devolução de ferramentas, o posicionamento e preparação do material de trabalho, limpeza, ou até mesmo, a inspeção do material (Allahverdi & Soroush, 2008).

Um método que revolucionou a gestão de operações, criado por Shigeo Shingo, denomina-se por SMED (*Single Minute Exchange of Die*). Este método traduz-se no tempo entre a última peça boa do lote anterior e a primeira peça boa do lote seguinte.

De acordo com Coimbra (2009), o método de melhoria SMED passa por cinco etapas:

1. **Estudo da situação inicial:** Nesta fase, observam-se os detalhes do método atual juntamente com toda a equipa responsável pela mudança. Realizam-se análises ao tempo, gravações e diagramas de esparguete, de modo a verificar o que é necessário para realizar o trabalho (Coimbra, 2009; Shingo, 1985).

2. **Separar o trabalho interno do trabalho externo:** Partindo dos tempos e análises realizadas inicialmente, classificam-se as diversas atividades em trabalho interno (corresponde ao trabalho que só se pode realizar quando a máquina estiver parada) e trabalho externo (corresponde ao trabalho que se pode realizar enquanto a máquina estiver a operar). Posteriormente, reorganizam-se as atividades de trabalho externo ao longo do processo. As atividades de trabalho interno organizam-se e realiza-se um novo *standard*, de acordo com o qual os colaboradores vão treinar (Coimbra, 2009; Shingo, 1985).

3. **Converter o trabalho interno em externo:** Através de uma análise detalhada das atividades internas, pode-se conseguir que estas passem a ser feitas externamente (Coimbra, 2009). De acordo com Shingo (1985), através desta separação de atividades é possível reduzir entre 30%-50% do tempo de *setup*.

4. **Reduzir o trabalho interno:** Encontramos medidas que, por vezes, permitem que o trabalho interno se realize de forma mais rápida, como, por exemplo, a standardização do processo de troca (Coimbra, 2009).

5. **Reduzir o trabalho interno:** É possível encontrar medidas que permitam a diminuição do tempo destas atividades. Um exemplo disso, é o armazenamento mais próximo das peças de troca (Coimbra, 2009).

Aplicando continuamente o método SMED, prevê-se uma redução do tempo de *setup* significativa, aproximando-se de zero. Por vezes, é necessário um investimento avultado na automação do processo, no entanto, este custo associado pode ser justificado pelos benefícios consequentes (Coimbra, 2009).

2.3.3. Balanceamento dos processos

Uma técnica eficaz do TPS para reduzir o desperdício e, conseqüentemente, aumentar a eficiência da produção, é o balanceamento dos processos, que se traduz em equilibrar as linhas de montagem (Zupan & Herakovic, 2015).

O balanceamento de uma linha de montagem significa a atribuição de operações nos diversos postos de trabalho, de forma a remover gargalos. Assim, um balanceamento de uma linha LEAN leva a que o WIP flua de forma suave, com gargalos mínimos ou, até mesmo, sem gargalos, entre as diversas etapas do processo (Lam, Toi, Tuyen, & Hien, 2016; Zupan & Herakovic, 2015).

Quando estamos perante um processo balanceado, o Tempo de ciclo (T_c) deve ser o mais próximo possível do *Takt Time* (T_k). Estes conceitos encontram-se explicados nos pontos 2.5.5 e 2.5.6.

Assim, balancear ou equilibrar significa que todos os intervenientes no processo, contêm a mesma carga de trabalho, produzindo com o mesmo *Takt Time*. O ideal será todos os intervenientes conterem um conteúdo temporal de trabalho igual ao *Takt Time*.

O conceito de *Takt Time* está fortemente relacionado com o tempo de ciclo, que traduz o tempo real de produção de uma unidade. Se o tempo de ciclo de uma determinada operação for superior ao *Takt Time*, será necessário um tempo adicional de trabalho para responder à procura do cliente. Por outro lado, se o tempo de ciclo for menor que o *Takt Time*, haverá sobreprodução (J. Pinto et al., 2018).

Torna-se, assim, de elevada importância que as empresas ajustem constantemente o seu tempo de ciclo, de modo a satisfazer os seus clientes, usando, de forma eficiente, todos os seus recursos, promovendo uma taxa de ocupação adequada.

De forma a tornar mais perceptível este conceito de desperdício associado às linhas de montagem, a Figura 5, demonstra seis operações e as respetivas folgas associadas entre o tempo de operação e o o *Takt Time* do cliente.

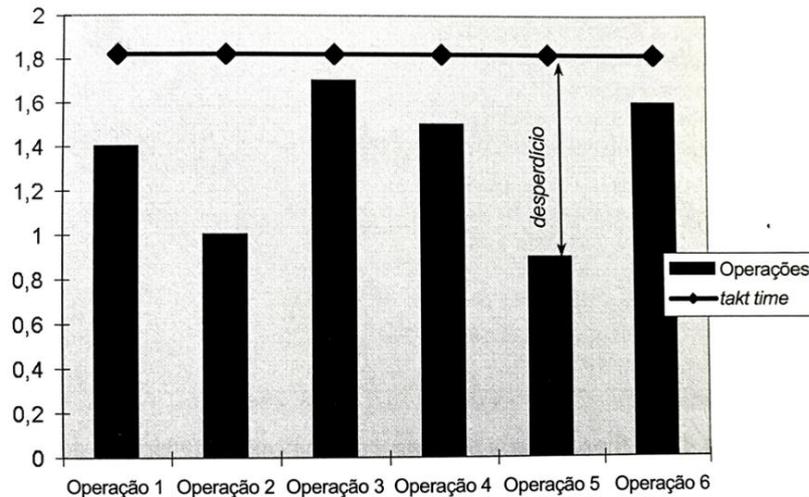


Figura 5 Tempo de ciclo vs. Takt Time

De forma a sincronizar o Tc e o Tk, a produção deverá ser nivelada. Assim, pretende-se obter clientes satisfeitos, com o mínimo de desperdício de produção (Zupan & Herakovic, 2015).

2.3.4. Gestão Visual

No mundo empresarial, a gestão visual serve como um sistema de gestão que tem como objetivo melhorar o desempenho organizacional, unindo e alinhando a visão, valores e cultura, bem como as metas organizacionais, com outros sistemas de gestão, processos de trabalho, elementos do local de trabalho e partes interessadas, por meio de estímulos, que abordam diretamente um ou mais dos cinco sentidos (visão, audição, olfato, tato e paladar) (Algan Tezel, Koskela, & Tzortzopoulos, 2009).

The Toyota Way reconhece que a gestão visual complementa os seres humanos, uma vez que estes são atraídos pelos diversos sentidos. Estes padrões devem estar no local de trabalho, de modo a ser possível sentir a padronização, alertando de qualquer desvio. Um controlo visual bem desenvolvido aumenta a produtividade, reduz defeitos, ajuda a cumprir os prazos, facilita a comunicação, melhora a segurança, reduz custos, fornecendo aos colaboradores mais controlo sobre os ambientes (Liker, 2004).

Estes sistemas de gestão visual estão constantemente no nosso quotidiano. Na rua, mensagens e imagens são utilizadas frequentemente. Nos negócios é utilizada em painéis e gráficos, ou até através de sinais sonoros, aplicados para diferentes fins, como indicar diretrizes de manutenção, definir *stocks* máximos, mostrar pedidos, nos *standards*, bordos

de linha, ou, até mesmo, relatando melhorias alcançadas pelos colaboradores (Jaca, Viles, Paipa-galeano, Santos, & Mateo, 2014).

2.4. Avaliação de desempenho

De acordo com W.E.Deming, “não se pode gerir o que não se mede, não se mede o que não se define, não se define o que não se entende, não há sucesso no que não se gere”.

Ao longo das últimas décadas, devido à competitividade dos mercados, as indústrias entenderam a importância da avaliação de desempenho. Assim, torna-se relevante medir o desempenho de todas as áreas de uma organização, de modo a avaliar a sua evolução (Sangwa & Sangwan, 2017).

É também crucial que estas avaliações sejam dinâmicas, para que as medidas de desempenho permaneçam relevantes e reflitam questões importantes da atualidade. A avaliação de desempenho serve, pois, como forma de a organização se concentrar em resultados e atingir as metas definidas (Sangwa & Sangwan, 2017).

2.5. Métricas de avaliação de desempenho

Tal como referido anteriormente, as decisões tomam-se com base em factos, onde as métricas de desempenho ou *Key Performance Indicators* (KPI's), desempenham um papel fundamental ao nível da gestão operacional.

Com base no problema em causa, serão estudados alguns KPI's operacionais como: disponibilidade, eficiência, qualidade, OEE (*Overall Equipment Efficiency*), Tempo de ciclo e *Takt Time*.

2.5.1. Disponibilidade

A disponibilidade mede a relação entre o tempo de operação (excluindo o tempo de inatividade) e o tempo disponível (ou tempo de programação programada) (Nakajima, 1988). Ou seja, corresponde à razão entre o tempo em que o equipamento ou linha de produção esteve a trabalhar em relação ao tempo disponível para a produção, tal como demonstrado na equação 1.

$$D = \frac{\text{Tempo real de produção}}{\text{Tempo de produção programada}} * 100 \quad (1)$$

É importante realçar que ao **tempo real de produção** está subtraído, não só o tempo referente a todas as paragens programada (como tempo de refeições, *setup* ou de manutenção), como também paragens não planeadas, que se traduzem em perdas de

disponibilidade. Estas paragens levam a perdas de produção, como paragens de manutenção corretiva, falhas de material, ajustes de máquina, movimentação e abastecimentos (Nakajima, 1988). Estas perdas de disponibilidade estão representadas na Figura 6.

O **tempo de produção programada** corresponde ao tempo total de produção, tendo em conta apenas as paragens programadas.

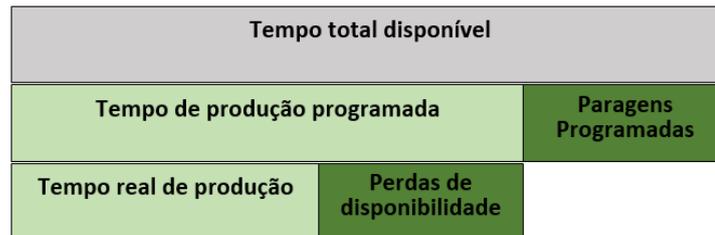


Figura 6 Representação de perdas de disponibilidade

Fonte: Simão (2017)

O tempo total disponível corresponde ao somatório do tempo real de produção e o tempo associado às paragens, programadas e não programadas.

2.5.2. Eficiência

Eficiência, também denominada de *performance* operacional ou desempenho, avalia a resposta de um sistema face aos seus objetivos (Simão, 2017). Segundo Nakajima (1988) é a razão entre o tempo de ciclo real e o tempo de ciclo ideal, podendo ser expresso pela equação 2.

$$E = \frac{\text{Tempo de ciclo teórico} * \text{quantidade de peças produzidas}}{\text{Tempo real de produção}} * 100 \quad (2)$$

Seguindo a representação da disponibilidade, descontando as perdas associadas à eficiência ao tempo real de produção, obtém-se o tempo efetivo de produção, como se pode observar na Figura 7 (Simão, 2017).

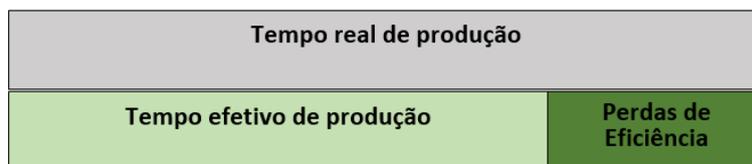


Figura 7 Representação de perdas de eficiência

Fonte: Simão (2017)

2.5.3. Qualidade

A qualidade, dada pela equação 3, compara a quantidade de peças totais produzidas com a quantidade de peças que resultam em sucata ou retrabalhos (Lima, Luft, & Cassel, 2017).

Designam-se por produtos em conformidade todos aqueles que estão de acordo com as especificações do cliente. Caso contrário, designam-se por produtos não-conformes (Simão, 2017).

$$Q = \frac{\text{Produtos em conformidade}}{\text{Total de produtos}} * 100 \quad (3)$$

Assim como as ineficiências de disponibilidade e desempenho, todas as ineficiências de qualidade são classificadas como NVA e vistas como desperdício que devem ser eliminados (Gibbons & Burgess, 2010). A Figura 8 representa perdas associadas à qualidade.

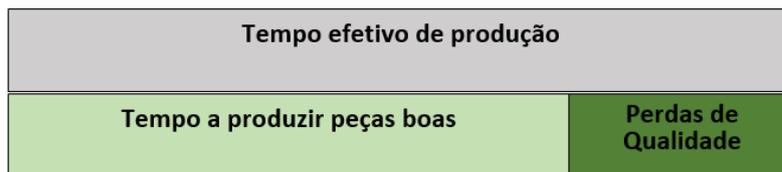


Figura 8 Representação de perdas de qualidade

Fonte: Simão (2017)

Seguindo as representações anteriores, descontando as perdas associadas à qualidade ao tempo efetivo de produção, obtém-se o tempo a produzir peças boas.

2.5.4. Overall Equipment Effectiveness (OEE)

A definição de métricas de medição na produção, torna-se, cada vez mais, um campo importante de investigação (Braglia, Frosolini, & Zammori, 2009).

O *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) mede o desempenho global de um processo, onde o desempenho é avaliado como “um todo” – e não “em partes” – reforçando o princípio “*think global and act local*”. Este mede-se como expresso na equação 4.

$$OEE = D * E * Q \quad (4)$$

Quando um determinado processo apresenta um OEE de 70%, significa que a empresa está a desperdiçar 30% do seu potencial.

O cálculo do OEE possibilita, assim, a identificação de seis tipos de perdas, que podem ser agrupadas em três tipos de classes, como se pode observar pela Figura 9.

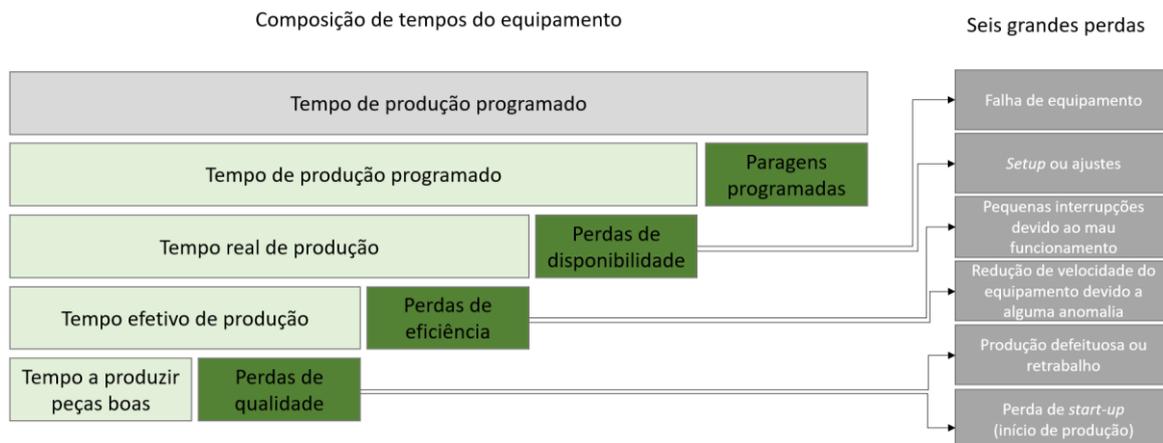


Figura 9 Perdas associadas ao cálculo OEE

Fonte: Adaptado de Lima, Luft, & Cassel (2017)

Em suma, podemos concluir que o OEE corresponde ao tempo total em que a máquina/ linha de produção esteve a trabalhar, na velocidade esperada, produzindo peças boas (Simão, 2017).

2.5.5. Tempo de ciclo

O Tempo de ciclo (T_c) corresponde ao tempo de produção de duas peças consecutivas, definido pela estação de trabalho ou operação mais crítica, designada por gargalo (Rekiek & Delchambre, 2006). O gargalo (*bottleneck*), define o ritmo de produção da linha de montagem, assim como o volume de *stocks* intermédios (WIP) e os tempos de espera.

Cada minuto perdido neste gargalo, corresponde ao incremento de um minuto no tempo final de montagem.

Assim, o tempo de ciclo corresponde ao tempo necessário para produzir uma unidade (Liker, 2004).

2.5.6. Takt Time (Tk)

O *Takt Time* (T_k), palavra de origem alemã, significa ritmo ou medidor. Desta forma, o *Takt Time* corresponde à taxa de procura do cliente, ou seja, ao ritmo a que a organização deve operar (Liker, 2004).

O conceito do *Takt Time* é central ao pensamento LEAN, sendo este um tempo mandatário para todas as organizações que sigam esta filosofia. O *Takt Time*, é calculado tal como demonstra a equação 5:

$$Takt\ Time = \frac{\text{Tempo disponível}}{\text{Procura no tempo disponível}} \quad (5)$$

É importante ainda realçar que, no tempo disponível, devem ser retiradas todas as paragens que já se encontrem programadas, como tempo de descanso ou pausas de manutenção preventiva. Assim, esta medida de desempenho poderá definir o ritmo de produção, alertando os colaboradores sempre que estes estiverem atrasados ou adiantados (Liker, 2004; J. Pinto et al., 2018).

2.6. Estudo de Tempos (ET)

Numa linha de produção existem diversos fatores que impedem a sua produtividade máxima. Grande parte das perdas deve-se à ineficiência do balanceamento de produção, conduzindo a um elevado custo de mão de obra. Sabendo que o tempo é um bem precioso, várias empresas estão a investir nos estudos de tempos e métodos para determinar os tempos das suas operações e, assim, distribuir as diversas atividades, de modo a maximizar a produção (Melo & Brito, 2014).

O Estudo de Tempos (ET) é “uma técnica de medida do trabalho que permite registar os tempos e os fatores de atividade para os elementos de uma dada operação ou tarefa, executada em determinadas condições, e analisar os dados recolhidos, a fim de se obter o tempo necessário para executar esta tarefa a um nível de rendimento bem definido” (Pronaci, 2003).

Existem diversos métodos para a medição e determinação dos tempos, tais como: dados históricos, amostragem, cronometragem, comparação, estimativa e *Methods Time Measurement* (MTM). De salientar que os mais comuns e usados são a cronometragem, comparação e MTM (Gaspar, 2016).

A Tabela 2 traduz a comparação das métricas de cronometragem e MTM, demonstrado as suas áreas de aplicação.

Tabela 2 considerações da métrica de desempenho Cronometragem e MTM

		Tempos	
		Cronometragem	MTM
Critérios	Tipo de produção	Pequenas e médias séries	Grandes séries
	Informação necessária	Informação sobre a operação, peça e método	Informação detalhada sobre os movimentos
	Precisão e Rigor	Bom	Elevado

Fonte: adaptado de Exertus (2003)

Como podemos observar, o uso da métrica MTM traduz-se num maior rigor e precisão. Contudo, uma vez que implica informação mais detalhada, a sua aplicação exige um tempo de execução mais prolongado.

Os subcapítulos que se seguem detalham ambas as métricas de desempenho.

2.6.1. Cronometragem

A medição de tempos com recuso à cronometragem é a técnica mais comum no Estudo de Tempos.

De acordo com Gaspar (2016) esta técnica é constituída por três fases: **preparação do estudo, cronometragem e análise de resultados.**

Na primeira fase, **preparação do estudo**, o supervisor da área deve ser sempre informado da realização do mesmo, uma vez que tal pode implicar alterações no fluxo de produção.

Seguidamente, a fase de **cronometragem** só deve ser iniciada depois do colaborador em estudo estar informado e o trabalho que este realiza se encontrar de forma normalizada. Esta fase pode ainda ser subdividida em outras três:

1. **Medição do ciclo operativo**, que corresponde ao tempo total de produção da peça.
2. **Medição dos elementos referentes ao ciclo de trabalho**, onde se medem todas as atividades referentes à execução da peça.
3. **Medição de atividades acíclicas**, onde são medidas todas as atividades que não acontecem de forma habitual.

Por fim, é realizada a **análise de resultados**. Esta fase tem como objetivo calcular o tempo médio para a produção de diversos métodos.

2.6.2. Methods-Time Measurement (MTM)

O *Methods-Time Measurement* (MTM) é um sistema de tempos pré-determinados, desenvolvido por H. B. Maynard, G. J. Stegemerten e J. L. Schwab, em 1948, com o objetivo de melhorar as operações numa linha de produção (Novaski & Sugai, 2002).

A metodologia MTM é um método usado com o objetivo de estruturar sequências de movimentos básicos (Almeida & Ferreira, 2009). Assim, tarefas manuais são analisadas, descritas e planeadas de forma a descreverem-se processos bem definidos.

Existem vários tipos de sistemas de tempos pré-determinados.

O MTM-1 é a base destes movimentos básicos, onde a cada movimento (alcançar, pegar, mover, posicionar e soltar) está vinculado um valor temporal, que depende de diversos fatores, como a distância. Os valores dados pela aplicação deste sistema tornam-se imprescindível para a administração do tempo, de forma a registar valores dos processos para cálculo de custos, produção ou controlo (Morlock, Kreggenfeld, Louw, Kreimeier, & Kuhlenkötter, 2017).

Outras variantes do MTM (MTM-2 e MTM-3) foram desenvolvidas de modo a combinar diversos movimentos básicos, para diminuir o tempo necessário para análise, contudo nunca ficaram amplamente aceites (Di Gironimo, Di Martino, Lanzotti, Marzano, & Russo, 2012).

Outras derivações do MTM, de nível mais avançado, como a atividade baseada em sequência e método de análise (*Sequence Analysis Method - SAM*) e o sistema universal de análise (*Universal Analysis System - UAS*) foram ainda desenvolvidos, de forma a reduzir o tempo necessário de análise, eliminando os defeitos sentidos pelo MTM-2 e o MTM-3 (Di Gironimo et al., 2012). O sistema UAS, foi criado com foco na promoção da satisfação do cliente, melhorando a produtividade. Nos tempos que decorrem é usado de forma a analisar processos rapidamente, sendo, portanto, muito utilizado nos balanceamentos de produção (Di Gironimo et al., 2012).

O balanceamento realizado através da análise de tempos pré-determinados dos postos de trabalho proporciona uma melhor fragmentação das etapas de cada operação, levando a um balanceamento ideal e alinhado com a realidade numa linha de produção, sem a influência de quem analisa as atividades (Melo & Brito, 2014).

2.7. Linhas de Montagem

O objetivo do design das linhas de produção é obter uma instalação otimizada, com padrões de desempenho elevados. Coimbra (2009), enuncia quatro vantagens em ter um bom design da linha:

- Elevada eficiência de mão de obra e máquinas (OEE)
- Elevada flexibilidade, tanto a nível de volume como de variação
- Elevada qualidade
- Baixo custo agregado unitário

Os elementos que compõem o custo agregado são o investimento inicial, o custo de mão de obra e outros custos associados ao equipamento.

Assim, no desenvolvimento de uma linha de produção, é importante ter alguns aspetos em consideração (Coimbra, 2009).

Metaforicamente, ***Daisy Line Design*** refere-se à “flor da margarida”. Aqui, os operadores estão no centro da flor, enquanto os equipamentos, correspondem às pétalas. O objetivo é, assim, reduzir o movimento dos operadores (estando os locais de entrada e de saída do material próximos) de modo a ser possível observar todos os problemas que ocorrem na zona de trabalho (Silva & Tammela, 2017).

Chaku Chaku line design corresponde a uma célula de fabrico onde o operador está, principalmente, responsável pelo transporte da carga.

Tendo em conta o princípio ***Jidoka*** e ***autonomous quality control*** as linhas de montagem devem ser equipadas com dispositivos de controlo de qualidade infalíveis (sistemas *poka yoke*). Um controlo de qualidade padrão deve ser desenvolvido de forma a que os próprios operadores atuem como um *poka yoke*. Um *Andon*, ou sistema de controlo luminoso, também deve ser considerado. Este sistema indica se a linha está a funcionar de acordo com o planeado, sendo possível receber um alerta visual caso esta pare por algum motivo ou tenham problemas de qualidade.

Por sua vez, de acordo com o ***TPM prepared line*** a linha de produção deve fornecer uma maneira fácil de controlo, tanto dos pontos de verificação, limpeza ou manutenção. A gestão visual, deve ser usada para identificar e controlar esses pontos.

De forma resumida, Coimbra (2009), enuncia 20 princípios importantes no *design* da linha:

1. Projetar as linhas com base nos tipos, volumes e tempo de ciclo dos produtos
2. Desenhar uma linha com a filosofia *one-piece flow*
3. Desenhar uma linha em que seja fácil de manobrar
4. Ter em atenção o *takt time* dos clientes
5. Não existir desperdício de transporte dentro da linha e deve-se minimizar o uso de *conveyors*
6. Atingir um *setup* igual a zero
7. Não existir ilhas de trabalho com operadores isolados
8. Separar o trabalho manual do trabalho de máquina
9. Combinar a entrada e saída das peças de trabalho
10. Ocupar pouco espaço com equipamento
11. Colocar os materiais necessários à distância de um braço
12. Trabalhar da direita para a esquerda (sentido anti-horário)
13. Potenciar o *Karakuri* (com apenas um único movimento, é possível que o dispositivo realize outros diversos movimentos facilitando e diminuindo seu esforço)
14. Baixar a velocidade tanto quanto possível
15. Parar as máquinas quando existem anomalias
16. Utilizar máquinas elétricas
17. Não automatizar a alimentação de peças sem uma análise cuidadosa
18. Não processar muitas partes ao mesmo tempo
19. Simular um novo equipamento, antes de instalá-lo
20. Organizar o *layout* por processos

As linhas deverão ser projetadas com várias estações de trabalho, onde o tempo de ciclo associado a estas, deverão estar equilibrados e de acordo com o *Takt time*. O ideal é que número de produtos em processo (WIP), seja igual ao número de estações de trabalho (Coimbra, 2009). A eficiência de uma linha de produção mede a estabilidade dos tempos de ciclo numa linha de montagem e apresenta-se demonstrada pela equação 6:

$$\text{Eficiência} = \frac{\sum t_i}{N * T_c} \quad (6)$$

Nesta esta equação “**ti**” corresponde ao tempo de ciclo associado a cada posto de trabalho, “**N**” ao número de postos de trabalho e “**Tc**” ao tempo de ciclo da linha de produção.

Através da melhoria do desenho da linha é possível obter uma vantagem competitiva, melhorar a qualidade, reduzir custos e melhorar o serviço de entrega (Coimbra, 2009).

