



Aplicação do método FMEA na análise de riscos potenciais para o utilizador em equipamentos e postos de trabalho

João Carlos Cordeiro Soares

Dissertação para a obtenção do Grau de Mestre em Engenharia de Conceção e Desenvolvimento de Produto

Dissertação de Mestrado realizada sob orientação da Doutora Irene Sofia Carvalho Ferreira e coorientação do Doutor Álvaro Miguel do Céu Gramaxo Oliveira Sampaio

2015

Título:

Copyright © João Carlos Cordeiro Soares

Escola Superior de Tecnologia e Gestão (ESTG)

Instituto Politécnico de Leiria (IPL)

A Escola Superior de Tecnologia e Gestão e o Instituto Politécnico de Leiria têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar este trabalho de projeto de estágio através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

Agradecimentos

Esta dissertação não teria sido possível sem a colaboração o apoio e colaboração de diversas pessoas que de forma direta ou indireta me ajudaram a alcançar esta nova meta na minha vida. Quero agradecer às empresas do grupo José Pimenta Marques que me deram acesso às suas instalações e que amavelmente disponibilizaram o seu tempo para me acompanhar. Aos meus pais que sempre me apoiaram nos meus objetivos profissionais e académicos e à minha namorada que me obrigava a trabalhar todos os dias, a todos, os meus sinceros agradecimentos.

Contudo, um agradecimento muito especial:

À Doutora Irene Sofia Carvalho Ferreira, que com toda a paciência do mundo me orientou e que, com um sorriso na cara, sempre esteve disponível para me ajudar a encontrar a resposta às minhas dúvidas.

Ao Doutor Carlos Capela, que mais que um professor para mim, se tornou um amigo que me acompanha nos últimos anos e que com várias palmadas nas costas me incentivou a não sucumbir à procrastinação.

Ao Doutor Álvaro Miguel Sampaio, que como um verdadeiro mentor, disponibilizou o seu tempo a estruturar as minhas ideias e a ensinar-me a pensar objetivamente. Um muito obrigado por acreditar em mim mais do que eu próprio.

Muito obrigado a todos!

Resumo

Resumo:

A evolução da indústria de produção tem conduzido a um aumento significativo de tecnologias de apoio aos trabalhadores nas suas funções. A procura por melhorias nas condições de trabalho tem-se relevado importante não só para a satisfação dos trabalhadores das empresas como também para o aumento da produtividade e qualidade dos produtos finais. As grandes empresas que lideram os mercados já se aperceberam da importância da adaptação dos equipamentos e postos de trabalhos focados nos trabalhadores.

No entanto, o tecido industrial é maioritariamente composto por Pequenas e Médias Empresas (PMEs) que, ao contrário das empresas de grande dimensão, não possuem equipas ou meios especializados ou dedicados ao estudo e desenvolvimento de melhores condições de trabalho para os seus colaboradores.

A informação disponível e os profissionais de áreas ligadas aos fatores humanos ainda são muito limitados nas PMEs, o que torna difíceis, demorados e onerosos os procedimentos de identificação e análise de riscos e de medidas corretivas. Isto, aliado à falta de regulamentação obrigatória relativa às condições de trabalho faz com que as PMEs continuem a ignorar algumas das necessidades dos seus trabalhadores.

Assim, propõe-se nesta dissertação adaptar o método de Análise de Modo e Efeitos de Falha (FMEA) de forma a poder identificar e avaliar os principais riscos ergonómicos, de usabilidade e segurança provenientes da interação entre o trabalhador e o seu equipamento ou posto de trabalho.

Palavras-chave: FMEA, Usabilidade, Segurança, Ergonomia, FMEUA;

Abstract

Abstract:

The evolution of the manufacturing industry has led to a significant increase of technologies that support the workers in their roles. The search for better labor conditions has been decisive not only for the employees' satisfaction but also for the increase of the productivity and quality of the companies' products. The largest manufacturing companies have already realized the importance of adapting the equipments and workstations to overcome the limitations of their workers.

However, the industry is composed predominantly of small and medium enterprises that, unlike the large companies, do not possess specialized teams or means dedicated to the research and development of better working conditions for its employees.

The available information and the professionals specialized in human factors areas are still very limited in the small and medium enterprises which makes the procedures for the identification and analysis of risks very difficult, time consuming and extremely costly. These limitations together with the lack of mandatory regulations on labor conditions makes that these small enterprises continue to ignore some of the needs of their employees.

Thereby, this dissertation propose to apply the Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) in the identifications of the main ergonomic and safety risks resulting by the interaction between the workers and their workstations.

Keywords: FMEA, Usability, Safety, Ergonomics, FMEUA;

Índice

Resumo:.....	ix
Abstract:.....	xiii
1. Capítulo I - Introdução.....	3
1.1. Considerações Iniciais.....	3
1.2. Objetivos.....	3
1.3. Estrutura da dissertação.....	4
2. Capítulo II – Revisão da literatura.....	9
2.1. Introdução.....	9
2.2. Análise de Riscos.....	9
2.2.1. Riscos Associados ao Trabalho.....	9
2.2.2. Metodologias de avaliação de risco.....	12
2.3. Análise de Modo e Efeitos da Falha (FMEA).....	15
2.3.1. Contextualização histórica.....	15
2.3.2. Método e Objetivos.....	16
2.3.3. Aplicações do FMEA.....	17
2.3.4. Modelos de FMEA.....	19
2.3.5. Implementação do FMEA.....	20
2.3.6. Vantagens e Limitações ao Método.....	31
2.4. Ergonomia.....	33
2.4.1. Contextualização.....	33
2.4.2. Ergonomia nos postos de trabalho.....	34
2.5. FMEA e a Ergonomia.....	35
2.5.1. Contexto.....	35
2.5.2. Ergonomia no trabalho e FMEA.....	36
2.5.3. Aplicação do FMEA à análise de riscos ergonómicos.....	37
2.6. Revisão de Literatura.....	40
3. Capítulo III – Metodologia.....	43
4. Capítulo IV – Desenvolvimento do FMEUA.....	49
4.1. Listas de Verificação.....	49
4.1.1. Pontos de Verificação de Usabilidade.....	49
4.1.2. Pontos de Verificação Ergonómica.....	51
4.1.3. Pontos de Verificação de Segurança.....	53
4.2. Composição do Formulário de FMEUA.....	57

5. Capítulo V - Aplicação e resultados.....	73
5.1. Objetivos.....	73
5.2. Empresa e Casos de Estudo	74
5.3. 1ª Aplicação do FMEUA	82
5.4. Conclusões da 1ª Aplicação e Limitações.....	89
5.5. Modificações e Implementações ao FMEUA.....	96
5.6. Aplicação do FMEUA após melhorias.....	106
5.7. Conclusões da Aplicação do FMEUA após melhorias.....	113
6. Capítulo VI – Conclusão e Discussão.....	117
6.1. Discussão dos resultados	117
6.2. Conclusões.....	121
6.3. Trabalhos Futuros.....	123
Bibliografia	126
Anexos	133

Índice de figuras

Figura 1 - Sistema de gestão de risco (adaptado de Roxo, 2003)	11
Figura 2 – Exemplo de estrutura de preenchimento do FMEA (Moura, 2000)	22
Figura 3 - Fluxograma ilustrativo da aplicação do FMEA (Santos, 2008)	23
Figura 4- Eq. 1 – Equipamento de corte de chapas	75
Figura 5 - Eq. 2 – Equipamento de corte de perfis	76
Figura 6 - Eq. 3 – Equipamento de termo formação	77
Figura 7 - Po. 1 – Posto de embalamento de balanças	78
Figura 8 - Po. 2 – Posto de montagem de balanças	79
Figura 9 - Po. 3 – Posto de soldadura de módulo para báscula	80
Figura 10 - Distribuição de tipos de falhas - Eq. 1 (1ª Aplicação)	83
Figura 11 - Distribuição de tipos de falhas - Eq. 2 (1ª Aplicação)	84
Figura 12 - Distribuição de tipos de falhas - Eq. 3 (1ª Aplicação)	85
Figura 13 - Distribuição de tipos de falhas - Po. 1 (1ª Aplicação)	86
Figura 14 - Distribuição de tipos de falhas - Po. 2 (1ª Aplicação)	87
Figura 15 - Distribuição de tipos de falhas - Po. 3 (1ª Aplicação)	89
Figura 16 - Tipos de Falhas Identificadas durante a 1ª aplicação	90
Figura 17 - Número de falhas identificadas por grau de risco (1ª Aplicação)	91
Figura 18 - Falhas identificadas e repetidas (1ª Aplicação)	93
Figura 19 - Distribuição de tipos de falhas - Eq. 1 (2ª Aplicação)	107
Figura 20 - Distribuição de tipos de falhas - Eq. 2 (2ª Aplicação)	108
Figura 21 - Distribuição de tipos de falhas - Eq. 3 (2ª Aplicação)	109
Figura 22 - Distribuição de tipos de falhas - Po.1 (2ª Aplicação)	111
Figura 23 - Distribuição de tipos de falhas - Po.2 (2ª Aplicação)	112
Figura 24 - Distribuição de tipos de falhas - Po.3 (2ª Aplicação)	113
Figura 25 - Tipos de falhas identificadas na 2ª Aplicação	114
Figura 26 - Total de falhas identificadas	117
Figura 27 - Falhas identificadas e repetidas (2ª Aplicação)	118
Figura 28 - Comparação do tempo despendido (em horas) em cada aplicação	119
Figura 29 - Numero de falhas por grau de risco identificadas na 1ª aplicação	119
Figura 30 - Número de falhas por grau de risco identificadas na 2ª aplicação	120

Índice de tabelas

Tabela 1- Vantagens e Limitações associadas aos métodos de avaliação de risco (Carvalho, 2007).....	14
Tabela 2 - Índice de Gravidade (Adaptado de Moura, 2000)	26
Tabela 3 - Probabilidade de Ocorrência de Falha (Moura, 2000)	27
Tabela 4 - Índice de Detecção (Moura, 2000).....	29
Tabela 5 - Modelo de FMEA de processo (Adaptado de Ginn <i>et al.</i> , 1998)	37
Tabela 6 - Modelo proposto para análise ergonómica do trabalho (Adaptado de Santos <i>et al.</i> , 2003).....	37
Tabela 7 - Classificação do Índice de Gravidade (adaptado de Santos <i>et al.</i> , 2003).....	38
Tabela 8 - Classificação do Índice de Ocorrência (adaptado de Santos <i>et al.</i> , 2003).....	39
Tabela 9 - Classificação do Índice de Ergonomia (adaptado de Santos <i>et al.</i> , 2003).....	39
Tabela 10 - Proposta de formulário do FMEUA (adaptado de Stamatis, 2003)	57
Tabela 11 - Gravidade de falhas em Processos ou Serviços (Stamatis, 2003)	59
Tabela 12 - Índice de Gravidade (Holt, 2001).....	60
Tabela 13 - Proposta de Índice de Gravidade de falhas de segurança (adaptado de Stamatis, 2003; Holt, 2001).....	60
Tabela 14 – Classificação do índice de gravidade de riscos ergonómicos (Ginn <i>et al.</i> , 1998)	61
Tabela 15 - Proposta de escala de riscos ergonómicos (Adaptado de Ginn <i>et al.</i> , 1998).....	61
Tabela 16 - Consequências potenciais de falhas de usabilidade (Chauncey Wilson, 2013) .	62
Tabela 17 – Proposta de Índice de gravidade de falhas ao nível da usabilidade (Adaptado de Chauncey Wilson, 2013)	63
Tabela 18 - Proposta de tabela classificativa de índices de gravidade (Adaptado de Stamatis, 2003; Holt, 2001; Chauncey Wilson, 2013; Ginn <i>et al.</i> , 1998).....	64
Tabela 19 - Índice de classificação de ocorrência da falha (Stamatis, 2003).....	65
Tabela 20 - Índice de frequência de ocorrência de falha (Ginn <i>et al.</i> , 1998)	65
Tabela 21 - Proposta de índice de classificação da probabilidade ou frequência de ocorrência da falha (Adaptado de Stamatis, 2003; Ginn <i>et al.</i> , 1998)	66
Tabela 22 - Classificação de possibilidade de deteção da falha (Moura, 2000)	67
Tabela 23 - Nível de possibilidade de deteção da falha (Toledo <i>et al.</i> , 1998).....	68
Tabela 24 - Proposta de classificação da possibilidade de deteção da falha pelo controlo (Adaptado de Moura, 2000; Toledo <i>et al.</i> , 1998).....	68
Tabela 25 - Escala de valoração do risco e das medidas a implementar (Rodrigues, 2008)	69
Tabela 26 - Proposta de Escala de valoração do NPR e medidas a implementar (adaptado de Rodrigues, 2008; Stamatis, 2003).....	70
Tabela 27 - Número de falhas identificadas por grau de risco – Eq. 1	82
Tabela 28 - Número de falhas por grau de risco – Eq. 2	83
Tabela 29 - Número de falhas por grau de risco – Eq. 3	85
Tabela 30 - Número de falhas por grau de risco – Po. 1	86
Tabela 31 - Número de falhas por grau de risco – Po. 2	87
Tabela 32 - Número de falhas por grau de risco – Po. 3	88
Tabela 33 - Resultados obtidos com a primeira aplicação do FMEUA.....	90

Tabela 34 - Exemplo de estrutura para <i>checklists</i> da 1ª aplicação do FMEUA	97
Tabela 35 - Exemplo de estrutura para <i>checklists</i> da 2ª aplicação do FMEUA	98
Tabela 36 - Classificação do modo de falha (Stamatis, 2003).....	99
Tabela 37 - Proposta de tabela de classificação do modo de falha (adaptado de Stamatis, 2003).....	100
Tabela 38 - Proposta de otimização da escala de gravidade dos efeitos da falha (Adaptada de Stamatis, 2003; Holt, 2001; Chauncey Wilson, 2013; Ginn <i>et al</i> , 1998)	101
Tabela 39 - Escala qualitativa do grau de deteção da falha pelo controlo (Ookalkar <i>et al.</i> , 2009).....	102
Tabela 40 - Escala qualitativa de dez níveis de deteção (adaptada de Ben-Daya <i>et al.</i> , 1996)	103
Tabela 41 - Proposta de tabela classificativa do índice de relevância da falha para a empresa	104
Tabela 42 - Número de falhas por grau de risco - Eq. 1 (2ª Aplicação)	106
Tabela 43 - Número de falhas por grau de risco - Eq. 2 (2ª Aplicação)	107
Tabela 44 - Número de falhas por grau de risco - Eq. 3 (2ª Aplicação)	109
Tabela 45 - Número de falhas por grau de risco - Po. 1 (2ª Aplicação)	110
Tabela 46 - Número de falhas por grau de risco - Po. 2 (2ª Aplicação)	111
Tabela 47 - Número de falhas por grau de risco - Po. 3 (2ª Aplicação)	112
Tabela 48 - Resultado obtidos da segunda aplicação do FMEUA	114

Índice de anexos

Anexo 1 - Lista de Verificação de Usabilidade - Eq. 3 (1ª Aplicação).....	133
Anexo 2 - Lista de Verificação Ergonómica - Eq. 3 (1ª Aplicação).....	137
Anexo 3 - Lista de Verificação de Segurança - Eq. 3 (1ª Aplicação)	141
Anexo 4 - Formulário FMEUA - Eq. 3 (1ª Aplicação).....	145
Anexo 5 - Formulário FMEUA - Po. 2 (1ª Aplicação).....	155
Anexo 6 - Lista de Verificação de Usabilidade - Eq. 3 (2ª Aplicação).....	163
Anexo 7 - Lista de Verificação Ergonómica - Eq. 3 (2ª Aplicação).....	167
Anexo 8 - Lista de Verificação de Segurança - Eq. 3 (2ª Aplicação)	171
Anexo 9 - Formulário FMEUA - Eq.3 (2ª Aplicação).....	177
Anexo 10 - Formulário FMEUA - Po. 2 (2ª Aplicação).....	185

Lista de abreviaturas e siglas

BITE – *Built-In Test Equipment*

FMEA – *Failure Mode and Effects Analysis*

FMEUA – *Failure Mode and Effects on User Analysis*

HACCP – *Hazard Analysis and Critical Control Point*

ISO – *International Organization for Standardization*

MAQI – Método Qualitativo

MAQt – Método Quantitativo

MASQt – Método Semi Quantitativo

NP – Norma Portuguesa

NPR – Numero Prioritário de Risco

PME – Pequenas e Médias Empresas

QDF – *Quality Function Deployment*

RBD – *Reliability By Design*

RCM – *Reliability Centered Maintenance*

RULA – *Rapid Upper Limb Assessment*

1. Capítulo I - Introdução

1.1. Considerações Iniciais

É conhecida a crescente necessidade em criar ou adaptar os postos de trabalho às limitações dos trabalhadores com vista a otimizar as condições de trabalho e assegurar o bem-estar dos trabalhadores no decorrer das suas funções.

Com esta dissertação pretende-se estudar a flexibilidade do método de Análise de Modo e Efeitos da Falha (FMEA) na sua aplicação à identificação e análise de riscos potenciais a que os trabalhadores estão sujeitos durante a sua interação com os respetivos equipamentos e postos de trabalho.

Considera-se oportuna a implementação de alterações à estrutura do formulário do FMEA com vista a maximizar a sua usabilidade por parte de pequenas e médias empresas que pretendam de forma geral intervir nas condições de trabalho dos seus colaboradores.

1.2. Objetivos

O foco deste trabalho é o de aprofundar conhecimentos na aplicação do método FMEA na análise das condições de trabalho através da identificação dos riscos a que os trabalhadores estão sujeitos durante a atividade produtiva. Para tal os objetivos deste trabalho passam:

- Pelo estudo do estado da arte das aplicações do método FMEA principalmente no âmbito da ergonomia;
- Desenvolver as implementações necessárias ao funcionamento do FMEA na análise de riscos para o trabalhador;
- Aplicar o método e as respetivas implementações num contexto real e em casos práticos variados de forma a conseguir avaliar a sua eficácia;

- Utilizar os resultados e os dados obtidos durante a sua aplicação como base para a validação do método e do respetivo kit de técnicas auxiliares ao seu funcionamento.

1.3. Estrutura da dissertação

O presente trabalho está organizado de modo a que exista inicialmente um enquadramento sobre métodos de análise de risco e a sua importância na melhoria das condições de trabalho. É posteriormente apresentada a proposta de implementações ao método FMEA com base em diversos autores e aplicada a ferramenta a casos reais como forma de recolher dados e validar o funcionamento da ferramenta.

Deste modo os capítulos estão organizados do seguinte modo:

CAPÍTULO I – Introdução

É mencionada de forma resumida o contexto em que este trabalho foi desenvolvido, focando-se nos seus objetivos e na estrutura do trabalho.

CAPÍTULO II – Revisão da Literatura

É inicialmente realizado um estado da arte ao conceito de análise de risco, aos métodos relacionados com principal foco no método semiquantitativo FMEA e a sua possível aplicação na identificação de riscos de caráter ergonómico.

CAPÍTULO III – Metodologia

Neste é capítulo explicado de que forma é feita a abordagem aos dados recolhidos no capítulo anterior e como será desenvolvido e aplicado o método de forma a recolher os respetivos resultados.

CAPÍTULO IV – Desenvolvimento do FMEUA

São apresentadas as implementações ao método FMEA, passando pela introdução de *checklists* e ajustes no formulário tradicional para a sua aplicação à identificação e análise de riscos enfrentados pelos trabalhadores no decorrer das suas funções.

CAPÍTULO V – Aplicação e Resultados

Neste capítulo serão apresentados e discutidos os resultados da 1ª aplicação do método FMEUA e também da 2ª aplicação que valida a implementação de modificações e considerações necessárias para corrigir as limitações encontradas durante a 1ª aplicação.

CAPÍTULO VI – Conclusão e Discussão

É feito neste capítulo um levantamento dos dados gerais resultantes das duas aplicações do FMEUA e através de uma análise comparativa verificada a evolução e validação do método.

Além da apresentação das conclusões à dissertação serão destacados os possíveis desenvolvimentos e trabalhos futuros a realizar neste âmbito.

Capítulo II - Revisão da literatura

2. Capítulo II – Revisão da literatura

2.1. Introdução

Desde sempre existiram riscos associados ao trabalho mas na maioria dos casos era responsabilidade do trabalhador lidar com os mesmos. Já nos dias de hoje, são as empresas e organizações que têm o dever de assegurar a segurança e o bem-estar dos seus colaboradores em todos os aspetos relativos às suas funções. Para isso são feitas avaliações de risco para analisar a necessidade de determinadas medidas de forma a garantir a saúde e satisfação dos seus trabalhadores.

Uma das principais medidas a tomar passa pela prevenção dos riscos de trabalho, no entanto na prática torna-se muitas vezes impossível prevenir todos os riscos. Assim, em casos em que não é possível eliminar o risco de ocorrência da falha, os seus efeitos negativos devem ser minimizados e controlados (Comissão Europeia, 1996).

2.2. Análise de Riscos

2.2.1. Riscos Associados ao Trabalho

Para entender da melhor forma como agir perante a presença de risco, será conveniente definir o conceito de risco. Se por um lado, o risco é frequentemente visto como algo negativo, por outro lado pode representar também uma oportunidade de melhoria.

No guia de gestão de projetos *PMBOK* (2008) o conceito de risco é descrito como “um evento ou uma condição incerta que, se ocorrer, tem efeito em pelo menos um objetivo do projeto. Os objetivos podem incluir escopo, cronograma, custo e qualidade. Um risco pode ter uma ou mais causas e, se ocorrer, pode ter um ou mais impactos. A causa pode ser um requisito, uma premissa, uma restrição ou uma condição que crie a possibilidade de resultados negativos ou positivos” (p. 226).

Já a norma *ISO 31000:2009* (2009) relativa à gestão de riscos apresenta o risco como um desvio não intencional dos objetivos definidos, sejam estes financeiros, de segurança, satisfação dos colaboradores, etc. Este desvio pode apresentar efeitos negativos ou positivos.

Quando se trata de segurança, o risco é por vezes confundido com o conceito de perigo mesmo sendo estes conceitos diferentes. No entanto, o risco representa a exposição ao perigo. A norma relativa aos requisitos de sistemas de gestão de Segurança e Saúde no Trabalho (SST), *NP 4397:2008* (2008), refere que o risco resulta da “combinação da probabilidade de ocorrência de um acontecimento ou de exposições perigosas e da gravidade de lesões ou afeções da saúde que possam ser causadas pelo acontecimento ou pelas exposições” (p. 11)

Definido o conceito de risco é mais fácil a compreensão do significado de análise ou avaliação de riscos no âmbito da segurança no trabalho. Esta análise consiste num processo de gestão de riscos relativos aos perigos identificados e à existência de controlos adequados, o que resulta numa aceitação ou não do risco envolvido (*NP 4397:2008*, 2008).

Pode-se, desta forma, concluir que a análise de risco é um estudo que deve ser levado a cabo nos locais de trabalho com o intuito de identificar possíveis falhas que possam resultar em incidentes e avaliar qual a sua gravidade relativamente ao trabalhador e/ou organização em si. Esta análise fornecerá dados à equipa responsável pela gestão da organização para que esta possa decidir quais as melhores formas de intervenção para prevenir ou minimizar os riscos.

Roxo (2003) e Gadd *et al.* (2003) afirmam que o sistema de gestão de risco compreende duas principais fases: a análise e a valoração do risco (Figura 1).

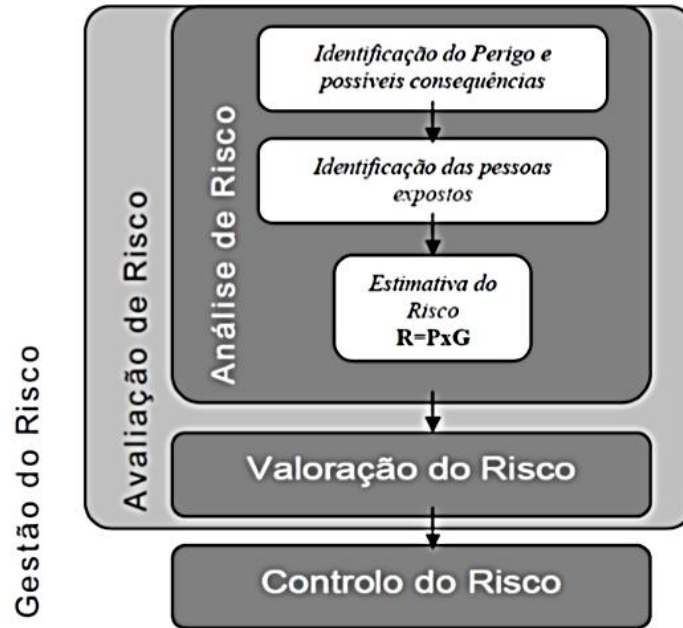


Figura 1 - Sistema de gestão de risco (adaptado de Roxo, 2003)

Análise de Risco

A fase de análise de risco procura determinar qual a magnitude do risco através das seguintes etapas:

- Identificar possíveis fontes de perigo;
- Determinar quais os possíveis riscos associados;
- Estimar o risco, avaliando se foram tomadas medidas suficientes para prevenir incidentes e minimizar os seus efeitos (Biermans *et al*, 2005). Esta estimativa é feita através do produto da probabilidade de ocorrência de um perigo/incidente (P) pela sua gravidade (G).

Valoração do Risco

Já a fase de valoração do risco tem como objetivo avaliar a grau de risco, comparando o valor obtido na fase de análise de risco com determinadas tabelas de referência de forma a estabelecer o grau de aceitabilidade do mesmo (Roxo, 2003).

Carvalho (2007) acrescenta ainda que nesta fase devem ser recolhidos dados que permitam:

- A avaliação das medidas corretivas a implementar;
- Priorizar as necessidades de implementação de medidas corretivas;
- Definir quais as melhores medidas preventivas/corretivas a implementar.

2.2.2. Metodologias de avaliação de risco

Para auxiliar o processo de avaliação de riscos existem vários métodos distintos, que podem ser caracterizados quanto ao tipo de abordagem:

- Pró-ativos - Antecipam o risco;
- Reativos – Correção de incidentes e falhas identificadas

Existem diversos tipos de abordagem para a análise de avaliação de riscos, sendo que normalmente são utilizadas várias em simultâneo para conseguir alcançar melhores resultados. Os tipos de abordagem mais vulgarmente utilizados para a identificação de riscos no local de trabalho são:

- Análise das condições do local de trabalho (e.g. temperatura, ruído, qualidade do ar, organização dos equipamentos e postos de trabalho);
- Descrição das tarefas realizadas;
- Avaliação dos riscos associados às tarefas realizadas;
- Monitorizar regularmente as tarefas realizadas de forma a verificar se não surgem novos riscos;
- Observação dos padrões de execução das tarefas para avaliar a eventual exposição a riscos;
- Identificar e analisar fatores externos que possam afetar o local de trabalho (e.g. temperatura, humidade, qualidade do ar);
- Estudar fatores psicológicos, sociais e físicos que possam desencadear insatisfação e frustração no trabalhador;

- Analisar a organização de forma a garantir condições de trabalho ideais (adaptado de Comissão Europeia, 1996).

De forma sintetizada entende-se que as metodologias de avaliação de risco devem ser eficientes, consumindo o mínimo de recursos possíveis, sejam estes humanos ou de tempo, e devem também ser suficientemente detalhados de forma a possibilitar uma hierarquização de riscos e consequentes medidas de correção (Carvalho, 2007).

Os principais métodos vulgarmente utilizados são:

- Métodos de avaliação qualitativos (MAQI) - São principalmente recomendados para empresas de pequena dimensão por serem utilizados principalmente para riscos de fácil identificação. Estes consistem em exames regulares aos colaboradores e respetivos locais de trabalho como forma de identificar riscos e definir medidas preventivas e/ou corretivas adequadas para o controlo e eliminação desses riscos (Gadd *et al*, 2003).
- Métodos de avaliação quantitativos (MAQt) – São indicados para a identificação de riscos numerosos e complexos. Dada a natureza deste tipo de avaliação, estes métodos devem ser feitos por especialistas que estimam valores numéricos relativos à avaliação da probabilidade e consequências dos riscos detetados. A partir destes valores é calculada a magnitude dos riscos, permitindo assim selecionar quais destes necessitam mais urgentemente de medidas corretivas (Gadd *et al*, 2003).
- Métodos de avaliação semi-quantitativos (MASQt) – Estão particularmente focados em casos intermédios, onde é possível identificar e analisar um número considerável de riscos simples. No entanto na presença de riscos com uma maior complexidade, a avaliação qualitativa é complementada com uma estimativa numérica da magnitude do risco, estimando a severidade das consequências do risco e a sua probabilidade de ocorrência (Gadd *et al*, 2003).

Na Tabela 1, em baixo, pode-se comparar as vantagens e desvantagens que cada tipo de método apresenta.

Tabela 1- Vantagens e Limitações associadas aos métodos de avaliação de risco (Carvalho, 2007)

Método	Vantagens	Desvantagens
MAQI	<ul style="list-style-type: none"> - Métodos simples, que não requerem quantificação nem cálculos; - Não requerem identificação exata das consequências; - Tornam exequível o envolvimento dos diferentes elementos da organização 	<ul style="list-style-type: none"> - São subjetivos por natureza; - Dependem muito da experiência dos avaliadores; - Não permitem efetuar análises Custo/Benefício.
MAQt	<ul style="list-style-type: none"> - Permitem resultados objetivos (mensuráveis); - Permitem a análise do efeito da implementação de medidas de controlo de risco; - Permitem efetuar análises Custo/Benefício; - Assumem linguagem objetiva (facilitando a sensibilização da administração). 	<ul style="list-style-type: none"> - Apresentam complexidade e morosidade de cálculos; - Necessitam de metodologias estruturadas e de dispor de base de dados experimentais ou históricos de adequada fiabilidade e representatividade; - São bastante onerosos requerem recursos humanos experientes e com formação adequada; - Requerem elevada quantidade e tipo de informação; - Revelam dificuldade na valoração quantitativa do peso da falha humana (erro de decisão, de comunicação, entre outros).
MASQt	<ul style="list-style-type: none"> - Métodos relativamente simples; - Identificam as prioridades de intervenção através da identificação dos principais riscos; - Sensibilizam os diferentes elementos da organização 	<ul style="list-style-type: none"> - Apresentam subjetividade associada aos descritores utilizados nas escalas de avaliação; - São fortemente dependentes da experiência dos avaliadores

Dada a intenção desta dissertação, e por ser um método regularmente utilizado mundialmente por engenheiros e outros profissionais de diferentes sectores industriais, foi seleccionada a Análise de Modo e Efeito da Falha (FMEA) como método de avaliação semiquantitativa como base para a identificação e análise de riscos potenciais para os trabalhadores associada à sua interação com os respetivos equipamentos e postos de trabalho.

2.3. Análise de Modo e Efeitos da Falha (FMEA)

2.3.1. Contextualização histórica

O método semiquantitativo de Análise de Modo e Efeitos da Falha (FMEA - *Failure Mode and Effects Analysis*) surgiu pela primeira vez em 1949, inserido num procedimento militar norte-americano denominado de “*Procedures for performing a failure mode, effects and critically analysis*” (em português: Procedimentos para realização de análise de modo, efeitos e criticidade da falha) (Santos, 2008). Este procedimento visava encontrar falhas e os seus efeitos em sistemas e equipamentos. Na década de 60 este modelo foi aplicado na indústria aeroespacial inserido num procedimento com foco no teste e melhoramento do *hardware* de programas espaciais (Cruz, 2009).

Com o desenvolvimento da norma *ISO 9000*, em 1988, pela Organização Internacional de Normalização (ISO), as organizações foram obrigadas a desenvolver novos sistemas de gestão de qualidade focados nas necessidades, exigências e expectativas dos consumidores. A QS 9000, como analogia da *ISO 9000* da Industrial Automóvel, acabou por ser criada com o objetivo de normalizar os sistemas de qualidade dos fornecedores graças à cooperação entre a *Chrysler Corporation*, *Ford Motor Company* e *General Motors Corporation*. Assim, esta norma tornou necessária a execução e aplicação de diversas técnicas de gestão e controlo da qualidade, entre elas, o FMEA (Keskin, 2009).

A FMEA tornou-se numa das ferramentas de gestão de qualidade destacadas nas normas *ISO 90006* (Carbone *et al*, 2004), tendo ganho nos últimos anos novas aplicações em quase todas as indústrias de fabricação e produção de produtos (Cruz, 2009).

É possível perceber que ao longo do seu percurso histórico, o FMEA foi ganhando cada vez maior importância pelo seu impacto na evolução da exigência dos requisitos relacionados com as normas de qualidade. Este instrumento é atualmente reconhecido mundialmente pelas suas diferentes aplicações, que permitem às empresas desenvolver melhores produtos e serviços de uma forma mais eficiente e competitiva e sem nunca esquecer a importância do bem-estar do utilizador final.

2.3.2. Método e Objetivos

Apresentada a evolução do FMEA, é necessário expor de forma mais concreta em que consiste esta ferramenta, onde e quando deve ser aplicada e quais as conclusões que podem ser retiradas depois da sua utilização.

A análise de modo e efeito da falha, ou em inglês *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA), consiste numa ferramenta indutiva com o objetivo de identificar e analisar potenciais falhas que possam ocorrer num determinado equipamento, produto ou processo e determinar quais as suas causas e os seus efeitos no funcionamento do mesmo (Sobral *et al*, 2013). Esta metodologia pode ser utilizada para definir quais as melhores ações a tomar para identificar, prevenir e corrigir potenciais falhas, problemas e erros de um sistema, projeto ou produto antes que este chegue ao consumidor (Stamatis,2003).

Segundo Teoh e Case (2004), o FMEA pode ser considerado uma ferramenta para identificar os potenciais modos de falha de um produto ou processo, os efeitos dessas mesmas falhas e para avaliar qual a criticidade dos efeitos sobre o funcionamento do produto.

Dado que o FMEA segue os princípios da gestão da qualidade total este pode ainda ser visto com um instrumento com o intuito de avaliar e minimizar os riscos de um produto ou processos através do estudo das potenciais falhas, determinando as causas e o posteriores efeitos para cada falha, permitindo desta forma não só implementar ações de correção para melhorar a fiabilidade e qualidade do produto, como também aumentar a satisfação do utilizador final (Santos A. C., 2011).

