



**Universidade do Minho**  
Escola de Engenharia

Diogo João Teixeira Natário

**Melhoria da eficiência de processos de trabalho numa linha de montagem de componentes: articulação entre *Lean Production* e Ergonomia**

Dissertação de Mestrado

Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial

Trabalho efetuado sob a orientação da

Professora Doutora Paula Machado Sousa Carneiro

Outubro de 2017

## DECLARAÇÃO

Nome: Diogo João Teixeira Natário

Endereço eletrónico: diogojtnatario@gmail.com Telefone: 910 654 164

Cartão do Cidadão: 13857697

Título da dissertação: Melhoria da eficiência de processos de trabalho numa linha de montagem de componentes: articulação entre *Lean* Production e Ergonomia

Orientadora:

Professora Doutora Paula Machado Sousa Carneiro

Ano de conclusão: 2017

Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial

É AUTORIZADA A REPRODUÇÃO INTEGRAL DESTA DISSERTAÇÃO APENAS PARA EFEITOS DE INVESTIGAÇÃO, MEDIANTE DECLARAÇÃO ESCRITA DO INTERESSADO, QUE A TAL SE COMPROMETE;

Universidade do Minho, \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Assinatura:

## AGRADECIMENTOS

No culminar deste projeto não podiam faltar algumas palavras de agradecimento a pessoas que, de forma direta ou indireta, contribuíram para que esta dissertação fosse possível.

Em primeiro lugar agradeço à orientadora deste projeto, Professora Paula Carneiro, por todo o apoio prestado e disponibilidade para me acompanhar em todas as fases desta jornada.

Em segundo lugar, prestar o agradecimento à Universidade do Minho e em particular ao curso de Mestrado Integrado de Engenharia e Gestão Industrial, por oferecer a oportunidade aos estudantes de elaborar um projeto de dissertação através de um estágio curricular, o qual transmite conhecimento e experiência muito importantes e úteis para a vida profissional de qualquer pessoa.

A todos os colaboradores da empresa pela sua compreensão e colaboração, que deram o seu tempo e conhecimento para melhorar a análise e resultados obtidos neste projeto.

Agradeço também aos Engenheiros Ágata Sousa e Luís Rosas, pela sua orientação e cooperação na realização deste projeto na empresa.

Ainda na empresa, agradeço de um modo especial ao Engenheiro José Mota, pelo auxílio e orientação prestados.

Finalmente, agradeço aos meus pais, irmãs e namorada, que ao longo de todo este período, transmitiram apoio e motivação para tornar este projeto o melhor possível.



## RESUMO

O presente trabalho insere-se no âmbito do projeto de dissertação do mestrado em Engenharia e Gestão Industrial da Universidade do Minho. O principal objetivo teve em vista reduzir e/ou eliminar tarefas sem valor acrescentado numa linha de montagem, e melhorar ergonomicamente os espaços de trabalho. Deste modo, o local de ação foi a *Efacec Power Solutions*, situado na Arroteia, na linha de montagem do *Fluofix* na seção de aparelhagem de média tensão.

Para alcançar os objetivos, foi utilizada a metodologia do *Action Research*. Inicialmente, fez-se uma revisão bibliográfica a conceitos *Lean* e ergonomia.

Tendo por base uma análise extensa aos processos de montagem, foram apresentadas propostas de melhoria a vários níveis da linha, tais como a melhoria do *layout* e gestão visual, a realocação dos materiais e ferramentas de montagem, normalização de recursos, eliminação de tarefas sem valor acrescentado, melhoria do fluxo de materiais e deslocações dos colaboradores, e melhoria de aspetos e tarefas com pouca atenção ergonómica.

Com estas propostas, prevê-se a redução em quase 50% das deslocações dos colaboradores no espaço de trabalho e reduções até 20% dos tempos do ciclo médios nalgumas operações. Além disso, é esperado um maior conforto dos colaboradores na linha, com uma melhoria da sua produtividade.

Palavras-Chave: *Lean Production*, Ergonomia, Kaizen, Produtividade



## ABSTRACT

The present work is part of the project of dissertation of the master's degree in Engineering and Industrial Management of the University of Minho. The main objective was to reduce and/or eliminate non-value-added tasks on an assembly line, and to improve ergonomically the workspaces. In this way, the place of action was Efacec Power Solutions, located at Arroteia, at the Fluofix assembly line in the medium voltage equipment section.

To reach the objectives, the methodology of Action Research was used. Initially, a bibliographical revision was made to Lean concepts and ergonomics.

Based on the extensive analysis of the assembly processes, proposals were presented for improvement at various levels of the assembly line, such as improvement of *layout* and visual management, relocation of materials and assembly tools, standardization of resources, elimination of tasks without added value, improvement of flow materials and employee travel, and improvement of aspects and tasks with little ergonomic attention.

These proposals foresee a reduction of almost 50% of movements of the employees in the workspace and reductions of up to 20% of average cycle times in some operations. In addition, greater employee comfort is expected on the line, with improved productivity.

KEYWORDS: Lean Production, Ergonomics, Kaizen, Productivity



## ÍNDICE

Agradecimentos .....	iii
Resumo.....	v
Abstract .....	vii
Lista de Figuras .....	xi
Lista de Tabelas .....	xiii
Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos.....	xv
1. Introdução.....	1
1.1 Objetivos.....	2
1.2 Metodologia de Investigação .....	3
1.3 Organização da dissertação.....	4
2. Revisão Bibliográfica .....	5
2.1 Lean Production.....	5
2.1.1 Origem do Lean Production .....	7
2.1.2 Princípios Lean.....	8
2.1.3 Desperdício.....	12
2.1.4 Pilares e Ferramentas Lean .....	14
2.2 Ergonomia.....	21
2.2.1 História da ergonomia.....	23
2.2.2 Métodos de Análise em Ergonomia .....	25
2.3 Produtividade dos postos de trabalho: Lean e ergonomia .....	29
3. A Empresa e Processos de Montagem do Produto Fluofix.....	33
3.1 Apresentação da empresa.....	33
3.2 Descrição dos produtos fabricados .....	35
3.5 Caraterização da linha de montagem.....	38
3.5.1 Processo de montagem, layout e fluxo de materiais na linha.....	38
3.5.2 Caraterização dos postos de trabalho.....	44
3.5.3 Abastecimento dos postos de trabalho .....	45
3.5.4 Planeamento e controlo da produção .....	45

3.6	Análise crítica da situação atual e identificação de problemas .....	46
3.6.1	Análise à cadeia de valor .....	46
3.6.2	Análise dos tempos dos ensaios.....	47
3.6.3	Análise das deslocações na produção.....	50
3.6.4	Análise ergonómica dos postos de trabalho .....	52
3.6.5	Gestão Visual.....	56
3.7	Síntese dos problemas identificados.....	59
4.	Propostas de Melhoria na Linha .....	61
4.1	Linha de montagem.....	61
4.1.1	Layout.....	61
4.1.3	Prioridades de montagem.....	65
4.2	Acomodação de artigos à linha .....	67
4.3	Criação de instruções de trabalho.....	69
4.4	Redução das distâncias e tempos de transporte e picking de componentes de montagem .....	70
4.5	Cartões de identificação de estado .....	73
4.6	Melhorias ergonómicas dos postos de trabalhos .....	75
5.	Conclusões e trabalho futuro .....	79
5.1	Conclusões.....	79
5.2	Trabalho futuro.....	80
6.	Bibliografia .....	81
	Anexo I – Takt Time e previsão da procura .....	85
	Anexo II- Value Stream Mapping do Fluofix.....	86
	Anexo III – Tempos de trabalho no ensaio final.....	87
	Anexo IV – Análise às falhas de produção no ensaio final .....	90
	Anexo V – Checklist de Diagnóstico .....	91
	Anexo VI – formulários EWA .....	97
	Anexo VII – Valores retirados para preenchimento do EWA.....	106
	Anexo VIII – cálculo de peso limite de carga por artigo (NIOSH).....	109
	Anexo IX – Gestão Visual.....	110

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Modelo de Action Research de Calhoun (1994) (Mertler, 2009).....	3
Figura 2: Esquema representativo de processo de melhoria contínua. ....	6
Figura 3: Pilares do sistema TPS (Kond, 2010). ....	7
Figura 4: Os sete princípios Lean (Pinto, 2008).....	11
Figura 5: Imagem representativa dos conceitos Muda, Mura e Muri (Tauro, 2016) .....	12
Figura 6: Representação esquemática da produção tradicional vs produção Just in Time (GHINATO, 2000). ....	15
Figura 7: Principais distâncias consideradas na equação NIOSH'91. ....	28
Figura 8: O efeito do design ergonómico na performance e no bem-estar (Dul et al, 2012). 30	
Figura 9: Polo industrial da Efacec em Arroiteia, Leça do Balio.....	34
Figura 10: Receitas por unidade de negócio do grupo Efacec (fonte: Site Efacec) .....	35
Figura 11: Representação esquemática dos vários produtos fabricados neste setor, de acordo com a sua função.....	36
Figura 12: Exemplo de um Fluofix. ....	36
Figura 13: Linha de montagem Fluofix (parcial).....	37
Figura 14: Fluxograma de montagem das linhas 24 kV e 36kV. ....	40
Figura 15: Layout da primeira metade da linha Fluofix 24kV. ....	41
Figura 16: Layout da segunda metade da linha Fluofix 24kV. ....	41
Figura 17: Layout da linha Fluofix 36kV. ....	41
Figura 18: Legenda dos Layouts das linhas Fluofix. ....	42
Figura 19: Fluxo de materiais na linha Fluofix.....	43
Figura 20: Buffer de ensaio final. ....	44
Figura 21: Fluxograma de informação entre hierarquias. ....	46
Figura 22: Distribuição do tempo de trabalho no ensaio final. ....	49
Figura 23: Diagrama de Spaghetti das deslocações dos colaboradores. ....	51
Figura 24: Exemplo de marcações no chão desgastadas. ....	57
Figura 25: Exemplo de um carrinho de acessórios de fixação .....	57
Figura 26: Alturas de cada nível das estantes do Fluofix. ....	58
Figura 27: Proposta de Layout .....	61

Figura 28: Síntese de melhorias aplicadas à linha.....	63
Figura 29: Melhorias ao buffer das operações de soldadura e ensaio de fugas. ....	63
Figura 30:Página de visualização de ordens fabrico lançadas para as equipas de produção e logística.....	65
Figura 31: Algoritmo de prioridades de montagem.....	66
Figura 32: Estante com alturas normalizadas. ....	67
Figura 33: Checklist de verificações finais.....	69
Figura 34:Deslocações para a operação de montagem inicial de um Fluofix 24kV e 36kV, respetivamente. ....	72
Figura 35: Percurso atual e novo no transporte de cubas com disjuntor.....	73
Figura 36: VSM da linha Fluofix.....	86
Figura 37: Checklist de diagnóstico na montagem inicial. ....	91
Figura 38: Checklist de diagnóstico na soldadura.....	92
Figura 39: Checklist de diagnóstico no ensaio de fugas.....	93
Figura 40: Checklist de diagnóstico, na montagem final. ....	94
Figura 41: Checklist de diagnóstico, na eletrificação das celas.....	95
Figura 42: Checklist de diagnóstico, no ensaio final. ....	96
Figura 43: Marcações de postos de trabalho e buffer de entrada. ....	110

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Aspectos ergonómicos e benefícios envolvidos nas técnicas de Lean Production (baseada em Elias & Merino, 2007). .....	30
Tabela 2: Quantificação de colaboradores e carrinhos na linha de montagem por operação na linha de 24kV. ....	44
Tabela 3: Síntese dos resultados obtidos com a aplicação do VSM. ....	47
Tabela 4: Tabela ilustrativa da distribuição de tempos no ensaio final. ....	48
Tabela 5: Estudo de ocorrências do tipo Falha Produção. ....	50
Tabela 6: Síntese da análise da checklist de diagnóstico. ....	52
Tabela 7: Síntese dos resultados da aplicação da ferramenta EWA nos postos de trabalhos. ....	54
Tabela 8: Cálculo do PLR para a tarefa de elevação de cargas mais críticas. ....	56
Tabela 9: síntese dos problemas identificados. ....	59
Tabela 10: Balanceamento da linha de montagem. ....	64
Tabela 11: Critérios na definição das localizações dos artigos nas estantes da linha. ....	68
Tabela 12: Tipo de ferramentas de montagem em cada operação. ....	70
Tabela 13: Número de carrinhos propostos por operação. ....	71
Tabela 14: Redução de deslocações na montagem inicial. ....	72
Tabela 15: Comparação de distâncias e tempos de percurso das 2 localizações. ....	73
Tabela 16: Tipos de cartões por operação. ....	74
Tabela 17: Pontos de recolha de cartões provenientes de outros postos de trabalho. ....	75
Tabela 18: Resultados da implementação da melhoria da luminosidade nos postos de soldadura. ....	76
Tabela 19: Análise da intensidade de correntes de ar no laboratório de ensaio. ....	76
Tabela 20: Takt Time e previsão da procura do produto Fluofix. ....	85
Tabela 21: Registo de tarefas no laboratório de ensaios de dia 15 de dezembro. ....	87
Tabela 22: Registo de tarefas no laboratório de ensaios de dia 26 de dezembro. ....	88
Tabela 23: Registo de tarefas no laboratório de ensaios de dia 27 de dezembro. ....	88
Tabela 24: Análise da temperatura nos postos de trabalho da linha Fluofix. ....	106
Tabela 25: Valores de luminosidade nos postos de trabalho. ....	106

Tabela 26: Tabela de referência dos valores recomendados de luminosidades, consoante a atividade (tabela adaptada da norma DIN 5053).....	107
Tabela 27: Valores registados de ruído nos postos de trabalho.....	107
Tabela 28: Cálculo do peso limite recomendado de 3 artigos.....	109

## LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS

ACEC	<i>Ateliers de Constructions Électriques de Charleroi</i>
AMT	Aparelhagem de Média Tensão
CEE	Comunidade Económica Europeia
CLT	Comunidade <i>Lean Thinking</i>
CUF	Companhia União Fabril
DMAIC	Definir; Medir; Analisar; Implementar; Controlar
Efacec	Empresa Fabril de <i>Ateliers</i> de Componentes Eléctricos de <i>Charleroi</i>
EFME	Empresa Fabril de Máquinas Eléctricas, SARL
EPS	<i>Efacec Power Solutions, S.A.</i>
ERS	<i>Ergonomics Research Society</i>
EWA	<i>Ergonomics Workplace Analysis</i>
FIFO	<i>First in First Out</i>
FIOH	<i>Finish Institute of Occupational Health</i>
IEA	<i>Internacional Ergonomics Association</i>
JIT	<i>Just In Time</i>
kV	Kilovolt
LM	<i>Lean Manufacturing</i>
LMERT	Lesões Musculo-Esqueleticas Relacionadas Com o Trabalho
MDO	Mão de Obra
NIOSH	<i>National Institute of Occupational Safety and Hygiene</i>
OIT	Organização Internacional do Trabalho
OTD	<i>On Time Delivery</i>
TC	Tempo de Ciclo
TIG	<i>Tungsten Inert Gas</i>
TPS	<i>Toyota Production System</i>
VSM	<i>Value Stream Mapping</i>
WIP	<i>Work in Progress</i>



## 1. INTRODUÇÃO

A crise económica que se verificou nos últimos anos gerou escassez de investimento, público e privado, em todo o setor industrial, bem como nas áreas de produção, pelo que as empresas tiveram que adotar estratégias como a redução de desperdícios, otimização de processos e redução da despesa. Portugal não foi exceção e, apesar de a economia se encontrar em recuperação, ainda continua fragilizado. Para além deste facto, a competitividade empresarial é elevada, o que reforça a necessidade constante em reduzir custos e agilizar processos nas empresas.

Um dos grandes obstáculos numa organização é o avanço e melhoria constantes dos processos e metodologias utilizados, uma vez que, um sistema organizacional pode ser tão simples ao ponto de ser constituído por apenas uma pessoa a trabalhar com uma ferramenta ou tão complexo ao nível de corporações multinacionais (Hendrick, 2008). Para combater estas dificuldades, as empresas devem inovar e desenvolver métodos e processos que melhorem a gestão e controlo da produção, quer em termos operacionais quer em termos de otimização de recursos, no sentido de diminuir desperdícios. O conceito *Lean* é uma filosofia de gestão baseada na redução e eliminação de diferentes formas de desperdício num determinado processo, aumentando a qualidade e eficiência do mesmo (Womack & Jones, 2003). Para Melton (2005), *Lean* tem vários benefícios, entre eles a redução do *Lead Time* para o cliente, a redução de inventário, melhor gestão e processos mais robustos (medido por menos erros e, conseqüentemente, menos re-trabalho).

Por outro lado, tem de existir um equilíbrio entre eliminação de desperdícios e garantia de condições ótimas de trabalho para os colaboradores de uma empresa. É importante não desprezar a importância de boas condições do espaço de trabalho, que têm impacto sobre a capacidade produtiva dos colaboradores, assim como na motivação e no estado de saúde dos mesmos. É nesta vertente que se insere a ergonomia.

Segundo a definição dada pela *Ergonomics Research Society* (ERS), ergonomia é concebida como: *o estudo do relacionamento entre o homem e o seu trabalho, equipamento e ambiente, e particularmente a aplicação dos conhecimentos de anatomia, fisiologia e psicologia na solução dos problemas surgidos deste relacionamento* (Iida, 1998).

Num estudo sobre uma linha de montagem efectuado por Resnick e Zanotti (1998), os resultados indicam que os postos de trabalho podem ser projetados para maximizar o desempenho e minimizar custos considerando tanto o nível de ergonomia como a produtividade. Por outro lado, as linhas de montagem e manufatura com um nível ergonómico baixo podem gerar um absentismo elevado devido a problemas musculoesqueléticos, principalmente em colaboradores com maior idade (Battini *et al.*, 2010).

Assim, uma das ambições da ergonomia é assegurar que o *design* dos sistemas produtivos considerem tanto a produtividade como o bem-estar dos colaboradores (Jensen & Edwards, 2013). Deste modo, os benefícios da aplicação de ferramentas de ergonomia em sistemas de montagem estão diretamente relacionados com a redução do risco de acidentes e lesões e melhoria das condições físicas e psicológicas de trabalho, com uma redução drástica nos custos de absentismo, seguro médico e reabilitação (Carey & Gallwey, 2002).

Este projeto enquadra-se numa linha de montagem de componentes de *Fluofix*, na Empresa Fabril de *Ateliers* de Componentes Elétricos de Charleroi (Efacec) Energia, Máquinas e Equipamentos Elétricos, S.A., onde existem queixas por parte dos colaboradores de desgaste e fadiga muscular, acoplado com uma gestão de ferramentas e materiais pouco eficiente, que geram desperdícios de tempo e de material que se devem reduzir e/ou, se possível, eliminar. O que reforça a necessidade de uma organização estar constantemente atenta a possíveis oportunidades de melhoria nos processos de trabalho.

## 1.1 Objetivos

O objetivo principal deste projeto de dissertação tem em vista analisar e melhorar a eficiência do processo produtivo de uma linha de montagem de componentes através da aplicação conjunta de *Lean Manufacturing* (LM) e de princípios ergonómicos.

Para alcançar este objetivo geral definem-se alguns objetivos específicos:

- Aplicar ferramentas ergonómicas de forma a analisar quais os aspetos que devem ser melhorados;
- Alterar o *layout* da linha de modo a melhorar o fluxo de materiais e a movimentação dos colaboradores;

- Balancear a linha e analisar a sequência de tarefas, de modo a identificar ações que não acrescentem valor ao produto e/ou que favorecem a adoção de posturas inadequadas pelos colaboradores na execução do trabalho;
- Rever os tempos de produção e analisar o tempo produtivo dos colaboradores com o objetivo de detetar desperdícios;
- Aplicar a ferramenta 5S nos locais de trabalho dos colaboradores.

## 1.2 Metodologia de Investigação

Esta dissertação utiliza como metodologia a *Action Research*. Esta define-se como sendo um tipo de investigação social com base empírica associada a uma ação ou à resolução de um problema coletivo, na qual investigadores e participantes se envolvem de forma cooperativa e participativa (Thiollent, 2005).

O método *Action Research* promove a mudança organizacional ao envolver os participantes num ciclo de aprendizagem e reflexão sobre a problemática, ver Figura 1 (Cassel & Johnson, 2006).

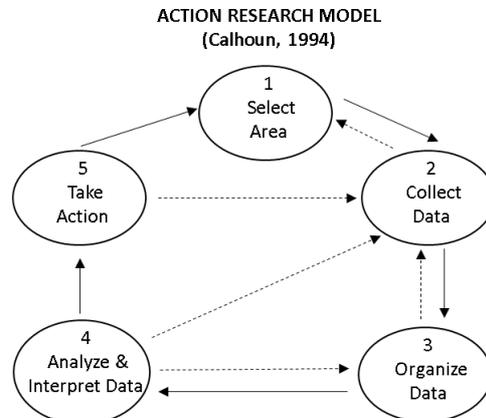


Figura 1: Modelo de *Action Research* de Calhoun (1994) (Mertler, 2009)

A proposta de projeto de dissertação definiu como necessidade a análise da linha de montagem de *Fluofix*. Um *Fluofix* é um aparelho que regula a passagem de corrente elétrica. Por um lado, a recolha de dados foi efetuada através da análise de documentação existente previamente na empresa, que incluía dados de outros projetos já realizados ou em execução. Por outro lado, baseou-se na observação e medição, junto dos colaboradores, das suas deslocações, dos aspetos ergonómicos e do fluxo de materiais. Como suporte de atuação

recorreu-se a ferramentas como: *Value Stream Mapping (VSM)*, diagrama de *Spaghetti*, diagrama de peixe, matriz de competências *Ergonomics Workplace Analysis (EWA)* e equação do *National Institute of Occupational Safety and Hygiene (NIOSH)*.

Os dados recolhidos foram organizados, analisados e interpretados, definindo-se um plano de ação, tendo em consideração ferramentas e princípios *Lean*, tais como: o *Kaizen*, os 5S, o *Standard Work* e a Gestão Visual. Aprovado o mesmo, procedeu-se à sua implementação.

Posteriormente, realizou-se uma análise comparativa de desempenho, antes e depois, das ações realizadas, nas áreas em que as alterações foram concluídas.

Por questões de falta de recursos humanos, certas propostas de melhoria não foram implementadas e/ou concluídas.

### **1.3 Organização da dissertação**

O presente projeto de dissertação apresenta uma revisão bibliográfica no capítulo 2, onde através de uma reflexão crítica se abordam a filosofia *Lean Production* e o conceito de Ergonomia. No que concerne ao primeiro, analisam-se a origem da filosofia, os seus princípios, desperdícios e as principais ferramentas. Em relação à ergonomia, aborda-se a sua história e métodos de análise. Reflete-se, ainda, sobre a produtividade dos postos de trabalho e a relação entre *Lean* e ergonomia.

No capítulo 3, apresenta-se a empresa Efacec, em termos organizacionais, enumeram-se os produtos fabricados na unidade fabril de Aparelhagem de Média Tensão (AMT) e elabora-se uma descrição geral do sistema produtivo.

A linha de montagem de *Fluofix*, é analisada no capítulo 4. Inicialmente, caracteriza-se a linha de montagem: o processo, o *layout*, o fluxo de materiais, os postos de trabalho, o abastecimento dos postos de trabalho (*stocks*) e o planeamento e controlo de produção. Em seguida, procede-se a uma análise crítica da situação atual e à identificação de problemas: na cadeia de valor, nos tempos de ensaios, nas deslocações na produção, na maquinaria e na gestão visual. No final do capítulo sintetizam-se os principais problemas identificados.

No capítulo 5 são descritas as ações de melhoria implementadas face aos problemas identificados, bem como, alguns resultados obtidos face às mesmas.

As principais conclusões do trabalho realizado e as sugestões que poderão ser alvo de trabalho futuro, são apresentadas no capítulo 6

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo são abordados os conceitos de *Lean Production* e de Ergonomia, temas que servem de base teórica à execução desta dissertação. Sobre *Lean Production*, apresenta-se a sua origem, os princípios, os tipos de desperdícios e as principais ferramentas. Sobre Ergonomia, descreve-se a sua história, métodos de análise ergonómica dos postos de trabalho e a biomecânica. O capítulo termina com uma análise sobre produtividade dos postos de trabalho, relacionando o *Lean* e a ergonomia.

### 2.1 *Lean Production*

O objetivo dos sistemas de produção é fabricar produtos, bens e/ou serviços, no menor tempo possível, ao menor custo e com a melhor qualidade. O processo de conversão (de produção) de matérias-primas em produtos vai acrescentando valor em todas as fases. Quando este valor acrescentado ao processo for concluído, o produto está pronto. Com base em Ohno (1988) isto significa que tudo o que fazemos é ver o tempo desde que o cliente nos dá uma ordem até ao momento em que recebemos o pagamento. E estamos a reduzir esse tempo através da eliminação de ações sem valor acrescentado.

Atualmente, este objetivo é assumido como garantia e o cliente solicita produtos cada vez mais diferenciados e exclusivos, exigindo dos sistemas de produção uma reconfiguração dinâmica para conseguir produzir tais produtos. Um modelo de produção muito difundido, inicialmente, é designado de “*mass customization*” (Davis, 1987). Significa isto produzir em massa produtos individualizados para os clientes, assegurando rapidez de resposta a um custo apenas conseguido na produção em massa do mesmo (Tu *et al.*, 2004). No entanto, a produção em massa deixa muito a desejar em termos de competitividade e atendimento aos desejos consumistas emergentes (Womack, Jones, & Roos, 1992). À procura de outro modelo de produção que não o modelo em massa, a empresa *Toyota* criou a produção *Lean*, implementando-a no seu sistema de produção. O *Lean* tem como pensamento a abertura para a mudança e para a aprendizagem constante. A aplicação de metodologias e ferramentas visa planear, desenvolver, executar, verificar o resultado e proceder a correções e melhorias num ciclo contínuo, como está ilustrado na Figura 2.

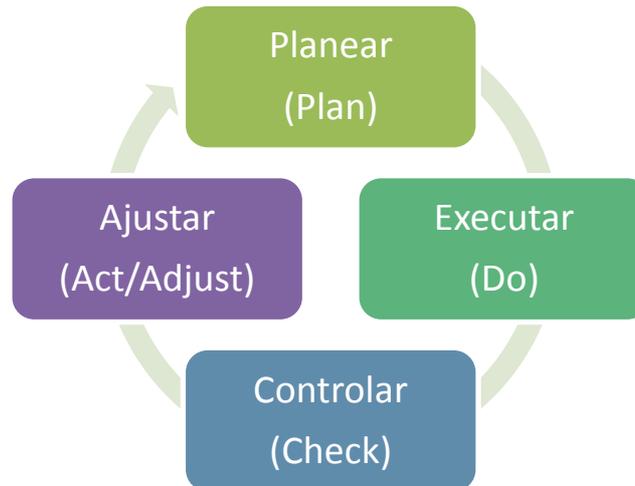


Figura 2: Esquema representativo de processo de melhoria contínua.

A formulação de uma estrutura única de pensamento *Lean* encontra barreiras, devido à evolução do termo, para designações como “*Lean 6 sigma*” e, por outro lado, devido à multiplicação de diferentes termos utilizados por diferentes autores para se referirem à abordagem *Lean* em sistemas de produção. Como exemplos temos “*Toyota Production System*” (TPS) ou “*Lean Production*”, que muitas vezes se utilizam indistintamente para referir o mesmo conjunto de princípios.

Vidamour e Lyons (2010) procuram definir um enquadramento para o pensamento *Lean* a partir de quatro ambições que lhe estão associadas: alinhamento da produção com a procura, eliminação do desperdício, integração com os fornecedores e o envolvimento dos recursos humanos para melhorar os processos. Assim, com este pensamento pretende-se: reduzir custos, aumentar a produtividade e melhorar a qualidade para aumentar o lucro e o valor para o cliente.

Segundo Panizzolo (1998), o conceito *Lean* concetualiza-se através de um conjunto de programas de melhoria em seis áreas de uma organização: processos e equipamentos, planeamento e controlo de produção, recursos humanos, *design* de produtos, relações com clientes e, por fim, fornecedores. Atualmente, é aplicada em diversas áreas obtendo-se resultados positivos, tais como:

- redução de custos,
- aumento da qualidade,
- redução de tempo de processamento e,
- aumento de produtividade.

No entanto, o mundo ainda tem imensa carência de capacidade competitiva de produção *Lean* e uma Produção em Massa não competitiva (Womack, 2004).

### 2.1.1 Origem do *Lean Production*

O conceito de *Lean Production* surgiu no Japão, no setor automóvel da *Toyota*, logo após a Segunda Guerra Mundial. Os índices de produtividade muito baixos, bem como uma enorme falta de recursos na indústria japonesa tornavam impossível a adoção do modelo de produção em massa. É desta forma que surge a criação da produção *Lean* implementada no sistema TPS, estando este na origem do sucesso da *Toyota*, a *Toyota Motor Company* (Spear & Bowen, 1999). O sistema caracterizava-se pela eliminação de desperdícios e pela otimização da utilização dos recursos disponíveis (Hunter, 2008). Foi criado, sobretudo, devido a três pessoas: o fundador da *Toyota* e mestre de invenções, Toyoda Sakichi, o seu filho Toyoda Kiichiro e principal executivo e o engenheiro Taiichi Ohno. Os conceitos chave associados a este sistema são: produção *Just in Time* (JIT), *Jidoka* (ou *autonomation*), força de trabalho flexível e pensamento criativo (Monden, 1983). Estes conceitos são os pilares do sistema TPS, como se observa na Figura 3.



Figura 3: Pilares do sistema TPS (Kond, 2010).

Com a publicação da obra *“The Machine that Changed the World: The Story of Lean Production”* (Womack et al., 1990), os benefícios do *Lean* foram bastante reconhecidos. No livro, é comparado o desempenho do sistema da produção da *Toyota* com empresas do mesmo ramo que não aplicam esta metodologia. Com esta comparação, as vantagens da *Lean*

*Production* tornaram-se visíveis, existindo diferenças significativas no desempenho da *Toyota* em relação aos seus concorrentes.

Em português *Lean* significa magro (sem gordura), ou seja, procura refletir o facto de se utilizar metade do esforço humano na fábrica, metade do espaço de produção, metade do investimento em ferramentas e metade do tempo em engenharia, em desenho e desenvolvimento de um novo produto.

O termo *Lean* implica uma série de atividades que têm por objetivo a eliminação ou redução de desperdícios. Isto é, a redução/eliminação de operações que não acrescentam valor aos produtos e o melhoramento das operações que acrescentam valor (Abdulmalek & Rajgopal, 2007).

Em 2003, Shah e Ward (2003) caracterizaram a produção *Lean* como a abordagem multidimensional, num sistema integrado, que abrange uma ampla variedade de práticas de gestão, incluindo o JIT, sistemas de qualidade, trabalho em equipas, produção celular, gestão de inventário, etc.

São diversos os autores que refletiram sobre o *Lean*, como por exemplo Hayes e Pisano (1994) que a caracterizam como a capacidade de produção, simultaneamente com custos mais baixos, melhor qualidade e maior flexibilidade.

Os princípios desta filosofia acentuam-se na otimização do sistema como um todo, havendo ênfase na integração das diferentes partes, em vez de somente no desempenho individual (Oliver, Schab, & Holweg, 2007). Embora, originalmente com foco nas operações de fabrico, esses princípios foram posteriormente aplicados à engenharia, desenvolvimento de produto e operações de serviço (Swank, 2003).