2.8. Bordo de Linha

O bordo de linha refere-se à alocação apropriada dos materiais de acordo com as suas características físicas e dimensionais, de modo a que estejam disponíveis e perto do ponto de uso (Coimbra, 2009).

O bordo de linha serve, então, como uma interface entre a produção e a logística interna, representando uma tarefa da logística interna (fornecedor), que garante que se irá colocar o material certo, com a qualidade certa, no momento certo, no local certo, com o método certo. A produção (cliente) tem de se focar somente em produzir o produto com qualidade nos tempos pretendidos, pois este é o tempo de produção com valor agregado.

De acordo com Coimbra (2009), quando estamos perante um bordo de linha eficaz, este terá de conter os seguintes aspetos:

- A localização dos componentes deve minimizar os movimentos dos operadores de linha, assim como dos operadores logísticos.
- O tempo de mudar componentes de um produto para o outro deve estar perto de zero.
- A decisão de repor ou reabastecer deve ser intuitiva e instantânea.

O **uso de pequenos contentores**, de acordo com Coimbra (2009), apresenta-se como uma resposta eficiente ao bordo de linha, pois apresenta diversas vantagens como:

- **Qualidade:** O uso de pequenos contentores e o recurso a proteções entre peças, são soluções viáveis para evitar defeitos durante o transporte.
- **Custo:** Todo o desperdício associado a movimentações para recolher os componentes, a colocação de proteções nos contentores para que o material não se danifique, e o espaço associado à elevada área que necessitam, são alguns dos exemplos que podem ser eliminados com o uso de contentores mais pequenos.

- **Tempo e fatores ergonómicos:** O recurso a contentores de menor dimensão também reduz o tempo de espera de empilhadores no abastecimento.

Além disso, também irá diminuir os movimentos pouco ergonómicos, como curvar-se para chegar ao fundo do contentor ou transportar recipientes pesados.

2.9. Diagrama de Pareto

O rápido fluxo de informação força os gestores a manterem o foco na procura de métodos que permitam a utilização eficiente de recursos de tempo limitado. A *Theory Of Constraint* (TOC), que defende a deteção de recursos gargalo e a *Total Quality Management* (TQM), que se foca nos recursos e atividades na busca de melhorias na qualidade, são duas áreas que se destacam na busca da eficiência do processo (Grosfeld-Nir, Ronen, & Kozlovsky, 2007).

Foi neste contexto que surgiu a metodologia de Pareto, uma ferramenta que se tornou crucial na análise, com o objetivo de identificar fatores de atenção elevada (Grosfeld-Nir et al., 2007).

Vilfredo Pareto, economista e sociólogo italiano, realizou a famosa observação de que 20% da população possuía 80% da propriedade na Itália. Mais tarde, criou uma fórmula matemática para descrever a distribuição desigual de riqueza no seu país, conhecido como distribuição de Pareto (Dunford, Su, Tamang, & Wintour, 2014).

No final da década de 1940, o consultor de gestão de negócios J.M. Juran generalizou as descobertas de Pareto na regra “80-20”, também conhecida como Princípio de Pareto. Este princípio afirma que, em muitos fenómenos, 80% da produção ou defeitos na produção, são produzidos por 20% das entradas ou causas (Dunford et al., 2014).

O gráfico de Pareto torna-se muito útil para dados qualitativos, de modo a identificar a causa, tipo ou classificação, para, posteriormente priorizar onde as ações ou mudanças devem ser focadas (Hossen, Ahmad, & Ali, 2017).

O gráfico de Pareto é um gráfico de barras de frequências em que estas aparecem de forma ordenada. Geralmente, a barra mais alta aparece à esquerda e em simultâneo existe uma linha que mostra a frequência acumulada produzida, tal como demonstrado na Figura 10 (Wilkinson, 2006).

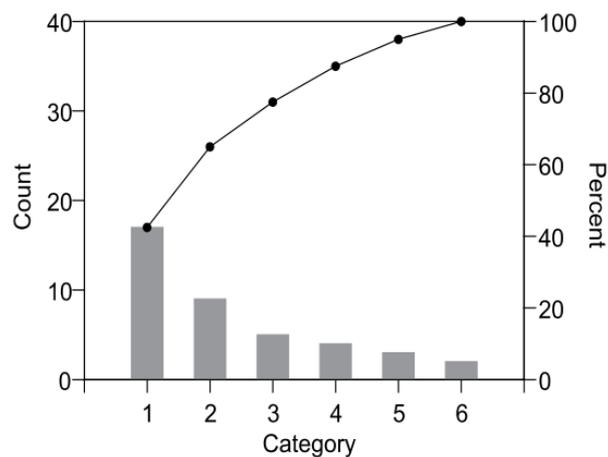


Figura 10 Diagrama de Pareto

Fonte: Wilkinson (2006)

Posteriormente à elaboração do gráfico, é possível classificar os problemas com base na sua frequência, gravidade, natureza ou fonte e identificam-se os mais cruciais (Hossen et al., 2017).

3 Desenvolvimento do projeto

O presente documento foi elaborado no âmbito de estágio na TEKA Portugal. Assim, após o enquadramento teórico, este capítulo apresenta a empresa, o grupo, o problema identificado, bem como as propostas de melhoria. No final, este capítulo apresenta ainda o resultado esperado.

3.1. A Empresa

Nesta parte, será apresentada a empresa que compõe o caso de estudo. Numa primeira parte, descreve-se o Grupo TEKA, seguindo-se a TEKA Portugal, onde teve lugar o estágio que suporta o presente documento.

3.1.1. Grupo TEKA

A TEKA apresenta-se como uma empresa presente em quase todo o mundo (América, Ásia, Europa e África), comercializando os seus produtos em mais de 120 países e tem aproximadamente 4000 colaboradores. Contém 15 fábricas dispersas pela Europa, Ásia e América produzindo mais de 15 milhões de produtos por ano.

A TEKA, criada em 1924 por Karl Thielmann, iniciou a sua atividade com o fabrico de maquinaria agrícola, utilizando aço inoxidável para a sua produção. Em 1957, já com Helmut Klein, é formada a TEKA, onde ao longo dos primeiros anos são apenas fabricados lava-louças.

Entre os anos de 1970 e 2015, a TEKA inicia a sua expansão internacional, chegando, inicialmente, ao mercado europeu e, posteriormente, à América, Ásia, África e Médio Oriente. Ao longo destes anos, patrocinou também clubes desportivos, como a equipa de futebol e basquetebol do Real Madrid, e ainda clubes de andebol e ciclismo, marcando presença no rali Dakar de Paris e nos Jogos Olímpicos de Inverno.

Hoje, o sucesso dos produtos TEKA sente-se em todo o mundo, tendo já alcançado vários prémios de sucesso. Prova disso mesmo é o facto de cerca de 50% das casas espanholas terem, pelo menos um produto TEKA.

A TEKA possui como seus valores a **honestidade**, comunicando com os seus clientes sempre de forma responsável, clara e transparente. Possui também na sua génese um sentido de **generosidade**, querendo sempre criar momentos inesquecíveis na cozinha de

cada consumidor. Destaca-se, por fim, na sua **originalidade**. Tratando cada pessoa de forma única, oferece experiências que vão além das características do produto.

3.1.2. TEKA Portugal S.A.: Multisserviços, multiproduto e multimarca

Na Europa, o Grupo TEKA encontra-se representado em 18 países, sendo que é em Portugal que se encontra a segunda maior subsidiária K&B.

O contacto com o Grupo TEKA, em Portugal, começou em 1975, ano em que a empresa comercial Anselmo Santos, Lda. iniciou a distribuição exclusiva em Portugal dos lava-louças em aço inoxidável, produzidos em Espanha e em Portugal. Tendo em conta a conjuntura da economia portuguesa na época, o Grupo TEKA instalou uma unidade fabril em Portugal, com o objetivo inicial de produzir lava-louças mais competitivos, destinados ao mercado interno.

Em 1978 nascia, assim, a sociedade TEKA Portuguesa – Equipamentos Cozinha Lda.

Os anos que se seguiram assentaram numa forte aposta na inovação e desenvolvimento dos produtos, em parceria com a Universidade de Aveiro, assim como na diversificação do seu portefólio. Na história da TEKA Portugal e da sua ligação à Universidade de Aveiro, destacam-se dois projetos: micro-ondas e receção de TV via satélite.

A Tabela 3 lista os produtos fabricados e comercializados pela TEKA Portugal.

Tabela 3 Produtos fabricados e comercializados pela TEKA Portugal

Produtos de fabrico próprio	Produtos comercializados (importados de outras fábricas do Grupo TEKA)
Micro-ondas	Máquinas de lavar louça
Fornos	Máquinas de lavar e secar roupa
Exaustores	Fornos
Chaminés decorativas	Lava-louças
Gaveta de aquecimento	Placas
Máquinas de café	Exaustores
Produtos acessórios ao encastramento	Garrafeiras
Componentes metálicos	Grelhadores
	Misturadores
	Trituradores
	Equipamentos para casa de banho (misturadoras, termostatos, sistemas de duche).

Além do já exposto, comercializa e desenvolve soluções técnicas na área das telecomunicações.

Em 2019, pelo segundo ano consecutivo, os exaustores da TEKA foram distinguidos com o prémio “5 estrelas”, atribuído pelos consumidores, após testes de uso e inquéritos.

O desempenho da gestão adotada pela TEKA Portugal tem-se caracterizado por um crescimento contínuo e sustentado. Atualmente, a filial responde ao mercado único europeu, com forte aposta na otimização tecnológica e na qualificação dos seus colaboradores, em linha com a sua missão: “satisfazer todas as partes interessadas: os nossos clientes, os nossos colaboradores, os nossos sócios, a nossa comunidade e o meio ambiente” – Manual de Acolhimento da TEKA Portugal. Dados de 2018 apontam para um total de 379 colaboradores. O Anexo A – Organograma Teka Portugal apresenta o organograma da TEKA Portugal centrado na área industrial (adaptado: Manual de Acolhimento, 2019).

Com um capital social de 79 milhões de euros em 2018 (dados atualizados em 2019), apresentou um crescimento 7% nas vendas – mercado nacional e exportação) em relação ao ano anterior, como é possível observar na Figura 11. No último ano da análise (2018) contam-se mais de 553.000 unidades produzidas.

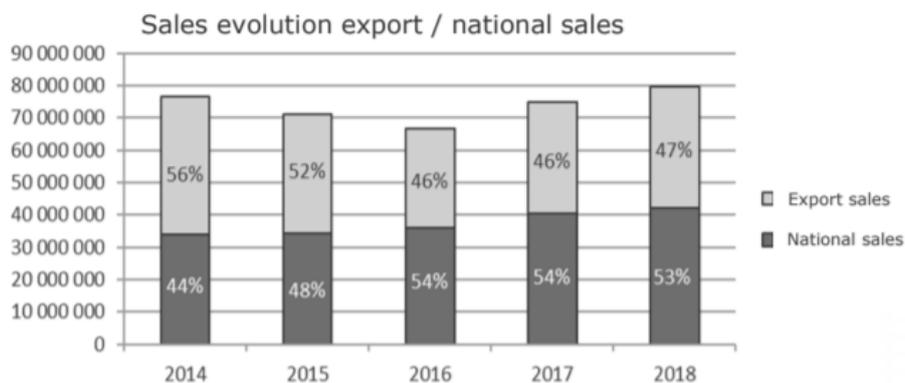


Figura 11 Evolução do volume de vendas da TEKA Portugal

Fonte: TEKA Portugal (2018)

Nos últimos cinco anos, a filial apresentou um investimento de cerca de 9 milhões de euros, com forte impacto no carácter industrial da mesma. Em 2018 (dados mais atuais) as instalações industriais e administrativas da TEKA Portugal ocupam mais de 23.000 m², produz para mais de 40 marcas e exporta para mais de 50 países.

3.2. Contextualização e caracterização do problema

Nesta secção apresenta-se o contexto deste projeto de dissertação. A TEKA Portugal manifestou o interesse e necessidade de melhorar o fluxo de produção nas suas linhas de exaustores, produtos com volume de produção mais elevado da empresa em Portugal. Foi este o mote do presente documento. Nas subsecções que se seguem é descrito o local, bem como a linha em estudo.

3.2.1. Pavilhão dos Exaustores e Chaminés

O pavilhão dos exaustores e chaminés, tal como o nome indica, corresponde a uma área da TEKA Portugal responsável pela montagem de exaustores e chaminés decorativas.

Este pavilhão contém 11 linhas de montagem, sendo as primeiras oito, responsáveis pela montagem de exaustores e as outras três, pela montagem de chaminés.

Focando o produto em estudo (os exaustores), estes são divididos por diversas famílias, estando cada linha responsável por uma ou mais famílias de produtos. Estas famílias são então: TL, CNL, TUB, GF (GFG, GFH e GFT) e classic, como demonstrado na Tabela 4. Os vários modelos dentro de cada família variam entre si essencialmente pela cor e tamanho, sendo também possível realizar pequenas alterações na funcionalidade.

Tabela 4 Distribuição das famílias dos modelos iniciais produzidos por linha

Linha de produção	Família do modelo
L1 (Exaustores)	TL
L2 (Exaustores)	CNL
L3 (Exaustores)	GF
L4 (Exaustores)	TL
L5 (Exaustores)	Polivalente
L6 (Exaustores)	CNL
L7 (Exaustores)	Classic
L8 (Exaustores)	Polivalente
L9 (Chaminés)	Chaminés Horizontais
L10 (Chaminés)	Chaminés Horizontais
L11 (Chaminés)	Chaminés Verticais

Os diversos componentes necessários para a montagem dos exaustores provêm de muitas zonas da fábrica, sendo este muitas vezes um problema observado, pois a ele está muitas vezes associado um tempo de espera nas linhas ou peças danificadas devido a um mau acondicionamento, como poderá ser possível observar posteriormente.

O macroprocesso, que é o meio pela qual uma organização reúne os grandes conjuntos de atividades de modo a gerar valor e cumprir a sua missão, inicia-se com uma necessidade do mercado que desencadeia o contrato de fornecedores externos que posteriormente armazenam o material no armazém de componentes.

Posteriormente, já numa fase de produção, cada componente atravessa um conjunto de atividades, sendo elas, sequencialmente: corte, estampagem, soldadura, pintura, serigrafia e colagem. De salientar que sempre que seja necessário realizar pelo menos uma destas atividades, o produto terá de ser armazenado num *stock* intermédio.

Seguidamente, é na reprografia que se faz a impressão de manuais para, posteriormente à montagem, serem colocados na embalagem. Na fase da montagem é realizada uma inspeção final de acordo com as especificações do cliente. Por fim ainda é realizada uma auditoria esporadicamente pela equipa de qualidade.

Por fim, o produto final será armazenado no armazém de produto acabado até à sua expedição.

3.2.2. Cenário da Linha 4 dos exaustores

Este projeto tem como objetivo dar resposta ao elevado *backlog* existente na área dos exaustores.

O *backlog* refere-se à acumulação de trabalho ao longo de um determinado período de tempo, ou seja, a todas as encomendas ou pedidos que se encontram em espera.

Assim, com o objetivo de maximizar todo o processo produtivo, procedeu-se à análise e proposta de melhoria do fluxo de produção dos exaustores do modelo TL 6310 Ix.

O modelo de exaustores pioneiro para o estudo da linha foi o exaustor TL 6310 Ix. Este modelo, sendo realizado essencialmente em duas linhas na fábrica (linha 1 e linha 4), é dos modelos com um volume mais avultado de vendas.

A Tabela 5 traduz a produção do exaustor TL 6310 Ix ao longo de 2019, nas diversas linhas de produção.

Tabela 5 Produção de exaustores vs. Planeamento referente a 2019

Linha	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maió	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Total
L1	1689	1771	786	1621	2594	1918	2255	433	0	0	4720	1954	19741
L2	0	0	0	0	0	0	3	3	0	0	0	0	6
L3	671	728	26	0	0	730	516	0	0	0	0	0	2671
L4	1088	1084	606	1164	1576	834	309	100	0	0	1893	619	9273
L5	464	788	0	179	0	190	523	0	0	143	28	0	2315
L6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	151	151
L7	0	0	0	0	0	229	0	0	0	0	0	1359	1588
L8	0	0	0	0	0	0	0	0	2838	1737	2881	0	7456
Total	3912	4371	1418	2964	4170	3901	3606	536	2838	1880	9522	4083	
QUANTIDADES PLANEAMENTO - 2019													
Mês	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maió	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Total
Qt.	6870	8965	5720	5989	6510	6875	7197	984	8476	5801	9135	4016	76538
%	-43%	-51%	-75%	-51%	-36%	-43%	-50%	-46%	-67%	-68%	4%	2%	

Observa-se ainda a quantidade planeada e a respetiva percentagem de produção cumprida.

Através desta figura visualizamos o *backlog* existente ao longo de 2019, onde a necessidade de melhorar todo o sistema produtivo torna-se indispensável para responder às necessidades dos clientes.

A L4 como linha piloto, teve em conta os seguintes critérios:

- **Localização:** esta linha situa-se numa zona central, onde qualquer melhoria é vista por todas as pessoas que trabalhem neste pavilhão, tornando-se uma linha exemplar.

▪ **Velocidade:** a linha 4 possui uma velocidade de produção inferior à linha 1, assim todas as melhorias implementadas irão sentir-se com um impacto superior.

▪ **Número de turnos:** A linha 4 trabalha num turno, ao contrário da linha 1 que trabalha a dois turnos. Ao trabalhar num só turno, existe mais tempo para fazer alterações na linha sem que se interrompa a sua produção.

Ao longo do ano de 2019 foram produzidos mais de 43 201 exaustores TL 6310 Ix, representando uma fatia muito elevada do volume total de vendas. A Tabela 6 ilustra a quantidade de exaustores produzidos na linha 4 ao longo do ano de 2019.

Tabela 6 Produção da linha 4 em 2019

Modelo	Quantidade Produzida
Exaustor TL 6310 Ix	9273
Exaustor TL 6420 Ix	7347
Cooker Hood SLIMLUX II 60 XFG	3028
Cooker Hood SLIMLUX II 60 BG	2381
Exaustor TL 6310 Pr	2292
Exaustor TL 7420 Ix	1915
Exaustor TL 6310 Br	1908
Exaustor TL 6420 Br	1791
Exaustor TL 9310 Ix	1752
Cooker Hood SLIMLUX II 50 BG	1238
Outros	8097

Através desta tabela é possível observar que o modelo TL 6310 Ix é o modelo mais produzido nesta linha, sendo que todos os outros, pertencentes à família do modelo TL, acabam por ter muitas semelhanças, tanto ao nível dos componentes, como de todo o seu processo produtivo.

3.2.3. Avaliação de desempenho

A análise da situação foi o ponto de partida do projeto em causa. Neste sentido, esta secção dedica-se à apresentação de algumas observações e análises iniciais, baseadas nas métricas de avaliação de desempenho apresentadas no enquadramento teórico deste documento.

▪ **Disponibilidade (OEE)**

Tal como enunciado no enquadramento teórico, a disponibilidade corresponde à razão entre o tempo que a linha esteve a operar e o tempo que linha tencionava operar.

Através da Tabela 7 podemos observar a variação do cálculo do OEE da disponibilidade ao longo do ano de 2019, na linha 4.

Tabela 7 Variação do indicador OEE (Disponibilidade) ao longo de 2019

Mês	OEE (Disponibilidade)
1	96%
2	97%
3	95%
4	91%
5	96%
6	73%
7	95%
8	90%
9	94%
10	95%
11	88%
12	93%

Como apresentado na tabela, este *Key Performance Indicator (KPI)* foi pouco variável ao longo do ano de 2019. Contudo, nos meses de junho e novembro, os valores da disponibilidade apresentaram-se muito baixo.

O tempo associado a paragens planeadas, como *setups*, totaliza 2809 minutos ao longo de 2019, com uma média de 10 minutos por *setup*. Tendo em conta a similaridade dos modelos, trata-se de tempos demasiado elevados.

Este problema justifica-se pelo abastecimento ineficiente que se faz sentir de um modo geral nas linhas de exaustores. Este facto exige um autoabastecimento das operadoras, conduzindo a uma redução do tempo disponível de trabalho.

Em relação às paragens não planeadas, estão contemplados 4226 minutos. Este tempo foi analisado, através do levantamento das principais causas que levam às paragens da linha 4.

Abaixo estão representados dois diagramas de Pareto. A Figura 12 representa as principais causas de paragem, cuja a pertinência de análise é confirmada na Figura 13.

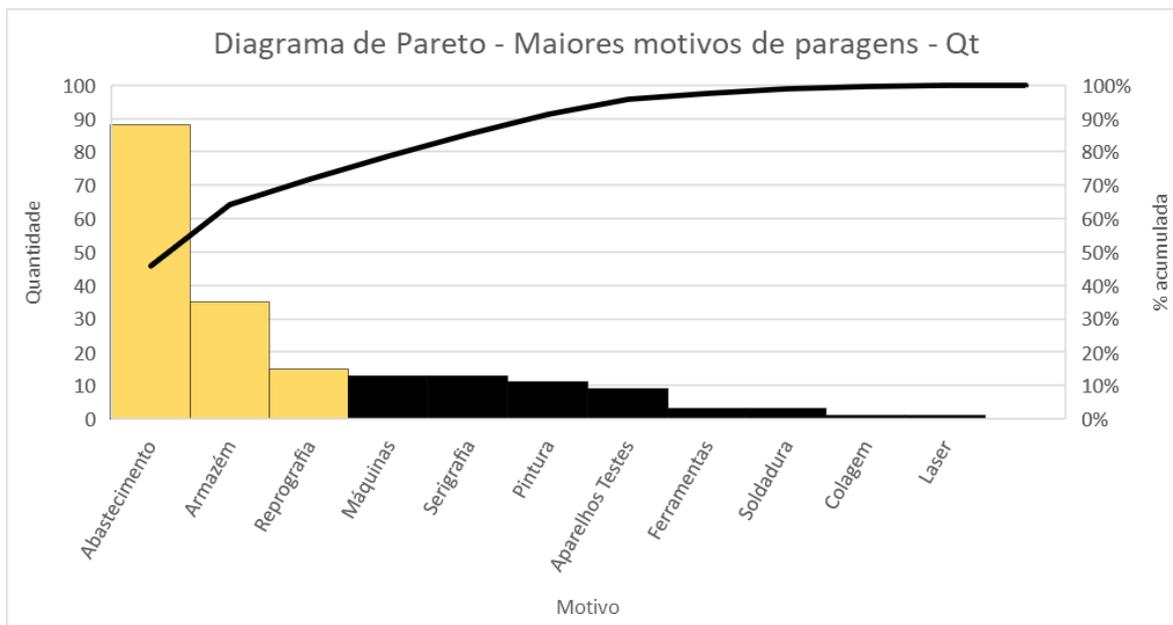


Figura 12 Principais motivos de paragens (Quantidade)

Assinaladas a amarelo, encontram-se os principais motivos das paragens, em termos quantitativos: abastecimento, armazém e reprografia. Ao longo de 2019 totalizaram-se 133 falhas nestas áreas, correspondendo a mais de metade (63%) dos motivos totais de paragem.

A Figura 13 demonstra quais os motivos de paragem da linha, em termos temporais.

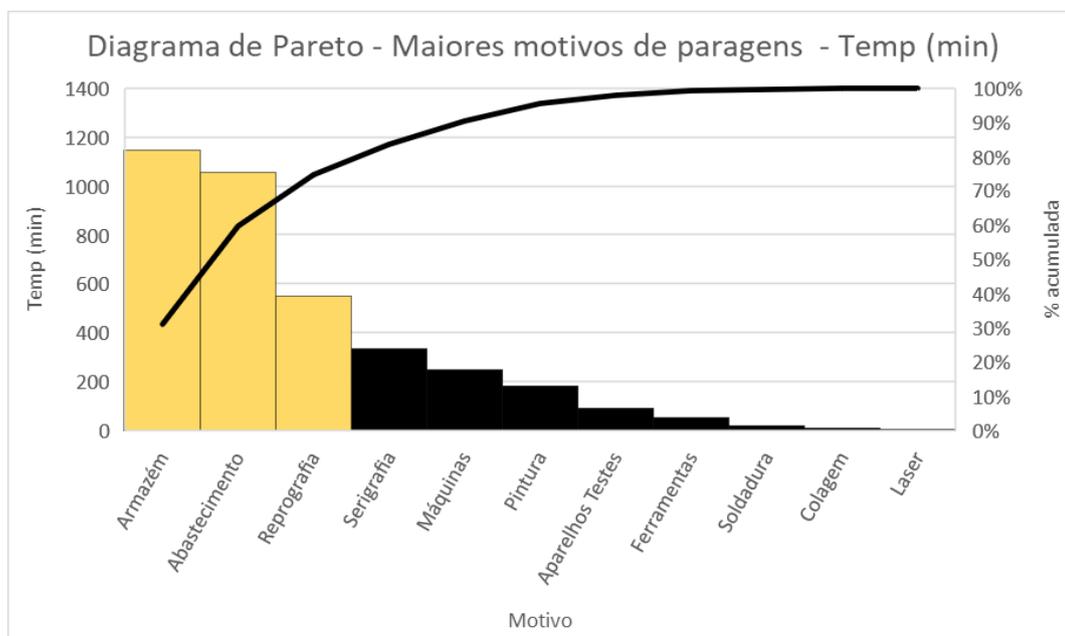


Figura 13 Principais motivos de paragem (Tempo)

A partir da análise da Figura 13 é possível concluir uma correspondência entre as causas mais frequentes e o tempo associado. Ou seja, as causas que ocorrem mais vezes são também as que também originaram um maior tempo de paragem. As falhas observadas no armazém, abastecimento e reprografia correspondem a 63% do tempo total de paragens, perfazendo 2678 minutos.

- **Eficiência (OEE)**

A eficiência surge como uma forma de estabelecer um paralelismo entre a quantidade produzida e o objetivo estipulado. A Tabela 8 refere-se ao comportamento médio mensal da linha 4 ao longo de 2019.

Tabela 8 Variação do indicador OEE (Eficiência) ao longo de 2019

Mês	OEE (Eficiência)
1	89%
2	85%
3	82%
4	88%
5	92%
6	86%
7	79%
8	87%
9	90%
10	89%
11	92%
12	90%

- **Qualidade (OEE)**

A qualidade corresponde à eficácia de uma linha, ou seja, corresponde à percentagem de peças boas produzidas. A Tabela 9 apresenta a evolução do indicador da qualidade ao longo do ano de 2019.