Segundo Moura (2000) esta metodologia tem por base os seguintes objetivos:

- Distinguir e analisar as potenciais falhas de um produto/processo e os seus efeitos;
- Selecionar quais as ações para eliminar ou minimizar o modo de falha;
- Registar todo o processo em análise.

Já Santos (2008) acredita que esta ferramenta deve constituir quatro principais metas com o objetivo de minimizar:

- Defeitos durante a produção inicial e também no volume global;
- Queixas por parte dos utilizadores/consumidores;
- Falhas em linha;
- Problemas durante o período de garantia.

2.3.3. Aplicações do FMEA

O FMEA é uma metodologia que pode ser aplicada numa panóplia de áreas que vão desde o desenvolvimento de produto e serviços, passando pelos processos de fabrico, até sistemas e ações de manutenção. No que toca a setores de atividade a utilização de FMEA abrange principalmente as indústrias, automóvel, aeroespacial, nuclear e bioquímica (Haq & Lipol, 2011).

Pela facilidade de uso e flexibilidade desta ferramenta, o FMEA é, atualmente, aplicado numa grande variedade de situações, tais como (*ReliaSoft Corporation, 2014*):

- Análise de desenvolvimento de produtos e processos com vista a prever e eliminar potenciais falhas antes que estas aconteçam, tornando-se assim mais viável economicamente;
- Seleção e desenvolvimento de ações de manutenção mais eficazes, como é o caso da Manutenção Centrada na Fiabilidade (RCM);
- Complementar certas políticas de gestão para o aumento da fiabilidade;
- Integração no desenvolvimento de Relatórios e Planos de Verificação do Projeto e Planeamento Avançado de Qualidade do Produto;
- Estudo do nível de fiabilidade de processos produtivos já existentes;
- Centro base de informações relativas à fiabilidade de produtos e processos;
- Base para a identificação e seleção de soluções para potenciais futuras falhas;
- Instrumento facilitador da aprendizagem para os novos engenheiros;
- Facilitação de dados de entrada (inputs) para outros sistemas de análise, como são exemplo os diagramas de blocos de fiabilidade (RBD), Análises de Markov e Árvore de Falhas;
- Permite identificar requisitos para integrar no BITE (*Built-In Test Equipment*);

- Participação em técnicas de Análise Probabilística a Riscos de equipamentos e instalações industriais complexas;
- Satisfação das necessidades e requisitos dos utilizadores e das exigências dos clientes ao nível da segurança e qualidade, em sistemas como:
 - ISO 9001;
 - ISO / TS 16949;
 - 6 Sigma;
 - *Process Safety Management Act*;

O FMEA é ainda, para além das aplicações acima apresentadas, utilizado no setor da investigação e desenvolvimento, muitas vezes fora do seu âmbito normal de utilização, como são exemplos os artigos científicos seguintes, relativos a áreas menos comuns onde esta ferramenta foi incluída:

- Chiozza e Ponzetti (2009) introduziram o FMEA na Medicina como um sistema para minimização de falhas médicas em medicina laboratorial. Deste estudo resultou uma significativa diminuição do Número de Prioridade de Risco (NPR) depois de aplicado o FMEA nos processos de análises de química clínica, como a caracterização do tipo sanguíneo e sistema de teste “*point-of-care*”;
- Na área das energias, Hoseynabadi, Oraee e Tavner (2010) aplicaram o FMEA para analisar a fiabilidade das turbinas eólicas através de um software de estudo de fiabilidade. Nesta análise foi feita uma comparação entre os dados quantitativos resultantes da utilização do FMEA e resultados obtidos no terreno relativos à fiabilidade das turbinas eólicas, com o objetivo de discutir a relação entre os diferentes resultados e avaliar a sua utilidade para futuros projetos com turbinas eólicas;
- Na engenharia civil, Rodrigues, Teixeira, & Cardoso (2011) levaram a cabo uma investigação com intuito de desenvolver uma ferramenta para análise visual do nível de degradação de edifícios que fornecesse dados relativos ao grau de degradação de cada tipo de anomalia e também no nível de desempenho de cada edifício de resposta a determinados requisitos. Neste trabalho, o FMEA foi utilizado como técnica-base para a análise de causas e efeitos das anomalias identificadas;

- No sector da alimentação, Scipioni, Saccarola, Centazzo, & Arena (2002) apresentaram a introdução do FMEA de Projeto no sistema de gestão de segurança alimentar HACCP (Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controlo).

2.3.4. Modelos de FMEA

A caracterização do FMEA depende do fim a que se destina, ou seja, do seu objeto de estudo. Apesar de não existir um consenso relativamente aos vários tipos de FMEA, de uma forma geral existem alguns que se destacam. O FMEA pode apresentar quatro tipologias: o de Sistema; de Produto ou Projeto; de Processo e de Serviço. Por outro lado, outros autores dividem o FMEA em apenas três tipos: de Sistema; de Produto e de Processo. Apesar disto, com o desenvolvimento de aplicações do FMEA, o número de classificações do mesmo restringiu-se fundamentalmente a dois tipos: o de Produto e o de Processo (Stamatis 2003).

No entanto, é necessário compreender as diferenças gerais entre estas duas principais tipologias de FMEA para se reconhecer as suas diferentes aplicações e potencialidades futuras.

FMEA de Produto

O FMEA de Produto, ou por vezes também chamado de Projeto, procura analisar um produto antes que a produção deste se inicie, ou também por vezes analisá-lo durante toda a sua vida útil, como é caso de máquinas, ferramentas ou componentes específicos. Este foca-se nos modos de falha do Produto/Projeto que são causados por uma má seleção de materiais, especificações inadequadas ou outros tipos de deficiências no projeto que podem gerar problemas no produto final.

Desta forma, este FMEA permite avaliar se um determinado projeto se encontra capaz de cumprir os requisitos previamente estabelecidos e de assegurar que o produto é fiável antes da sua produção. A partir deste é possível verificar a necessidade de correções no projeto ou produto, definir quais as ações de melhoria prioritárias, contribuir para o teste e validação do produto, identificar os aspetos críticos e avaliar os requisitos e alternativas do projeto.

A utilidade deste FMEA possibilita ainda o estudo das diferentes fases de um projeto, envolvendo desde as etapas preliminares, passando pelos protótipos até ao projeto final, e a análise de produtos já em fase de produção/ou séries-piloto, permitindo avaliar o produto como um todo ou apenas centrar-se em determinados componentes do mesmo.

FMEA de Processo

Tal como diz o nome, cabe ao FMEA de processo focar-se no processo, seja ele de fabricação, de montagem ou com outra finalidade. Analisando o processo como um todo ou apenas determinadas tarefas/etapas, este procura identificar os possíveis modos de falha que resultem de, por exemplo, defeitos provenientes da montagem ou oscilações durante a produção.

O FMEA de Processo assegura que os objetivos sejam cumpridos para desta forma garantir que o produto final também se encontre dentro da conformidade. Para atingir os melhores resultado esta ferramenta identifica qual a necessidade de correção ou melhoria no projeto, define quais as ações prioritárias, contribui para o desenvolvimento de um plano de controlo do processos e avalia o funcionamento dos processos de fabrico e montagem. Com esta metodologia é possível entender o funcionamento e ligação entre as diferentes fases que compõem os processos e como estas podem influenciar o resultado final.

De uma forma geral, apesar da diversidade de aplicações e dos diferentes tipos de FMEA, o propósito desta ferramenta acaba sempre por ser o de eliminar ou de diminuir as falhas, definir como atuar para corrigir estas falhas e promover a melhoria contínua no resultado final.

2.3.5. Implementação do FMEA

Tal como refere Moura (2000), no Manual de Referência do FMEA, é importante avaliar qual o momento certo para implementar esta metodologia. É necessário aplicar o FMEA antes que um modo de falha acabe por ser incorporado no produto final, resultando em efeitos que colocarão em causa a fiabilidade do produto. De facto, a implementação de

melhorias e correções durante a fase inicial do desenvolvimento de um produto é mais fácil e acarreta menores custos, além de evitar potenciais crises normalmente resultantes por alterações tardias. Teoricamente, se aplicada de forma correta, o FMEA constitui um processo interativo sem fim, podendo ser alvo de contantes correções e atualizações (Moura, 2000). Assim, é necessário mantê-lo atualizado e revisto para identificar e corrigir possíveis modos de falha que tenham sido introduzidos por via de modificações durante as fases preliminares do projeto tais como:

- A criação de novos tipos de produtos, sistemas ou processos;
- Alterações nos produtos ou processos já existentes;
- Quando uma modificação no projeto ou no produto desencadeie um impacto indireto e não propositado no produto/processo já existente;
- A introdução de novos requisitos ou normas;
- É identificada uma falha por via de reclamação do cliente;
- A introdução do produto/processo num ambiente ou aplicação diferente para o qual foi inicialmente projetado (Crow, 2002).

Etapas de implementação do FMEA

Relativamente à implementação do FMEA, face à informação existente e analisada, consta que esta varia, de uma forma geral, apenas no número de fases. Moura (2000) apresenta no Manual de Referência FMEA, 22 fases para a sua implementação sendo que o procedimento proposto apresenta semelhanças em ambas as suas tipologias de projeto e processo. Estas 22 fases exprimem-se através de campos de preenchimento do formulário do FMEA (Figura 2) que deverão ser preenchidos pela equipa responsável e que permitirão identificar, controlar e eliminar os erros e falhas no produto, projeto ou processo.

Sistema _____					FMEA Número _____ (1)
Subsistema _____					Página _____ de _____
Componente _____ (2)		Responsável pelo Projeto _____ (3)			Preparado por _____ (4)
Produto _____ (5)		Data Chave _____ (6)			Data FMEA (Início) _____ (7) (Revisão) _____
Equipa _____ (8)					

Item/ Função	Modo de Falha Potencial	Efeito (s) Potencial (is) da Falha	Classif. Severidade (13)	Causa (s) e Mecanismo (s) Potencial (is) da Falha	Ocorrência	Controlos atuais do projeto	Detectabilidade	NPR (18)	Ações recomendadas	Responsável e prazo	Resultado das ações (21)					
											Ações tomadas	Severidade	Ocorrência	Detectabilidade		
(9)	(10)	(11)	(12)	(14)		(16)	(17)	(19)	(20)							

Figura 2 – Exemplo de estrutura de preenchimento do FMEA (Moura, 2000)

Para implementar a metodologia FMEA de produto ou projeto deve criar-se um plano de objetivos contendo também os requisitos do cliente, os quais podem ser definidos por exemplo utilizando a casa da qualidade (QFD) e as características necessárias ao produto. Moura (2000), no seu Manual de Referencia do FMEA, acrescenta ainda que no processo de aplicação desta ferramenta pode também ser utilizado diagramas de blocos como forma de estudo do sistema e subsistemas, por forma a estabelecer uma ordem lógica, ao mesmo tempo em que se definem as relações primárias entre os elementos cobertos por esta análise. Assim, quanto melhor se definirem os requisitos e características desejadas, mais facilmente poderão ser identificados os possíveis modos de falhas e as respetivas soluções a tomar para a sua melhoria ou correção.

O fluxograma apresentado na Figura 3 ilustra uma possível sequência de etapas de funcionamento e implementação do FMEA. Através desta ferramenta é possível ilustrar a ordem de pensamento e decisão utilizado para o preenchimento de um formulário de FMEA.

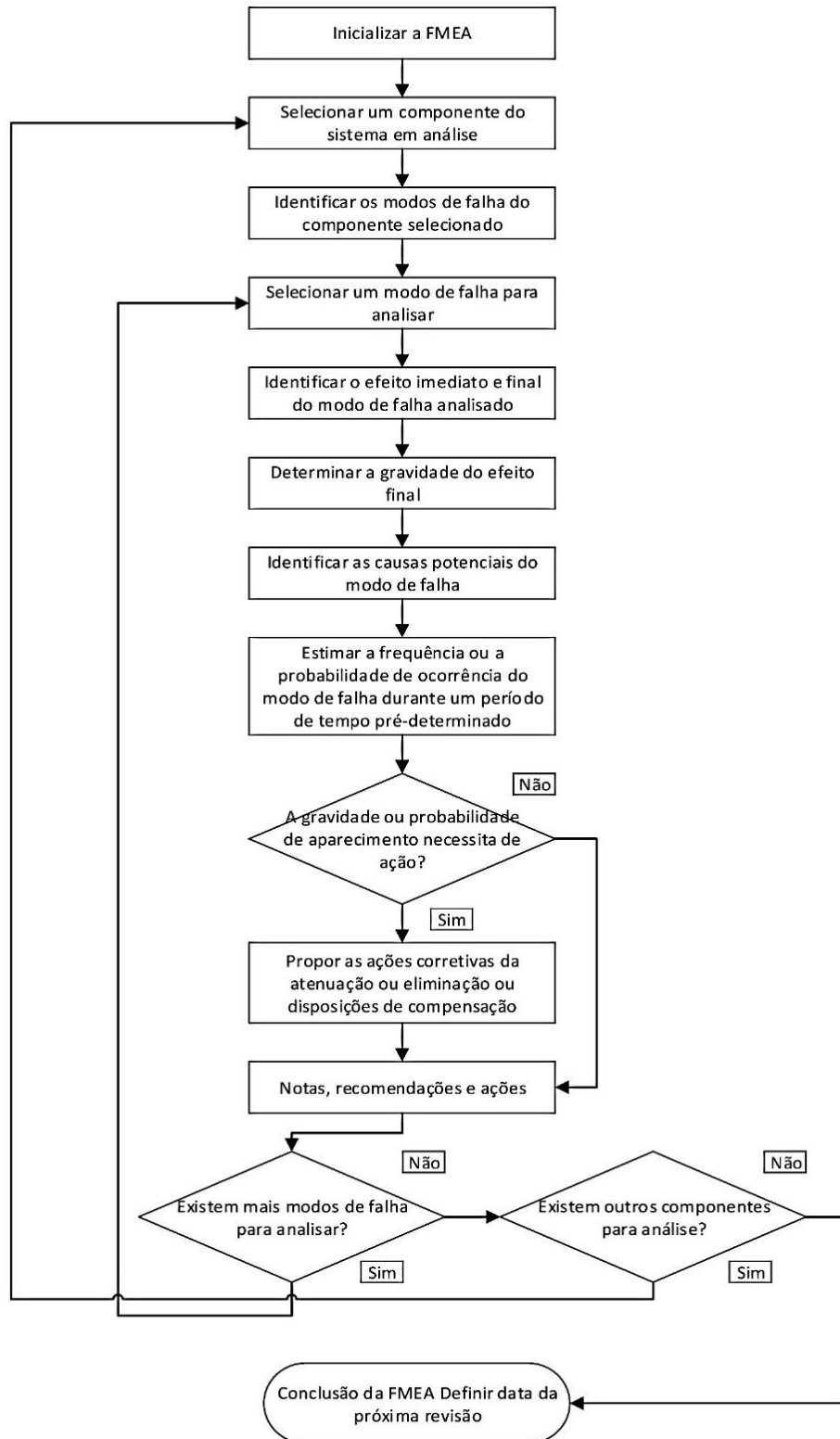


Figura 3 - Fluxograma ilustrativo da aplicação do FMEA (Santos, 2008)

Na presente dissertação, as etapas para a aplicação do FMEA serão abordadas de uma forma geral e prática com o objetivo de esclarecer o funcionamento de cada uma das 22 etapas de preenchimento do formulário do FMEA apresentadas no Manual de Referência do FMEA (Moura, 2000):

1. Código de rastreabilidade;

Cada formulário de FMEA poderá ser preenchido com um número ou código que facilitará a sua rastreabilidade e futuras utilizações.

2. Identificar qual o produto ou processo que será alvo de análise;

3. Identificar quais as áreas das empresas envolvidas;

Deverão ser indicadas as informações necessárias relativas ao fabricante do equipamento original, departamento e grupo.

4. Definir o responsável pelo FMEA;

5. Designar o produto, processo ou componente em análise;

6. Previsão da data chave de conclusão do FMEA;

7. Data de início e fim do FMEA;

8. Definir a equipa responsável pelas ações de melhoria;

Devem ser identificados os responsáveis pela realização de tarefas relativas a ações de melhoria e correção do FMEA. A equipa deverá ser composta por especialistas na área em análise, seja no desenvolvimento de produto, manutenção, produção, montagem, qualidade, entre outros.

9. Identificar elementos ou processos sujeitos a falhas;

Nesta fase serão indicados os elementos ou processos que poderão estar sujeitos a possíveis erros ou falhas. Deve ser indicada qual a função do respetivo elemento, ou em caso de este possuir várias funções, estas devem ser definidas e analisadas em separado. Para indicar os elementos a analisar, o produto deve ser dividido em blocos funcionais e nos processos estes deve ser divididos em subprocessos ou tarefas. Desta forma é possível criar tabelas simples e práticas relativas apenas ao elemento em análise o que permite uma melhor organização de dados e também de estudos das possíveis falhas que nele podem ocorrer.

10. Identificação dos possíveis modos de falha;

O modo de falha define-se com a forma que um produto, componente, processo ou tarefa falha no cumprimento da sua função inicialmente prevista. Para identificar os modos potenciais de falha poder-se-á recorrer a informação relativa a erros e falhas ocorridas no passado ou a uma observação, análise e discussão em equipa.

11. Indicar efeitos potências das falhas;

Este efeito de falha consiste numa consequência negativa normalmente para o cliente final, como por exemplo, defeito no produto, requisitos não cumpridos, problemas de produtividade, entre outros. Uma das formas de preenchimento deste campo é através de uma análise a históricos de falhas, garantias, queixas dos clientes e utilizadores, etc.

12. Gravidade (G);

A gravidade da falha é definida pelo nível de impacto negativo que resulta do efeito do modo de falha. Como métrica para esta característica, é utilizado um índice de Gravidade (G) que consiste numa tabela, tal como a Tabela 2, com valores entre o 1 e o 10 e os respetivos critérios relativos.

Tabela 2 - Índice de Gravidade (Adaptado de Moura, 2000)

Efeito	Critério (Gravidade do Efeito)	Índice de Gravidade
Perigoso sem aviso prévio	Índice de gravidade muito alto quando o modo de falha potencial afeta a segurança na operação do produto e/ou envolve não conformidade com a legislação governamental sem aviso prévio.	10
Perigoso com aviso prévio	Índice de gravidade muito alto quando o modo de falha potencial afeta a segurança na operação do produto e/ou envolve não conformidade com a legislação governamental sem aviso prévio.	9
Muito alto	Produto inoperável, com perda das funções primárias.	8
Alto	Produto operável, mas com nível de desempenho reduzido. Cliente insatisfeito.	7
Moderado	Produto operável, mas com nível de conforto baixo. Cliente sente desconforto.	6
Baixo	Produto operável, mas com nível de conforto e desempenho reduzido. O cliente sente alguma insatisfação.	5
Muito Baixo	Forma e acabamentos não conformes. Defeitos notado pela maioria dos clientes.	4
Menor	Forma e acabamentos não conformes. Defeitos notado por alguns clientes.	3
Muito menor	Forma e acabamentos não conformes. Defeitos notado por clientes acurados.	2
Nenhum	Sem efeito	1

13. Classificar as características críticas;

O preenchimento deste campo não é obrigatório, mas é muitas vezes utilizado como forma de classificar a necessidade de algum tipo de controlo adicional para este elemento ou tarefa em análise.

14. Causas potenciais;

Deve-se indicar quais as possíveis causas que originarão o modo de falha. Para identificar tais causas a equipa de especialista deverá listar tudo o que pode impedir o cumprimento da tarefa ou o sucesso do produto. Muitas vezes as falhas que afetam a produção de um produto resultam de uma escolha deficiente de materiais, fraca lubrificação dos equipamentos ou utilização errada dos mesmos. Neste campo deve-se evitar qualquer tipo de redundância, preferindo sempre identificar quais as possíveis causas diretas do modo de falha.

15. Probabilidade de ocorrência do modo de falha;

Tal como refere o nome, define-se como a probabilidade ou possibilidade de uma falha potencial poder vir a acontecer. Para medir esta probabilidade utiliza-se, correspondentemente, um índice de 1 a 10 para referir se a probabilidade de ocorrência da falha é nula ou máxima. Este valor do índice será depois reduzido através de ações de correção ou melhoria que eliminarão as falhas ou minimizarão a probabilidade de estas ocorrerem.

Na Tabela 3 pode observar-se quais os critérios referentes ao índice de probabilidade de ocorrência das falhas no respeitante ao FMEA de processo.

Tabela 3 - Probabilidade de Ocorrência de Falha (Moura, 2000)

Efeito	Taxa de falhas possíveis (número de horas)	Cpk	Índice (O)
Muito Alta: A falha é quase inevitável	≥ 1 em 2	≥ 0,33	10
	≥ 1 em 3		9
Alta: Geralmente associada a processos similares aos anteriores que apresentaram falhas frequentes	1 em 8	≥ 0,51	8
	1 em 20	≥ 0,67	7
Moderada: Geralmente associada a processos similares aos anteriores que apresentaram falhas ocasionais, mas não em maiores proporções	1 em 80	≥ 0,83	6
	1 em 400	≥ 1,00	5
	1 em 20000	≥ 1,17	4
Baixa: Associada a processos similares que apresentaram poucas falhas	1 em 15000	≥ 1,33	3
Muito baixas: Associada a processos quase idênticos que apresentaram apenas falhas isoladas	1 em 150000	≥ 1,50	2
Improvável: Falha é improvável. Processos quase idênticos nunca apresentaram falhas	≤ 1 em 1500000	≥ 1,67	1

16. Controlo ou Prevenção atual do projeto/processo;

Consiste na indicação de medidas existentes que previnem ou minimizam a ocorrência de falha, a sua causa ou o seu efeito e controlam ou procuram detetar quando e como um modo falha ou a sua causa ocorre.

É recomendado por Moura (2000), no seu Manual de Referência do FMEA, que as medidas de prevenção ou controlo sejam aplicadas segundo a seguinte ordem:

1. Todo o tipo de medidas que possam reduzir o índice de ocorrência (O) da falha enquanto é analisada a sua causa;
2. Aplicar medidas de controlo que possibilitam a deteção das causas e modos das falhas como forma de prevenir o impacto dos seus efeitos no produto, projeto ou processo.

17. Deteção da causa ou modo de falha (D);

Relativamente ao preenchimento do campo de deteção (D), este consiste num índice cujos valores variam entre 1 e 10 avaliando o quão eficaz são as medidas de controlo e de identificação das causas de modos de falha antes que estas possam gerar consequências (efeitos) ou que a produção do produto ou componente em questão se inicie.

Esta escala (Tabela 4) funciona em ordem inversa às anteriormente apresentadas de Gravidade (G) e Ocorrência (O), pois define-se que quanto maior o nível de deteção menor o Índice de deteção.

Moura (2000) destaca que apesar de um índice de deteção poder apresentar um valor baixo este não se exprime num índice de ocorrência também baixo. Assim, deve ser ainda analisada qual a capacidade de deteção de falhas que apresentem uma elevada frequência de ocorrência.

Tabela 4 - Índice de Detecção (Moura, 2000)

Detecção	Critério (Probabilidade de Detecção pelo Controle de Projeto/ Processo)	Índice de Detecção
Quase Impossível	Não é conhecido controlo disponível para detetar o modo de falha.	10
Muito remota	Probabilidade muito remota de que o controlo atual irá detetar o modo de falha.	9
Remota	Probabilidade remota de que o controlo atual irá detetar o modo de falha.	8
Muito baixa	Probabilidade muito baixa de que o controlo atual irá detetar o modo de falha.	7
Baixa	Probabilidade baixa de que o controlo atual irá detetar o modo de falha.	6
Moderada	Possibilidade moderada que o controlo de projeto irá detetar um causal mecanismo potencial e subsequente modo de falha.	5
Moderadamente alta	Probabilidade moderadamente alta de que o controlo atual irá detetar o modo de falha.	4
Alta	Probabilidade alta de que o controlo atual irá detetar o modo de falha.	3
Muito alta	Probabilidade muito alta de que o controlo irá detetar o modo de falha.	2
Quase certamente	Controlo atual quase certamente irá detetar o modo de falha. A confiança nos controlos de deteção é conhecida em processos similares	1

18. Número Prioritário de Risco (NPR);

O valor do número prioritário de risco consiste no resultado do produto dos índices acima referidos G, O e D, correspondendo respetivamente ao Índice de Gravidade, Índice de Ocorrência e índice de Detecção.

$$\text{NPR} = (\text{G}) \times (\text{O}) \times (\text{D})$$

O NPR tem como função atribuir um nível de prioridade quanto à necessidade de eliminar os modos de falha. Observando a forma do NPR pode verificar-se que esta pode variar entre 1 e 1000, sendo que um NPR de 1000 é um caso considerado extremo e altamente indesejável, pois segundo os critérios apresentados por Moura (2000) no seu Manual de Referência FMEA, este pode exprimir-se como uma falha com um “efeito perigoso sem aviso prévio”, cuja ocorrência é “...quase inevitável” e a sua deteção “quase impossível”.

Como tal, a equipa de especialistas deve sempre focar-se em reduzir o risco de falha dos NPR mais altos através de medidas corretivas de melhoria, podendo ainda segundo os critérios de cada empresa, definir um NPR base acima do qual todos os riscos são considerados altamente prioritários.

19. Ações recomendadas a tomar;

Depois de uma avaliação e classificação dos modos de falhas e do seu resultado expresso no Número Prioritário de Risco (NPR) deverão ser definidas possíveis medidas corretivas e/ou de melhoria a implementar para os elementos considerados críticos que apresentarem um índice elevado de NPR. Essas medidas a tomar terão como principal objetivo diminuir os índices, sejam eles o de Gravidade, Ocorrência ou Detecção. Para uma correta aplicação do FMEA deve ser promovida a implementação das medidas corretivas recomendadas e acompanhados os resultados das mesmas.

Devem ser sempre consideradas prioritárias, todas as medidas para eliminar ou corrigir quaisquer efeitos do modo de falhas que apresentem perigo para o trabalhador (Moura, 2000).

20. Responsável e prazo;

Para o preenchimento deste campo devem ser indicados os responsáveis pela aplicação das medidas corretivas recomendadas e os seus prazos de implementação.

21. Medidas de correção;

Porque nem sempre são aplicadas todas as medidas corretivas recomendadas, deve ser descrito neste campo quais as medidas corretivas realmente aplicadas e a data da sua aplicação.

22. Número Prioritário de Risco Final;

Depois da aplicação das medidas de correção recomendadas proceder-se-á novamente ao cálculo do NPR através de uma nova avaliação dos Índices de Gravidade (G), Ocorrência (O) e Detecção (D) que como resultado das medidas corretivas aplicadas deverão

apresentar uma diminuição, levando assim a um Número Prioritário de Risco (NPR) menor que o inicial.

Para o bom funcionamento do FMEA, este deve ser atualizado cada vez que seja criada uma modificação no projeto ou processo de modo a identificar os novos riscos e novações ações de melhoria a implementar.

2.3.6. Vantagens e Limitações ao Método

A principal vantagem resultante da aplicação do FMEA é a de perceber as falhas e erros existentes no desenvolvimento de produtos e processos de fabrico. Esta ferramenta de análise funciona através de um processo de hierarquização de dados críticos relativos às falhas, tais como modos, causas e efeitos, permitindo criar uma lista de prioridades de implementação de medidas de correção e melhoria. Segundo Haq & Lipol (2011) a implementação desta ferramenta conduz a inúmeras vantagens, tais como:

- Produtos e processos mais fiáveis, e com maior qualidade e segurança;
- Identificar e eliminar possíveis modos de falha no Produto ou processo de forma mais eficiente;
- Clientes mais satisfeitos;
- Diminuição dos custos;
- Diminuição do tempo para desenvolvimento do produto;
- Custos menores em correções e retificações;
- Diminuição de custos relativos às garantias;
- Redução de desperdícios e operações que não acrescentem valor;
- Criação de planos de deteção e controlo de riscos;
- Recolha de dados para potencial utilização no desenvolvimento de programas de teste;
- Melhoria de sinergias e da relação de trabalho de equipas multifuncionais;
- Melhoria dos processos de manutenção;
- Empresas mais competitivas e com maior reputação;
- Fonte de dados e documentos relativos a medidas de correção e melhoria aplicadas;
- Fornece novas dicas para otimização de projetos ou processos;

Se por um lado o FMEA apresenta uma grande capacidade de identificação e categorização de medidas altamente necessárias à prevenção, eliminação ou controlo de riscos durante o desenvolvimento de produtos, serviços ou processos, por outro esta ferramenta tem sido criticada por alguns especialistas (Liu *et al*, 2011) devido a algumas limitações:

- A análise pormenorizada torna-se demorada e fastidiosa o que resulta num aumento de custos para a sua aplicação (Miller, 2006);
- Esta ferramenta não está capacitada para encontrar problemas complexos relativos a múltiplas falhas ou subsistemas, pelo que normalmente é utilizada a análise por Árvore de Falhas (Riplová, 2007);
- É necessário um nível avançado de conhecimento nas áreas a analisar o que obriga a sessões regulares de discussão com vários especialistas durante todo o processo o que prolonga e dificulta a aplicação de ações de correção e faz com que esta metodologia não vá, muitas vezes, de encontro às necessidades da indústria para a gestão de risco e segurança (Haq *et al*, 2011);
- O sucesso da implementação do FMEA depende das competências do especialista ou equipa responsável, pelo que impossibilita a solução de falhas cuja complexidade vai para além das competências possuídas (Miller, 2006);
- Segundo Liu, (*et al*, 2011) o NPR resulta de uma fórmula matemática questionável pois esta não apresenta nenhum tipo de explicação justificativa de que o resultado do produto da Gravidade (G), Ocorrência (O) e Deteção (D) corresponda ao Número Prioritário de Risco (NPR);
- Cada um dos Índices (G, O e D) é assumido como tendo a mesma importância para o cálculo, o que não corresponde à realidade na grande maioria dos casos (Liu *et al*, 2011);
- O resultado de diferentes Índices de Gravidade, Ocorrência e Deteção podem originar no mesmo valor de NPR (Ex, 2,3,2 e 4,1,3 para G, O e D respetivamente), no entanto o grau de gravidade dos seus efeitos pode ser totalmente diferente o que traduzir-se-á na existência de riscos ocultos (Liu *et al*, 2011);
- Por serem expressos através de formas linguísticas, muitos dos dados no FMEA acabam por apresentar diferentes interpretações consoante o leitor (e.g. “pouco provável” ou “importante”), o que resulta numa dificuldade de determinar com precisão o valor dos Índices a calcular (Liu *et al*, 2011);

- Existem diferenças de conversão dos critérios para o valor dos três índices, pois se por um lado o índice de Gravidade segue uma função linear, o índice de Ocorrência não funciona necessariamente da mesma forma (Liu *et al*, 2011);
- O Número Prioritário de Risco (NPR) baseia-se em apenas três variáveis relativas às áreas de segurança e ignora outros tipos potenciais de fatores também importantes, tais como os económicos (Liu *et al*, 2011).

2.4. Ergonomia

2.4.1. Contextualização

Quando se fala de análises de risco fala-se normalmente em segurança e nos perigos que as falhas e acidentes possam apresentar para a empresa, como destruição de inventário e equipamentos, quebras de produção e/ou de qualidade ou perigos de lesões e ferimentos que ponham em risco a integridade física dos seus colaboradores.

No entanto, o bem-estar de um trabalhador não pode ser garantido apenas pela sua proteção de incidentes que o possam ferir. Os riscos que um trabalhador enfrenta na sua interação rotineira com o seu posto e/ou equipamento de trabalho vão muito para além de acidentes e ferimentos diretos. Os riscos ergonómicos associados ao trabalho são cada vez mais conhecidos e os benefícios da sua prevenção vão para além do bem-estar e conforto dos trabalhadores, a adequação dos equipamentos e postos de trabalho aos trabalhadores permite que estes se sintam bem com a sua função, o que se reflete na qualidade dos produtos e principalmente na produtividade da empresa.

É do interesse das empresas a criação ou adaptação dos seus equipamentos e postos de trabalho segundo não só as normas de segurança básicas mas também segundo linhas guias da ergonomia e da usabilidade.

2.4.2. Ergonomia nos postos de trabalho

A análise de riscos ergonómicos em postos de trabalho procura, segundo Couto (1996), analisar os processos utilizados numa empresa e identificar quais os riscos de carácter ergonómico a que o trabalhador está exposto durante a atividade produtiva. Identificados estes riscos, esta análise passa pela definição de quais as medidas corretivas a tomar para uma melhor adaptação Homem x Trabalho, para que a atividade não constitua um perigo à integridade física de quem a leva a cabo e garantindo assim que os processos produtivos funcionem corretamente com menor número de falhas tanto para a empresa como para o funcionário.

Segundo Proença (1993) é possível, através do estudo ergonómico do posto de trabalho, dividir as atividades dos trabalhadores por categorias e posteriormente analisar cada como um processo, possibilitando assim corrigi-las.

Já Fialho (1997) acrescenta que com a observação do trabalho poder-se-á perceber os fatores que condicionam a atividade dos trabalhadores, tais como as posturas, a organização da informação, os esforços e as condições ambientais. Além disso permite entender fatores determinantes relativos à empresa em si, como a distribuição formal de tarefas ou os limites de tempo; e fatores relativos ao funcionário, como as suas características físicas e psicológicas.

A constituição de uma análise ergonómica ao trabalho é definida por uma análise do objetivos do trabalho, seguido de uma avaliação e medição da tarefa e dos fatores internos e externos que tenham impacto sobre a mesma, para que o conjunto de dados resultantes possa ser utilizado como guia de implementação de ações corretivas e de melhorias das condições de trabalho (Vidal, 2002).