### 2.1.2 Princípios *Lean*

Os fundamentos do TPS são: produção celular, sistemas *Pull*, produção com qualidade, entregas dentro dos prazos, respeito pelas pessoas e o aproveitamento máximo dos recursos (Hunter, 2008). Os cinco princípios do *Lean* são:

#### 1. **Especificar Valor** para cada produto

Consiste nas características perceptíveis ao cliente, que cada produto ou serviço proporciona. Quanto maior o valor percebido pelo cliente, maior será a satisfação do mesmo e, deste modo, a fidelidade será crescente.

Segundo Womack e Jones (2004), o custo alvo é um fator determinante na especificação de valor. Este deve ser determinado a partir da análise de todas as etapas de produção, com a respetiva eliminação dos desperdícios em cada etapa, tendo em vista o preço final estipulado pelo mercado. Quanto menores forem os custos, maior será o lucro da empresa;

## **2. Identificar Cadeia de Valor para cada produto**

Compreende um processo ou um conjunto de etapas do processo que cada produto, ou serviço, tem que passar para ser concluído. Para analisar o valor existente na cadeia, procura-se identificar os desperdícios existentes para que estes sejam eliminados. Isto será efetuado, etapa a etapa, ao longo de todo o processo. Verificam-se tempos desnecessários, atividades inadequadas, métodos de trabalho ineficientes, padrões de qualidade indefinidos ou desajustados.

Ao longo de toda a cadeia de valor, e seguindo o estabelecido para realizar a análise de valor, identificam-se as atividades que criam valor, as que não criam valor mas são necessárias e, as que não criam valor e são desnecessárias. Ao efetuar este tipo de análise, consegue-se uma perspetiva da cadeia como um todo, o que facilita a redução do desperdício. Ao eliminar as atividades que não criam valor e são desnecessárias, automaticamente otimiza-se o processo, aumentando o valor entregue ao cliente (Rother & Shook, 1998);

## **3. Criar Fluxo de Valor**

As etapas devem estar interligadas e criar fluxo entre si para se conseguir um movimento contínuo do produto. O fluxo consiste em encontrar a sequência ideal de etapas que criam valor visando a não interrupção desta sequência. Deve-se analisar o processo global em toda sua complexidade para que seja definida uma nova divisão de tarefas e etapas visando a consolidação do fluxo (Womack & Jones, 2004);

## **4. Sistema *Pull***

A produção de um produto ou prestação de serviço deve ser iniciada apenas quando o cliente a solicita, considerando as características que o mesmo

estabelece. Aqui aplica-se o conceito do JIT, produz-se ou serve-se no momento, nas quantidades certas, o que permite a redução do excesso de produção e, conseqüentemente, a redução dos *stocks* excessivos, bem como o uso de mão-de-obra desnecessária. Assim, valoriza-se o produto e aumentam-se os ganhos em produtividade. Cria-se um processo puxado pelo cliente e não empurrado pelo produtor (Womack & Jones, 2004);

### 5. Perseguir a Perfeição

Este princípio tem implícito a importância da qualidade e da inexistência de repetições de trabalho. Deve-se apostar na formação dos colaboradores, distribuir instruções de qualidade para as principais tarefas, definir padrões e critérios de qualidade ajustados e garantir um bom acompanhamento de todas as etapas do processo. Deste modo, é possível ter uma boa produtividade, custos reduzidos, melhores tempos de resposta e uma boa imagem perante o cliente, conseguindo a sua fidelização. Numa produção perfeita, o produto é produzido à medida, com um tempo de atraso zero, não possuindo artigos em provisionamento (Womack & Jones, 2004).

Ao intensificar a aplicação dos cinco princípios de forma interativa, surgem novos desperdícios e novos obstáculos ao fluxo de valor, criando-se oportunidades de melhoria. Trata-se de um processo contínuo de aumento de eficiência e eficácia, em busca da perfeição. Para isso, a empresa pode contar com metodologias de melhoria contínua (*Kaizen*), ciclo Definir; Medir; Analisar; Implementar; Controlar (DMAIC), entre outras.

É de realçar que os cinco princípios apresentam algumas lacunas. Por exemplo, consideram apenas a cadeia de valor do cliente, no entanto, numa organização não existe apenas uma, mas sim várias cadeias de valor: uma para cada *Stakeholder*, ou seja, existem várias partes interessadas e/ou intervenientes, que se referem a todos os envolvidos num processo, por exemplo, clientes, colaboradores, investidores, fornecedores, comunidade, etc. O bom desempenho de um projeto depende da opinião e do trabalho de todos os interessados. Com este foco, a Comunidade *Lean Thinking* (CLT, 2008), através dos seus esforços de investigação e desenvolvimento, propôs a revisão dos princípios *Lean*, sugerindo a adoção de mais dois princípios: conhecer o *Stakeholder* e Inovar Sempre, como se observa na Figura 4 (Pinto, 2008).

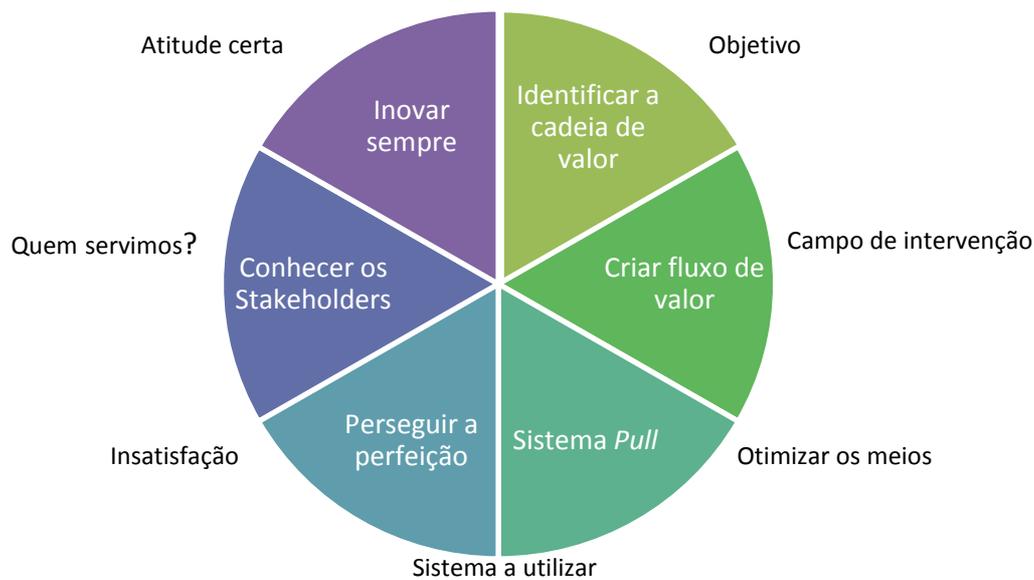


Figura 4: Os sete princípios *Lean* (Pinto, 2008)

### **Conhecer o Stakeholder**

Os *Stakeholders* representam todos os grupos de interesse que se relacionam, afetam e são afetados pela organização e pelas suas atividades. Defende-se também a focalização da atenção no cliente final e não apenas no próximo cliente da cadeia de valor. Não importa em que etapa da cadeia de valor a empresa se encontra, a sua preocupação deverá ser sempre servir melhor o cliente final. Se este não compra os produtos e/ou serviços, toda a cadeia estará condenada a ceder (Pinto, 2008).

### **Inovar Sempre**

O conceito de inovação pode ser bastante diverso, principalmente, na sua aplicação. A inovação é a exploração com sucesso de novas ideias (UK Innovation Report, 2003). E sucesso para as empresas significa aumento de faturação, acesso a novos mercados, aumento das margens de lucro entre outros benefícios. Para que as empresas realizem inovações é necessário que elas tomem consciência da importância da inovação, entendam o que é e qual é a sua dinâmica. A partir daí, elas podem definir uma estratégia de acordo com os objetivos e a sua visão do futuro, desenvolvendo e aplicando ferramentas de gestão do processo de inovação. Essas soluções devem ser personalizadas a cada realidade. Para isso, deve-se ter em consideração o tamanho da empresa, o setor de atuação, a cultura e a estrutura

organizacional, o sistema de agentes no qual ela está inserida, a visão de futuro e suas ambições (CLT, 2010).

As organizações têm como objetivos: ter (e manter) os itens certos nos lugares certos, no tempo certo e na quantidade correta; criar e alimentar relações efetivas dentro da Cadeia de Valor; trabalhar voltado para a Melhoria Contínua em busca da Qualidade Ótima na primeira unidade entregue.

### 2.1.3 Desperdício

O desperdício é definido como sendo toda a atividade humana que absorve recursos, mas não cria e/ou acrescenta valor e, como tal, deve ser reduzido ou eliminado (Womack & Jones, 2003). Visto por outro prisma, desperdício refere-se a todas as componentes do produto e/ou serviços, pelas quais o cliente não está disposto a pagar.

A produção *Lean* foca-se no melhoramento da produtividade, logo a redução do desperdício é fundamental. Esta redução pode ser em inventário, recursos humanos, equipamentos ou espaço (Das Venkatadri & Pandey, 2014).

Nas abordagens à identificação do desperdício, o objetivo é chegar a uma condição onde a capacidade de produção seja igual ao solicitado pelo cliente. Por outras palavras, nas empresas existem processos, materiais, pessoas e tecnologia para produzir a quantidade certa do produto e/ou serviço que foi solicitado pelo cliente. As situações onde há desequilíbrio entre a capacidade e a carga resultam em perdas para a empresa. *Muda*, *Mura* e *Muri* são termos tradicionais de língua japonesa que representam os tipos de desperdício encontrados numa organização e, que se encontram representados esquematicamente na Figura 5.

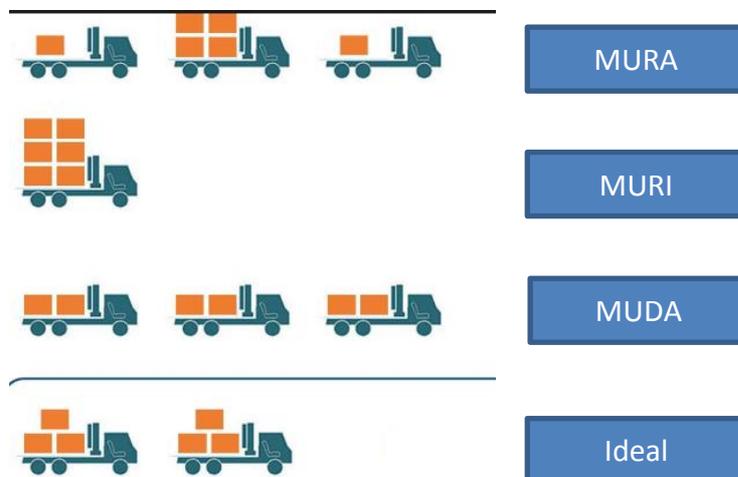


Figura 5: Imagem representativa dos conceitos *Muda*, *Mura* e *Muri* (Tauro, 2016)

Sintetizando, *Muda* significa qualquer atividade que gere desperdício, não adicione valor ou que não seja produtiva. *Mura* significa inconsistência e irregularidade que representa o desnivelamento e falta de balanceamento do trabalho ou máquina. *Muri* significa irracionalidade, excessos e imoderação e representa a sobrecarga causada na organização. (Silveira, 2016). Ao conjunto formado por *Muda*, *Mura* e *Muri* designa-se de 3M's.

Existem diferentes tipos de desperdício, tendo Ohno (1988) considerado a existência de sete que não acrescentam valor na ótica do cliente: sobreprodução, esperas, transportes, deslocações, inventário, produtos defeituosos e o processamento incorreto. Em seguida, serão descritos os vários tipos de desperdícios.

### **Desperdício de sobreprodução**

Considera-se sobreprodução quando se produz mais do que o necessário ou antes do tempo, criando excesso de inventário (Ohno, 1988). Isto é, produzir mais do que o necessário, fazer o que não é necessário, quando não é necessário, em quantidades desnecessárias, para os produtos serem requisitados no futuro. A produção antecipada gera problemas e restrições do processo produtivo: tempos longos de preparação de máquinas, grandes distâncias a percorrer com o material, falta de coordenação entre postos de trabalhos e a produção de grandes lotes, como consequência inevitável. (Giannini, 2007).

### **Desperdício de esperas**

Este desperdício ocorre sempre que materiais, pessoas ou máquinas estão parados. Esperar acontece quando filas são construídas dentro dos processos, ou quando o tempo necessário para os colaboradores ou máquinas realizarem as operações a si associadas está fora de sincronia com os outros (Ohno, 1988). Nestas situações, um dos recursos está à espera, e perdas estão a ocorrer. Idealmente, todos os recursos seriam objeto de uma utilização produtiva de cem por cento do tempo (Melton, 2005).

### **Desperdício de transportes e deslocações**

O transporte é considerado um desperdício pois não acrescenta qualquer tipo de valor ao produto e cada vez que um produto é movido há risco de ser danificado, perdido, retardado, etc. (Ohno, 1988).

Por seu lado, as deslocações correspondem a todos os movimentos efetuados pelos colaboradores, sendo que aquelas que não contribuem para gerar valor são consideradas desperdício. Este desperdício deve-se, normalmente, à falta de organização, ao posicionamento incorreto dos equipamentos e à inexistência de procedimentos de trabalho adequados (Ohno, 1988). A principal causa da existência de transportes e deslocações remete para *layouts* deficientes.

### **Desperdício por produtos defeituosos**

Os produtos defeituosos caracterizam-se pela falta de conformidade dos mesmos com o pretendido (Ohno, 1988). Cada produto com defeito exige retrabalho ou substituição, desperdiçando recursos e materiais, uso de equipamento, movimentação e armazenagem dos materiais defeituosos. Cria burocracia e pode levar à perda de clientes.

### **Desperdício por processamento incorreto**

Processamento incorreto ocorre quando processos são repetidos ou operações não são realizadas na forma mais eficiente. Este tipo de desperdício ocorre pela falta de procedimentos de trabalho corretos ou pelo uso de ferramentas erradas e/ou falta de competência dos colaboradores (Bell, 2005).

### **Má utilização do capital humano**

É considerado por alguns autores como sendo o oitavo desperdício.

Resulta do subaproveitamento das capacidades, aptidões e conhecimentos dos colaboradores. Quem melhor conhece os produtos e as dificuldades inerentes à produção são os operários, podendo estes ter um contributo fundamental na melhoria contínua e na produtividade (Liker, 2003).

Para que os desperdícios existentes sejam detetados, a filosofia *Lean* recorre a diferentes ferramentas abordadas a seguir.

#### 2.1.4 Pilares e Ferramentas *Lean*

A produção *Lean* é suportada por diversas metodologias, técnicas e ferramentas. É essencial conhecer as ferramentas existentes para se conseguir uma correta implementação das

mesmas. Mas, mais importante do que conhecer é ser capaz de as aplicar de forma eficaz (Cudney, 2011.)

Em seguida, apresenta-se um dos pilares do TPS, o JIT.

### **Just-In-Time**

Em japonês, as palavras para *just in time* significam “no momento certo”, “oportuno”.

O JIT é um dos pilares da casa TPS, foi criada por Ohno (1988) e tem como principal objetivo pouco desperdício e alto valor agregado. Pretende dar uma resposta adequada à procura, produzindo apenas quando necessário. O JIT está relacionado com o sistema de produção *Pull*, mencionado anteriormente. Abdulmalek e Rajgopal (2007) caracterizam o JIT como um sistema onde o cliente inicia a necessidade de componentes, produtos e/ou serviços.

Na abordagem tradicional, a produção ideal é a produção sem interrupções e, para isso, é necessário manter um *stock*. Esse *stock* manteria a eficiência e protegeria a produção de possíveis distúrbios (Slack, Chambers, & Johnston, 2004). Na abordagem da produção JIT, os *stocks* deixam de existir entre os processos e as entregas são feitas conforme os pedidos do processo seguinte (Gallardo, 2007).

Na Figura 6 compara-se o processo de produção tradicional com a produção JIT.

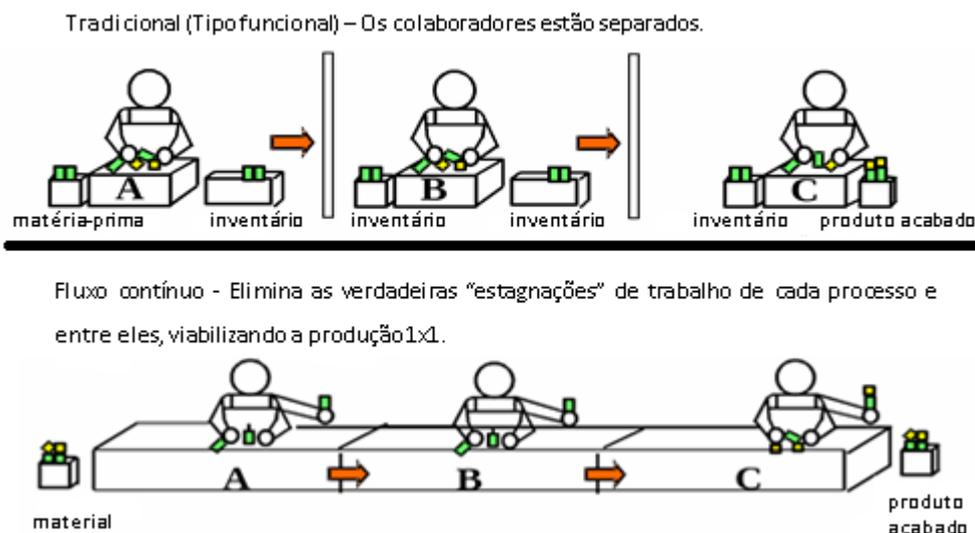


Figura 6: Representação esquemática da produção tradicional vs produção *Just in Time* (GHINATO, 2000).

Os *stocks* são considerados prejudiciais, não só pelo facto de ocuparem espaço e representarem investimentos de capital, mas por esconderem as ineficiências do processo produtivo.

A implementação do JIT ajuda a reduzir a superprodução, o tempo de espera, o transporte, as durações dos processos, os *stocks*, a movimentação excessiva de recursos e os produtos defeituosos. O JIT cria uma dependência em todo o sistema e forma uma base no processo como um todo (Gallardo, 2007).

Cua, McKone e Schroeder (2001) identificaram diversas práticas relacionadas com o JIT, tais como:

- Redução dos tempos de *Set-Up*;
- Sistema de produção *Pull*;
- Entregas dos fornecedores, apenas quando necessárias;
- Planeamento diário;
- Planeamento estratégico;
- Envolvimento dos colaboradores.

O JIT é ao mesmo tempo uma filosofia, um conjunto de técnicas e um método de gestão. Relacionado com o JIT estão os conceitos *One piece flow* e *Takt time*.

O *One piece flow* é um método de produção que remete para o conceito de produzir na quantidade certa, no momento certo, isto é, mover apenas uma peça de trabalho entre operações dentro de um sistema, evitando a criação de lotes (Li & Rong, 2009).

O *Takt time* representa a taxa de consumo do mercado. Caracteriza-se como a relação entre o tempo disponível de produção e a procura do cliente (Miltenburg, 2001). Este tempo é obtido segundo a Equação 1:

$$Takt\ time = \frac{\text{tempo disponível de produção}}{\text{procura do cliente}} \quad (1)$$

Por forma a garantir o cumprimento das datas de entrega é necessário garantir que o *Takt time* seja inferior ao tempo de ciclo, que é o tempo máximo de duração de um dado processo. Em condições ideais, para ser possível atingir uma produção *One piece flow*, o *Takt time* seria igual ao tempo de ciclo, isto é, o sistema conseguiria responder ao mesmo ritmo que o cliente introduzia uma nova encomenda (Liker & Lamb, 2000).

Para o alcance efetivo de seus objetivos, o JIT possui uma coleção de ferramentas e técnicas que fornecem condições operacionais, sendo uma delas o sistema *Kanban* (Slack, Chambers & Johnnton, 2002).

O *Kanban* é um método de autorização da produção e movimentação do material no sistema JIT. Na língua japonesa a palavra *Kanban* significa marcador (cartão, sinal, placa ou outro dispositivo) usado para controlar a ordem dos trabalhos num processo sequencial.

Os cartões (ou caixas) circulam entre o setor fornecedor e a produção, são afixados junto às peças, imediatamente após a produção e, retirados após o consumo pelo cliente. Posteriormente, regressam ao processo para autorizar a produção e reposição dos itens consumidos (Ritzman, 2004).

De referir ainda que, tal como noutras ferramentas *Lean* e, segundo White, Pearson & Wilson (1999), para o sucesso da implementação do JIT é necessário o envolvimento de todos os colaboradores.

Em seguida, são descritas algumas das ferramentas *Lean* mais relevantes para este projeto.

### ***Value Stream Mapping (VSM)***

O VSM é uma ferramenta *Lean* de análise e diagnóstico que representa visualmente a cadeia de valor de um produto ou família de produtos. Esta ferramenta tem como principais objetivos a identificação dos tipos de desperdícios existentes na cadeia de valor e a tomada de medidas para os eliminar (Rother & Shook., 1999).

A meta que se pretende alcançar é a obtenção de um fluxo contínuo, orientado pelas necessidades dos clientes, desde a matéria-prima até ao produto final. O grande diferencial do VSM é reduzir significativamente e de forma simples a complexidade do sistema produtivo e ainda oferecer um conjunto de diretrizes para a análise de possíveis melhorias.

Segundo Rother & Shook (1999), para a implementação do VSM é preciso proceder aos seguintes passos:

1. Identificar as famílias dos produtos: um grupo de produtos que passam por etapas semelhantes de processamento e utilizam equipamentos similares;
2. Elaborar o VSM da situação atual: desenhar o estado atual do fluxo de valor;
3. Elaborar o VSM para a situação futura: com base no mapeamento do estado atual, projeta-se o futuro. As setas entre os dois estados têm um duplo sentido. Ao se

desenhar o estado futuro realçam-se algumas informações do estado atual e dá-se importância a informações que anteriormente passavam despercebidas;

4. Elaborar o plano de trabalhos: um plano de implementação com base no que se pretende atingir no estado futuro;

5. Implementar.

Quando este estado futuro se tornar realidade, um novo mapa deverá ser realizado, formando um ciclo de melhoria contínua no nível de fluxo de valor (Rother & Shook, 1999).

A visualização do mapa de fluxo de valor é realizada sempre de trás para frente, ou seja, do cliente para o fornecedor, com a finalidade de eliminar as influências no próprio processo, garantindo que o fluxo seja realizado em favor da produção.

### **Metodologia 5S**

A metodologia 5S foi desenvolvida no Japão baseando-se em cinco etapas. Os 5S são uma prática de gestão do ambiente de trabalho com o intuito de o manter limpo, organizado e funcional, bem como facilitar o controlo visual e futuras implementações *Lean* (Wilson, 2009). A origem da metodologia 5S remonta a 1950, logo após a segunda guerra mundial, tendo sido desenvolvida por Kaoru Ishikawa. Trata-se de uma metodologia simples, com conceitos eficazes e que proporcionam benefícios para as organizações, através da eliminação ou redução de desperdícios, defeitos ou excessos, diminuição de acidentes de trabalho e/ou erros (Liker, 2004).

A sigla 5S tem a sua origem em cinco palavras japonesas que começam com a letra S e, que representam os cinco pilares desta ferramenta (Imai, 1991):

- **Seiri** (separar)

Separar o que é necessário do que não o é e, remover os materiais desnecessários. Manter apenas os itens essenciais. Quanto mais frequentemente os objetos forem usados, mais próximos do posto de trabalho se devem encontrar;

- **Seiton** (organizar)

Definição do local indicado para cada item. O objetivo é identificar e arrumar tudo, para que qualquer pessoa possa facilmente localizar o que precisa e a visualização seja facilitada, através de nomenclatura padronizada e disponível a todos os colaboradores de uma organização;

- **Seiso** (limpar)

Limpar e inspecionar os locais de trabalho. O ambiente limpo traduz qualidade e segurança;

- **Seiketsu** (normalizar)

Criar normas e procedimentos normalizados, de forma a garantir o cumprimento dos três primeiros S's;

- **Shitsuke** (disciplinar)

Incentivar a melhoria contínua, a integração de todas as partes envolvidas, o cumprimento dos procedimentos operacionais e os padrões éticos da instituição. A autodisciplina exige consciência e um constante aperfeiçoamento de todos no ambiente de trabalho. A consciência da qualidade é essencial.

Apesar de ser uma metodologia geralmente conhecida por parte das empresas é, muitas vezes, subestimada. Segundo um estudo realizado pela *Toyota* e *Honda*, estima-se que entre 25% a 30% dos defeitos de qualidade estarão diretamente relacionados com a segurança, limpeza e ordem no posto de trabalho (Henderson, 1999).

Os objetivos principais desta ferramenta são: melhorar a qualidade dos produtos e/ou serviços, melhorar o ambiente de trabalho e de atendimento ao cliente, melhorar a qualidade de vida dos funcionários, educar para a simplicidade de atos e ações; maximizar o aproveitamento dos recursos disponíveis, reduzir gastos e desperdícios, otimizar o espaço físico, reduzir e prevenir acidentes, melhorar as relações humanas e aumentar a autoestima dos funcionários. Para que tal se verifique é necessário assegurar arrumação, organização e limpeza no espaço de trabalho, de modo a criar um ambiente saudável e a aumentar a produtividade (Osada, 1991).

A metodologia 5S é uma ferramenta de simples aplicação, contudo difícil de se respeitar. O sucesso desta depende do rigor e empenho dos colaboradores.

Estas etapas devem ser sequenciais e contínuas.

Os 5S são, sobretudo, um processo que deve envolver todos os agentes produtivos, que deve mudar hábitos e atitudes terminando com a resistência, favorecendo a mudança e a melhoria contínua, apoiada numa normalização rigorosa (Warwood & Knowles, 2004).

## **Gestão Visual**

A gestão visual é uma ferramenta *Lean* aplicada nos locais de trabalho, equipando-os com dispositivos visuais com o objetivo de sinalizar, informar ou delimitar (Shingo, 1989).

A metodologia de implementação da gestão visual poderá ser através do trabalho normalizado, da identificação dos espaços, da delimitação de áreas, de quadros informativos e aplicação de sistemas específicos nos locais de trabalho.

A gestão visual pretende ser uma ferramenta de fácil aplicação, procurando a simplificação do processo pelo intermédio da exposição de informações (Pinto, 2009).

O tipo de informação que se espera encontrar inclui gráficos de desempenho, matrizes de competências, trabalho normalizado, registos sobre a taxa absentismo, higiene e segurança, entre outros (Hines et al., 2011).

Segundo Pinto (2009), a maior vantagem da aplicação desta ferramenta é o auxílio, a gestão e controlo de processos, possibilitando a eliminação de possíveis desperdícios.

Posto isto, verifica-se que a utilização de indicadores visuais e sinalizadores facilitam a comunicação entre as pessoas e a identificação de problemas e necessidades.

## **Standard Work**

O *Standard Work* ou trabalho normalizado caracteriza-se como a documentação de sequências de operações que as máquinas e as ferramentas devem cumprir e em que momento (Monden, 1998).

Esta ferramenta é constituída pelos três seguintes elementos chave (Monden, 1998):

- **Standard Work Cycle** - Tempo de ciclo normalizado

Tempo de ciclo de produção de um produto, de modo a responder à procura;

- **Standard Work Sequence** - Sequência de trabalho normalizado

Conjunto de tarefas sequenciadas, representativas da melhor e mais segura forma de executar o trabalho;

- **Standard Work in Process (WIP)** - inventário WIP normalizado

Quantidade mínima de *stock*, para assegurar a produção, sem tempos improdutivos e com fluxo contínuo.

Com a aplicação desta ferramenta, os indicadores de produtividade melhoram e a qualidade e a segurança do colaborador sobem, pois, ao realizar as tarefas sempre da mesma forma ocorre a diminuição dos erros (Monden, 1998). O trabalho normalizado permite a redução dos desvios e o aumento da previsibilidade, permitindo assim garantir uma maior consistência das operações e menores custos (Pinto, 2009).

### **Diagrama de *Spaghetti***

O diagrama de *Spaghetti* auxilia na definição de um *layout* industrial ou administrativo. É utilizado para representar as distâncias percorridas numa atividade laboral. Assim, torna-se mais fácil a deteção de desperdícios e a posterior atuação.

Considera-se esta ferramenta como uma ferramenta simples, contudo poderosa, uma vez que, com o desenho, torna-se mais simples a visualização dos desperdícios provocados pelos movimentos e pelos transportes, criando oportunidades de redução dos mesmos (Tanco, Santos, Rodriguez, & Reich, 2013).

A implementação de *Lean Production* nas empresas é uma realidade que se verifica em vários tipos de empresa, desde empresas de bens (atravessando todos os setores industriais) até às empresas de serviços (Liker & Morgan, 2006). Esta implementação traz, normalmente, benefícios para as empresas embora seja possível encontrar na literatura autores que apontam alguns problemas relacionados com aspetos ergonómicos (Arezes et al., 2010).

## **2.2 Ergonomia**

A Ergonomia, também conhecida como *human factors* (fatores humanos), é uma disciplina científica que estuda as interações dos homens com outros elementos do sistema, com o objetivo de melhorar o bem-estar humano e o desempenho global do sistema (IEA, 2010).

O nome Ergonomia deriva de duas palavras gregas: ERGOS (trabalho) e NOMOS (leis, normas e regras). Etimologicamente o vocábulo Ergonomia não especifica claramente o objeto desta disciplina.

Adaptado oficialmente em 1947, aquando da criação da primeira sociedade de Ergonomia (Ergonomics Research Society (ERS)) o vocábulo ergonomia exprime o estudo científico do homem e do seu trabalho, e “(...) foi utilizada pela primeira vez pelo investigador polaco *Wojciceh Jastrzebowski* que, em 1857, a definiu como uma ciência” (Rebelo, 2004, p.18).

Wisner (1987, p.38) considera que Ergonomia é: o conjunto dos conhecimentos científicos relativos ao homem e necessários para a conceção de ferramentas, máquinas e dispositivos que possam ser utilizados com o máximo de conforto, de segurança e de eficácia.

Para Chapanis (1994), Ergonomia é o estudo sobre as capacidades, limitações e outras características humanas que são relevantes para o *design*. Já o projeto ergonómico é a aplicação do conhecimento ergonómico ao *design* de ferramentas, máquinas, sistemas, tarefas, trabalho e ambientes para o uso humano seguro, confortável e efetivo.

A Organização Internacional do Trabalho (OIT) define ergonomia como a aplicação das ciências biológicas conjuntamente com as ciências da engenharia para conseguir o ótimo ajustamento do ser humano ao seu trabalho e assegurar, simultaneamente, eficiência e bem-estar.

Para Wilson (2000), ergonomia é a compreensão teórica e fundamental do comportamento e desempenho humano em sistemas sociotécnicos interativos propostos e a aplicação desse entendimento ao *design* de interações no contexto de configurações reais.

Abranches (2005, p.235) acrescenta que a ergonomia tem um carácter interdisciplinar, atendendo a que *“utiliza os conceitos de saúde, de anatomia, de fisiologia, psicologia, linguística, bem como da arquitetura, antropometria, biomecânica, toxicologia, desenho industrial e informática, para realizar estudos, in loco, das atividades do trabalho”*. Assim, a ergonomia é entendida como o domínio científico e tecnológico multidisciplinar, interdisciplinar e transdisciplinar que se ocupa da otimização das condições de trabalho. Visa de forma integrada, por um lado, a segurança, a saúde e o conforto do colaborador e, por outro, a eficiência do sistema de trabalho, traduzida na qualidade e quantidade da produção. De forma sintética, podemos diferenciar o seu âmbito de ação em ergonomia de produção e ergonomia de produto; a primeira *“está vocacionada para o estudo e adaptação das condições de trabalho às necessidades e características e limitações dos colaboradores, em termos organizacionais, físicos e ambientais”* e a segunda é uma *“disciplina que disponibiliza metodologias que permitem guiar as escolhas estratégicas do desenvolvimento de um produto”* (Rebelo 2004, p.16).