Tabela 9 Variação do indicador OEE (Qualidade) ao longo de 2019

Mês	OEE (Qualidade)
1	96%
2	96%
3	97%
4	94%
5	97%
6	97%
7	97%
8	95%
9	95%
10	96%
11	96%
12	98%

Através desta tabela constata-se que a qualidade contém sempre valores muito positivos. Segue-se uma análise a estes valores.

Na TEKA Portugal existem três tipos de anomalias: defeitos, reparações em linha, rejeitados.

- **Defeitos:** corresponde a todos os defeitos que provenham de outras zonas da fábrica ou até mesmo de fornecedores externos que sejam detetados antes do início da montagem.

- **Reparações em Linha:** corresponde às reparações que têm de ser realizadas na linha que irão afetar a eficiência da mesma, tendo um tempo associado à sua reparação.

- **Rejeitados:** corresponde aos equipamentos que irão afetar diretamente o OEE qualidade, visto serem equipamentos rejeitados. Estes equipamentos serão posteriormente reparados numa bancada própria.

De seguida, serão especificados cada uma destas anomalias.

Como primeira análise, procurou-se clarificar a origem/motivo dos **defeitos**, como representado na Figura 14.

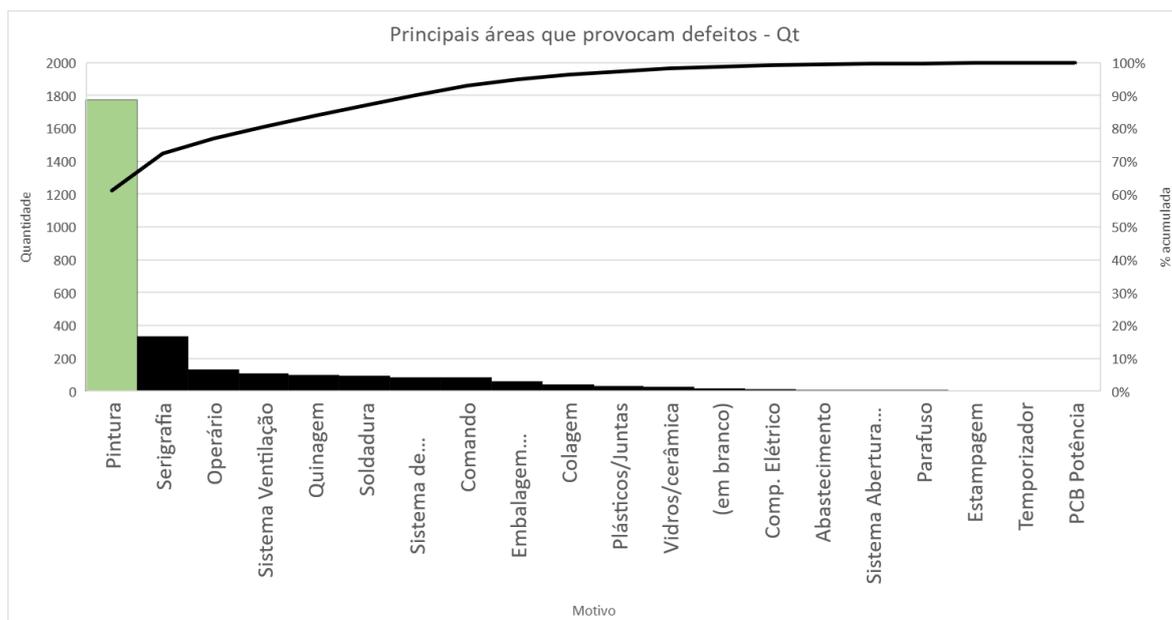


Figura 14 Quantidade de defeitos por área

Através do diagrama acima apresentado, verificamos que existe um elevado número de defeitos registrado na área da pintura. Nesta área totalizam-se 1774 ocorrências num universo de 2910 defeitos totais, correspondendo a 60,1% dos mesmos.

A análise seguinte teve como objetivo salientar os tipos de ocorrência associados a esta área, tal como demonstrado na Tabela 10 .

Tabela 10 Principais razões de ocorrência nas áreas críticas (defeitos)

Área	Tipo Ocorrência	Quantidade
Pintura	Falta de Componente	1091
	Riscado	306
	Excesso de Componente	135
	Amolgado	87
	Sujidade	84
	Avariado/Danificado	26
	Deformado	25
	Componente incorrecto	4
	Partido/Rutura	4
	Cor/Tonalidade	3
	Desviado (mal posicionado)	3
	Manchas	3
	Falhado	1
	Oxidação	1
	Vincada	1

Esta análise mais detalhada apresenta uma listagem do tipo de defeito com origem no setor da pintura, ao longo de 2019. A falta de componente, ou seja, elementos com pouca tinta que chegam à linha 4 são o principal defeito enumerado. Peças riscadas ou com

excesso de componente são também alguns problemas que deverão ser analisados nesta área.

As **reparações em linha**, também denominadas como “retrabalhos”, vão influenciar o tempo de ciclo da linha.

Este tipo de ocorrências afeta o OEE Eficiência, uma vez que é exigido tempo para a reparação dos problemas, impossibilitando o normal funcionamento da linha. Sempre que o tempo de reparação afete o tempo de ciclo da linha, estes equipamentos deveriam ser rejeitados, impactando, assim, o OEE Qualidade, em vez do OEE Eficiência. Ainda que os colaboradores tenham ordem para não fazerem reparações sempre que estas exijam um tempo adicional, estes muitas vezes não o fazem e acabam por afetar o OEE Eficiência de maneira errada.

A Figura 15 apresenta as principais razões que levam a estas reparações na linha 4, ao longo de 2019.

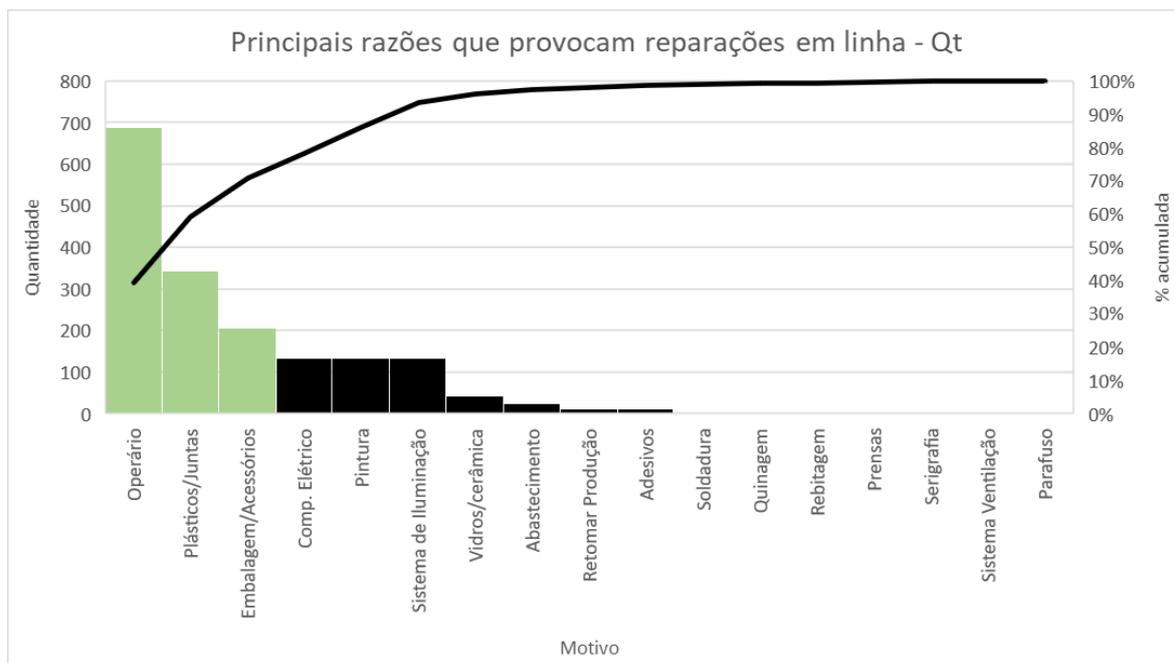


Figura 15 Quantidade de reparações em linha por área

Como apresentado na Figura 15, os erros de montagem por parte dos operários são o principal motivo para as reparações nesta linha, representando 39,35% do total.

Torna-se ainda importante realçar que os plásticos/ juntas são danificados ao longo da sua montagem. Além do mais, as embalagens necessitam por vezes de um retrabalho. Tal

verifica-se, por exemplo, quando o sistema de embalagem da fita-cola, apresenta um mau funcionamento, exigindo o embalagem manual.

Os motivos acima mencionados e destacados a verde na Figura 15 correspondem, no total, a 70,70% das reparações realizadas. De seguida, estas três áreas serão analisadas conjuntamente.

Na Tabela 11 são demonstradas as razões responsáveis pelos problemas nestas áreas.

Tabela 11 Principais razões de ocorrência nas áreas críticas (reparações em linha)

Área	Tipo ocorrência	Quantidade
Operário	Comp. danificado	150
	Componente incorrecto	1
	Falta de Componente	1
	Isolameto danificado	1
	Partido/Rutura	536
Plásticos/Juntas	Amolgado	5
	Avariado/Danificado	71
	Chupado	1
	Componente incorrecto	8
	Cor/Tonalidade	7
	Deformado	12
	Desvio Angular	1
	Falhado	14
	Falta de Componente	152
	Ilegível	1
	Incompleto	1
	Manchas	1
	Oxidação	4
	Partido/Rutura	36
	Riscado	23
	Sujidade	7
	Embalagem/Acessórios	Amolgado
Avariado/Danificado		57
Componente incorrecto		2
Cor/Tonalidade		20
Dimensional/ Geométrico		2
Falhado		2
Falta de Componente		10
Incompleto		1
Manchas		2
Partido/Rutura		24
Rasgado		22
Riscado		2
Sujidade		14
União Incompleta		1

Como observamos na Tabela 11, deve existir uma especial atenção aos erros causados pelos operários. Para tal, deverão ser implementadas algumas medidas para a mitigação destes erros.

O mesmo acontece aos plásticos/juntas que vêm com falta de componente (tinta) da área da pintura e embalagens/acessórios que estão avariados/danificados ou até mesmo amolgados.

Em seguida será demonstrado o estudo realizado a todos os componentes que foram para o hospital, para serem reparados (Figura 16).

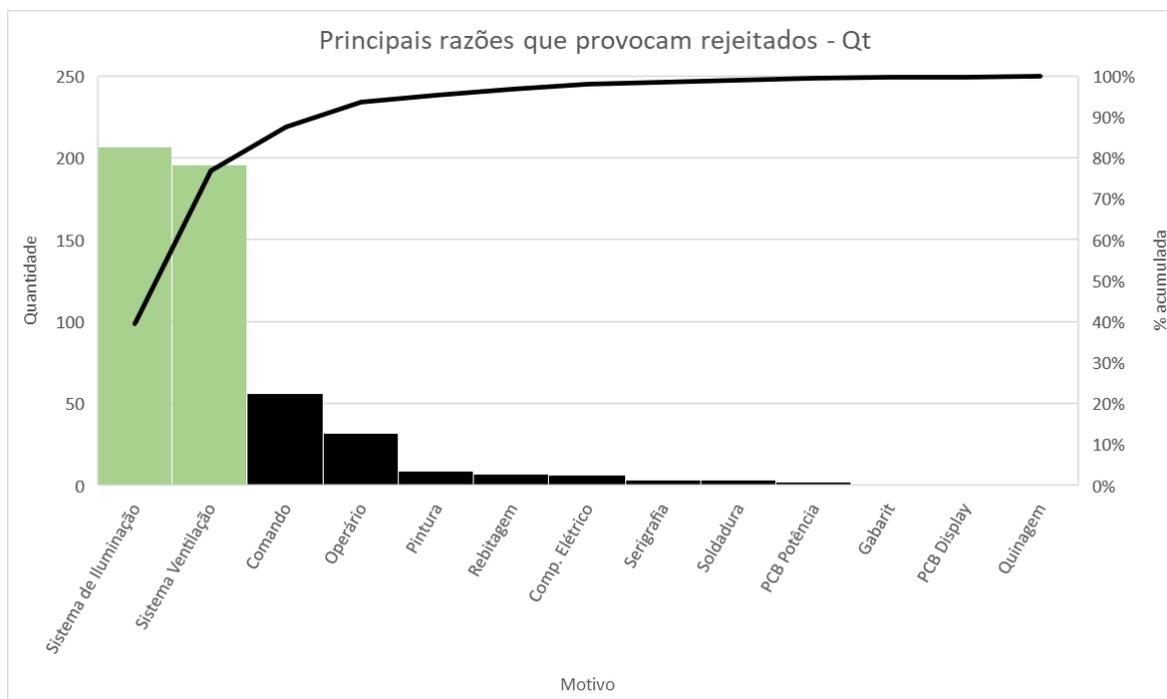


Figura 16 Quantidade de rejeitados por área

Os sistemas de iluminação e de ventilação surgem como os principais problemas que levam à necessidade de rejeitar os exaustores. Estes dois sistemas apresentaram um total de 403 problemas, num universo de 524, ou seja, 76,91%.

A Tabela 12 segue o mesmo modelo dos exemplos anteriores, onde estão representadas as razões que levam a estes problemas acima mencionados.

Tabela 12 Principais razões de ocorrência nas áreas críticas (Rejeitados)

Área	Tipo ocorrência	Quantidade
Sistema de Iluminação	Ativação Incorreta	203
	Desajuste	1
	Desalinhamento	1
	Fundido	1
	Queimado	1
Sistema Ventilação	Ativação Incorreta	163
	cErr	1
	Queimado	9
	Ruído/Vibrações	23

As ativações incorretas, que correspondem a 366 do total das ocorrências, são erros verificados nos testes funcionais aos aparelhos. Estas ocorrências criam a necessidade de alterar todo o sistema de ventilação ou de iluminação.

- **OEE - Overall equipment effectiveness**

Como descrito no enquadramento teórico, o OEE é uma medida de avaliação do desempenho global de um processo. Neste sentido, tornou-se pertinente o cálculo a partir das variáveis acima descritas e avaliadas. A apresenta a evolução desta métrica na linha 4 ao longo de 2019.

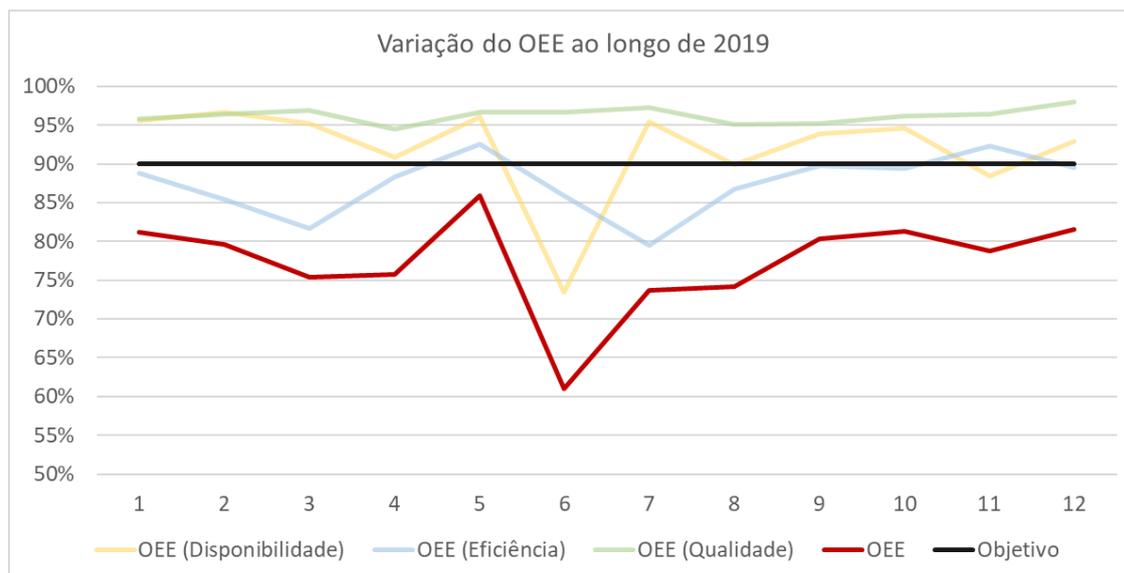


Figura 17 Variação do OEE ao longo de 2019

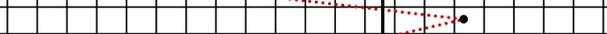
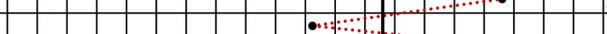
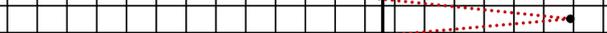
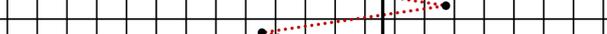
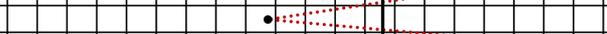
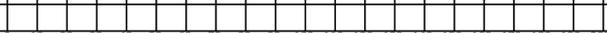
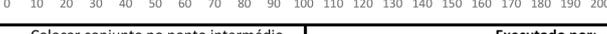
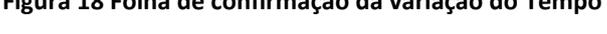
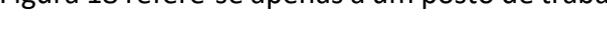
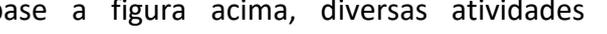
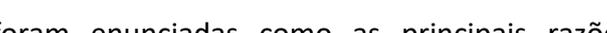
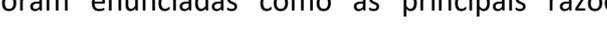
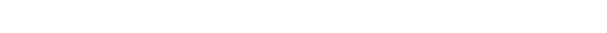
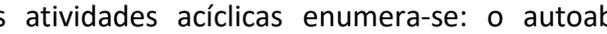
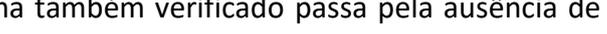
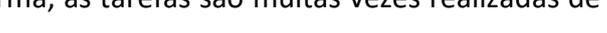
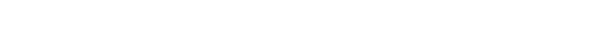
A Figura 17 sugere que no mês de junho houve uma descida drástica dos valores do OEE. O componente “disponibilidade” foi o que mais contribuiu para esta quebra.

Vemos também que o OEE se apresenta longe do objetivo definido pela TEKA Portugal (90%) para 2019. Assim, pretende-se futuramente que a linha representada a vermelho (OEE real) se aproxime o máximo possível da linha a preto (objetivo).

- **Variabilidade do processo: Tempo do ciclo**

Com o objetivo de confirmar a situação inicial do processo, aquando o primeiro contacto físico com a linha, foi observado o tempo de ciclo dos colaboradores.

Para tal, procedeu-se ao acompanhamento da produção de 20 exaustores do modelo em estudo (TL 6310 lx), com o objetivo de observar a variação do tempo de ciclo. O *standard* realizado e demonstrado na Figura 18, demonstra que o tempo de ciclo médio é inferior ao tempo de ciclo planeado. Contudo, a variabilidade do processo é muito elevada.

Confirmação do Processo		Area/Setor	Data			
Tempo de Ciclo		Exaustores	04/03/2020			
Linha	Modelo	Posto Observado	Ciclo mínimo repetido (s)	Ciclo máximo (s)	Ciclo médio (s)	
Linha 4	TL 6310 lx 121220	Posto 1	76	190	124,9	
No.	Tempo de ciclo [s]	Tc Planeado [s]	Representação Gráfica do Ciclo			Comentários (motivo da flutuação)
1	131	126,7				Abasteceu material no posto
2	78	126,7				Já tinha pré-montagem no posto
3	134	126,7				
4	76	126,7				
5	154	126,7				Problemas com apertos (Ferramenta)
6	115	126,7				Falou com a colega
7	101	126,7				
8	167	126,7				Abasteceu material e fez pré-montagem
9	103	126,7				
10	190	126,7				Pré-montagem e falou com a abastecedora
11	89	126,7				
12	148	126,7				Fez pré-montagem
13	86	126,7				
14	148	126,7				Fez pré-montagem
15	88	126,7				
16	190	126,7				Fez pré-montagem e abasteceu o material
						Foi suportar a colega do posto 2
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						

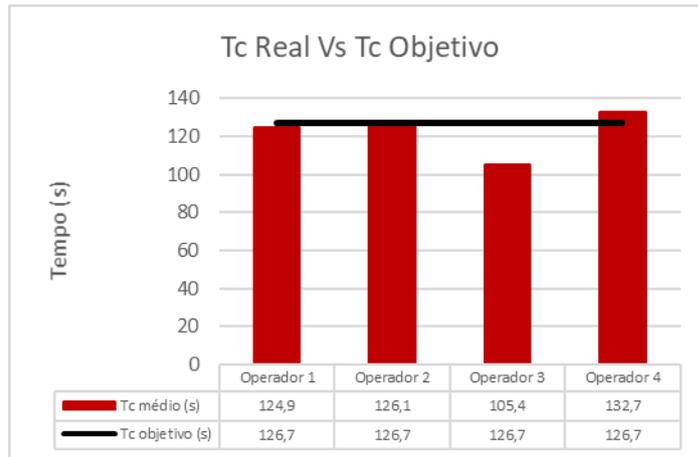


Figura 19 Tc Real vs. Tc Objectivo

Ao realizar esta observação verificou-se que o operador 3, em média, registou um tempo de ciclo menor, originando um acumular de *stock* (WIP) a jusante, assim como um tempo de espera associado a montante.

- **Balanceamento atual**

De modo a confirmar a discrepância entre o tempo necessário para cada colaborador realizar as tarefas e o *Takt Time* exigido pelo cliente, fez-se um estudo do balanceamento atual da linha de montagem.

Este estudo organizou-se em três fases:

1. **Análise de todas as tarefas pertencentes à montagem do modelo TL 6310 Ix:** esta análise, realizada no chão de fábrica, torna-se imprescindível para conhecer todo o processo. Além disso, permite identificar alguns problemas que se fazem sentir ao longo da sua execução.

2. **Verificação dos tempos pertencentes a cada tarefa com auxílio da ferramenta MTM e cronometragem:** Como referido no enquadramento teórico, a **MTM** serve como um instrumento para configuração de sequências de trabalho em processos industriais. Esta ferramenta passa pela descrição, estruturação, planeamento e análise, através de tempos pré-definidos. Por sua vez, a **cronometragem** foi usada essencialmente para determinar tempos de tarefas acíclicas, tratando-se de uma ferramenta mais eficaz do que o MTM nesta situação, pois trata-se de movimentos não rotineiros.

Na Imagem 4 (Anexo C - Listagem de tarefas e o tempo associado) encontra-se uma listagem de tarefas realizadas inicialmente em cada posto de trabalho e o seu tempo associado.

3. **Representação gráfica do balanceamento:** A partir dos pontos 1 e 2, realizou-se uma representação gráfica do estado atual do balanceamento. A Figura 20 demonstra como se encontra o balanceamento atual por operador.

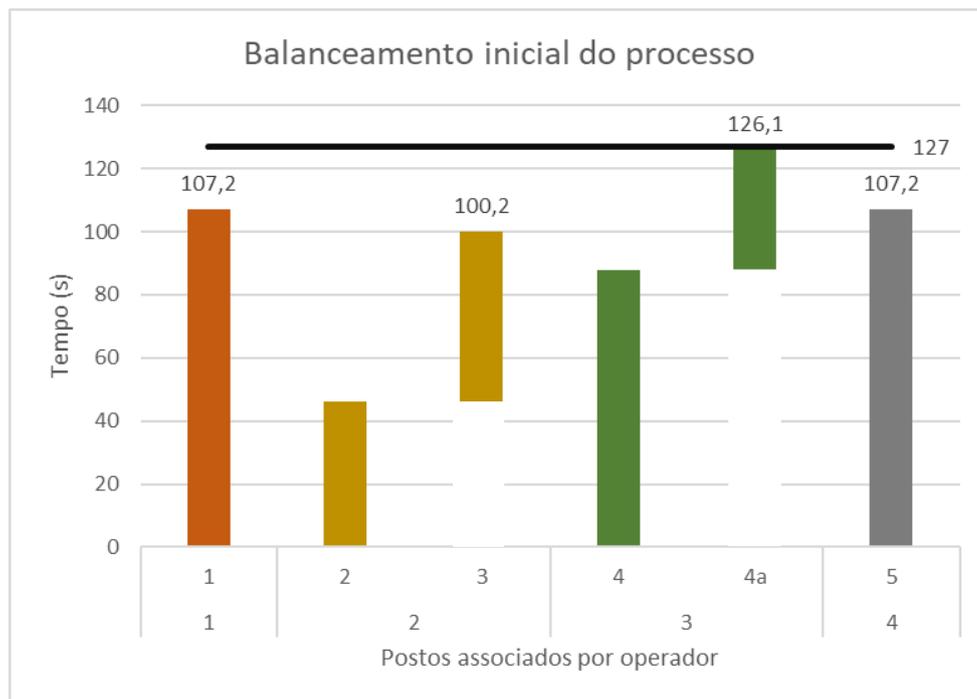


Figura 20 Balanceamento inicial do processo

Como se pode observar através da representação gráfica do balanceamento, a linha apresentava-se a trabalhar com quatro operadores em seis postos distintos, sendo que o número de operadores é variável de acordo com as necessidades do cliente.

Além do mais, também é possível verificar que o operador 2 trabalha em dois postos consecutivos (2 e 3) e o operador 3 opera nos postos 4 e 4a (sendo o 4a um posto adicional que se encontra na zona à retaguarda do operador).

O operador 2 é também aquele que apresenta menor conteúdo temporal de trabalho. Para realizar as tarefas que lhe foram atribuídas este necessita apenas de 100,2s. Por sua vez, o operador 3 demora 126,1s a realizar as suas tarefas.

O objetivo do balanceamento é fazer com que todos os colaboradores possuam o mesmo conteúdo de trabalho, para que não haja, nem acumulação de *stocks* na linha, nem tempos de espera associados. Além do mais, espera-se que o tempo de ciclo esteja de acordo com o *Takt Time* do cliente.

É possível ainda observar que o tempo de ciclo é satisfatório para as necessidades do cliente, pois o $T_c=126,1s < Takt\ Time(TT)=127s$. No entanto, no caso de estudo, TEKA Portugal, o cliente direto que trabalha com a linha de produção é o departamento de planeamento e não o cliente final. O departamento do planeamento define o *Takt Time* da linha de acordo com as capacidades de produção da mesma, aprovando ou reprovando novas encomendas que surjam.