A análise de riscos ergonómicos inicia-se no terreno com o estudo do posto de trabalho ou da função a que se destina a tarefa. Para tal são aplicados um conjunto de métodos tais como a observação direta, observação rigorosa e específica e a identificação de fatores variáveis fisiológicos, cinesiológicos, psicológicos e ambientais, que resultarão num conjunto de dados e informações gerais indispensáveis à análise. A participação por parte dos funcionários é também muito importante, além de uma recolha geral de opiniões dos trabalhadores deve analisar-se qual a sua perceção da realidade de trabalho e das atividades

que exijam esforços cognitivos e motores, servindo estes dados como uma forma de validação (Wisner, 1987).

Desta forma são identificados e classificados os diferentes processos utilizados pelo trabalhador durante a sua atividade produtiva, os riscos ergonómicos a que está sujeito, quais as consequências desse impacto ergonómico (e.g. desconforto, lesões, acidentes) e quais as soluções para eliminar ou minimizar esses efeitos. Vidal (2002) afirma que durante esta etapa devem ser avaliadas juntamente com a administração a viabilidade das ações de melhoria propostas para que possa ser definido o plano de trabalhos que irá ser implementado.

Para identificar os riscos ergonómicos existem, segundo Couto (2001), várias metodologias que podem ser utilizadas dependentemente das atividades, dos tipos de risco ou da política da empresa. Com a aplicação destas metodologias é possível categorizar as situações de risco entre as mínimas e as máximas e o estado ergonómico do posto de trabalho de muito bom a muito mau.

Podemos afirmar então que o propósito de uma análise ergonómica a um equipamento ou posto de trabalho é o de controlar os riscos, minimizando ou eliminando tanto quanto possível os seus efeitos através de medidas de prevenção.

2.5. FMEA e a Ergonomia

2.5.1. Contexto

Como mencionado anteriormente, a análise de modo e efeito de falha, ou FMEA (em inglês *Failure Mode and Effect Analysis*), é uma ferramenta semiquantitativa de estudo sistemático e estruturado que tem como objetivo evitar possíveis falhas que possam acontecer em projetos, processos e produtos através da análise e da proposta de soluções ou melhorias (Ben-Daya *et al*, 1996).

Com a aplicação do FMEA torna-se possível identificar e analisar as potenciais falhas nos equipamentos ou processos, classificar o risco das falhas, avaliar a prioridade das ações necessárias para minimizar ou eliminar essas falhas e analisar as propostas de novos processos ou alterações nos equipamentos.

Apesar de o FMEA ter sido criado com o objetivo de ser utilizado em novos projetos, processos e produtos, a utilidade desta ferramenta tem crescido e atualmente esta é aplicada de diversas formas e em diversos sectores, como por exemplo na melhoria de equipamentos e processos já existentes através da diminuição das falhas (Oliveira, 1997) e a análise de riscos ao nível da segurança, podendo ser uma ferramenta no auxílio da análise ergonômica do posto de trabalho (Santos *et al*, 2003).

2.5.2. Ergonomia no trabalho e FMEA

Segundo Santos *et al.* (2003), uma das dificuldades na gestão de melhoria contínua das condições de trabalho é a relação entre a função ou características dos postos de trabalho com a gravidade e probabilidade de ocorrerem danos ao nível ergonómico. A maioria dos estudos feitos nas empresas baseiam-se somente na análise do posto de trabalho através de metodologias de avaliação ergonómica principalmente com foco no conforto biomecânico ao posto de trabalho. Isto resulta em casos em que mesmo que a tarefa do trabalhador apresente pouca exposição a riscos, depois de analisado o seu posto ao nível antropométrico e biomecânico esta pode ser categorizada como uma situação de alto risco, enquanto que outros casos em que o trabalhador está mais exposto a riscos ergonómicos, por possuir uma maior probabilidade de ocorrências de uma lesão ou acidente, por apresentar um posto de trabalho com melhores características de conforto mecânico comparativamente com o caso anterior, este acaba categorizado como sendo de risco inferior ou pouco problemático.

Pode concluir-se que é indispensável para a gestão e controlo de riscos ergonómicos e de segurança durante a análise ergonómica a avaliar também o índice de gravidade e possibilidade de ocorrência de riscos.

Como forma de conseguir uma ferramenta que permita uma análise ergonómica, identificando quais os possíveis riscos ergonómico e relacionando-os com critérios como a gravidade, a frequência e a probabilidade de ocorrência, Santos *et al.* (2003), achou necessário a adaptação da metodologia de FMEA cuja função atual está relacionada com a identificação de prioridades para ações de melhoria em produtos, projetos e processos de fabrico.

2.5.3. Aplicação do FMEA à análise de riscos ergonómicos

É conhecida a ligação e utilização da metodologia FMEA na segurança, através da identificação e avaliação do risco de acidente como consequência de uma falha numa máquina ou equipamento. A sua interface simples de preencher e de interpretar resulta numa ferramenta de análise e pensamento lógico ao dispor do especialista e/ou da sua equipa.

Santos *et al.* (2003) apresentaram uma proposta de reestruturação da metodologia do FMEA ajustada à análise das condições ergonómicas de um posto de trabalho que tomava como base o método de FMEA de processo (Tabela 5).

Já na Tabela 6 pode ser observada a adaptação por Santos *et al.* (2003) de um modelo específico de formulário de FMEA de Processo (Ginn *et al.*, 1998) que visava facilitar o processo de análise ergonómica do trabalho.

Tabela 5 - Modelo de FMEA de processo (Adaptado de Ginn *et al.*, 1998)

Processo	Evento	Falha	Medidas de controlo existentes	G	O	D	PR	Medidas a tomar
----------	--------	-------	--------------------------------	---	---	---	----	-----------------

Tabela 6 - Modelo proposto para análise ergonómica do trabalho (Adaptado de Santos *et al.*, 2003)

Posto / Função	Atividades	Perigo	Risco	G	O	E	PR	Conduta Ergonómica
----------------	------------	--------	-------	---	---	---	----	--------------------

Se por um lado este conceito de adaptação do FMEA feita por Santos *et al.* (2003) apresenta um funcionamento semelhante ao modelo tradicional de FMEA de processo, na qual será criada uma equipa de especialistas responsáveis pela análise ergonómica das atividades de trabalho e a posterior aplicação de medidas corretivas, por outro lado, o processo de preenchimento do formulário com dados relativos aos casos em análise difere da estrutura comum dos formulários de FMEA de processo.

Assim, Santos *et al.* (2003), com o objetivo de facilitar análise ergonómica das atividades de trabalho através do FMEA, adaptaram as primeiras quatro colunas do formulário segundo as seguintes fases propostas por Cicco (1999):

1. Descrição do Posto de Trabalho e/ou a função a desempenhar;
2. Identificar e descrever as atividades desenvolvidas através de uma classificação e listagem das atividades de trabalho, contendo as suas características, propriedades, procedimentos e comparação ente o trabalho prescrito e trabalho realizado;
3. Identificas quais os Perigos a nível ergonómico relativos a cada tarefa/função, identificando quem e como podem sofrer os danos;
4. Avaliar e prever quais os riscos relativos a cada falha, independentemente de esta ser patológica ou organizacional;

Na fase de avaliação do risco são definidos os valores para os índices de Gravidade da falha (G), ocorrência (O) e, diferente do índice de deteção do FMEA tradicional, o índice de condição ergonómica do posto de trabalho (E) que pode ser obtida através da aplicação de diversos métodos de avaliação ergonómica existentes.

Apesar de Santos *et al.* (2003) sugerirem que numa situação ideal, cada empresa deve criar as suas próprias escalas de Gravidade (Tabela 7), Ocorrência (Tabela 8) e condição Ergonómica (Tabela 9) com os critérios que achar relevantes, os autores acabaram por propor três escalas modelo para a definição dos valores dos três índices:

Tabela 7 - Classificação do Índice de Gravidade (adaptado de Santos *et al.*, 2003)

Índice	Gravidade	Empresa	Trabalhador
5	Muito alta	Perca de homens x horas, perda de funcionários, afastamento, ações judiciais, Insatisfação da empresa e empregados, incumprimento da regulamentação legal.	Lesões múltiplas e de grande gravidade. Pode provocar invalidez.
4	Alta	Perca de homens x horas, afastamentos, ações judiciais, insatisfação da empresa e empregados, incumprimento da regulamentação legal.	Pode gerar reclamação e afastamentos do trabalho. Lesões únicas mas com gravidade.
3	Moderada	Perda de horas, ações judiciais, insatisfação dos empregados	Pode gerar reclamação e lesão, porém sem afastamento. Lesões que necessitam atenção médica.
2	Pequena	Diminuição na programação da produção, ações judiciais, insatisfação dos empregados	Pouco grave, pode gerar reclamação do funcionário referente ao desconforto constante, lesões que podem ter tratamentos voluntários.
1	Mínima	Aspetos inalterados	Sem gravidade, pode gerar incómodo ou desconforto temporário do funcionário

Tabela 8 - Classificação do Índice de Ocorrência (adaptado de Santos *et al*, 2003)

Índice	Ocorrência	Histórico	Prognóstico
5	Frequente	Há uma rotina constante de reclamações, incidentes, acidentes com ou sem afastamento	Ocorrência esperada se repetir várias vezes ao longo da vida útil da instalação
4	Provável	Já houve acidentes com afastamento	Ocorrência esperada ao longo da vida útil da instalação
3	Improvável	Já houve incidentes ou acidentes sem afastamento.	Baixa probabilidade de ocorrência ao longo da vida útil da instalação
2	Remota	Existem queixas de risco, porém sem ocorrência	Ocorrência não esperada ao longo da vida útil da instalação.
1	Extremamente remota	Nunca ocorreu	Teoricamente possível, mas de ocorrência extremamente improvável ao longo da vida útil da instalação

Tabela 9 - Classificação do Índice de Ergonomia (adaptado de Santos *et al*, 2003)

Índice	Condição em ergonomia	Risco ergonômico
5	Péssima	Altíssimo
4	Mau	Alto
3	Razoável	Médio
2	Boa	Baixo
1	Excelente	Inexistente

Cabe à equipa responsável ou especialista selecionar as ferramentas de avaliação ergonómica que achar indicadas, interpretando os resultados obtidos através da escala de condição ergonómica proposta por Santos *et al.* (2003), apresentada na tabela 9.

Para o obter o coeficiente de Prioridade de Risco (PR) procede-se, tal como no formulário de FMEA tradicional, ao cálculo do produto dos três índices referidos anteriormente.

Por fim, à semelhança do campo de ações recomendadas/medidas a tomar normalmente existente no fim do formulário do FMEA tradicional, o campo de conduta ergonómica especificará quais as medidas de prevenção, melhoria ou eliminação dos riscos a tomar para otimizar a condição ergonómica do posto de trabalho ou função do trabalhador.

2.6. Revisão de Literatura

A ferramenta de análise de modo e efeitos da falha (FMEA) é claramente um método de avaliação semiquantitativa prático, objetivo e multidisciplinar que permite identificar e analisar erros e falhas em processos, equipamentos e produtos.

Graças à sua flexibilidade e usabilidade, esta metodologia tem sido aplicada em diversos sectores da indústria e tem também sido alvo de diversas adaptações e alterações para se ajustar da melhor forma à necessidade do especialista.

Conhecida a necessidade de criar ou ajustar os equipamentos e postos de trabalho aos seus trabalhadores, a melhoria das condições ergonómicas de uma empresa ou organização são cada vez mais um fator essencial, não só para maximizar o conforto e bem-estar dos seus colaboradores, mas também para aumentar a eficiência e a qualidade dos seus produtos e serviços.

Santos *et al.* (2003) viram nesta necessidade uma oportunidade de propor uma adaptação de uma ferramenta principalmente conhecida pela facilidade de identificação e análise de falhas relativas a riscos de segurança para uma ferramenta de identificação e análise de riscos ergonómicos no trabalho.

Existe então, a oportunidade de aprofundar as possibilidades de aplicação do método FMEA na análise de riscos potenciais para os trabalhadores no decorrer das suas atividades, proporcionando a pequenas e médias empresas uma ferramenta simples para a implementação de sistemas de gestão de melhoria contínua, com base em dados, históricos e monitorização das condições de trabalho, possibilitando às empresas um melhor controlo de riscos e diminuição dos custos através da prevenção de ocorrências de falhas e incidentes.

3. Capítulo III – Metodologia

Tal como já mencionado, o trabalhador é o principal elemento de qualquer empresa e apesar de existirem diversos regulamentos que obrigam as empresas ao cumprimento de certas diretrizes de segurança é necessária a proteção dos trabalhadores para além dos riscos diretos de acidentes.

É do interesse de qualquer empresa adaptar o trabalho ao trabalhador e não o contrário. O conforto e a satisfação do trabalhador já provaram estar diretamente ligados ao aumento da produtividade e da qualidade do produto final (Couto, 1996). No entanto, esta tendência de apostar em medidas corretivas ergonómicas e de usabilidade ainda está de certa forma limitada a empresas de grande dimensão, principalmente por possuírem mais recursos, sejam económicos ou de pessoal especializado. O que acontece é que as pequenas e médias empresas (PMEs) não dispõem de tempo, dinheiro ou pessoal especializado para investir em necessidades ainda consideradas não prioritárias.

Com base no Capítulo 2, podemos constatar que a FMEA é um método de identificação e análise de riscos potenciais que é principalmente utilizado na avaliação de falhas de segurança, cujos efeitos possam comprometer o funcionamento de equipamentos ou processos de trabalho. Isto resulta em quebras de produtividade ou problemas de qualidade no produto final que podem chegar ao cliente final. No entanto, apesar das principais utilizações do método FMEA estarem ligadas à identificação e análise de falhas em Sistemas ou Processos produtivos, a base do funcionamento deste método já provou ser flexível, permitindo assim a sua aplicação em diversas áreas, de entre as quais a avaliação de falhas ergonómicas e dos seus riscos potenciais para o trabalhador.

Pode-se verificar também da pesquisa bibliográfica que a flexibilidade de uso desta ferramenta permite também a sua aplicação na deteção de riscos para o trabalhador, ou seja de cariz ergonómico e de segurança. No entanto, se por um lado, a proposta de adaptação do formulário do FMEA de Santos *et al.* (2003) se revelou oportuna face à necessidade de avaliar riscos ergonómicos nos locais de trabalho, por outro lado a utilização do FMEA funcionaria apenas como listagem de falhas identificadas e priorização da necessidade de

intervenção pois continuaria a necessitar da utilização complementar de outras ferramentas de avaliação ergonómica.

Desta forma, propõe-se nesta dissertação aprofundar o estudo sobre a utilização do FMEA aplicado à análise de riscos potenciais para o trabalhador resultantes da sua interação com o seu equipamento ou posto de trabalho, ao que se sugere apelidar as adaptações feitas na ferramenta FMEA de “Análise de Modo de Falha e dos seus efeitos no Utilizador” ou FMEUA (em inglês: *Failure Mode and Effects on User Analysis*).

Assim, com base no estado da arte, serão criadas listas de pontos de verificação que englobarão linhas guias relativas não só à segurança, mas também à ergonomia e usabilidade dos equipamentos e postos de trabalho. Estas listas funcionarão como *checklists* em que as não conformidades serão consideradas falhas a analisar pelo formulário de FMEUA, garantindo assim, desta forma, que a grande maioria das falhas potenciais possam ser identificadas mesmo quando a ferramenta seja aplicada por um profissional ou equipa responsável com pouca experiência em algum dos campos de análise (i.e., usabilidade, ergonomia ou segurança).

Ao nível da constituição do formulário, serão introduzidas alterações para que a ferramenta FMEUA possa da melhor forma avaliar riscos potenciais para os trabalhadores. Estas alterações serão principalmente ao nível das classificações, necessariamente na classificação do índice de gravidade que passará a incorporar critérios relativos aos efeitos negativos que falhas de usabilidade, ergonomia e segurança possam ter nos trabalhadores.

Depois de concluída a adaptação do formulário com as alterações necessárias este será testado, em conjunto com as listas de verificação, em casos reais para que possa ser avaliada da melhor forma a sua funcionalidade, eficácia e eficiência. Serão selecionados seis postos de trabalho, entres os quais três deles dotados de equipamento. As diferentes características destes postos de trabalho permitirão avaliar a flexibilidade da ferramenta FMEUA proposta.

Identificadas e analisadas as falhas referentes a cada um dos postos de trabalho será avaliada a qualidade dos resultados obtidos, bem como indicadas todas as limitações ou oportunidades de melhoria a implementar no FMEUA. Depois da otimização da ferramenta, esta será novamente testada na identificação e análise de falhas nos mesmos 6 casos de estudo como forma de avaliar a sua evolução.

Por fim, será comparada a qualidade dos resultados obtidos durante as diferentes aplicações, garantindo que a ferramenta se aproxima das necessidades da indústria, pois uma maior credibilidade de resultados significa uma priorização de criticidade das falhas mais justa e uma melhor adequação dos meios das empresas na implementação de medidas corretivas para eliminação ou minimização dos efeitos dessas falhas.

Capítulo IV - Desenvolvimento do FMEUA

4. Capítulo IV – Desenvolvimento do FMEUA

4.1. Listas de Verificação

Tal como referido no decorrer da revisão bibliográfica, uma das limitações do método FMEA prende-se ao facto de a quantidade de falhas detetadas e a qualidade da sua avaliação estarem dependentes da experiência do profissional ou equipa responsável pela sua aplicação.

Assim, como forma de minimizar os efeitos desta limitação, e também como forma de tornar este método mais objetivo durante a sua aplicação, será proposta a utilização de uma série de linhas guia gerais que serão utilizadas como pontos de verificação para a deteção de falhas básicas. Estas funcionarão como *checklists* cujas não conformidades resultarão na identificação de falhas que serão posteriormente indicadas no formulário do FMEUA.

Desta forma, durante a aplicação do FMEUA, a etapa de observação e identificação de falhas, por ser uma etapa demorada e limitada pela experiência do profissional, será apoiada por uma lista que descreve uma série de pontos de verificação agrupados por três óticas principais: a usabilidade; a ergonomia; e a segurança.

4.1.1. Pontos de Verificação de Usabilidade

Para a ótica de usabilidade, foi criada uma lista de verificação (ver exemplo no Anexo 1) com base em pontos de verificação e *guidelines* sugeridas por vários autores.

Os primeiros pontos de verificação seleccionados e adaptados para a Lista de Verificação de Usabilidade foram as “Oito regras de ouro” de Shneiderman (Dix *et al.*, 2004):

- Manter a consistência, no design, na terminologia, no uso dos comandos, sequências e funcionamento em geral;
- Possibilidade de atalhos para utilizadores experientes;

- Informação e feedback após cada operação e com mínimo tempo de resposta;
- Informação e feedback relativo ao estado e sucesso da tarefa/processo;
- A interface e comandos devem ser feitos para evitar maiores problemas resultantes do erro humano. A interface deve oferecer informação e feedback necessário para recuperar ou corrigir o erro;
- Possibilidade de voltar à etapa anterior na sequência;
- Interface e o sistema devem ser desenvolvidos de forma a um operador experiente se sinta responsável e em controlo do equipamento;
- O layout da interface, a informação e o tipo de tarefa deve ser simples e direto para facilitar a fluidez do processo e a aprendizagem;

Além destas, serão também utilizadas algumas linhas guias apresentadas por Nielsen (2003) que apesar de serem especialmente orientadas a interfaces digitais e *websites* podem ser adaptadas e aplicadas no desenvolvimento de produto e equipamentos. São elas:

- Visibilidade do *status* do equipamento: este deve, em tempo real informar o utilizador sobre o que está a fazer e o que deve fazer em seguida (informação e feedback);
- Assegurar a relação entre o equipamento e o background do utilizador, linguagem, conceitos de utilização, simbologia, etc;
- Controlo e liberdade, os utilizadores devem sentir que podem voltar atrás nas etapas ou cancelar/reiniciar a tarefa;
- Consistência e padrões deverão ser seguidos para facilitar aprendizagem e evitar situações de dúvida;
- Ajuda a identificar, diagnosticar e recuperar dos erros através de informação e feedback simples e direto;
- Prevenir erros sempre que possível, principalmente, erros graves que o utilizador possa cometer;
- Informação e *feedback* necessário para evitar que o utilizador seja obrigado a cancelar ou voltar atrás na sequência por dúvida ou esquecimento;
- Flexibilidade e eficiência que permita a um utilizador experiente escolher o seu próprio ritmo em vez de ser limitado pelo tempo de resposta do equipamento;
- Design minimalista, mínimo de comandos e informação necessária à utilização do equipamento;

4.1.2. Pontos de Verificação Ergonómica

Para a ótica de ergonomia foram selecionadas e adaptadas diversas linhas guias provenientes de diferentes fontes de forma a conseguir uma Lista de Verificação Ergonómica (ver exemplo no Anexo 2) que possibilite detetar o máximo de falhas ergonómicas provenientes da interação entre o utilizador e o seu posto ou equipamento de trabalho.

A partir da *checklist* da *Safework* (Manitoba, 2010), composta por falhas ergonómicas, foram selecionados e adaptados os seguintes pontos de verificação:

- Movimentos moderados/intensos, sem pausas por mais de 25% do tempo;
- Clicar intensivamente (movimentos/esforços rápidos dos dedos) (Teclados);
- Apertar/Beliscar/segurar com força algo pesado;
- Dobrar/torcer pescoço mais de 20% para os lados e para a frente, e 5% para trás;
- Braços sem apoio a trabalhar acima do peito;
- Rotação dos braços, ombros ou pulsos;
- Apoio/contacto com objetos duros/cortantes com a pele;
- Uso de mão/punho como martelo/com pancadas;
- Vibração localizada ou geral;
- Fraca iluminação ou encandeamento;
- Temperaturas extremas;
- Controlos (altura cadeira/bancada/base dos pés, ritmo de trabalho, pausas, temperatura, ruído, etc)

As ferramentas de avaliação ergonómica RULA (McAtamney & Corlett, 1993) e REBA (Hignett & McAtamney, 2000) são dois ótimos exemplos de como se pode utilizar uma série de pontos de verificação para detetar falhas e avaliar as condições biomecânicas de um posto de trabalho. Desta forma, foram selecionadas e adaptados os seguintes pontos de verificação:

- Torcer/dobrar/esticar torço, braços, mãos, pescoço;
- Pernas a 180° (em pé) ou a 90° (sentado);
- Extensão ou posição desconfortável (sem apoio) dos braços;
- Esforço nítido, tarefa não fluída;
- Levantamento/carga superior a 15kg (mulheres) e 25Kg (Homem);

- Postura má (ex. olhar para o monitor) ou extensão (alcançar algo);
- Ruído/temperatura/vibração/Luminosidade/Higiene deficiências;
- Atividade pesada realizada perto à altura da púbis e perto do corpo;
- Atividade geral/leve realizada ao nível dos cotovelos (90°);
- Atividade de precisão realizada entre o peito e maxilar com apoio de cotovelo e/ou pulso;
- É possível alternar entre sentado e em pé? Evitando longos períodos de tensão muscular;
- Todas as atividades/componentes situados entre a púbis e a altura dos ombros e à distância de um braço;
- Comandos/componentes ocasionais estão dentro do alcance máximo;
- Atividade de trabalho funciona de forma simétrica, com distribuição de pesos e esforços pelos dois braços/mãos;
- Levantamento de cargas, puxar/empurrar alavancas/outros esforços realizados perto do tronco e mantendo a coluna direita;
- Esforços ocasionais maiores?
- Distribuição simétrica e organizada de componentes por ordem de frequência de uso;

Também Couto (1996) apresentou uma lista de pontos de verificação para avaliar os fatores biomecânicos no risco de lesões músculo-esqueléticas relativas ao trabalho. Desta lista foram selecionados e adaptados os seguintes pontos de verificação ergonómica:

- Movimentar rotineiramente mais de 300g;
- Botões, componentes, montagem, necessitam de esforço?
- Esforços mais de 50% do tempo ou mais de 8x por minuto?
- Função que exija contração dos músculos seja para estabilizar o o corpo ou para uma função de precisão enquanto uma outra parte do corpo se encontra em relaxamento;
- Movimento repetido mais que 1000-3000x por turno;
- Ciclo menos que 30 segundos sem pausas de pelo menos 15% to tempo;
- Nenhuma tarefa pode ocupar mais de 50% do tempo (funções devem ser divididas em 3 ou mais diferentes tarefas);
- Alternância de funções ou movimentos (distribuição de diferentes tipos de esforços);
- Ritmo de trabalho controlado pelo trabalhador (sem pressa);
- Possibilidade de tirar pausas;

- Esforços relativos a apertar/beliscar/agarrar devem possuir uma pega/superfície de contacto confortáveis e adequadas;
- Ferramenta deve pesar menos de 1Kg ou estar suspensa.

Da *checklist Michigan* (Lifshitz, et al, 2004) foram seleccionados e adaptados os seguintes pontos de verificação:

- Temperaturas de contacto inferiores a 21° ou superiores a 35°;
- Ajustabilidade do posto de trabalho;
- Ciclos maiores que 30 segundos.

Da *checklist Keyserling* (Keyserling, et al, 1993) foram seleccionados e adaptados os seguintes pontos de verificação:

- Empurrar/puxar com esforços superiores a 4,5Kg;
- Uso dos dedos como ferramentas (contacto, pressão, torção,)
- Movimentos de mãos/braços que exijam rapidez;
- Variação entre visão ao perto/de precisão e visão relaxada ao longe.

4.1.3. Pontos de Verificação de Segurança

Na ótica de segurança é, atualmente, comum a utilização de *checklists* para verificar se um determinado equipamento ou posto de trabalho se encontra segundo as normas de segurança básicas exigidas por lei. Dessa forma, foi criada uma Lista de Verificação de Segurança (ver Anexo 3) com os pontos de verificação exigidos pelo Decreto-Lei 50/2005, também conhecido por Diretiva Máquinas. São eles os seguintes:

Sistemas de comando:

- São visíveis e identificáveis?
- Têm marcação apropriada?
- Estão colocados fora das zonas perigosas?

- São seguros e foram selecionados tendo em conta as falhas, perturbações e limitações previsíveis na utilização para que foram projetados?
- Se forem acionados acidentalmente podem ocasionar riscos suplementares?
- No seu posto de comando principal o operador pode verificar a ausência de pessoas nas zonas perigosas?
- O arranque é precedido de um sistema de aviso seguro (sonoro ou visual)?
- Após o aviso, o eventual trabalhador exposto dispõe de meios ou de tempo para se afastar da zona perigosa?

Arranque e paragem do equipamento:

- O sistema de comando requer uma ação voluntária para que o equipamento possa ser posto em funcionamento, arrancar após paragem (qualquer que seja a origem desta) e atuar sobre as condições de modificação do seu funcionamento?
- O equipamento de trabalho está provido de um sistema de comando que permita a sua paragem geral em condições de segurança?
- O equipamento de trabalho está provido de um sistema de paragem de emergência?
- A ordem de paragem tem prioridade sobre as ordens de arranque?
- A alimentação de energia dos acionadores do equipamento de trabalho é interrompida sempre que se verifique a paragem do mesmo ou dos seus elementos perigosos?

Estabilidade e rotura:

- O equipamento de trabalho e os respetivos elementos estão estabilizados por fixação ou por outros meios?
- Existem dispositivos de segurança adequados contra riscos de estilhaçamento ou de rotura dos elementos constituintes do equipamento de trabalho?

Projeções e manações:

- Existem dispositivos de segurança adequados contra riscos de quedas ou projeções de objetos?

- Existem dispositivos de retenção ou extração eficazes instalados na proximidade de fontes de emissão de gases, vapores, líquidos ou poeiras?

Riscos de contacto mecânico:

- Existem protetores que impeçam o acesso às zonas perigosas ou dispositivos que interrompam o movimento dos elementos móveis antes do acesso a essas zonas?
- Os protetores e os dispositivos de proteção são de construção robusta?
- Os protetores e os dispositivos de proteção não ocasionam riscos suplementares?
- Os protetores e os dispositivos de proteção não são facilmente neutralizados ou tornados inoperantes?
- Os protetores e os dispositivos de proteção estão situados a uma distância suficiente da zona perigosa?
- Os protetores e os dispositivos de proteção não limitam a observação do ciclo de trabalho mais do que o necessário?
- Os protetores e os dispositivos de proteção permitem as intervenções necessárias à colocação ou substituição de elementos do equipamento, em como à sua manutenção, possibilitando o acesso apenas ao sector em que esta deve ser realizada?

Iluminação e temperatura:

- As zonas e pontos de trabalho ou de manutenção estão convenientemente iluminados?
- As partes que atinjam temperaturas elevadas ou muito baixas dispõem de proteções contra os riscos de contacto ou de proximidade por parte dos trabalhadores?

Dispositivos de alerta:

- É efetuada com o equipamento de trabalho parado?

Manutenção do equipamento:

- No caso de não ser possível a sua paragem, são tomadas medidas de proteção adequadas à sua execução ou é realizada fora das áreas perigosas?
- O livrete de manutenção está atualizado?
- Durante as operações de produção, regulação e manutenção, os trabalhadores têm acesso a todos os locais necessários e permanecem neles em segurança?

Riscos elétricos, de incêndio e explosão:

- Existem proteções dos trabalhadores contra os riscos de contacto direto ou indireto com a eletricidade?
- Existem proteções dos trabalhadores contra os riscos de incêndio, sobreaquecimento ou libertação de gases, poeiras, líquidos, vapores ou outras substâncias produzidas pelo equipamento ou nele utilizadas ou armazenadas?
- Estão prevenidos os riscos de explosão do equipamento ou de substâncias por ele produzidas ou nele utilizadas ou armazenadas?

Fontes de energia:

- Dispõe de dispositivo claramente identificável que permita isolar o equipamento de cada uma das suas fontes externas de energia?
- No caso de desconexão, esta é feita sem risco para os trabalhadores?

Sinalização de segurança:

- Está devidamente sinalizado com avisos ou outra sinalização indispensável para garantir a segurança dos trabalhadores?

4.2. Composição do Formulário de FMEUA

Todas as não conformidades identificadas através das listas de verificação apresentadas anteriormente resultam em falhas que serão indicadas e analisadas no formulário do FMEUA.

À semelhança dos formulários de FMEA convencionais, o formulário irá indicar onde a falha está presente, quais as suas causas e os potenciais efeitos que serão avaliados de forma semiquantitativa segundo a sua gravidade, ocorrência e possibilidade de deteção. O resultado do produto das três avaliações revelará o Numero Prioritário de Risco (NPR), o qual permitirá identificar a ordem de criticidade das falhas.

Na Tabela 10 está apresentada a proposta de formulário relativo ao FMEUA, com as devidas alterações introduzidas:

Tabela 10 - Proposta de formulário do FMEUA (adaptado de Stamatis, 2003)

Equipamento:				Equipa:				FMEUA #		
Referência / Modelo:								Data Inicial:		
Utilizadores Afetados:								Data Final:		
				Data Chave:				Preparado por:		
Nome do Equipamento	Modo Potencial de Falha	Efeitos Potenciais de Falha	Gravidade	Causas Potenciais de Falha	Ocorrência	Prevenção ou Correção Atual	Deteção	NPR	Ações Recomendadas	Área / Pessoa Responsável e Data de Fim
Função do Equipamento										

De seguida será descrito cada campo que compõe o formulário de FMEUA onde serão apresentadas as diversas adaptações propostas:

Equipamento: Identificação do equipamento de trabalho que irá ser alvo de análise.

Referência / Modelo: Deve ser indicado neste campo qual a referência ou modelo do equipamento.

Utilizadores Afetados: Regista quais os utilizadores do equipamento, sejam estes regulares ou ocasionais, que podem ser afetados negativamente pelos efeitos das falhas no equipamento.

Equipa: Neste campo serão identificados os membros da equipa ou departamento que está responsável pela avaliação das falhas identificadas pelo FMEUA e aplicação das medidas corretivas necessárias para a eliminação ou minimização dos efeitos das falhas.

Data Chave: Este campo pressupõe a existência de uma data chave, como é caso do desenvolvimento do equipamento de trabalho, em que o FMEUA será aplicado antes da conclusão do equipamento, podendo assim ser a data chave a data final de entrega do equipamento ao cliente, ou a data de início de produção na qual o equipamento já deverá estar finalizado e pronto a desempenhar a sua função. No caso de o FMEUA estar a ser aplicado como ferramenta de manutenção com o objetivo de melhorar as condições de trabalho dos utilizadores do equipamento a data chave pode referir-se à data de uma inspeção ou auditoria de trabalho, ou apenas a uma data fixada pela administração que indique o limite máximo para a aplicação do FMEUA.

FMEUA#: Deve indicar um número ou código pelo qual o FMEUA será identificado posteriormente. Este código permitirá uma maior facilidade na rastreabilidade e controlo das tabelas de FMEUA, das respetivas medidas corretivas aplicadas e dos responsáveis pelas mesmas.

Data Inicial: A data inicial indica o início da aplicação do FMEUA pela equipa responsável.

Data Final: A data final refere-se ao fim da aplicação do FMEUA. Esta deve referir a data de finalização da última medida corretiva aplicada, depois desta data o respetivo documento de FMEUA será arquivado. A data inicial e final devem obrigatoriamente situar-se antes da data chave, no entanto, por diversas razões a aplicação do FMEUA pode atrasar-se ou estender-se para depois da Data Chave.

Preparado por: Deve identificar a pessoa responsável pelo preenchimento e da tabela de FMEUA.

Nome do Equipamento / Função do Equipamento: Destina-se à identificação do equipamento ou função específica na qual foi identificada a falha.

Modo Potencial de Falha: Tal como no FMEA original, este campo é respetivo à identificação da falha, seja esta relativa à segurança, ergonomia ou usabilidade.

Efeitos Potenciais de Falha: À semelhança do FMEA original, deverão ser indicados os principais efeitos nocivos resultantes da falha, no entanto no FMEUA os efeitos a identificar deverão ser primeiramente todos os riscos ou efeitos nocivos da falha para o trabalhador envolvido.

Gravidade: Neste campo, deverá ser avaliada de forma semiquantitativa a gravidade dos Falha e dos seus efeitos no trabalhador utilizando uma escala que varia entre o 1 e 10. Para definir o valor da Gravidade é normalmente utilizada uma lista de critérios os quais correspondem a um valor.