A ergonomia tem como objetivo modificar os sistemas de trabalho para adequar a atividade nele existente, às características, habilidades e limitações das pessoas com vista ao seu desempenho eficiente, confortável e seguro (Abergo, 2000). Assim, tem como foco a otimização da interação entre o homem e o meio que o rodeia, segundo critérios de eficácia,

eficiência, segurança e conforto. Deste modo, é fundamental identificar os riscos e os perigos para a saúde do colaborador de forma a controlá-los, elimina-los e /ou reduzi-los. A análise ergonómica é feita de forma integrada, tendo em conta o Homem, os instrumentos, o espaço de trabalho, o ambiente físico e a organização do trabalho (Castillo & Villena, 2005).

Contudo, se a meta principal da ergonomia é adaptar o trabalho ao Homem, colocam-se três questões principais: qual homem? Qual trabalho? Sob quais condições o trabalho se realiza? Assim, a tarefa do ergonomista é compreender o trabalho para transformá-lo, visando construir uma solução de compromisso entre o bem-estar do sujeito, a segurança das pessoas, bem como, dos meios de produção, a eficiência e a produtividade no trabalho.

### 2.2.1 História da ergonomia

Existe uma grande dificuldade em relatar as etapas históricas dentro do âmbito geográfico e a participação de seus precursores nessas fases.

Desde a Antiguidade que a forma de trabalho é motivo de estudos e de preocupações para a sociedade. A simplificação e a preparação do trabalho provavelmente foram de grande importância, sem as quais, possivelmente, não existiriam as grandiosas realizações de egípcios, persas, gregos e romanos.

O nascimento formal da ergonomia é historicamente recente e tem como marco principal a segunda guerra mundial. No decorrer da mesma, novas tecnologias em armas, submarinos e aviões foram rapidamente desenvolvidas, sem nenhuma preocupação com a adaptação dos soldados aos novos equipamentos, ocorrendo, conseqüentemente mortes desnecessárias. Especialistas de diferentes áreas (psicologia, medicina e engenharia) foram chamados para adaptar instrumentos bélicos às características dos colaboradores e às exigências da tarefa, dado que estes se encontravam a atuar em condições desfavoráveis, visando maior conforto, segurança e eficácia. Esta intervenção interdisciplinar foi um sucesso e deu origem à primeira associação de ergonomia, a ERS, na Inglaterra, em 1949. Nos EUA, foi criada a associação que deu origem ao termo *Human Factors*, a *Human Factors Society*, em 1957, termo utilizado até aos dias atuais (Iida, 1998).

Posteriormente, com o Programa de Corrida Espacial e a Guerra Fria entre a União das Republicas Socialistas Soviéticas e os Estados Unidos da América, a Ergonomia ganha impressionante avanço com a *National Aeronautics and Space Administration*. Com o enorme

desenvolvimento tecnológico divulgado por esta, a Ergonomia rapidamente se disseminou pelas indústrias de toda a América do Norte e Europa.

As discussões sobre o que era de maior importância – a pesquisa ergonómica e a divulgação dos seus resultados ou o desenvolvimento e aplicação da ergonomia na indústria – de certa forma fizeram com que ambas as coisas acontecessem e evoluíssem. Atualmente, a IEA contribui de forma decisiva para a expansão da ergonomia em todo o mundo.

A Ergonomia abrange uma vasta gama de assuntos físicos, cognitivos e organizacionais envolvidos na conceção de sistemas, que correspondem às suas principais áreas de especialização (Carayon et al., 2013). Estas três áreas são definidas de seguida, (IEA, 2000):

**Ergonomia física** – incide na compatibilidade entre as características anatómicas, antropométricas, fisiológicas e biomecânicas humanas e os parâmetros estáticos e dinâmicos do trabalho físico. Os seus tópicos de estudo mais relevantes incluem as posturas de trabalho, a movimentação manual de cargas, os movimentos repetitivos, os *layouts*, as lesões músculo-esqueléticas relacionadas com o trabalho (LMERT) e a saúde e segurança;

**Ergonomia cognitiva** – incide nos processos mentais, tais como a perceção, o processamento humano da informação e a resposta motora, na vertente relacionada com as interações humanas com os outros elementos de um sistema. Os tópicos de estudo mais relevantes incluem a perceção, a atenção, a carga de trabalho, a tomada de decisão, a resposta motora, as competências, a memória e a aprendizagem, nos aspetos relacionados com a conceção de sistemas centrados no homem;

**Ergonomia organizacional** – incide na otimização dos sistemas de trabalho, incluindo as suas estruturas organizacionais, políticas e os processos. Os tópicos de estudo mais relevantes incluem as considerações homem-sistema nas vertentes da comunicação, da gestão de recursos humanos, da conceção e gestão do trabalho, do trabalho em grupo, entre outros.

A Ergonomia abrange vários aspetos do trabalho, relacionados com o sistema homem-máquina. Assim sendo, há elementos importantes que merecem ser analisados para a melhoria das condições de trabalho (Iida, 2005):

**O homem:** características físicas, fisiológicas, psicológicas e sociais; aspetos ligados ao sexo, idade, motivação e treino;

**A máquina:** equipamentos, ferramentas, mobiliário e instalações;

**O ambiente físico:** temperatura, ruído, vibrações, luz, cores, gases, etc.;

**Informação:** comunicação entre os elementos do sistema;

**Organização:** horários, turnos, formação de equipas;

**Consequências do trabalho:** erros, acidentes, gastos energéticos, fadiga, stress, entre outros.

### 2.2.2 Métodos de Análise em Ergonomia

Uma análise ergonómica dos postos de trabalho deve descrever, detalhar e analisar os fatores de risco (por exemplo, físicos, químicos, biológicos, atividade de trabalho, organizacionais/psicossociais) presentes no local de trabalho. Em paralelo, podem utilizar-se algumas metodologias que foram concebidas com o objetivo de quantificar o risco de patologias associadas à falta de cuidado com aspetos ergonómicos, assim como de obter o diagnóstico da situação.

As LMERT traduzem quadros clínicos de origem ocupacional, decorrentes de distúrbios funcionais, inflamatórios e/ou degenerativos resultantes de fadiga localizada. Estas lesões são caracterizadas por sintomas como dor, parestesias, perda de coordenação e perda de força (Uva et al., 2008). As LMERT têm origem em movimentos repetitivos, em posturas inadequadas prolongadas e na sobrecarga muscular estática, entre outros. De acordo com um estudo de O'Neil et al. (2001), o número médio de dias de falta ao trabalho por causa de LMERT é o triplo do número médio de dias de trabalho perdidos para todos os outros tipos de lesões associadas ao trabalho. Assim, estes tipos de lesões não se encontram apenas relacionadas com morbilidade pessoal e custos diretos para o sistema de saúde, mas também com uma considerável perda de produtividade e de eficiência, uma vez que, também se verificam gastos com absentismo, indemnizações, tratamento, processos de regresso ao trabalho ou de reintegração (O'Neil et al., 2001).

Os modelos de análise ergonómica são, normalmente, realizados em contexto ocupacional, visando unicamente os profissionais e a sua envolvência (Staton et al., 2005). Os aspetos ergonómicos mais frequentemente estudados incluem a iluminação, o ruído e o controlo do ruído, o mobiliário e os *layout* (Vischer, 2007).

A análise dos sistemas de trabalho é essencial para melhorar as condições de trabalho, a segurança e a produtividade, uma vez que permite uma melhor atribuição de funções e equipamentos aos colaboradores. A utilização de *checklists* e de questionários são uma das formas mais simples de recolha de informação sobre os postos de trabalho, dando-nos uma visão geral dos aspetos ergonómicos mais críticos. A *checklist* utilizada neste trabalho será descrita no capítulo 4.2.4.

Existem diversos métodos de análise dos postos de trabalho, desenvolvidos ao longo das últimas décadas (Chiasson et al., 2015), sendo que um dos métodos mais utilizados é o EWA. Desenvolvido pelo *Finish Institute of Occupational Health* (FIOH, 1989), as bases teóricas deste método provêm da filosofia do trabalho, da biomecânica ocupacional, da psicologia, da higiene industrial e de um modelo sociotécnico de organização do trabalho largamente consensual nos países mais evoluídos (Costa, 2006).

O método semi-quantitativo *Ergonomics Workplace Analysis* (EWA) foi concebido para ser usado como uma ferramenta de análise mais detalhada, estando o seu conteúdo e estrutura mais adequados para atividades industriais manuais e tarefas de manipulação de materiais (Costa, 2006). Este método permite identificar potenciais problemas e conceber propostas de melhoria, determinando-se desta forma os processos de mudança a implementar.

Segundo Ahonen et al. (1989), este método caracteriza-se não só pelo seu carácter flexível, no que se refere aos elementos na relação dos itens avaliados - inclusão ou exclusão, mas também pela sua essência duplo avaliativa, devido ao facto de considerar as ponderações tanto do profissional avaliador como do colaborador.

Neste método, o local de trabalho é analisado sob catorze itens, correspondentes a fatores relacionados com o trabalho, tais como saúde, segurança e produtividade do posto de trabalho.

Os itens básicos são os seguintes:

- Área de trabalho (área horizontal, alturas de trabalho, visão, espaço para as pernas, assento, ferramentas manuais, outros equipamentos e utensílios);
- Atividade física geral;
- Levantamento de cargas;
- Posturas de trabalho e movimentos;
- Risco de acidente (extensão do risco, severidade, tipo de risco);

- Conteúdo do trabalho;
- Restrições no trabalho;
- Comunicação entre colaboradores e contatos pessoais;
- Tomada de decisão;
- Repetitividade do trabalho;
- Atenção;
- Iluminação;
- Temperatura ambiente;
- Ruído ambiental.

No entanto, nem todos os fatores têm de ser avaliados, uma vez que podem não estar adequadamente estruturados e classificados, ou não possuir bases teóricas consensuais no referido local. Por outro lado, é possível adicionar itens de acordo com as competências e necessidades do objeto de estudo da avaliação.

### **Biomecânica ocupacional**

A biomecânica é a ciência que estuda as forças e os seus momentos, o transporte e manuseamento de cargas, bem como as posturas adotadas para a aplicação destas forças. A biomecânica é um corpo interdisciplinar de conhecimentos acerca dos fatores que influenciam e controlam o movimento humano. Inclui os conhecimentos da mecânica e aplica-os ao corpo humano para o cálculo dos momentos de forças (Costa, 2004).

Segundo Costa (2004), a biomecânica desempenha um papel importante no estudo e otimização do desempenho humano no trabalho, em particular na análise das tarefas de manipulação de cargas e das posturas assumidas pelas pessoas durante o trabalho. Se restringirmos esta aplicação à análise das situações de trabalho, estaremos a falar da designada “Biomecânica Ocupacional”.

A capacidade para exercer força depende em grande parte da postura, isto é, os membros ou partes do corpo envolvidas devem ser utilizados na posição de maior vantagem mecânica, senão a sua capacidade útil será fortemente reduzida. Esta dependência é tão importante, ao ponto de as diferenças de força resultantes de posturas inadequadas poderem superar largamente as naturais diferenças de capacidade muscular entre indivíduos.

No contexto da Ergonomia, são particularmente importantes as dores nas regiões lombar cervical e nos ombros e as lesões resultantes de esforços repetitivos do pulso e antebraço.

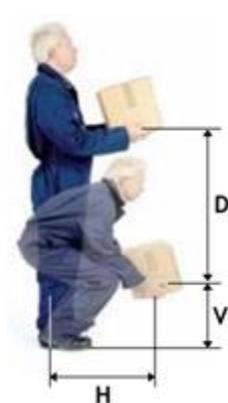
A ferramenta NIOSH é uma equação que, por meio da determinação de alguns fatores do posto de trabalho, calcula um limite de peso recomendado, para um dado produto, que o colaborador pode manipular (elevar/baixar) sem risco de lesão musculoesquelética (Waters et al., 1994). O Peso-Limite Recomendado (PLR) é o produto e resultado da referida equação. Com o PLR calculado, é possível determinar o índice de levantamento, caracterizado pelo quociente entre o peso real da carga levantada e o limite de peso recomendado, Figura 7 (NIOSH, 1994).

A equação NIOSH consiste na multiplicação de uma constante de carga (23 kg) por 6 multiplicadores de natureza horizontal, vertical, da distância percorrida, de assimetria, da pega e da frequência. Para o cálculo do peso limite recomendado (PLR) e respetivos multiplicadores utilizam-se a seguintes fórmula (Equação 2):

$$PLR = CC * MH * MV * MD * MA * MP * MF (kg) \quad (2)$$

Constante de carga	<b>CC = 23 Kg</b>
Multiplicador horizontal	$MH = 25/H$
Multiplicador vertical	$MV = 1 - (0.003) *  V - 75 $
Multiplicador da distância percorrida	$MD = 0.82 + \left(\frac{4.5}{D}\right)$
Multiplicador de assimetria (rotação do tronco)	$MA = 1 - (0.0032 * A)$
Multiplicador da pega	MP = Valor dependente da qualidade da pega
Multiplicador da frequência	MF = Valor dependente da frequência das elevações

Cada multiplicador está associado a uma variável cujas definições se encontram na Figura 7:



Variável	Descrição
<b>H</b>	Distância horizontal entre as mãos e a vertical passando pelos tornozelos no início da elevação
<b>V</b>	Altura a que é iniciada a elevação
<b>D</b>	Distância percorrida desde o ponto em que teve início a elevação até onde foi depositado o objeto
<b>A</b>	Corresponde ao ângulo de rotação do tronco do movimento em relação ao plano sagital
<b>P</b>	Tipo de pegas existentes para a preensão dos objetos a elevar
<b>F</b>	Frequência média de elevações

Figura 7: Principais distâncias consideradas na equação NIOSH'91.

### 2.3 Produtividade dos postos de trabalho: *Lean* e ergonomia

Os benefícios resultantes da adoção de sistemas *Lean* que, na generalidade englobam a melhoria da qualidade do produto, o aumento da produtividade e da capacidade de resposta ao cliente e a redução dos custos de produção, são reconhecidos por diversos autores (Hines et al., 2004; Melton, 2005; Womack et al., 1990). No entanto, o mesmo não acontece quando são considerados os seus impactos nas condições de trabalho. De acordo com Seppala & Klemola (2004), os princípios *Lean Production* são controversos do ponto de vista do bem-estar humano.

Segundo Nunes e Machado (2007), a implementação de novos paradigmas de produção tal como o *Lean*, reduzem os tempos de ciclo e a variedade do trabalho e, por isso, tendem a aumentar as tensões, físicas e psicológicas, nos colaboradores. Os processos *Lean* podem tornar os trabalhos altamente repetitivos, à medida que se eliminam períodos de descanso críticos dos colaboradores. Os trabalhos repetitivos manifestam-se nos colaboradores através de posturas stressantes e esforços elevados, repetidos constantemente ao longo do dia de trabalho (Kester, 2013).

De acordo com um estudo realizado por Brannmark e Hakansson (2012) existe uma tendência para o aumento do risco de LMERT associada à implementação de sistemas *Lean*. Aumento que é acentuado se o processo de implementação não incluir um programa de intervenção ergonómica.

Assim, a ergonomia pode contribuir para solucionar um grande número de problemas relacionados com a saúde, segurança, conforto e eficácia. Durante a aplicação de princípios *Lean* deve haver preocupação em assegurar-se que não haverá consequências negativas para os colaboradores, tal como situações que afetem a sua saúde, segurança e bem-estar.

Tem que existir um equilíbrio entre eliminação de desperdícios e garantia de condições ótimas de trabalho para os colaboradores de uma empresa. É importante não desprezar a importância de boas condições do espaço de trabalho que tem um grande impacto positivo sobre a capacidade produtiva dos colaboradores, assim como, na motivação e no estado de saúde dos mesmos. Sendo o *Lean Production* um modelo organizacional amplamente conhecido e largamente aplicado nos mais diversos tipos de indústrias e serviços, torna-se importante o diagnóstico, avaliação e medição das condições de trabalho antes e depois da sua implementação (Nunes & Machado, 2007).

Para garantir que a Ergonomia é um componente-chave do *Lean*, a equipa deve tornar a Ergonomia e a Segurança dois dos seus valores fundamentais, tal como são a redução de desperdício e a criação de valor (Kester, 2013). De salientar que, atualmente, algumas práticas *Lean* já compreendem a aplicação de princípios ergonómicos, tais como, os 5S, *Kanbans*, *Standard Work*, entre outros.

Existe uma relação de interação entre *performance* e bem-estar: a *performance* influencia o bem-estar e o bem-estar influencia a *performance*, tanto a curto como a longo prazo (Figura 8). Para além disso, os princípios subjacentes à ergonomia também podem ser utilizados para melhorar a produtividade.

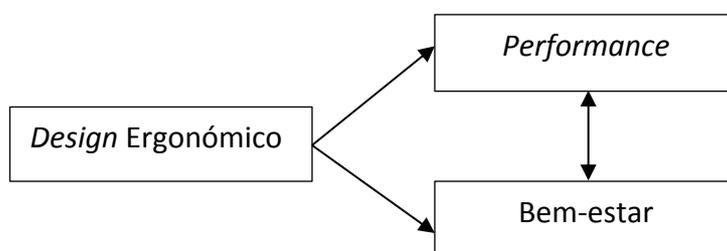


Figura 8: O efeito do *design* ergonómico na performance e no bem-estar (Dul et al., 2012).

Na Tabela 1, com base na tabela de Elias & Merino (2007), apresentam-se sintetizados os principais aspetos ergonómicos e benefícios envolvidos na aplicação de técnicas e/ou sistemas de *Lean Production*, assim como os autores que os referem.

Tabela 1: Aspetos ergonómicos e benefícios envolvidos nas técnicas de *Lean Production* (baseada em Elias & Merino, 2007).

Técnica/Sistema	Principais aspetos ergonómicos e benefícios	Autores
5S	Mais responsabilidade aos colaboradores; menos acidentes pela confusão no posto de trabalho; menor esforço; menor fadiga; menos stress e menos frustração; mais moral.	Monden (1983)
Sistema Kanban	Uso de cores no ambiente de trabalho; enriquecimento do trabalho; maior autonomia; maior motivação.	Pace (2003)

<b>Técnica/Sistema</b>	<b>Principais aspetos ergonómicos e benéficos</b>	<b>Autores</b>
<b>Gestão visual</b>	Facilidade de compreensão dos avisos através do tamanho adequado de letras e números e combinação de cores (gestão à vista); identificação imediata da fonte do problema que pode causar insatisfação, mas também constrangimento; identificação das competências das pessoas através de matriz de “ <i>skills</i> ”, indicadores de desempenho conhecidos por todos os colaboradores.	-
<b>Standard Work</b>	Procura pela melhoria contínua, pois o trabalho normalizado pode ser melhorado; instruções de trabalho documentadas e visualizadas para facilitar a compreensão das tarefas normalizadas. Isto causará menos stress de não saber o que fazer ou como fazer a tarefa seguinte.	Liker (2005)

Num estudo sobre uma linha de montagem efetuado por Resnick e Zanotti (1998), os resultados indicam que os postos de trabalho podem ser projetados para maximizar o desempenho e minimizar custos considerando tanto o nível de ergonomia como a produtividade.

De acordo com Pritchard (1992), a produtividade pode ser entendida como uma medida dos resultados em relação aos objetivos (eficácia), ou dos resultados em relação aos *inputs* (eficiência).

O principal objetivo de uma organização é o aumento da produtividade e, conseqüentemente, o lucro. Para isso, é necessário a adoção de uma metodologia para eliminar o desperdício e alcançar o sucesso, tendo como foco a melhoria contínua.

A qualidade do trabalho é, sem dúvida, influenciada pelas suas condições. Portanto, os ambientes devem ser higiénicos e limpos, devem ter boas condições de temperatura, iluminação e ruído, ergonomia e as pessoas devem trabalhar motivadas. Sobretudo, deve existir um trabalho com espírito de equipa e com objetivos em comum para se atingir o sucesso da organização.



### 3. A EMPRESA E PROCESSOS DE MONTAGEM DO PRODUTO *FLUOFIX*

A presente dissertação foi realizada na Efacec Energia, Máquinas e Equipamentos Elétricos S.A., uma empresa com vasta presença internacional com tecnologia própria nas áreas de produtos de Energia, Sistemas e Mobilidade. Neste capítulo, será efetuada uma apresentação do grupo Efacec. Procede-se a uma descrição da empresa, e dá-se foco à unidade fabril AMT no polo da Arroiteia e aos produtos aí fabricados, dando especial destaque ao produto em análise (*Fluofix*).

#### 3.1 Apresentação da empresa

A empresa onde foi realizado este projeto foi fundada em 1948, mas a sua origem remonta a 1905, ano em que foi fundada “A Moderna” Sociedade de Serração Mecânica. Em 1921 “A Moderna” dá origem à Electro-Moderna, Lda., empresa já dedicada à produção de “motores, geradores, transformadores e acessórios elétricos” e onde se criaram as competências necessárias para suportar os grandes desenvolvimentos futuros do que viria a ser a Efacec.

A 12 de Agosto de 1948 surge a Empresa Fabril de Máquinas Elétricas, SARL (EFME).

O capital da empresa estava então distribuído entre a Electro-Moderna, com 20%, os *Ateliers de Constructions Électriques de Charleroi* com igual valor (ACEC), a Companhia União Fabril (CUF) com 45% e os restantes 15% distribuídos por outros acionistas. Após diversas alterações na distribuição do capital, nomeadamente com a saída da CUF, os ACEC passaram a ser acionistas majoritários.

O nome Efacec– Empresa Fabril de Máquinas Elétricas, SARL, surge em 1962.

No final da década de sessenta a Efacec torna-se umas das primeiras empresas portuguesas cotadas na Bolsa de Valores de Lisboa.

Cerca de 25 anos depois, no contexto da integração na *Central and Eastern Europe* (CEE) e da saída do capital social da empresa, dos ACEC, até então sócio majoritário, iniciou-se um forte período de crescimento nos mercados internacionais e de consolidação do desenvolvimento tecnológico em vários domínios.

Já no século XXI, como resposta à crise económica e financeira que se verificou, foi adotado um novo posicionamento, que culminou no redimensionamento da estrutura internacional e

na simplificação do portefólio. Paralelamente, à alienação de alguns ativos e negócios considerados não nucleares para a Efacec, a empresa passou a designar-se Efacec Power Solutions, SA (EPS).

A constituição da EPS inseriu-se no processo de reestruturação da Efacec Capital, SGPS, S.A., a partir do final de 2013, com o objetivo de alinhar a estrutura societária do Grupo Efacec com os segmentos de mercado abordados e as geografias-alvo. A EPS foi constituída a 14 de Agosto de 2014 e tem como objeto a gestão de participações sociais como forma indireta de exercício de atividades económicas.

No final de 2014, a EPS passou a constituir, ela própria, um grupo de empresas que reúne todos os meios de produção, tecnologias e competências técnicas e humanas para o desenvolvimento de atividades. Constituída por 9 unidades de negócio, nos domínios das soluções de Energia (Transformadores, *Service*, Aparelhagem e Automação), Engenharia (*Contracting* e Ambiente) e Mobilidade (Transportes, Mobilidade Elétrica e Eletrónica de Potência), abrangendo ainda uma vasta rede de filiais, sucursais e agentes espalhados por quatro continentes.

Em outubro de 2015, a sociedade *Winterfell Industries* adquiriu a maioria do capital da EPS, sendo que os Grupos José de Mello e Têxtil Manuel Gonçalves passaram a deter uma posição minoritária no capital da empresa.

A Efacec é uma marca portuguesa com um perfil fortemente exportador, com presença em mais de 65 países, com tecnologia própria e capacidade inovadora, no qual centra a sua atividade nos polos da Arroteia, na Maia e em Lagoas *Park*, em Oeiras. Atualmente, a empresa tem sede em Leça do Balio no polo industrial da Arroteia (Figura 9).



Figura 9: Polo industrial da Efacec em Arroteia, Leça do Balio.

É neste local que se encontra a área de energia. Este polo divide-se em diferentes unidades, que albergam os diferentes sectores desta área, nomeadamente: as unidades fabris *Power Transformers* e AMT, bem como diferentes departamentos de apoio ao negócio (departamento de compras, recursos-humanos e *Service*). Este polo conta com cerca de 400 colaboradores, sendo que, em Portugal, existem cerca de 2000 colaboradores na Efacec. Durante o exercício de 2016, a Efacec alcançou um volume de receitas de 432 milhões de euros, com os mercados internacionais a representar 76% nas receitas e 78% de encomendas recebidas no período. No que se refere ao AMT, este apresentou um volume de receitas de 61.8 milhões de euros (Figura 10).

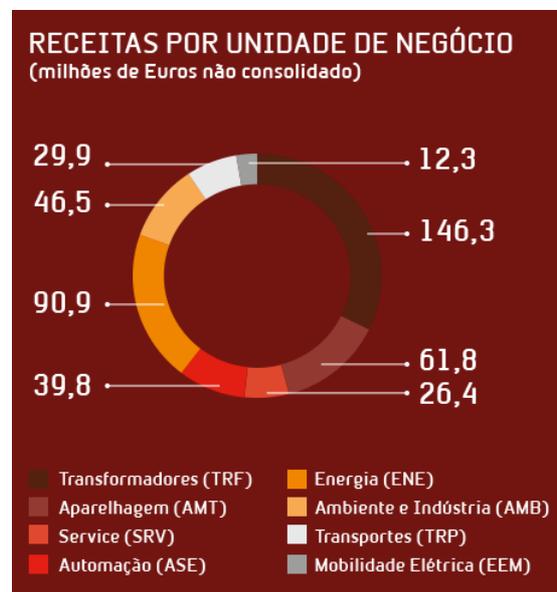


Figura 10: Receitas por unidade de negócio do grupo Efacec (fonte: Site Efacec)

### 3.2 Descrição dos produtos fabricados

No polo da Arroteia, a unidade fabril de AMT dedica-se ao desenvolvimento e produção de equipamentos para clientes nos setores de geração, transmissão e distribuição da energia. Os produtos de média tensão podem ser agrupados em duas categorias, consoante a sua função: produtos de distribuição primária, que atuam na fase da geração de energia (por exemplo em centrais hidroelétricas) e produtos de distribuição secundária, responsáveis pela distribuição. Existem ainda produtos de alta tensão responsáveis pela transmissão de energia. De forma esquemática, visualizam-se os vários produtos fabricados neste setor, de acordo com a sua função na Figura 11. O produto alvo deste estudo é o Fluofix, mais concretamente.

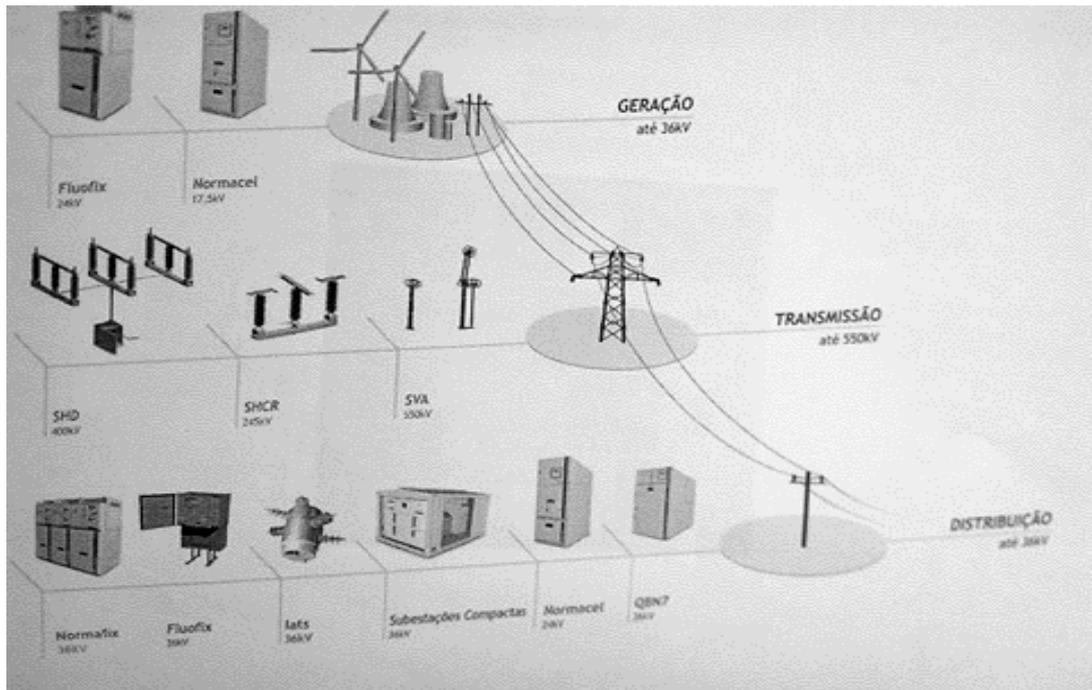


Figura 11: Representação esquemática dos vários produtos fabricados neste setor, de acordo com a sua função.

O *Fluofix* é um quadro do tipo compacto para interior, isolado em hexafluoreto de enxofre (SF6), que combina as seguintes funções: função linha com interruptor, seccionador, função transformador com fusíveis e função transformador com disjuntor. Uma das principais vantagens deste produto é a possibilidade de poder ligar várias funções num só *Fluofix*.

O *Fluofix* (também designado por cela) possui uma grande lista de produtos que pertencem a dois grupos: artigos de 24 kilovolts (kV) e artigos de 36 kV, que correspondem à colocação em redes de média tensão até 24kV ou 36kV, respetivamente. Na Figura 12, encontra-se um exemplo do *Fluofix*.



Figura 12: Exemplo de um *Fluofix*.

### 3.3 Descrição Geral do Sistema Produtivo

O processo de montagem do *Fluofix* está subdividido em 2 linhas de montagem, consoante o valor de kV do produto, sendo eles 24kV e 36 kV, referidos anteriormente. Cada uma das linhas é dividida em 4 postos de trabalho, existindo mais 2 situados na linha de 24 kV que montam artigos das 2 linhas. Os colaboradores destas linhas trabalham em turnos de 8 horas, 5 dias por semana, podendo nalgumas semanas ser solicitado aos colaboradores que exerçam funções ao sábado, com turnos entre 5 e 7 horas de duração, o que gera um acréscimo no custo de mão-de-obra (MDO) para a empresa. Na Figura 13 está representada parcialmente a linha *Fluofix*. Em cada turno está estipulado, pela empresa, um tempo de pausa de 46 minutos.



Figura 13: Linha de montagem *Fluofix* (parcial).

Nas linhas de montagem adota-se a filosofia de *One Piece Flow*.

A maioria do processo de montagem é efetuada manualmente pelos colaboradores. No entanto, a operação ensaio de fugas/enchimento de SF6 é executada por uma máquina (KONTIKAB – máquina onde é inserido o *Fluofix* para, inicialmente, verificar a existência de fugas na soldadura através de enchimento por hélio. De seguida, a máquina retira esse mesmo hélio do interior do *Fluofix* e inicia o processo de enchimento com o isolante elétrico), que requer a manipulação por um colaborador. Dada a variabilidade no volume de cada artigo *Fluofix*, o tempo de ciclo desta operação é variável.

Por fim, existe uma equipa de logística em toda a unidade AMT encarregue de assegurar a reposição atempada de todos os materiais necessários à montagem das unidades, sendo pedido aos colaboradores da linha, a colocação de caixas vazias em pontos de recolha para se dar a reposição dos artigos correspondentes a essas caixas.