Tendo em conta o elevado *backlog* da TEKA Portugal, anunciado na secção 3.2.2 deste documento, percebe-se que o *Takt Time*, que deveria estar a ser regulado pelo mercado/cliente final, está a ser regulado internamente. Os 127s calculados no parágrafo anterior devem, portanto, ser reduzidos, de forma responder ao *backlog*.

Sendo a eficiência da linha calculada pela razão entre o conteúdo total de trabalho e o produto do tempo de ciclo pelo número de operadores, verifica-se que estamos perante uma eficiência da linha de 87,2%, um valor longe do objetivo pretendido.

3.3. Propostas de melhoria

Esta secção parte das observações feitas na secção 3.2 deste documento, para propor melhorias com base no enquadramento teórico (capítulo 2). A Figura 21 esquematiza as sete melhorias propostas, aplicadas a dois cenários distintos: o primeiro, com as atividades acíclicas a serem realizadas pelos colaboradores da linha, e o segundo, com atividades acíclicas realizadas por colaboradores externos à linha de produção.

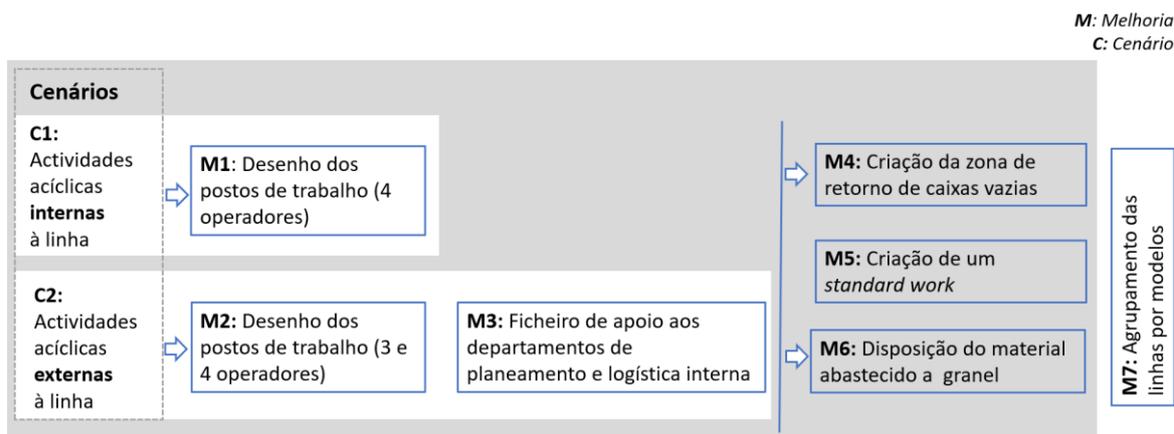


Figura 21 Propostas de Melhoria

No âmbito do cenário 1 (C1) serão aplicadas as melhorias M1, M4, M5 e M6. Por sua vez, no âmbito do cenário 2 (C2) serão aplicadas as melhorias M2, M3, M4, M5 e M6. A melhoria M7 não se aplica a nenhum dos cenários, no entanto, partiu das melhorias direcionadas a estes, com o objetivo de maximizar os ganhos propostos.

Note-se que as melhorias apresentadas nos subtópicos foram aprovadas, estando prevista a sua implementação quando a TEKA Portugal retomar as suas atividades, em tempo próprio.

3.3.1. Melhoria 1: Desenho dos postos de trabalho com atividades acíclicas internas à linha

O redesenho dos postos de trabalho teve impacto nas melhorias associadas à criação de zonas de retorno de caixas vazias (M4), bem como nas melhorias associadas à disposição do material abastecido a granel (M6). A Tabela 13 agrega as melhorias associadas ao *design* da linha.

Tabela 13 Desenho dos postos de trabalho com atividades acíclicas internas à linha

Linha	Colocar aparafusadoras perto do ponto de uso/gabarit respectivo, à frente dos bordos de linha
	Colocar bordos de linha o mais próximo possível do operador (distância horizontal e altura)
	Bordos de linha com inclinação e roletes para que as caixas possam ser abastecidas pelo lado de fora e deslizem até ao final do bordo de linha
	Bordos de linha de retorno (base) a mais de 700 mm do solo
	Fazer demarcações no chão para identificar os espaços ocupados com material
PT1	Colocar caixa no posto de trabalho para armazenar motores depois de os ir buscar ao contentor (colocar caixa no BL)
	Colocar caixa no posto de trabalho para armazenar turbinas depois de as ir buscar ao contentor (colocar caixa no BL)
	Colocar ligador 8-polos, casquilhos e cabos das lâmpadas no BL
	Colocar o BL a 350 mm da bancada
	Abastecer materiais pequenos e a granel (parafusos, rebites, porcas, pontes) em caixas "dentro" da bancada de trabalho, à semelhança do observado nas linhas das chaminés
PT2	Abastecer cabos de alimentação e comandos num suporte que deve ficar a 450/500mm da bancada, se possível, sendo que o objetivo é que este material seja abastecido fora da linha
	Colocar tampas da caixa de conexões e lâmpadas no BL, a 350/400 mm da bancada e o mais baixo possível
PT3	Abastecer corredeiras (mais à direita) no BL inferior (deixar espaço vazio no meio, pois é onde o operador coloca a carcaça e não convém ter material atrás da carcaça)
	Abastecer embelezadores no BL superior
	Colocar o BL superior a 500 mm da bancada (o mais próximo e baixo possível, tendo em conta o BL inferior)
	Colocar o BL inferior a 400 mm da bancada
	Colocar rolo de etiquetas de características num suporte, na extremidade do BL superior
PT4	Abastecer materiais pequenos e a granel (parafusos) em caixas "dentro" da bancada de trabalho, à semelhança do observado nas linhas das chaminés
	Colocar porta-placas, placas da luz e filtros fixos no BL a 500 mm da bancada (o mais próximo e baixo possível)
	Abastecer materiais pequenos e a granel (parafusos, rebites) em caixas "dentro" da bancada de trabalho, à semelhança do observado nas linhas das chaminés
	Colocar tabuleiro dentro da bancada, do lado esquerdo, onde o operador irá abastecer parafusos de x em x peças (20, por exemplo) para que estes fiquem mais próximos do ponto de uso
	Colocar tabuleiro dentro da bancada, do lado direito, onde o operador irá abastecer rebites de x em x peças (15, por exemplo) para que estes fiquem mais próximos do ponto de uso
PT4.a	Colocar tabuleiros dentro da bancada onde o operador irá abastecer parafusos de x em x peças (20, por exemplo) para que estes fiquem mais próximos do ponto de uso
	Colocar tampas laterais e suportes centrais no BL inferior a 400 mm (o mais próximo possível)
	Colocar bandejas no BL superior a 500 mm da bancada (o mais próximo e baixo possível, tendo em conta o BL inferior)
	Colocar aparafusadora suspensa e colocar um suporte com um íman para que, depois de utilizada, seja encostada ao íman e fique "arrumada" no posto
PT5	Colocar rolos de etiquetas em suportes, na extremidade do BL superior, perto do ponto de uso (exemplo: as etiquetas que são coladas na caixa devem ficar perto da pistola e mais à esquerda)
	Bordo de linha superior o mais baixo possível (a 500mm da bancada)
	Abastecer prolongadores, derivações de saída e sacos de acessórios num bordo de linha que estará à frente do operador (as alturas de pega destas peças devem estar entre os 1000 e 1200 mm de altura)
	Abastecer prolongadores numa caixa mais pequena, em menor quantidade (definir no terreno)
	Os sacos de acessórios devem estar mais à direita do BL e na extremidade do BL deve ser colocado um suporte para o rolo de etiquetas de garantia

O objetivo desta proposta passa por melhorar o fluxo de produção e, consequentemente, reduzir os tempos associados às atividades. Para tal, foram realizados esboços da disposição dos materiais do modelo em estudo nos postos de trabalho, apresentados no **Anexo F** - Cenário 2: Tarefas acíclicas dentro da linha e no **Anexo E** - Cenário 1 e 2: Tarefas acíclicas fora e dentro da linha. Estes esboços foram desenhados com base nas seguintes medidas:

- **Colocação do material de acordo com a sequência de trabalho:** A colocação do material de forma sequencial levará a uma redução dos movimentos dos colaboradores e,

consequentemente, a uma redução do tempo de montagem, tal como sugere Coimbra (2009).

- **Identificação e marcação da disposição dos diferentes materiais:** estas marcações têm como objetivo melhorar o desempenho da linha (Algan Tezel et al., 2009) com base em estímulos visuais para aumentar a eficiência e eficácia das operações, de forma intuitiva, lógica e visível (Liker, 2004).

- **Implementação do *design* ergonómico nos postos de trabalho:** aproximação do material do operador e do ponto de uso, redução da altura dos bordos de linha, abastecimento do material dentro das alturas ótimas de trabalho, criação de uma zona de retorno (M4). Neste último ponto respeita-se, portanto, o que a se descreve no enquadramento teórico. O bordo de linha refere-se à alocação apropriada dos materiais de modo a que estejam disponíveis e perto do ponto de uso (Coimbra, 2009). Por esta razão, foi proposta uma melhoria que aproxima os materiais abastecidos a granel – parafusos, rebites, entre outros – junto do colaborador (M6).

Os valores representantes da redução dos tempos associados a estas melhorias estão destacados a amarelo na Imagem 6 e apresentados na Tabela 14, que corresponde a uma avaliação do impacto previsto.

Tabela 14 Melhorias de tempo associadas ao redesenho da linha: 4 operadores com tarefas acíclicas

Descrição da atividade	Tempo inicial (s)	Tempo melhorado (s)	% redução	Tempo total melhorado
Montar motor na envolvente esquerda	16,5	15,6	5,45%	45,5
Montar turbina na envolvente esquerda	5,2	3,9	25,00%	
Montar conjunto (envolvente esquerda + motor + turbina) na envolvente direita	18,9	16,5	12,70%	
Ligar e aparafusar cabos do motor ao ligador 8-polos	18	16	11,11%	
Montar casquilhos das lâmpadas	11,9	10,8	9,24%	
Montar cabo de alimentação na evoluta	14,8	13,6	8,11%	
Montar comando na evoluta	19,5	17,5	10,26%	
Montar e aparafusar tampa da caixa de conexões	8,6	8	6,98%	
Montar lâmpadas na evoluta do motor	6,5	5,9	9,23%	
Montar embelezadores da carcaça (3 unidades)	9,4	8,3	11,70%	
Aparafusar evoluta do motor à carcaça (6 parafusos)	21,2	17,6	16,98%	
Aparafusar corredeiras à carcaça	22,5	14,4	36,00%	
Rebitar porta-placa à carcaça (4 rebites)	26,3	19,7	25,10%	
Montar e aparafusar bandeja na carcaça	19,3	14,4	25,39%	
Fechar e abrir bandeja	2,2	1,6	27,27%	
Montar filtro fixo na bandeja	4	3,4	15,00%	
Montar e aparafusar bandeja no frontal	18,6	17,3	6,99%	
Efetuar testes funcional e de segurança elétrica (inclui verificar o código da etiqueta de características e montar filtro móvel)	35,2	29,2	17,05%	
Formar caixa de cartão e colocar em posição	7,9	7,2	8,86%	
Colocar derivação de saída dentro da caixa de cartão	1,8	1,3	27,78%	
Colocar prolongador dentro da caixa de cartão	1,8	1,3	27,78%	
Colocar etiqueta de garantia dentro do saco de acessórios + fechar saco	12,2	10,3	15,57%	

A obtenção destes tempos foi conseguida com recurso à ferramenta MTM- *Methods-Time Measurement*, um sistema de tempos pré-determinados, que tem como objetivo estruturar sequências de movimentos básicos (Almeida & Ferreira, 2009).

Foi ainda estudada a possibilidade de realizar as tarefas acíclicas fora da linha, ou seja, atividades de baixa ocorrência, feitas por colaboradores externos à linha.

Na tabela acima encontram-se descritas as diferentes atividades onde se verificou melhorias bem como os tempos associados às mesmas, antes e depois da sua implementação. Na terceira coluna apresenta-se a percentagem de redução do tempo. A última coluna corresponde à diferença variação do conteúdo temporal total da linha.

3.3.2. Melhoria 2: Desenho dos postos de trabalho com atividades acíclicas externas à linha

Tal como na proposta de melhoria anterior, a melhoria 2 despoleta as melhorias M4 e M6. A Tabela 15 segue os mesmos moldes da Tabela 13, onde são descritas as melhorias que visam uma maximização da produção

Tabela 15 Desenho dos postos de trabalho com atividades acíclicas externas à linha

Linha	Colocar aparafusadoras perto do ponto de uso/gabarit respetivo, à frente dos bordos de linha
	Colocar bordos de linha o mais próximo possível do operador (distância horizontal e altura)
	Bordos de linha com inclinação e roletes para que as caixas possam ser abastecidas pelo lado de fora e deslizem até ao final do bordo de linha
	Bordos de linha de retorno (base) a mais de 700 mm do solo
	Fazer demarcações no chão para identificar os espaços ocupados com material
PT1	Abastecer motores diretamente no bordo de linha (5 unid./caixa) - BL superior
	Abastecer envolventes esquerdas diretamente no bordo de linha (10 unid./caixa) - BL superior
	Abastecer turbinas diretamente no bordo de linha (10 unid./caixa) - BL superior
	Abastecer envolventes direitas diretamente no bordo de linha (10 unid./caixa) - BL superior
	Colocar ligador 8-polos, casquilhos e cabos das lâmpadas no BL inferior
	Colocar o BL superior a 450/500 mm da bancada (o mais próximo e baixo possível, tendo em conta o BL inferior)
	Colocar o BL inferior a 350 mm da bancada
	Abastecer materiais pequenos e a granel (parafusos, rebites, porcas, pontes) em caixas "dentro" da bancada de trabalho, à semelhança do observado nas linhas das chaminés
Abastecer cabos de alimentação e comandos num suporte que deve ficar a 450/500mm da bancada, se possível, sendo que o objetivo é que este material seja abastecido fora da linha	
PT2	Colocar tampas da caixa de conexões no BL, a 350/400 mm da bancada e o mais baixo possível
PT3	Abastecer as carcaças por detrás do operador num carro logístico com 3 níveis de altura (5 carcaças por nível)
	Abastecer lâmpadas (mais à esquerda) e corrediças (mais à direita) no BL inferior (deixar espaço vazio no meio, pois é onde o operador coloca a carcaça e não convém ter material atrás da carcaça)
	Abastecer embelezadores, porta-placas e placas da luz no BL superior
	Colocar o BL superior a 500 mm da bancada (o mais próximo e baixo possível, tendo em conta o BL inferior)
	Colocar o BL inferior a 400 mm da bancada
	Colocar rolo de etiquetas de características num suporte, na extremidade do BL superior
	Abastecer materiais pequenos e a granel (parafusos, rebites) em caixas "dentro" da bancada de trabalho, à semelhança do observado nas linhas das chaminés
Colocar tabuleiro dentro da bancada onde o operador irá abastecer rebites de x em x peças (10, por exemplo) para que estes fiquem mais próximos do ponto de uso	
PT4	Colocar filtros fixos no BL a 500 mm da bancada (o mais próximo e baixo possível)
	Abastecer materiais pequenos e a granel (parafusos) em caixas "dentro" da bancada de trabalho, à semelhança do observado nas linhas das chaminés
	Colocar tabuleiro dentro da bancada onde o operador irá abastecer parafusos de x em x peças (20, por exemplo) para que estes fiquem mais próximos do ponto de uso
PT 4.a	Colocar tabuleiros dentro da bancada onde o operador irá abastecer parafusos de x em x peças (20, por exemplo) para que estes fiquem mais próximos do ponto de uso
	Colocar tampas laterais e suportes centrais no BL inferior a 400 mm (o mais próximo possível)
	Colocar bandejas no BL superior a 500 mm da bancada (o mais próximo e baixo possível, tendo em conta o BL inferior)
	Colocar aparafusadora suspensa e colocar um suporte com um íman para que, depois de utilizada, seja encostada ao íman e fique "arrumada" no posto
PT5	Colocar rolos de etiquetas em suportes, na extremidade do BL superior, perto do ponto de uso (exemplo: as etiquetas que são coladas na caixa devem ficar perto da pistola e mais à esquerda)
	Bordo de linha superior o mais baixo possível (a 500 mm da bancada)
	Abastecer caixas de cartão num bordo de linha que estará à frente do operador, perto do local de formação da caixa de cartão (a altura de pega da caixa deve ser de 1200 mm, aproximadamente)
	Abastecer prolongadores, derivações de saída e sacos de acessórios num bordo de linha que estará à frente do operador (as alturas de pega destas peças devem estar entre os 1000 e 1200 mm)
	Abastecer prolongadores numa caixa mais pequena, em menor quantidade (a verificar no terreno)
	Os sacos de acessórios devem estar mais à direita do BL e na extremidade do BL deve ser colocado um suporte para o rolo de etiquetas de garantia

O **Anexo D** - Cenário 1: Tarefas acíclicas fora da linha e **Anexo E** - Cenário 1 e 2: Tarefas acíclicas fora e dentro da linha, representam visualmente as mesmas e foram desenhados com base nos pontos mencionados na secção anterior.

Esta melhoria acrescenta, no entanto, uma nova medida: **Redução do espaço ocupado com material em palete e contentores** (cerca de 6,8m²). o material que chega à linha em contentores, com recurso a empilhadores, passa a ser abastecido no bordo de linha, com recurso a caixas. Como mencionado no enquadramento teórico, esta medida reduz o desperdício associado às movimentações do transporte dos contentores e ainda possibilita a colocação destas caixas no local ideal, ocupando menos espaço. Além do já referido, permite ainda a redução do tempo de espera dos empilhadores, assim como diminui os movimentos pouco ergonómicos como um operador curvar-se para chegar ao fundo do contentor (Coimbra, 2009).

O redesenho dos postos de trabalho origina resultados diferentes, dependendo do número de operadores na linha. Neste sentido, através dos valores assinalados a amarelo nas imagens Imagem 5 e Imagem 7 apresentadas nas Tabela 16 e Tabela 17, percebem-se estas diferenças.

Tabela 16 Melhorias de tempo associadas ao redesenho da linha: 4 operadores sem tarefas acíclicas

Descrição da atividade	Tempo inicial (s)	Tempo melhorado (s)	% redução	Tempo total melhorado (s)
Montar motor na envolvente esquerda	16,5	16,1	2,42%	72,9
Montar turbina na envolvente esquerda	5,2	3,9	25,00%	
Montar turbina na envolvente esquerda	18,9	18,3	3,17%	
Ligar e aparafusar cabos do motor ao ligador 8-polos	18	16	11,11%	
Montar casquilhos das lâmpadas	11,9	10,8	9,24%	
Montar cabo de alimentação na evoluta	14,8	13,6	8,11%	
Montar lâmpadas na evoluta do motor	6,5	5,9	9,23%	
Montar comando na evoluta	19,5	17,5	10,26%	
Montar e aparafusar tampa da caixa de conexões	10,9	8	26,61%	
Posicionar carcaça na bancada de trabalho	3,7	2,7	27,03%	
Montar embelezadores da carcaça (3 unidades)	9,4	8,3	11,70%	
Aparafusar evoluta do motor à carcaça (6 parafusos)	21,2	17,6	16,98%	
Rebitar porta-placa à carcaça (4 rebites)	26,3	16,6	36,88%	
Montar placa da luz na porta-placa	3,6	3,1	13,89%	
Aparafusar corredeiras à carcaça	22,5	19,3	14,22%	
Montar e aparafusar bandeja na carcaça	19,3	14,4	25,39%	
Montar filtro fixo na bandeja	4	3,4	15,00%	
Efetuar testes funcional e de segurança elétrica (inclui verificar o código da etiqueta de características e montar filtro móvel)	35,2	29,2	17,05%	
Formar caixa de cartão e colocar em posição	7,9	6,5	17,72%	
Colocar derivação de saída dentro da caixa de cartão	1,8	1,3	27,78%	
Colocar prolongador dentro da caixa de cartão	1,8	1,3	27,78%	
Colocar etiqueta de garantia dentro do saco de acessórios + fechar saco	12,2	10,3	15,57%	

Tabela 17 Melhorias de tempo associadas ao redesenho da linha: 3 operadores sem tarefas acíclicas

Descrição da atividade	Tempo inicial (s)	Tempo melhorado (s)	% redução	Tempo total melhorado (s)
Montar motor na envolvente esquerda	16,5	16,1	2,42%	69,7
Montar turbina na envolvente esquerda	5,2	3,9	25,00%	
Montar conjunto (envolvente esquerda + motor + turbina) na envolvente direita	18,9	18,3	3,17%	
Ligar e aparafusar cabos do motor ao ligador 8-polos	18	16	11,11%	
Montar casquilhos das lâmpadas	11,9	10,8	9,24%	
Montar cabo de alimentação na evoluta	14,8	13,6	8,11%	
Montar comando na evoluta	19,5	17,5	10,26%	
Montar e aparafusar tampa da caixa de conexões	10,9	8	26,61%	
Montar lâmpadas na evoluta do motor	6,5	5,9	9,23%	
Posicionar carcaça na bancada de trabalho	3,7	2,7	27,03%	
Montar embelezadores da carcaça (3 unidades)	9,4	8,3	11,70%	
Aparafusar evoluta do motor à carcaça (6 parafusos)	21,2	17,6	16,98%	
Rebitar porta-placa à carcaça (4 rebites)	26,3	16,6	36,88%	
Montar placa da luz na porta-placa	3,6	3,1	13,89%	
Aparafusar corredeiras à carcaça	22,5	19,3	14,22%	
Montar e aparafusar bandeja na carcaça	19,3	14,4	25,39%	
Fechar e abrir bandeja	2,2	1,6	27,27%	
Montar filtro fixo na bandeja	4	3,4	15,00%	
Efetuar testes funcional e de segurança elétrica (inclui verificar o código da etiqueta de características e montar filtro móvel)	35,2	29,2	17,05%	
Formar caixa de cartão e colocar em posição	7,9	6,5	17,72%	
Colocar derivação de saída dentro da caixa de cartão	1,8	1,3	27,78%	
Colocar prolongador dentro da caixa de cartão	1,8	1,3	27,78%	
Colocar etiqueta de garantia dentro do saco de acessórios + fechar saco	12,2	10,3	15,57%	
Montar e aparafusar bandeja no frontal	18,6	17,3	6,99%	

Tal como nas melhorias M1, a obtenção destes tempos foi conseguida com recurso à ferramenta *MTM- Methods-Time Measurement*.

A construção destas tabelas tem por base os mesmos parâmetros da Tabela 14, correspondendo a uma avaliação do impacto previsto.

A melhoria 3 (M3), descrita na secção a seguir, corresponde a uma extensão da M2, na medida em que se procurou eliminar algumas tarefas que deveriam pertencer à logística da linha em estudo, como defendem (Coimbra, 2009; Shingo, 1985). Os autores referem que as atividades internas devem ser convertidas em externas, sempre que possível, para reduzir o tempo de *setup*.

3.3.3. Melhoria 3: Ficheiro de apoio aos departamentos de planeamento e logística interna

O cenário 2 (C2) - atividades acíclicas externas à linha – visa ainda reduzir o tempo de *setup*. Neste sentido, foi elaborado um documento que tem como objetivo apoiar, tanto o departamento de planeamento, como o da logística interna, ao exhibir os materiais em falta na linha, bem como os que deixam de ser necessários à execução de um novo modelo.

A Figura 22, extraída de um ficheiro Excel, exemplifica o mecanismo que está na base desta melhoria. Este ficheiro apoia as tomadas de decisão do departamento de planeamento, na medida em que, sempre que se produz um novo modelo, é possível prever o impacto das variações sentidas na linha.

Código a retirar		Código a incluir	
Exaustor		Exaustor	
121182	121182	QTD	100
121191	121191		
121212	121212		
121220	121220		
121221	121221		
121222	121222		
121226	121226		
121251	121251		
121264	121264		
121309	121309		

OBS Retirar		
Posto	Artigo	Designação
Posto 2	1220243	Lampada E14 LED 230V-6W
Posto 4a	1230182L2	Frontal TEKA TL1-62 inox ser. L2
Posto 5	1230440	Etiqueta Nª série
Posto 5	1260625	Bolsa doc. TEKA TL 6310 cpl
Posto 5	1230194	Prolongador PVC 600 Cz
Posto 5	1230028	Derivação saída ext. 120/120
Posto 5	1230033	Etiqueta exterior Exaustores
Posto 5	1231182	Caixa cartão TEKA MMX CNL L2
Total Geral		

OBS COLOCAR			
Posto	Artigo	Designação	Soma de QTD OP
Posto 1 e 2	1230136	Filtro carvão activo C3C	200
Posto 3	1220243	Lampada E14 LED 230V-6W	200
Posto 4a	1231215	Frontal KAG TL-62 lx ser.	100
Posto 5	1230028	Derivação saída ext. 120/120	100
Posto 5	1230033	Etiqueta exterior Exaustores	100
Posto 5	1231225	Prolongador TL 600 Cz	100
Posto 5	1260698	Bolsa doc. KAG DEF6000	100
Posto 5	1230213	Caixa cartão CNL-1001/2002 Marq.	100
Total Geral			1000

Figura 22 Documento de apoio para redução de setup (exemplo)

Fonte: elaboração própria

Uma vez alterado os códigos dos modelos, a retirar (vermelho) e a incluir (verde), serão demonstradas as alterações dos materiais nos postos de trabalho.

A partir deste documento, é impressa uma folha de apoio ao departamento de logística interna/ abastecedoras (Figura 23), que visa, de forma prática, dar-lhes a conhecer o material que devem colocar ou retirar em cada posto de trabalho.

Folha de Apoio Abastecedoras

Quantidade Pedida na OP	100		
OBS	Retirar		
Componentes a Retirar da Linha			
Posto	Artigo	Designação	
Posto 2	1220243	Lampada E14 LED 230V-6W	
Posto 4a	1230182L2	Frontal TEKA TL1-62 inox ser. L2	
Posto 5	1230440	Etiqueta Nº série	
Posto 5	1260625	Bolsa doc. TEKA TL 6310 cpl	
Posto 5	1230194	Prolongador PVC 600 Cz	
Posto 5	1230028	Derivação saída ext. 120/120	
Posto 5	1230033	Etiqueta exterior Exaustores	
Posto 5	1231182	Caixa cartão TEKA MMX CNL L2	
Total Geral			
OBS	COLOCAR		
Componentes a Colocar na Linha			
Posto	Artigo	Designação	Soma de QTD OP
Posto 1 e 2	1230136	Filtro carvão activo C3C	200
Posto 3	1220243	Lampada E14 LED 230V-6W	200
Posto 4a	1231215	Frontal KAG TL-62 lx ser.	100
Posto 5	1230028	Derivação saída ext. 120/120	100
Posto 5	1230033	Etiqueta exterior Exaustores	100
Posto 5	1231225	Prolongador TL 600 Cz	100
Posto 5	1260698	Bolsa doc. KAG DEF6000	100
Posto 5	1230213	Caixa cartão CNL-1001/2002 Marq.	100
Total Geral			

Figura 23 Folha de Apoio às abastecedoras/ logística interna

Fonte: elaboração própria

Através destes documentos de apoio, prevê-se uma redução do tempo de *setup*. Em 2019 foram registados 289 *setups*, que totalizaram 2809 minutos, um valor elevado que não se justifica, dada a similaridade entre os modelos.