- **Gravidade das falhas de Segurança:**

Stamatis propôs em 2003 a seguinte tabela de critérios (Tabela 11) para identificar qual o nível de gravidade das falhas em processos ou serviços:

Tabela 11 - Gravidade de falhas em Processos ou Serviços (Stamatis, 2003)

Valor	Escala	Consequências da falha
1	Menor	Falha não tem impacto real
2-3	Baixa	Falha quase insignificante
4-6	Moderada	Falha apresenta algum incómodo e insatisfação
7-8	Elevada	Falha tem efeito direto na operação
9-10	Crítica	Falha com impacto real na segurança

No entanto, como uma das óticas a que o método proposto por esta dissertação se propõe é a segurança, existe a necessidade de adaptar esta escala.

Por isso foi sugerido por Holt (2001) o índice de valores de gravidade com critérios alternativos (Tabela 12):

Tabela 12 - Índice de Gravidade (Holt, 2001)

Índice	Critérios
3	Primeiros socorros
6	Lesão com perda de tempo de trabalho
9	Lesão grave/incapacidade permanente
12	Uma morte
15	Mais do que uma morte

Assim, propõe-se a adaptação dos critérios apresentados por Holt (2001) sob a escala de valores sugeridos por Stamatis (2003), resultando na Tabela 13:

Tabela 13 - Proposta de Índice de Gravidade de falhas de segurança (adaptado de Stamatis, 2003; Holt, 2001)

Valor	Critérios
10	Morte.
8-9	Lesão muito grave e/ou incapacidade permanente.
6-7	Lesão grave com perda de tempo de trabalho.
4-5	Lesão moderada com perda de tempo de trabalho.
2-3	Primeiros socorros.
1	Efeitos não significativos

- **Gravidade das falhas de Ergonomia:**

Relativamente à gravidade das consequências resultante de falhas ao nível ergonómico, foi sugerida a seguinte escala de classificação da gravidade de problemas ergonómicos (Tabela 14) segundo as suas consequências para a empresa e para o trabalhador (Ginn *et al.*,1998):

Tabela 14 – Classificação do índice de gravidade de riscos ergonómicos (Ginn *et al.*, 1998)

Valor	Gravidade	Empresa	Trabalhador
5	Muito Alta	Perda de homens x hora, perda de funcionários, afastamentos, ações judiciais, trabalhadores descontentes, a empresa não cumpre a legislação.	Lesões múltiplas e graves, pode provocar invalidez.
4	Alta	Perda de homens x hora, afastamentos, ações judiciais, trabalhadores descontentes, a empresa não cumpre a legislação.	Pode gerar reclamações e afastamento do trabalho. Lesões únicas com alguma gravidade.
3	Moderada	Perda de horas, ações judiciais, descontentamento dos trabalhadores	Pode gerar reclamações e lesões. Não existe afastamentos mas as lesões necessitam de intervenção.
2	Pequena	Diminuição da produtividade, ações judiciais, descontentamento dos trabalhadores	Pouco grave, pode gerar reclamações por desconforto ou lesões mínimas.
1	Mínima	Aspetos inalterados	Sem gravidade, pode gerar algum incómodo ou desconforto temporário

Dado o foco do método FMEUA nos riscos a que o trabalhador pode estar submetido, é sugerido nesta dissertação a adaptação da tabela acima (Ginn, *et al.*, 1998) para a Tabela 15, apresentada de seguida:

Tabela 15 - Proposta de escala de riscos ergonómicos (Adaptado de Ginn *et al.*, 1998)

Valor	Critérios
10	Lesões múltiplas e graves. Pode provocar invalidez.
8-9	Pode gerar reclamações e afastamento do trabalho. Lesões únicas com alguma gravidade.
6-7	Pode gerar reclamações e lesões. Não existe afastamentos mas as lesões necessitam de intervenção.
4-5	Pouco grave, pode gerar reclamações por desconforto ou lesões mínimas.
2-3	Sem gravidade, pode gerar algum incómodo ou desconforto temporário
1	Efeitos não significativos

- **Gravidade das falhas na Usabilidade:**

Ao nível dos problemas de usabilidade a classificação da sua gravidade apresenta-se maioritariamente em escalas com critérios orientados a interfaces digitais ou dispositivos eletrónicos.

Apesar disso, Chauncey Wilson (2013) sugere no seu livro que na generalidade os problemas relativos a usabilidade resultam em consequências semelhantes independentemente de serem problemas detetados em produtos mecânicos, dispositivos ou interfaces digitais. Na sua base, os problemas de usabilidade resultam em insatisfação, frustração, dificuldade de aprendizagem ou memorização e fadiga nos utilizadores, que por sua vez resultam em erros no decorrer do processo, quebra de eficiência ou mesmo impossibilidade de completar a tarefa com sucesso.

Com base nestas considerações, Chauncey Wilson (2013) apresenta uma divisão das consequências de problemas de usabilidade em 5 níveis (Tabela 16) que servem de escala para avaliação da gravidade destes problemas na indústria:

Tabela 16 - Consequências potenciais de falhas de usabilidade (Chauncey Wilson, 2013)

Nível	Consequências Potenciais
1	Pode gerar problemas ou erros catastróficos para o utilizador, os quais o utilizador não consegue corrigir. Resulta na impossibilidade de conclusão da sua tarefa com sucesso e pode até afetar a eficiência e eficácia de outros trabalhadores.
2	Pode resultar em problemas ou erros graves, muito difíceis para o utilizador de corrigir. Afetam a eficiência e a eficácia do procedimento, o que resulta em grande frustração e insatisfação por parte do utilizador.
3	Pode resultar em erros ou problemas moderados que geram frustração e fadiga. Pode comprometer moderadamente a eficiência.
4	Pode gerar pequenos erros, frustração do utilizador sem efeitos significativos na produtividade ou no sucesso da tarefa.
5	Pode resultar em erros mínimos, raros, que não causam problemas ou perda de tempo.

Como forma de evitar uma alteração do cálculo ou dos resultados no Número Prioritário de Risco, sugere-se o ajuste da lista de níveis propostos por Chauncey Wilson (2013) adaptados aos valores entre 1 e 10 já utilizados nas tabelas de classificação de gravidade das falhas de Segurança e de Ergonomia. Assim, propõe-se a utilização da Tabela 17:

Tabela 17 – Proposta de Índice de gravidade de falhas ao nível da usabilidade (Adaptado de Chauncey Wilson, 2013)

Valor	Critérios
10	Pode gerar problemas ou erros catastróficos para o utilizador, os quais o utilizador não consegue corrigir. Resulta na impossibilidade de conclusão da sua tarefa com sucesso e pode até afetar a eficiência e eficácia de outros trabalhadores.
8-9	Pode resultar em problemas ou erros graves, muito difíceis para o utilizador de corrigir. Afetam a eficiência e a eficácia do procedimento, o que resulta em grande frustração e insatisfação por parte do utilizador.
6-7	Pode resultar em erros ou problemas moderados que geram frustração e fadiga. Pode comprometer moderadamente a eficiência.
4-5	Pode gerar pequenos erros, frustração do utilizador sem efeitos significativos na produtividade ou no sucesso da tarefa.
2-3	Pode resultar em erros mínimos, raros, que não causam problemas ou perda de tempo.
1	Efeitos não significativos

Com isto, foi preparada numa só tabela as 3 principais áreas de risco para utilizador, sendo elas a Usabilidade, a Ergonomia e a Segurança (Tabela 18).

Tabela 18 - Proposta de tabela classificativa de índices de gravidade (Adaptado de Stamatis, 2003; Holt, 2001; Chauncey Wilson, 2013; Ginn et al., 1998)

Valor	Usabilidade	Ergonomia	Segurança
10	Pode gerar problemas ou erros catastróficos para o utilizador, os quais o utilizador não consegue corrigir. Resulta na impossibilidade de conclusão da sua tarefa com sucesso e pode até afetar a eficiência e eficácia de outros trabalhadores.	Lesões múltiplas e graves. Pode provocar invalidez.	Morte.
8-9	Pode resultar em problemas ou erros graves, muito difíceis para o utilizador de corrigir. Afetam a eficiência e a eficácia do procedimento, o que resulta em grande frustração e insatisfação por parte do utilizador.	Pode gerar reclamações e afastamento do trabalho. Lesões únicas com alguma gravidade. Pode gerar reclamações e lesões. Não existe afastamentos mas as lesões necessitam de intervenção.	Lesão muito grave e/ou incapacidade permanente.
6-7	Pode resultar em erros ou problemas moderados que geram frustração e fadiga. Pode comprometer moderadamente a eficiência.	Pouco grave, pode gerar reclamações por desconforto ou lesões mínimas.	Lesão grave com perda de tempo de trabalho.
4-5	Pode gerar pequenos erros, frustração do utilizador sem efeitos significativos na produtividade ou no sucesso da tarefa.	Lesões múltiplas e graves, pode provocar invalidez. Pode gerar reclamações e afastamento do trabalho. Lesões únicas com alguma gravidade.	Lesão moderada com perda de tempo de trabalho.
2-3	Pode resultar em erros mínimos, raros, que não causam problemas ou perda de tempo.	Pode gerar reclamações e lesões. Não existe afastamentos mas as lesões necessitam de intervenção.	Primeiros socorros.
1	Efeitos não significativos	Efeitos não significativos	Efeitos não significativos

Causas Potenciais de Falha: Deverão ser identificadas neste campo as respetivas causas potenciais da falha apresentada. As causas devem ser indicadas de forma objetiva para facilitar a posterior identificação de medidas de correção da falha.

Ocorrência: Neste campo, serão classificadas segundo uma escala de valores entre 1 e 10 a ocorrência ou frequência das falhas ou dos seus efeitos.

Na metodologia FMEA, uma das tabelas de classificação de ocorrência mais utilizadas para a análise de Sistemas, processo e serviços é a sugerida por Stamatis (2003) na qual classifica a probabilidade de ocorrência da falha (Tabela 19) utilizando uma escala que varia entre 1 e 10.

Tabela 19 - Índice de classificação de ocorrência da falha (Stamatis, 2003)

Índice	Frequência	Ocorrência da falha
1	1 em 1.000.000	Não é provável que ocorra
2	1 em 20.000	Muito pouco provável que ocorra
3	1 em 4.000	Pouco provável que ocorra
4 a 6	1 em 1.000 até 1 em 80	Moderada probabilidade para a ocorrência
7 a 8	1 em 40 até 1 em 20	Alta probabilidade para a ocorrência
9 a 10	1 em 10	Muito alta probabilidade para a ocorrência

No entanto, não estamos apenas perante falhas que podem gerar consequências pontuais como no caso das falhas ao nível da Segurança, cujas falhas são avaliadas pela sua probabilidade de ocorrer. No caso de falhas ergonómicas podemos estar perante uma falha que ocorre constantemente.

Para classificar falhas que ocorrem constantemente, é necessário avaliar a sua frequência. Ginn *et al.* (1998) apresentaram a relação entre a frequência de ocorrência de falhas ergonómicas e as suas consequências (Tabela 20).

Tabela 20 - Índice de frequência de ocorrência de falha (Ginn *et al.*, 1998)

Índice	Ocorrência	Consequências	Prognóstico
5	Frequente	Reclamações constantes, incidentes com ou sem afastamentos.	Falha está sempre a ocorrer.
4	Provável	Alguns acidentes com afastamentos.	A falha ocorre muito frequentemente.
3	Improvável	Pequenos incidentes ou acidentes sem afastamentos.	A falha ocorre regularmente
2	Remota	Algumas queixas de risco, porém sem ocorrência de acidentes.	A falha ocorre com alguma frequência
1	Extremamente remota	Nunca ocorreu.	A falha não ocorre.

Assim, dado que neste campo serão avaliados ambos os graus de probabilidade de ocorrência. É proposta a adaptação e utilização das escalas apresentadas por Stamatis (2003) e Ginn *et al.*, (1998) e a sua combinação na Tabela 21 apresentada de seguida.

Tabela 21 - Proposta de índice de classificação da probabilidade ou frequência de ocorrência da falha (Adaptado de Stamatis, 2003; Ginn *et al.*, 1998)

Probabilidade / Frequência de Ocorrência		
Pontuação	Probabilidade	Frequência
10	A falha é inevitável.	Ocorre sempre.
8-9	Probabilidade muito elevada da falha ocorrer.	Ocorre muito frequentemente
6-7	Probabilidade elevada de a falha ocorrer.	Ocorre regularmente
4-5	Probabilidade moderada de a falha ocorrer.	Ocorre com alguma frequência
2-3	Ligeira Probabilidade de a falha ocorrer.	Ocorre com pouca frequência
1	Não existe Probabilidade de a falha ocorrer.	Ocorre muito raramente.

No entanto, dadas as diferenças entre falhas de Segurança, Ergonomia ou Usabilidade, é necessário avaliar da melhor forma a sua ocorrência. Para isso, sugere-se o seguinte modo de classificação:

- **Falhas de Segurança:** Deve ser classificada qual a probabilidade de ocorrência dessa falha.
- **Falhas Ergonómicas:** Caso existam, estas falhas não devem ser classificadas quanto à probabilidade pois serão sempre consideradas inevitáveis. Desta forma, estas devem ser classificadas quanto à frequência com que o trabalhador é confrontado com as mesmas.
- **Falhas na Usabilidade:** No caso de falhas na usabilidade serem detetadas, passam a ser consideradas constantes, por estarem sempre presentes. Assim, o que passará a ser classificado serão as suas consequências, seja quanto à probabilidade de acontecerem ou, em caso de serem regulares, à frequência com que ocorrem.

Prevenção ou Correção Atual: Muitas vezes, as falhas já foram detetadas, seja pelo trabalhador ou pelo responsável do departamento, no entanto, estas falhas não resultaram em medidas corretivas com vista à sua eliminação. Pelo contrário, foram remediadas por alguma solução precária que previne ou minimiza os efeitos da falha no utilizador. Neste campo devem ser indicadas quais as medidas temporárias em vigor para lidar com a falha, caso estas existam.

Deteção: Neste campo deverá ser avaliado o grau de deteção da falha antes que esta gere efeitos nocivos no trabalhador. Para tal, à semelhança dos campos de Gravidade e Ocorrência, deverá ser atribuído um valor entre 1 e 10, no qual 1 refere que quase certo que o controle atual detetará o modo de falha e 10 refere que se desconhecem controlos disponíveis para detetar o modo de falha.

Para a classificação da possibilidade de deteção de falhas no FMEUA foi usada como base a tabela proposta por Moura (2000) na sua adaptação de FMEA para a classificação das falha quanto ao seu índice de deteção pelo controlo de Projetos e Processos (Tabela 22).

Tabela 22 - Classificação de possibilidade de deteção da falha (Moura, 2000)

Deteção	Índice de Deteção	Critério (Possibilidade de Deteção pelo Controlo de Projeto/Processo)
Quase Impossível	10	Não é conhecido controlo disponível para detetar o modo de falha.
Muito remota	9	Possibilidade muito remota de que o controlo atual irá detetar o modo de falha.
Remota	8	Possibilidade remota de que o controlo atual irá detetar o modo de falha.
Muito baixa	7	Possibilidade muito baixa de que o controlo atual irá detetar o modo de falha.
Baixa	6	Possibilidade baixa de que o controlo atual irá detetar o modo de falha.
Moderada	5	Possibilidade moderada que o Controlo de Projeto irá detetar um causal mecanismo potencial e subsequente modo de falha.
Moderadamente alta	4	Possibilidade moderadamente alta de que o controlo atual irá detetar o modo de falha.
Alta	3	Possibilidade alta de que o controlo atual irá detetar o modo de falha.
Muito alta	2	Possibilidade muito alta de que o controlo atual irá detetar o modo de falha.
Quase certamente	1	Controlo atual quase certamente irá detetar o modo de falha. A confiança nos controlos de deteção é conhecida em processos similares

Já Toledo *et al.* (1998) sugeriram uma escala qualitativa de cinco níveis de deteção da falha pelo controlo (Tabela 23).

Tabela 23 - Nível de possibilidade de deteção da falha (Toledo *et al.*, 1998)

Nível	Deteção	Critério
1-2	Muito grande	Certamente será detetado
3-4	Grande	Grande probabilidade de ser detetado
5-6	Moderada	Provavelmente será detetado
7-8	Pequena	Provavelmente não será detetado
9-10	Muito Pequena	Certamente não será detetado

Assim, e com base nas tabelas de Moura (2000) e de Toledo *et al.* (1998), procedeu-se a uma adaptação da escala de forma a conseguir uma maior facilidade de leitura e utilização, o que colmatou na escala apresentada na Tabela 24.

Tabela 24 - Proposta de classificação da possibilidade de deteção da falha pelo controlo (Adaptado de Moura, 2000; Toledo *et al.*, 1998)

Pontuação	Critérios
10	Desconhecem-se controlos disponíveis para detetar o modo de falha.
8-9	Possibilidade remota de que o controle atual detete o modo de falha.
6-7	Possibilidade baixa de que o controle atual detete o modo de falha.
4-5	Possibilidade moderada de que o controle atual detete o modo de falha.
2-3	Possibilidade muito alta de que o controle atual detete o modo de falha.
1	Quase certo que o controle atual detetará o modo de falha. Controlos de deteção fiáveis utilizados em processos similares.

NPR: O Número Prioritário de Risco (NPR) resulta do produto dos três índices referidos anteriormente (G – Gravidade; O – Ocorrência; D – Detecção).

$$\text{NPR} = (\text{G}) \times (\text{O}) \times (\text{D})$$

O NPR funciona como um indicador de criticidade das falhas, ou seja, quanto mais alto o NPR maiores os riscos para o trabalhador e para a empresa, logo, quanto maior o Número Prioritário de Risco mais urgente é solucionar ou minimizar a falha.

No entanto, certos autores sugeriram a criação de uma escala que possa priorizar o grau de risco das falhas. Rodrigues (2008) sugeriu a escala de hierarquização do risco apresentada na Tabela 25.

Tabela 25 - Escala de valoração do risco e das medidas a implementar (Rodrigues, 2008)

Definição do Grau de Risco/Criticidade		Grau de urgência das medidas
NPR < 40	Menor/Secundário	Devem ser tomadas medidas de melhoria sem carácter de urgência
$40 \leq \text{NPR} < 100$	Moderado	Devem ser tomadas medidas logo que possível para se diminuir a probabilidade de ocorrer maior degradação
$100 \leq \text{NPR} < 200$	Elevado	Devem ser tomadas medidas urgentes para se eliminarem as causas
$\text{NPR} \geq 200$	Critico	Requer ação imediata para se eliminarem as causas

No entanto, o que Stamatis (2003) propõe é que o valor do Número Prioritário de Risco a partir do qual é realmente necessário intervir é de 50. Este autor chegou a esta conclusão considerando um intervalo de confiança de 95% do NPR máximo ($G \times O \times D = 10 \times 10 \times 10 = 1000$), ou seja, 950, o que resulta numa diferença de 50.

Desta forma, tendo em conta objetivo desta dissertação, propõe-se a utilização da escala de valoração apresentada na Tabela 26.

Tabela 26 - Proposta de Escala de valoração do NPR e medidas a implementar (adaptado de Rodrigues, 2008; Stamatis, 2003)

Definição do Grau de Risco/Criticidade		Grau de urgência das medidas
NPR < 50	Menor/Secundário	Devem ser tomadas medidas de melhoria sem carácter de urgência
$50 \leq \text{NPR} < 100$	Moderado	Devem ser tomadas medidas logo que possível para se diminuir a probabilidade de ocorrer maior degradação
$100 \leq \text{NPR} < 200$	Elevado	Devem ser tomadas medidas urgentes para se eliminarem as causas
NPR ≥ 200	Crítico	Requer ação imediata para se eliminarem as causas

Ações Recomendadas: Depois de calculado o NPR deverão ser identificadas e indicadas neste campo quais as medidas corretivas a tomar para eliminar ou minimizar a ocorrência da falha ou dos seus efeitos no utilizador.

Área/Pessoa responsável e data de Fim: À semelhança do formulário do FMEA, este campo servirá para designar qual o responsável pela medida corretiva (i.e., ação recomendada), bem como a data que a administração entende como limite de conclusão da implementação da medida corretiva.

Capítulo V - Aplicação e Resultados

5. Capítulo V - Aplicação e resultados

5.1. Objetivos

Para atingir resultados reais, de forma a poder avaliar o funcionamento da ferramenta e avaliar as suas limitações a aplicação do FMEUA foi realizada em ambiente industrial e com casos reais.

Os principais objetivos desta aplicação prenderam-se principalmente no teste e análise dos resultados da ferramenta em si e não no resultado da aplicação das medidas corretivas nos postos de trabalho analisados. Dado que a seleção de medidas corretivas é um campo original do FMEA e que a sua aplicação está limitada à abertura dada pela empresa para implementar tais medidas, o foco desta aplicação FMEUA passará pela análise da sua eficiência e eficácia na identificação e avaliação de falhas e também no grau de facilidade de uso da própria ferramenta em si.

Assim a aplicação do método FMEUA a que esta dissertação se propõe tem os seguintes objetivos:

- Avaliar o sucesso da ferramenta na identificação de falhas com riscos associados ao trabalhador;
- Testar e verificar o funcionamento do FMEUA tendo em conta as adaptações que lhe foram introduzidas;
- Analisar a qualidade dos resultados;
- Identificar benefícios e limitações da ferramenta FMEUA;

5.2. Empresa e Casos de Estudo

O grupo José Pimenta Marques é um grupo empresarial cuja sua principal atividade é o fabrico de balanças comerciais e de básculas de pesagem de veículos industriais pesados, tais como camiões de transporte de mercadorias.

Para uma melhor avaliação do funcionamento da ferramenta FMEUA, foram selecionadas, de entre as duas principais unidades de produção do grupo José Pimenta Marques, seis postos de trabalho o mais distintos possíveis, três dos quais dotados de equipamento.

Eq. 1 – Equipamento de corte de chapas

Este posto de trabalho, dotado de um equipamento especializado no corte de chapas metálicas até 22mm de espessura fabricado e comercializado por uma marca líder de mercado, apresenta quatro principais áreas de análise:

- Zona de arrumação das chapas metálicas, na qual o funcionário vai elevar e transportar até à máquina;
- Bancada de trabalho, na qual a chapa desliza e através das guias o funcionário define as medidas de corte;
- Painel de comando, que é composto pela área fixada no topo esquerdo do equipamento e pelo pedal de acionamento de corte;
- Zona de corte.



Figura 4- Eq. 1 – Equipamento de corte de chapas

A função do operador deste equipamento passa por selecionar e carregar as chapas na zona de stock e transporta-las para a bancada de trabalho onde ajusta as réguas guias que definem as medidas de corte. Depois disto cabe ao operador empurrar a chapa ao longo da bancada (Figura 4) e acionar o pedal de comando com o pé para dar ordem de corte ao equipamento. O procedimento apesar de repetitivo apresenta ciclos que variam entre os 4 minutos e os 21 minutos, dependente do tipo e tamanho das chapas.

Eq. 2 – Equipamento de corte de perfis

Este posto de trabalho, dotado de um equipamento de corte por serra é utilizado para o corte de perfis metálicos com cerca de 14 metros de comprimento. O operador tem o auxílio de uma ponte de transporte de cargas, para poder elevar os perfis e conduzi-los para a zona de corte (Figura 5).

Este posto de trabalho é constituído por três principais áreas a análise:

- Manuseamento e transporte dos perfis metálicos para a zona de corte com auxílio da ponte rolante;
- Medição e encaixe do perfil na zona de corte;
- Acionamento e controlo do equipamento na zona de comando à esquerda da zona de corte;



Figura 5 - Eq. 2 – Equipamento de corte de perfis

O procedimento realizado por este operado é repetitivo, no entanto, o ciclo da sua função pode variar entre os 35 minutos e os 55 minutos consoante o número de cortes necessários no perfil. Cabe ao operador, medir o centro de gravidade do perfil, encaixar os ganchos da ponte de transporte e conduzir o perfil até à zona de corte. Porque a ponte rolante não apresenta capacidade de exercer forças horizontais, cabe ao operador empurrar e encaixar o perfil na zona de corte. O perfil é então medido manualmente e marcadas as suas respetivas zonas de corte. Depois de iniciado o corte, o operador necessita de esperar que o corte termine para voltar a empurrar o perfil para a zona de corte para efetuar os restantes cortes.

Eq. 3 – Equipamento de termoformação

O posto de trabalho número 3 é dotado de um equipamento desenhado e fabricado pela própria empresa para realização de uma tarefa específica (Figura 6). O equipamento utiliza vários moldes metálicos nos quais um é inserido um saco com uma mistura química que ao reagir, expande e seca, formando uma espuma de proteção que servirá para acondicionar as balanças comerciais nas suas respetivas caixas.

Este posto de trabalho apresenta duas principais áreas a analisar:

- O funcionamento básico do equipamento, no qual o utilizador deve inserir o saco, fechar o molde, cortar o excedente e retirar a espuma de proteção;
- O transporte e troca dos moldes metálicos que dão forma à espuma.



Figura 6 - Eq. 3 – Equipamento de termo formação

Esta é a função mais repetitiva e monótona dos seis casos de estudo. O seu ciclo demora cerca de 2:40 minutos e é interrompido a cada 40 proteções concluídas para troca do molde metálico. O funcionário desmonta o molde no equipamento e transporta-o para a prateleira onde os diferentes moldes estão arrumados. Depois troca-o por outro molde e monta-o no equipamento. Este procedimento de troca de moldes acontece 2 a 3 vezes por dia e os moldes pesam entre 12 Kg e 28 Kg.

Fora esta troca ocasional do molde metálico, a função do utilizador do equipamento é retirar o saco com a mistura química pronta de um equipamento automático à esquerda do seu posto de trabalho e rapidamente a inserir e acondicionar da melhor forma no interior do molde e fechar o molde antes que a espuma expanda demasiado. Para fechar o molde o funcionário utiliza um comando duplo, composto por um botão de acionamento e uma alavanca. Cabe ao funcionário abrir várias vezes o molde e fazer pequenas incisões no saco com o auxílio de um x-ato para que a espuma não crie bolhas de ar dentro do saco.

Depois de terminada a expansão da espuma o trabalhador passa as mão em volta do molde para verificar se existe excedente ou pontas do saco de fora, se sim, estas são cortadas antes de retirar a proteção espuma do interior do respetivo molde.

Po. 1 – Posto de embalamento de balanças

Este é um posto de trabalho que não é fixo, não existindo fluxo suficiente de pedidos o trabalhador pode estar nesta função entre 12 a 24 horas semanais. Devido à sua relevância, este posto de trabalho possui condições ainda precárias, utiliza uma bancada multiusos na qual o funcionário coloca a balança na respetiva caixa e a sela com fita-cola (Figura 7).

As principais áreas de relevância a analisar neste posto de trabalho são o transporte da balança por embalar para o posto de trabalho e o transporte da balança embalada para a zona de expedição, e o procedimento de colocar a balança na caixa e a selar.



Figura 7 - Po. 1 – Posto de embalamento de balanças

Esta função requer ao trabalhador deslocar-se constantemente para trazer as balanças do posto de pré-embalamento para a bancada de embalamento. Posteriormente o funcionário acondiciona a balança na respetiva caixa e com as respetivas proteções de

espuma. Depois de selar com fita-cola todas as aberturas o funcionário procede ao transporte da caixa para a zona de expedição na entrada da fábrica.

O tempo dos ciclos podem variar dependendo do tipo de balança a embalar, dado que existem diferentes tamanhos e pesos que variam entre os 6 e os 18 Kg, no entanto, o tempo mínimo entre retirar a balança da zona de pré-embalamento e a colocar na zona de expedição devidamente embalada é de aproximadamente 4 minutos.

Po. 2 – Posto de montagem de balanças

É neste posto que são montados todos os elementos que constituem a balança final. Este é um posto de trabalho crítico por ser constituído por um só funcionário que monta de raiz toda a balança até estar funcional. Para maximizar produtividade deste posto o funcionário monta até 12 balanças em simultâneo.

O posto de trabalho é constituído por uma bancada de trabalho com 6 metros e a montagem da balança é auxiliada por equipamentos e ferramentas de pequena dimensão tais como chaves de parafusos, x-ato, soldador de estanho e parafusadora (Figura 8).

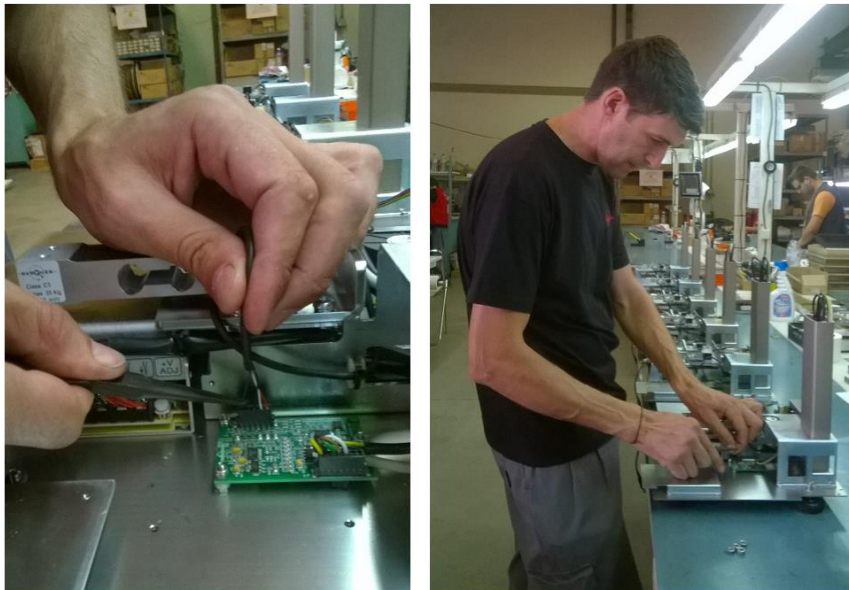


Figura 8 - Po. 2 – Posto de montagem de balanças

A tarefa do funcionário é considerada de precisão e apesar de demorar quase 5 horas para montar totalmente uma balança, o funcionário monta várias balanças simultaneamente, conseguindo assim montar até 6 balanças por dia. O posto de trabalho não possui arrumação dos componentes que constituem a balança, o que obriga a deslocamentos constantes por parte do funcionário à zona de armazem para trazer componentes para montar em cada etapa.

Po. 3 – Posto de soldadura de módulo para báscula

O último posto de trabalho é constituído por uma estrutura de aço com cerca de 3 metros que serve de molde para o encaixe e soldadura de várias chapas metálicas (Figura 9). O resultado deste posto de trabalho é um dos módulos que constituem o interior das básculas de pesagem de veículos pesados.

No decorrer da sua função o funcionário é auxiliado por uma ponte rolante para o transporte e encaixe das chapas metálicas de maior dimensão. Já os componentes de menor dimensão bem como outras ferramentas necessárias, como, por exemplo, o equipamento de soldadura, estão presentes numa pequena bancada de trabalho perto do funcionário.

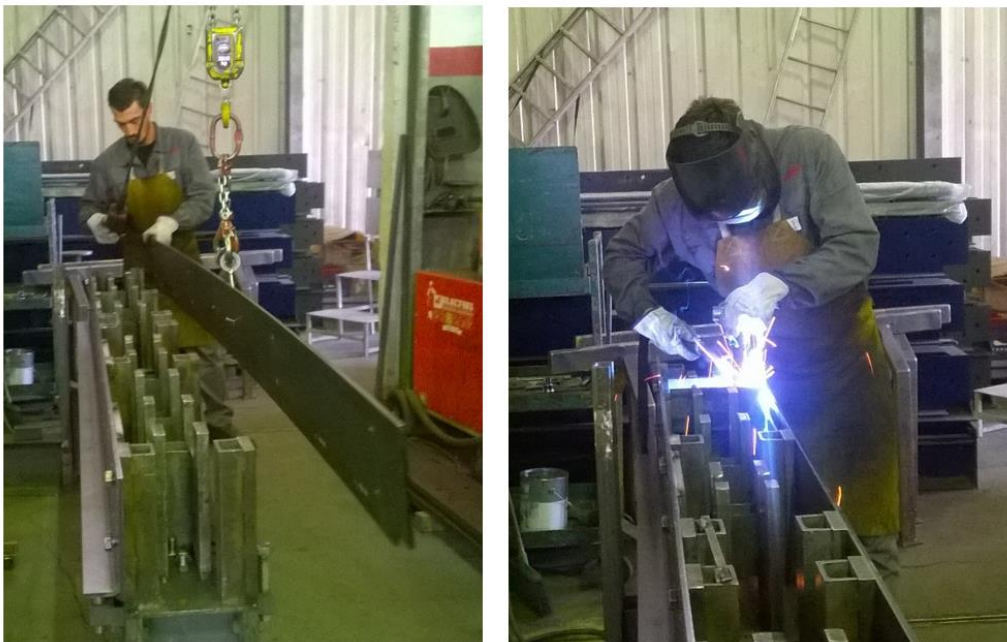


Figura 9 - Po. 3 – Posto de soldadura de módulo para báscula

A função deste trabalhador apresenta um ciclo de cerca de 35 minutos por módulo pronto. Durante esse tempo o trabalhador coloca com auxílio da ponte de transporte de cargas as chapas metálicas de maior dimensão na estrutura molde e posteriormente os componentes de menor dimensão. À medida que vai adicionando componentes, o trabalhador procede à soldadura dos componentes entre si. Quando termina, retira o módulo pronto com o auxílio da ponte rolante e transporta-o para o posto de trabalho seguinte.

5.3. 1ª Aplicação do FMEUA

Como exemplos de preenchimento do formulário de FMEUA podem ser observados os Anexos 4 e 5 relativos ao Equipamento de Termoformação (Eq. 3) e o Posto de Montagem (Po.2), respetivamente.

De seguida serão apresentados dados relativos aos tipos de falhas identificados em cada um dos seis postos de trabalho e a sua distribuição por grau de risco para o trabalhador utilizando a escala de valoração do grau de risco proposta (adaptada de Rodrigues, 2008; Stamatis, 2003).