### 3.4 Linha de Montagem *Fluofix*

Com as previsões do *Takt Time*, para o ano de 2017 (Anexo I), efetuou-se uma atualização na categorização e estimacão da quantidade e tipos de artigos necessários para corresponder à procura. Nesse estudo, concluiu-se que a quantidade de artigos iria diminuir consideravelmente, tanto em quantidade como em área de espaço físico ocupado. Com isto, verificou-se que seria possível melhorar a eficiência de utilização de espaço, passando a serem produzidas as duas famílias de artigos, 24kV e 36 kV, no espaço físico do *Fluofix* 24kV, o que representa uma redução de 34,50% do espaço físico. Atualmente, cada grupo possui uma zona de montagem diferente.

Neste capítulo serão abordadas as características e processos de montagem inerentes à linha do *Fluofix*, apresentando o *layout*, o fluxo de materiais, as tarefas dos colaboradores e a organização dos postos de trabalho.

### 3.5 Caraterização da linha de montagem

Uma secção de montagem deve estar organizada de forma a permitir uma fácil circulação de materiais e colaboradores, tendo em vista a produção eficaz e eficiente de um artigo.

#### 3.5.1 Processo de montagem, *layout* e fluxo de materiais na linha

O processo de montagem de um *Fluofix* decorre através da execução de operações numa determinada sequência. Antes de ser dado o início de montagem, é fornecido ao colaborador a ordem de produção e um documento de especificações do produto. A partir deste ponto, é iniciada a montagem da cela, fazendo-se o aprovisionamento da cuba, através de uma grua elevatória, numa chamada “ferramenta de montagem”, sendo este um carro que facilita o transporte e manuseamento pelo colaborador.

De seguida são descritas todas as operações de montagem do *Fluofix*.

**Montagem Inicial:** é feita a montagem dos componentes da cuba, a caixa superior do *Fluofix*. Os componentes de montagem nesta operação são, na sua maioria, peças de cobre, sendo por isso artigos mais pesados e que exigem maior esforço físico aos colaboradores. Esta fase termina com um ensaio de resistências aos *bushings*, pontos de passagem de corrente elétrica de dentro para fora da cuba e vice-versa.

**Ensaio de disjuntores:** esta operação é realizada quando, nas especificações do cliente, é solicitada a colocação de disjuntor (ação realizada na montagem inicial).

O ensaio de disjuntores é um teste de verificação de funcionalidade do mesmo, através de um teste de velocidades. De notar que esta operação é externa, quer à linha de montagem, quer aos colaboradores de *Fluofix*, sendo realizada pela linha de montagem de disjuntores do AMT.

**Soldadura:** selagem da cuba com uma chapa metálica através de aplicação da técnica de soldagem por *Tungsten Inert Gas* (TIG).

**Ensaio de fugas/enchimento de SF6:** a cuba já soldada é colocada na KONTIKAB, o processo, que realiza um teste de fugas, de modo a garantir que a cuba ficou bem selada. Se a cuba estiver conforme, isto é, se o produto não possuir pontos de fuga de gás, a máquina começa, de imediato, a encher o seu interior com o SF6, que serve de isolante elétrico. Concluído o processo, o colaborador que opera a máquina desloca o artigo para o posto de montagem final.

Se houver fugas, a cuba regressa à operação anterior, para reparação.

**Montagem Final:** a cuba é fixada à estrutura final, sendo montados os restantes componentes (de estrutura). Nesta fase, verifica-se uma maior customização do artigo, consoante as especificações do cliente.

**Eletrificação:** efetuam-se as ligações elétricas entre os vários componentes e opcionais, em concordância com a documentação referente ao projeto e/ou ordem de produção.

**Ensaio Final:** consiste em verificar encravamentos mecânicos, motorizações, bobinas de disparo, resistência dielétrica e disparo dos fusíveis. Caso se verifique a ocorrência de uma

não conformidade, ou seja, se o produto possuir alguma anomalia, a cela regressa à operação responsável pela correção da mesma. Concluído o ensaio, o produto final aprovado segue para a expedição, onde aguarda até que seja feito o carregamento para o cliente.

A Figura 14 esquematiza a sequência de operações efetuadas ao produto nas linhas 24 kV e 36kV (sequência igual).



Figura 14: Fluxograma de montagem das linhas 24 kV e 36kV.

No final de cada operação, o colaborador deve registar informaticamente, através do sistema AMTPro (sistema de armazenamento de registos e dados de toda a produção), o tempo de realização da mesma. Existem computadores, denominados quiosques, ao longo da linha de montagem.

Existem duas variantes que alteram, significativamente, o processo e o tempo de ciclo de montagem: a possibilidade de os produtos possuírem equipamento elétrico e disjuntores. Estas variantes existem nas duas linhas.

De forma a dar resposta ao processo de montagem, é necessário um *layout* que permita a fácil circulação do produto pelas várias operações. De seguida, está representado o *layout* atual das linhas de Fluofix 24KV (Figura 15, 16) e 36 KV (Figura 17). A explicação das cores, linhas e símbolos que surgem nestas figuras estão descritas na Figura 18.

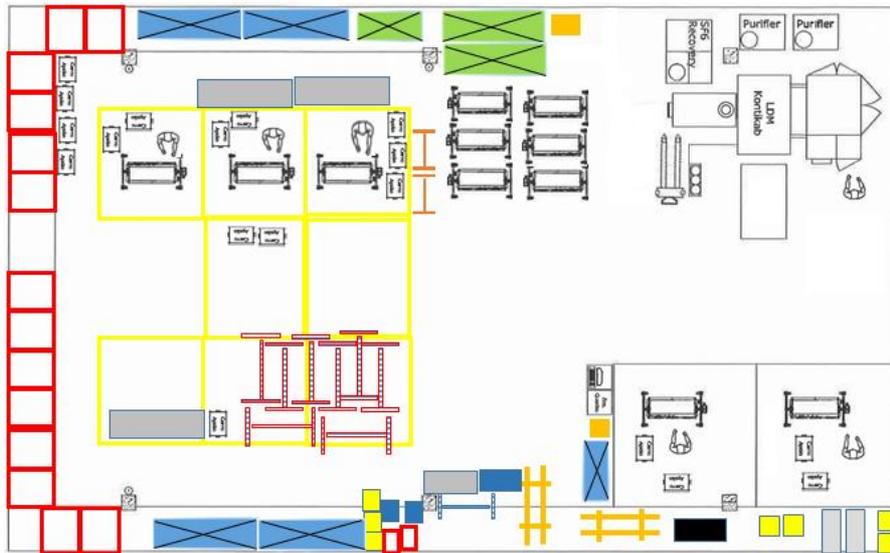


Figura 15: *Layout da primeira metade da linha Fluofix 24kV.*

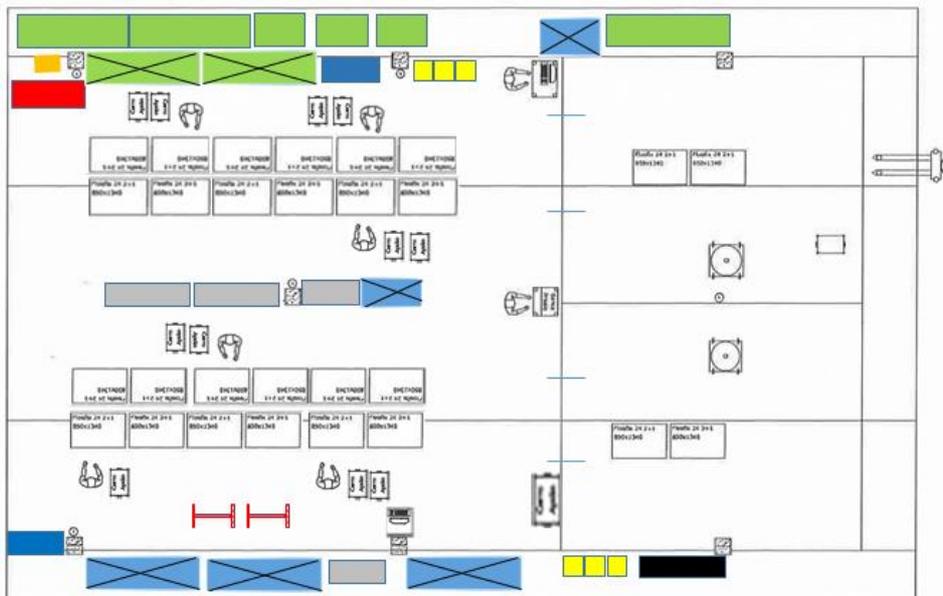


Figura 16: *Layout da segunda metade da linha Fluofix 24kV.*

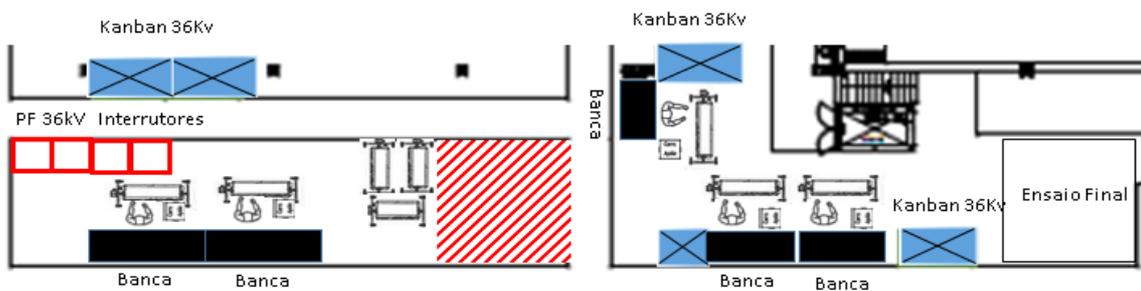


Figura 17: *Layout da linha Fluofix 36kV.*

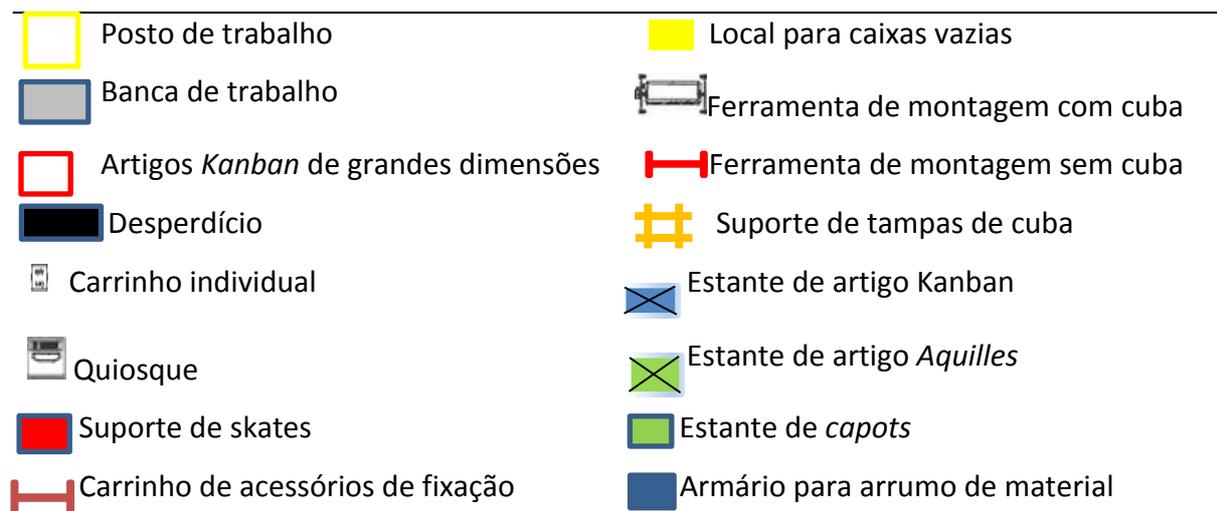


Figura 18: Legenda dos Layouts das linhas *Fluofix*.

Na linha 24 kV existem 8 postos de trabalho na montagem inicial, delimitados por linhas amarelas. Só na montagem inicial do *Fluofix* 24kV é que existem estes delimitadores de posto de trabalho. Existem bancas em diversos pontos das linhas que possuem tornos para ajudar nalguns processos de montagem. Também existem armários para guardar equipamento específico para a montagem do produto. Nas imagens também estão representadas as estantes de material consumível para montagem, os locais de colocação de caixas vazias para o sistema *Kanban* implementado na linha, carrinhos de suporte para acessórios de fixação, entre outros.

Através das Figuras 15, 16 e 17, é possível constatar uma série de falhas observáveis na linha que precisam de uma ação que as solucione, sendo elas as seguintes:

- Analisar e eliminar objetos obsoletos na linha, que até então seriam necessários (carrinhos, bancos, entre outros);
- Arranjar local para *stock* de ferramentas de montagem sem cuba;
- Organizar os recursos materiais de toda a linha.

São nestas linhas de montagem que ocorrem as operações descritas anteriormente neste capítulo. Na Figura 19 encontra-se esquematizado o local das operações e o fluxo de materiais entre as mesmas.

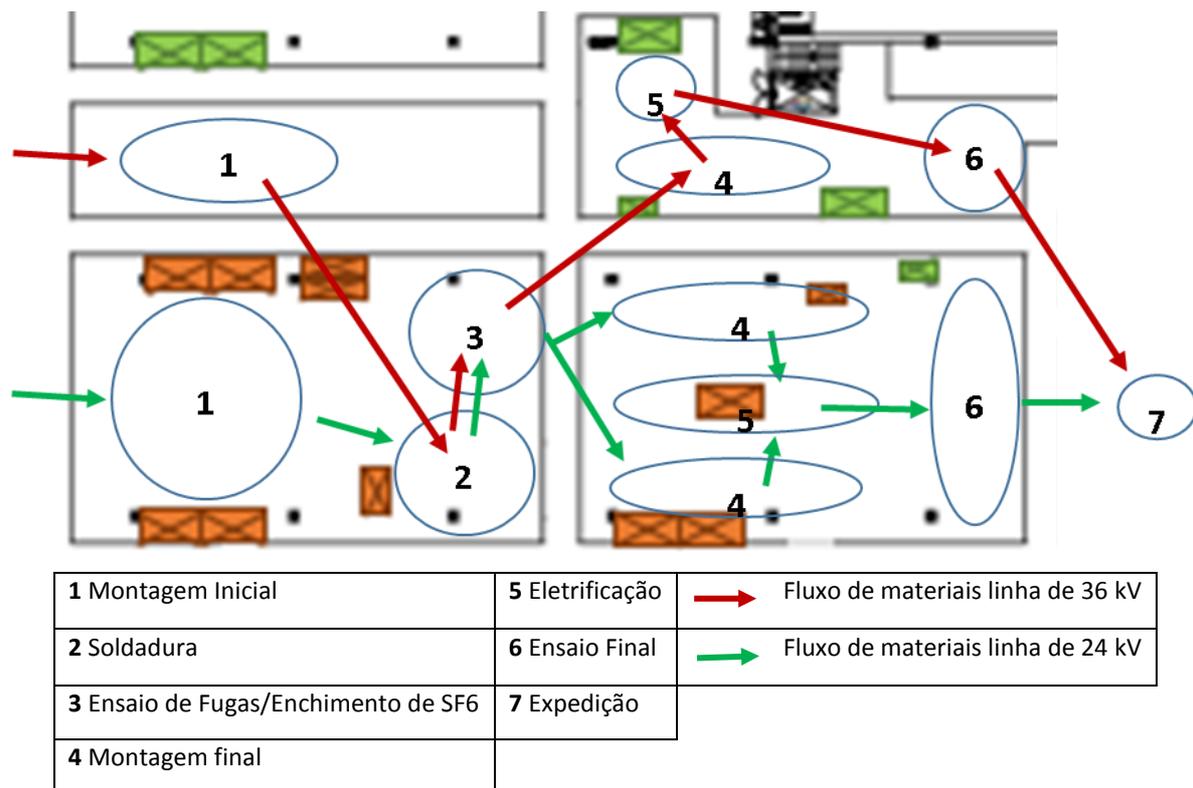


Figura 19: Fluxo de materiais na linha *Fluofix*.

Ao longo das linhas, existem zonas de transição entre operações, designadas por *buffer*, onde são colocados os artigos em fila de espera para a fase seguinte. Como se pode verificar na Figura 19 existe um *buffer* comum entre a soldadura e o ensaio de fugas. Este facto origina entropia em termos organizacionais, uma vez que se geram perdas de tempo na seleção do artigo a operar. Por outro lado, não existe implementado um sistema que garanta o respeito pela filosofia *First in First out* (FIFO), isto é, a organização da fila de espera por ordem de chegada.

Na montagem final, não existem *buffers*. Tal verifica-se devido ao facto de, nesta área, ser previamente colocada a estrutura de suporte, onde é acoplado a respetiva cuba proveniente da operação de ensaio de fugas/enchimento com SF6. Assim que a cuba termina a fase 3, ela é colocada por cima de estrutura que é previamente colocada ao longo da zona de operação da montagem final.

Os *buffers* para o ensaio final situam-se dentro dos laboratórios de inspeção e ensaios (representados pelo número 6, na Figura 19). Na Figura 20 apresenta-se o *buffer* desta operação.

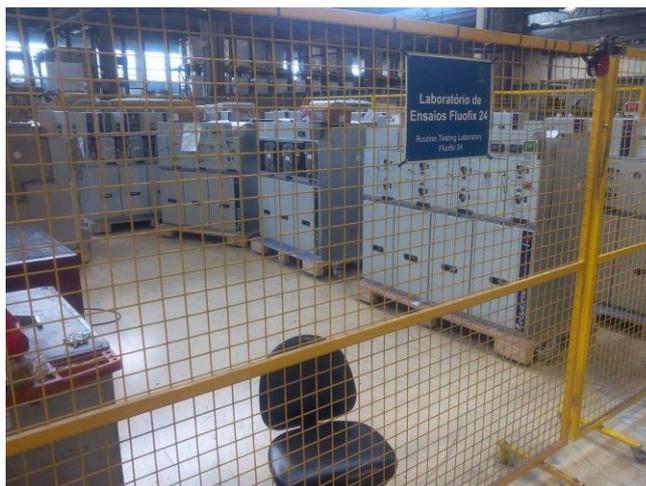


Figura 20: *Buffer* de ensaio final.

### 3.5.2 Caracterização dos postos de trabalho

Cada posto de trabalho tem recursos diferentes, em quantidades diferentes, que permitem efetuar operações de montagem no menor tempo possível, assegurando também aspetos ergonómicos na realização das tarefas.

Na linha existem diferentes recursos móveis para a produção, sendo eles:

- Carrinho de ferramentas;
- Carrinho de suporte de montagem;
- *Picking cars*: carrinhos para o transporte de materiais para o posto de trabalho.

A Tabela 2 indica o número de colaboradores e carrinhos auxiliares por posto de trabalho.

Tabela 2: Quantificação de colaboradores e carrinhos na linha de montagem por operação na linha de 24kV.

<b>Operações</b>	<b>Nº de colaboradores</b>	<b>Carrinhos de ferramentas</b>	<b>Carrinho de Suporte de montagem</b>	<b><i>Picking Car</i></b>
<b>Montagem Inicial</b>	5	5	7	2
<b>Soldadura</b>	2	2	3	0
<b>Ensaio de fugas</b>	1	1	1	0
<b>Montagem Final</b>	4	4	3	0
<b>Eletrificação</b>	2	2	3	0
<b>Ensaio Final</b>	2	2	1	0

Analisando a tabela, verifica-se que o número de carrinhos de ferramentas é equivalente ao número de colaboradores em cada operação. No entanto, existem algumas incoerências no número de carrinhos de suporte de montagem e de *picking cars* com o número de colaboradores.

No caso da montagem inicial, existem colaboradores que possuem mais do que um carrinho de suporte de montagem. Por outro lado, de notar, a inexistência de *picking cars* suficientes nesta operação face ao número de colaboradores, tendo em consideração as quantidades, dimensões e pesos dos materiais a movimentar.

Na montagem final e no ensaio final ocorre a situação inversa à montagem inicial, em que existem colaboradores sem carrinho de suporte de montagem.

Também é questionável existir um carrinho de suporte para montagem no posto de ensaio de fugas, uma vez que, nesta operação, não são realizadas tarefas de montagem.

### 3.5.3 Abastecimento dos postos de trabalho

O abastecimento dos postos de trabalho pode ser efetuado de três formas diferentes:

**Kanban:** Abastecimento feito por uma equipa de logística externa à linha, que periodicamente verifica o ponto de recolha de caixas vazias ou cartões para reabastecer a linha com o determinado material. As caixas vazias são colocadas no ponto de recolha pela produção;

**Aquiles:** Material enviado para a linha sem localização pré-definida. O colaborador logístico associado à linha atribui uma localização no momento de chegada do material à linha de montagem. Este é um tipo de abastecimento usado para barras de cobre;

**Aviamento por Ordem de Produção:** O material é enviado para a linha quando está planeada uma ordem de produção que consome o mesmo. Este tipo de abastecimento é utilizado para material com pouca rotatividade ou material mais caro.

### 3.5.4 Planeamento e controlo da produção

É efetuado um planeamento semanal de produção. Existe, entre as diversas operações, registo de atividade (com atribuição de tempo de trabalho) da tarefa, o que facilita a observação e evolução do estado das ordens de produção planeadas para toda a semana. Na

Figura 21, apresenta-se uma imagem com o fluxo de informação entre a equipa de planeamento e a produção.

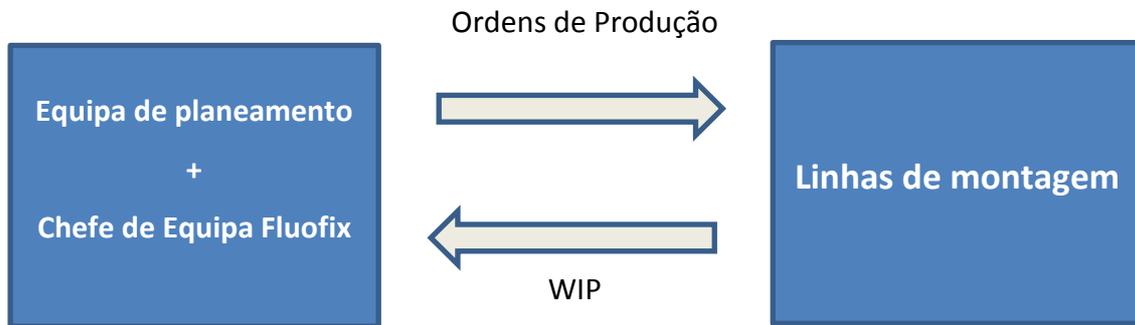


Figura 21: Fluxograma de informação entre hierarquias.

### 3.6 Análise crítica da situação atual e identificação de problemas

Neste subcapítulo analisam-se acontecimentos problemáticos que têm impacto negativo no bom funcionamento da linha de montagem, quer em termos ergonómicos, quer em termos de desperdícios e tempos improdutivo.

#### 3.6.1 Análise à cadeia de valor

Foi utilizada a ferramenta VSM para se identificar, de um modo geral, a capacidade que cada operação tem para corresponder ao *Takt Time* de mercado.

Na Tabela 3, pode-se verificar os resultados da aplicação do VSM na linha de montagem do *Fluofix* (Anexo II).

Relativamente ao WIP da linha, onde se espera sempre alcançar o menor valor possível, verifica-se a existência de um valor elevado nas operações de montagem inicial, montagem final e ensaio final. Dos três, o ensaio final é o que apresenta um valor mais crítico. Isto pode ser devido a diversos fatores consoante a operação.

Tabela 3: Síntese dos resultados obtidos com a aplicação do VSM.

<b>Operação</b> <b>Variáveis</b>	<b>Montagem</b> <b>Inicial</b>	<b>Soldadura</b>	<b>Ensaio</b> <b>de</b> <b>Fugas</b>	<b>Montagem</b> <b>Final</b>	<b>Eletrificação</b>	<b>Ensaio</b> <b>Final</b>
<b>Tempo de</b> <b>preparação</b> <b>(min)</b>	<b>5</b>	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>MDO</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>2</b>
<b>WIP</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>7</b>	<b>13</b>	<b>8</b>	<b>30</b>
<b>Tempo de</b> <b>ciclo (hora)</b>	<b>4,5</b>	<b>0,8</b>	<b>1,2</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>0,95</b>
<b>MDO/Tempo</b> <b>de ciclo</b>	<b>0.89</b>	<b>0,4</b>	<b>1,2</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0,48</b>

Em relação ao tempo de ciclo, este é muito variável entre operações. Idealmente, este valor deveria ser mais uniforme, no entanto, esta condição é mitigada pelo número de colaboradores em cada operação. A operação de ensaio de fugas é, no entanto, o mais crítico nesta categoria, uma vez que a única forma de melhorar o seu tempo de ciclo é através de avanços tecnológicos ou aquisição de novos equipamentos, o que requer um grande investimento para a empresa. No caso de existir uma avaria do equipamento, toda a linha seria extremamente afetada.

No rácio de MDO/tempo de ciclo, os valores estão mais equilibrados, devido à variância do número de colaboradores por operação, que é proporcional ao tempo de ciclo.

Pode-se verificar que o ensaio final é a operação que apresenta valores mais negativos, embora o seu tempo de ciclo seja mais curto.

### 3.6.2 Análise dos tempos dos ensaios

No seguimento do estudo sobre as operações mais críticas, em termos de cumprimentos de tempos de produção, fez-se um estudo de tarefas executadas na operação de ensaio final (Anexo III). Este decorreu da observação e medição de tempos das tarefas realizadas num período de aproximadamente 16 horas.

De realçar que não é possível atuar na operação de ensaio de fugas, uma vez que esta é totalmente dependente do funcionamento do KONTIKAB. Assim, uma melhoria nesta fase está dependente da atualização do *software*.

Do estudo efetuado no ensaio final, resultaram os dados apresentados na Tabela 4:

Tabela 4: Tabela ilustrativa da distribuição de tempos no ensaio final.

<b>Categoria</b>	<b>Minutos</b>	<b>%</b>	<b>Tempo médio por turno (minutos)</b>
<b>Ensaio</b>	358	36,53	175,35
<b>Set Up</b>	94	9,59	46,04
<b>Registo</b>	84	8,57	41,14
<b>Não conformidade</b>	76	7,76	37,22
<b>Falha de produção</b>	112	11,43	54,86
<b>Interrupção</b>	68	6,94	33,31
<b>Pausa Planeada</b>	94	9,59	46,04
<b>Pausa Não Planeada</b>	94	9,59	46,04
<b>Total</b>	980	100,00	480

Através da Tabela 4, verifica-se que em média o colaborador passa 36,53% do tempo nas tarefas de ensaio, isto é, nas tarefas de valor acrescentado

No *Set Up*, ou seja, tempo de preparação para o ensaio, o colaborador gasta 9,59% do seu tempo, e 8,57% para o registo de ensaio.

Em termos de desperdícios por inatividade, o colaborador utiliza 9,59% para pausas planeadas que são estipuladas pelas chefias, 9,59% de pausas não planeadas por ausência injustificada do colaborador, e 6,94% por interrupções de pessoas alheias aos trabalhos no laboratório.

Além disso, visualiza-se que na categoria “não conformidade”, o que traduz no total do tempo despendido devido ao tempo perdido pela falha de componentes do produto no ensaio, utiliza-se 7,76% do tempo do colaborador. Por fim, consome-se 11,43% do tempo na categoria “falha de produção”, que se traduz em retrabalhos no produto provocados por operações

anteriores, mas que não justificam a retirada do mesmo do laboratório, por serem tarefas rápidas. Na Figura 22 apresenta-se, graficamente, a distribuição do tempo de trabalho no ensaio final.

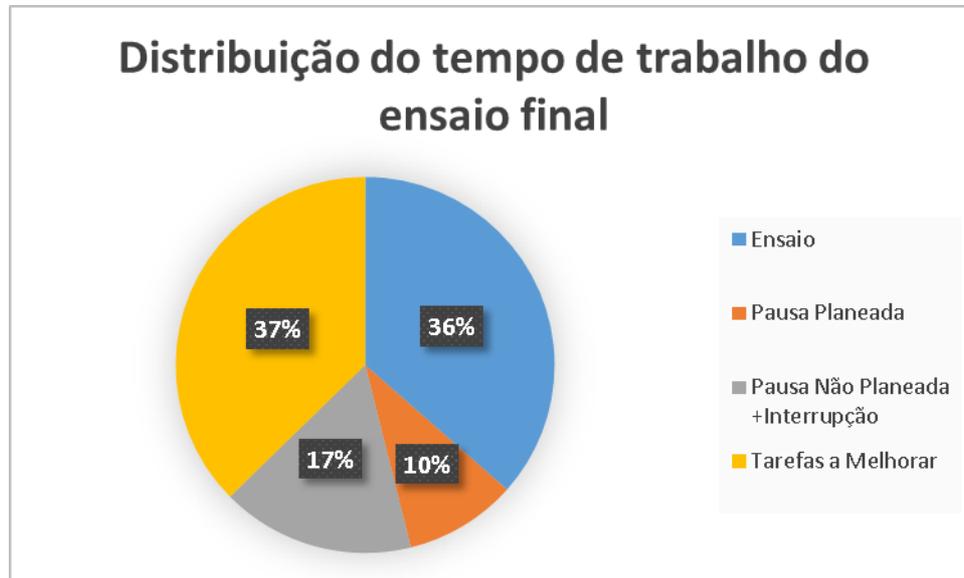


Figura 22: Distribuição do tempo de trabalho no ensaio final.

Na Figura 22, pode-se verificar que apenas 36% do tempo é de ensaio, ou seja, tempo produtivo. Do restante tempo, 17% são pausas não planeadas e interrupções. Os restantes 37% correspondem a tarefas que podem ser melhoradas (*Set Up*, registo, não conformidades e falhas de produção).

A baixa percentagem de trabalho de valor acrescentado pode dever-se a vários fatores: por um lado, existe uma grande ausência dos colaboradores no posto de trabalho. Este fenómeno pode ser explicado por um baixo nível de condições de trabalho (aspetos ergonómicos) do posto de trabalho. Por outro lado, é explicado pela necessidade de se realizarem retrabalhos na operação do ensaio final, quer devido a não conformidades dos componentes, quer devido a falhas de produção em operações anteriores.

Depois de analisados estes resultados, iniciou-se uma nova análise às designadas falhas de produção, no sentido de apurar quais os principais erros que levam à paragem e ao retrabalho no ensaio final (Anexo IV). A partir desta análise, obtiveram-se os resultados apresentados na Tabela 5.

Tabela 5: Estudo de ocorrências do tipo Falha Produção.