3.3.4. Melhoria 4: Criação da zona de retorno de caixas vazias

A melhoria 4 (M4) é transversal a ambos os cenários (atividades acíclicas internas e externas à linha) e encontra-se associada ao redesenho dos postos de trabalho (M1 e M2).

A zona de retorno das caixas vazias não existe na TEKA Portugal. No entanto, a sua criação é indispensável, na medida em que apoia, tanto as abastecedoras – que passariam a ter uma noção clara do material necessário de abastecer – como as próprias operadoras de linha, na redução do número de caixas acumuladas na zona de trabalho.

A Figura 24 trata-se de uma representação da melhoria proposta.

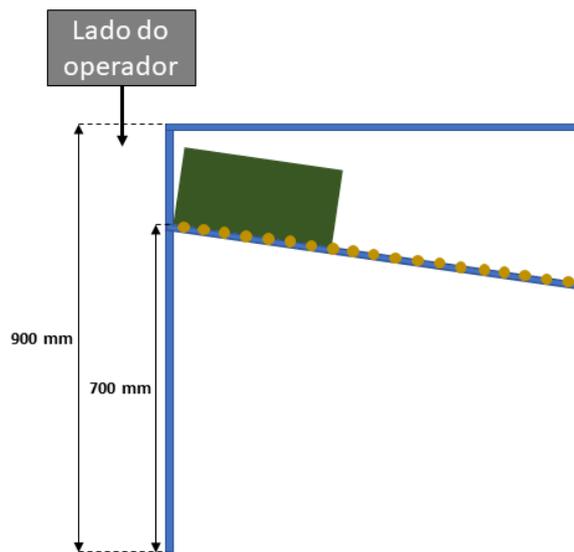


Figura 24 Zona de recolha das caixas vazias

Fonte: elaboração própria

Note-se ainda que esta zona de recolha é de fácil concretização, na medida em que as bancadas de trabalho já estão preparadas para tal, não envolvendo custos adicionais para sua implementação.

3.3.5. Melhoria 5: Criação de um *standard work*

Devido à falta de normalização dos postos de trabalho, criou-se um *standard* com o objetivo de reduzir a variabilidade dos processos, tal como sugerido no enquadramento teórico por Suzuki (2013).

Este *standard*, demonstrado na Figura 25, foi criado também com o objetivo de reduzir os erros causados pelo operador, visto que estes foram a causa de 689 reparações em linha, tal como apresentado na Figura 15, o que corresponde a 39,35% do total (secção 3.2.3).

One Point Lesson	Área 1	Modelo 2	Posto 3	Nº Doc. 4	Aprovação 5	Engenharia 5	Produção 5	R&D 5
8	Passos do Processo							
	Nº	Tc (s)	Descrição					
	10	6	7					
	20							
	30							
	40							
	50							
	60							
	70							
	80							
	90							
100								
HSE	Tenha um dia Seguro!							
9								
Responsabilidades se estiver parado 10	Material Necessário 11			Versão 12		Data 13	Realizado: 14	

Nº	Legenda
1	Família de produtos (ex: Exaustores, chaminés, Micro-ondas, etc)
2	Código do modelo
3	Posto de trabalho
4	Numeração do documento
5	Assinatura dos responsáveis de área (aprovação)
6	Tempo associado à execução de cada tarefa
7	Descrição da imagem inserida no ponto 8
8	Ilustração da montagem
9	Equipamentos de Proteção Individual (EPI) necessários
10	Tarefas em caso de paragem
11	Ferramentas e gabarits
12	Versão do documento.
13	Data de criação do documento
14	Assinatura do autor da versão

Figura 25 Standard Work

Fonte: elaboração própria

A criação deste *standard* pretende tirar proveito, ao máximo, de todas as vantagens oferecidas pelos mesmos. Espera-se, portanto, que este *standard* sirva para clarificar os processos e guiar os colaboradores, apoiando também a resolução dos problemas na linha.

A criação de *standards* apoia a normalização de processos, tendo como objetivo propor um terreno firme para melhorias posteriores (Rother, 2010).

Em suma, pretende-se que a criação destes *standards* se torne numa ferramenta útil e de fácil uso para todos os colaboradores das linhas, possibilitando que qualquer pessoa, independentemente da sua experiência, o use para maximizar a produção e prevenir erros.

3.3.6. Melhoria 6: Disposição do material abastecido a granel

À semelhança da melhoria 4 (M4), também a melhoria 6 (M6) é transversal a ambos os cenários (atividades acíclicas internas e externas à linha) e encontra-se associada ao redesenho dos postos de trabalho (M1 e M2).

Esta medida refere-se ao reposicionamento de todas as caixas que contenham componentes que sejam abastecidos a granel, como parafusos, cerra cabos, rebites, entre outros.

Numa fase inicial, estes componentes encontravam-se no bordo de linha ou em cima da bancada, sem posição específica e longe do colaborador. Contudo, a distância entre o colaborador e o material era considerável (60 cm). Neste sentido, foi estudada a possibilidade de replicar uma ideia que já tinha sido executada noutra família de produtos (chaminés): fazer um rasgo na bancada de trabalho e colocar estes componentes nesta zona, de forma a diminuir o tempo de recolha dos mesmos.

A Figura 26 apresenta a disposição dos materiais, tendo em conta a implementação desta proposta de melhoria.

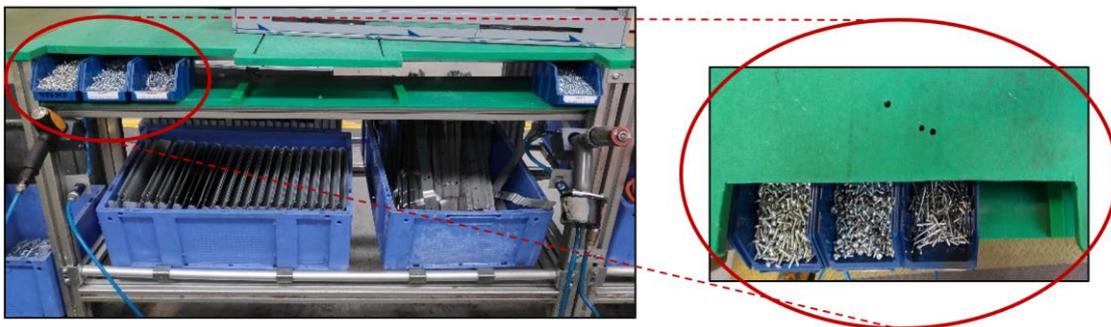


Figura 26 Melhoria posicionamento material abastecido a granel

Como se pode observar nesta figura, este pequeno rasgo possibilita a recolha de materiais de uma maneira muito mais eficiente, visto que possibilita a disponibilização dos componentes junto do operador (evitando assim movimentos desnecessários).

3.3.7. Melhoria 7: Agrupamento das linhas por modelos

Esta melhoria apresenta-se fora da área cinzenta, na Figura 21, porque não se enquadra em nenhum dos cenários apresentados. Ou seja, não altera diretamente os resultados da linha.

A partir da observação direta das linhas de produção no pavilhão de exaustores da TEKA Portugal, percebeu-se que as linhas de produção dos mesmos modelos encontram-se dispersas. Neste sentido, esta medida vem propor uma alteração da distribuição das famílias dos modelos, como proposto na Tabela 18.

Tabela 18 Alteração das famílias dos modelos produzidos por linha

Linha de produção	Família do modelo atual	Família do modelo futuro
L1 (Exaustores)	TL	CNL
L2 (Exaustores)	CNL	CNL
L3 (Exaustores)	GF	GF
L4 (Exaustores)	TL	TL
L5 (Exaustores)	Polivalente	TL
L6 (Exaustores)	CNL	Polivalente (CNL/TL/GF/Classic)
L7 (Exaustores)	Classic	Classic
L8 (Exaustores)	Polivalente	Aprendizagem
L9 (Chaminés)	Chaminés Horizontais	Chaminés Horizontais
L10 (Chaminés)	Chaminés Horizontais	Chaminés Horizontais
L11 (Chaminés)	Chaminés Verticais	Chaminés Verticais

Como podemos observar, atualmente os modelos realizados em cada linha não se encontram distribuídos de uma forma lógica (família do modelo atual). Para tal, propôs-se a alteração dos modelos produzido em cada linha (família do modelo futuro), justificada pelos seguintes argumentos:

- Esta medida vai promover o aumento do nível de competitividade saudável entre linhas da mesma família, proporcionando um aumento de produção.
- Em caso de falta de material, os colaboradores podem dirigir-se à linha da frente, evitando paragens prolongadas, como a deslocação ao supermercado ou armazém. Na sua génese, a falta de material na linha, é algo a evitar. No entanto, em casos excecionais, esta medida vem evitar perdas maiores.
- A abastecedora passa a ter rotas de abastecimento mais lógicas. Tendo em conta a limitação da capacidade do comboio logístico, o abastecimento recorre a voltas por famílias de modelos, diminuindo a diversidade de material transportado. Esta medida promove a redução do tempo de procura dos materiais no supermercado e armazém.

Esta alteração vem facilitar, de forma crucial, não só o abastecimento às linhas de montagem, como o melhoramento do fluxo de produção.

3.4. Balanceamento dos cenários propostos

Esta secção corresponde ao balanceamento dos cenários:

- Cenário 1 (atividades acíclicas **internas** à linha) com quatro operadores
- Cenário 2 (atividades acíclicas **externas** à linha) com quatro operadores
- Cenário 2 (atividades acíclicas **externas** à linha) com três operadores

De acordo com Lam et al. (2016), o balanceamento de uma linha de montagem corresponde à atribuição de operações nos diversos postos de trabalho, de forma a remover gargalos.

Posteriormente às melhorias apresentadas na secção 3.3, as tarefas foram distribuídas pelos operadores, tendo sido atribuído um tempo para a execução das mesmas. Para a quantificação deste, foi utilizada a ferramenta MTM – *Methods-Time Measurement*, mais concretamente MTM-UAS. Esta ferramenta é usada de forma a analisar processos rapidamente. De acordo com Di et al. (2012), esta ferramenta é muito utilizada para realizar balanceamentos de produção.

Melo & Brito (2014) defendem que o balanceamento realizado através da análise de tempos pré-determinados dos postos de trabalho, além de proporcionar uma melhor fragmentação das etapas de cada operação, evita a influência de quem analisa estas atividades.

Desta forma, nos próximos pontos, serão demonstrados os balanceamentos para os cenários em causa.

3.4.1. Cenário 1 (atividades acíclicas internas à linha) com quatro operadores

Com o objetivo de melhorar a eficiência apresentada no balanceamento inicial, fez-se um rebalanceamento com as melhorias propostas anteriormente (3.3).

A Figura 27 demonstra como ficaria o balanceamento com 4 operadores, realizando atividades acíclicas na linha. A divisão destas tarefas está demonstrada na Imagem 6 (Anexo C - Listagem de tarefas e o tempo associado).

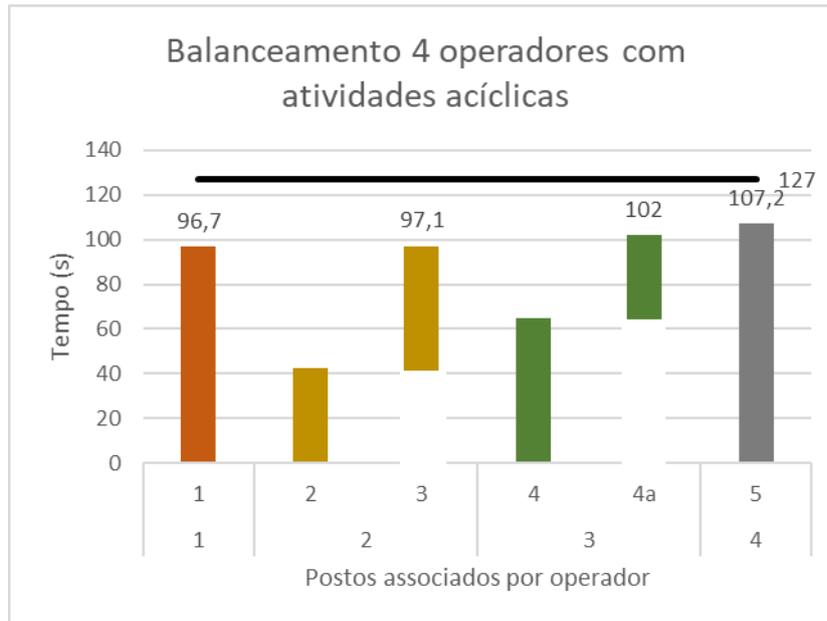


Figura 27 Balanceamento com 4 operadores com atividades acíclicas

Tal como a figura sugere, com a implementação das melhorias propostas, o tempo de ciclo passará de 126,1s para 107,2s, correspondendo a uma melhoria de aproximadamente 15%. Torna-se importante realçar que esta melhoria do tempo de ciclo se deve, não só às melhorias apresentadas na secção 3.3 (M1-M6), como também ao balanceamento realizado posteriormente. Com este cálculo, a linha apresenta-se mais eficiente, passando de 87,2% para 94%.

Através desta proposta de melhoria, sem alterar a disposição das tarefas acíclicas, seria possível, dentro dos 470 minutos disponíveis de produção diária, montar mais 40 exaustores.

3.4.2. Cenário 2 (atividades acíclicas externas à linha) com quatro operadores

De modo a responder à solução do problema, foi ainda estudada a hipótese de trabalhar com quatro operadores na linha, sem que estes realizem atividades acíclicas, para que o *output* da linha seja maximizado.

Estas atividades acíclicas são externas à linha, estando outro colaborador responsável por realizar tarefas que não acrescentem valor e que sejam dispensáveis para a montagem do exaustor TL 6310 Ix.

A Figura 28 mostra-nos o novo balanceamento, sendo que na Imagem 7 (Anexo C - Listagem de tarefas e o tempo associado) estão representadas todas as tarefas por posto de trabalho e por operador, assim como os tempos associados à execução das mesmas.

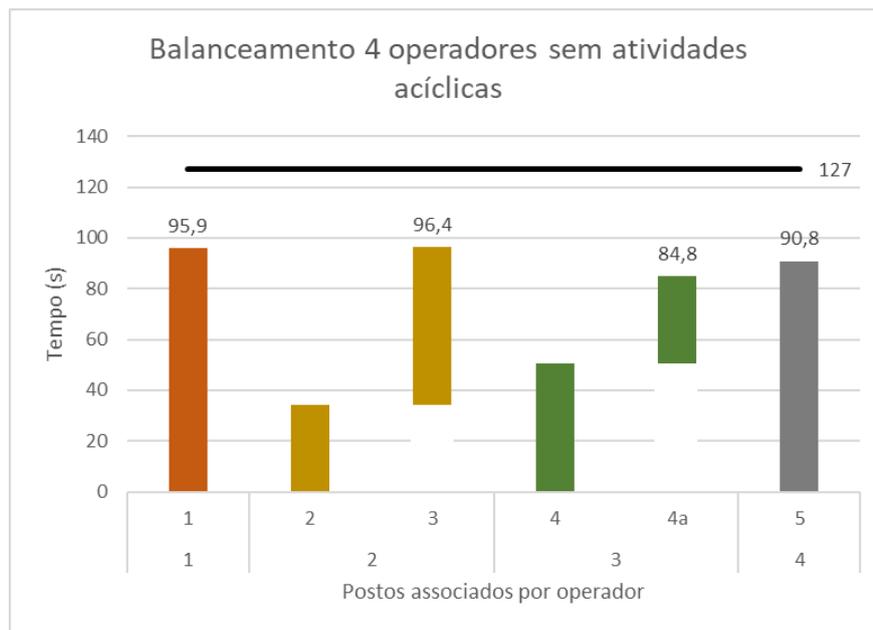


Figura 28 Balanceamento com 4 operadores sem atividades acíclicas

Com este balanceamento, a linha apresenta uma eficiência de 95,4 % e um tempo de ciclo de 96,4s.

De salientar que esta redução de 126,1s para 96,4s representa um aumento do *output* diário nesta linha de 69 exaustores, passando de cerca de 223 para 292 exaustores diários.

3.4.3. Cenário 2 (atividades acíclicas externas à linha) com três operadores

Foi ainda proposta como alternativa, trabalhar com três colaboradores sem que estes realizassem tarefas acíclicas. Ou seja, o tempo de trabalho dos mesmos seria dedicado exclusivamente a tarefas de valor acrescentado ou tarefas de valor não acrescentado, mas impossíveis de delegar externamente.

Neste cenário, outro operador externo à linha poderia fazer todas as tarefas que não acrescentem valor, como abastecimento ao bordo de linha.

A Figura 29 apresenta o novo balanceamento a três operadores, sendo que na Imagem 5 (Anexo C - Listagem de tarefas e o tempo associado), é visível perceber como ficaram divididas todas as tarefas deste rebalanceamento, assim como o seu tempo associado.

O tempo definido para cada tarefa tem em conta todas as melhorias propostas ao longo da secção 3.3 (M1-M6).

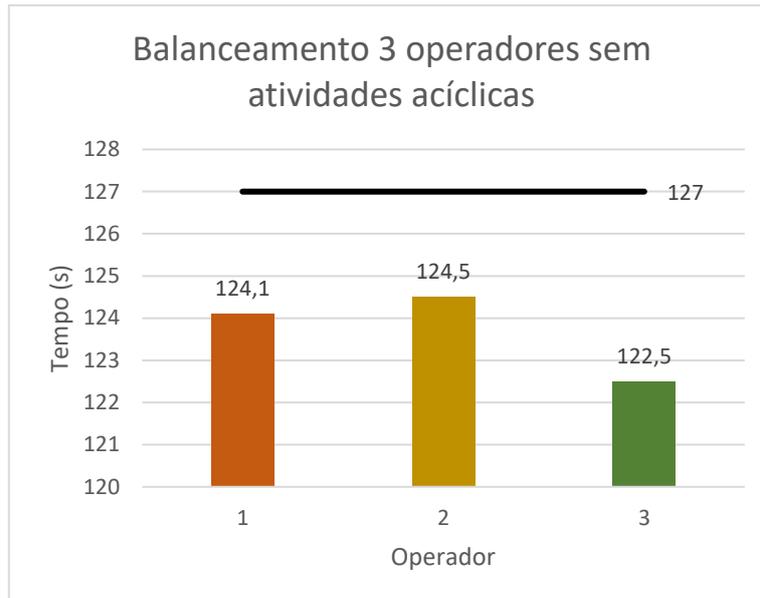


Figura 29 Balanceamento com 3 operadores sem atividades acíclicas

Fonte: elaboração própria

Tal como é possível observar, ao fazer este balanceamento, verifica-se que o tempo de ciclo situa-se abaixo do tempo esperado pelo planeamento (127s). É importante salientar que este tempo não traduz o *Takt Time*, sendo, como já referido, um valor ajustado à produção efetiva da linha para conseguir responder à procura.

Este tempo de ciclo (124,5s) consegue, através das melhorias apresentadas na secção 3.3 e pelo rebalanceamento das atividades, ser menor que o tempo de ciclo inicial (126,1s).

A eficiência da linha da produção passa também de 87,2% para 99,3%, o que se traduz numa evolução significativa de melhoria da linha.

Como os resultados sugerem, o novo tempo de ciclo é menor e liberta um operador da linha. Este colaborador estará disponível para realizar as tarefas acíclicas retiradas à linha. Com esta proposta de melhoria, os colaboradores existentes na linha passam a concentrar-se somente no trabalho de valor acrescentado ou em trabalho de valor não acrescentado, mas indispensável na montagem do exaustor. Uma vez que as tarefas acíclicas representam desperdício, o facto de um operador estar exclusivamente responsável pelas mesmas, torna-as visíveis, o que não acontecia até ao momento. Ou seja, estavam encobertas até então.

3.5. Solução final proposta

Tendo em conta as melhorias e os balanceamentos propostos, procedeu-se à elaboração de uma solução final.

Esta solução propõe que a linha em estudo, a linha 4, passe a trabalhar com quatro operadores sem tarefas acíclicas. No entanto, tendo em conta as vantagens destacadas na secção 3.3.7, a linha 5 passará a realizar a mesma família de modelos que a linha 4, mas com três operadores sem tarefas acíclicas.

Como já apresentado na secção 3.3.7, esta reestruturação não terá grandes custos para a TEKA Portugal, tendo apenas de ser realizadas algumas alterações nos postos de trabalho.

A linha 5 passará a trabalhar com uma eficiência de 99,3% e com um tempo de ciclo de 124,5s. Com esta proposta final, a TEKA Portugal terá uma capacidade de produção anual de cerca de 57 306 exaustores (tendo como referência 253 dias úteis de trabalho).

Por sua vez, a linha 4 passará a trabalhar com uma eficiência de 95,4%, conseguindo obter um tempo de ciclo de cerca de 96,4s. Desta forma, a linha em estudo, anualmente poderá produzir cerca de 74 010 exaustores do modelo TL 6310 lx.

Para que esta solução se concretize, as propostas de melhorias M2, M3, M4 e M6 (secção 3.3) terão de ser implementadas. Estas alterações têm impacto direto na redução do tempo total de trabalho.

Em suma, estas propostas de melhoria visam minimizar os seguintes desperdícios, mencionados por El-namrouty & Abushaaban (2013) e Liker (2004): movimentos, transporte e defeitos.

A Figura 30 trata-se de uma extensão da Figura 21, complementando-a com a associação dos desperdícios que cada melhoria se propõe a mitigar.

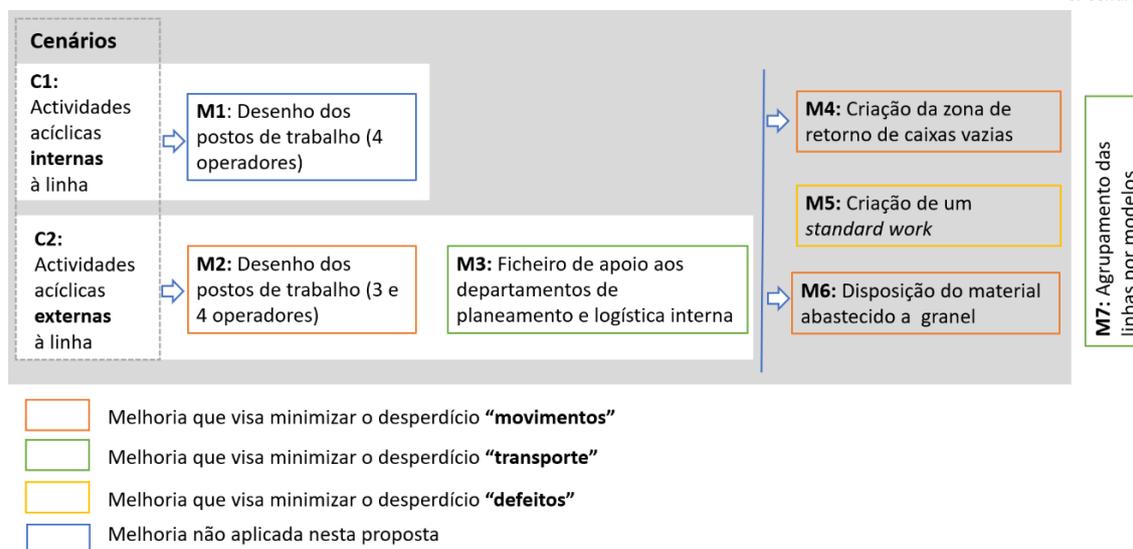


Figura 30 Solução Final: Propostas de Melhoria e redução de desperdícios

Os balanceamentos melhoraram a eficiência da linha e, conseqüentemente, reduziram o tempo de ciclo. Por sua vez, o *standard* apresentado servirá como forma de calço para que esta melhoria seja sustentável ao longo do tempo.

Espera-se ainda que estas melhorias promovam um melhor fluxo de produção, aperfeiçoando outros indicadores de desempenho como a redução da variabilidade do processo e todas as componentes ligadas ao cálculo do OEE.

A proposta final de melhoria exige que a empresa passa a ter um colaborador destinado às tarefas acíclicas. Contudo, tendo em conta a proposta de agrupamento de linhas por famílias de modelo, este colaborador poderá ser alocado a duas linhas em simultâneo.

A viabilidade desta solução poderá ser sustentada quantitativamente. Passa-se, assim, de uma capacidade de produção máxima de cerca de 113 157, para 131 316 exaustores TL 6310 lx. Este incremento, de 16,05%, com menos um colaborador alocado às linhas, representa uma melhoria significativa de todo o fluxo produtivo e ganhos no volume de vendas. Com a implementação desta proposta, a TEKA Portugal poderá ter um ganho anual de 1.2 milhões de euros.

4 Conclusão

O presente relatório foi desenvolvido em contexto de estágio curricular, na TEKA Portugal, e apresenta como objeto de estudo uma linha de montagem de exaustores. A TEKA Portugal, com sede em Ílhavo (Aveiro, Portugal) centra a sua atividade no fabrico de eletrodomésticos de cozinha, apresentando um investimento de cerca de 9 milhões de euros nos últimos cinco anos, com forte impacto industrial. A empresa produz para mais de 40 marcas e exporta para mais de 50 países. Os exaustores são a tipologia de produto com maior volume de vendas. Assim, este trabalho procurou contribuir positivamente para o aumento de eficiência e produtividade do modelo em estudo (TL 6310 lx).

Para tal, e no sentido de melhorar o fluxo produtivo na linha de montagem, recorreu-se a ferramentas LEAN, impulsionada por Taiichi Ohno. Esta filosofia caracteriza-se pela identificação e eliminação de todas as fontes de desperdício, procurando, simultaneamente, criar valor para todos os *stakeholders*.

Estruturalmente, o presente relatório organiza-se em quatro capítulos principais: introdução, enquadramento teórico, desenvolvimento do projeto e conclusão.