Eq. 1 – Equipamento de corte de chapas

No primeiro caso de estudo, referente a um equipamento de corte de chapas metálicas, foram identificadas 16 não conformidades durante a aplicação da *checklist*, o que resultou automaticamente em 16 falhas identificadas (Tabela 27). Destas falhas, maioria destas falhas foi considerada de risco potencial elevado para o utilizador do equipamento, ou seja, apresentava um NPR superior a 100, o que é relativamente preocupante considerando que o equipamento em questão é consideravelmente moderno e possui todos os certificados de qualidade e segurança.

Tabela 27 - Número de falhas identificadas por grau de risco – Eq. 1

Definição do Grau de Risco	Definição do Grau de Risco	Número de Falhas Identificadas	Grau de urgência das medidas
NPR < 50	Menor	0	Devem ser tomadas medidas de melhoria sem carácter de urgência
50 ≤ NPR < 100	Moderado	4	Devem ser tomadas medidas logo que possível para se diminuir a probabilidade de ocorrer maior degradação
100 ≤ NPR < 200	Elevado	10	Devem ser tomadas medidas urgentes para se eliminarem as causas
NPR ≥ 200	Critico	2	Requer ação imediata para se eliminarem as causas
	Total	16	

Por ser um equipamento atual, não foram identificadas falhas ou erros de maior gravidade relativos à usabilidade, sendo que 12 das 16 falhas identificadas (Figura 10) correspondiam a problemas de ergonomia.

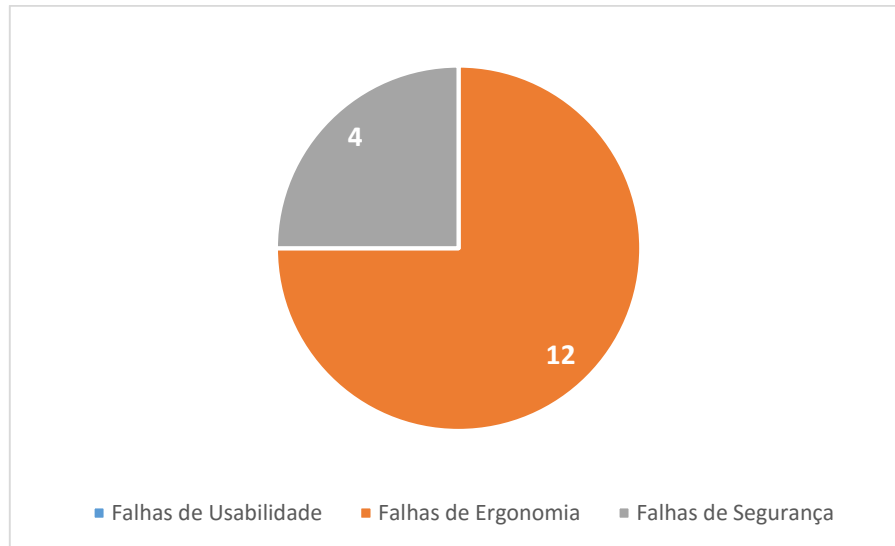


Figura 10 - Distribuição de tipos de falhas - Eq. 1 (1ª Aplicação)

Eq. 2 – Equipamento de corte de perfis

Relativamente ao segundo equipamento analisado, um equipamento de corte de perfis com mais de 25 anos, foram identificadas 23 falhas (Tabela 28), das quais 12 apresentam um NPR superior a 100 e entre elas, 6 apresentam um grau de risco para o utilizador considerado crítico, com números prioritários de risco superiores a 200.

Tabela 28 - Número de falhas por grau de risco – Eq. 2

Definição do Grau de Risco	Definição do Grau de Risco	Número de Falhas Identificadas	Grau de urgência das medidas
NPR < 50	Menor	4	Devem ser tomadas medidas de melhoria sem carácter de urgência
$50 \leq \text{NPR} < 100$	Moderado	7	Devem ser tomadas medidas logo que possível para se diminuir a probabilidade de ocorrer maior degradação
$100 \leq \text{NPR} < 200$	Elevado	6	Devem ser tomadas medidas urgentes para se eliminarem as causas
$\text{NPR} \geq 200$	Crítico	6	Requer ação imediata para se eliminarem as causas
	Total	23	

O segundo caso de estudo, denominado de “Eq.2” apresentou uma maior distribuição de falhas no que toca ao tipo de risco apresentado. Quase metade das 23 falhas identificadas (Figura 11) neste equipamento estão relacionadas com problemas ergonómicos.

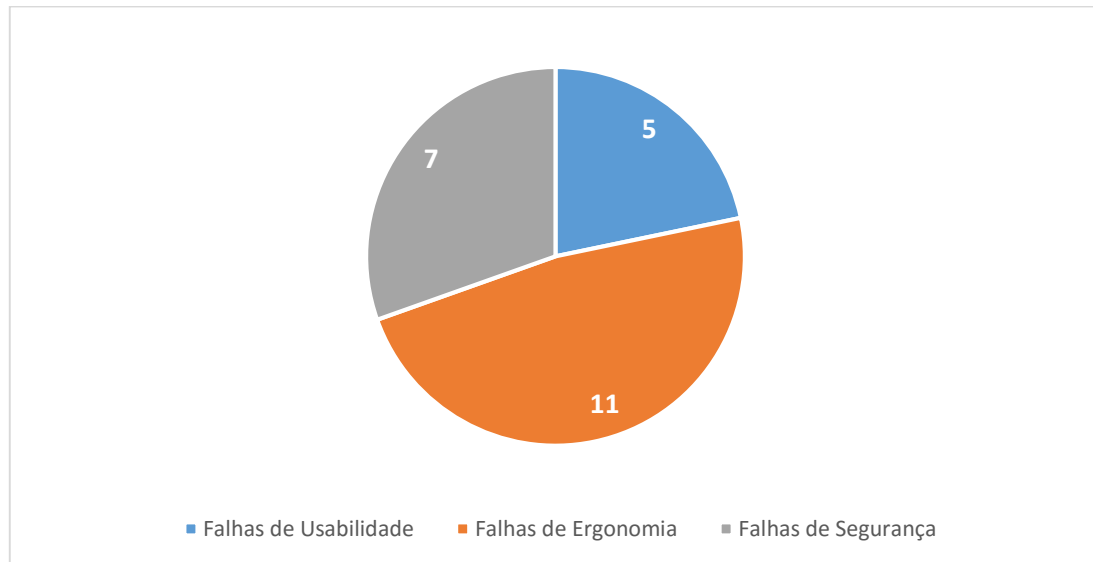


Figura 11 - Distribuição de tipos de falhas - Eq. 2 (1ª Aplicação)

Eq. 3 – Equipamento de termoformação

O equipamento de termoformação, por ser um equipamento desenhado e desenvolvido pela própria empresa para desempenhar uma função específica não possui marcação CE e não se encontra ao abrigo do Decreto-Lei 50/2005, também conhecido por Diretiva Máquinas, talvez por isso tenha sido o caso de estudo a apresentar o maior número de falhas identificadas, 32. Das falhas identificadas (Tabela 29), 22 apresentam um NPR superior a 100, e 7 destas falhas requerem ação imediata para eliminação da falha.

Tabela 29 - Número de falhas por grau de risco – Eq. 3

Definição do Grau de Risco	Definição do Grau de Risco	Número de Falhas Identificadas	Grau de urgência das medidas
$NPR < 50$	Menor	5	Devem ser tomadas medidas de melhoria sem carácter de urgência
$50 \leq NPR < 100$	Moderado	5	Devem ser tomadas medidas logo que possível para se diminuir a probabilidade de ocorrer maior degradação
$100 \leq NPR < 200$	Elevado	15	Devem ser tomadas medidas urgentes para se eliminarem as causas
$NPR \geq 200$	Critico	7	Requer ação imediata para se eliminarem as causas
	Total	32	

No que toca à tipologia das falhas identificadas, quase dois terços incidem em problemas ergonómicos (Figura 12), das restantes 8 são relativas a problemas de segurança e 3 das falhas estão relacionadas com erros de usabilidade.

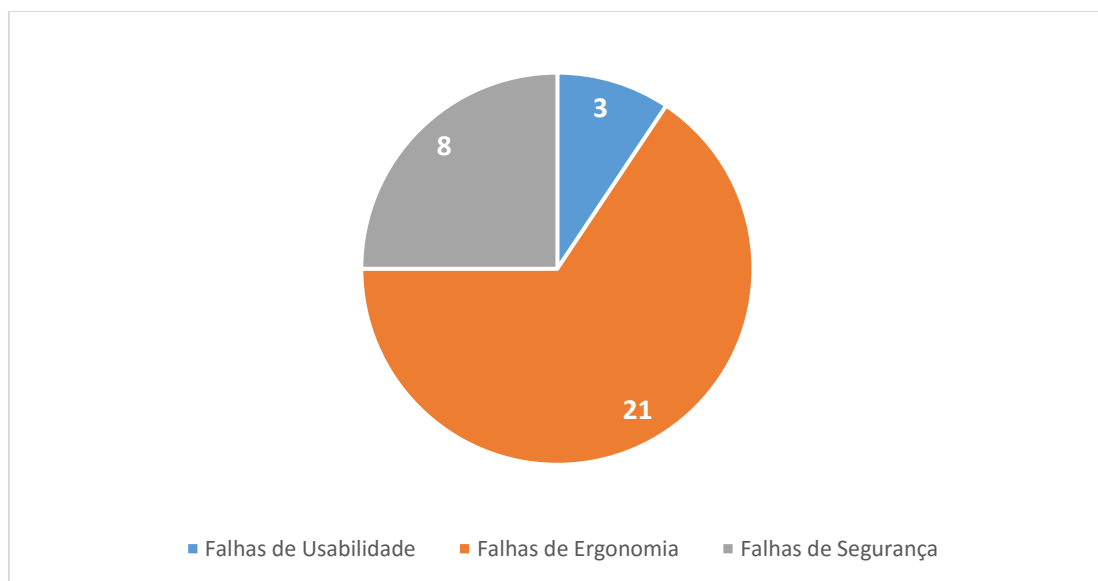


Figura 12 - Distribuição de tipos de falhas - Eq. 3 (1ª Aplicação)

Po. 1 – Posto de embalamento de balanças

O quarto caso de estudo realizado nesta primeira aplicação foi o primeiro posto de trabalho não dotado de equipamento. Neste posto, composto por pouco mais que uma bancada, o trabalhador embala as balanças comerciais, coloca-lhes as proteções de espuma

e acondiciona-as nas respetivas caixas. Neste posto de trabalho foram identificadas 14 falhas (Tabela 30) das quais 13 apresentam um número prioritário de risco superior a 100, o que significa que as condições de trabalho neste posto apresentam um grande número de riscos para o bem-estar do trabalhador.

Tabela 30 - Número de falhas por grau de risco – Po. 1

Definição do Grau de Risco	Definição do Grau de Risco	Número de Falhas Identificadas	Grau de urgência das medidas
NPR < 50	Menor	1	Devem ser tomadas medidas de melhoria sem carácter de urgência
$50 \leq \text{NPR} < 100$	Moderado	0	Devem ser tomadas medidas logo que possível para se diminuir a probabilidade de ocorrer maior degradação
$100 \leq \text{NPR} < 200$	Elevado	9	Devem ser tomadas medidas urgentes para se eliminarem as causas
$\text{NPR} \geq 200$	Critico	4	Requer ação imediata para se eliminarem as causas
	Total	14	

Todas as falhas identificadas neste posto de trabalho incidem em problemas ergonómicos (Figura 13). Apesar de não existirem riscos de segurança envolvidos, não significa que o trabalhador esteja protegido, por como se pode observar na Tabela 30, o trabalhador está sujeito a riscos elevados e devem ser tomadas medidas urgentes para eliminar as causas destas falhas.

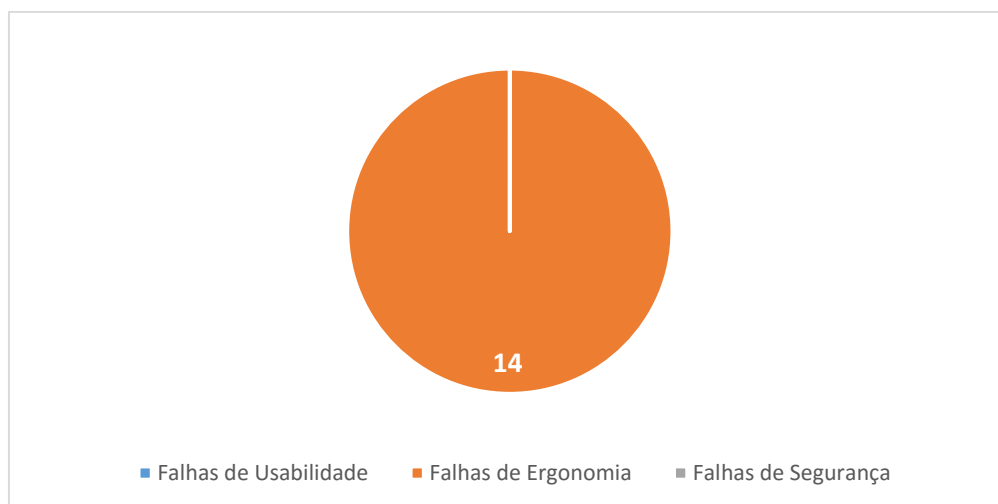


Figura 13 - Distribuição de tipos de falhas - Po. 1 (1ª Aplicação)

Po. 2 – Posto de montagem de balanças

No segundo posto de trabalho não dotado de equipamento analisado, onde a função do trabalhador é montar todos os componentes constituintes da balança, foram identificadas um total de 16 falhas (Tabela 31) sendo que 5 destas apresenta um risco elevado para o trabalhador e 6 das falhas identificadas apresenta um risco crítico, com NPR superiores a 200, requerendo ações imediatas para a correção destas falhas e das suas causas.

Tabela 31 - Número de falhas por grau de risco – Po. 2

Definição do Grau de Risco	Definição do Grau de Risco	Número de Falhas Identificadas	Grau de urgência das medidas
NPR < 50	Menor	1	Devem ser tomadas medidas de melhoria sem carácter de urgência
50 ≤ NPR < 100	Moderado	4	Devem ser tomadas medidas logo que possível para se diminuir a probabilidade de ocorrer maior degradação
100 ≤ NPR < 200	Elevado	5	Devem ser tomadas medidas urgentes para se eliminarem as causas
NPR ≥ 200	Crítico	6	Requer ação imediata para se eliminarem as causas
	Total	16	

No que toca à distribuição das falhas por tipologia, como se pode observar na Figura 14, 14 das 16 falhas identificadas com as *checklist* auxiliares do FMEUA estão relacionadas com problemas ergonómicos que podem resultar em diversos tipos de lesões músculo-esqueléticas para o trabalhador.

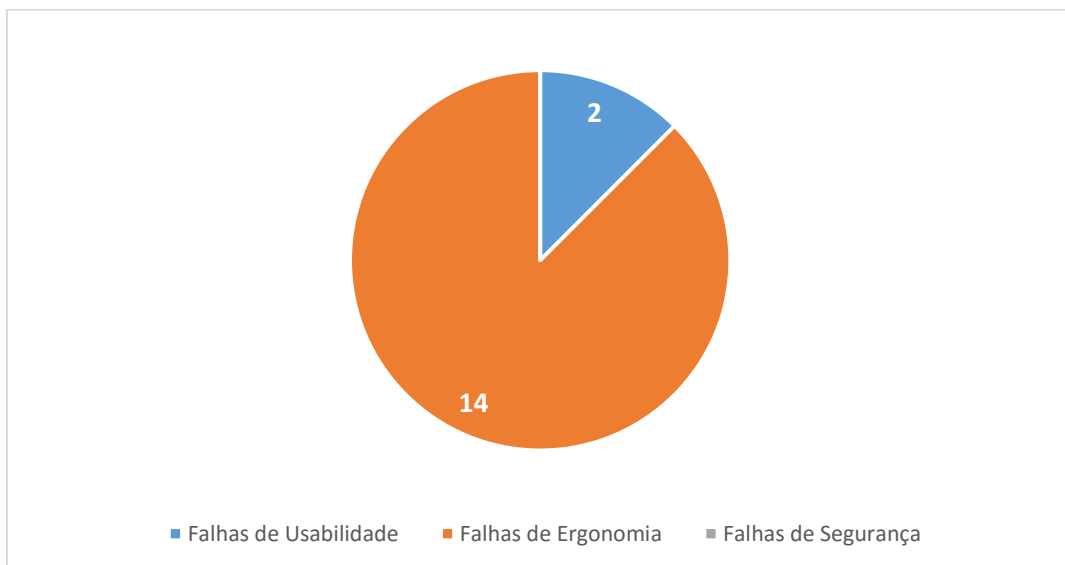


Figura 14 - Distribuição de tipos de falhas - Po. 2 (1ª Aplicação)

Po. 3 – Posto de soldadura de módulo para báscula

No último caso de estudo onde foi aplicado o FMEUA, relativo a um posto de trabalho não dotado de equipamento onde o trabalhador monta e solda componentes metálicos para formar um módulo de grandes dimensões para a base da báscula, foram identificadas 21 falhas (Tabela 32) das quais apenas uma terça parte é relativa a falhas com NPR inferiores a 100, o que significa que 14 das falhas identificadas apresentam um grau de risco elevado ou crítico para o trabalhador.

Tabela 32 - Número de falhas por grau de risco – Po. 3

Definição do Grau de Risco	Definição do Grau de Risco	Número de Falhas Identificadas	Grau de urgência das medidas
NPR < 50	Menor	1	Devem ser tomadas medidas de melhoria sem carácter de urgência
50 ≤ NPR < 100	Moderado	6	Devem ser tomadas medidas logo que possível para se diminuir a probabilidade de ocorrer maior degradação
100 ≤ NPR < 200	Elevado	9	Devem ser tomadas medidas urgentes para se eliminarem as causas
NPR ≥ 200	Crítico	5	Requer ação imediata para se eliminarem as causas
	Total	21	

Relativamente ao tipo de falhas identificadas no “Po.3”, como se pode verificar na Figura 15, a grande maioria das falhas está relacionada com problemas ao nível das condições ergonómicas a que o trabalhador está sujeito durante o desempenho das suas funções.

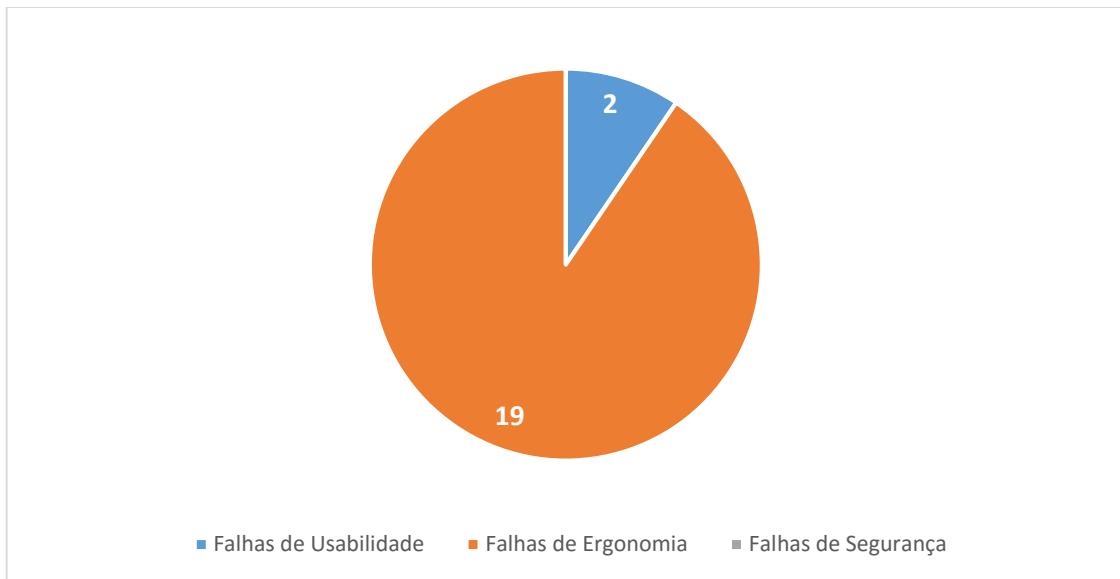


Figura 15 - Distribuição de tipos de falhas - Po. 3 (1ª Aplicação)

5.4. Conclusões da 1ª Aplicação e Limitações

Com a primeira aplicação do FMEUA foi possível verificar uma maior facilidade na identificação de falhas pela utilização das listas de pontos de verificação, isto permite que profissionais com conhecimento limitado em áreas como a usabilidade e ergonomia possam conseguir identificar as falhas mais graves e básicas durante a concepção ou melhoria de um equipamento ou posto de trabalho.

De uma forma gerar o preenchimento dos formulários de FMEUA funcionou de forma muito semelhante ao tradicional FMEA, permitindo através da classificação do índice de gravidade, ocorrência e detecção calcular o Número Prioritário de Risco que atribui uma prioridade à criticidade do risco envolvido na falha, ou seja, quanto maior o NPR, maiores são os riscos que a falha representa para o trabalhador, e maior será a urgência de corrigir essa falha.

Nesta 1ª aplicação da metodologia FMEUA foi possível identificar um total de 122 falhas nos seis casos de estudo analisados (Tabela 33).

Tabela 33 - Resultados obtidos com a primeira aplicação do FMEUA

	Tempo (horas)	Falhas de Usabilidade	Falhas Ergonómicas	Falhas de Segurança	Total de Falhas
Eq. 1	2:04	--	12	4	16
Eq. 2	2:51	5	11	7	23
Eq. 3	3:36	3	21	8	32
Po. 1	1:50	--	14	--	14
Po. 2	2:12	2	14	--	16
Po. 3	2:36	2	19	--	21
Total	15:09	12	91	19	122

A aplicação do FMEUA compreendeu as etapas de preenchimento das Listas de Verificação de Usabilidade, Ergonomia e Segurança, na qual foram identificadas as falhas e o preenchimento formulário do FMEUA respetivo a cada falha, culminando assim no Número Prioritário de Risco de cada Falha. Desta forma, o tempo total entre as *checklists* e o resultado do NPR foi de cerca de 15 horas, o que equivale aproximadamente a dois turnos laborais (dias de trabalho com 8 horas).

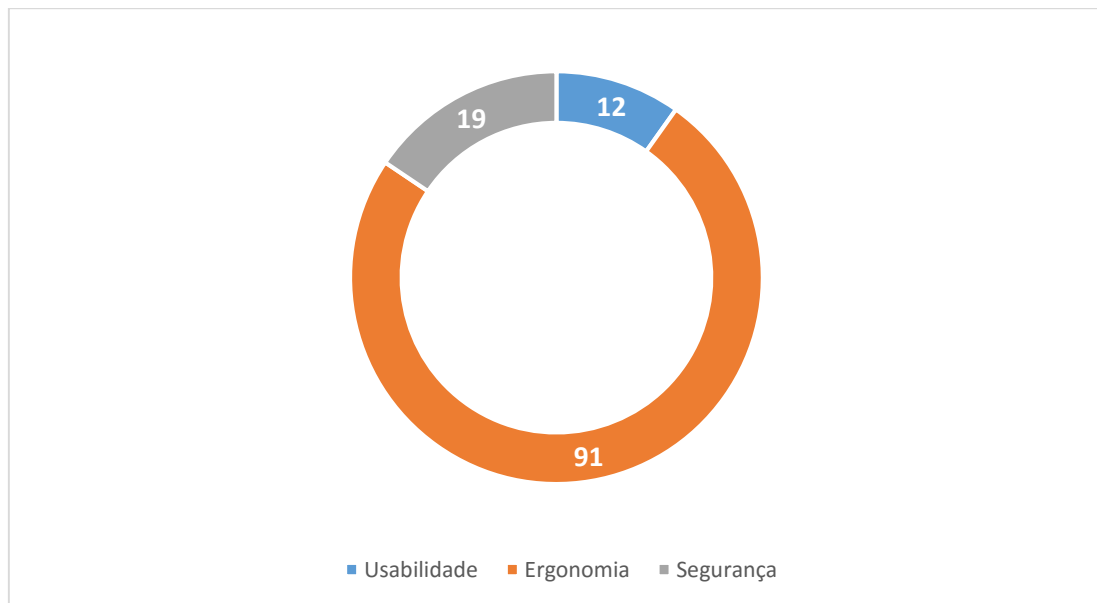


Figura 16 - Tipos de Falhas Identificadas durante a 1ª aplicação

Maioritariamente, as falhas identificadas prendem-se a problemas ergonómicos (Figura 16) derivados da não ajustabilidade do equipamento ou posto de trabalho ao seu trabalhador.

Apesar do sucesso na identificação de falhas com riscos associados para os trabalhadores ao qual o método FMEUA se proponha foram também identificados problemas de funcionamento e oportunidades de melhoria:

Criticidade

Uma das primeiras conclusões que se pode retirar por análise dos Números Prioritários de Risco, foi de que a falhas consideradas de risco elevado e crítico, ou seja, acima de 100 valores no NPR, foram 84 em 122 falhas totais identificadas, o que se traduz em cerca de 69% das falhas identificadas apresentarem um risco elevado ou crítico (Figura 17).

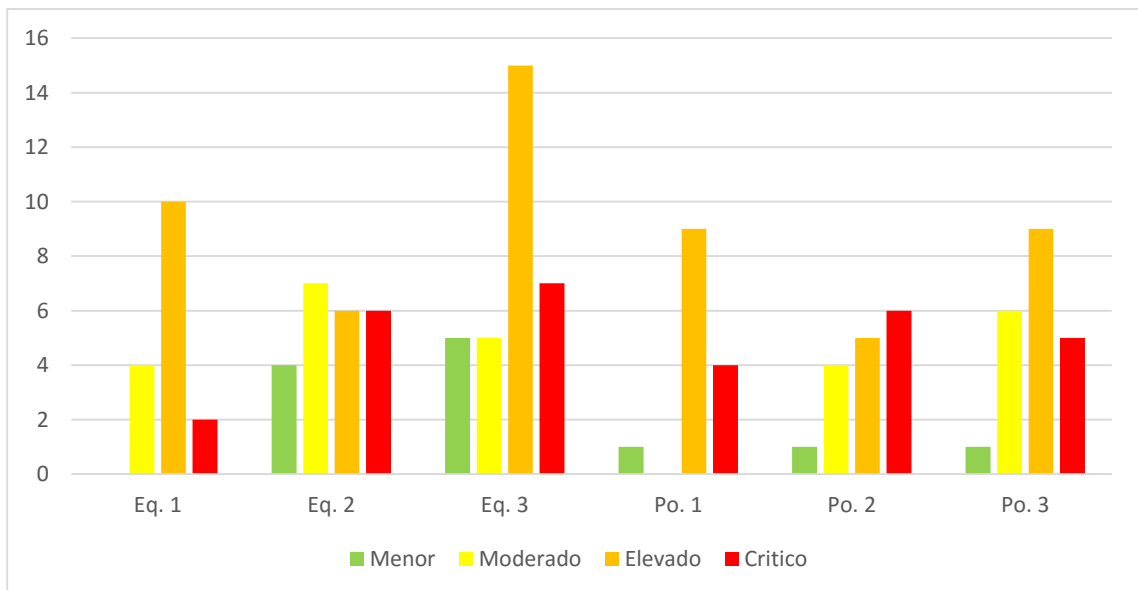


Figura 17 - Número de falhas identificadas por grau de risco (1ª Aplicação)

Poderia ser então considerado que os trabalhadores correspondentes aos equipamentos ou postos de trabalho analisados estariam a trabalhar em condições precárias com grandes riscos. No entanto, apesar de quantitativamente, os resultados se mostrarem preocupantes, foi possível perceber que as condições de trabalho dos equipamentos e postos de trabalho observados claramente não correspondiam ao nível de criticidade dos NPR obtidos.

Assim, verificou-se a necessidade de intervir na forma como estes valores foram obtidos em termos de metodologia proposta, para que transmitissem a informação da forma o mais real possível.

Falhas identificadas repetidamente

Outro dos problemas encontrados no resultado da aplicação do FMEUA foi no número de falhas identificadas. Foi, nesta dissertação, pré-concebida a ideia de que o número de falhas identificadas deve ser o maior possível para alcançar o maior sucesso.

No entanto, com o preenchimento sucessivo do formulário do FMEUA com as falhas identificadas através das listas de verificação pode observar-se um elevado número de falhas consideradas semelhantes, ou seja, falhas que possuíam as mesmas causas e efeitos que outras.

Ao todo foram identificadas 38 falhas que já teriam sido identificadas por este motivo (Figura 18). Tendo em conta que o número total de falhas identificadas nos seis casos de estudo contabilizou 122 falhas, podemos assumir que apenas seriam necessárias analisar 84 falhas para obter a lista de ações recomendadas.

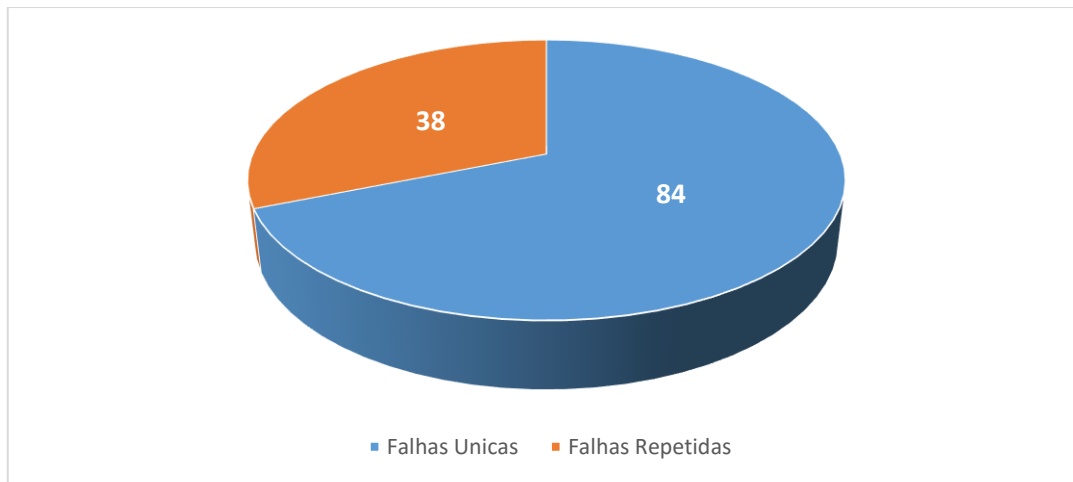


Figura 18 - Falhas identificadas e repetidas (1ª Aplicação)

Se for apenas tomado em consideração o sucesso do FMEUA, a identificação repetida de falhas não seria em si um problema pois resultaria em ações recomendadas repetidas que seriam ignoradas.

No entanto, um dos objetivos do desenvolvimento do FMEUA prende-se com a necessidade de existir uma ferramenta simples e eficiente que possa ser utilizada como base de trabalho em PMEs, seja na análise de equipamentos e postos de trabalho em fase de projeto ou na avaliação dos riscos a que os trabalhadores estão submetidos em equipamentos ou postos de trabalho já em uso. Desta forma, a existência de falhas cujo resultado, por ser repetido, será ignorado, traduz-se em tempo despendido desnecessariamente.

Será então, necessário simplificar e organizar a lista de pontos de verificação de forma a minimizar a existência de redundâncias que prejudiquem a eficiência deste método.

Índice de Detecção da Falha

O campo de classificação da probabilidade de deteção da falha é utilizado em diversas variações do FMEA. Também aqui foi inserido de forma a participar no cálculo do NPR através da valorização entre 1 e 10, cujo valor mínimo indica que a falha será facilmente detetada no caso de ocorrer, e o valor máximo indica que será praticamente impossível detetar a falha quando esta ocorrer.

No entanto, no decorrer do preenchimento deste formulário, verificou-se que a questão de possibilidade de detecção de uma falha seria irrelevante dado que depois de identificada a falha esta permanece na lista de falhas detetadas. Assim, durante o preenchimento do FMEUA observou-se um *bottleneck* no fluxo de pensamento lógico.

Surgiram dúvidas como:

- Qual a possibilidade de detecção por parte do controlo de uma falha relativa à necessidade de ajustamento do posto de trabalho ao operador (Ergonomia)?
- Qual a possibilidade de detecção por parte do controlo de uma falha relativa à insuficiência de etapas numa função (Usabilidade)?
- Qual a possibilidade de detecção por parte do controlo de uma falha relativa à proximidade dos acionadores de um equipamento da zona perigosa (Segurança)?

O preenchimento deste campo tornou-se de difícil compreensão e os valores atribuídos suscetíveis a discordâncias. Apesar de em algumas falhas detetadas relativas à segurança dos equipamentos o preenchimento deste campo fazer sentido, nos demais tornou-se uma tarefa ilógica, de tal forma, que além de afetar a satisfação do responsável pela aplicação do FMEUA por criar frustração, este problema acaba também por comprometer a eficiência e a eficácia deste método. Na eficiência por aumentar o tempo necessário para a aplicação e na eficácia por comprometer os resultados finais do Número Prioritário de Risco.

Concluiu-se assim, a importância de rever este campo, adaptando-o às necessidades deste tipo de análise.

Falhas irrelevantes

Durante a identificação e análise das falhas com o FMEUA, certas falhas foram desnecessariamente analisadas por se saber desde a sua identificação que a sua solução não seria implementada.

Por vezes, ao identificar uma falha, o responsável pela aplicação do FMEA percebe que apesar da existência desta falha, não terá interesse à administração da empresa corrigi-la, seja por ser um risco necessário à empresa ou por não ser aplicável.

Em diversas variações do método FMEA, existe o campo denominado de “classificação” no qual é classificada a criticidade dos modos de falhas depois de identificados. Desta forma, alguns modos de falha, são descartados da análise por não representarem um risco real, necessário ou relevante ao caso em que estão inseridos.

Neste sentido, considera-se relevante, criar um novo campo no formulário do FMEUA, que possa permitir esse tipo de classificação, evitando assim análises desnecessárias.

Nome do Equipamento

O primeiro passo depois do preenchimento do cabeçalho relativo ao FMEUA é, à semelhança das diversas variações de FMEA, a indicação do nome do equipamento e da sua função na primeira coluna do formulário.