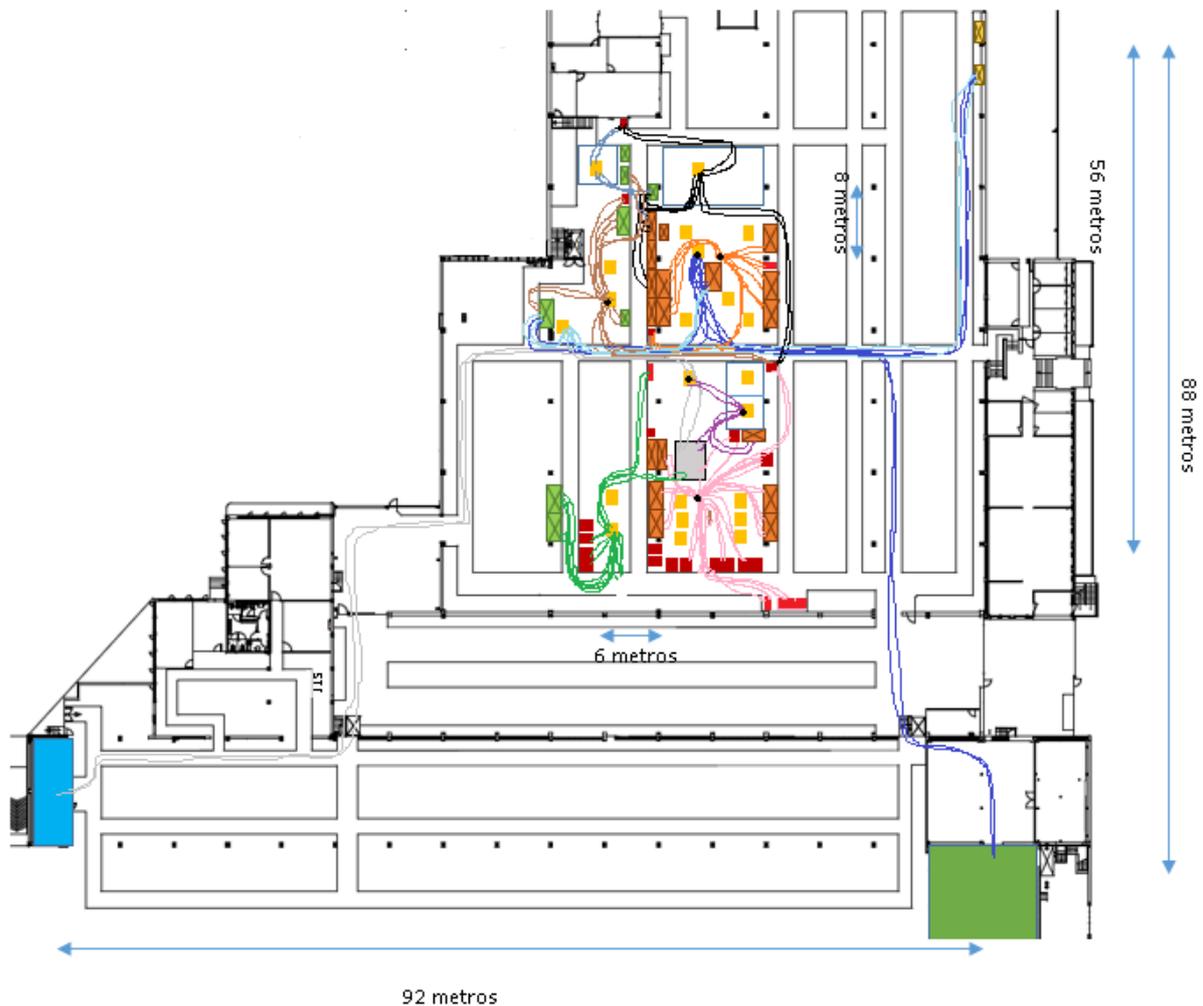
Intervalo de Registo de dados	3 de fevereiro – 2 de março
Nº de ocorrências observadas	27
Nº de cubas analisadas	61
<b>Taxa de ocorrência (%)</b>	<b>44,26</b>

Destaca-se a ocorrência de 44,26% de falhas de produção, o que significa que quase metade das cubas apresentam erros, levando a desperdícios de tempo para a inspeção e ensaios. Terão de ser tomadas medidas preventivas para eliminar a necessidade de realizar retrabalhos na fase de ensaio final.

### 3.6.3 Análise das deslocações na produção

Atualmente, a linha de montagem *Fluofix* já possui algumas das características da filosofia *Lean*, no entanto, ainda existem lacunas que representam desperdícios no que toca às deslocações dos colaboradores. Foram observadas as deslocações dos colaboradores dos vários postos de trabalho. Posteriormente, elaborou-se um diagrama de *Spaghetti* com o objetivo de ter uma melhor perceção da quantidade e eficiência das deslocações, representado pela Figura 23.

Nessa figura, estão esquematizadas as deslocações de cada posto de trabalho. As cores rosa e verde representam deslocações na montagem inicial do *Fluofix* 24kV e 36kV, respetivamente. Na operação de soldadura estão representadas pela cor violeta. Na inspeção de fugas estão traçadas pela cor cinza. De realçar que este colaborador é também responsável pelo transporte da cuba para o laboratório de disjuntores (quando se verifica a necessidade de aplicação desta fase). As deslocações da operação da montagem final das linhas 24kV e 36 kV estão realçadas pelas cores laranja e castanho, respetivamente. Na eletrificação está representada pelas linhas azuis (escuro para 24kV e claro para 36kV). Por fim, no ensaio final estão destacadas a preto para a linha de 24 kV e a azul para 36kV.



— Movimento do colaborador	Armazém	Local de recursos auxiliares para a linha	Estante com materiais para montagem
Buffer de cubas	Laboratório de disjuntores	Posto de Trabalho	

Figura 23: Diagrama de *Spaghetti* das deslocações dos colaboradores.

Através da análise da Figura 23, podemos concluir que as deslocações mais críticas são as deslocações do colaborador que controla a máquina de ensaio de fugas, com uma distância percorrida (no caso de a cuba possuir a função com disjuntor) de 299,32 metros e os colaboradores da operação de eletrificação que percorrem 346 metros. Isto ocorre devido à falta de componentes de montagem nas estantes, existindo apenas noutras linhas de montagem adjacentes ao *Fluofix* ou, em caso de demora na reposição do artigo na linha, apenas no armazém da fábrica. De realçar também que, na montagem inicial das duas linhas, os colaboradores têm de se deslocar mais que uma vez à mesma estante de materiais pois

não possuem recursos suficientes que lhes permitam carregar todos os materiais numa só movimentação.

### 3.6.4 Análise ergonómica dos postos de trabalho

No seguimento da análise a todo o sistema produtivo de montagem do Fluofix, efetuou-se um estudo ergonómico aos postos de trabalho, com o objetivo de verificar as condições ergonómicas dos colaboradores e procurar se porventura existem ocorrências que necessitam de intervenções, de modo a salvaguardar a segurança e conforto dos colaboradores, levando a uma melhoria na qualidade das tarefas realizadas. Deste modo, inicialmente, foi feito um diagnóstico geral de toda a linha e, a partir daí, procurou-se singularizar os casos mais críticos em termos ergonómicos.

Foram avaliadas as condições ergonómicas, quer do espaço de trabalho quer das ferramentas e tarefas disponíveis aos colaboradores das linhas de montagem.

Começou-se por preencher uma *checklist* adaptada de Alexander & Smith (1982) para cada operação de montagem (Anexo V – *Checklist* de Diagnóstico) e, seguidamente, aplicou-se o método EWA para verificar quais os aspetos e fatores potencialmente prejudiciais quer para a saúde física e psicológica dos colaboradores, quer para a produtividade da linha. O resumo dos resultados está na Tabela 6:

Tabela 6: Síntese da análise da *checklist* de diagnóstico.

<b>Indicadores</b> <b>Operação</b>	<b>Necessidade de Avaliação</b>	<b>Melhoramento do Posto de Trabalho</b>	<b>Espaço de trabalho</b>	<b>Ambiente de trabalho</b>
<b>Montagem Inicial</b>	Queixas ergonómicas e desperdício de material	É possível	Sem pontos a destacar	Reservas em relação a ruído, iluminação e correntes de ar
<b>Soldadura</b>	Não	Sim	Não aplicável	Reservas em relação à iluminação

<b>Indicadores</b> <b>Operação</b>	<b>Necessidade de</b> <b>Avaliação</b>	<b>Melhoramento do</b> <b>Posto de Trabalho</b>	<b>Espaço de</b> <b>trabalho</b>	<b>Ambiente de</b> <b>trabalho</b>
<b>Ensaio de fugas</b>	Ausências frequentes do posto de trabalho	Sem pontos a destacar	Não aplicável	Sem pontos a destacar
<b>Montagem Final</b>	Boas condições ergonómicas na generalidade	Sem pontos a destacar	Sem pontos a destacar	Sem pontos a destacar
<b>Eletrificação</b>	Sem pontos a destacar	Sem pontos a destacar	Não aplicável	Reservas em relação a iluminação
<b>Ensaio Final</b>	Queixas ergonómicas e ausência do posto de trabalho	Repetitividade de trabalho e constante movimento de mãos	Com pouca atenção ergonómica	Desconforto devido a baixas temperaturas e correntes de ar

Através da Tabela 6, pode-se concluir que as operações que revelam mais lacunas em termos ergonómicos são:

- A montagem inicial, em relação à iluminação, ruído, correntes de ar e manuseamento de cargas;
- A soldadura, em relação à iluminação;
- O laboratório de ensaio final, em relação a temperatura, correntes de ar e posições ergonómicas que os colaboradores têm de adotar para executar as suas funções.

As restantes operações não possuem indicadores que revelem problemas ergonómicos importantes.

Em suma, com este primeiro diagnóstico das linhas do *Fluofix*, conclui-se que é vantajoso fazer uma análise mais detalhada aos postos de trabalho referidos anteriormente, no sentido de

melhorar o conforto e o *layout* dos postos de trabalho e, conseqüentemente, a produtividade da linha.

Depois de terem sido analisados de uma forma mais abrangente os aspetos ergonómicos de toda a linha, recorreu-se ao método EWA para identificar os pontos mais críticos em cada posto de trabalho. De notar, que a ferramenta foi aplicada apenas aos colaboradores da linha do Fluofix 24Kv, uma vez que os postos de trabalho da outra linha iriam ser eliminados. No total, foram preenchidos 9 formulários (Anexo VI), que correspondem ao número de colaboradores da linha de 24kV, no momento da investigação. Para cada tópico, o analista atribui um valor que pode variar entre 1 e 5, sendo 5 uma avaliação que revela uma grande necessidade de melhorar este aspeto ergonómico. O colaborador também faz uma avaliação, neste caso qualitativa, do seu posto de trabalho atribuindo entre quatro hipóteses de nota, sendo elas “++”, “+”, “-” e “- -”, por ordem decrescente de qualidade ergonómica.

Foi necessário fazer medições a determinados fatores ambientais, nomeadamente, a temperatura atmosférica, ruído, iluminância e velocidade do ar. No anexo VII estão os valores recolhidos dessas variáveis e analisados, comparando os valores com as normas portuguesas de ergonomia. Na Tabela 7 encontra-se sintetizada a avaliação ergonómica às operações descritas anteriormente., em que nas colunas dos colaboradores estão representadas a pior avaliação em cada campo.

Tabela 7: Síntese dos resultados da aplicação da ferramenta EWA nos postos de trabalhos.

Operação	Montagem Inicial		Soldadura		Ensaio Final	
	Analista	Colaborador	Analista	Colaborador	Analista	Colaborador
Espaço de trabalho	2	-	2	+	2	+
Atividade Física Geral	3	+	2	+	3	-
Tarefas de elevação	4	-	[Redacted]			
Posturas e Movimentos	2	-	2	-	2	-
Risco de Acidente	1	+	1	+	1	+

Operação	Montagem Inicial		Soldadura		Ensaio Final	
	Analista	Colaborador	Analista	Colaborador	Analista	Colaborador
Conteúdo do trabalho	2	+	1	++	2	+
Restritividade do trabalho	1	-	1	+	3	--
Comunicação do colaborador	1	+	2	++	3	+
Dificuldade em tomar decisões	1	+	1	+	2	+
Repetitividade do trabalho	1	-	3	+	1	+
Atenção requerida	1	-	3	+	1	+
Iluminação	4	--	4	-	2	-
Ambiente térmico	3	-	3	-	5	--
Ruído	1	+	1	+	3	-

Como se pode verificar, existem áreas com pouca atenção a aspetos ergonómicos, sendo eles:

- A fraca iluminação em 2 operações (soldadura e montagem inicial);
- Ambiente térmico no laboratório de ensaio final (derivado a correntes de ar provenientes da expedição) que também afeta a montagem inicial;
- Um potencial risco de saúde derivado a determinadas tarefas de elevação de cargas na montagem inicial.

Para averiguar o risco de lesão musculoesquelética na elevação de cargas referentes à operação da montagem inicial do *Fluofix*, aplicou-se a equação de NIOSH91 para verificar a necessidade de melhorar as tarefas de elevação dos artigos mais críticos.

Através da relação entre o PLR e o peso real de carga, estabelece-se o Índice de Elevação (IE). Idealmente, este deve ser inferior a 1, ou seja, o peso real deve ser igual ou inferior ao PLR. A síntese dos resultados deste estudo está apresentada na Tabela 8 (os cálculos e tabelas completas estão inseridos no Anexo VIII):

Tabela 8: Cálculo do PLR para a tarefa de elevação de cargas mais críticas.

Elevação	PLR	Peso real	IE
Disjuntor Inicial	15,69	15	0,96
Disjuntor Final	8,42	15	1,78
Armário Inicial	13,5	31	2,38
Armário Final	16,19	31	1,91
Interrutor Inicial	12,69	9	0,71
Interrutor Final	8,27	9	1,09

Como se pode verificar, segundo os resultados para o IE, conclui-se que é necessário melhorar ergonomicamente a tarefa de elevação do armário, bem como melhorar a tarefa de elevação do disjuntor.

### 3.6.5 Gestão Visual

Ao longo da linha verificaram-se inconsistências nalguns sistemas anteriormente implementados, nomeadamente, no apoio de identificação do próximo artigo para produção numa dada operação. Também se verificou algum desgaste nalguns elementos visuais, tais como linhas delimitadoras de espaço, acessórios de montagem e recursos. De seguida estão descritos os elementos visuais que foram estudados, nomeadamente, o sistema de identificação visual do estado de montagem dos produtos, o estado e aspeto visual de toda a linha, e o balanceamento e localização dos diversos recursos existentes.

#### **Identificação de estado dos produtos na montagem**

Neste momento, está implementado na linha um sistema de cartões que indica a próxima operação a efetuar no produto. Como é uma linha privada de *buffers* específicos para cada operação, este sistema ajuda na identificação do WIP atual da linha.

No entanto, o sistema apresenta algumas inconsistências, quer no formato dos cartões, quer nas quantidades de cada um, bem como na localização física dos mesmos. Por outro lado, este sistema (e qualquer um existente na linha) não assegura o cumprimento do *On time delivery* da linha, sendo assim necessário importante tentar criar ou melhorar os processos.

### Marcações visuais na linha

Também se verificou a necessidade de uma atualização das marcações feitas no solo e nas pinturas aos recursos da linha (figura 24).



Figura 24: Exemplo de marcações no chão desgastadas.

### Acessórios de fixação

Nas zonas de montagem inicial e final existem carrinhos que suportam caixas com acessórios de fixação. Estas caixas estariam identificadas com o respetivo material que suportam, no entanto encontram-se caixas ou sem identificação ou com identificação ilegível (figura 25). É necessário, portanto, uma melhoria visual neste aspeto. No geral, estes carrinhos apresentam uma baixa organização.



Figura 25: Exemplo de um carrinho de acessórios de fixação

## Localização dos componentes de montagem

Atualmente existem componentes de montagem em diversos pontos. No entanto, devido ao objetivo de fusão das linhas de 24kV e 36kV, é necessário o seu redimensionamento e realocação desses artigos consumidos na montagem.

## Análise dos recursos físicos da linha

Verificou-se que as estantes possuem um número de prateleiras variável com alturas diferentes. Na Figura 26 encontra-se esquematizado as dimensões e alturas das prateleiras das estantes da linha *Fluofix*.

Como se pode verificar na figura, não existe altura padrão para cada nível, podendo nalguns casos existir prateleiras com alturas desconfortáveis para os colaboradores da linha de montagem.

Por fim, também está ao dispor da produção vários materiais de apoio à montagem, nomeadamente, moldes, ferramentas de ajuste de posição, volantes, entre outros materiais que são utilizados ocasionalmente pelos colaboradores. No entanto, muitos destes artigos não possuem locais de repouso sinalizados, pelo que ficam perdidos na linha.

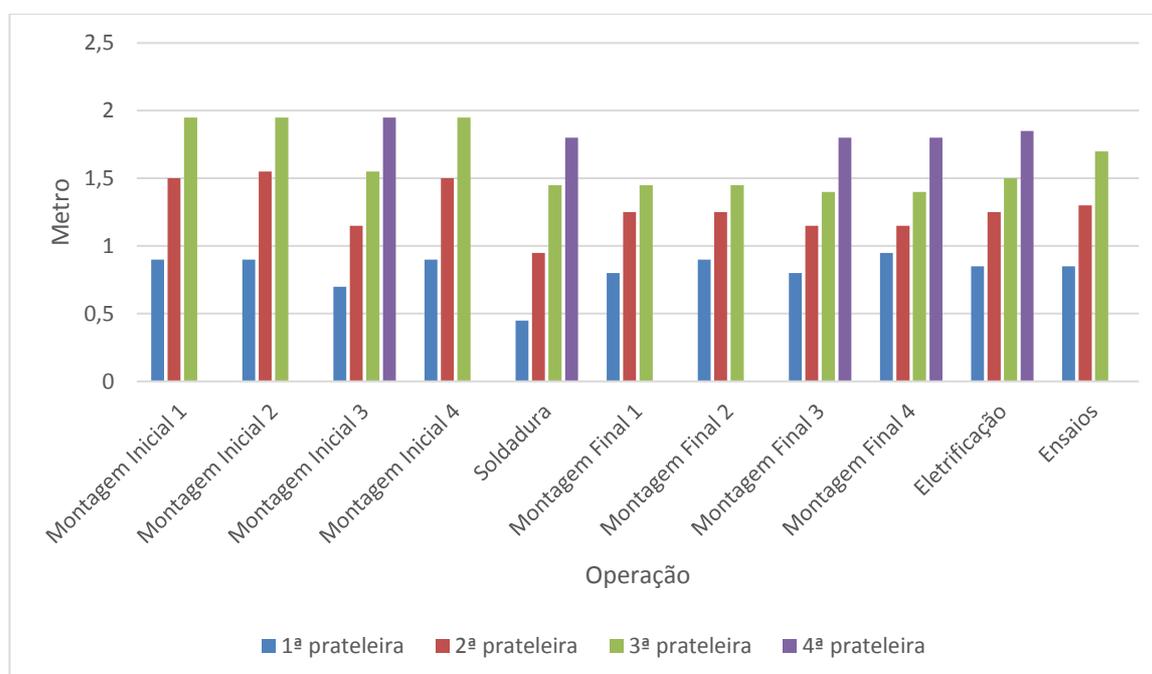


Figura 26: Alturas de cada nível das estantes do *Fluofix*.

### 3.7 Síntese dos problemas identificados

No seguimento da análise à linha, constatou-se que existem várias áreas com possibilidade de melhoria, quer a nível ergonómico quer a nível de redução de desperdícios.

Na Tabela 9, estão identificados os problemas encontrados na linha ao longo de trabalho de análise, utilizando a técnica 6M1E, sendo uma ferramenta que ajuda a esquematizar os problemas encontrados a todos os níveis ao longo da linha.

Tabela 9: síntese dos problemas identificados.

	<b>Problema</b>
<b>Homem (Man)</b>	Erros na realização de tarefas de montagem Ausências no posto de trabalho Esquecimento do 5S Insatisfação dos colaboradores com questões ergonómicas
<b>Máquina (Machine)</b>	Sem problemas detetados
<b>Materiais (Materials)</b>	Elevada quantidade de material obsoleto Rutura de inventário
<b>Métodos (Methods)</b>	Distâncias percorridas pelos colaboradores Tempo desperdiçado na procura de artigos Pobre identificação de artigos Fraco fluxo de informação Inexistência de análise de tempo de ciclo de maquinaria
<b>Gestão (Management)</b>	Mau planeamento e controlo de produção Desorganização do material na linha Deficiente e inconsistente gestão visual Localização de carros não definidos
<b>Medida (Measurement)</b>	Inexistência de tempo normalizado para o ensaio de fugas
<b>Ambiente (Environment)</b>	Baixas temperaturas Défice de iluminação Elevado ruído Existência de correntes de ar

No capítulo 5 apresentam-se algumas propostas para reduzir/eliminar alguns dos desperdícios e problemas detetados.



## 4. PROPOSTAS DE MELHORIA NA LINHA

Neste capítulo é abordada a fase seguinte à análise: idealização e implementação de melhorias no sentido de reduzir ou eliminar os problemas observados na linha de montagem.

### 4.1 Linha de montagem

Na linha de montagem *Fluofix*, foram aplicadas alterações de *layout*, por forma a unificar as duas famílias de produto 24 kV e 36kV. Devido ao projeto de fusão das linhas, foi necessário redimensionar os recursos existentes, bem como realocar os artigos de montagem nas estantes de forma a estarem o mais acessível possível, atendendo às características dos mesmos (dimensões, altura, entre outros).

#### 4.1.1 *Layout*

Com vista à redução do espaço da linha, esta sofreu bastantes alterações em termos organizacionais, como se observa na Figura 27. No entanto, em termos de dimensões, os postos de trabalho não sofreram alterações (devido às cubas de grandes dimensões que ocasionalmente são produzidas).

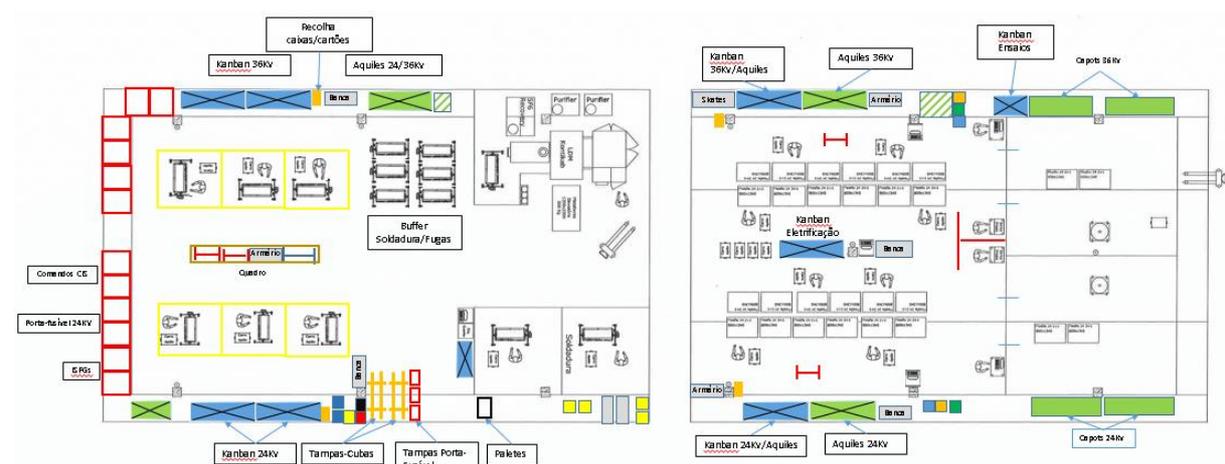


Figura 27:Proposta de *Layout*

Como se pode verificar na Figura 27 e comparando com as Figuras 15 e 16 do capítulo 4.1.1 foram modificados bastantes elementos na linha de produção.

A alteração mais importante foi a junção do processo de montagem do *Fluofix 36kV* na linha. De modo a diferenciar os dois produtos, estipulou-se que todos os componentes e postos de trabalho para montagem do 36kV encontram-se do lado esquerdo da linha, este local está representado na parte superior da Figura 27, enquanto que a montagem de um *Fluofix 24kV* encontra-se do lado direito, representado na parte inferior da mesma figura. Ao longo da montagem existem componentes que são comuns à montagem dos dois *Fluofix*, o que implicou criar duas localizações distintas para o mesmo produto. Os acessórios de fixação também foram centralizados na montagem final, para minimizar a distância percorrida por todos os colaboradores.

Surgiu a oportunidade de se retirar algumas estantes da linha, devido ao trabalho de redimensionamento de artigos na linha, realizada num projeto que decorreu paralelamente. Para além disso, existe agora uma estante dedicada totalmente ao aprovisionamento de artigos de aviamento por ordem de produção, o que antes não existia.

Outra considerável alteração foi a deslocação das estantes dos *capots* para as zonas laterais do laboratório de ensaios. Por um lado, estes ficam mais acessíveis aos colaboradores. Por outro lado, existe agora uma segregação física dos *capots* consoante o tipo de *Fluofix* a que se destinam (embora cada estante estivesse destinada a um dos produtos, elas não estavam identificadas, podendo levar a mistura de artigos).

Outra alteração que teve de ser imposta, foi a necessidade de criar condições de segurança para a realização de ensaios a dois *Fluofix* em simultâneo, nomeadamente, novos encravamentos de portas, uma porta a dividir as duas zonas, entre outros.

Também se criou um local físico devidamente identificado para as ferramentas de montagem sem cuba.

Outra medida incidiu na centralização dos materiais para a eletrificação na parte central da linha, de modo a diminuir os desperdícios por transporte e deslocação dos colaboradores.

Por fim, realizaram-se alterações a nível operacional de algumas zonas.

Com esta implementação, melhoram-se aspetos ergonómicos e de eficiência produtiva, através de deslocações mais curtas por parte dos colaboradores e normalizando quer recursos, quer os artigos de montagem que estão nas estantes. No Figura 28 apresenta-se uma síntese de melhorias aplicadas à linha.

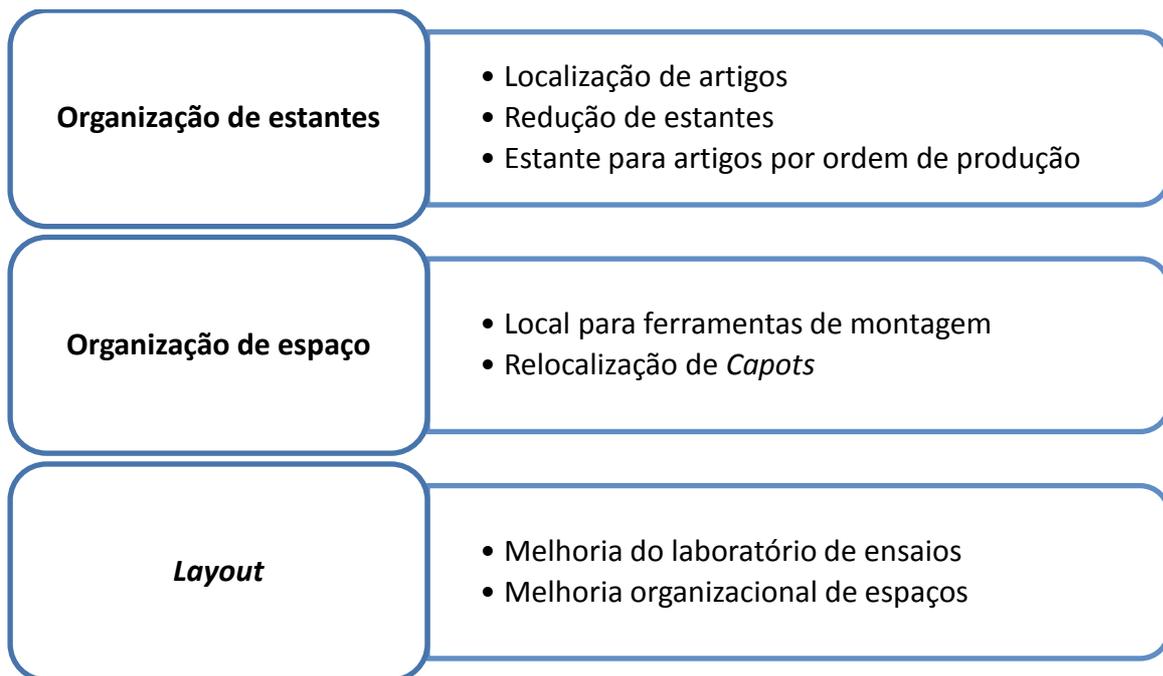


Figura 28: Síntese de melhorias aplicadas à linha.

### **Buffer de entrada para a operação de soldadura/ensaio de fugas**

Tal como foi abordado no capítulo 4.1.1, foi necessário implementar um sistema para fazer a distinção visual entre as cubas que vão dar entrada no posto de soldadura e no posto de ensaio de fugas. Para isso, criaram-se marcações no chão no sentido de orientar o local onde cada cela, dependendo da próxima tarefa a ser executada, deve ser colocada. A Figura 29 ilustra o sistema implementado (Anexo IX).

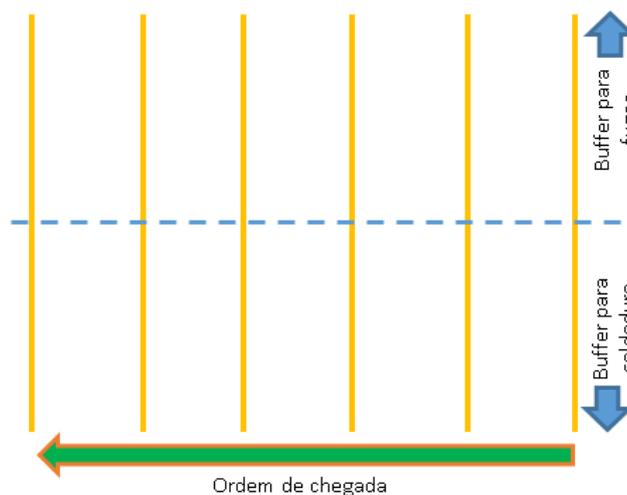


Figura 29: Melhorias ao *buffer* das operações de soldadura e ensaio de fugas.

No novo sistema implementado, as cubas deverão ser coladas entre as linhas, sendo que a primeira a chegar é colocada a seguir à primeira linha, de forma a ser a mais acessível ao colaborador. Para além disso, a zona foi segmentada em dois lados, sendo o lado esquerdo (junto aos postos de montagem inicial do *Fluofix 36 kV*) as cubas que darão entrada para a soldadura e o lado direito para o ensaio de fugas (a linha azul é apenas representativa). De notar que só se colocaram linhas verticais, e não horizontais, devido à grande variedade em comprimento das cubas (entre 0,65 e 2,6 metros). Isto levaria a situações em que duas cubas não caberiam entre duas linhas. Em termos de largura, as cubas nunca ultrapassam os 0,8 metros, sendo possível colocar separadores visuais para a ordem de chegada.

Com esta alteração, torna-se mais eficaz a gestão visual, tendo as cubas no *buffer* a serem operadas por ordem de chegada (respeitando a filosofia FIFO), e conseguindo organizar a zona.

#### 4.1.2 Balanceamento dos postos do trabalho

Através dos dados de previsão da procura, foi possível prever o número de colaboradores necessários para cada operação de maneira a corresponder à procura do mercado (Anexo I).

A Tabela 10 revela o número de colaboradores necessários por linha.

Tabela 10: Balanceamento da linha de montagem.

Operação	24KV		36KV	
	Antes	Depois	Antes	Depois
Montagem inicial	4	2	1	2
Soldadura	1	1	1	1
Ensaio de fugas	1	1	1	1
Montagem final	2	2	1	2
Eletrificação	1	1	1	1
Ensaio final	1	1	1	1

Em relação à montagem inicial, atualmente é prevista a necessidade de um total de 4 colaboradores para esta operação. Deste modo, é possível reduzir o número de postos de trabalho da montagem inicial de 8 para 4. No entanto decidiu-se delimitar 6 postos de trabalho, no sentido de existir flexibilidade no caso de haver necessidade de colocar mais colaboradores na linha, havendo também oportunidade para o sucedido.

Na soldadura mantêm-se os postos de trabalho e o número de colaboradores atuais.

No ensaio de fugas, embora cada linha requeira um colaborador, o somatório do tempo de trabalho é inferior a 1, o que significa que um colaborador é suficiente para manter o fluxo de materiais das 2 famílias de artigos.

Na operação de montagem final os dados justificam a redução do número de colaboradores de 6 para 4. O mesmo se verifica na eletrificação, onde se reduz de 3 para 2.

Por fim, a tabela revela que é necessário manter o número de colaboradores para o ensaio final. Para isso, é necessário realizar as devidas alterações para que o laboratório de ensaio final da linha seja capaz de realizar 2 ensaios em simultâneo, o que neste momento não é possível.