Assim, a parte empírica deste trabalho partiu de um enquadramento teórico assente em conceitos fundamentais à gestão em contexto fabril, como o pensamento LEAN, e as filosofias TPS e JIT. Este capítulo descreveu ainda métricas de avaliação de desempenho – aplicadas na análise da situação atual da linha em estudo – bem como os métodos de estudo de tempos, aplicados no projeto em causa.

O presente documento assume uma metodologia investigação-ação. Neste sentido, o investigador partiu de um contexto real (TEKA Portugal), com o objetivo de melhorar os seus processos, enquanto obteve conhecimento a partir dele. A Figura 2 traça um paralelismo entre a teoria existente e as etapas do presente projeto, descritas ao longo do terceiro capítulo, desenvolvimento do projeto.

O mesmo foi iniciado com um planeamento assente na contextualização e caracterização do problema, onde se definiram e analisaram os KPIs. Posteriormente, avançou-se para a fase de implementação com a definição dos cenários e apresentação de propostas de melhoria. No total, este estudo inclui sete propostas de melhoria, sumarizadas na Figura 21. Numa fase final, fez-se um trabalho de reflexão, com o

balanceamento dos cenários propostos e apresentação de uma proposta final e ganhos possíveis.

Esta proposta tem como base o reagrupamento das linhas de exaustores por modelos, onde se aplicou o cenário 2 (tarefas acíclicas externas à linha). Este cenário, em conjunto com as propostas de melhoria, leva a um incremento de 16,05% no volume de produção (nas linhas que produzem este modelo), com menos um colaborador.

Com base na ferramenta MTM, foi possível simular o impacto da proposta sugerida, uma vez que esta ferramenta se baseia em tempos pré-determinados. Desta forma, podemos aferir que a implementação das melhorias propostas, quando implementadas, poderão ter um impacto anual positivo de 1,2 milhões de euros, no volume de vendas.

Com o objetivo de ganhar vantagem competitiva face aos seus concorrentes, o trabalho realizado serviu como um projeto piloto, a ser aplicado a todos os modelos e linhas da TEKA Portugal.

▪ **Limitações e trabalhos futuros**

As propostas de melhoria foram bem recebidas pelos quadros de gestão da TEKA Portugal. No entanto, não foi possível fazer uma análise sobre o seu impacto real nos resultados da empresa. Tal se deveu a dois principais fatores: alteração da linha em estudo e contexto de pandemia.

Inicialmente, foi proposta a análise e melhoramento da linha 2. No entanto, alterações estratégicas na TEKA Portugal, mudaram o rumo da investigação. A partir do dia 3 de março, tornou-se importante realizar um trabalho sobre a linha 4, com maior volume de produção. Note-se, portanto, que somando o facto da pandemia de COVID-19 – que levou as empresas portuguesas a alterarem a forma de trabalho, em 2020 –, ter obrigado o investigador a trabalhar a partir de casa a partir do dia 13 de março, não foi possível avaliar o impacto das propostas de melhoria. O acompanhamento das ações de melhoria é muito importante de modo a perceber a aplicabilidade destas, assim como ver se o resultado alcançado corresponde às expectativas. Além disso, a fase de treino dos colaboradores é crucial, para que estes alterem hábitos e se adaptem às alterações propostas.

Durante dez dias foi possível fazer observações e medições, que possibilitaram a criação dos cenários e propostas de melhoria apresentadas neste documento.

Neste sentido, propõem-se como trabalhos futuros a implementação das propostas de melhoria e consequente avaliação de desempenho, numa lógica de melhoria contínua.

Mais ainda, a TEKA Portugal poderá replicar o trabalho realizado – estudo de tempos e balanceamento – noutras linhas. Tal deverá ser acompanhado de um trabalho de treino e formação dos colaboradores das linhas de montagem.

Bibliografia

- Algan Tezel, Koskela, L., & Tzortzopoulos, P. (2009). The functions of visual management. Retrieved April 23, 2020, from <http://usir.salford.ac.uk/10883/>
- Allahverdi, A., & Soroush, H. M. (2008). The significance of reducing setup times/setup costs. *European Journal of Operational Research*, 187(3), 978–984. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2006.09.010>
- Almeida, D., & Ferreira, J. (2009). Analysis of the Methods Time Measurement (MTM) Methodology through its Application in Manufacturing Companies. *19th International Conference on Flexible Automation and Intelligent Manufacturing (FAIM 2009)*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.2826.1927>
- APICS. (2015). APICS website. Retrieved May 29, 2020, from <https://apicsaustin.org/just-in-time-lean-operating-principles/>
- Avison, D. E., Lau, F., Myers, M. D., & Nielsen, P. A. (1999). Action research. *Communications of the ACM*, 42(1), 94–97. <https://doi.org/10.1145/291469.291479>
- Braglia, M., Frosolini, M., & Zammori, F. (2009). Overall equipment effectiveness of a manufacturing line (OEEML) An integrated approach to assess systems performance. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 20, 8–29. <https://doi.org/10.1108/17410380910925389>
- Checkland, P., & Holwell, S. (1998). Action research: Its Nature and Validity. *Systemic Practice and Action Research*, 11, 9–21. <https://doi.org/10.1023/A:1022908820784>
- Chen, J. C., Li, Y., & Shady, B. D. (2008). From value stream mapping toward a lean / sigma continuous improvement process : an industrial case study. *International Journal of Production*, 37–41. <https://doi.org/10.1080/00207540802484911>
- Coimbra, E. A. (2009). *Total Flow Management: Achiving Excellence with Kaizen and Lean Supply Chains* (1st ed.). Zug: KAIZEN Institute, Ltd.
- Di Gironimo, G., Di Martino, C., Lanzotti, A., Marzano, A., & Russo, G. (2012). Improving MTM-UAS to predetermine automotive maintenance times. *International Journal on Interactive Design and Manufacturing (IJIDeM)*, 6(4), 265–273. <https://doi.org/10.1007/s12008-012-0158-8>
- Dunford, R., Su, Q., Tamang, E., & Wintour, A. (2014). The Pareto Principle. *The Plymouth*

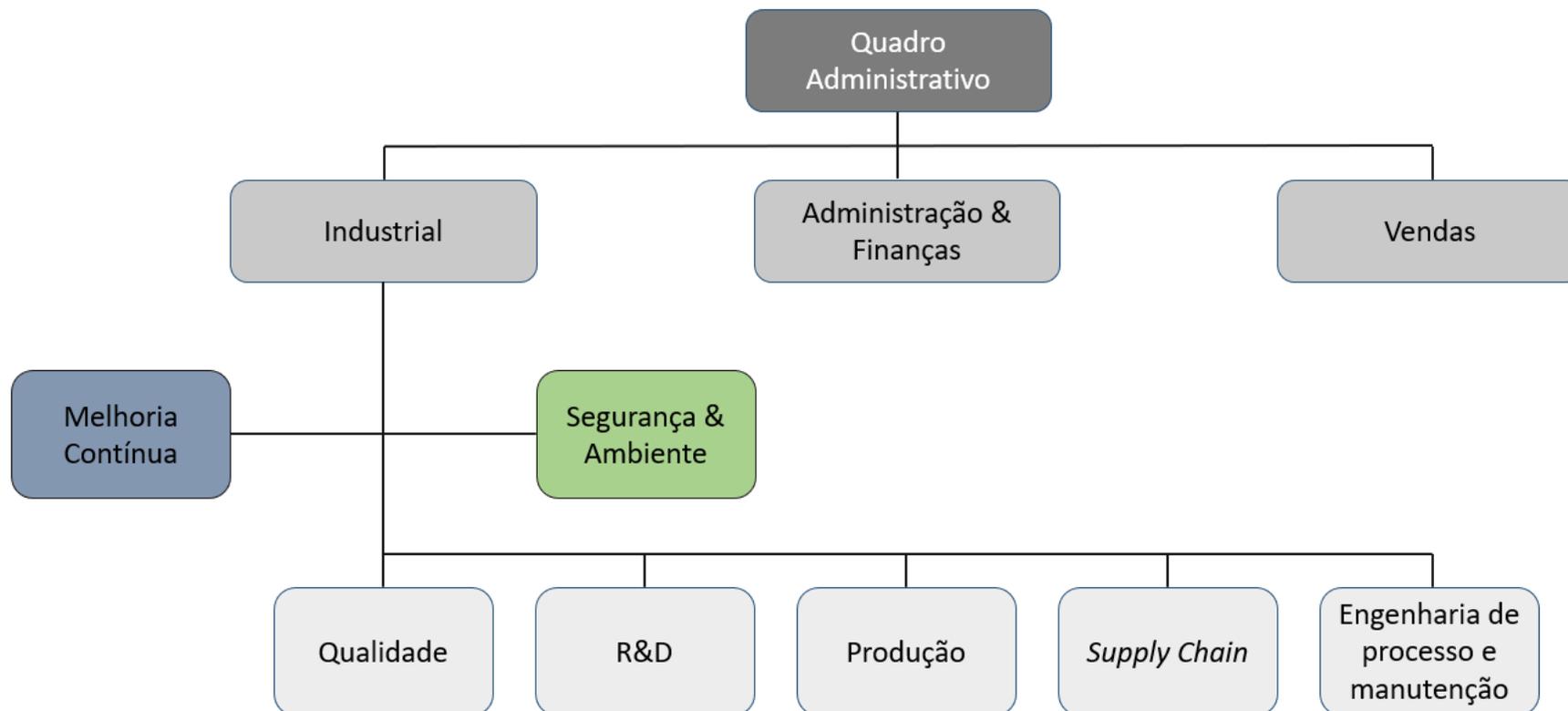
- Student Scientist*, 7(1), 140–148.
- El-Namrouty, K. A. (2013). Seven Wastes Elimination Targeted by Lean Manufacturing Case Study "Gaza Strip Manufacturing Firms". *International Journal of Economics, Finance and Management Sciences*, 1(2), 68.
<https://doi.org/10.11648/j.ijefm.20130102.12>
- Gaspar, V. L. M. (2016). *Measurement Times and Methods applied to Body Builds Production*. Universidade de Coimbra.
- Gibbons, P. M., & Burgess, S. C. (2010). Introducing OEE as a measure of lean six sigma capability. *International Journal of Lean Six Sigma*, 1(2), 134–156.
<https://doi.org/10.1108/20401461011049511>
- Grosfeld-Nir, A., Ronen, B., & Kozlovsky, N. (2007). The Pareto managerial principle: When does it apply? *International Journal of Production Research*, 45(10), 2317–2325.
<https://doi.org/10.1080/00207540600818203>
- Hossen, J., Ahmad, N., & Ali, S. M. (2017). An application of Pareto analysis and cause-and-effect diagram (CED) to examine stoppage losses: a textile case from Bangladesh. *Journal of the Textile Institute*, 108(11), 2013–2020.
<https://doi.org/10.1080/00405000.2017.1308786>
- Imai, M. (1986). *Kaizen: The key to Japan's competitive success* (1st ed.). Japan: KAIZEN Institute, Ltd.
- Jaca, C., Viles, E., Paipa-galeano, L., Santos, J., & Mateo, R. (2014). Learning 5S principles from Japanese best practitioners : case studies of five manufacturing companies. *International Journal of Production Research*, 37–41.
<https://doi.org/10.1080/00207543.2013.878481>
- Lam, N. T., Toi, L. M., Tuyen, V. T. T., & Hien, D. N. (2016). Lean Line Balancing for an Electronics Assembly Line. *Procedia CIRP*, 40(1), 437–442.
<https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.01.089>
- Liker, J. (2004). *The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer*. New York: McGraw-Hill.
- Lima, L. V. C., Luft, L. J., & Cassel, R. A. (2017). Método para implementação do Indicador de Eficiência Global de Equipamentos (OEE). *II Simpósio Gaúcho de Engenharia de*

- Produção*, 95–110. Hamburgo.
- Melo, D., & Brito, J. (2014). Utilização do método MTM-UAS como ferramenta de análise e aumento de produtividade. *Congresso Nacional de Engenharia Mecânica e Industrial*. Salvador: Anais do XIV CONEMI.
- Moreira, D. A. (2008). *Administração da produção e operações* (2nd ed.). São Paulo: Cengage Learning.
- Morlock, F., Kreggenfeld, N., Louw, L., Kreimeier, D., & Kuhlenkötter, B. (2017). Teaching Methods-Time Measurement (MTM) for Workplace Design in Learning Factories. *Procedia Manufacturing*, 9, 369–375. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.04.033>
- Nakajima, S. (1988). *Introduction to TPM: Total Productive Maintenance*. Portland: Productivity Press.
- Neumann, C., Kohlhuber, S., & Hanusch, S. (2012). Lean Production in Austrian Industrial Companies : An Empirical Investigation. In H. Jodlbauer et al. (eds.) (Ed.), *Modelling Value* (pp. 293–312). https://doi.org/10.1007/978-3-7908-2747-7_15
- Novaski, O., & Sugai, M. (2002). Mtm como ferramenta para redução de custos. *Revista Produção*, 2.
- Phillips, D. K., & Carr, K. (2010). *Becoming a Teacher Through Action Research* (2nd ed.). New York: Taylor & Francis Group.
- Pinto, J., Matias, J., Pimentel, C., Azevedo, S., & Govindan, K. (2018). *Just in Time Factory: Implementation through lean manufacturing tools* (1st ed.). Cham: Springer.
- Pinto, J. P. (2006). *Gestão de operações : na indústria e nos serviços*. Lisbon: Lidel.
- Pronaci. (2003). Programa Nacional de Qualificação de Chefias Intermédias. Retrieved March 16, 2020, from Métodos e Tempos: Manual Pedagógico PRONACI website: <http://www.pronaci.pt>
- Rekiek, B., & Delchambre, A. (2006). *Assembly line design: The Balancing of mixed-model hybrid assembly lines with genetic algorithms*. Brussels: Springer.
- Rother, M. (2010). *Toyota Kata: managing people for improvement, adaptiveness, and superior results*. New York: McGraw-Hill.
- Sangwa, N. R., & Sangwan, K. S. (2017). Development of an integrated performance measurement framework for lean organizations. *Journal of Manufacturing*

- Technology Management*. <https://doi.org/10.1108/JMTM-06-2017-0098>
- Shingo, S. (1985). *Shigeo Shingo: A revolution in manufacturing: The SMED System* (1st ed.). Cambridge: Productivity, Inc.
- Shuhidan, S. M. (2012). *Probing the Minds of Novice Programmers Through Guided Learning*. RMIT University.
- Silva, M. M., & Tammela, I. (2017). Lean Layout Kaizen Case Study to Create One-Piece-Flow and Prepare for Pull Implementation in a Company Experimenting Lean Transformation. *24th EuroAsiaSPI Conference*, 65–80. Ostrava: Springer.
- Simão, S. P. (2017). Implantação do indicador OEE (Overall Equipment Effectiveness) em uma fábrica de autopeças. Universidade estadual Paulista.
- Stadnicka, D., & Ratnayake, R. M. C. (2017). Enhancing Aircraft Maintenance Services: A VSM Based Case Study. *Procedia Engineering*, 182, 665–672.
<https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.03.177>
- Suzaki, K. (2013). *Gestão no chão de fábrica LEAN: sustentando a melhoria contínua todos os dias* (1st ed.). Rio Meão: LeanOP.
- Wilkinson, L. (2006). Statistical computing and graphics: Revising the Pareto chart. *American Statistician*, 60(4), 332–334. <https://doi.org/10.1198/000313006X152243>
- Womack, J., & Jones, D. (2003). *Lean Thinking: Banish waste and create wealth in your corporation*. New York: Simon & Schuster Inc.
- Zupan, H., & Herakovic, N. (2015). Production line balancing with discrete event simulation : A case study. *IFAC-PapersOnLine*, 48(3), 2305–2311.
<https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2015.06.431>

ANEXOS

Anexo A – Organograma Teka Portugal



Anexo B – Folhas de confirmação de processo

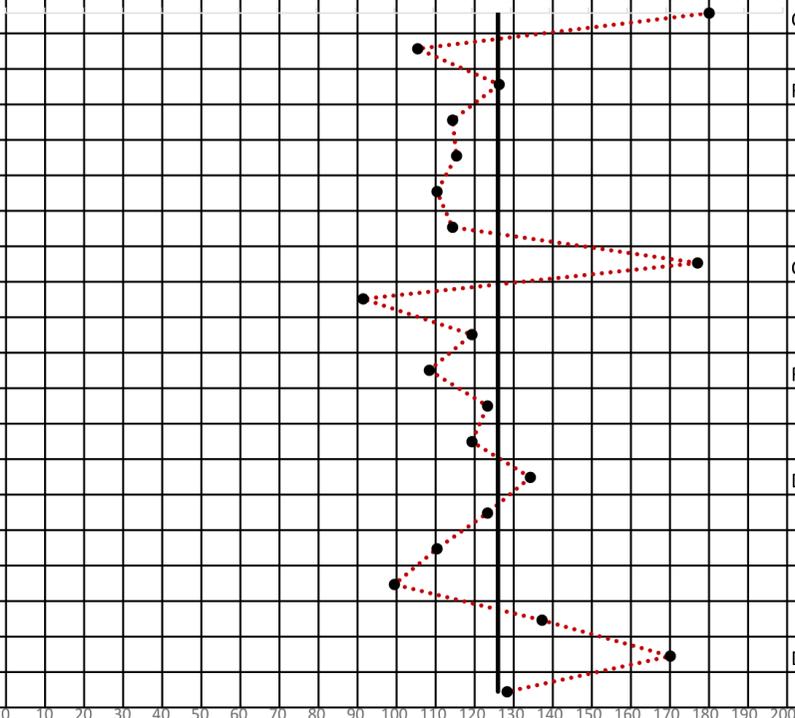
Confirmação do Processo			Area/Setor	Data		
Tempo de Ciclo			Exaustores	04/03/2020		
Linha	Modelo	Posto Observado	Ciclo mínimo repetido (s)	Ciclo máximo (s)	Ciclo médio (s)	
Linha 4	TL 6310 lx 121220	Posto 2 e 3	92	181	126,1	
No.	Tempo de ciclo [s]	Tc Planeado [s]	Representação Gráfica do Ciclo			Comentários (motivo da flutuação)
1	181	126,7				Confirmação número etiquetas
2	106	126,7				Falar com abastecedora
3	127	126,7				
4	115	126,7				
5	116	126,7				
6	111	126,7				
7	115	126,7				
8	178	126,7				Conversar com colega
9	92	126,7				
10	120	126,7				
11	109	126,7				Retirar separador das carcaças (1/10 ciclos)
12	124	126,7				
13	120	126,7				
14	135	126,7				Discutir com abastecedora sobre abastecimento
15	124	126,7				
16	111	126,7				
17	100	126,7				
18	138	126,7				
19	171	126,7				Dificuldade em colocar embelezador na carcaça
20	129	126,7				
Ponto de medição do ciclo			Colocar conjunto no ponto intermédio	Executado por: BV		

Imagem 1: Confirmação do processo (Posto 2 e 3)

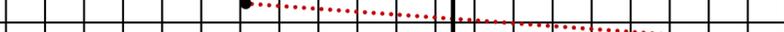
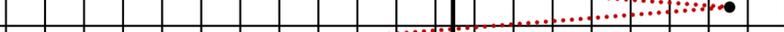
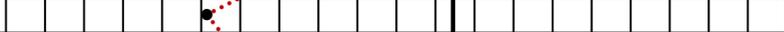
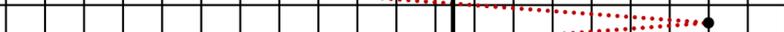
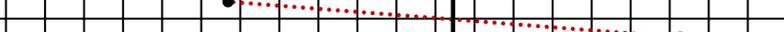
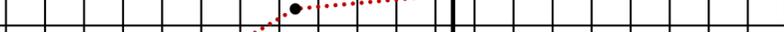
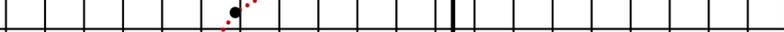
Confirmação do Processo Tempo de Ciclo			Área/Setor	Data	TEKA	
Linha	Modelo	Posto Observado	Ciclo mínimo repetido (s)	Ciclo máximo (s)		
Linha 4	TL 6310 lx 121220	Posto 4 e 4a	56	207	105,4	
No.	Tempo de ciclo [s]	Tc Planeado [s]	Representação Gráfica do Ciclo			Comentários (motivo da flutuação)
1	206	126,7				Preparar 3 frontais
2	56	126,7				
3	59	126,7				
4	207	126,7				
5	61	126,7				Preparar 3 frontais
6	61	126,7				
7	68	126,7				
8	205	126,7				Preparar 3 frontais
9	77	126,7				
10	57	126,7				
11	65	126,7				
12	199	126,7				Preparar 3 frontais
13	66	126,7				
14	60	126,7				
15	63	126,7				
16	191	126,7				Preparar 3 frontais
17	82	126,7				
18	65	126,7				
19	58	126,7				
20	201	126,7				Preparar 3 frontais
			0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200 210 220			
Ponto de medição do ciclo		Colocar conjunto no ponto intermédio		Executado por: RM		

Imagem 2: Confirmação do processo (Posto 4 e 4a)

Confirmação do Processo Tempo de Ciclo			Area/Setor	Data	TEKA	
Linha	Modelo	Posto Observado	Ciclo mínimo repetido (s)	Ciclo máximo (s)		
Linha 4	TL 6310 lx 121220	Posto 5	79	260	132,7	
No.	Tempo de ciclo [s]	Tc Planeado [s]	Representação Gráfica do Ciclo			Comentários (motivo da flutuação)
1	125	126,7				Paletizar 3 caixas
2	260	126,7				Preencher folha de controlo de produção
3	124	126,7				Abastecimento de grelhas (debaixo do posto)
4	105	126,7				Abastecimento de grelhas (debaixo do posto)
5	178	126,7				Paletizar 3 caixas
6	191	126,7				Abastecer manual (está no posto anterior)
7	100	126,7				Abrir esferovite
8	180	126,7				Paletizar 3 caixas e cintar
9	97	126,7				
10	103	126,7				
11	153	126,7				
12	106	126,7				
13	98	126,7				
14	177	126,7				Paletizar caixas e informar falta de frontais
15	109	126,7				Abrir esferovite
16	92	126,7				
17	124	126,7				paletizar 3 caixas
18	126	126,7				
19	79	126,7				
20	127	126,7				Paletizar 3 caixas
Ponto de medição do ciclo			Colocar conjunto no ponto intermédio	Executado por: RS		

Imagem 3: Confirmação do processo (Posto 5)

Anexo C - Listagem de tarefas e o tempo associado

Descrição	Conteúdo de trabalho (s)	Descrição	Conteúdo de trabalho (s)
Montagem do exaustor TL6310	440,7	Montagem TL6310	440,7
Posto de trabalho 1	107,2	Posto de trabalho 4	87,8
Operador 1	107,2	Operador 3	126,1
Abastecer envolventes (esquerda + direita) ao posto de trabalho	5,4	Transferir conjunto (evoluta do motor + carcaça) para posto	2
Montar motor na envolvente esquerda	16,5	Rebitar porta-placa à carcaça (4 rebites)	26,3
Transferir conjunto (envolvente esquerda + motor) para seguinte gabarit	3,4	Montar placa da luz na porta-placa	3,6
Montar turbina na envolvente esquerda	5,2	Aparafusar corredeças à carcaça	22,5
Montar conjunto (envolvente esquerda + motor + turbina) na envolvente direita	18,9	Deslocamento para posto anterior (1m)	0,9
Ligar e aparafusar cabos do motor ao ligador 8-polos	18	Montar e aparafusar bandeja na carcaça	19,3
Montar casquilhos das lâmpadas	11,9	Fechar e abrir bandeja	2,2
Montar conjunto de casquilhos na evoluta	5,2	Montar filtro fixo na bandeja	4
Montar cabo de alimentação na evoluta	14,8	Transferir exaustor para posto seguinte	4,9
Transferir conjunto da evoluta para posto seguinte	1,6	Verificar e confirmar o abastecimento de material através da ficha de acompanhamento da OF (PT2 e PT3)	1
Deslocamento para posto anterior (1m)	0,9	Abastecer corredeças ao posto de trabalho	0,1
Verificar e confirmar o abastecimento de material através da ficha de acompanhamento da OF (PT1)	0,8	Abastecer filtros ao posto de trabalho	0,2
Abastecer turbinas ao posto de trabalho (8 unidades)	1,1	Abastecer porta-placas ao posto de trabalho	0,5
Retirar separador de cartão do contentor das turbinas	0,2	Colocar caixa das corredeças vazia no lixo	0
Abastecer motores ao posto de trabalho (3 unidades)	2,6	Colocar resíduos no caixote do lixo (PT4 e PT4.a)	0,4
Desmontar contentor de cartão dos motores e colocar resíduos no lixo	0,2	Posto de trabalho 4a	38,3
Colocar resíduos no caixote do lixo (PT1)	0,5	Operador 3	126,1
Posto de trabalho 2	46	Montar tampas laterais e suporte central no frontal	17,1
Operador 2	100,3	Montar e aparafusar bandeja no frontal	18,6
Montar comando na evoluta	19,5	Deslocamento para posto anterior (1m)	0,9
Posicionar cablagem na caixa de conexões	8,6	Abastecer frontais ao posto de trabalho	1,1
Montar e aparafusar tampa da caixa de conexões	10,9	Abastecer bandejas ao posto de trabalho	0,6
Montar lâmpadas na evoluta do motor	6,5	Posto de trabalho 5	107,2
Abastecer comandos ao posto de trabalho (20 unidades)	0,3	Operador 4	107,2
Abastecer lâmpadas ao posto de trabalho	0,2	Formar caixa de cartão e colocar em posição	7,9
Retirar separador e blister de cartão da caixa das lâmpadas	0	Deslocamento (1m)	0,9
Colocar caixa das lâmpadas vazia no lixo	0	Efetuar leitura da etiqueta exterior e posicionar etiqueta na carcaça	4,5
Posto de trabalho 3	54,2	Efetuar testes funcional e de segurança elétrica (inclui verificar o código da etiqueta de características e montar filtro móvel)	35,2
Operador 2	100,3	Limpar frontal com o pano	4,1
Posicionar carcaça na bancada de trabalho	3,7	Posicionar cabo de alimentação em cima do exaustor	1,8
Montar embelezadores da carcaça (3 unidades)	9,4	Deslocamento para material (ida e volta - 2m)	1,8
Colar etiqueta de características na carcaça	2,2	Colocar esfervite no exaustor	3,6
Colocar evoluta do motor na carcaça e posicionar comando	7,7	Colocar exaustor dentro da caixa de cartão	4,5
Posicionar cabo do comando na carcaça	3,4	Colar etiqueta na caixa de cartão	6,1
Aparafusar evoluta do motor à carcaça (6 parafusos)	21,2	Colocar derivação de saída dentro da caixa de cartão	1,8
Transferir conjunto (evoluta do motor + carcaça) para posto seguinte	2	Colocar prolongador dentro da caixa de cartão	1,8
Verificar e confirmar o abastecimento de material através da ficha de acompanhamento da OF (PT2 e PT3)	1	Colocar etiqueta de garantia dentro do saco de acessórios + fechar saco	12,2
Retirar plástico exterior da palete de carcaças e colocar no lixo	2	Posicionar saco de acessórios dentro da caixa de cartão	0,4
Retirar plástico e separador de madeira da palete de carcaças	1,3	Fechar abas da caixa e posicionar caixa no tapete	3,9
Colocar resíduos no caixote do lixo (PT2 e PT3)	0,5	Paletizar 3 caixas de cartão	8,9
		Cintar palete (2x)	0,9
		Colocar etiqueta identificativa do mercado na palete	0,5
		Verificar e confirmar o abastecimento de material através da ficha de acompanhamento da OF (PT2 e PT3)	1
		Abastecer filtros ao posto de trabalho	0,2
		Abastecer caixa de prolongadores ao posto de trabalho	0,1
		Retirar fitas adesivas do esfervite	1,5
		Pegar e posicionar palete vazia no posto de trabalho	0,4
		Colocar resíduos no caixote do lixo (PT5)	0,5
		Calcular e registar OEE	2,7