No entanto a tarefa de indicar o nome do equipamento para cada falha torna-se repetitiva e redundante, isto deve-se ao facto de que o formulário de FMEUA está a ser utilizado individualmente para equipamento ou posto de trabalho, que é indicado inicialmente no cabeçalho do FMEUA. Como tal, no novo formulário FMEUA, a função da primeira coluna do FMEUA deveria ser a de indicar concretamente onde foi identificada a falha para que o processo de seleção de medidas corretivas a tomar para essa falha seja o mais eficaz e simples possível.

Identificação de Falhas

Outra oportunidade de melhoria identificada é relativa à necessidade de uma segunda análise às listas de verificação para identificar as falhas.

O funcionamento das listas de verificação baseia-se em regras chaves relativas à usabilidade, ergonomia e segurança de postos e equipamentos de trabalho. Desta forma, o preenchimento da checklist apenas responde a cada um dos pontos, pelo que se torna

necessário uma segunda análise que identifique quais os pontos/regras não conformes que se traduzem em falhas que serão posteriormente inseridas no formulário do FMEUA.

Com o fim de maximizar a eficiência deste método, as listas de verificação deverão ser adaptadas para que a resposta às mesmas resulte sempre na mesma coluna em caso de não conformidades (i.e., falhas).

Lista de Verificação de Segurança

No que toca às falhas associadas à segurança do equipamento e posto de trabalho, a sua identificação passou pela análise da *checklist* relativa ao Decreto-Lei 50/2005, também conhecido por Diretiva Máquinas, por esta incluir uma lista de verificação regulamentada e utilizada em todo o país.

No entanto, durante a avaliação dos pontos de verificação de segurança aos postos de trabalho não dotados de equipamento (i.e., Po. 1, Po.2 e Po.3) observou-se uma fraca adequação dos pontos de verificação para estes postos de trabalho comuns.

Dada a orientação da checklist de segurança para máquinas e equipamentos de trabalho, esta deverá ser adaptada e organizada por grupos de carácter geral e específicos de máquinas e equipamentos.

5.5. Modificações e Implementações ao FMEUA

Para alcançar os melhores resultados possíveis com o método proposto, foram implementadas medidas corretivas para todos os problemas e limitações identificados durante a sua primeira aplicação, bem como a implementação das propostas de melhoria. Exemplos destas modificações podem ser observadas nas Listas de Verificação presentes nos Anexos 6, 7 e 8 e nos Formulários de FMEUA presentes nos Anexos 9 e 10.

Listas de Verificação

Apesar de terem sido detetadas inúmeras falhas graças às listas de verificação, verificou-se um problema de redundância pois vários pontos de verificação, apesar de diferentes, eram relativos ao mesmo tipo de falha. Desta forma, existiu um número elevado de falhas iguais identificadas, o que se revela pouco eficaz.

Para reduzir ao máximo o número de falhas identificadas repetidamente, sem criar o risco de não detetar uma falha crítica por falta de um ponto de verificação, os pontos de verificação foram reorganizados e divididos por categorias de forma a poder identificar quais as redundâncias presentes.

Por fim, foi identificada uma oportunidade de aumento de eficiência da utilização das listas de verificação em si. Dada a necessidade de analisar a lista de verificação uma segunda vez para poder identificar as falhas detetadas, estrutura das tabelas e a semântica dos pontos de verificação foi alterada para que desta forma, em caso de falha ou não conformidade com o ponto de verificação, a falha será sempre registada na mesma coluna, o que permite uma rápida identificação de quais as falhas detetadas e que servirão de dados de entrada para a ferramenta FMEUA. O resultado pode ser observado através da comparação das Tabelas 34 e 35.

Tabela 34 - Exemplo de estrutura para *checklists* da 1ª aplicação do FMEUA

Pontos de Verificação Ergonómica	Sim	Não	N/A
Movimentos moderados/intensos, sem pausas por mais de 25% do tempo;			
Clicar intensivamente (movimentos/esforços rápidos dos dedos) (Teclados);			
Apertar/Beliscar/segurar com força algo pesado;			
Dobrar/torcer pescoço mais de 20% para os lados e para a frente, e 5% para trás;			
Braços sem apoio a trabalhar acima do peito;			
Rotação dos braços, ombros ou pulsos;			
Apoio/contacto com objetos duros/cortantes com a pele;			

Tabela 35 - Exemplo de estrutura para *checklists* da 2ª aplicação do FMEUA

Pontos de Verificação Ergonómica	Sim	Não	N/A
COLUNA E PESCOÇO			
Dobrar ou torcer pescoço mais de 20° para os lados ou para a frente e mais de 5° para trás			
Má postura rotineiramente (ex. torcer e/ou dobrar o torço e estender o pescoço e os braços).			
PERNAS			
Pernas do trabalhador em posições de esforço assimétrico ou em posição que não de 180° em pé ou de 90° quando sentado e com os pés confortavelmente posicionados no chão.			
Impossibilidade de alternar entre sentado e em pé quando necessário.			

Outro problema detetado foi a limitação do uso de uma Lista de pontos de Verificação do Decreto-Lei 50/2005, também conhecido por Diretiva Máquinas na sua utilização, para a identificação de falhas em postos de trabalho não dotados de equipamento. Existiu assim a necessidade de reformular a lista de verificação para que esta possuísse, além de pontos de verificação específicos para equipamentos de trabalho, um grupo de pontos de verificação gerais para qualquer tipo de posto de trabalho.

Localização da falha

Uma oportunidade de melhoria detetada no formulário do FMEUA em si foi a coluna correspondente à identificação do Nome do Equipamento e da sua função. Dado que cada tabela de FMEUA é respetiva a um equipamento ou posto de trabalho que é inicialmente identificado no cabeçalho do formulário, torna-se redundante estar a indicar repetidamente o nome do equipamento.

Desta forma procedeu-se à alteração desta coluna para “Localização da falha” na qual será indicada concretamente onde foi identificada a falha a analisar. Esta localização pode referir-se a um componente ou módulo constituinte do equipamento ou posto de trabalho, a uma determinada etapa do funcionamento do equipamento ou uma etapa relativa à função desempenhada pelo trabalhador.

Classificação

Dado que certas falhas identificadas serem consideradas não aplicáveis ou irrelevantes, observou-se a necessidade de incluir um campo descartado inicialmente.

Este campo, designado de Classificação, já utilizado por algumas variações do FMEA consiste na classificação inicial do modo de falha, avaliando de forma preliminar a sua criticidade antes de calcular o Número Prioritário de Risco. Stamatis (2003) propunha a utilização de uma tabela que indicava 5 níveis de classificação do modo de falha (Tabela 36), nomeadamente: característica crítica, significativa, de alto impacto, se põe a segurança do operador em risco, ou se não possui nenhuma característica especial.

Tabela 36 - Classificação do modo de falha (Stamatis, 2003)

Classificação	Para Indicar	Critério	Controle
Ñ	Uma Característica Crítica	Gravidade = 9 - 10	Necessário
SC	Uma Característica Significativa	Gravidade = 5 - 8 Ocorrência = 4 - 10	Necessário
HI	Impacto Elevado	Gravidade = 5 - 8 e Ocorrência = 4 - 10	Ênfase
OS	Segurança do Operador	Gravidade = 9 - 10	Aprovação de Segurança
Em Branco	Nenhuma Característica Especial	Outros	Não Aplicável

No entanto, com base no objetivo desta dissertação em simplificar a análise de riscos, é considerada desnecessária a complexidade da tabela de classificações sugerida por Stamatis (2003). Por este motivo, é sugerida a Tabela 37 para preenchimento do campo relativo à classificação da criticidade/relevância do modo de falha:

Tabela 37 - Proposta de tabela de classificação do modo de falha (adaptado de Stamatis, 2003)

Classificação	Para Indicar	Controle
1	Característica Crítica	Necessário
0	Característica Irrelevante	Não necessário

Esta tabela, apresenta apenas dois níveis. A maioria das falhas identificadas serão consideradas crítica (1), ou seja, necessitam de análise e implementação de medidas de correção. No entanto, em caso de identificação de uma falha considerada irrelevante ou não aplicável pelo responsável pelo FMEUA será classificada como 0 (Irrelevante), permanecendo na lista de falhas identificadas, mas não sendo alvo de análise e de proposta de ações de correção.

Critérios relativos ao grau de Gravidade

Uma das razões dos resultados do NPR serem tão preocupantes foi a utilização de uma escala de critérios que compreendia riscos de Usabilidade, Ergonomia e Segurança (Tabela 18) com escalas com os valores idênticos.

O que aconteceu com a classificação de índices de gravidade das falhas com esta escala foi que, apesar de separados, ambos os tipos de falha possuíam a mesma escala entre 1 e 10. Com isto, falhas relativas a deficiências ao nível da usabilidade, que podem gerar frustração no utilizador acabaram por ser classificadas com um índice de gravidade de 9, enquanto que falhas de segurança com o risco de lesões como escoriações e hematomas foram classificadas com um índice de gravidade de apenas 6.

Como tal, deverá existir uma distinção da importância que cada tipo de risco apresenta para o trabalhador. Por esse motivo, assumiu-se como adequadas as alterações apresentadas na Tabela 38, relativa ao índice de gravidade no FMEUA.

Tabela 38 - Proposta de otimização da escala de gravidade dos efeitos da falha (Adaptada de Stamatis, 2003; Holt, 2001; Chauncey Wilson, 2013; Ginn *et al*, 1998)

Gravidade				
Valor	Usabilidade	Ergonomia	Segurança	
10			Morte.	
9			Lesão muito grave e/ou incapacidade permanente.	
8			Lesões múltiplas e graves. Pode provocar invalidez.	Lesão grave com perda de tempo de trabalho.
7			Pode gerar reclamações e afastamento do trabalho. Lesões únicas com alguma gravidade. Pode gerar reclamações e lesões. Não existe afastamentos mas as lesões necessitam de intervenção.	Lesão moderada com perda de tempo de trabalho.
6	Pode gerar problemas ou erros catastróficos para o utilizador, os quais o utilizador não consegue corrigir. Resulta na impossibilidade de conclusão da sua tarefa com sucesso e pode até afetar a eficiência e eficácia de outros trabalhadores.	Pouco grave, pode gerar reclamações por desconforto ou lesões mínimas.	Primeiros socorros.	
5	Pode resultar em problemas ou erros graves, muito difíceis para o utilizador de corrigir. Afetam a eficiência e a eficácia do procedimento, o que resulta em grande frustração e insatisfação por parte do utilizador.	Lesões múltiplas e graves, pode provocar invalidez. Pode gerar reclamações e afastamento do trabalho. Lesões únicas com alguma gravidade.	Sem efeitos significativos.	
4	Pode resultar em erros ou problemas moderados que geram frustração e fadiga. Pode comprometer moderadamente a eficiência.	Pode gerar reclamações e lesões. Não existe afastamentos mas as lesões necessitam de intervenção.		
3	Pode gerar pequenos erros, frustração do utilizador sem efeitos significativos na produtividade ou no sucesso da tarefa.	Sem efeitos significativos.		
2	Pode resultar em erros mínimos, raros, que não causam problemas ou perda de tempo.			
1	Sem efeitos significativos.			

Desta forma, por mais grave que uma falha ao nível da usabilidade seja esta nunca poderá ser classificada com um valor maior que 6, da mesma forma que por mínima que uma falha de segurança seja, caso existe risco de um acidente com necessidade de primeiros socorros, nunca poderá ser classificada com um valor inferior a 6.

Assim, os interesses e o bem-estar do utilizador/trabalhador ficam salvaguardados, sendo a análise mais justa e coerente.

Relevância das falhas para a empresa

Dada a falta de funcionalidade do campo de avaliação relativo ao índice de possibilidade de deteção da falha (D), foi necessária a sua substituição por uma escala de critérios coerentes com o funcionamento do método de análise do modo e efeitos da falha no utilizador (FMEUA) e que não pusesse em causa o cálculo do NPR.

São conhecidas diversas variações da escala de deteção para o método FMEA, sendo que a maioria, tal como a escala qualitativa do grau de deteção (Tabela 39) sugerida por Ookalkar *et al.*, (2009) foca-se principalmente na possibilidade que o controlo tem/poderá ter, de detetar a falha no caso de esta ocorrer.

Tabela 39 - Escala qualitativa do grau de deteção da falha pelo controlo (Ookalkar *et al.*, 2009)

Valor	Deteção	Critérios
10	Absolutamente incerto	Quase decerto que não será detetado pelo controlo
9	Muito remota	O controlo possivelmente irá detetar
8	Remota	O controlo tem uma possibilidade muito pequena de detetar
7	Muito baixa	O controlo tem uma possibilidade pequena de detetar
6	Baixa	O controlo deve detetar
5	Moderada	O controlo deve detetar
4	Moderada alta	O controlo tem uma boa possibilidade de detetar
3	Alta	O controlo tem uma possibilidade muito grande de detetar
2	Muito alta	O controlo quase certamente irá detetar
1	Quase certeza	O controlo irá detetar

Existem ainda outros índices de classificação, normalmente utilizados no FMEA de produto, que se baseiam na possibilidade dos efeitos nocivos da falha chegarem ao cliente como é exemplo a tabela abaixo apresentada. O FMEA de produto, por se centrar em processos produtivos considera no índice de deteção (Tabela 40) uma escala que refere não a possibilidade de deteção da falha pelo controlo, mas sim a possibilidade da falha chegar ao cliente, por exemplo por forma de um produto danificado.

Tabela 40 - Escala qualitativa de dez níveis de deteção (adaptada de Ben-Daya *et al.*, 1996)

Classificação	Possibilidade de deteção da falha pelo cliente (%)
1	0 – 5 % de possibilidade de deteção da falha pelo cliente.
2	6 – 15 % de possibilidade de deteção da falha pelo cliente.
3	16 – 25% de possibilidade de deteção da falha pelo cliente.
4	25 – 35% de possibilidade de deteção da falha pelo cliente.
5	36 – 45% de possibilidade de deteção da falha pelo cliente.
6	46 – 55% de possibilidade de deteção da falha pelo cliente.
7	56 – 65% de possibilidade de deteção da falha pelo cliente.
8	66 – 75% de possibilidade de deteção da falha pelo cliente.
9	76 – 85% de possibilidade de deteção da falha pelo cliente.
10	86 – 100% de possibilidade de deteção da falha pelo cliente.

Se por um lado o FMEA tradicional considera possíveis acidentes de trabalho ou incidentes que perturbem o bom funcionamento dos processos produtivos o método FMEUA a que esta dissertação se propõe considera falhas que na maioria das vezes já estão presentes e a gerar efeitos para os trabalhadores como é caso de condições ergonómicas deficientes, sendo desta forma desnecessária a avaliação de possibilidade de deteção.

As falhas são fatores comuns existentes em qualquer processo e em qualquer empresa e é por essa razão que existem equipas de manutenção ou de gestão e análise de riscos a trabalhar constantemente em todas as empresas. Se considerarmos que uma falha é inevitável, independentemente da sua probabilidade de ocorrência, então o interesse de uma organização em medir a possibilidade de uma falha ou os seus efeitos chegarem ao cliente é o de calcular qual o risco que essa falha possa representar para a empresa.

Assumindo ainda que no formulário de FMEA tradicional o resultado do número prioritário de risco simboliza o impacto geral que uma falha possa ter na empresa, sendo que quanto maior o NPR maior seriam o impacto, com maiores ou piores efeitos negativos para a empresa, então, no método FMEUA proposto, os efeitos da falha, que são apenas avaliados

segundo o risco que representem para o trabalhador, não são considerados segundo o seu impacto no negócio da empresa.

Desta forma, para não comprometer o cálculo tradicional do NPR com a eliminação do índice de detecção que no método FMEUA é considerado desnecessário, será proposto um índice de classificação da relevância (Tabela 41) que uma falha ao nível da ergonomia, usabilidade ou segurança possa apresentar para uma empresa, mantendo assim o interesse da organização como variável na análise das falhas identificadas.

Tabela 41 - Proposta de tabela classificativa do índice de relevância da falha para a empresa

Índice	Relevância / Impacto
9 - 10	Riscos muitos graves para a empresa. Pode levar a uma paragem da produção, danificação e/ou destruição de inventário, equipamentos ou ferramentas. Erros e falhas de qualidade resultantes afetarão a carteira de clientes. Pode levar ao incumprimento das diretrizes legais.
6 - 8	Riscos graves para a empresa. Compromete gravemente a produtividade, resultará em erros e falhas de qualidade que podem chegar ao cliente
4 - 5	Riscos moderados para a empresa. Compromete de forma moderada a produtividade, resultará em erros e falhas de qualidade que podem chegar ao cliente
2 - 3	Riscos leves para a empresa. Compromete levemente a produtividade e/ou pode resultar em alguns erros ou falhas de qualidade no produto que dificilmente chegam ao cliente
1	Sem riscos relevantes para a empresa, ou riscos necessários.

A substituição do campo de detecção por um campo denominado de “relevância” permitirá conciliar a análise aos riscos que uma falha representa para o trabalhador com a relevância dessa falha para a missão da empresa, ou seja, a falha pode representar algum tipo de risco para o trabalhador e no entanto ser considerada necessária para o negócio. O contrário também é possível, em casos em que a falha representa riscos mínimos relevantes para o trabalhador mas no interesse da empresa pode gerar riscos elevados de afetar a produtividade ou qualidade do processo produtivo.

Esta escala, composta por cinco níveis, divididos por 10 valores de classificação avaliará qual o nível de relevância que os riscos da falha representam para a empresa, sendo que o valor mínimo será de 1, relativo a uma falha que não apresente riscos para a empresa, como é caso de falhas que não afetarão a produtividade ou qualidade dos produtos, não põem

em pratica qualquer ilegalidade ou falhas que apesar de serem conhecidas são consideradas como necessárias como por exemplo no equipamento de corte de perfis (i.e., Eq.2) em que o trabalhador necessita de aplicar forças horizontais para manusear o perfil suspenso pela ponte rolante.

Já no caso de uma falha ser classificada com o valor de 10 no índice de relevância, significa que a falha pode levar a uma paragem da produção, danificar equipamentos, materiais ou mesmo as instalações, afetar a qualidade do produto de tal forma que os erros cheguem ao cliente ou em casos de segurança levar ao incumprimento das diretrizes legais exigidas. Exemplo disto é uma falha de usabilidade que represente riscos de frustração para o utilizador, considerados de mínima gravidade, no entanto essa mesma falha de usabilidade pode representar erros nos produtos com impossibilidade de detetar ou levar à incorreta utilização de um equipamento que pode resultar em material e ferramentas destruídas ou em trabalhadores feridos.

Cálculo do NPR

Assim, o Número Prioritário de Risco (NPR) que resultava anteriormente do produto dos três índices de Gravidade (G), Ocorrência (O) e Detecção (D) passará a ser calculado através do produto dos índices de Gravidade (G), Ocorrência (O) e Relevância (R):

$$\text{NPR} = (G) \times (O) \times (D)$$



$$\text{NPR} = (G) \times (O) \times (R)$$

Face às alterações propostas, e reconhecendo que o tecido industrial é composto por inúmeras empresas com distintos tipos de negócio e riscos associados, considera-se que o método FMEUA agora proposto, torna-se uma ferramenta mais flexível, e cujos resultados da sua aplicação salvaguardam não só o bem-estar dos trabalhadores como também os interesses da administração das empresas relativos às falhas encontradas.

5.6. Aplicação do FMEUA após melhorias

Dadas as modificações efetuadas na estrutura de funcionamento do FMEUA como forma de corrigir as limitações encontradas durante a primeira aplicação (ver exemplos em Anexos 9 e 10), verificou-se a necessidade de fazer uma segunda aplicação do FMEUA com o intuito de avaliar novamente o método.

Para facilitar a análise da evolução desta ferramenta, a sua nova aplicação foi feita com os mesmos trabalhadores e respetivos equipamentos e postos de trabalho, por forma a minimizar o número de variáveis que poderiam afetar os resultados. Quanto aos objetivos para a segunda aplicação do FMEUA, foram essencialmente os mesmos anteriormente descritos.

Eq. 1 – Equipamento de corte de chapas

À semelhança da primeira aplicação, o primeiro caso de estudo desta 2ª aplicação do FMEUA foi o equipamento de corte de chapas que nesta nova aplicação com o formulário otimizado apresentou resultados mais credíveis e correspondentes com a realidade. Assim, com as alterações feitas nas listas de pontos de verificação foram identificadas no “Eq. 1” 12 falhas (Tabela 42), sendo um terço destas considerados de risco elevado por apresentarem um NPR superior a 100. Apesar disso, a grande maioria das falhas detetadas foram consideradas com um grau de risco moderado devendo ainda assim serem tomadas medidas logo que possível para corrigir a falha.

Tabela 42 - Número de falhas por grau de risco - Eq. 1 (2ª Aplicação)

Definição do Grau de Risco	Definição do Grau de Risco	Número de Falhas Identificadas	Grau de urgência das medidas
NPR < 50	Menor	1	Devem ser tomadas medidas de melhoria sem carácter de urgência
50 ≤ NPR < 100	Moderado	7	Devem ser tomadas medidas logo que possível para se diminuir a probabilidade de ocorrer maior degradação
100 ≤ NPR < 200	Elevado	4	Devem ser tomadas medidas urgentes para se eliminarem as causas
NPR ≥ 200	Critico	0	Requer ação imediata para se eliminarem as causas
	Total	12	

No que toca à tipologia das falhas detetadas no equipamento de corte de chapas, 9 das falhas identificadas são relativas a problemas ergonómicos sendo as restantes 3 falhas identificadas relativas a características de segurança do equipamento (Figura 19).

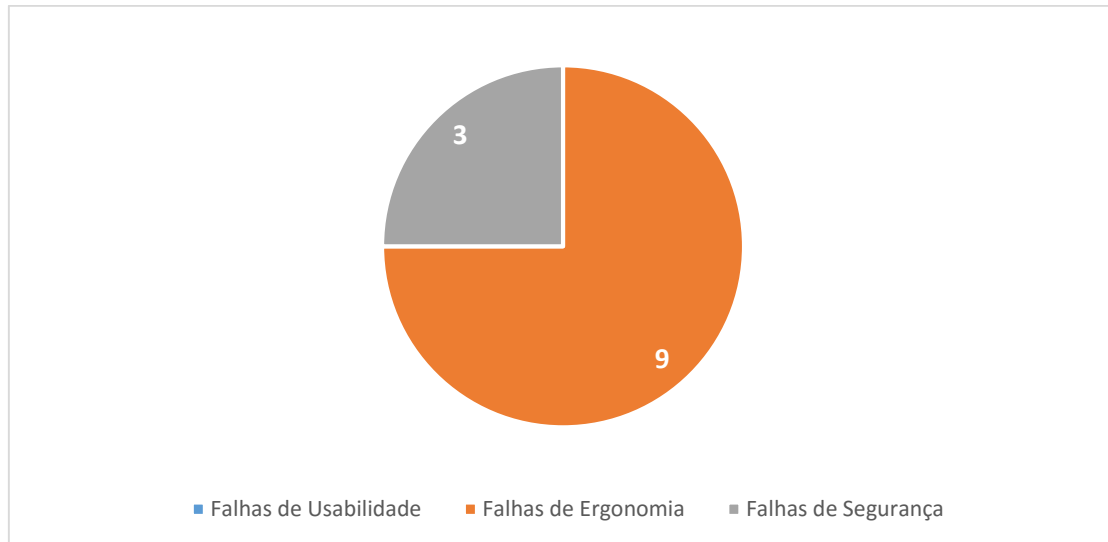


Figura 19 - Distribuição de tipos de falhas - Eq. 1 (2ª Aplicação)

Eq. 2 – Equipamento de corte de perfis

Na segunda aplicação do FMEUA foram identificadas 16 falhas (Tabela 43) no equipamento de corte de perfis das quais 6 falhas apresentam um NPR acima de 100 e uma falha apresenta um NPR superior a 200 fazendo dela uma falha com um grau crítico de gravidade.

Tabela 43 - Número de falhas por grau de risco - Eq. 2 (2ª Aplicação)

Definição do Grau de Risco	Definição do Grau de Risco	Número de Falhas Identificadas	Grau de urgência das medidas
NPR < 50	Menor	2	Devem ser tomadas medidas de melhoria sem carácter de urgência
$50 \leq \text{NPR} < 100$	Moderado	7	Devem ser tomadas medidas logo que possível para se diminuir a probabilidade de ocorrer maior degradação
$100 \leq \text{NPR} < 200$	Elevado	6	Devem ser tomadas medidas urgentes para se eliminarem as causas
$\text{NPR} \geq 200$	Crítico	1	Requer ação imediata para se eliminarem as causas
	Total	16	

Tal como demonstra a Figura 20, foram identificadas 7 falhas de segurança e outras 7 relativas a problemas ergonómicos, tendo sido apenas identificadas 2 falhas no que toca a deficiências ao nível da usabilidade.

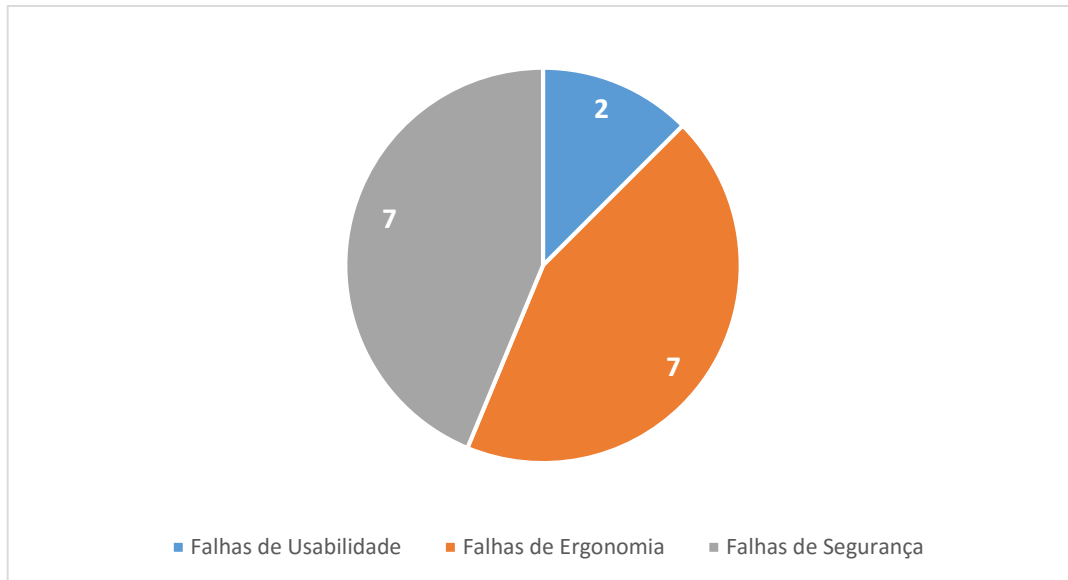


Figura 20 - Distribuição de tipos de falhas - Eq. 2 (2ª Aplicação)

Eq. 3 – Equipamento de termoformação

O equipamento de termoformação de proteções em espuma, à semelhança da primeira aplicação foi o caso de estudo com mais falhas identificadas. Foram identificadas neste equipamento um total de 23 falhas (Tabela 44), sendo que mais de metade foram classificadas de risco elevado ou crítico.

Tabela 44 - Número de falhas por grau de risco - Eq. 3 (2ª Aplicação)

Definição do Grau de Risco	Definição do Grau de Risco	Número de Falhas Identificadas	Grau de urgência das medidas
$NPR < 50$	Menor	1	Devem ser tomadas medidas de melhoria sem carácter de urgência
$50 \leq NPR < 100$	Moderado	10	Devem ser tomadas medidas logo que possível para se diminuir a probabilidade de ocorrer maior degradação
$100 \leq NPR < 200$	Elevado	11	Devem ser tomadas medidas urgentes para se eliminarem as causas
$NPR \geq 200$	Critico	1	Requer ação imediata para se eliminarem as causas
	Total	23	

Neste equipamento, 15 das falhas identificadas nesta segunda aplicação do FMEUA devem-se a riscos ergonómicos, 4 a problemas de segurança e as restantes 4 a deficiências ao nível da usabilidade (Figura 21).

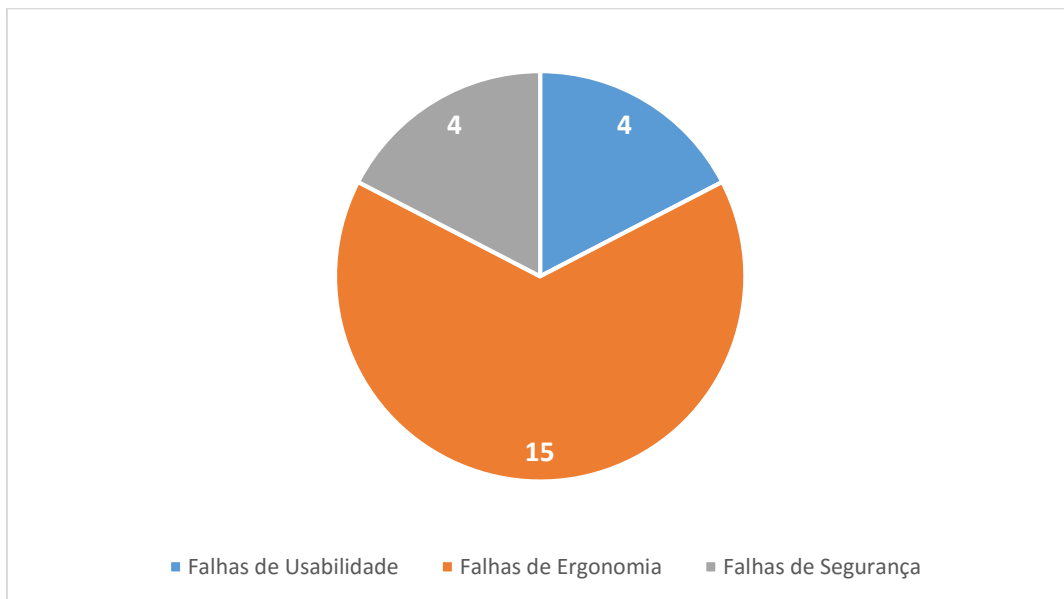


Figura 21 - Distribuição de tipos de falhas - Eq. 3 (2ª Aplicação)

Po. 1 – Posto de embalagem de balanças

No posto de trabalho relativo ao embalagem de balanças foram identificadas, nesta segunda aplicação do FMEUA, um total de 13 falhas sendo que nenhuma destas se mostrou crítica. No entanto 5 das falhas identificadas ainda apresentaram um NPR superior a 100 (Tabela 45), revelando a necessidade de serem tomadas medidas com alguma urgência para correção ou eliminação das falhas.

Tabela 45 - Número de falhas por grau de risco - Po. 1 (2ª Aplicação)

Definição do Grau de Risco	Definição do Grau de Risco	Número de Falhas Identificadas	Grau de urgência das medidas
NPR < 50	Menor	5	Devem ser tomadas medidas de melhoria sem carácter de urgência
$50 \leq \text{NPR} < 100$	Moderado	3	Devem ser tomadas medidas logo que possível para se diminuir a probabilidade de ocorrer maior degradação
$100 \leq \text{NPR} < 200$	Elevado	5	Devem ser tomadas medidas urgentes para se eliminarem as causas
$\text{NPR} \geq 200$	Crítico	0	Requer ação imediata para se eliminarem as causas
	Total	13	

No que toca à distribuição do tipo de falhas identificadas, das 13 falhas identificadas apenas 2 estavam relacionadas com problemas de usabilidade (Figura 22), sendo que a grande maioria era relativa a deficiências nas condições ergonómicas a que estavam sujeitos os trabalhadores.

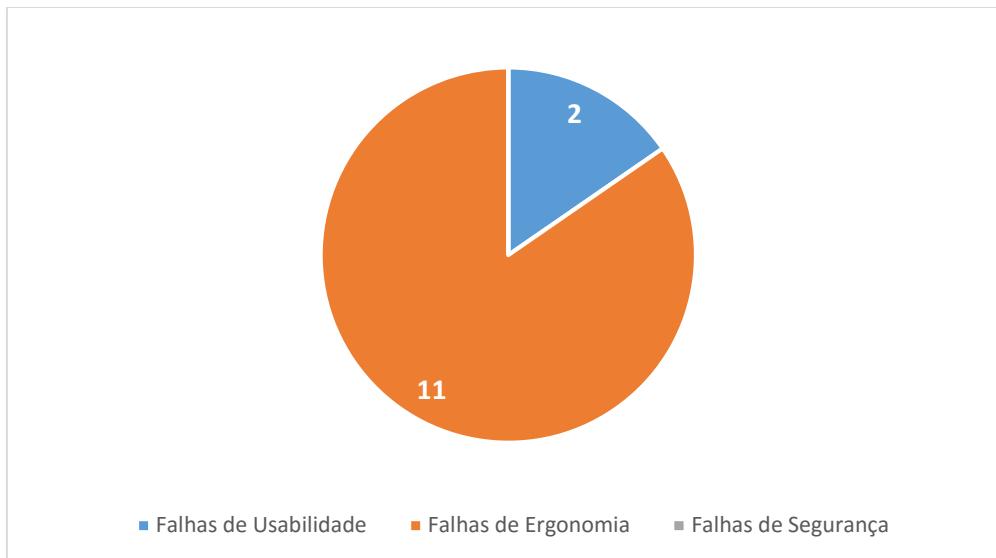


Figura 22 - Distribuição de tipos de falhas - Po.1 (2ª Aplicação)

Po. 2 – Posto de montagem de balanças

No posto de montagem das balanças comerciais foram identificadas, nesta segunda aplicação do FMEUA, um total de 11 falhas das quais 5 apresentam um grau de risco elevado para o trabalhador, ou seja, obtiveram um NPR superior a 10 (Tabela 46). Das restantes falhas identificadas, 4 foram classificadas de risco menor (NPR inferior a 50) e 2 falhas foram definidas de risco moderado por apresentarem um NPR entre o 50 e o 100.