#### 4.1.3 Prioridades de montagem

De modo a existir uma fonte de informação que responda à pergunta “Qual é a próxima tarefa/Qual é a próxima ordem de fabrico que tenho de executar?”, idealizou-se uma ferramenta para ser usada pelos colaboradores de produção e logística da linha, apresentada na Figura 30:

Número de série	Ordem de fabrico	Artigo	Descrição	Qtd Pedida	Qtd Entregue	Diferença Dias	Data planeada	Próxima tarefa	Links
S181408282	F18031578	33110245-01	FFX GC38 1M - 2 EXT.	1	0	-2	15/06/2017	Registo	
S181408283	F18031579	33109774-01	FFX GC38 1DC - EXT ESQ	1	0	-1	16/06/2017	M. Cuba	
S181408284	F18038455	33107247-01	FLUOFIX GC 38 KV 3IS COMPACTO	1	0	-5	21/06/2017	M. Cuba	
S181408285	F18037483	33107504-01	FFX GC38 1CIS - 2 EXT.	1	0	-1	23/06/2017	Fugas	
S181408286	F18037484	33107504-01	FFX GC38 1M - 2 EXT.	1	0	1	25/06/2017	M. Final	
S181408287	F18037485	33107504-01	FLUOFIX GC 38 1ISC 2EXT	1	0	-2	06/07/2017	M. Final	
S181408288	F18037553	33107504-01	FFX GC38 2IS+2CIS - COMP.	1	0	0	06/07/2017	Ensaio	
S181408289	F18037877	E18200801CAP1700282A2	FLUOFIX GC 38 KV 3IS COMPACTO	1	0	-2	06/07/2017	Ensaio	
S181408290	F18037880	33110245-01	FFX GC 38KV 1CIS+1IS COMPACTO	1	0	-2	06/07/2017	Ensaio	

Figura 30: Página de visualização de ordens fabrico lançadas para as equipas de produção e logística.

Esta ferramenta permite verificar com facilidade e rapidez a próxima tarefa dos colaboradores da linha.

Cada ordem de fabrico está ordenada segundo os seguintes parâmetros de prioridade:

- **Próxima tarefa:** Primeiro aparecem todas as ordens de fabrico com o mesmo estado. Cada colaborador tem a opção de filtrar este campo para aparecerem apenas as ordens de fabrico de um dado posto de trabalho. Por defeito, a sequência apresentada corresponde à ordem de sequência de tarefas de montagem de um *Fluofix*.
- **Diferença dias:** A sequência de ordens de fabrico é dada por ordem crescente do tempo útil até à data de ordem de venda. O algoritmo para o sistema calcular esse valor está representado na Figura 31.

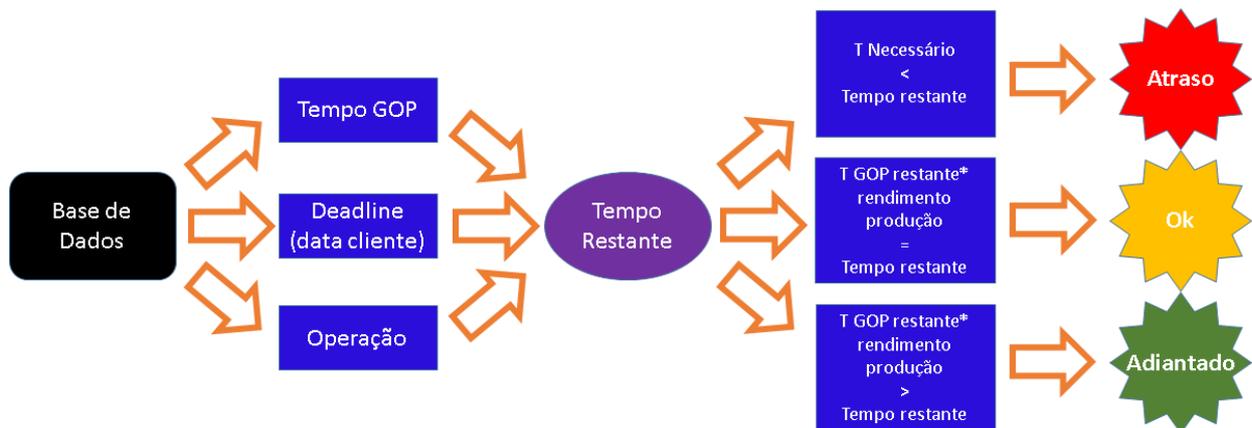


Figura 31: Algoritmo de prioridades de montagem.

Tal como é observado na Figura 31, o sistema verifica o tempo real de trabalho restante para concluir a montagem do produto. Através do registo de conclusão de cada operação, o sistema atualiza o estado de montagem e recalcula o tempo disponível. A Equação 3 apresenta o cálculo do tempo de produção restante até a ordem de produção estar concluída.

$$T_{produção}(i) = \frac{T_{GOPrestante}(i) * N^{\circ}colaboradores(j) * Rendimento_{linha}}{N^{\circ}Fluofix(j)} \quad (3)$$

Em que:

- (i)->número da ordem de fabrico
- (j)->próxima tarefa (fase do *workflow*)
- GOP é a gama operatória de produção

No final de cada operação o colaborador regista o tempo real que foi necessário para executar determinada tarefa. Com esta ação, o sistema atualiza automaticamente a nova fase de produção do artigo. Este pode de seguida e, no mesmo local, verificar a ordem de prioridades de produção, reconhecendo a próxima ordem de fabrico que tem de executar. Esta

ferramenta revela-se muito útil para todos os postos de trabalho e para a equipa de logística dedicada à linha *Fluofix*. Por lacuna, a única exceção ocorre na operação de eletrificação, por não existir registo em AMTPro intermédio entre montagem final e ensaio final.

## 4.2 Acomodação de artigos à linha

No processo de realocação de artigos, é preciso ter em conta diversos fatores, de modo a reduzir ao máximo o risco de LMERT para os colaboradores. Definiu-se uma altura padrão para cada uma das prateleiras de apoio das estantes que pode ser visualizada na Figura 32.



Figura 32: Estante com alturas normalizadas.

Na Tabela 11, é possível observar os critérios de localização dos artigos e as altura-padrão das prateleiras.

Referir que as prateleiras para colocação dos objetos mais pesados e com maior rotatividade foram dimensionadas de modo a evitar que os colaboradores elevem os braços acima da altura do ombro nem tenham de fletir o tronco.

Para além da utilização dos materiais por parte dos colaboradores da produção, também se teve em consideração o sistema de reabastecimento das estantes por parte da equipa de logística, no sentido em que não se considerou apenas o peso por unidade, mas também o peso de uma caixa com o material dentro.

Tabela 11: Critérios na definição das localizações dos artigos nas estantes da linha.

<b>Critério</b>	<b>Tipos de artigo</b>	<b>Nível</b>	<b>Altura (m)</b>
<b>Elevado peso e com grande rotatividade</b>	Barramento de cobre de maiores dimensões;	B	0,7
<b>Elevado peso com pouca rotatividade</b>	Barramento de cobre de pequenas dimensões; Bobinas; Manómetros de pressão	C	1,1
<b>Leves com muita rotatividade</b>	Micros de contacto; Tubos PVC; Artigos de silicone	D	1,5
<b>Leves com pouca rotatividade</b>	Abraçadeiras; Cablagens; Terminais elétricos; Anilhas	D-E	1,5 - 1,9

O peso da caixa deve ter em consideração a quantidade e peso do respetivo artigo.

De referenciar que a operação que mais beneficia com este trabalho de realocação de artigos é a eletrificação, na qual os colaboradores deixam de precisar de se deslocar a outras linhas para adquirir material que necessitam.

Durante as operações de montagem, inicial e final, são usados uma quantidade e variedade considerável de acessórios de fixação. Estes acessórios encontram-se em caixas apoiadas em carrinhos juntos aos postos de trabalhos das duas operações. No entanto, estas caixas não estão identificadas com o tipo de material nelas existente, podendo tornar-se difícil e demorado para os colaboradores a procura pelo material que necessitam. Deste modo, foi necessário identificá-las para diminuir o tempo de procura, e organizar as caixas, para que seja mais intuitiva a localização dos materiais. As ferramentas de apoio ocasional à produção foram centralizadas em diferentes localizações, colocando-se cartões de identificação.

As localizações tiveram em consideração o local dos postos de trabalho e, conseqüentemente, os colaboradores que usam as ferramentas disponíveis.

### 4.3 Criação de instruções de trabalho

Na tentativa de diminuir/eliminar os retrabalhos de montagem no laboratório de ensaios finais, foi implementada uma *checklist* de montagem (aplicada no final da montagem final, ou eletrificação), apresentada na Figura 33.

LISTA DE VERIFICAÇÕES FINAIS				
Cliente	Verificação	Imagem	Conforme	Número Mecanográfico
<b>Geral</b>	Portas da estrutura (bom estado e manuseamento)			
	Etiqueta de fechadura			
	Posição da etiqueta do sinótipo			
	Obturador de comandos			
	Estado visual da cela			
<b>Cliente 1</b>	Etiqueta do quadro			
<b>Cliente 2</b>	Etiqueta (gancho)			

Figura 33: Checklist de verificações finais.

Com esta *checklist*, o colaborador monta o *Fluofix*, antes deste passar para o posto de ensaio final, e deve, através desta *checklist*, assegurar que todos os pontos estão conformes com o produto final. O colaborador preenche a dita *checklist*, e a cela só passa para o posto de ensaio

final quando todos os pontos estiverem preenchidos. Assim, esta solução deverá reduzir o número de retrabalhos efetuados no laboratório de ensaios.

#### 4.4 Redução das distâncias e tempos de transporte e *picking* de componentes de montagem

De modo a reduzir as atividades sem valor acrescentado, normalizaram-se os carrinhos nos postos de trabalho e procedeu-se à relocalização de artigos, ferramentas adicionais e outros recursos, de modo a reduzir as distâncias percorridas e melhorar aspetos ergonómicos.

No seguimento do estudo de ferramentas e recursos essenciais à linha, normalizaram-se os carrinhos necessários para cada operação, como se pode observar na Tabela 12:

Tabela 12: Tipo de ferramentas de montagem em cada operação.

<b>Operação</b>	<b>Carrinho de Ferramentas</b>	<b>Carrinho de suporte de montagem</b>	<b><i>Picking Car</i></b>
<b>Montagem Inicial</b>	Sim	Sim	Sim
<b>Soldadura</b>	Sim	Sim	Não
<b>Ensaio de Fugas</b>	Sim	Não	Não
<b>Montagem Final</b>	Sim	Sim	Não
<b>Eletrificação</b>	Sim	Sim	Não
<b>Ensaio Final</b>	Sim	Não	Não

Na tabela 13 está representado o número de ferramentas proposto por operação.

Tabela 13: Número de carrinhos propostos por operação.

Operação	Nº de colaboradores		Carrinho de ferramentas		Carrinho de Suporte de montagem		<i>Picking Car</i>	
	Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois
<b>Montagem Inicial</b>	5	4	5	4	7	4	2	4
<b>Soldadura</b>	2	2	2	2	2	2	0	0
<b>Ensaio de fugas</b>	1	1	1	1	1	0	0	0
<b>Montagem Final</b>	4	4	4	4	3	4	0	0
<b>Eletricista</b>	2	2	2	2	3	2	0	0
<b>Ensaios</b>	2	2	2	2	2	2	0	0

Atendendo ao analisado no capítulo 4.1.1, realizaram-se algumas alterações quanto ao número de carrinhos na linha. Para a montagem inicial, balanceou-se de modo a que cada colaborador tenha sempre ao seu dispor um carrinho de cada tipo.

No ensaio de fugas retirou-se o carrinho de suporte de montagem, por não se efetuar operações de montagem. No caso da montagem final, adquiriu-se um carrinho de suporte de montagem e retirou-se um desses carrinhos para a operação de eletrificação.

Estas alterações visam melhorar a gestão visual da linha e reduzir o número de deslocações dos colaboradores.

Deste modo, através da colocação de *picking cars* na operação de montagem inicial, conseguiu-se reduzir o número de deslocações por colaborador. Assim, apenas necessitarão de 5 deslocações para agregar material para a montagem, 1 para realizar a medição de resistências, 1 para um armário de material comum e 1 para a banca. No total realizam-se em média 8 deslocações. A Figura 34 mostra as deslocações que um colaborador efetua nos postos de montagem inicial (24kV e 36kV).

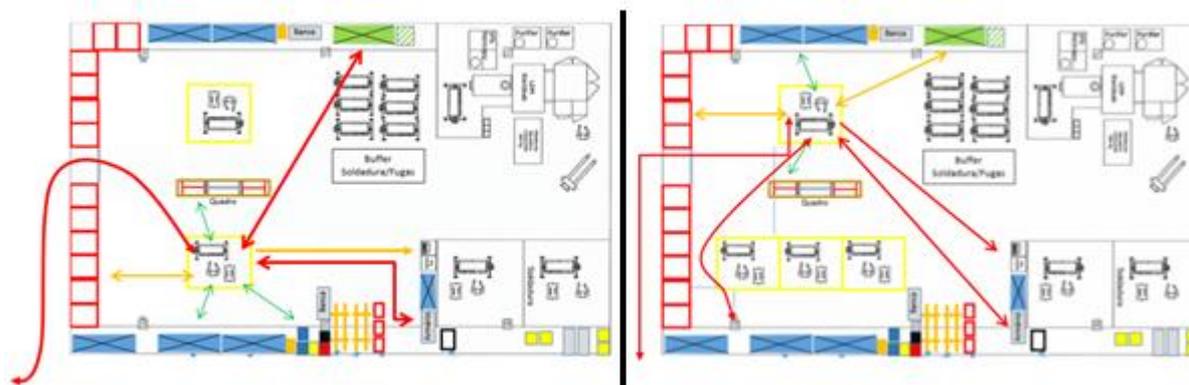


Figura 34: Deslocações para a operação de montagem inicial de um *Fluofix* 24kV e 36kV, respetivamente.

Com estas alterações, reduziu-se drasticamente o número de deslocações, como revela a Tabela 14.

Tabela 14: Redução de deslocações na montagem inicial.

Tarefa	Layout Inicial	Novo Layout	Redução%
<b>Picking</b>	9	4	55,56
<b>Limpeza de cobre</b>	2	1	50
<b>Armário</b>	1	1	0
<b>Torno (banca)</b>	1	1	0
<b>Medição de resistências</b>	1	1	0
<b>Total</b>	14	8	<b>42,85</b>

Como se pode verificar, conseguiu-se reduzir o número de deslocações em 42,85%. Esta melhoria provém da filosofia do *Lean Production*.

### Criação de um novo laboratório de ensaio de disjuntores

De modo a evitar o elevado percurso de transporte de cubas com disjuntor para o laboratório de ensaio de disjuntor, identificou-se uma nova localização, mais próxima da linha, para o efeito. Devido à natureza do ensaio, o laboratório tem de estar sonoramente isolado, de modo que os colaboradores necessitam de usar equipamento de proteção auditiva individual. A Figura 35 apresenta a nova localização e compara o percurso anterior com o novo percurso.

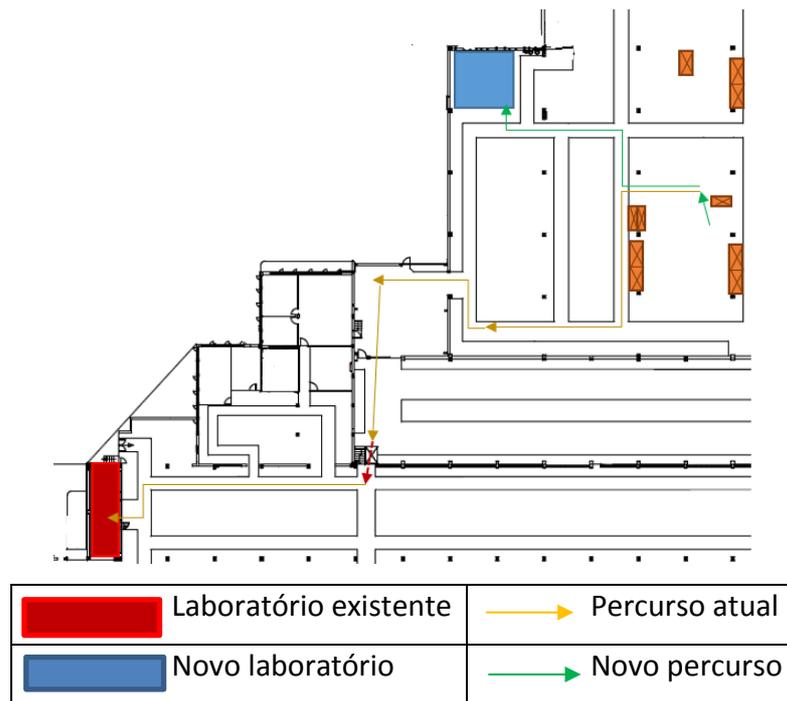


Figura 35: Percurso atual e novo no transporte de cubas com disjuntor.

É notória a redução de distância e tempos entre as operações. Na Tabela 15, comparam-se a distância e os tempos de percurso dos dois laboratórios:

Tabela 15: Comparação de distâncias e tempos de percurso das 2 localizações.

Percurso			
Indicador	Percurso atual	Novo percurso	Redução (%)
Distância (m)	139,65	41,45	70,32
Tempo (min:seg)	06:32	00:52	86,73

#### 4.5 Cartões de identificação de estado

Na ocorrência de aparecimento de filas de espera ou WIP entre operações de montagem, existem cartões que identificam o *Fluofix* segundo a próxima operação de montagem, uma vez que certas operações possuem um *buffer* comum. Também existem cartões que são usados em casos de não conformidade. Existe, igualmente, um caso excecional de cartões que associam as tampas das cubas à cuba de um *Fluofix* que são usadas na operação de soldadura. De modo a que seja claro o estado de cada *Fluofix* em espera, foi normalizado o sistema de cartões e as suas funções, assim como foram criados locais de aprovisionamento para eles.

Depois de feita uma análise dos possíveis estados que um artigo pode ter num determinado período de tempo, fez-se um estudo dos cartões necessários para cada operação.

A Tabela 16 revela os cartões necessários para cada operação.

Tabela 16: Tipos de cartões por operação.

Operação	Possíveis estados	Cartões representativos
<b>Montagem Inicial</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pronto para ensaio de disjuntor</li> <li>Pronto para soldadura</li> <li>Falta de material (STOP)</li> </ul>	
<b>Ensaio de disjuntores</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pronto para soldadura</li> <li>Reparar disjuntor</li> </ul>	
<b>Soldadura</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pronto para ensaio de fugas</li> </ul>	
<b>Ensaio de fugas/ Enchimento com SF6</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Reparar fuga</li> <li>Abrir cuba</li> <li>Retirar SF6</li> </ul>	
<b>Montagem Final</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pronto para eletrificar</li> <li>Pronto para ensaio final</li> <li>Falta de material (STOP)</li> </ul>	
<b>Eletrificação</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pronto para ensaio final</li> <li>Falta de material (STOP)</li> </ul>	
<b>Ensaio Final</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pronto para expedição</li> <li>Falha no ensaio (STOP)</li> </ul>	

Foram eliminados 3 cartões que apresentavam diferentes características, sendo eles os cartões “pronto para soldar” verde e amarelo e “pronto para montagem inicial”, e acrescentados 2 novos, nomeadamente, o cartão “ensaio disjuntor” e “reparar disjuntor”. Assim, a linha fica a possuir um cartão que indique a tarefa de ensaio de disjuntor, o que antes não existia.

Como os cartões só são trocados em cada produto *Fluofix* quando este chega a cada operação de montagem, é importante criar pontos de colocação de cartões provenientes de outros postos de trabalho, e estabelecer um circuito de realocação desses mesmos cartões nos locais conformes. Deste modo, criaram-se também os seguintes pontos de recolha, apresentados na Tabela 17.

Tabela 17: Pontos de recolha de cartões provenientes de outros postos de trabalho.

<b>Ponto de recolha</b>	<b>Cartões</b>
Laboratório de ensaios de disjuntores	Pronto para ensaio de disjuntor
Posto de soldadura	Pronto para soldadura
Posto de ensaio de fugas	Pronto para ensaio de fugas
Laboratório de ensaio final	Pronto para ensaio final

#### **4.6 Melhorias ergonómicas dos postos de trabalhos**

Tal como foi estudado no capítulo 4.2.4, foi necessário implementar determinadas propostas de melhoria de modo a aumentar o conforto aos colaboradores da linha, entre as quais a melhoria da iluminação dos postos de trabalho de soldadura, o ambiente térmico e tarefas de elevação de cargas na montagem inicial.

##### **Iluminação dos postos de trabalho de soldadura**

De modo a melhorar a iluminância na operação de soldadura, foi instalada uma luminária adicional por cima dos postos de trabalho. A Tabela 18 compara os valores registados de iluminância antes e depois da instalação.

Tabela 18: Resultados da implementação da melhoria da luminosidade nos postos de soldadura.

Posto de trabalho	Superfície da cuba (lx)		Suporte de montagem (lx)	
	Antes	Depois	Antes	Depois
1	170	335	215,6	515
2	257	311	178	480

Como se pode verificar, os novos valores colocam o nível de iluminância como aceitável para esta operação, visto que o limite mínimo de iluminância é de 500 lux (lx). Esta melhoria não alterou os valores de iluminância, presentes no Anexo VI, verificados no interior das cubas, problema que afeta os postos de soldadura de montagem inicial. Para estes casos, está planeado colocar à disposição dos colaboradores, lâmpadas que se possam encaixar no interior da cuba, para melhorar a luminosidade no seu interior aquando das operações de montagem inicial.

#### Correntes de ar no laboratório de ensaio final

De modo a reduzir a intensidade das correntes de ar, decidiu colocar-se uma placa de acrílico entre o lado de saída das celas e a zona de expedição, de modo a criar uma barreira à corrente de ar proveniente do portão de expedição. A Tabela 19 compara os valores de intensidade de corrente de ar registados antes e depois da aplicação da melhoria.

Tabela 19: Análise da intensidade de correntes de ar no laboratório de ensaio.

Operação	Antes de intervenção (m/s)	Após intervenção (m/s)
Montagem Inicial	2,83	0,81
Soldadura	0,37	0,41
Ensaio Final	7,20	2,11

Como se pode verificar, os novos valores representam melhorias significativas deste aspeto, melhorando o conforto dos colaboradores e, conseqüentemente, espera-se que o tempo de ausência do posto de trabalho diminua.

Esta melhoria afetou positivamente os postos de trabalho da montagem inicial e ensaio final.

### **Tarefa de elevação de cargas da montagem inicial**

Tal como se verificou com a aplicação da ferramenta NIOSH no capítulo 4.2.4, é necessário melhorar a tarefa de elevação do armário e disjuntor na cuba. Para isso, decidiu-se criar um carrinho à altura da anca dos colaboradores, para que eles não necessitem de se baixar para pegar nos artigos. Assim são melhoradas significativamente as condições ergonómicas desta tarefa. Esta proposta foi aceite pela empresa, no entanto apenas será aplicada futuramente.



## 5. CONCLUSÕES E TRABALHO FUTURO

Neste capítulo é feita uma reflexão sobre todo o trabalho realizado e, por fim, são apresentadas possíveis melhorias para trabalho futuro.

### 5.1 Conclusões

A presente dissertação teve como objetivo final estudar os processos numa empresa de montagem de componentes elétricos, aplicando ferramentas *Lean* a uma célula de montagem e estudar a ergonomia dos locais de trabalho e tarefas. Através de uma análise bibliográfica para melhor entender os conceitos de *Lean* e ergonomia, procedeu-se ao estudo detalhado destes conceitos de modo a detetar os fatores que devem ser melhorados a fim de promover a produtividade da linha de montagem. Tal como se observou, através a aplicação de várias ferramentas ligadas a estas áreas, obteve-se uma melhoria significativa em vários aspetos, tais como tempo de montagem, distâncias percorridas pelos trabalhadores e materiais, acessibilidade de informação e conforto/segurança no desempenho de trabalhos manuais.

Quando os prazos de entrega são curtos e o espaço de tempo disponível para realização de tarefas é limitado, é importante e muito útil recorrer a técnicas que maximizem a produtividade e a eficiência do trabalho de modo a satisfazer não só clientes, como também os próprios colaboradores.

É importante referir que durante este período de tempo de elaboração da dissertação, houve uma aprendizagem constante e interiorização de conhecimentos e experiência, adquiridos através da aplicação de ferramentas de análise.

A empresa sustenta um nível de filosofia *Lean* ainda recente, com bastante espaço para melhorar e desenvolver novos métodos que melhorem os fatores acima referidos.

Foi feito um acompanhamento constante a todos os colaboradores da linha e observado o quotidiano dela.

## 5.2 Trabalho futuro

Existe sempre a possibilidade de efetuar melhorias numa linha de produção. Sugere-se a implementação de algumas das propostas apresentadas ao longo do projeto que não puderam ser implementadas, nomeadamente no fornecimento de focos de luz para iluminação do interior da cuba, como sugerido no Capítulo 5.6. Seria uma grande melhoria, do ponto de vista ergonómico, para os colaboradores da linha de montagem.

Para trabalhos futuros, sugere-se também registar o fluxo de materiais na linha, de modo a conseguir analisar com maior exatidão os desperdícios por deslocalizações entre operações e implementar melhorias.

Por outro lado, seria vantajoso contabilizar as quebras de *stock* de cada artigo, de forma a analisar os materiais com mais quebras e implementar métodos que previnam o aparecimento destes fenómenos.

Por fim, seria pertinente analisar as deslocações do colaborador do ensaio de fugas, de forma a otimizar a gestão do seu tempo, eliminando tarefas sem valor acrescentado e sequenciar as suas tarefas.

## 6. BIBLIOGRAFIA

- Abranches, S. (2005). Tese de Doutoramento. *A situação ergonómica do trabalho de enfermagem em unidade básica de saúde*. Ribeirão Preto: Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto.
- Ahonen, M.; R. Limarinen; I. Kuorinka; M. Launis; J. Lehtelä; T. Leskinen; T. Luopajaärvi; J. Saari; P. Seppälä; and H. Stålhammar (1989). *Ergonomic Workplace Analysis*. Ergonomics Section Finnish Institute of Occupational Health
- Arezes, P. M., Dinis-Carvalho, J.; Alves, A. C. (2010). *Threats and Opportunities for Workplace Ergonomics in Lean Environments*. Proceedings of 17th International Annual EurOMA Conference -Managing Operations in Service Economics, (Eds.) R. Sousa, C. Portela, S. S. Pinto, H. Correia, Universidade Católica Portuguesa, 6-9 June, Porto, Portugal.
- Aural, A. A., & Bryce, B. (2009). *Formatação de dissertacoes@Uminho*. Consultado em 24/04/2017, disponível em: <http://2ieh.wordpress.com/docs/>
- Comunidade Lean Thinking (CLT), (2008). *A criação de valor através da eliminação do desperdício*. Consultado em 03/03/2017, disponível em <http://www.Leanthinkingcommunity.org>
- Calfee, R. C., & Valencia, R. R. (1991). *APA guide to preparing manuscripto de trabalhos for journal publication*. Washington, DC: American Psychological Association.
- Carvalho, Renata Silveira; Ferreira, Mario Cesar, (1998). *Ergonomia!? O que é isso?*. Pro Capacitando, Brasília - DF, p. 1-2, 10 set.
- Castillo, J., & Villena, J. (2005). *Ergonomia conceitos e métodos (1ª Edição)* (A. Reis, & V. Rodrigues, Trad.) Lisboa. Dinalivro. ISBN 972-576-271-1. Portugal.
- Cassel, C.; Johnson, P. (2006). *Action Research: Explaining the Diversity*. London: Sage Publications.
- Chapanis, A. (1994). *Ergonomics products development: a personalized review*. Proceeding of IEA 94. IEA Toronto: 1994. v. 1, p. 52-54.
- Chiasson M-È, Imbeau D, Major J, Aubrey K, Delisle A. (2015), *Influence of musculoskeletal pain on workers' ergonomic risk-factor assessments*. Applied Ergonomics;49:1-7
- Davis, S. M. (1987). *Future Perfect*. Addison-Wesley, Reading, MA.

- Duncan, G. J., & Brooks-Gunn, J. (Eds.). (1997). *Consequences of growing up poor*. New York, NY: Russell Sage Foundation.
- Gallardo, C. A. (2007). *Princípios e Ferramentas do Lean Thinking na Estabilização Básica: Diretrizes para Implantação no Processo de Fabricação de Telhas de Concreto Pré-Fabricadas*. Campinas - SP: Dissertação de Mestrado.
- Ghinato, P. (1996). *Sistema Toyota de Produção: mais do que simplesmente um Just-in-Time*. Caxias do Sul: Educs
- Ghinato, P. (2000). *Produção & Competitividade: Aplicações e Inovações*, Ed.: Adiel T. de Almeida & Fernando M. C. Souza, Edit. da UFPE, Recife.
- Giannini, R. (2007). *Aplicação de Ferramentas do Pensamento Enxuto na redução de Perdas em Operações de Serviços*. SP: Dissertação de Mestrado.
- Harlow, H. F. (1983). *Fundamentals for preparing psychology journal articles*. *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, 55, 893-896.
- IEA – *International Ergonomics Association*. Consultado em 03/02/2017, disponível em <http://www.iea.cc>.
- IIDA, I. (2005). *Ergonomia: Projeto e Produção*. São Paulo: Edgard Blücher.
- Karwowski, W. (1996). *IEA Facts and Background*. Louisville: IEA Press, January 43.
- Liker, J. K.; Meier, D. (2006). *The Toyota way fieldbook*. McGraw-Hill.
- Liker, J. K.; Morgan, J. M. (2006). *The Toyota Way in Services: The Case of Lean Product Development*. *Academy of Management Perspectives*, pp. 5-20
- Liker, J. K., & Meier, D. (2004). *The Toyota Way – 14 management principles from the world's greatest manufacturer*. MacGraw-Hill.
- Liker, J. K.; Lamb, T. (2000). *Lean Manufacturing Principles Guide*. Ann Arbor, Michigan. National Steel & Shipbuilding Co., versão 0.5.
- Melton, T. (2005). *The benefits of Lean manufacturing: What Lean Thinking has to Offer the Process Industries*. *Chemical Engineering Research and Design*, 83(A6): 662–673
- Mertler C. (2009). *Action Research*. Thousand Oaks. California. USA: Sage publications, Inc.
- Monden, Y. (1983). *Toyota Production System*. First edition, Industrial Engineering and Management Press
- Moraes, A.; Mont'alvão, C. (2000). *Ergonomia: conceitos e aplicações*. Rio de Janeiro, 2AB, 2ª ed., 136p. ISBN 85-86695-05-X.