Imagem 4: Listagem de tarefas e o tempo associado (Balanceamento inicial)

Descrição	Conteúdo de trabalho (s)	Descrição	Conteúdo de trabalho (s)
Montagem do exaustor TL6310	371	Montagem TL6310	371
Operador 1	124,1	Operador 3	122,5
Montar motor na envolvente esquerda_melhoria	16,1	Efetuar testes funcional e de segurança elétrica (inclui verificar o código da etiqueta de características e montar filtro móvel)_melhoria	29,2
Transferir conjunto (envolvente esquerda + motor) para seguinte gabarit	3,4	Formar caixa de cartão e colocar em posição_melhoria	6,5
Montar turbina na envolvente esquerda_melhoria	3,9	Deslocamento (1m)	0,9
Montar conjunto (envolvente esquerda + motor + turbina) na envolvente direita_melhoria	18,3	Limpar frontal com o pano	4,1
Ligar e aparafusar cabos do motor ao ligador 8-polos_melhoria	16	Posicionar cabo de alimentação em cima do exaustor	1,8
Montar casquilhos das lâmpadas_melhoria	10,8	Deslocamento para material (ida e volta - 2m)	1,8
Montar conjunto de casquilhos na evoluta	5,2	Colocar esferovite no exaustor	3,6
Montar cabo de alimentação na evoluta_melhoria	13,6	Colocar exaustor dentro da caixa de cartão	4,5
Montar comando na evoluta_melhoria	17,5	Colar etiqueta na caixa de cartão	6,1
Posicionar cablagem na caixa de conexões	8,6	Colocar derivação de saída dentro da caixa de cartão_melhoria	1,3
Transferir conjunto da evoluta para posto seguinte	1,6	Colocar prolongador dentro da caixa de cartão_melhoria	1,3
Montar e aparafusar tampa da caixa de conexões_melhoria	8	Colocar etiqueta de garantia dentro do saco de acessórios + fechar saco_melhoria	10,3
Deslocamento para posto anterior (1m)	0,9	Posicionar saco de acessórios dentro da caixa de cartão	0,4
Operador 2	124,5	Fechar abas da caixa e posicionar caixa no tapete	3,9
Transferir conjunto da evoluta para posto	2	Paletizar 3 caixas de cartão	8,9
Montar lâmpadas na evoluta do motor_melhoria	5,9	Deslocamento (2m)	1,8
Posicionar carcaça na bancada de trabalho_melhoria	2,7	Montar tampas laterais e suporte central no frontal	17,1
Montar embelezadores da carcaça (3 unidades)_melhoria	8,3	Montar e aparafusar bandeja no frontal_melhoria	17,3
Colar etiqueta de características na carcaça	2,2	Deslocamento (2m)	1,8
Colocar evoluta do motor na carcaça e posicionar comando	7,7		
Posicionar cabo do comando na carcaça	3,4		
Aparafusar evoluta do motor à carcaça (6 parafusos)_melhoria	17,6		
Rebitar porta-placa à carcaça (4 rebites)_melhoria	16,6		
Montar placa da luz na porta-placa_melhoria	3,1		
Aparafusar corrediças à carcaça_melhoria	19,3		
Transferir conjunto (evoluta do motor + carcaça) para posto seguinte	2		
Deslocamento para material (ida e volta - 2m)	1,8		
Montar e aparafusar bandeja na carcaça_melhoria	14,4		
Fechar e abrir bandeja	1,6		
Montar filtro fixo na bandeja_melhoria	3,4		
Transferir exaustor para posto seguinte	4,9		
Efetuar leitura da etiqueta exterior e posicionar etiqueta na carcaça_melhoria	5		
Deslocamento para posto anterior (3m)	2,7		

Imagem 5: Listagem de tarefas e o tempo associado (3 Operadores)

Descrição	Conteúdo de trabalho (s)	Descrição	Conteúdo de trabalho (s)
Montagem do exaustor TL6310	395,2	Montagem TL6310	395,2
Posto de trabalho 1	96,7	Posto de trabalho 4	65,1
Operador 1	96,7	Operador 3	102,1
Abastecer envolventes (esquerda + direita) ao posto de trabalho	5,4	Transferir conjunto (evoluta do motor + carcaça) para posto	2
Montar motor na envolvente esquerda_melhoria2	15,6	Aparafusar corredeças à carcaça_melhoria2	14,4
Transferir conjunto (envolvente esquerda + motor) para seguinte gabarit	3,4	Virar carcaça ao contrário	1,8
Montar turbina na envolvente esquerda_melhoria	3,9	Rebitar porta-placa à carcaça (4 rebites)_melhoria	16,6
Montar conjunto (envolvente esquerda + motor + turbina) na envolvente direita_melhoria2	16,5	Rebitar porta-placa à carcaça (4 rebites)_melhoria	3,1
Ligar e aparafusar cabos do motor ao ligador 8-polos_melhoria	16	Deslocamento para posto anterior (1m)	0,9
Montar casquilhos das lâmpadas_melhoria	10,8	Montar e aparafusar bandeja na carcaça_melhoria	14,4
Montar conjunto de casquilhos na evoluta	5,2	Fechar e abrir bandeja	1,6
Montar cabo de alimentação na evoluta_melhoria	13,6	Montar filtro fixo na bandeja_melhoria	3,4
Deslocamento para posto anterior (1m)	0,9	Transferir exaustor para posto seguinte	4,9
Verificar e confirmar o abastecimento de material através da ficha de acompanhamento da OF (PT1)	0,8	Verificar e confirmar o abastecimento de material através da ficha de acompanhamento da OF (PT2 e PT3)	1
Abastecer turbinas ao posto de trabalho (8 unidades)	1,1	Abastecer filtros ao posto de trabalho	0,2
Retirar separador de cartão do contentor das turbinas	0,2	Abastecer porta-placas ao posto de trabalho	0,5
Abastecer motores ao posto de trabalho (3 unidades)	2,6	Colocar resíduos no caixote do lixo (PT4 e PT4.a)	0,4
Desmontar contentor de cartão dos motores e colocar resíduos no lixo	0,2	Posto de trabalho 4a	36,9
Colocar resíduos no caixote do lixo (PT1)	0,5	Operador 3	102,1
Posto de trabalho 2	42,6	Montar tampas laterais e suporte central no frontal	17,1
Operador 2	98,2	Montar e aparafusar bandeja no frontal_melhoria	17,3
Montar comando na evoluta_melhoria	17,5	Deslocamento para posto anterior (1m)	0,9
Transferir conjunto da evoluta para posto	2	Abastecer frontais ao posto de trabalho	1,1
Posicionar cablagem na caixa de conexões	8,6	Abastecer bandejas ao posto de trabalho	0,6
Montar e aparafusar tampa da caixa de conexões_melhoria	8	Posto de trabalho 5	99,2
Montar lâmpadas na evoluta do motor_melhoria	5,9	Operador 4	99,2
Abastecer comandos ao posto de trabalho (20 unidades)	0,3	Efetuar leitura da etiqueta exterior e posicionar etiqueta na carcaça	4,5
Abastecer lâmpadas ao posto de trabalho	0,2	Efetuar testes funcional e de segurança elétrica (inclui verificar o código da etiqueta de características e montar filtro móvel)_melhoria	29,2
Retirar separador e blister de cartão da caixa das lâmpadas	0	Formar caixa de cartão e colocar em posição_melhoria2	7,2
Colocar caixa das lâmpadas vazia no lixo	0	Deslocamento (1m)	0,9
Posto de trabalho 3	54,5	Limpar frontal com o pano	4,1
Operador 2	98,2	Posicionar cabo de alimentação em cima do exaustor	1,8
Posicionar carcaça na bancada de trabalho	3,7	Deslocamento para material (ida e volta - 2m)	1,8
Montar embelezadores da carcaça (3 unidades)_melhoria	8,3	Colocar esferovite no exaustor	3,6
Colar etiqueta de características na carcaça	2,2	Colocar exaustor dentro da caixa de cartão	4,5
Colocar evoluta do motor na carcaça e posicionar comando	7,7	Colar etiqueta na caixa de cartão	6,1
Posicionar cabo do comando na carcaça	3,4	Colocar derivação de saída dentro da caixa de cartão_melhoria	1,3
Aparafusar evoluta do motor à carcaça (6 parafusos)_melhoria	17,6	Colocar prolongador dentro da caixa de cartão_melhoria	1,3
Posicionar corredeças na carcaça_melhoria2	4,9	Colocar etiqueta de garantia dentro do saco de acessórios + fechar saco_melhoria	10,3
Posicionar corredeças na carcaça_melhoria2	2	Posicionar saco de acessórios dentro da caixa de cartão	0,4
Abastecer corredeças ao posto de trabalho	0,1	Fechar abas da caixa e posicionar caixa no tapete	3,9
Colocar caixa das corredeças vazia no lixo	0	Deslocamento (2m)	1,8
Verificar e confirmar o abastecimento de material através da ficha de acompanhamento da OF (PT2 e PT3)	1	Palatizar 3 caixas de cartão	8,9
Retirar plástico exterior da palete de carcaças e colocar no lixo	2	Cintar palete (2x)	0,9
Retirar plástico e separador de madeira da palete de carcaças	1,3	Colocar etiqueta identificativa do mercado na palete	0,5
Colocar resíduos no caixote do lixo (PT2 e PT3)	0,5	Verificar e confirmar o abastecimento de material através da ficha de acompanhamento da OF (PT2 e PT3)	1
		Abastecer filtros ao posto de trabalho	0,2
		Abastecer caixa de prolongadores ao posto de trabalho	0,1
		Retirar fitas adesivas do esferovite	1,5
		Pegar e posicionar palete vazia no posto de trabalho	0,4
		Colocar resíduos no caixote do lixo (PT5)	0,5
		Calcular e registar OEE	2,7

Imagem 6: Listagem de tarefas e o tempo associado (4 Operadores com tarefas acíclicas)

Descrição	Conteúdo de trabalho (s)	Descrição	Conteúdo de trabalho (s)
Montagem do exaustor TL6310	367,8	Montagem TL6310	367,8
Posto de trabalho 1	95,9	Posto de trabalho 4	50,4
Operador 1	95,9	Operador 3	84,8
Montar motor na envolvente esquerda_melhoria	16,1	Transferir conjunto (evoluta do motor + carcaça) para posto	2
Transferir conjunto (envolvente esquerda + motor) para seguinte gabarit	3,4	Montar placa da luz na porta-placa_melhoria	3,1
Montar turbina na envolvente esquerda_melhoria	3,9	Aparafusar corrediças à carcaça_melhoria	19,3
Montar conjunto (envolvente esquerda + motor + turbina) na envolvente direita_melhoria	18,3	Deslocamento para material (ida e volta - 2m)	1,8
Ligar e aparafusar cabos do motor ao ligador 8-polos_melhoria	16	Montar e aparafusar bandeja na carcaça_melhoria	14,4
Montar casquilhos das lâmpadas_melhoria	10,8	Fechar e abrir bandeja	1,6
Montar conjunto de casquilhos na evoluta	5,2	Montar filtro fixo na bandeja_melhoria	3,4
Montar cabo de alimentação na evoluta_melhoria	13,6	Transferir exaustor para posto seguinte	4,9
Montar lâmpadas na evoluta do motor_melhoria	5,9	Posto de trabalho 4a	34,4
Transferir conjunto da evoluta para posto seguinte	1,6	Operador 3	84,8
Deslocamento para posto anterior (1m)	0,9	Montar tampas laterais e suporte central no frontal	17,1
Posto de trabalho 2	34,1	Montar e aparafusar bandeja no frontal_melhoria	17,3
Operador 2	96,4	Posto de trabalho 5	90,8
Montar comando na evoluta_melhoria	17,5	Operador 4	90,8
Posicionar cablagem na caixa de conexões	8,6	Efetuar leitura da etiqueta exterior e posicionar etiqueta na carcaça	4,5
Montar e aparafusar tampa da caixa de conexões_melhoria	8	Efetuar testes funcional e de segurança elétrica (inclui verificar o código da etiqueta de características e montar filtro móvel)_melhoria	29,2
Posto de trabalho 3	62,3	Formar caixa de cartão e colocar em posição_melhoria	6,5
Operador 2	96,4	Deslocamento (1m)	0,9
Posicionar carcaça na bancada de trabalho_melhoria	2,7	Limpar frontal com o pano	4,1
Montar embelezadores da carcaça (3 unidades)_melhoria	8,3	Posicionar cabo de alimentação em cima do exaustor	1,8
Colar etiqueta de características na carcaça	2,2	Deslocamento para material (ida e volta - 2m)	1,8
Colocar evoluta do motor na carcaça e posicionar comando	7,7	Colocar esferovite no exaustor	3,6
Posicionar cabo do comando na carcaça	3,4	Colocar exaustor dentro da caixa de cartão	4,5
Aparafusar evoluta do motor à carcaça (6 parafusos)_melhoria	17,6	Colar etiqueta na caixa de cartão	6,1
Rebitar porta-placa à carcaça (4 rebites)_melhoria	16,6	Colocar derivação de saída dentro da caixa de cartão_melhoria	1,3
Transferir conjunto (evoluta do motor + carcaça) para posto seguinte	2	Colocar prolongador dentro da caixa de cartão_melhoria	1,3
Deslocamento (2m)	1,8	Colocar etiqueta de garantia dentro do saco de acessórios + fechar saco_melhoria	10,3
		Posicionar saco de acessórios dentro da caixa de cartão	0,4
		Fechar abas da caixa e posicionar caixa no tapete	3,9
		Paletizar 3 caixas de cartão	8,9
		Deslocamento (2m)	1,8

Imagem 7: Listagem de tarefas e o tempo associado (4 Operadores sem tarefas acíclicas)

Anexo D - Cenário 1: Tarefas acíclicas fora da linha

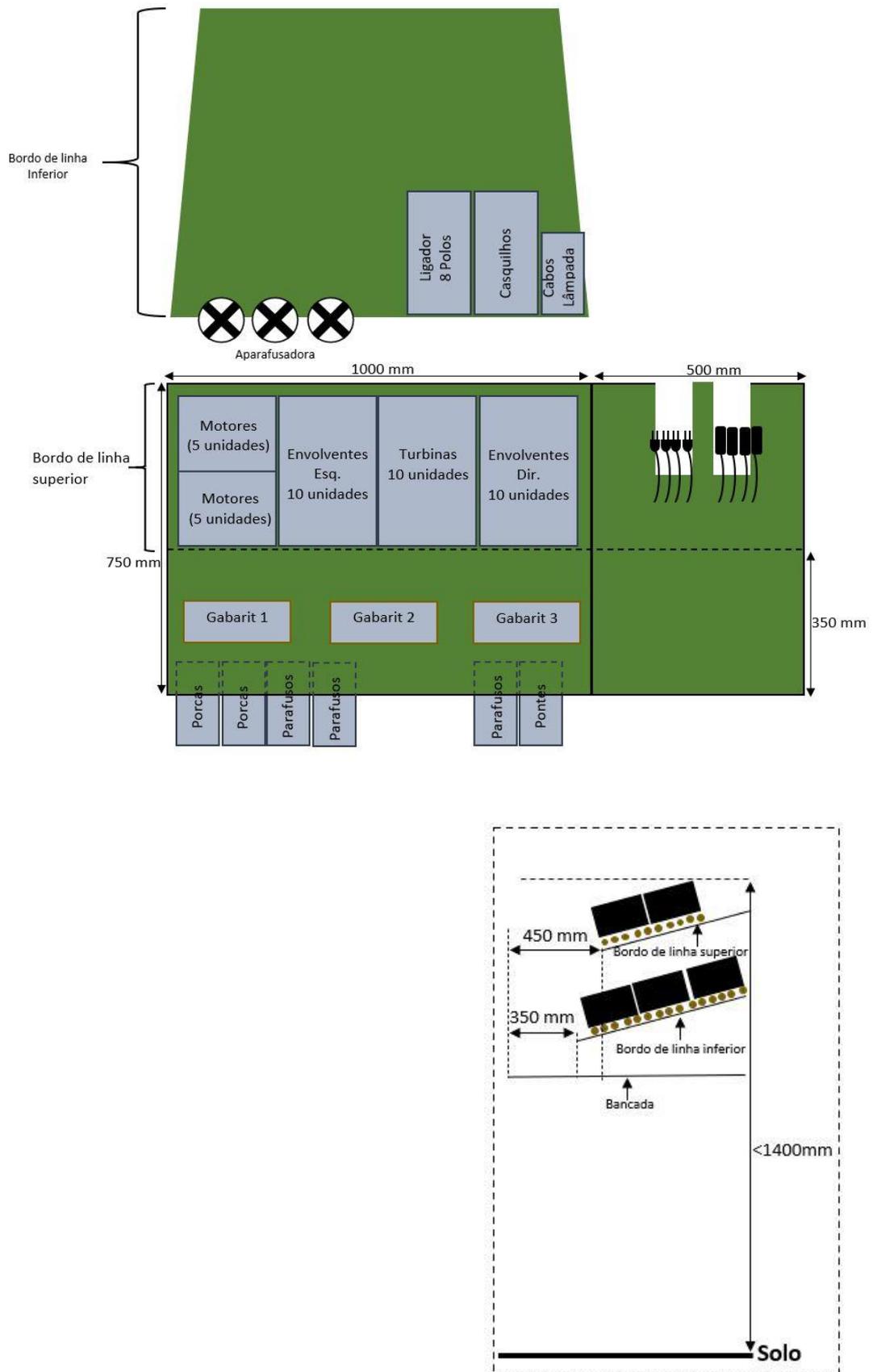


Imagem 8: Posto 1

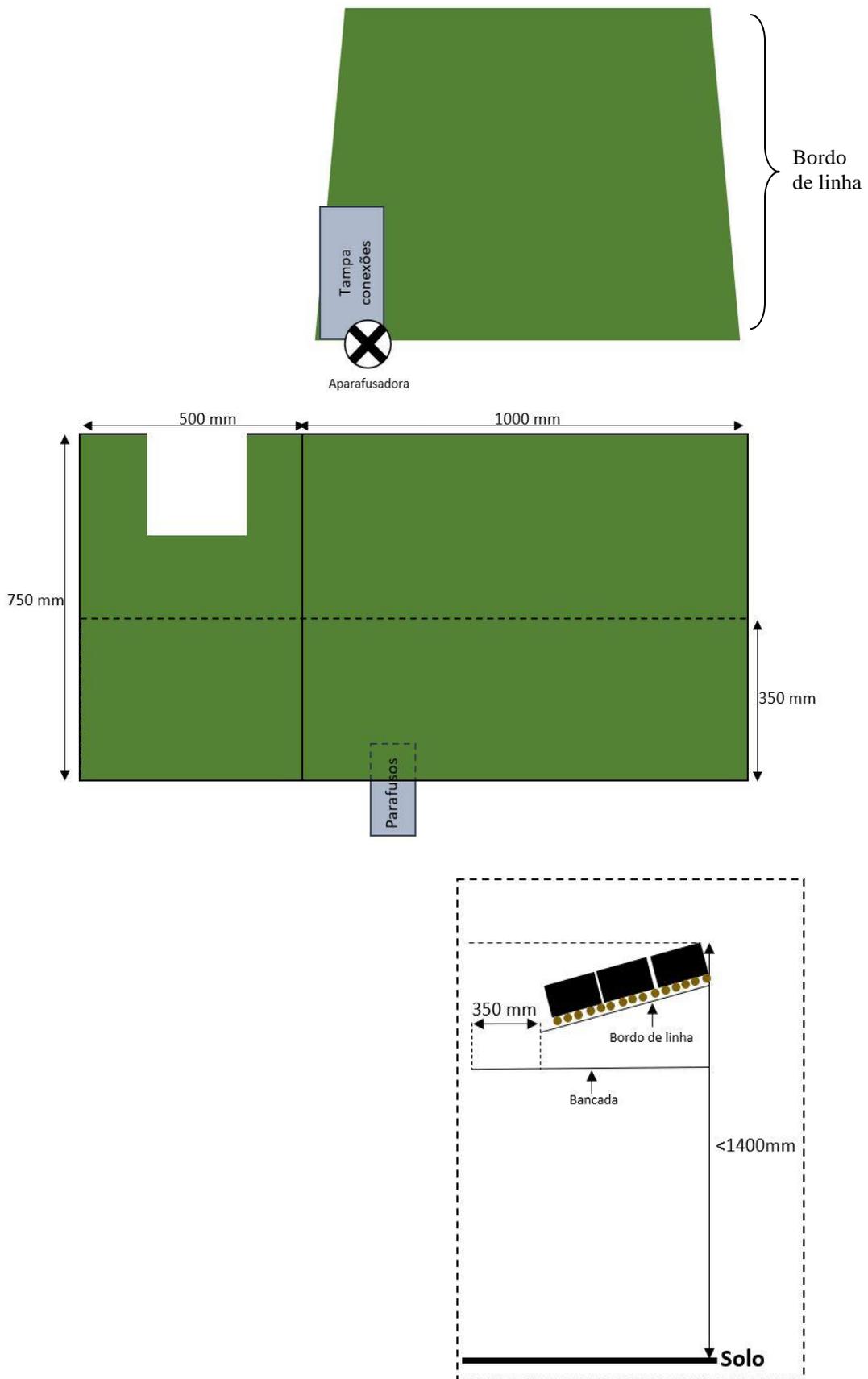


Imagem 9: Posto 2

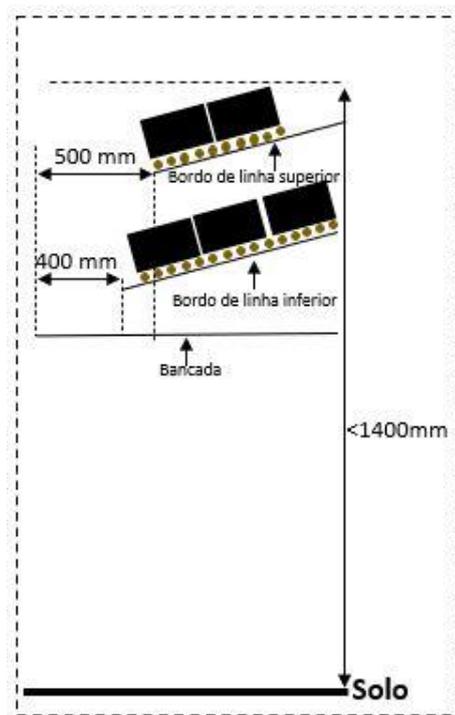
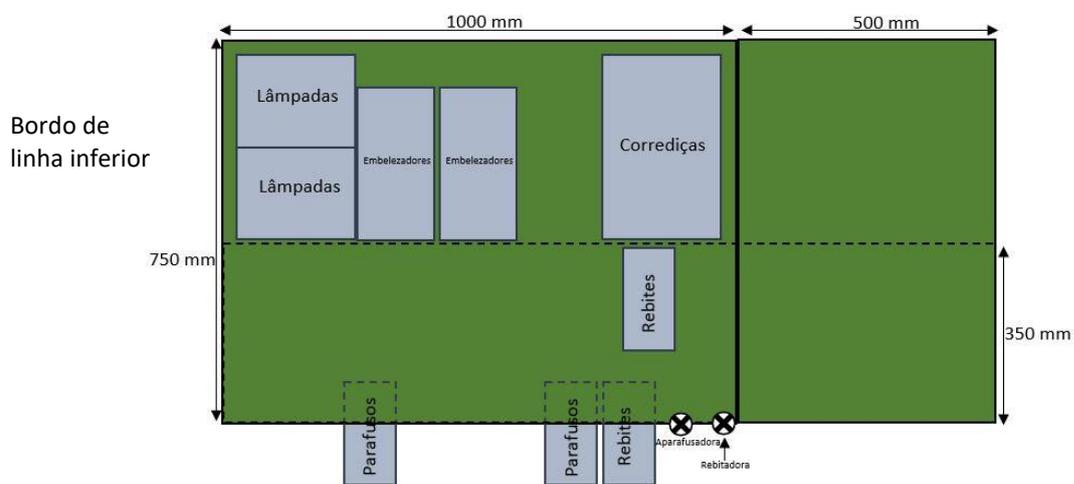