Tabela 46 - Número de falhas por grau de risco - Po. 2 (2ª Aplicação)

Definição do Grau de Risco	Definição do Grau de Risco	Número de Falhas Identificadas	Grau de urgência das medidas
NPR < 50	Menor	4	Devem ser tomadas medidas de melhoria sem carácter de urgência
50 ≤ NPR < 100	Moderado	2	Devem ser tomadas medidas logo que possível para se diminuir a probabilidade de ocorrer maior degradação
100 ≤ NPR < 200	Elevado	5	Devem ser tomadas medidas urgentes para se eliminarem as causas
NPR ≥ 200	Critico	0	Requer ação imediata para se eliminarem as causas
	Total	11	

À semelhança dos restantes casos de estudo em que foi aplicado o FMEUA, o “Po.2” apresentou 9 falhas que representavam riscos ergonómicos para o trabalhador e duas falhas de usabilidade, sendo que nenhuma falha ao nível da segurança foi identificada (Figura 23).

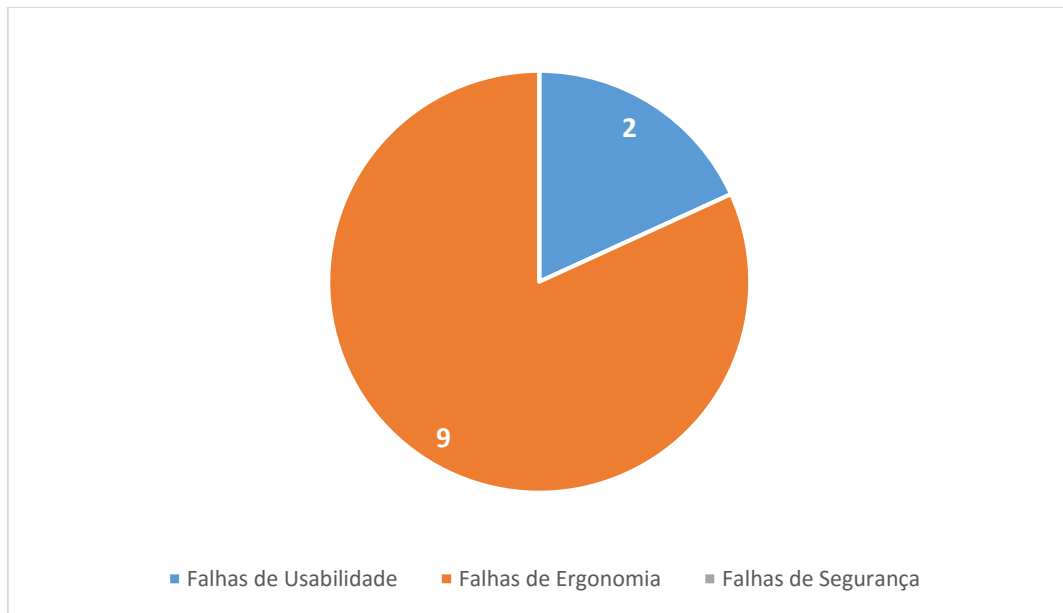


Figura 23 - Distribuição de tipos de falhas - Po.2 (2ª Aplicação)

Po. 3 – Posto de soldadura de módulo para balança

No último caso em que foi aplicado o FMEUA, relativo ao posto de trabalho de soldadura do módulo base para as balanças, foram identificadas 17 falhas (Tabela 47), das quais 11 apresentavam um grau de risco moderado ou elevado para o trabalhador.

Tabela 47 - Número de falhas por grau de risco - Po. 3 (2ª Aplicação)

Definição do Grau de Risco	Definição do Grau de Risco	Número de Falhas Identificadas	Grau de urgência das medidas
$NPR < 50$	Menor	6	Devem ser tomadas medidas de melhoria sem carácter de urgência
$50 \leq NPR < 100$	Moderado	6	Devem ser tomadas medidas logo que possível para se diminuir a probabilidade de ocorrer maior degradação
$100 \leq NPR < 200$	Elevado	5	Devem ser tomadas medidas urgentes para se eliminarem as causas
$NPR \geq 200$	Critico	0	Requer ação imediata para se eliminarem as causas
	Total	17	

Das 17 falhas identificadas, a esmagadora maioria está relacionada com riscos ergonómicos (Figura 24) que podem resultar em variadas lesões músculo-esqueléticas para o trabalhador e apenas 3 das falhas identificadas incidiam em deficiências de usabilidade no posto de trabalho.

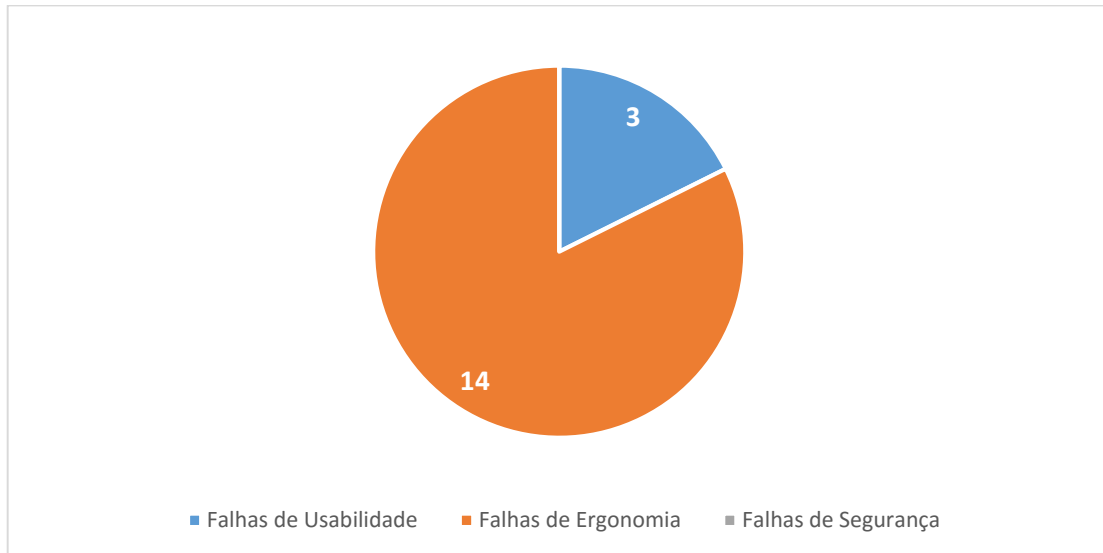


Figura 24 - Distribuição de tipos de falhas - Po.3 (2ª Aplicação)

5.7. Conclusões da Aplicação do FMEUA após melhorias

Na segunda aplicação do método FMEUA, depois de implementadas medidas corretivas às limitações encontradas no decorrer da primeira aplicação, foram identificadas um total de 92 falhas (Tabela 48).

Tabela 48 - Resultado obtidos da segunda aplicação do FMEUA

	Tempo	Falhas de Usabilidade	Falhas Ergonómicas	Falhas de Segurança	Total de Falhas
Eq. 1	1:31	--	9	3	12
Eq. 2	1:48	2	7	7	16
Eq. 3	2:24	4	15	4	23
Po. 1	1:36	2	11	--	13
Po. 2	1:28	2	9	--	11
Po. 3	1:52	3	14	--	17
Total	10:39	13	65	14	92

O tempo despendido na segunda aplicação do FMEUA foi de aproximadamente 10 horas e 40 minutos, o que se traduz em menos de 1,5 dias de trabalho (turnos laborais de 8 horas) para a identificação e análise de falhas de 6 postos de trabalho.

Do total de falhas identificadas, 71% está relacionada com riscos ergonómicos (Figura 25) para o trabalhador, sendo que apenas 14 falhas identificadas no conjunto de casos analisados corresponde a problemas de segurança.

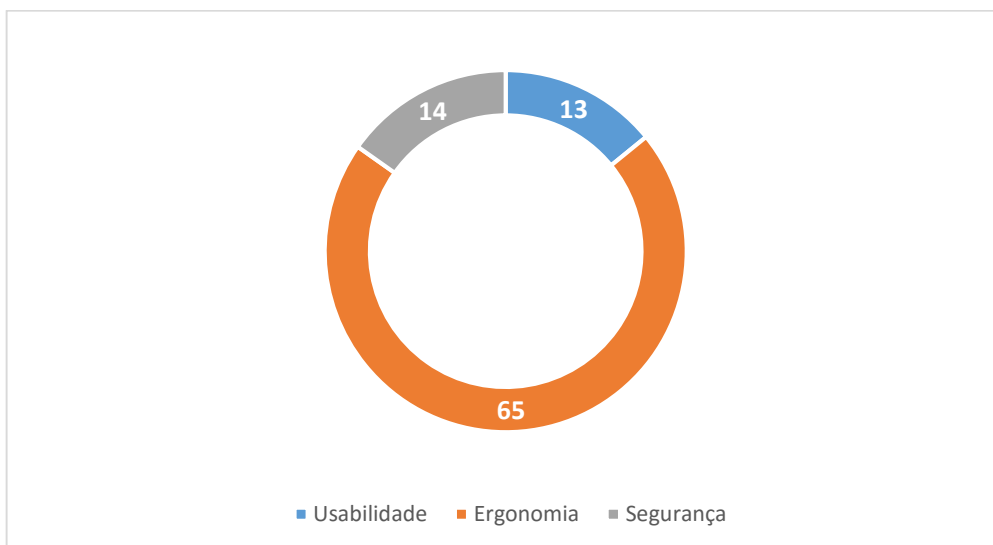


Figura 25 - Tipos de falhas identificadas na 2ª Aplicação

Capítulo VI - Conclusão e Discussão

6. Capítulo VI – Conclusão e Discussão

6.1. Discussão dos resultados

A introdução de medidas de correção das limitações identificadas no decorrer da primeira aplicação do FMEUA resultou numa evolução positiva na eficiência e eficácia deste método.

Uma das primeiras diferenças observadas foi a diminuição de falhas identificadas. Se na primeira aplicação do FMEUA foram detetadas um total de 122 falhas, na segunda aplicação, apenas foram identificadas 92 falhas (Figura 26).

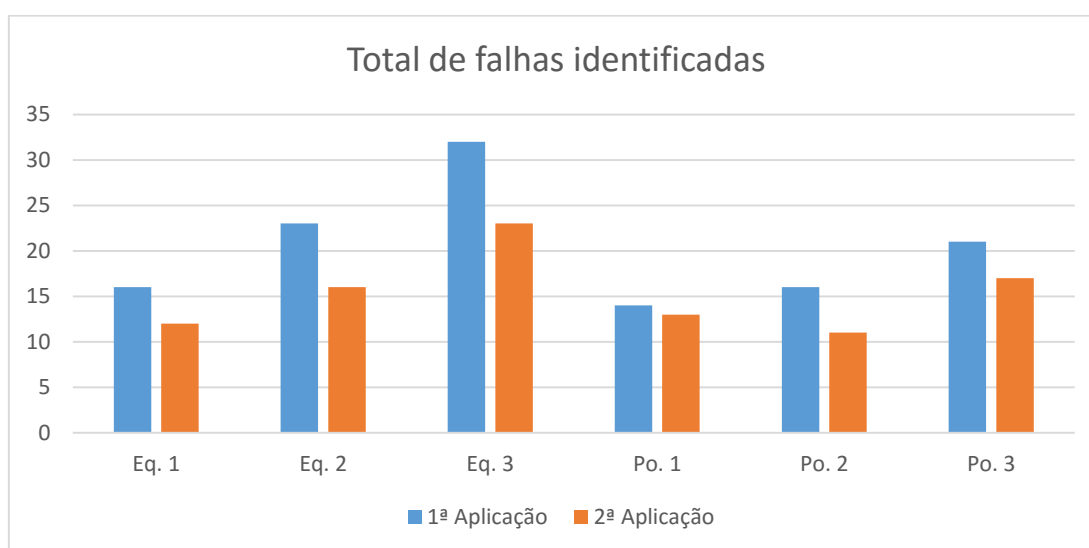


Figura 26 - Total de falhas identificadas

Numa primeira observação, poder-se-ia concluir que o grau de sucesso na identificação de falhas através do método FMEUA proposto nesta dissertação teria baixado. No entanto, depois de uma análise qualitativa às falhas identificadas foi possível verificar que esta quebra no total de falhas detetadas apenas englobou falhas consideradas repetidas.

Assim, a implementação das várias alterações na estrutura e na semântica das listas de verificação permitiu eliminar a existência de redundâncias na identificação de falhas sem baixar o número de falhas únicas identificadas durante a primeira aplicação.

Se na primeira aplicação foram identificadas e analisadas 30 falhas repetidamente, na segunda aplicação apenas 6 falhas do total foram consideradas redundantes (Figura 27).

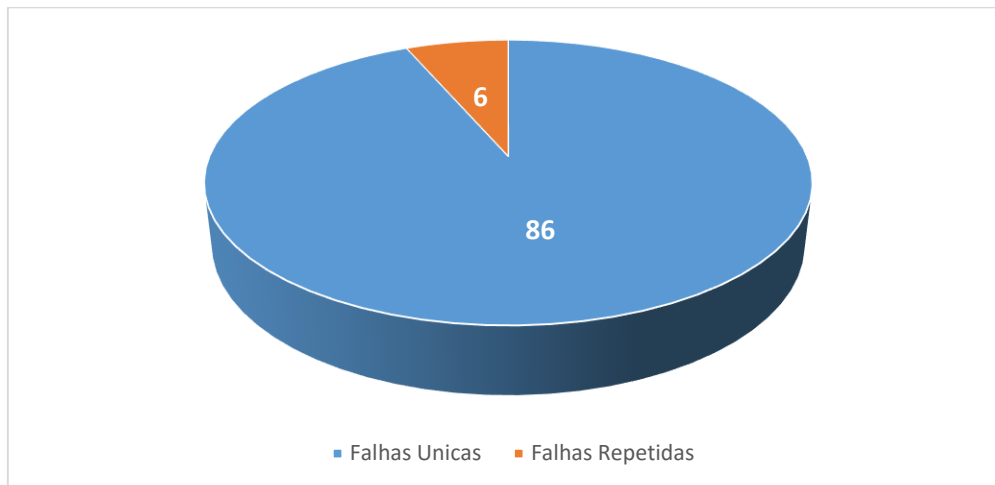


Figura 27 - Falhas identificadas e repetidas (2ª Aplicação)

Esta quebra de 80% nas falhas repetidas foi a principal causa da diminuição do tempo (Figura 28) necessário à identificação e análise de falhas durante a segunda aplicação do FMEUA. A diminuição do número total de falhas a analisar, aliada à introdução do campo de classificação da criticidade das falhas que permitiu retirar da análise falhas consideradas não aplicáveis e a alteração do campo de deteção para classificação da relevância da falha para o negócio resultaram num decréscimo do tempo de aplicação do FMEUA em quase 30%.

Este é um ganho significativo para um método que pretende simplificar o processo de identificação de oportunidades de intervenção nos postos de trabalho com vista a atingir um aumento do bem-estar dos trabalhadores que terá um impacto positivo na produtividade e qualidade dos produtos e serviços das empresas.

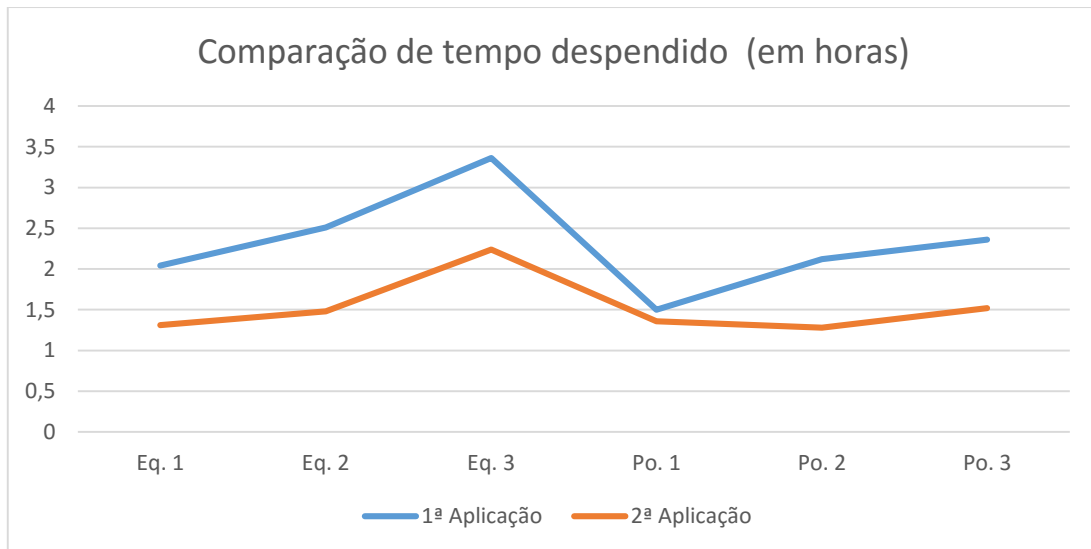


Figura 28 - Comparação do tempo despendido (em horas) em cada aplicação

Outra das observações que pode ser feita através de uma análise comparativa entre os resultados da primeira aplicação do FMEUA (Figura 29) e da sua última aplicação (Figura 30) é a adequação dos resultados à realidade.

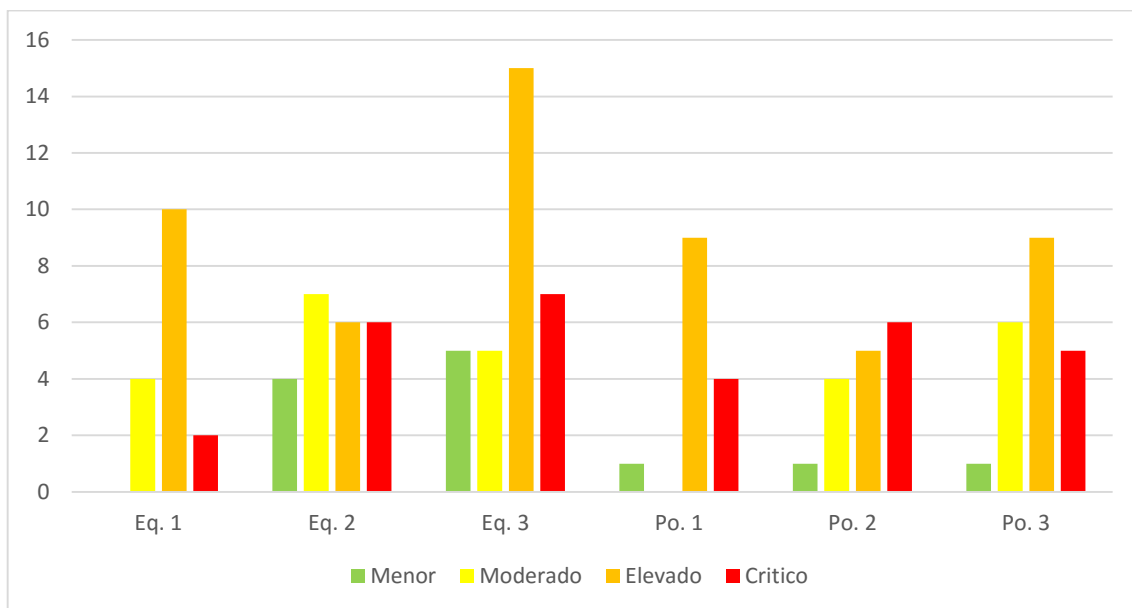


Figura 29 - Número de falhas por grau de risco identificadas na 1ª aplicação

Na primeira aplicação os resultados dos Números Prioritários de Risco relativos às falhas identificadas seriam considerados preocupantes, por revelarem que 64% do total de

falhas detetadas seriam consideradas de risco elevado e crítico. No entanto foi verificado que estes resultados não correspondiam à realidade.

Foi então necessária uma intervenção na análise destes resultados. Se por um lado poderia ter sido alterada a escala de valoração do grau de risco (adaptada de Rodrigues, 2008; Stamatis 2003) proposta anteriormente nesta dissertação, por outro iria desvalorizar o método proposto.

Assim, as medidas corretivas das limitações encontradas passaram primeiramente por adaptar a tabela de classificação da gravidade dos efeitos das falhas sobre o trabalhador tornando-a mais justa e flexível; e de seguida introduzir um novo índice de classificação, que substituiu o anterior índice de deteção. Com este novo índice, denominado de “índice de relevância”, é possível equilibrar os resultados, combinando ambos os interesses, o dos trabalhadores e o da empresa. Desta forma, o resultado do NPR será o produto da gravidade dos possíveis efeitos da falha no trabalhador, com o índice de probabilidade ocorrência ou frequência de ocorrência da falha e a relevância / impacto da falha na empresa.

Foi possível testar as alterações implementadas com a segunda aplicação do FMEUA, e os resultados mostraram uma maior evolução na credibilidade do NPR, como se pode ver na Figura 30:

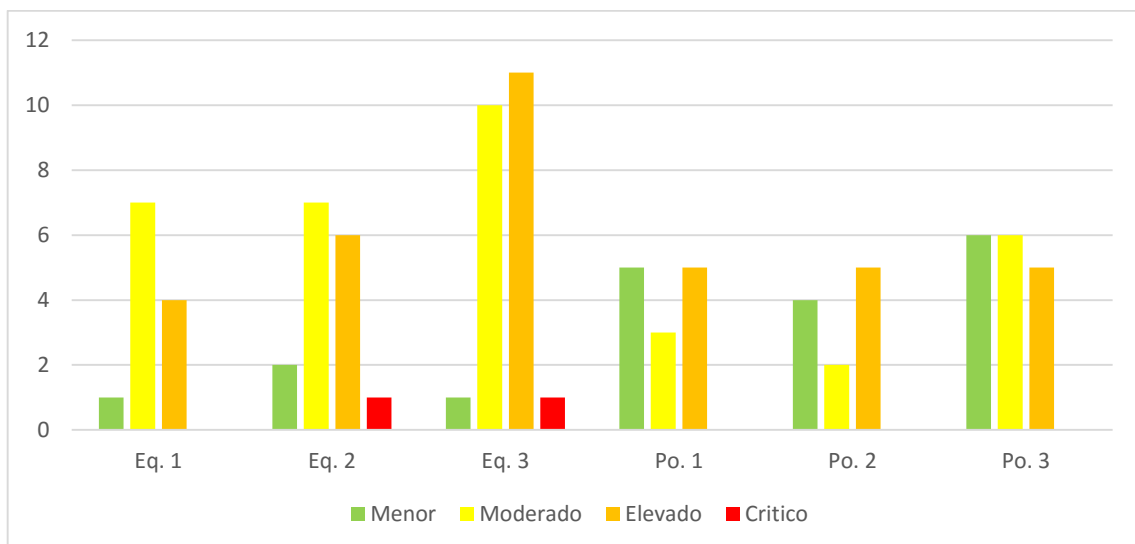


Figura 30 - Número de falhas por grau de risco identificadas na 2ª aplicação

Apesar de as falhas identificadas durante a segunda aplicação do FMEUA serem de uma forma geral as mesmas da primeira aplicação, houve uma quebra de 28 pontos percentuais relativamente aos 69% de falhas consideradas de risco elevado e crítico (acima de 100 valores de NPR). Além do mais, das 92 falhas totais identificadas nesta última aplicação do FMEUA apenas 2 são consideradas críticas.

Pode-se afirmar então que os resultados apresentados na tabela acima correspondem a uma imagem muito aproximada da realidade das condições de trabalho de cada um dos seis postos de trabalho.

6.2. Conclusões

Foi, nesta dissertação, feito um estudo à flexibilidade do funcionamento do método FMEA através da sua aplicação à análise dos riscos associados a equipamento e postos de trabalho.

Foi desenvolvido um conjunto de implementações auxiliares denominadas por esta dissertação de “FMEUA” que pretenderam não só ultrapassar algumas das limitações do método FMEA tradicional como também ajustar a ferramenta para análise de falhas relativas a riscos ergonómicos e deficiências de usabilidade. Este método adaptado foi aplicado a casos reais compostos por seis postos de trabalho distintos, sendo que três deles possuíam equipamentos pesados. Esta aplicação permitiu não só avaliar o funcionamento do métodos em si mas também analisar a qualidade dos seus resultados que, devido à incompatibilidade de alguns dos critérios de classificação originais do FMEA, acabaram por obter números prioritários de risco preocupantemente elevados que não se revelaram corresponder à realidade.

Foram então identificadas diversas necessidades e oportunidades de melhoria da ferramenta FMEUA que foram corrigidas como forma de obter não só o melhor funcionamento da ferramenta proposta pela dissertação mas também garantir que os resultados da ferramenta possam ser credíveis e utilizados por profissionais e equipas de manutenção de pequenas e médias empresas.

Como forma de validação das correções introduzidas na ferramenta foi realizada uma segunda aplicação do FMEUA nos mesmos casos de estudo e sob as mesmas condições como forma de utilizar os dados resultantes numa análise comparativa com objetivo de observar qual a evolução e ganhos entre as diferentes aplicações.

O método FMEUA revelou-se oportuno como uma resposta a uma necessidade de mercado. As áreas de ergonomia e fatores humanos são ainda pouco explorados e conhecidos principalmente dentro de PMEs. Considerando que o tecido industrial é composto maioritariamente por este tipo de empresas, existe uma grande oportunidade de melhoria das condições de trabalho como forma de maximizar não só o bem-estar dos trabalhadores mas também aumentar a produtividade das empresas.

A utilização de listas de verificação pode mostrar-se como uma limitação por centrar a atenção do profissional responsável pela aplicação do FMEUA nas linhas guias presentes nestas listas, deixando de fora possíveis falhas também consideradas importantes. No entanto, a utilização destas listas permitirá maximizar a identificação das falhas principais e mais graves por parte de profissionais ou equipas com conhecimento limitado nas áreas de ergonomia e fatores humanos. Além disto, a utilização de pontos de verificação por meio de checklists revela-se extremamente flexível pela sua possibilidade de adaptar ou incluir novos pontos de verificação reconhecidos como oportunos ou necessários nas empresas em questão.

Já o formulário do FMEUA apesar de adaptado à análise de falhas representativas de riscos potenciais para trabalhadores e utilizadores de equipamentos considera os interesses da administração na análise de falhas, permitindo que o parecer da equipa responsável ou do gestor da empresa sejam utilizados como uma variável semiquantificável que será utilizada na obtenção do número prioritário de risco. Desta forma, o NPR da ferramenta FMEUA representará o nível de risco que um equipamento ou posto de trabalho possa representar para o respetivo trabalhador e qual o seu impacto nos objetivos da empresa.

Assim, a ferramenta FMEUA, proposta e desenvolvida no decorrer desta dissertação mostrou-se adequada à sua função e de simples compreensão por apresentar um funcionamento similar ao tradicional FMEA. A sua aplicação permitirá que responsáveis pela

manutenção e segurança dos equipamentos e condições de trabalho possam identificar falhas nas condições ergonômicas ou deficiências na funcionalidade dos equipamentos ou funções mesmo sem ter conhecimentos ou formação nas áreas de fatores humanos. Essas falhas serão, à semelhança do tradicional FMEA, listadas e rastreáveis, permitindo o seu contínuo acompanhamento no âmbito da melhoria contínua.

6.3. Trabalhos Futuros

Apesar da sua validação, o método proposto e desenvolvido no decorrer desta dissertação possibilita a criação de uma ferramenta especializada na análise de riscos associados às atividades produtivas e condições dos equipamentos e postos de trabalho.

Para responder a esta necessidade por parte de empresas de menor dimensão deveriam ser postas em prática diversas métricas de usabilidade que avaliassem a funcionalidade desta ferramenta nas mãos de profissionais com diferentes níveis de experiência e diferentes áreas de conhecimento para garantir a flexibilidade e sucesso deste método junto do tecido industrial. Os resultados obtidos com as diferentes métricas de usabilidade poderiam permitir também verificar quais as características da ferramenta que necessitaria de ajustes ou alterações.

Um dos componentes que também precisaria de intervenção especializada seriam as listas de verificação relativas a linhas guia de usabilidade, ergonomia e segurança para equipamentos e postos de trabalho. Para assegurar resultados ótimos, as listas de verificação deveriam se aplicadas pelo maior número de profissionais possível, garantindo que seriam testadas em diversos setores e indústrias e sob diferentes condições de trabalho. Apesar de demorada, este processo de validação permitirá recolher um grande número de dados que permitiriam selecionar quais os pontos de verificação necessários para utilizar como base nas listas de verificação. No entanto, a utilização de listas de verificação compromete o tempo de aplicação do FMEUA, pelo que o número de pontos de verificação deverá ser limitado apenas aos considerados críticos e espectáveis, cabendo posteriormente aos profissionais de cada empresa acrescentar os pontos de verificação complementares ao setor de atividade da sua empresa.

Pode-se então concluir que apesar da abordagem desta dissertação à necessidade das empresas criarem postos de trabalho adequados às funções e limitações dos respetivos trabalhadores, o desenvolvimento de uma ferramenta de identificação e análise de riscos potenciais para os trabalhadores necessitará de mais e diferentes abordagens para garantir não só a qualidade dos resultados, mas também a funcionalidade da ferramenta nas mãos de profissionais não familiarizados com métodos de análise de condições ergonómicas e de usabilidade dos postos de trabalho.

Bibliografia

Bibliografia

- Ben-daya, M. and Raouf, A. (1996) "A revised failure mode and effects analysis model." International Journal of Quality & Reliability Management. Vol. 13, n.1, p.43-47.
- Biermans, K., and Vansina, P. (2005) "PLANOP - A method for performing loss of containment analyses ." Bruxelles, Bélgica: FPS Employment, Labour and Social Dialogue.
- Carbone, T. A. and Tippett, D. D. (2004) "Project Risk Management Using the Project Risk FMEA." Engineering Management Journal, 16, 28-35.
- Carvalho, F. (2007) "Avaliação de Risco: Estudo comparativo entre diferentes métodos de Avaliação de Risco, em situação real de trabalho." Lisboa: Universidade Técnica de Lisboa, Faculdade de Motricidade Humana.
- Chiozza, M. L., and Ponzetti, C. (2009) "FMEA: A model for reducing medical errors." Clinica Chimica Acta, 75-78.
- Cicco, F. (1999) "Manual sobre sistemas de gestão da segurança e saúde no trabalho." Volume III. Ed. Risk Tecnologia. São Paulo, SP.
- Comissão Europeia (1996) "Guidance on risk assessment at work", Luxemburgo, Luxemburgo: Office for Official Publications of the European Communities.
- Couto, H. A. (1996) "Ergonomia aplicada ao trabalho." Volume II. Ed. Ergo Ltda. Belo Horizonte,
- Couto, H. A. (2001) "Como implantar a ergonomia na empresa." Ed. Ergo Ltda. Belo Horizonte, MG.
- Crow, K. (2002) "Failure Modes and Effects Analysis (FMEA)." Retrieved from New Product Development Solutions: <http://www.npd-solutions.com/fmea.html>
- Cruz, S. P. S. (2009) "Implementação de uma FMEA no caso de uma luminária." Aveiro: Universidade de Aveiro.

- Dix, A., Finlay, J., Abowd, G. D. and Beale, R. (2004) "Human-Computer Interaction." 3rd ed. Addison-Wesley Pearson Education, London. pp. 3, 4, 28,191-364
- Fialho, F. M. and Santos, N. (1997) "Manual de análise ergonômica do trabalho." Ed. Genesys. Curitiba, PR GINN.
- FONTE "Ergonomic Risk Factor Checklist and User's Guide," by Safe Work Manitoba, 2010, http://safemanitoba.com/ergonomic_risk_factor_checklist_and_user_s_guide.aspx
- Gadd, S., Keeley, D., and Balmforth, H. (2003) "Good Practice and Pitfalls in Risk Assessment." Sheffield, UK: Health & Safety Executive.
- Ginn, D. M., Jones, D.V., Rahnejat, H. and Zairi, M. (1998) "The QFD/FMEA interface." European Journal of Innovation Management. Vol. 1, n.1, p.7-20.
- Guia PMBOK (2008) "Um guia do conhecimento em gestão de projetos (Project Management Body of Knowledge)", 4ª ed., Pennsylvania, EUA: Project Management Institute Inc.
- Haq, J., and Lipol, L. S. (2011) "Risk analysis method: FMEA/FMECA in the organizations." IJBAS/IJENS, 74-82.
- Hignett, S. and Mcatamney, L. (2000) "Rapid Entire Body Assessment (REBA)." Applied ergonomics, n. 31, p. 201-105.
- Holt, A. S. (2001) "Principles of Construction Safety." London, United Kingdom: Blacwell Science.
- Hoseynabadi, H. A., Oraee, H., and Tavner, P. J. (2010) "Failure Modes and Effects Analysis (FMEA) for wind turbines." Electrical Power and Energy Systems, 817-824.
- ISO 31000. (2009) "ISO 31000 - Risk management - Principles and guidelines." Genebra, Suíça: International Organization for Standardization.
- Keyserling, W. M., Stetson, D. S., Silverstein, B. A. and Brouwer, M. L. (1993) "A checklist for evaluating ergonomic risk associated with upper extremity cumulative trauma disorders." Journal Ergonomics, v. 36, n. 7, p. 807-831.
- Lifshitz, Y. and Armstrong, T. (1986) "A design checklist for control and prediction of cumulative trauma disorders: hand intensive manual jobs." Proceedings... Meeting of the Human Factors Society, 30º, v. 2. Florida: Daytona, p. 837-841.