- Ohno, T. (1997). *O Sistema Toyota de Produção – Além da produção em larga escala*. Porto Alegre: Artes Médicas
- OIT - Organização Internacional do Trabalho (2002). *Sistemas de Gestão da Segurança no Trabalho: diretrizes práticas da OIT*. Lisboa. IDICT. ISBN 972-8321-58-9.
- Panizzolo, Roberto (1998). *Applying the lessons learned from 27 lean manufacturers: The relevance of relationships management*. International Journal of Production Economics, Volume 55, Issue 3, Pages 223-240.
- Pinto, J. P. (2008). *Pensamento Lean - A filosofia das organizações vencedoras*. Lidel Edições Técnicas.
- Rebelo, F. (2004). *Ergonomia no dia a dia*. Lisboa. Edições Sílabo. ISBN 972-618-328-6;
- Resnick, M.L., Zanotti, A. (1998). *Using ergonomics to target productivity improvements*. Volume 33, pp. 185-188.
- Schnase, J. L., & Cunnius, E. L. (Eds.). (1995). *Proceedings do CSCL '95: The First International Conference on Computer Support for Collaborative Learning*. Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Scruton, R. (1996). The eclipse of listening. *The New Criterion*, 15(30), 5-13.
- Semensato, C. B.; De Paula, A. J. F.; Silva, J. C. P. da; Carneiro, L. do P.; Paschoarelli, L. C. *Engenheiros precursores da ergonomia e suas contribuições*. In: *Anais do 5º CIPED Congresso Internacional de Pesquisa em Design*, 2009.
- Serranheira, F. (2009). *A análise do trabalho como contributo para o diagnóstico das situações de risco de LMELT em profissionais de saúde*. 8º Encontro de saúde ocupacional em hospitais e outros estabelecimentos de saúde. Lisboa.
- Slack, N., Chambers, S., & Johnston, R. (2004). *Operations Management*. Consultado em 31/03/2017, disponível em: <http://www.vision-Lean.pt>
- Staton, N., Hedge, A., Brookhuis, K., Salas, E., Hendrick H., (2005). *Handbook of Human Factors and Ergonomics Methods*. 3rd ed., John Wiley & Sons, USA.
- Thiollent, M. (2005). *Metodologia da pesquisa-ação*. São Paulo - Brasil: Cortez Editora.
- Tu, Q., Vonderembse, M. A. e Ragu-Nathan, T. S. (2004). *Manufacturing practices: antecedents to mass customization*. *Production Planning and Control*, vol. 15, n.º 4, pp. 373-380.
- Uva, A., Carnide, F., Serranheira, F., Miranda, L., & Lopes, M. (2008). *Programa nacional contra as doenças reumatológicas*. Lesões Músculo-esqueléticas relacionadas com o trabalho. Guia de Orientação para a prevenção. DGS. Lisboa.

- Vischer, J.C. (2007). *The Effects of the physical environment on job performance: towards a theoretical model of workspace stress*. *Stress and Health* 23: 175-184
- Vischer, J.C. (2006). *The Concept of Workplace Performance and Its Value to Managers*. *California Management Review* vol. 49, nº 2.
- Wisner, A. (1995). A Construção de problemas e a sua descrição pela análise ergonómica do trabalho. In Castilho, J. Vilhena (Eds) - *Ergonomia. Conceitos e métodos*. Lisboa. Dinalivro. 2005
- Wisner, A. (1987). *Por dentro do trabalho - Ergonomia: métodos e técnicas*. São Paulo: FTD/Oboré.
- Womack, J. P., & Jones, D. T. (2004). *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*. New York, EUA.
- Womack, J. P., Jones, D. T. & Roos, D. (1990). *The machine that changes the world*. Rawson Associates, New York, EUA.
- Yoshida, Y. (2001). *Essays in urban transportation*. Tese de Doutoramento, Boston University: Boston, 156 pgs

## ANEXO I – TAKT TIME E PREVISÃO DA PROCURA

Tabela 20: Takt Time e previsão da procura do produto *Fluofix*.

Operação	Takt Time (h)	Previsão da procura (h)												Total (h)	Nº colaboradores por hora
		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Set	Out	Nov	Dez	Total		
24 KV	Montagem Inicial	186	143	903	169	216	254	288	216	218	216	221	3029	1,6	2
	Soldadura	19	14	87	17	22	25	28	22	21	22	22	298	0,2	1
	Montagem Final	140	110	690	129	134	164	200	134	171	134	137	2144	1,1	2
	Eletrificação	92	69	814	79	51	78	112	51	112	51	53	1564	0,8	1
	Ensaio Final	48	38	254	44	52	61	74	52	56	52	51	783	0,4	1
<b>Total</b>	<b>485</b>	<b>376</b>	<b>2752</b>	<b>439</b>	<b>476</b>	<b>583</b>	<b>704</b>	<b>476</b>	<b>580</b>	<b>476</b>	<b>485</b>	<b>7832</b>	<b>4,1</b>	<b>5</b>	
36 KV	Montagem Inicial	158	168	158	259	266	286	194	168	158	194	2175	1,1	2	
	Soldadura	26	28	26	43	44	48	32	28	26	32	361	0,2	1	
	Montagem Final	144	155	144	244	243	269	177	155	144	177	2008	1,1	2	
	Eletrificação	61	64	61	121	117	135	80	64	61	80	908	0,5	1	
	Ensaio	46	50	46	72	75	79	56	50	46	56	628	0,3	1	
<b>Total</b>	<b>436</b>	<b>465</b>	<b>436</b>	<b>741</b>	<b>744</b>	<b>818</b>	<b>539</b>	<b>465</b>	<b>436</b>	<b>465</b>	<b>539</b>	<b>6083</b>	<b>3,2</b>	<b>4</b>	

## ANEXO II- VALUE STREAM MAPPING DO FLUOFIX

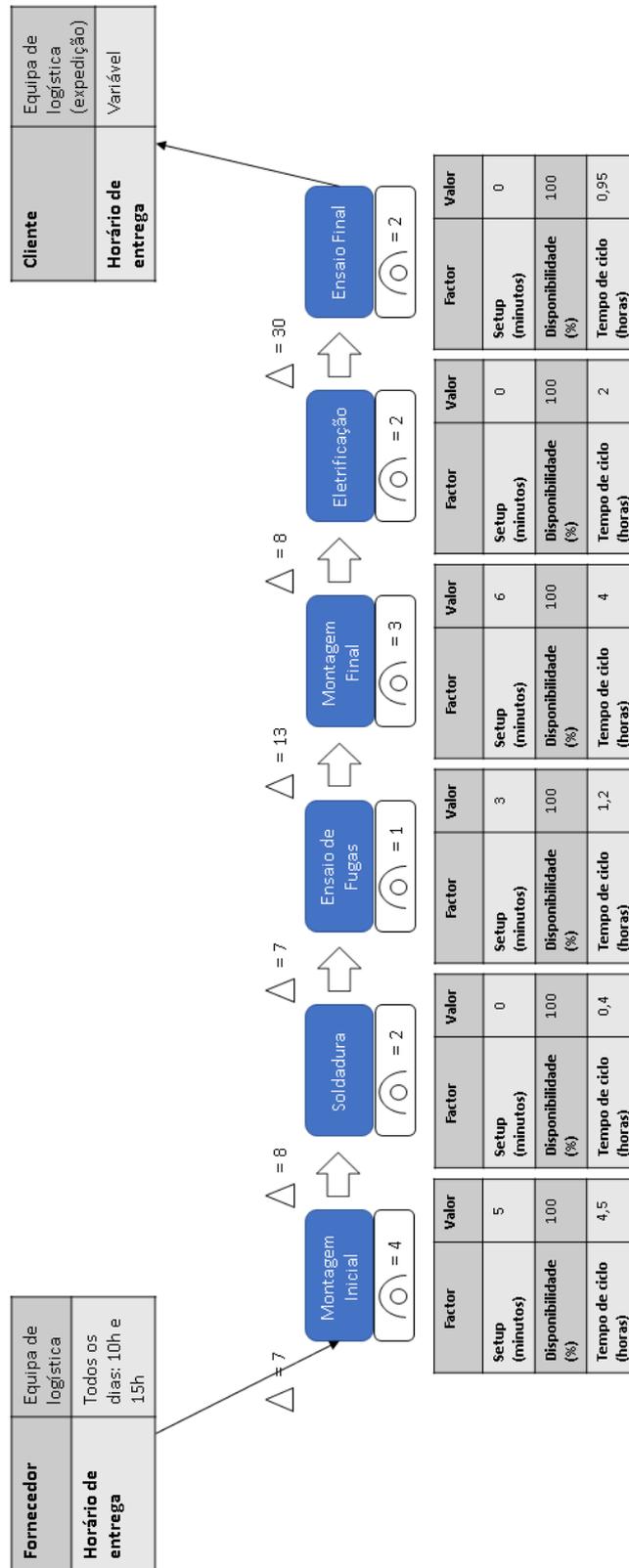


Figura 36: VSM da linha Fluofix.

## ANEXO III – TEMPOS DE TRABALHO NO ENSAIO FINAL

Tabela 21: Registo de tarefas no laboratório de ensaios de dia 15 de dezembro.

15-dez	Atividade	Tipo	Tempo (min)
14:20	Começou ensaio dielétrico	Ensaio	13
14:33	Acaba ensaio dielétrico. Começa a fazer umas afinações	Falha produção	3
14:36	Paragem nos ensaios para compor um volante dos comandos.	Não conformidade	2
14:38	Arrumo do material necessário a ensaio do dieletrico	Set up	4
14:42	Início do ensaio mecânico	Ensaio	7
14:49	Falha no teste mecânico.	Não conformidade	2
14:58	Ensaio mecânico	Ensaio	9
15:00	Fim de teste de disparo. Colocação de fios que faltavam nas tampas (fios de ligação fusível-tampa).	Falha produção	3
15:03	Impressão e colagem de etiquetas de cела	Falha produção	4
15:07	Lanche	Pausa	33
15:40	Colagem de vidros no capot	Falha produção	2
	Colocação de capot e colagem dos vidros retirados	Ensaio	1
15:43	Ensaio	Ensaio	32
16:15	Registo do ensaio.	Registo	10
16:25	Conclusão do ensaio mecânico da segunda unidade. Últimas colagens e verificações.	Falha produção	6
16:31	Paragem por não conformidade	Não conformidade	30

Tabela 22: Registo de tarefas no laboratório de ensaios de dia 26 de dezembro.

<b>26-Dez</b>	<b>Atividade</b>	<b>Tipo</b>	<b>Tempo (min)</b>
<b>14:00</b>	Afinação de micro	Falha produção	5
<b>14:05</b>	Preparação para ensaio elétrico	<i>Setup</i>	19
<b>14:24</b>	Ensaio elétrico	Ensaio	2
<b>14:26</b>	Paragem no ensaio para afinações à cela	Falha produção	5
<b>14:31</b>	Retoma de ensaio	Ensaio	18
<b>14:49</b>	Arrumo de material	<i>Set up</i>	6
<b>14:55</b>	Lanche	Pausa	52
<b>15:47</b>	Selagem de parafusos	Ensaio	13
<b>16:00</b>	Alterou posicionamento de celas na zona	<i>Set up</i>	8
<b>16:08</b>	Colocação de fusíveis para ensaio de dielétrico	<i>Set up</i>	6
<b>16:14</b>	Ensaio dielétrico	Ensaio	26
<b>16:40</b>	Interrupção	Interrupção	10
<b>16:50</b>	Pausa	Pausa	10

Tabela 23: Registo de tarefas no laboratório de ensaios de dia 27 de dezembro.

<b>27-dez</b>	<b>Atividade</b>	<b>Tipo</b>	<b>Tempo (min)</b>
<b>08:00</b>	Pausa	Pausa	5
<b>08:05</b>	<i>Set up</i> para ensaios mecânicos em 3 celas	<i>Set up</i>	10
<b>08:15</b>	Troca de manivelas	Não conformidade	2
<b>08:17</b>	Ensaio mecânico nas 3 celas	Ensaio	69
<b>09:26</b>	Colocação de capots	Ensaio	24
<b>09:50</b>	<i>Set up</i> para ensaio elétrico em nova cela	<i>Set up</i>	5
<b>09:55</b>	Retirou utensílios da cela (falha no ensaio)	Não conformidade	5
<b>10:00</b>	Lanche	Pausa	20
<b>10:20</b>	Impressão de etiquetas (4 ao todo)	Falha produção	10
<b>10:30</b>	Registo de ensaio das unidades concluídas	Registo	15
<b>10:45</b>	Registo de especificações da unidade	Falha produção	15

<b>27-dez</b>	<b>Atividade</b>	<b>Tipo</b>	<b>Tempo (min)</b>
<b>11:08</b>	O colaborador informa o serralheiro da falha	Falha produção	8
<b>11:00</b>	Impressão de registo de ensaio	Registo	8
<b>11:20</b>	Auxílio na retirada de celas para fora da zona de ensaios	Falha produção	4
<b>11:24</b>	Registo da operação de ensaio a cela	Registo	6
<b>11:30</b>	Colocação de cela fora da zona de ensaio	Falha produção	14
<b>11:44</b>	Auxílio no ensaio dielétrico a outra cela	Ensaio	16
<b>12:00</b>	Almoço	Almoço	0
<b>13:00</b>	Registo de ensaio a mais 2 celas	Registo	35
<b>13:35</b>	<i>Set up</i> de ensaio elétrico a duas novas celas	<i>Set up</i>	8
<b>13:43</b>	Ensaio elétrico a uma cela	Ensaio	12
<b>13:55</b>	Montar platines na outra cela	Falha produção	5
<b>14:00</b>	Ensaio elétrico	Ensaio	18
<b>14:18</b>	Marcação de parafusos	Ensaio	3
<b>14:21</b>	Ensaio elétrico com porta aberta	Ensaio	14
<b>14:35</b>	Algumas afinações	Falha produção	2
<b>11:16</b>	Registo de saída de unidades	Registo	4
<b>14:37</b>	Ensaio elétrico	Ensaio	8
<b>14:45</b>	Colocação de capots	Ensaio	10
<b>14:55</b>	Lanche	Pausa	30
<b>15:25</b>	Registo e impressão de documento de ensaio	Registo	6
<b>15:31</b>	Impressão de etiquetas	Falha produção	4
<b>15:35</b>	<i>Set up</i> para ensaio dielétrico	<i>Set up</i>	3
<b>15:38</b>	Ensaio dielétrico numa cela	Ensaio	8
<b>15:46</b>	Movimentação de cela	<i>Set up</i>	1
<b>15:47</b>	Pesquisa do numero da chave. Impressão e colagem	Falha produção	1
<b>15:48</b>	Movimentação de celas para fora da zona de ensaios	Falha produção	20
<b>16:08</b>	Interrupção	Interrupção	32
<b>16:40</b>	Pausa	Pausa	20

## ANEXO IV – ANÁLISE ÀS FALHAS DE PRODUÇÃO NO ENSAIO FINAL

Ocorrência	Tipo de ocorrência	Início
Falta de Capot	Falta de material	03-fev
Falta de trança	Falta de material	03-fev
Cuba sem capot nos ensaios	Falta de material	13-fev
Portas mal afinadas	Falta de material	20-fev
Cuba sem tampas	Falta de material	21-fev
Falta de Capot	Falta de material	01-mar
Tampas de porta fusível	Material não conforme	14-fev
PCI (sinalizadores) com defeito	Material não conforme	17-fev
Tampa 36Kv com fio	Material não conforme	02-mar
"Passa cabos" mal colocados na CIS	Falha produção	03-fev
Barramento mal apertado	Falha produção	03-fev
Falha no disparo do simulador	Falha produção	03-fev
Parafusos de sinalização mal apertado	Falha produção	03-fev
Falta de etiqueta	Falha produção	03-fev
Falta de 1 micro na cela (sem eletrificação)	Falha produção	07-fev
Falta de tulipas nos porta fusíveis	Falha produção	07-fev
Cela com erros de montagem	Falha produção	08-fev
Cela com erros de montagem	Falha produção	08-fev
Cuba sem etiquetas nos ensaios	Falha produção	13-fev
Cuba sem pressostato nos ensaios	Falha produção	13-fev
Cuba sem etiqueta	Falha produção	17-fev
Micros de porta-fusível não são accionados	Falha produção	20-fev
Chave sem etiqueta na cuba	Falha produção	20-fev
Cuba sem etiqueta	Falha produção	20-fev
Etiqueta de sinótipo (estado) dobrado	Falha produção	01-mar
Fechadura de porta mal colocada	Falha produção	01-mar
Má afinação	Falha produção	01-mar
Micros de comando mal afinado	Falha produção	01-mar
Micros de porta mal afinados	Falha produção	01-mar
Sinótipo mal afinado	Falha produção	01-mar
Capot sem etiqueta	Falha produção	01-mar
Fechadura sem etiqueta	Falha produção	01-mar
Obturador preso	Falha produção	02-mar
Etiquetas	Falha produção	02-mar
Micros de porta	Falha produção	02-mar
Micros terra	Falha produção	02-mar

## ANEXO V – CHECKLIST DE DIAGNÓSTICO

<b>Indicadores da necessidade de melhoria de avaliação ergonómica</b>			
O absentismo é elevado?	S	Indicadores da necessidade de melhoramentos no Posto de trabalho	N
São frequentes as mudanças de PT (turnover elevado)?	N	Tem que levantar ou transportar peso excessivo?	N
A produtividade é muito baixa?	S	Tem que empurrar ou puxar carros, caixotes, rolos, etc...? Que obriguem a um grande esforço inicial?	N
Há queixas frequentes dos trabalhadores?	S	Tem que exercer esforços de empurrar, puxar, levantar ou baixar objetos estando o corpo torcido ou muito esticado?	N
O trabalho exige que os trabalhadores tenham determinadas características?	N	O seu ritmo de trabalho é rápido e fora do seu controlo?	N
A qualidade do produto é má?	N	A frequência cardíaca excede os 120 ppm durante a execução do trabalho?	N
Tem havido muitos acidentes?	N	As pausas de trabalho são suficientes?	S
Tem havido muitas consultas médicas?	N	Costuma repetir aos mesmas operações com uma cadência elevada?	S
Há muito desperdício de materiais?	S	O seu trabalho exige o uso frequente de ferramentas manuais?	S
Há muitas avarias nos equipamentos?	S	O seu trabalho exige o uso frequente de ferramentas manuais mecânicas?	S
São frequentes os enganos dos trabalhos?	S	O seu trabalho exige que ambas as mãos estejam permanentemente em movimento?	S
Os trabalhadores ausentam-se com frequência do local de trabalho?	S	O seu trabalho exige que ambas as mãos estejam permanentemente em movimento?	N
O mesmo local de trabalho é utilizado por mais de um turno por dia?	N	Tem que estar sempre na mesma postura (sentado ou de pé) durante todo o tempo do trabalho?	S
O mesmo local de trabalho é utilizado por mais do que uma pessoa?	N	Tem que vigiar mais do que uma máquina ao mesmo tempo?	N
	S	Em algum momento, o ritmo de trabalho supera as suas capacidades?	N
	S	Acha que o seu tempo de resposta a vários sinais informativos provenientes de várias situações, é suficiente?	S
<b>Indicadores da necessidade de alterações ao espaço de trabalho</b>			
A superfície de trabalho parece-lhe demasiado alta ou baixa?	N	Indicadores da necessidade de alterações no ambiente de trabalho	N
Costuma sentar-se com frequência na borda da cadeira?	N	O ruído interfere com a conversação ou com a percepção de sinais acústicos?	S
A cadeira não é ajustável à mesa?	N	O ruído é irritante ao ponto de perturbar a sua concentração?	N
Costuma colocar almofadas na cadeira para se sentar?	N	Há risco de surdez profissional?	N
Os ombros ficam relaxados quando está sentado?	N	A sua atividade tem uma componente visual, a ponto de necessitar de iluminação especial?	N
As suas mãos ficam em contacto com o tampo da mesa?	S	O seu olhar tem que alternar com frequência entre zonas claras e escuras?	S
Os seus pés ficam em contacto com o chão?	S	Existe no local de trabalho, fontes de encafeamento?	N
Costuma forçar alguma postura para poder ver monitores, alcançar manipululos...	S	A cor dominante no local de trabalho interfere com o código de cores dos manipululos ou mostradores?	N
Tem que atuar sobre pedais na posição de pé?	N	Existem relexos das máquinas que distraiam a sua atenção?	N
A operação de pedais ou interruptores de joelho impedem posturas confortáveis?	N	Está exposto a radiações (UV ou IV)?	N
Os pedais são pequenos que não permitem mudar a posição dos pés?	N	A temperatura ambiente é desconfortável?	N
O seu trabalho exige que mantenha as mãos ou braços sem apoio?	S	Sente muita humidade no seu PT?	N
Os mostradores e os manipululos de controlo são difíceis de operar?	N	As ferramentas manuais produzem vibrações nas mãos, nos braços ou em todo o corpo?	S
Os equipamentos são difíceis de limpar ou exercer as operações de manutenção?	N	Há muita acumulação de poeiras no local de trabalho?	N
	N	Há libertação de gases ou poeiras no local de trabalho?	N

Figura 37: Checklist de diagnóstico na montagem inicial.

Indicadores da necessidade de melhoramentos no Posto de trabalho	
N	Tem que levantar ou transportar peso excessivo?
S	Tem que empurrar ou puxar carros, caixotes, rolos, etc...? Que obriguem a um grande esforço inicial?
N	Tem que exercer esforços de empurrar, puxar, levantar ou baixar objetos estando o corpo torcido ou muito esticado?
N	O seu ritmo de trabalho é rápido e fora do seu controlo?
N	A frequência cardíaca excede os 120 ppm durante a execução do trabalho?
S	As pausas de trabalho são suficientes?
S	Costuma repetir aos mesmas operações com uma cadência elevada?
S	O seu trabalho exige o uso frequente de ferramentas manuais?
S	O seu trabalho exige o uso frequente de ferramentas manuais mecânicas?
S	O seu trabalho exige que ambas as mãos estejam permanentemente em movimento?
N	O seu trabalho exige que ambas os pés estejam permanentemente em movimento?
S	Tem que estar sempre na mesma postura (sentado ou de pé) durante todo o tempo do trabalho?
N	Tem que vigiar mais do que uma máquina ao mesmo tempo?
N	Em algum momento, o ritmo de trabalho supera as suas capacidades?
S	Acha que o seu tempo de resposta a vários sinais informativos provenientes de várias situações, é suficiente?
Indicadores da necessidade de alterações ao espaço de trabalho	
N	A superfície de trabalho parece-lhe demasiado alta ou baixa?
N	Costuma sentar-se com frequência na borda da cadeira?
N	A cadeira não é ajustável à mesa?
N	Costuma colocar almofadas na cadeira para se sentar?
N	Os ombros ficam relaxados quando está sentado?
N	As suas mãos ficam em contato com o tempo da mesa?
S	Os seus pés ficam em contato com o chão?
N	Costuma forçar alguma postura para poder ver monitores, alcançar manipululos...
N	Tem que atuar sobre pedais na posição de pé?
N	A operação de pedais ou interruptores de joelho impedem posturas confortáveis?
N	Os pedais são pequenos que não permitem mudar a posição dos pés?
S	O seu trabalho exige que mantenha as mãos ou braços sem apoio?
N	Os mostradores e os manipululos de controlo são difíceis de operar?
N	Os equipamentos são difíceis de limpar ou exercer as operações de manutenção?
Indicadores da necessidade de alterações no ambiente de trabalho	
N	O ruído interfere com a conversação ou com a percepção de sinais acústicos?
N	O ruído é irritante ao ponto de perturbar a sua concentração?
N	Há risco de surdez profissional?
S	A sua atividade tem uma componente visual, a ponto de necessitar de iluminação especial?
S	O seu olhar tem que alternar com frequência entre zonas claras e securas?
S	Existe no local de trabalho, fontes de encaideamento?
S	A cor dominante no local de trabalho interfere com o código de cores dos manipululos ou mostradores?
N	Existem reloxos das máquinas que distraiam a sua atenção?
S	Está exposto a radiações (UV ou IV)?
N	A temperatura ambiente é desconfortável?
N	Sente muita humidade no seu PT?
N	As ferramentas manuais produzem vibrações nas mãos, nos braços ou em todo o corpo?
N	Há muita acumulação de poeiras no local de trabalho?
S	Há libertação de gases ou poeiras no local de trabalho?

Figura 38: Checklist de diagnóstico na soldadura.

Indicadores da necessidade de melhoramentos no Posto de trabalho		
Indicadores da necessidade de avaliação ergonómica		
O absentismo é elevado?	N	N
São frequentes as mudanças de PT (turnover elevado)?	N	S
A produtividade é muito baixa?	S	N
Há queixas frequentes dos trabalhadores?	N	S
O trabalho exige que os trabalhadores tenham determinadas características?	N	N
A qualidade do produto é má?	N	S
Tem havido muitos acidentes?	N	N
Tem havido muitas consultas médicas?	N	N
Há muito desperdício de materiais?	N	N
Há muitas avarias nos equipamentos?	N	N
São frequentes os enganos dos trabalhos?	N	N
Os trabalhadores ausentam-se com frequência do local de trabalho?	S	N
O mesmo local de trabalho é utilizado por mais de um turno por dia?	N	N
O mesmo local de trabalho é utilizado por mais do que uma pessoa?	S	N
Acha que o seu tempo de resposta a vários sinais informativos provenientes de várias situações, é suficiente?		S
Indicadores da necessidade de alterações no ambiente de trabalho		
A superfície de trabalho parece-lhe demasiado alta ou baixa?	N	N
Costuma sentar-se com frequência na borda da cadeira?	N	N
A cadeira não é ajustável à mesa?	N	N
Costuma colocar almofadas na cadeira para se sentar?	N	N
Os ombros ficam relaxados quando está sentado?	N	N
As suas mãos ficam em contato com o tampo da mesa?	N	N
Os seus pés ficam em contato com o chão?	N	N
Costuma forçar alguma postura para poder ver monitores, alcançar manipululos...	N	N
Tem que atuar sobre pedais na posição de pé?	N	N
A operação de pedais ou interruptores de joelho impedem posturas confortáveis?	N	N
Os pedais são pequenos que não permitem mudar a posição dos pés?	N	N
O seu trabalho exige que mantenha as mãos ou braços sem apoio?	N	N
Os mostradores e os manipululos de controlo são difíceis de operar?	N	N
Os equipamentos são difíceis de limpar ou exercer as operações de manutenção?	N	N
Indicadores da necessidade de alterações de trabalho		
O ruído interfere com a conversação ou com a percepção de sinais acústicos?	N	N
O ruído é irritante ao ponto de perturbar a sua concentração?	N	N
Há risco de surdez profissional?	N	N
A sua atividade tem uma componente visual, a ponto de necessitar de iluminação especial?	N	N
O seu olhar tem que alternar com frequência entre zonas claras e securas?	N	N
Existe no local de trabalho, fontes de encaideamento?	N	N
A cor dominante no local de trabalho interfere com o código de cores dos manipululos ou mostradores?	N	N
Existem reflexos das máquinas que distraiam a sua atenção?	N	N
Está exposto a radiações (UV ou IV)?	N	N
A temperatura ambiente é desconfortável?	N	N
Sente muita humidade no seu PT?	N	N
As ferramentas manuais produzem vibrações nas mãos, nos braços ou em todo o corpo?	N	N
Há muita acumulação de poeiras no local de trabalho?	N	N
Há libertação de gases ou poeiras no local de trabalho?	N	N

Figura 39: Checklist de diagnóstico no ensaio de fugas.

Indicadores da necessidade de melhoramentos no Posto de trabalho		
N	Tem que levantar ou transportar peso excessivo?	N
N	São frequentes as mudanças de PT (turnover elevado)?	N
S	A produtividade é muito baixa?	N
N	Há queixas frequentes dos trabalhadores?	N
N	O trabalho exige que os trabalhadores tenham determinadas características?	N
N	A qualidade do produto é má?	S
N	Tem havido muitos acidentes?	N
N	Tem havido muitas consultas médicas?	S
S	Há muito desperdício de materiais?	S
N	Há muitas avarias nos equipamentos?	N
S	São frequentes os enganos dos trabalhos?	N
S	Os trabalhadores ausentam-se com frequência do local de trabalho?	S
N	O mesmo local de trabalho é utilizado por mais de um turno por dia?	N
S	O mesmo local de trabalho é utilizado por mais do que uma pessoa?	N
S	Acha que o seu tempo de resposta a vários sinais informativos provenientes de várias situações, é suficiente?	S
Indicadores da necessidade de alterações ao espaço de trabalho		
N	A superfície de trabalho parece-lhe demasiado alta ou baixa?	N
N	Costuma sentar-se com frequência na borda da cadeira?	S
N	A cadeira não é ajustável à mesa?	N
N	Costuma colocar almofadas na cadeira para se sentar?	S
S	Os ombros ficam relaxados quando está sentado?	S
S	As suas mãos ficam em contato com o tampo da mesa?	N
N	Os seus pés ficam em contato com o chão?	S
N	Costuma forçar alguma postura para poder ver monitores, alcançar manipulados...	N
N	Tem que atuar sobre pedais na posição de pé?	N
N	A operação de pedais ou interruptores de joelho impedem posturas confortáveis?	N
N	Os pedais são pequenos que não permitem mudar a posição dos pés?	N
S	O seu trabalho exige que mantenha as mãos ou braços sem apoio?	N
N	Os mostradores e os manipulados de controlo são difíceis de operar?	N
N	Os equipamentos são difíceis de limpar ou exercer as operações de manutenção?	N
Indicadores da necessidade de alterações no ambiente de trabalho		
N	O ruído interfere com a conversação ou com a percepção de sinais acústicos?	N
N	O ruído é irritante ao ponto de perturbar a sua concentração?	S
N	Há risco de surdez profissional?	N
S	A sua atividade tem uma componente visual, a ponto de necessitar de iluminação especial?	S
S	O seu olhar tem que aternar com frequência entre zonas claras e securas?	S
N	Existe no local de trabalho, fontes de encaideamento?	N
S	A cor dominante no local de trabalho interfere com o código de cores dos manipulados ou mostradores?	S
N	Existem reflexos das máquinas que distraiam a sua atenção?	N
N	Está exposto a radiações (UV ou IV)?	N
N	A temperatura ambiente é desconfortável?	N
N	Sente muita humidade no seu PT?	N
S	As ferramentas manuais produzem vibrações nas mãos, nos braços ou em todo o corpo?	N
N	Há muita acumulação de poeiras no local de trabalho?	N
N	Há libertação de gases ou poeiras no local de trabalho?	N

Figura 40: Checklist de diagnóstico, na montagem final.

Indicadores da necessidade de melhoramentos no Posto de Trabalho	
O absentismo é elevado?	N
São frequentes as mudanças de PT (turnover elevado)?	N
A produtividade é muito baixa?	N
Há queixas frequentes dos trabalhadores?	N
O trabalho exige que os trabalhadores tenham determinadas características?	N
A qualidade do produto é má?	S
Tem havido muitos acidentes?	N
Tem havido muitas consultas médicas?	S
Há muito desperdício de materiais?	N
Há muitas avarias nos equipamentos?	N
São frequentes os enganos dos trabalhos?	N
Os trabalhadores ausentam-se com frequência do local de trabalho?	S
O mesmo local de trabalho é utilizado por mais de um turno por dia?	N
O mesmo local de trabalho é utilizado por mais do que uma pessoa?	N
Acha que o seu tempo de resposta a vários sinais informativos provenientes de várias situações, é suficiente?	
<b>Indicadores da necessidade de alterações ao espaço de trabalho</b>	
A superfície de trabalho parece-lhe demasiado alta ou baixa?	N
Costuma sentar-se com frequência na borda da cadeira?	N
A cadeira não é ajustável à mesa?	N
Costuma colocar almofadas na cadeira para se sentar?	S
Os ombros ficam relaxados quando está sentado?	S
As suas mãos ficam em contato com o tempo da mesa?	N
Os seus pés ficam em contato com o chão?	S
Costuma forçar alguma postura para poder ver monitores, alcançar manipulados...	S
Tem que atuar sobre pedais na posição de pé?	N
A operação de pedais ou interruptores de joelho impedem posturas confortáveis?	N
Os pedais são pequenos que não permitem mudar a posição dos pés?	N
O seu trabalho exige que mantenha as mãos ou braços sem apoio?	N
Os mostradores e os manipulados de controlo são difíceis de operar?	N
Os equipamentos são difíceis de limpar ou exercer as operações de manutenção?	N
<b>Indicadores da necessidade de alterações no ambiente de trabalho</b>	
O ruído interfere com a conversação ou com a percepção de sinais acústicos?	N
O ruído é irritante ao ponto de perturbar a sua concentração?	N
Há risco de surdez profissional?	N
A sua atividade tem uma componente visual, a ponto de necessitar de iluminação especial?	S
O seu olhar tem que alternar com frequência entre zonas claras e escuras?	S
Existe no local de trabalho, fontes de encaçamento?	N
A cor dominante no local de trabalho interfere com o código de cores dos manipulados ou mostradores?	S
Existem reflexos das máquinas que distraiam a sua atenção?	N
Está exposto a radiações (UV ou IV)?	N
A temperatura ambiente é desconfortável?	N
Sente muita humidade no seu PT?	N
As ferramentas manuais produzem vibrações nas mãos, nos braços ou em todo o corpo?	N
Há muita acumulação de poeiras no local de trabalho?	N
Há libertação de gases ou poeiras no local de trabalho?	N

Figura 41: Checklist de diagnóstico, na eletrificação das celas.