Imagem 10 Posto 3

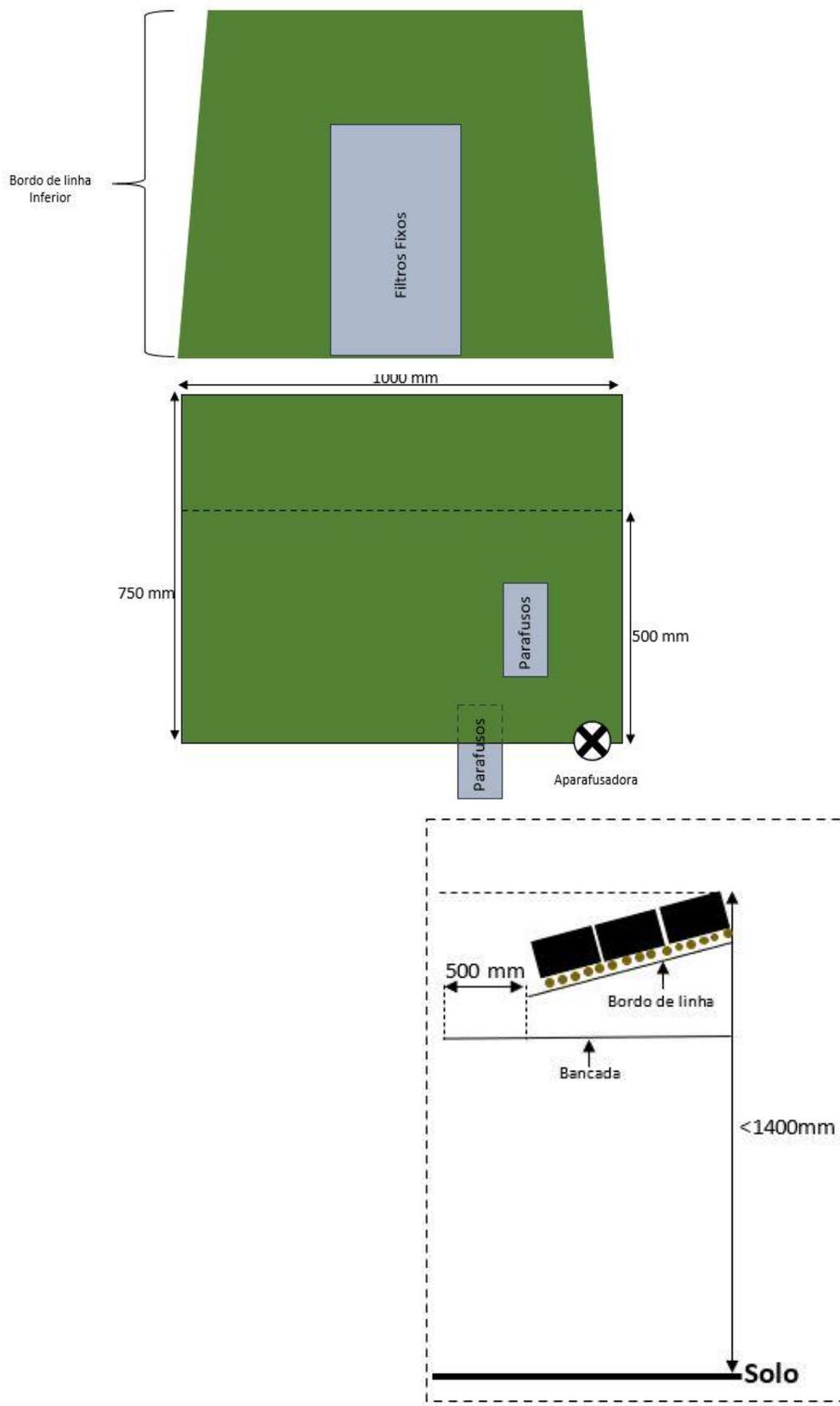


Imagem 11: Posto 4

Anexo E - Cenário 1 e 2: Tarefas acíclicas fora e dentro da linha

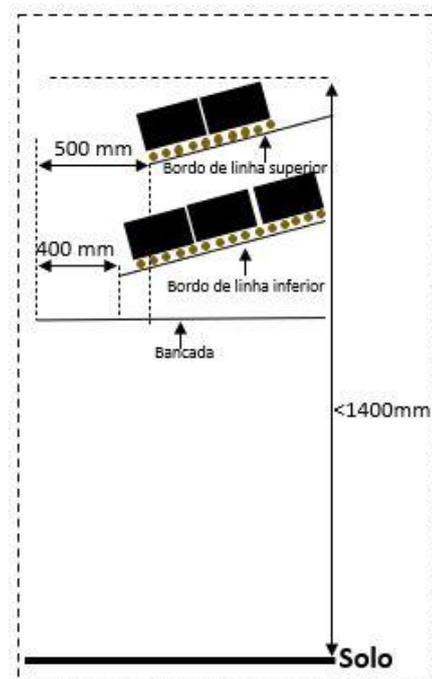
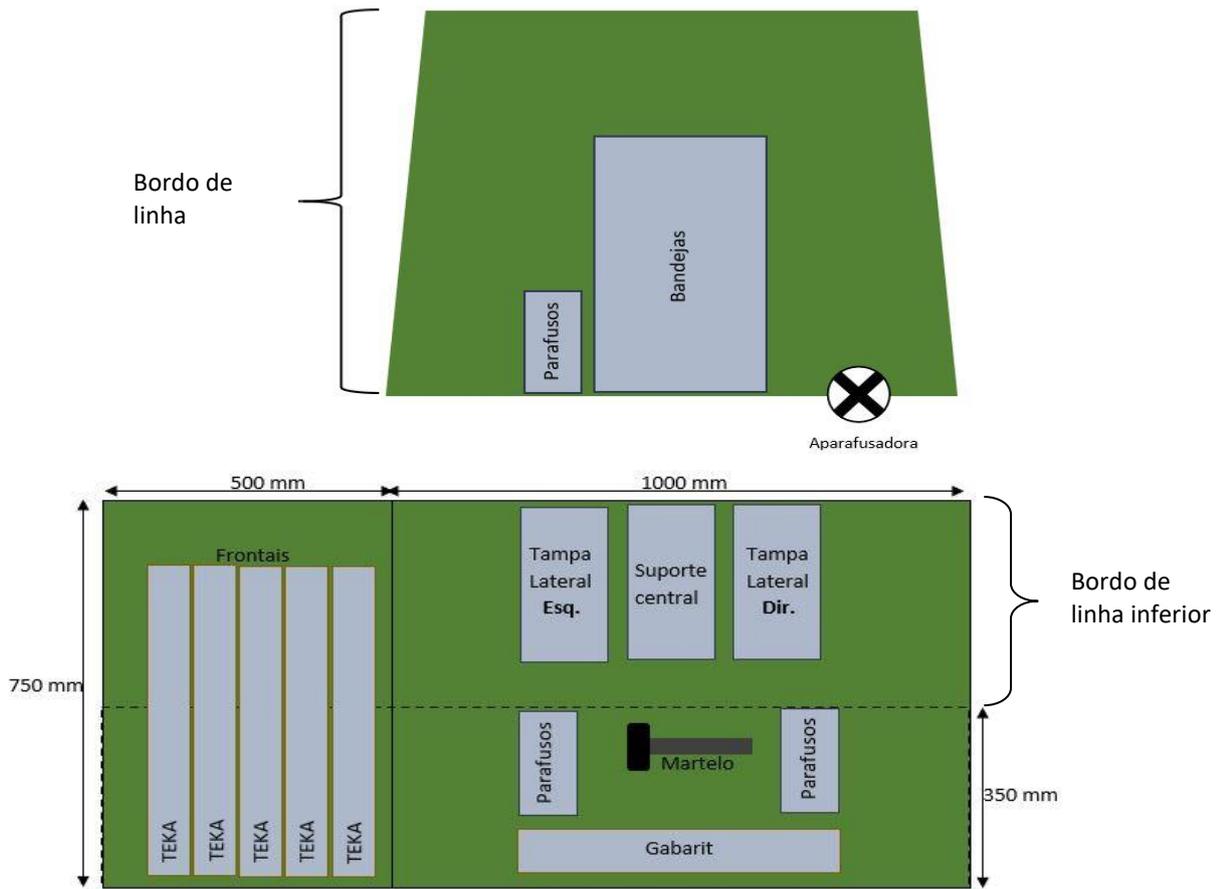


Imagem 12: Posto 4a

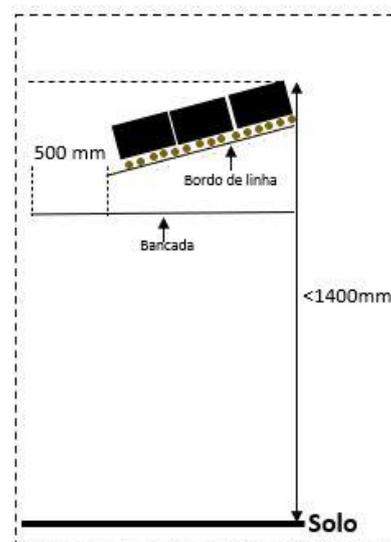
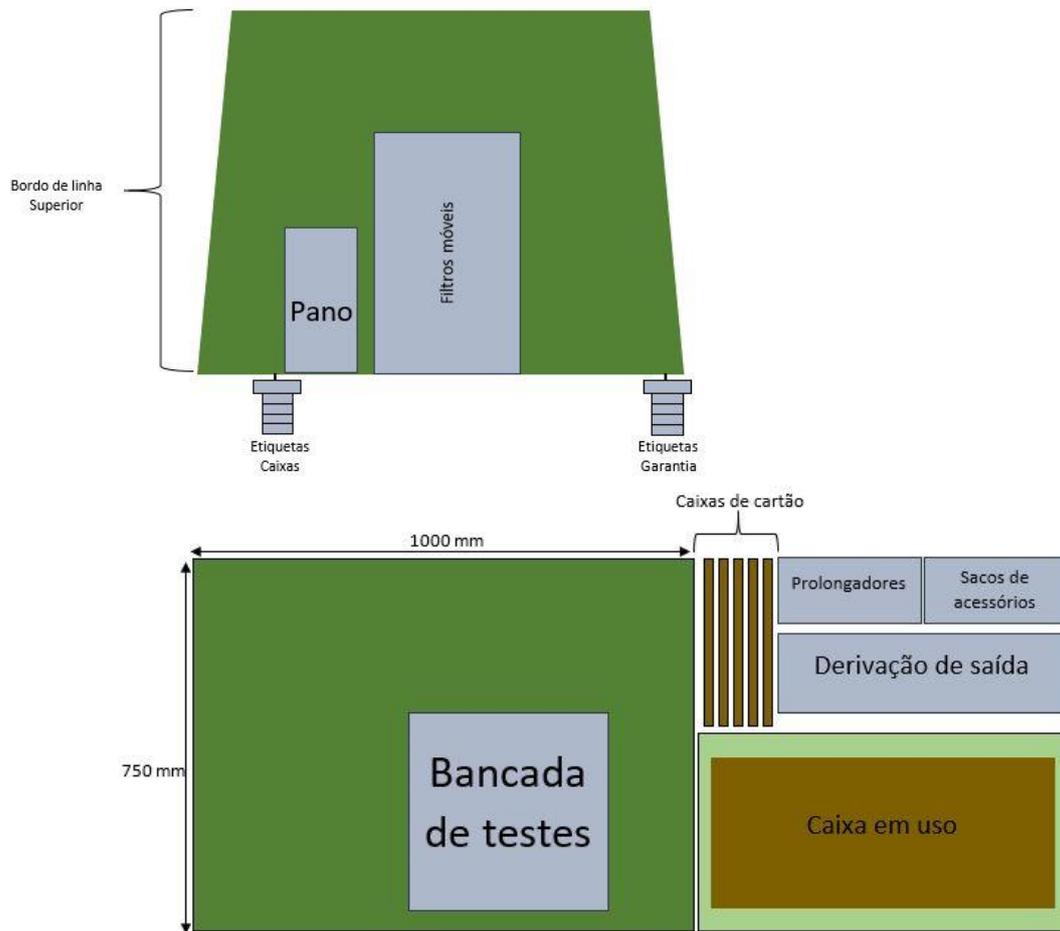


Imagem 13: Posto 5

Anexo F - Cenário 2: Tarefas acíclicas dentro da linha

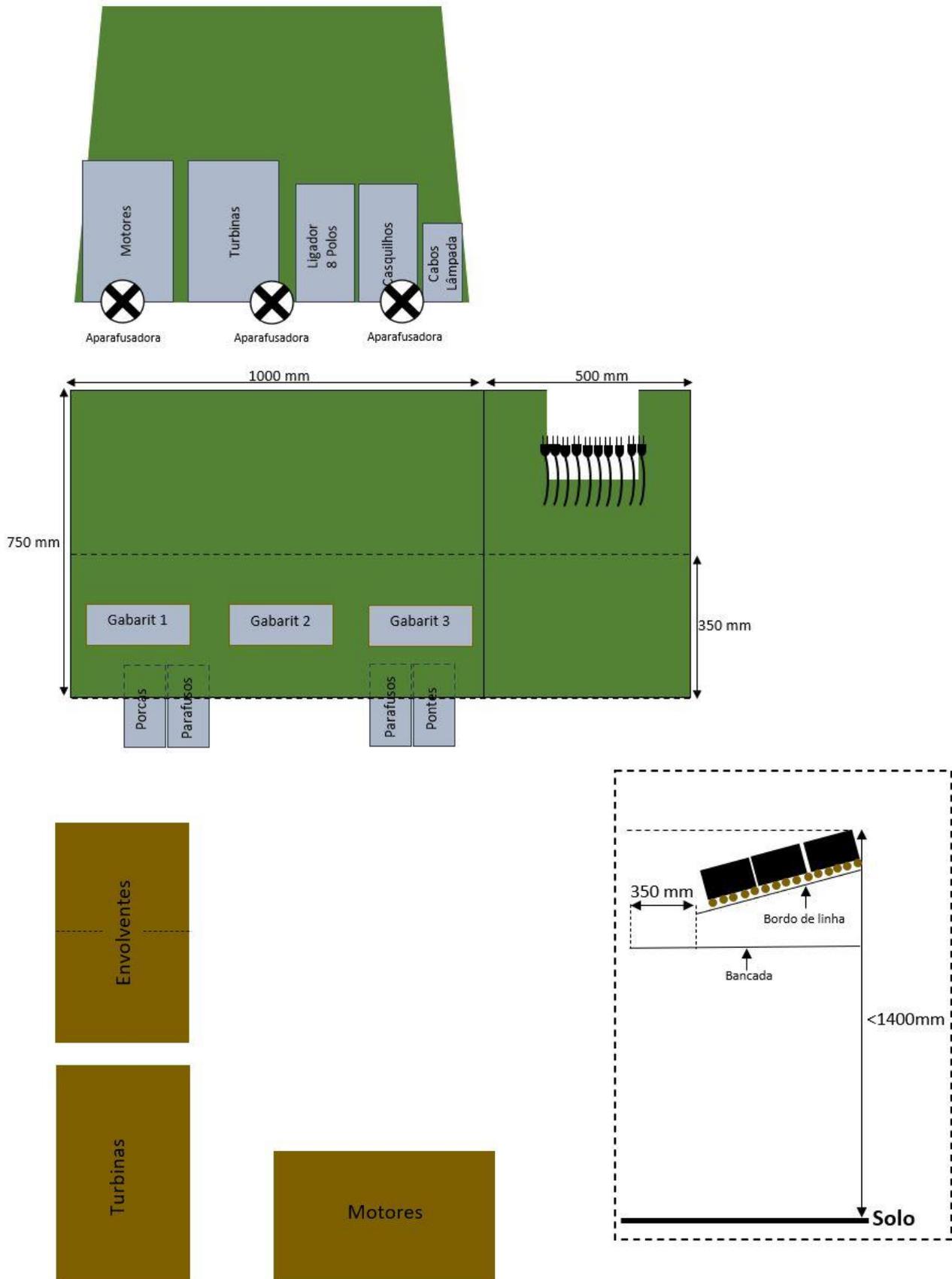


Imagem 14: Posto 1

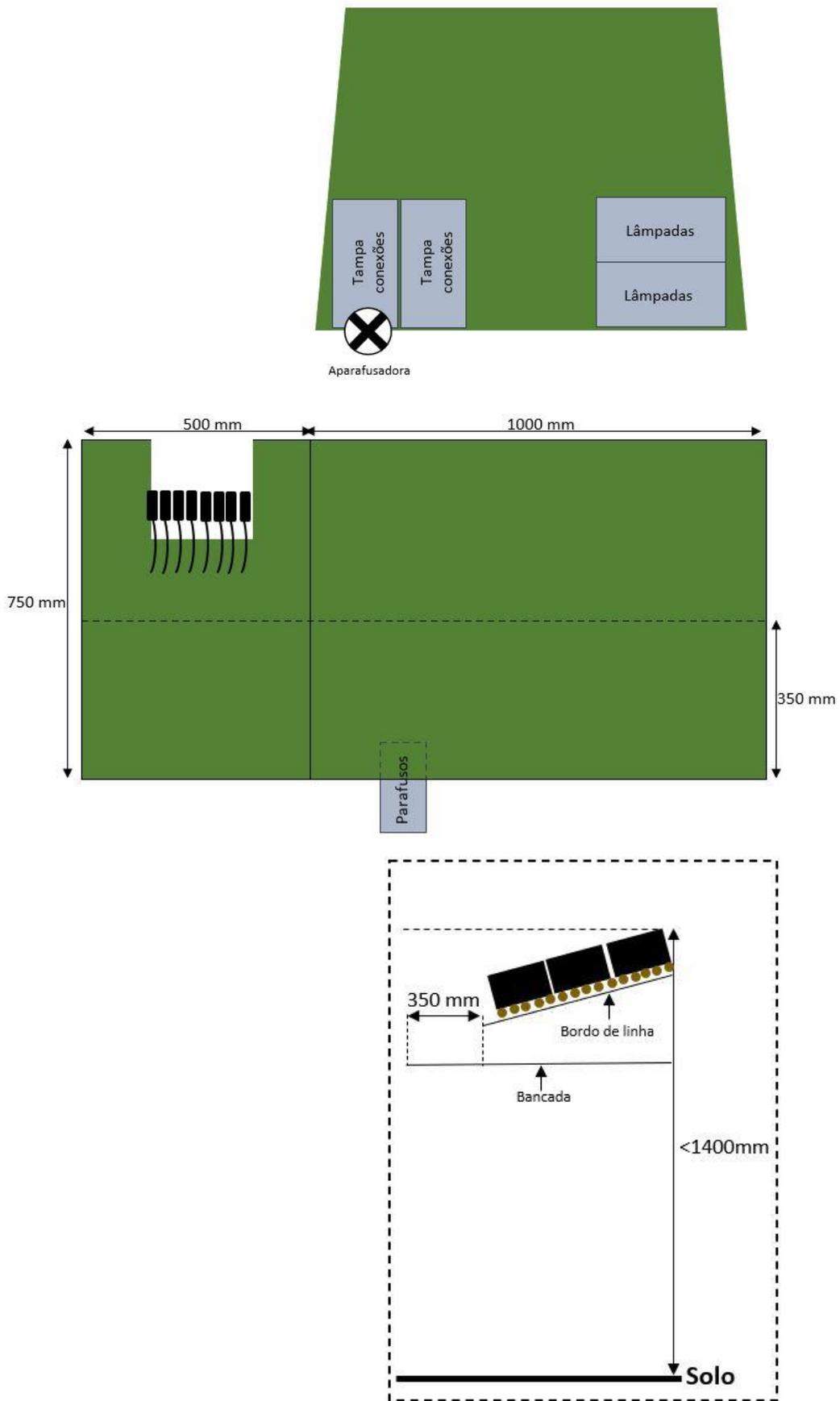


Imagem 15: Posto 2

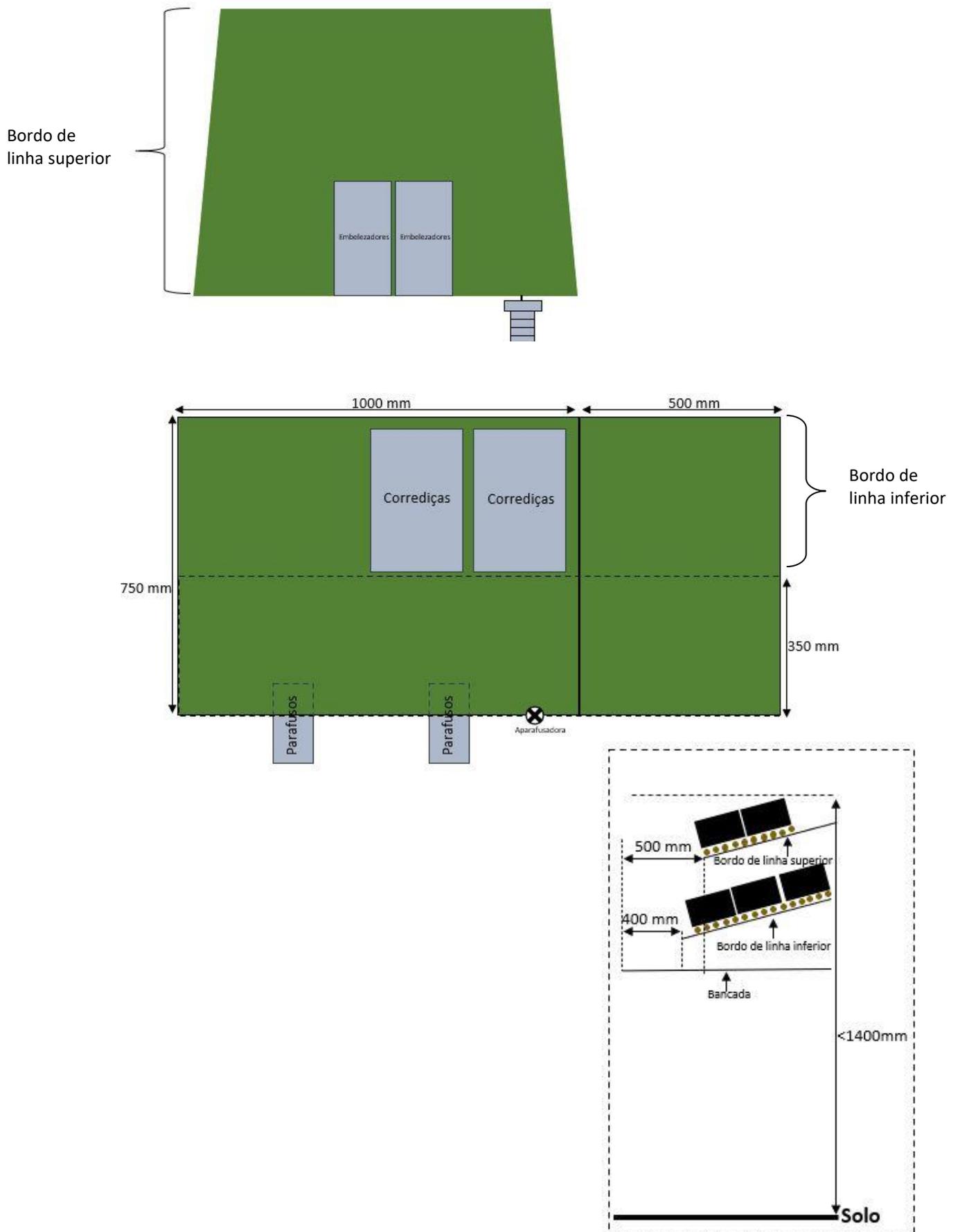


Imagem 16: Posto 3

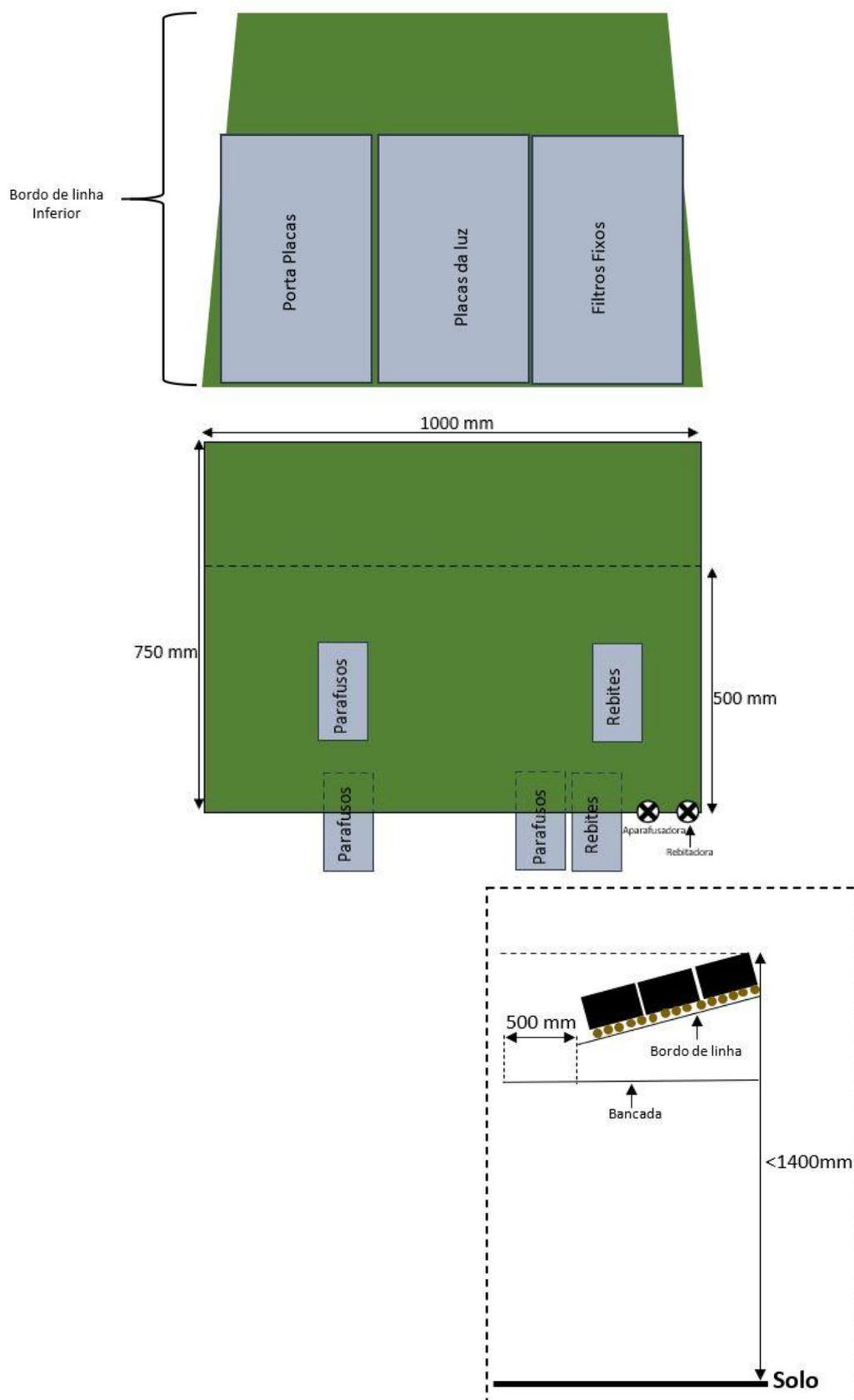


Imagem 17: Posto 4