Indicadores da necessidade de melhoramentos no Posto de trabalho		
O absentismo é elevado?	N	N
São frequentes as mudanças de PT (turnover elevado)?	N	N
A produtividade é muito baixa?	S	N
Há queixas frequentes dos trabalhadores?	S	N
O trabalho exige que os trabalhadores tenham determinadas características?	N	N
A qualidade do produto é má?	S	S
Tem havido muitos acidentes?	N	S
Tem havido muitas consultas médicas?	N	S
Há muito desperdício de materiais?	N	N
Há muitas avarias nos equipamentos?	N	S
São frequentes os enganos dos trabalhos?	N	N
Os trabalhadores ausentam-se com frequência do local de trabalho?	S	N
O mesmo local de trabalho é utilizado por mais de um turno por dia?	N	N
O mesmo local de trabalho é utilizado por mais do que uma pessoa?	N	N
Acha que o seu tempo de resposta a vários sinais informativos provenientes de várias situações, é suficiente?	S	S
Indicadores da necessidade de alterações ao espaço de trabalho		
A superfície de trabalho parece-lhe demasiado alta ou baixa?	S	N
Costuma sentar-se com frequência na borda da cadeira?	N	N
A cadeira não é ajustável à mesa?	N	N
Costuma colocar almofadas na cadeira para se sentar?	N	N
Os ombros ficam relaxados quando está sentado?	S	N
As suas mãos ficam em contato com o tampo da mesa?	S	N
Os seus pés ficam em contato com o chão?	S	N
Costuma forçar alguma postura para poder ver monitores, alcançar manipululos...	S	N
Tem que atuar sobre pedais na posição de pé?	N	N
A operação de pedais ou interruptores de joelho impedem posturas confortáveis?	N	S
Os pedais são pequenos que não permitem mudar a posição dos pés?	N	N
O seu trabalho exige que mantenha as mãos ou braços sem apoio?	S	N
Os manipululos e os equipamentos de controlo são difíceis de operar?	N	N
Os equipamentos são difíceis de limpar ou exercer as operações de manutenção?	S	N
Indicadores da necessidade de alterações no ambiente de trabalho		
O ruído interfere com a conversação ou com a percepção de sinais acústicos?	N	N
O ruído é irritante ao ponto de perturbar a sua concentração?	N	N
Há risco de surdez profissional?	N	N
A sua atividade tem uma componente visual, a ponto de necessitar de iluminação especial?	N	N
O seu olhar tem que aternar com frequência entre zonas claras e securas?	N	N
Existe no local de trabalho, fontes de encaideamento?	N	N
A cor dominante no local de trabalho interfere com o código de cores dos manipululos ou mostradores?	N	N
Existem reflexos das máquinas que distraiam a sua atenção?	N	N
Está exposto a radiações (UV ou IV)?	N	N
A temperatura ambiente é desconfortável?	N	S
Sente muita humidade no seu PT?	N	N
As ferramentas manuais produzem vibrações nas mãos, nos braços ou em todo o corpo?	S	N
Há muita acumulação de poeiras no local de trabalho?	N	N
Há libertação de gases ou poeiras no local de trabalho?	S	N

Figura 42: Checklist de diagnóstico, no ensaio final.

## ANEXO VI – FORMULÁRIOS EWA

Ficha de avaliação  
Análise ergonómica do espaço de trabalho Data: 25/07/2016 Diogo Natário Nº 3  
analista

Empresa: Opus Power Solutions Secção: AMT  
P.T. Pto de Montagem Inicial Local: linha de Montagem do Eléctrico

Equipamento, máquinas: \_\_\_\_\_  
Descrição da tarefa, fases do trabalho (1,2,3...): Tarefas: Carga, Elementos de Fixação

1- Montagem de componentes no interior e exterior da cuba, com transporte e/ou elevação de cargas.  
2- Teste de resistências aos pontos-junção.

Croquis e fotografia do PT: \_\_\_\_\_

	Avaliação pelo analista				Avaliação pelo trabalhador				Comentários:
	1	2	3	4	++	+	-	---	
1 Espaço de trabalho	1	2	3	4	++	+	-	---	
2 Actividade física geral	1	2	3	4	++	+	-	---	
3 Tarefas de elevação	1	2	3	4	++	+	-	---	
4 Posturas e movimentos	1	2	3	4	++	+	-	---	
5 Risco de acidente	1	2	3	4	++	+	-	---	
6 Conteúdo de trabalho	1	2	3	4	++	+	-	---	
7 Restrição do trabalho	1	2	3	4	++	+	-	---	
8 Comunicação do trabalhador	1	2	3	4	++	+	-	---	
9 Dificuldade em tomar decisões	1	2	3	4	++	+	-	---	
10 Repetitividade do trabalho	1	2	3	4	++	+	-	---	
11 Atenção requerida	1	2	3	4	++	+	-	---	
12 Iluminação	1	2	3	4	++	+	-	---	
13 Ambiente térmico	1	2	3	4	++	+	-	---	
14 Ruído	1	2	3	4	++	+	-	---	

Recomendações: \_\_\_\_\_

Ficha de avaliação  
Análise ergonómica do espaço de trabalho Data: 07/02/2017 Ricardo Nogueira Nº 6  
analista

Empresa: Clivet Power Solutions Secção: Aparição de Média Tensão  
P.T. Posto de Montagem de Transformador Local: Linha de Montagem Eléctrica

Equipamento, máquinas: Formas, Guindastes, Equipamentos de Protecção

Descrição da tarefa, fases do trabalho (1,2,3...):  
1- Montagem de componentes no interior e exterior da caixa, com transporte e com elevação de cargas;  
2- Teste de existência dos fusíveis porta-fusíveis.

Croquis e fotografia do PT:

	Avaliação pelo analista				Avaliação pelo trabalhador				Comentários:
	1	2	3	4	++	+	-		
1 Espaço de trabalho	1	2	3	4	++	+	-	"Pode ser melhor!"	
2 Actividade física geral	1	2	3	4	++	+	-		
3 Tarefas de elevação	1	2	3	4	++	+	-		
4 Posturas e movimentos	1	2	3	4	++	+	-		
5 Risco de acidente	1	2	3	4	++	+	-		
6 Conteúdo de trabalho	1	2	3	4	++	+	-		
7 Restritividade do trabalho	1	2	3	4	++	+	-		
8 Comunicação do trabalhador	1	2	3	4	++	+	-		
9 Dificuldade em tomar decisões	1	2	3	4	++	+	-		
10 Repetitividade do trabalho	1	2	3	4	++	+	-		
11 Atenção requerida	1	2	3	4	++	+	-		
12 Iluminação	1	2	3	4	++	+	-		
13 Ambiente térmico	1	2	3	4	++	+	-		
14 Ruído	1	2	3	4	++	+	-		

Recomendações:  
Colocar mecanismo de prevenção de acidente na máquina de teste.

Ficha de avaliação  
Análise ergonómica do espaço de trabalho Data: 02/02/2017 Diego Niteira Nº 7  
analista

Empresa: Clube Power Solutions Secção: AMT  
P.T. Parte de Montagem Final Local: Linha de Montagem Eléctrica

Equipamento, máquinas: \_\_\_\_\_  
Descrição da tarefa, fases do trabalho (1,2,3...): Elementos de Fixação; parafusos; torque

1-Colocação de componentes no interior e exterior da cuba e fixação das mesmas / ao mesmo tempo transporte e / ou elevação de carga / à falta de assistência aos pontos de fixação

Croquis e fotografia do PT: parte - finalis

	Avaliação pelo analista				Avaliação pelo trabalhador				Comentários:
	1	2	3	4	1	2	3	4	
1 Espaço de trabalho	1	2	3	4	++	+			<u>Baixa luminosidade no interior da cuba.</u>
2 Actividade física geral	1	2	3	4	++	+			
3 Tarefas de elevação	1	2	3	4	++	+			
4 Posturas e movimentos	1	2	3	4	++	+			
5 Risco de acidente	1	2	3	4	++	+			
6 Conteúdo de trabalho	1	2	3	4	++	+			
7 Restritividade do trabalho	1	2	3	4	++	+			
8 Comunicação do trabalhador	1	2	3	4	++	+			
9 Dificuldade em tomar decisões	1	2	3	4	++	+			
10 Repetitividade do trabalho	1	2	3	4	++	+			
11 Atenção requerida	1	2	3	4	++	+			
12 Iluminação	1	2	3	4	++	+			
13 Ambiente térmico	1	2	3	4	++	+			
14 Ruído	1	2	3	4	++	+			

Recomendações: Baixa fixação de Montagem. Ter disponível ferramentas de elevação

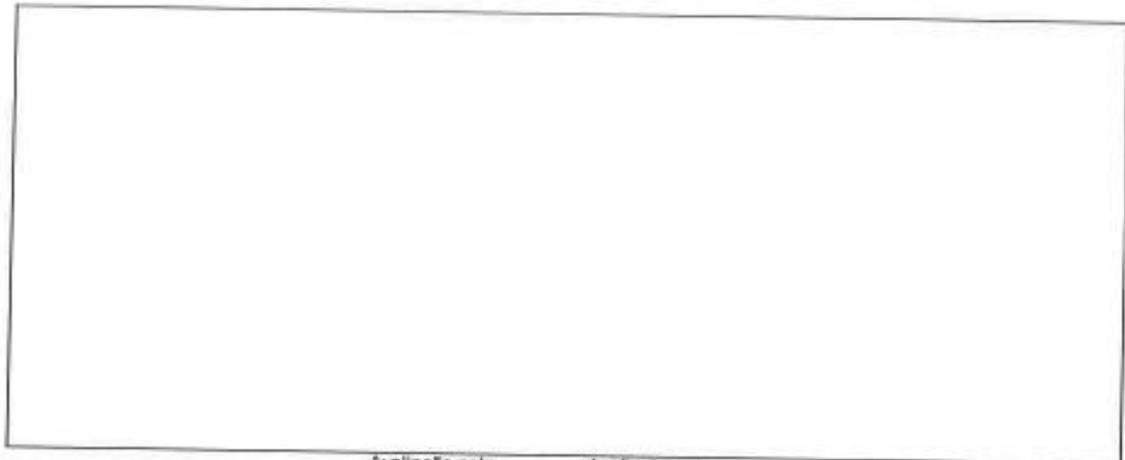
Ficha de avaliação  
Análise ergonómica do espaço de trabalho Data: 02/02/2017 Diego Melián Nº 8  
analista

Empresa: Espace Power Solutions Secção: AMT  
P.T. Parte de Montagem do Cabo Inicial Local: Linha de Montagem do Fluxo

Equipamento, máquinas: Ferramentas de fixação; canivetes; torque  
Descrição da tarefa, fases do trabalho (1,2,3...):

- 1- Montagem de componentes no interior e exterior das caixas, com transporte e/ou elevação de cargas;
- 2- Teste de resistências dos fusíveis, parte-fusíveis

Croquis e fotografia do PT:



	Avaliação pelo analista				Avaliação pelo trabalhador				Comentários:
	1	2	3	4	++	+	-		
1 Espaço de trabalho	1	2	3	4	++	+	-		
2 Actividade física geral	1	2	3	4	++	+	-		
3 Tarefas de elevação	1	2	3	4	++	+	-		
4 Posturas e movimentos	1	2	3	4	++	+	-		
5 Risco de acidente	1	2	3	4	++	+	-		
6 Conteúdo de trabalho	1	2	3	4	++	+	-		
7 Restritividade do trabalho	1	2	3	4	++	+	-		
8 Comunicação do trabalhador	1	2	3	4	++	+	-		
9 Dificuldade em tomar decisões	1	2	3	4	++	+	-		
10 Repetitividade do trabalho	1	2	3	4	++	+	-		
11 Atenção requerida	1	2	3	4	++	+	-		
12 Iluminação	1	2	3	4	++	+	-		
13 Ambiente térmico	1	2	3	4	++	+	-		
14 Ruído	1	2	3	4	++	+	-		

Recomendações:  
Disponibiliza suporte para montagem de interruptores (particularmente o de 36KV).

Ficha de avaliação  
Análise ergonómica do espaço de trabalho Data: 23 | 07 | 2017 Diogo Motuço analista Nº 2

Empresa: Space Power Solutions Secção: AMT  
P.T.: Parte de Soldadura Local: linha de Montagem da Iluminação

Equipamento, máquinas: Ferramentas de soldadura através de TIG  
Descrição da tarefa, fases do trabalho (1,2,3...):

- 1- Transporte da cuba a etapa correspondente para o P.T.
- 2- Soldadura com recurso a TIG.

Croquis e fotografia do P.T.:



	Avaliação pelo analista				Avaliação pelo trabalhador				Comentários:
	1	2	3	4	++	+	-	--	
1 Espaço de trabalho	1	2	3	4	++	+	-	--	<u>Falta Iluminação;</u> <u>Risco em manuseio</u> <u>estudo.</u>
2 Actividade física geral	1	2	3	4	++	+	-	--	
3 Tarefas de elevação	1	2	3	4	++	+	-	--	
4 Posturas e movimentos	1	2	3	4	++	+	-	--	
5 Risco de acidente	1	2	3	4	++	+	-	--	
6 Conteúdo de trabalho	1	2	3	4	++	+	-	--	
7 Restritividade do trabalho	1	2	3	4	++	+	-	--	
8 Comunicação do trabalhador	1	2	3	4	++	+	-	--	
9 Dificuldade em tomar decisões	1	2	3	4	++	+	-	--	
10 Repetitividade do trabalho	1	2	3	4	++	+	-	--	
11 Atenção requerida	1	2	3	4	++	+	-	--	
12 Iluminação	1	2	3	4	++	+	-	--	
13 Ambiente térmico	1	2	3	4	++	+	-	--	
14 Ruído	1	2	3	4	++	+	-	--	

Recomendações:

Colocar piso mole.

Melhoria da eficiência de processos de trabalho numa linha de montagem de componentes: articulação entre *Lean Production* e Ergonomia

Ficha de avaliação  
 Análise ergonómica do espaço de trabalho Data: 02/02/2017 Diego Molau Nº 9  
analista

Empresa: Clara Power Solutions Secção: AMT  
 P.T.: Posto de Soldadura Local: Linha de Montagem do Eléctrico

Equipamento, máquinas: Ferramenta de soldadura com TIG

Descrição da tarefa, fases do trabalho (1,2,3...):

- 1- Transporte de cuba e ~~o~~ componente para o P.T.;
- 2- Soldadura de tempo a cuba.

Croquis e fotografia do PT:



	Avaliação pelo analista				Avaliação pelo trabalhador				Comentários:
	1	2	3	4	++	+	-	--	
1 Espaço de trabalho	1	2	3	4	++	+	-	--	
2 Actividade física geral	1	2	3	4	++	+	-	--	
3 Tarefas de elevação	1	2	3	4	++	+	-	--	
4 Posturas e movimentos	1	2	3	4	++	+	-	--	
5 Risco de acidente	1	2	3	4	++	+	-	--	
6 Conteúdo de trabalho	1	2	3	4	++	+	-	--	
7 Restritividade do trabalho	1	2	3	4	++	+	-	--	
8 Comunicação do trabalhador	1	2	3	4	++	+	-	--	
9 Dificuldade em tomar decisões	1	2	3	4	++	+	-	--	
10 Repetitividade do trabalho	1	2	3	4	++	+	-	--	
11 Atenção requerida	1	2	3	4	++	+	-	--	
12 Iluminação	1	2	3	4	++	+	-	--	
13 Ambiente térmico	1	2	3	4	++	+	-	--	
14 Ruído	1	2	3	4	++	+	-	--	

Recomendações:

---



---

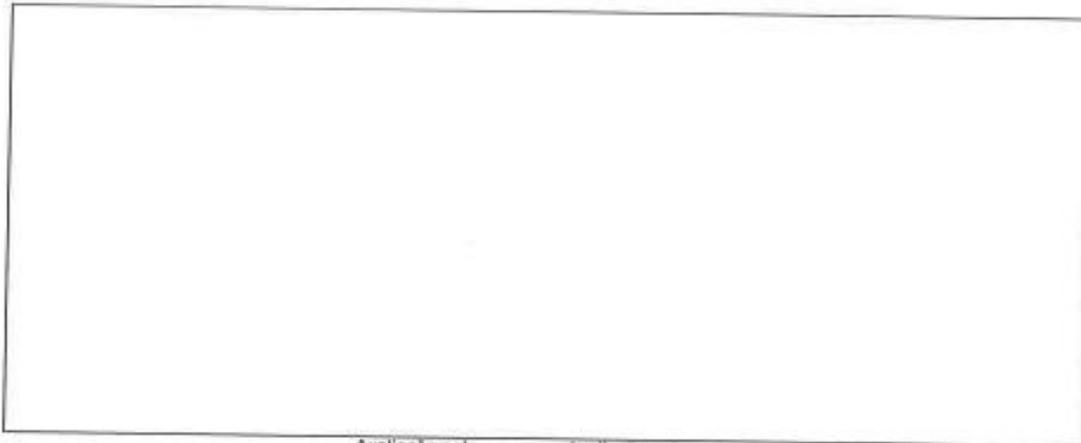
Ficha de avaliação  
Análise ergonómica do espaço de trabalho Data: 23/07/2017 Diogo Nático Nº 1  
analista

Empresa: Esque Power Solutions Secção: AMT  
P.T.: Posto de Trabalho Final Local: Linha de Montagem Fluxus

Equipamento, máquinas: Volante - Hemiela - Apunhelo de sigrida

Descrição da tarefa, fases do trabalho (1,2,3...):  
1. Tota mecânicas aos comandos;  
2. Ensaio de dialético;  
3. Ensaio a componentes eletricos (quedas eletricas);  
4. Simulação de disparo dos fusíveis

Croquis e fotografia do PT:



Critério	Avaliação pelo analista				Avaliação pelo trabalhador				Comentários:
	1	2	3	4	++	+	0	-	
1 Espaço de trabalho	1	2	3	4	++	+	0	-	<u>Demonstrada carga de trabalho;</u> <u>Alguns ruídos;</u> <u>Baixa temperatura</u>
2 Actividade física geral	1	2	3	4	++	+	0	-	
3 Tarefas de elevação	1	2	3	4	++	+	0	-	
4 Posturas e movimentos	1	2	3	4	++	+	0	-	
5 Risco de acidente	1	2	3	4	++	+	0	-	
6 Conteúdo de trabalho	1	2	3	4	++	+	0	-	
7 Restrição do trabalho	1	2	3	4	++	+	0	-	
8 Comunicação do trabalhador	1	2	3	4	++	+	0	-	
9 Dificuldade em tomar decisões	1	2	3	4	++	+	0	-	
10 Repetitividade do trabalho	1	2	3	4	++	+	0	-	
11 Atenção requerida	1	2	3	4	++	+	0	-	
12 Iluminação	1	2	3	4	++	+	0	-	
13 Ambiente térmico	1	2	3	4	++	+	0	-	
14 Ruído	1	2	3	4	++	+	0	-	

Recomendações:

---



---



---

Ficha de avaliação  
Análise ergonómica do espaço de trabalho Data: 07/02/2017 Diego Antonio Nº 4  
Analista

Empresa: Espace Power Solutions Secção: AMT  
P.T. Porto de Comando Final Local: Linha de Montagem Rápida

Equipamento, máquinas: Volante; Manivelas; - Aparelho de soldagem.  
Descrição da tarefa, fases do trabalho (1,2,3...):

1. Testes mecânicos ao artigo (comando, botões, ...);
2. ensaio - dielétrico;
3. ensaio aos componentes elétricos do artigo (quadros);
4. Simulação de disparos das fusíveis.

Croquis e fotografia do PT:



	Avaliação pelo analista				Avaliação pelo trabalhador				Comentários:
	1	2	3	4	++	+	0	--	
1 Espaço de trabalho	1	2	3	4	++	+	0	--	Falta de espaço para o aparelho de soldagem.  Muito tempo em posturas desconfortáveis (agachado, costas dobradas).  Temperatura Variável
2 Actividade física geral	1	2	3	4	++	+	0	--	
3 Tarefas de elevação	1	2	3	4	++	+	0	--	
4 Posturas e movimentos	1	2	3	4	++	+	0	--	
5 Risco de acidente	1	2	3	4	++	+	0	--	
6 Conteúdo de trabalho	1	2	3	4	++	+	0	--	
7 Restritividade do trabalho	1	2	3	4	++	+	0	--	
8 Comunicação do trabalhador	1	2	3	4	++	+	0	--	
9 Dificuldade em tomar decisões	1	2	3	4	++	+	0	--	
10 Repetitividade do trabalho	1	2	3	4	++	+	0	--	
11 Atenção requerida	1	2	3	4	++	+	0	--	
12 Iluminação	1	2	3	4	++	+	0	--	
13 Ambiente térmico	1	2	3	4	++	+	0	--	
14 Ruído	1	2	3	4	++	+	0	--	

Recomendações:

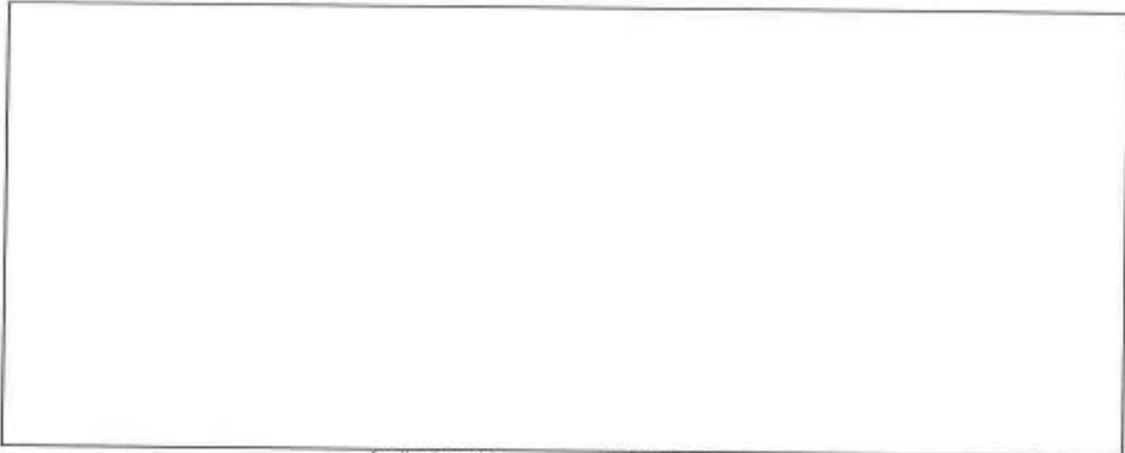
Mais isolamento térmico do laboratório (devido a temperatura e ruído).

Ficha de avaliação  
Análise ergonómica do espaço de trabalho Data: 01/02/2018 Diogo Matos Nº 5  
Empresa: Ejotec Power Solutions Secção: AMT  
P.T. Posto de Trabalho Final Local: linha de montagem do Eluopix

Equipamento, máquinas: Volante; Manivela; Aparelho de solda  
Descrição da tarefa, fases do trabalho (1,2,3...):

1. Teste mecânicos (comandos); 2. ensaio de ductilidade; 3. ensaio a componente elétrica (quedas elétricas); 4. Simulação de disparo de fusíveis.

Croquis e fotografia do PT:



	Avaliação pelo analista					Avaliação pelo trabalhador					Comentários:
	1	2	3	4	5	++	+	0	-	--	
1 Espaço de trabalho	1	2	3	4	5	++	+	0	-	--	<u>Falta de Isolament térmicos.</u>
2 Actividade física geral	1	2	3	4	5	++	+	0	-	--	
3 Tarefas de elevação	1	2	3	4	5	++	+	0	-	--	
4 Posturas e movimentos	1	2	3	4	5	++	+	0	-	--	
5 Risco de acidente	1	2	3	4	5	++	+	0	-	--	
6 Conteúdo de trabalho	1	2	3	4	5	++	+	0	-	--	
7 Restritividade do trabalho	1	2	3	4	5	++	+	0	-	--	
8 Comunicação do trabalhador	1	2	3	4	5	++	+	0	-	--	
9 Dificuldade em tomar decisões	1	2	3	4	5	++	+	0	-	--	
10 Repetitividade do trabalho	1	2	3	4	5	++	+	0	-	--	
11 Atenção requerida	1	2	3	4	5	++	+	0	-	--	
12 Iluminação	1	2	3	4	5	++	+	0	-	--	
13 Ambiente térmico	1	2	3	4	5	++	+	0	-	--	
14 Ruído	1	2	3	4	5	++	+	0	-	--	

Recomendações:

## ANEXO VII – VALORES RETIRADOS PARA PREENCHIMENTO DO EWA

### Temperatura dos postos de trabalho

Tabela 24: Análise da temperatura nos postos de trabalho da linha *Fluofix*.

Operação	Hora (horas:minutos)	16- Janeiro (°C)	17- Janeiro (°C)	18- Janeiro (°C)	Atividade física	Avaliação EWA do analista
Montagem inicial	8:30	15	14	13	Moderado	3
	13:15	16	18	15		
	16:30	16	16	14		
Posto de soldadura	8:30	14	14	14	Ligeiro	4
	13:15	16	15	15		
	16:30	16	16	14		
Ensaio final	8:30	12	10	12	Ligeiro	5
	13:15	15	17	15		
	17:00	13	16	12		

### Luminosidade

Tabela 25: Valores de luminosidade nos postos de trabalho.

Operação	Local	Valores (lx)	Necessidade de luminosidade (lx)	Avaliação EWA do analista
Montagem inicial	Carrinho	300	120-250	2
	Dentro da cuba	8	120-250	5
	Banca	300	120-250	2
Posto de soldadura	Carrinho	90	120-250	5
	Aresta da cuba	180	250-500	4
Ensaio final	Geral	180	120-250	3

Tabela 26: Tabela de referência dos valores recomendados de luminâncias, consoante a atividade (tabela adaptada da norma DIN 5053).

Nível	Iluminância (lx)	Actividade	
		Utilização	Exemplo
1	15	Mínimo aceitável	
2	30	Orientação, só estadias temporárias	
3	60		
4	120	Tarefas visuais ligeiras com contrastes elevados	trabalhos em armazéns, estaleiros, minas salas de espera, trabalhos de pintura e polimento
5	250		
6	500	Tarefas visuais normais com detalhes médios	trabalhos em escritórios, processamento de dados, leitura tingimento de couro, rebarbagem de vidro
7	750		
8	1000	Tarefas visuais exigentes com pequenos detalhes	desenho técnico, comparação de cores montagem de pequenos elementos em electrónica
9	1500		
10	2000	Tarefas visuais muito exigentes com detalhes muito pequenos	montagem de componentes miniaturizados, trabalhos de relojoaria, gravação montagem fina, tolerâncias muito apertadas
11	3000		
12	≥ 5000	Casos especiais	salas de operações

## Ruído

Tabela 27: Valores registados de ruído nos postos de trabalho.

Operação	Valor (db)	Valor pico (db)	Avaliação EWA do analista
Montagem inicial	37	54	3
Posto de soldadura	37	71	3
Ensaio final	36	56	3

---

## Corrente de ar

Tabela 26: Análise da intensidade de correntes de ar no laboratório de ensaio.

<b>Operação</b>	<b>Antes de intervenção (m/s)</b>	<b>Após intervenção (m/s)</b>
<b>Montagem Inicial</b>	2,83	0,81
<b>Soldadura</b>	0,37	0,41
<b>Ensaio Final</b>	7,20	2,11

## ANEXO VIII – CÁLCULO DE PESO LIMITE DE CARGA POR ARTIGO (NIOSH)

Tabela 28: Cálculo do peso limite recomendado de 3 artigos.

Elevação	Altura pega (cm)	Altura base (cm)	Profundidade (W) (cm)	W/2	H	VOrigem / VDestino	V-75	D	4,5/D	MH	MV	MD	M <sub>A</sub>	M <sub>MP</sub>	M <sub>F</sub>	PLR	Peso	LI
<b>Disjuntor Inicial</b>	33,3	33,3	10	5	30	49,95	25,1	69,05	0,07	0,83	0,92	0,89	1	1	1	15,69	15	0,96
<b>Disjuntor Final</b>	33,3	33,3	10	5	52,5	119	44	69,05	0,07	0,48	0,87	0,89	1	1	1	8,42	15	1,78
<b>Armário Inicial</b>	0	12,4	11,5	5,75	30,75	12,4	62,6	114,6	0,04	0,81	0,81	0,86	1	1	1	13,05	31	2,38
<b>Armário Final</b>	0	12,4	11,5	5,75	25,75	127	52	114,6	0,04	0,97	0,84	0,86	1	1	1	16,19	31	1,91
<b>Interrupor Inicial</b>	38,2	15,3	24	12	32	34,4	40,6	61,1	0,07	0,78	0,88	0,89	1	0,9	1	12,69	9	0,71
<b>Interrupor Final</b>	38,2	15,3	24	12	52,5	95,5	20,5	61,1	0,07	0,48	0,94	0,89	1	0,9	1	8,27	9	1,09

## ANEXO IX – GESTÃO VISUAL

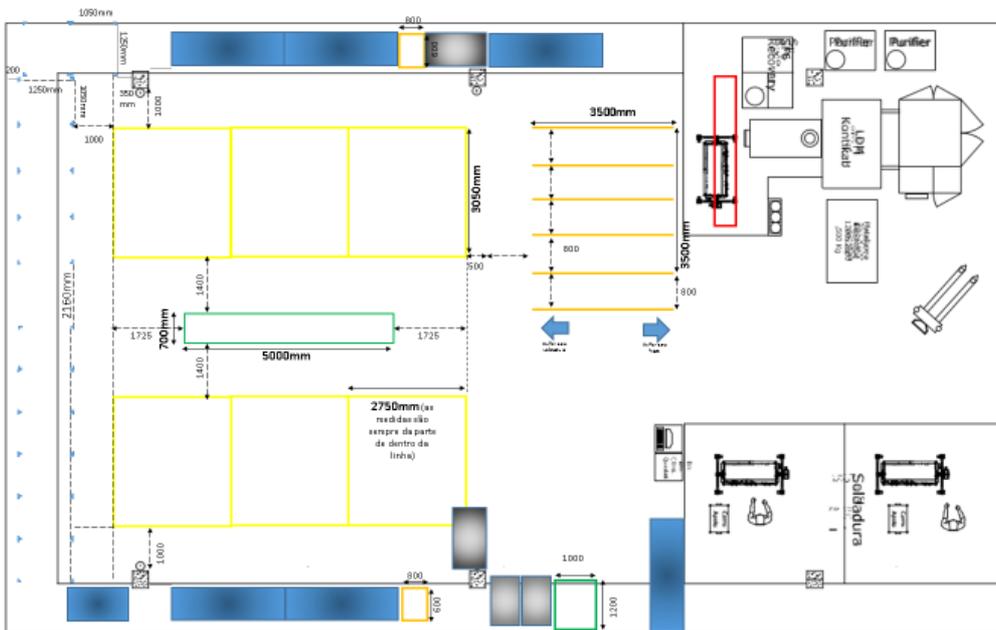


Figura 43: Marcações de postos de trabalho e *buffer* de entrada.