- Liu, H. C., Liu, L., Bian, Q. H., Lin, Q. L., Dong, N., and Xu, P. C. (2011) "Failure mode and effects analysis using fuzzy evidential reasoning approach and grey theory." *Expert Systems with Applications*, 38, 4403-4415.
- McAtamney, L. and Corlett, E. (1993) "RULA: Rapid upper limb assessment – A survey method for the investigation of work-related upper limb disorders." *Applied Ergonomics*. 24:2, 91-99.
- Miller, R. (2006) "Failure Mode and Effects Analysis (FMEA, FMECA)." *Clinic and Laboratory Standards Institute*.
- Moura, C. (2000) "Análise de Modo e Efeitos de Falha Potencial (FMEA)", *Manual de Referência SAE J-1739.*, ASQC.
- Nielsen, J. (2003) "Usability 101: Introduction to Usability" [online]. Atualizado 25 Agosto 2003 [acedido a 18 abril 2015]. Disponível em: [http:// www.useit.com/ alertbox/ 20030825. html](http://www.useit.com/alertbox/20030825.html)
- NP 4397:2008. (2008) "Sistemas de gestão da segurança e saúde do trabalho - Requisitos.", Caparica, Portugal: Instituto Português da Qualidade.
- Oliveira, C. B. M. and Rozenfeld, H. (1997) "Desenvolvimento de um módulo de FMEA num sistema comercial de CAPP." *Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Anais. Gramado, RS.*
- Ookalkar, A. D., Joshi, A. G. and Ookalkar, D. S. (2009) "Quality Improvement in haemodialysis process using FMEA." *International Journal of Quality & Reliability Management*. Nagpur (India), v. 26, n. 8, p. 817-830.
- Proença, R. P. C. (1993) "Ergonomia e organização do trabalho em projetos industriais: uma abordagem no setor de alimentação coletiva." *Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção, UFSC. Florianópolis.*
- ReliaSoft Corporation. (2015, June) "Applications and Benefits of FMEA and Xfmea." Retrieved from ReliaSoft Corporation for Reliability Software, Training and Consulting Services: <http://www.reliasoft.com/xfmea/benefits.htm>
- Riplová, K. (2007) "Tool of Risk Management: Failure Mode and Effects Analysis and Failure Modes, Effects and Criticality Analysis." *Journal of Information, Control and Management Systems*, 5, 111-120.

- Rodrigues, M. d. (2008) "Estado de Conservação de Edifícios de Habitação a Custos Controlados (Tese de Doutoramento)." Aveiro, Portugal: Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Aveiro.
- Rodrigues, M. S., Teixeira, J. C., and Cardoso, J. P. (2011) "Buildings envelope anomalies: A visual survey methodology." *Construction and Building Materials*, 25, 2741-2750.
- Roxo, M. (2003) "Segurança e saúde do trabalho: Avaliação e controlo de riscos.", 1 ed. Coimbra: Almedina.
- Santos, A. C. (2011) "Análise dos modos de falhas no desenvolvimento de novos produtos de SVA: Uma abordagem para a indústria de telecomunicações." Faculdade de Economia Universidade de Coimbra.
- Santos, C. D. P. (2008) "Proposta de implementação de uma FMEA no forno de vapor TEKA." Portugal: Universidade de Aveiro.
- Santos, E.F. and Paixão, A. (2003) "Análise de riscos ergonômicos através da adaptação do FMEA como ferramenta de avaliação e gerenciamento." XXIII ENEGEP, Ouro Preto, MG, Brasil
- Scipioni, A., Saccarola, G., Centazzo, A., and Arena, F. (2002) "FMEA methodology design, implementation and integration with HACCP system in a food company.", *Food Control*, 13, 495-501.
- Sobral, J. and Abreu, A. (2013) "Manutenção Produtiva Total." In *Manutenção Produtiva Total e Gestão Lean*.
- Stamatis, D. H. (2003) "Failure Mode Effect Analysis: FMEA from Theory to Execution." Milwaukee: American Society for Quality, Quality Press.
- Teoh, P. C., and Case, K. (2004) "Failure modes and effects analysis through knowledge modelling." *Journal of Materials Processing Technology*, 253-260.
- Toledo, J. C. and Amaral, D. C. (1998) "FMEA – Analise do tipo e efeito da falha." *Pesquisa em Qualidade – GEPEQ (Grupo de estudos e pesquisa em qualidade) – Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.*
- Vidal, M. (2002) "Ergonomia na Empresa: Útil, Prática e Aplicada." Rio de Janeiro: ECV

Wilson, C. (2013) "User Interface Inspection Methods: A User-Centered Design Method", 1 ed., Morgan Kaufmann.

Wisner, S. C. A. (1987) "Por dentro do trabalho. Ergonomia: método e técnica." Ed. FTD/Oboré. São Paulo, SP.

Anexo 1 - Lista de Verificação de Usabilidade - Eq. 3 (1ª Aplicação)

Pontos de Verificação de Usabilidade	Sim	Não	N/A
Manter a consistência, no design, na terminologia, no uso dos comandos, sequencias e funcionamento em geral.	X		
Possibilidades de atalhos para utilizadores experientes			X
Informação e feedback após cada operação e com mínimo tempo de resposta;	X		
Informação e feedback relativo à compleção e sucesso da tarefa/processo;		X	
A interface e comandos devem ser feitos para evitar maiores problemas resultantes do erro humano. A interface deve oferecer informação e feedback necessário para recuperar ou corrigir o erro.	X		
Possibilidade de voltar à etapa anterior na sequência			X
Interface e sistema devem ser desenvolvidos de forma a um operador experiente se sentir responsável e em controlo do equipamento;	X		
Reduzir a carga na memória a curto prazo, o layout da interface, a informação e o tipo de tarefa deve ser simples e direto para facilitar a fluidez do processo e a aprendizagem	X		
Visibilidade do status do equipamento: este deve, em tempo real informar o utilizador sobre o que está a fazer e o que deve fazer em seguida (informação e feedback)		X	
Assegurar a relação entre o equipamento e o background do utilizador, linguagem, conceitos de utilização, simbologia, etc.;	X		
Controlo e liberdade, os utilizadores devem sentir que podem voltar a traz nas etapas ou cancelar/reiniciar a tarefa;	X		
Consistência e padrões deverão ser seguidos para facilitar aprendizagem e evitar situações de dúvida;	X		
Ajuda a identificar, diagnosticar e recuperar dos erros através de informação e feedback simples e direto		X	
Prevenir erros sempre que possível, principalmente, erros graves que o utilizador possa cometer;	X		
Informação e feedback necessários para evitar que o utilizador seja obrigado a cancelar ou voltar a trás na sequencia por duvida ou esquecimento;			X
Flexibilidade e eficiência que permita a um utilizador experiente escolher o seu próprio ritmo em vez de ser limitado pelo tempo de resposta do equipamento;			X
Design minimalista, mínimo de comandos e informação necessária à utilização do equipamento;	X		

Anexo 2 - Lista de Verificação Ergonómica - Eq. 3 (1ª Aplicação)

Pontos de Verificação Ergonómica	Sim	Não	N/A
Movimentos moderados/intensos, sem pausas por mais de 25% do tempo;		X	
Clicar intensivamente (movimentos/esforços rápidos dos dedos) (Teclados);			X
Apertar/Beliscar/segurar com força algo pesado;		X	
Dobrar/torcer pescoço mais de 20% para os lados e para a frente, e 5% para trás;	X		
Braços sem apoio a trabalhar acima do peito;	X		
Rotação dos braços, ombros ou pulsos;	X		
Apoio/contacto com objetos duros/cortantes com a pele;		X	
Uso de mão/punho como martelo/com pancadas;	X		
Vibração localizada ou geral;		X	
Fraca iluminação ou encandeamento;	X		
Temperaturas extremas;	X		
Falta de controlo do posto de trabalho (altura cadeira/bancada/base dos pés, ritmo de trabalho, pausas, temperatura, ruído, etc.)			X
Torcer/dobrar/esticar o torço, braços, mãos, pescoço;	X		
Pernas a 180º (em pé) ou a 90º (sentado).		X	
Extensão ou posição desconfortável (sem apoio) dos braços;		X	
Algum desconforto, dor, fadiga, dormência, esforço, tensão muscular?	X		
Alguma falha a apresentar no equipamento/função?	X		
Esforço nítido, tarefa não fluída;		X	
Levantamento/carga superior a 15kg (mulheres) e 25Kg (Homem);		X	
Postura má (ex. olhar para o monitor) ou extensão (alcançar algo);	X		
Ruído/temperatura/vibração/Luminosidade/Higiene deficiências;	X		
Atividade pesada realizada perto à altura da púbis e perto do corpo;		X	
Atividade geral/leve realizada ao nível dos cotovelos (90º);		X	
Atividade de precisão realizada entre o peito e maxilar com apoio de cotovelo e/ou pulso;			X
É possível alternar entre sentado e em pé? Evitando longos períodos de tensão muscular;			X
Todas as atividades/componentes situados entre a púbis e a altura dos ombros e à distância de um braço;		X	
Comandos/componentes ocasionais estão dentro do alcance máximo;	X		
Atividade de trabalho funciona de forma simétrica, com distribuição de pesos e esforços pelos dois braços/mãos;	X		
Levantamento de cargas, puxar/empurrar alavancas/outros esforços realizados perto do tronco e mantendo a coluna direita;	X		
Esforços ocasionais maiores?	X		

Distribuição simétrica e organizada de componentes por ordem de frequência de uso;			X
Movimentar rotineiramente mais de 300g;		X	
Botões, componentes, montagem, necessitam de esforço?		X	
Esforços mais de 50% do tempo ou mais de 8x por minuto?		X	
Função que exija contração dos músculos seja para estabilizar o corpo ou para uma função de precisão enquanto uma outra parte do corpo se encontra em relaxamento;		X	
Movimento repetido mais que 1000-3000x por turno;		X	
Ciclo menos que 30 segundos sem pausas de pelo menos 15% to tempo;		X	
Nenhuma tarefa pode ocupar mais de 50% do tempo (funções devem ser divididas em 3 ou mais diferentes tarefas;		X	
Alternância de funções ou movimentos (distribuição de diferentes tipos de esforços);	X		
Ritmo de trabalho controlado pelo trabalhador (sem pressa);	X		
Possibilidade de tirar pausas;	X		
Esforços relativos a apertar/beliscar/agarrar devem possuir uma pega/superfície de contacto confortáveis e adequadas;	X		
Ferramenta deve pesar menos de 1Kg ou estar suspensa;	X		
Temperaturas de contacto inferiores a 21º ou superiores a 35º;	X		
Ajustabilidade do posto de trabalho;		X	
Ciclos maiores que 30 segundos;	X		
Empurrar/puxar com esforços superiores a 4,5Kg;		X	
Uso dos dedos como ferramentas (contacto, pressão, torção,)	X		
Movimentos de mãos/braços que exijam rapidez;	X		
Variação entre visão ao perto/de precisão e visão relaxada ao longe;	X		

Anexo 3 - Lista de Verificação de Segurança - Eq. 3 (1ª Aplicação)

Pontos de Verificação de Segurança	Sim	Não	N/A
Sistemas de Comando			
São visíveis e identificáveis?	X		
Têm marcação apropriada?		X	
Estão colocados fora das zonas perigosas?	X		
São seguros e foram selecionados tendo em conta as falhas, perturbações e limitações previsíveis na utilização para que foram projetados?	X		
Se forem acionados acidentalmente podem ocasionar riscos suplementares?		X	
No seu posto de comando principal o operador pode verificar a ausência de pessoas nas zonas perigosas?	X		
O arranque é precedido de um sistema de aviso seguro (sonoro ou visual)?	X		
Após o aviso, o eventual trabalhador exposto dispõe de meios ou de tempo para se afastar da zona perigosa?	X		
Arranque e Paragem do Equipamento			
O sistema de comando requer uma Ação voluntária para que o equipamento possa ser posto em funcionamento, arrancar após paragem (qualquer que seja a origem desta) e atuar sobre as condições de modificação do seu funcionamento?	X		
O equipamento de trabalho está provido de um sistema de comando que permita a sua paragem geral em condições de segurança?	X		
O equipamento de trabalho está provido de um sistema de paragem de emergência?	X		
A ordem de paragem tem prioridade sobre as ordens de arranque?	X		
A alimentação de energia dos acionadores do equipamento de trabalho é interrompida sempre que se verifique a paragem do mesmo ou dos seus elementos perigosos?	X		
Estabilidade e Rotura			
O equipamento de trabalho e os respetivos elementos estão estabilizados por fixação ou por outros meios?		X	
Existem dispositivos de segurança adequados contra riscos de estilhaçamento ou de rotura dos elementos constituintes do equipamento de trabalho?		X	
Projeções e Manações			
Existem dispositivos de segurança adequados contra riscos de quedas ou projeções de objetos?			X
Existem dispositivos de retenção ou extração eficazes instalados na proximidade de fontes de emissão de gases, vapores, líquidos ou poeiras?		X	
Riscos de Contato Mecânico			
Existem protetores que impeçam o acesso às zonas perigosas ou dispositivos que interrompam o movimento dos elementos móveis antes do acesso a essas zonas?		X	
Os protetores e os dispositivos de proteção são de construção robusta?			X

Os protetores e os dispositivos de proteção não ocasionam riscos suplementares?			X
Os protetores e os dispositivos de proteção não são facilmente neutralizados ou tornados inoperantes?			X
Os protetores e os dispositivos de proteção estão situados a uma distância suficiente da zona perigosa?			X
Os protetores e os dispositivos de proteção não limitam a observação do ciclo de trabalho mais do que o necessário?			X
Os protetores e os dispositivos de proteção permitem as intervenções necessárias à colocação ou substituição de elementos do equipamento, bem como à sua manutenção, possibilitando o acesso apenas ao sector em que esta deve ser realizada?			X
Iluminação e Temperatura			
As zonas e pontos de trabalho ou de manutenção estão convenientemente iluminados		X	
As partes que atinjam temperaturas elevadas ou muito baixas dispõem de proteções contra os riscos de contacto ou de proximidade por parte dos trabalhadores?		X	
Dispositivos de Alerta			
É efetuada com o equipamento de trabalho parado	X		
Manutenção do Equipamento			
No caso de não ser possível a sua paragem, são tomadas medidas de proteção adequadas à sua execução ou é realizada fora das áreas perigosas?	X		
O livrete de manutenção está atualizado?		X	
Durante as operações de produção, regulação e manutenção, os trabalhadores têm acesso a todos os locais necessários e permanecem neles em segurança?	X		
Riscos Elétricos, de Incêndio e Explosão			
Existem proteções dos trabalhadores contra os riscos de contacto direto ou indireto com a eletricidade?	X		
Existem proteções dos trabalhadores contra os riscos de incêndio, sobreaquecimento ou libertação de gases, poeiras, líquidos, vapores ou outras substâncias produzidas pelo equipamento ou nele utilizadas ou armazenadas?		X	
Estão prevenidos os riscos de explosão do equipamento ou de substâncias por ele produzidas ou nele utilizadas ou armazenadas?	X		
Fontes de Energia			
Dispõe de dispositivo claramente identificável que permita isolar o equipamento de cada uma das suas fontes externas de energia?	X		
No caso de reconexão, esta é feita sem risco para os trabalhadores?	X		
Sinalização de Segurança			
Está devidamente sinalizado com avisos ou outra sinalização indispensável para garantir a segurança dos trabalhadores?	X		

Anexo 4 - Formulário FMEUA - Eq. 3 (1ª Aplicação)

Equipamento: Termo formação de moldes de espuma				Equipa:				FMEUA # 0003		
Referência / Cliente / Modelo:								Data FMEUA (Inicial) 08-07-15		
Utilizadores Afetados: Tiago Figueiredo								Data FMEUA (Final) --		
				Data Chave: --				Preparado por: João Soares		
Nome do Equipamento Função do Equipamento	Modo Potencial de Falha	Efeitos Potenciais de Falha	Gravidade	Causas Potenciais de Falha	Ocorrência	Prevenção ou Correção Atual	Deteção	NPR	Ações Recomendadas	Área / Pessoa Responsável e Data de Fim
Ciclo de termo formação	O utilizador não sabe quando o molde de espuma está pronto	Frustração do utilizador, perda de eficiencia	4	Não existe informação ou feedback relativos à compleção e sucesso da tarefa/processo.	5	O utilizador estima o tempo necessário	6	120		Eng. Anabela
Fim do processo de termo formação	O utilizador necessita de estar constantemente a verificar o estado de compleção do molde de espuma	Tarefa frustrante para o utilizador, quebra de produtividade	6	Não existe informação em tempo real que informe que etapa do procedimento está a decorrer e quando é necessária a intervenção do operador para passar à próxima etapa.	7	Não existe	7	294		Eng. Anabela
Fim do processo de termo formação	O operador não consegue diagnosticar erros ou falhas no produto	Frustração do utilizador, erros difíceis de detetar e corrigir	7	O equipamento não fornece informação ou feedback necessários que permitam identificar, diagnosticar ou recuperar dos erros.	4	Pequenas falhas não são relevantes e as grandes falhas	6	168		Eng. Anabela

Verificar as rebarbas da parte de trás do molde	Dobrar/torcer pescoço mais de 20% para os lados e para a frente, e 5% para trás.	Fadiga, lesões músculo-esqueléticas nas costas e no pescoço	8	Impossibilidade de ver se existem rebarbas na parte de trás do molde metálico. Altura da zona de trabalho não pode ser ajustada	8	Rotatividade de tarefas para não passar toda a semana na mesma função	3	192		Eng. Anabela
Utilizar os acionadores do equipamento	Braços sem apoio a trabalhar acima do peito.	Fadiga e desconforto constante, lesões nos braços e ombros	7	Acionadores duplos do equipamento estão posicionados acima da zona de trabalho.	6	Alongamentos e pausas ocasionais	2	84		Eng. Anabela
Verificar rebarbas no molde e colocação do saco no molde	Rotação dos braços, ombros ou pulsos.	Lesões musculoesquelética nos braços e pulsos, fadiga	6	Necessidade de remover rebarbas	8	Alongamentos e pausas ocasionais, rotatividade de funções	3	144		Eng. Anabela
Encaixe do molde no equipamento	Uso de mão/punho como martelo/com pancadas.	Lesões ou ferimentos nas mãos	7	Os moldes metálicos são pesados e difíceis de encaixar	4	Não existe	2	56		Eng. Anabela
Zona de trabalho	Fraca iluminação na zona de trabalho.	Esforços na visão, desconforto do operador	6	O equipamento não possui iluminação própria na zona de trabalho	10	Não existe	1	60		Eng. Anabela
Molde de termo formação	Temperaturas extremas.	Desconforto constante, fadiga, dificuldade em respirar, doenças variadas	9	O molde metálico atinge temperaturas de 60° por estar constantemente em contacto com os sacos de mistura química.	8	Não existe	2	144		Eng. Anabela

Levantamento e transporte dos moldes de metal da zona de arrumação para o equipamento	Esforços ocasionais maiores.	Lesões músculo-esqueléticas, cansaço, dificuldades de manter o ritmo	8	Moldes metálicos podem pesar até 28 Kg e é necessário substituir os moldes do equipamento 2 a 3 vezes por turno de trabalho	4	Os moldes metálicos mais pesados estão situados nas prateleiras centrais para serem mais fáceis de carregar	7	224		Eng. Anabela
Moldes de termo formação de espuma	Temperaturas de contacto superiores a 35°.	Queimaduras, dificuldade em realizar a tarefa, lesões com necessidade de atenção médica	9	O molde metálico atinge temperaturas de 60° por estar constantemente em contacto com os sacos de mistura química.	8	Não existe	3	216		Eng. Anabela
Verificar rebarbas no molde e colocação do saco no molde	Más posturas	Lesões músculo-esqueléticas graves, fadiga, quebra de produtividade	6	Impossibilidade de ajustar do posto de trabalho.	9	Rotatividade de tarefas para não passar toda a semana na mesma função	3	162		Eng. Anabela
Verificar rebarbas no molde e colocação do saco no molde	Uso dos dedos como ferramentas (contacto, pressão, torção,)	Lesões nos dedos e mãos, feridas e perda de sensibilidade	10	Impossibilidade de ver se existem rebarbas na parte de trás do molde metálico	7	Não existe	5	350		Eng. Anabela
Colocação do saco com mistura química no molde	Necessidade de fazer movimentos rápidos com as mãos/pulsos/braços.	Fadiga, tensão muscular, stress, lesões LMEs com alguma gravidade	8	O saco estufa rapidamente e o molde metálico fecha lentamente.	6	Não existe	3	144		Eng. Anabela

Equipamento de termo formação de moldes de espuma	Não têm marcação apropriada.	O trabalhador não se sente protegido	2	O equipamento foi desenhado e desenvolvido dentro da empresa.	10	Não existe	1	20		Eng. Anabela
Base do equipamento	O equipamento balança e pode ser derrubado ou cair em caso de terramoto	Ferimentos com necessidade de atenção médica, entalamentos, esmagamentos	6	O equipamento de trabalho e os respetivos elementos não estão estabilizados por fixação ou por outros meios.	1	Não existe	4	24		Eng. Anabela
Zona do motor do equipamento	Em caso de explosão ou de estilhaçamento o trabalhador está exposto sem proteção	Queimaduras, cortes e ferimentos com necessidade de atenção médica	5	Não existem dispositivos de segurança adequados contra riscos de estilhaçamento ou de rotura dos elementos constituintes do equipamento de trabalho.	3	Não existe	3	45		Eng. Anabela
Formação do molde de espuma	O equipamento expele regularmente espuma e vapores em várias direções	Queimaduras, contacto com químicos, doenças associadas à inalação de vapores tóxicos	8	Não existem dispositivos de retenção ou extração de líquidos espumas.	8	O trabalhador usa ocasionalmente uma bata de proteção	2	128		Eng. Anabela
Zona de trabalho	O operador tem acesso à zona de perigo	Entalamento, corte ou queimaduras leves	4	Não existem protetores que impeçam o acesso às zonas perigosas.	2	É impossível de acionar o equipamento acidentalmente ou com apenas um braço	2	16		Eng. Anabela

Zona de trabalho	Operador não consegue ver o que está a fazer	Esforços na visão, fadiga, queimaduras leves	5	A zona de trabalho não está convenientemente iluminada.	8	Não existe	1	40		Eng. Anabela
Verificar rebarbas no molde e colocação do saco no molde	Operador está constantemente em contacto com componentes quentes	Queimaduras, lesões nas mãos com necessidade de atenção médica, perda de sensibilidade nos dedos	8	As partes que atingem temperaturas elevadas não dispõem de proteções contra os riscos de contacto por parte dos trabalhadores.	8	Não existe	3	192		Eng. Anabela
Equipamento de termo formação de moldes de espuma	O livrete de manutenção não está atualizado.	O trabalhador não se sente protegido	3	O equipamento não possui livrete de manutenção	10	Não existe	2	60		Eng. Anabela
Formação do molde de espuma	O trabalhador está exposto a espumas e vapores	Queimaduras, contacto com químicos, doenças associadas à inalação de vapores tóxicos	6	Não existem proteções dos trabalhadores contra os riscos de libertação de espumas, líquidos ou vapores.	5	O trabalhador usa ocasionalmente uma bata de proteção	3	90		Eng. Anabela

Anexo 5 - Formulário FMEUA - Po. 2 (1ª Aplicação)

Equipamento: Posto de montagem das balanças				Equipa:				FMEUA # 0005		
Referência / Cliente / Modelo:								Data FMEUA (Inicial) 08-07-15		
Utilizadores Afetados: Válter Barbosa								Data FMEUA (Final) --		
				Data Chave: --				Preparado por: João Soares		
Nome do Equipamento Função do Equipamento	Modo Potencial de Falha	Efeitos Potenciais de Falha	Gravidade	Causas Potenciais de Falha	Ocorrência	Prevenção ou Correção Atual	Deteção	NPR	Ações Recomendadas	Área / Pessoa Responsável e Data de Fim
Sequência de etapas da função	A função do trabalhador requer uma sequência com um número demasiado elevado de etapas	Dificuldade de aprendizagem e memorização. Dúvidas e consequentes erros. Fadiga mental.	4	É o único trabalhador da unidade com conhecimento para desempenhar a sua função	5	O trabalhador opta por montar diversas balanças em simultâneo maximizando assim a sua produtividade	9	180		Eng. Anabela
Conexão de cabos e módulos eletrónicos da balança	Trabalhador necessita de estar concentrado pois a sua função não é à prova de erro. Em caso de erro, este só é detetado no fim.	Fadiga mental, erros e frustração. Quebra na produtividade	5	Os conectores dos cabos não possuem macho e fêmea, pelo que podem ser conectados de forma errada	3	Não existe	3	45		Eng. Anabela

Aparafusar componentes	Apertar e torcer com força a chave de parafusos	Lesões e tensão muscular nas mãos e braços	4	O trabalhador prefere a utilização e praticidade da chave quando comparada ao peso da parafusadora	3	O trabalhador utiliza a parafusadora para esforços maiores	6	72		Eng. Anabela
Posto de trabalho	Dobrar/torcer pescoço mais de 20% para os lados e para a frente, e 5% para trás;	LMEs graves no pescoço e coluna. Fadiga e desconforto.	8	A bancada possui uma altura fixa e não ajustável à altura do trabalhador	9	Não existe	2	144		Eng. Anabela
Colocação e fixação dos componentes da balança	Rotação dos braços, ombros ou pulsos;	Lesões músculo-esqueléticas nas mãos e braços	5	As balanças são dispostas perpendicularmente ao trabalho pelo que este necessita de compensar com posições desaconselhadas nos membros superiores	7	Não existe	4	140		Eng. Anabela
Colocação e fixação dos componentes da balança	Apoio/contacto com objetos duros/cortantes com a pele;	Cortes, hematomas, desconforto, lesões leves	4	A base da balança e alguns componentes internos ainda possuem arestas vivas	2	Não existe	7	56		Eng. Anabela

Bancada	Falta de controlo do posto de trabalho	LMEs graves no pescoço e coluna. Fadiga e desconforto.	8	A bancada de trabalho é multiusos e não é ajustável ao trabalhador ou à função	9	O trabalhador tem a liberdade de tirar pausas e costuma deambular pela empresa para relaxar os músculos	4	288		Eng. Anabela
Colocação e fixação dos componentes da balança	Torcer e esticar torço, braços e pescoço;	Desconforto constante, tensão muscular, lesões no pescoço e coluna	7	O trabalhador é relativamente alto e o seu posto de trabalho não é adequado ao trabalho de precisão	7	O trabalhador dobra as pernas para estar mais próximo da zona de trabalho	4	196		Eng. Anabela
Posto de trabalho	Pernas em posições desaconselhadas	Lesões músculo-esqueléticas nas ancas e na coluna. Tensão e desconforto	7	A estatura do trabalhador e impossibilidade de elevar a bancada de trabalho obrigam o utilizador a dobrar as pernas para se aproximar da bancada	8	O trabalhador tem a liberdade de tirar pausas e costuma deambular pela empresa para relaxar os músculos	4	224		Eng. Anabela
Montagem das balanças	Constante má postura	LMEs graves no pescoço e coluna. Fadiga e desconforto.	8	O trabalho de precisão obriga o trabalhador a aproximar-se da bancada, adaptando-se ao seu posto de trabalho em vez do contrário	9	Não existe	3	216		Eng. Anabela

Conexão de fios e módulos de pequena dimensão	Atividade de precisão não realizada entre o peito e maxilar com apoio de cotovelo e/ou pulso;	Desconforto, tensão muscular, lesões relativas a más posturas	6	Bancada de trabalho não é ajustável	8	Não existe	7	336		Eng. Anabela
Posto de trabalho	Impossível alternar entre sentado e em pé, Evitando longos períodos de tensão muscular;	Fadiga, desconforto e tensão muscular	5	Por baixo da bancada existem armários. Impossibilita a utilização de uma cadeira.	4	O trabalhador tem a liberdade de tirar pausas e costuma deambular pela empresa para relaxar os músculos	6	120		Eng. Anabela
Componentes e ferramentas	Os componentes e ferramentas não estão organizados de forma simétrica e organizada.	Ineficiências, frustração, fadiga, tensão muscular	5	Os componentes estão no armazém e as ferramentas estão espalhadas pela bancada	7	Não existe	6	210		Eng. Anabela
Colocação e fixação dos componentes da balança	Fixação de componentes necessita de esforço	Lesões e tensão muscular nas mãos e braços	5	Certos parafusos necessitam o uso de uma chave anã e esforço para a sua boa fixação	2	Não existe	9	90		Eng. Anabela
Posto de trabalho	Posto de trabalho não ajustado à função e ao trabalhador	LMEs variadas, principalmente no pescoço e coluna. Fadiga e desconforto.	7	A bancada de trabalho é multiusos e não é ajustável ao trabalhador ou à função	8	O trabalhador tem a liberdade de tirar pausas e costuma deambular pela empresa para relaxar os músculos	5	280		Eng. Anabela

Conexão de fios e módulos de pequena dimensão	Uso dos dedos e unhas como ferramentas	Lesões e escoriações leves nos dedos e unhas	3	Praticidade e rapidez de uso	3	Não existe	8	72		Eng. Anabela
---	--	--	---	------------------------------	---	------------	---	----	--	--------------

Anexo 6 - Lista de Verificação de Usabilidade - Eq. 3 (2ª Aplicação)

Pontos de Verificação de Usabilidade	Conforme	Não Conforme	N/A
GERAL			
O procedimento (funcionamento do equipamento e/ou tarefa do trabalhador) deve ser apenas constituído pelos movimentos e etapas necessárias de forma a maximizar a eficiência do trabalhador.	X		
O procedimento (funcionamento do equipamento e/ou tarefa do trabalhador) deve possuir um número de etapas suficientes para que este não se torne demasiado repetitivo e monótono por risco de resultar em fadiga e sonolência no horário laboral.	X		
O procedimento (funcionamento do equipamento e/ou tarefa do trabalhador) não deve possuir demasiadas tarefas que tornem o procedimento difícil de aprender e memorizar, demasiado demorado e suscetível a em caso de erro este ser detetado muito tarde.	X		
Deve existir informação e/ou feedback necessários para evitar que o utilizador seja obrigado a cancelar, desistir ou voltar atrás na sequência por dúvida ou esquecimento			X
O procedimento (funcionamento do equipamento e/ou tarefa do trabalhador) deve ser realizado de forma fluente e com o mínimo de esforço ou erros de forma a não deixar o trabalhador frustrado ou em stresse.	X		
Não devem existir erros durante o procedimento. (O funcionamento do equipamento e/ou tarefa do trabalhador devem ser feitos à prova de erro humano, minimizando a possibilidade do trabalhador cometer um erro.)	X		
Em caso de erro ou falha, o trabalhador deve poder facilmente deteta-la e corrigi-la antes que este gere um problema maior ou mais problemas.	X		
O trabalhador deve sentir-se satisfeito, responsável e em controlo do seu equipamento e da sua função.		X	
O trabalhador deve controlar o ritmo do procedimento. (Não deve ser limitado ou pressionado pelo ritmo do seu equipamento, ferramentas ou pela velocidade da linha.)	X		
Se o trabalhador identificar erros ou oportunidades de melhoria no procedimento (no equipamento e/ou na sua tarefa) que levem a uma maior satisfação por parte do trabalhador estas devem ser avaliadas e se possíveis implementadas.		X	
Se o trabalhador propôs, alterou ou utiliza atalhos nas etapas de funcionamento da sua função ou do equipamento para atingir o mesmo fim em menos tempo ou com menor, estas devem ser avaliadas e se possíveis implementadas.		X	
POSTO DE TRABALHO			
O posto de trabalho deve possuir um local específico e identificado para cada componente ou ferramenta.			X

O posto de trabalho deve apresentar uma distribuição simétrica e devidamente organizada de componentes e/ou ferramentas por ordem de frequência de uso para que seja fácil e rápido para o trabalhador realizar a sua função.			X
EQUIPAMENTO DE TRABALHO			
O equipamento de trabalho deve possuir um design minimalista, com o mínimo de comandos e apenas a informação necessária à função a que se destina.	X		
O funcionamento do equipamento deve ser simples, lógico e consistente para facilitar a aprendizagem e a memorização do procedimento.	X		
O equipamento de trabalho deve apresentar algum tipo de feedback que informe o utilizador quando, e se, este concluiu com sucesso a etapa e quando deve avançar para a próxima.		X	

Anexo 7 - Lista de Verificação Ergonómica - Eq. 3 (2ª Aplicação)

Pontos de Verificação Ergonómica	Si m	Nã o	N/ A
OMBROS /BRAÇOS/PULSOS/MÃOS			
Apertar, Beliscar ou segurar com força.		X	
Braços sem apoio a trabalhar acima do peito.	X		
Rotação ou flexão dos braços, ombros ou pulsos.	X		
Uso de mão ou outra parte do corpo como ferramenta (ex. pancadas com o punho ou joelho, pressão com unhas ou dedos para desmontar algo).	X		
Não realizar atividades gerais e/ou leves ao nível dos cotovelos.	X		
Não realizar atividades de precisão entre o peito e maxilar e sem apoio de cotovelo ou pulso.			X
Não realizar atividades pesadas à altura da púbis e perto do corpo.			X
RITMO E ROTINA DE TRABALHO			
Movimentar rotineiramente mais de 300g-1kg .		X	
Esforços mais de 50% do tempo ou mais de 8x por minuto.		X	
Movimento repetido mais que 1000-3000x por turno de 8h (ciclos menos de 30 segundos).		X	
Distribuição deficiente de funções e tipos esforços .		X	
Trabalho sob pressão (esforço para acompanhar o ritmo) ou movimentos moderados/intensos, sem pausas por mais de 25% do tempo .		X	
COLUNA E PESCOÇO			
Dobrar ou torcer pescoço mais de 20º para os lados ou para a frente e mais de 5º para trás	X		
Má postura rotineiramente (ex. torcer e/ou dobrar o torço e estender o pescoço e os braços).	X		
PERNAS			
Pernas do trabalhador em posições de esforço assimétrico ou em posição que não de 180º em pé ou de 90º quando sentado e com os pés confortavelmente posicionados no chão.	X		
Impossibilidade de alternar entre sentado e em pé quando necessário.	X		
ESFORÇOS			
Esforços ocasionais maiores (tarefa não fluída).		X	
Levantamento de cargas ou outros esforços não realizados junto do torço, abaixo de 80cm ou acima do peito que obriguem a más posturas como dobrar/torcer a coluna.	X		
Levantamento e/ou transporte de cargas superiores a 15kg para mulheres e 25Kg para Homem.	X		
Função que exija contração dos músculos seja para estabilizar o corpo enquanto a outra parte do corpo se encontra em relaxamento (ex. trabalho de precisão).		X	
Ferramentas que pesam mais de 1Kg não estão suspensas.		X	
AMBIENTE			

Fraca iluminação ou encandeamento.	X		
Temperatura ambiente desconfortavelmente alta ou baixa.	X		
Níveis de ruído desconfortáveis.		X	
Desarrumação ou fraca higiene no posto ou equipamento de trabalho.		X	
Fraca circulação de ar ou existência de gases, poeiras ou outros tipos de detritos sejam este provenientes ou não do posto ou equipamento de trabalho.		X	
CONTACTO COM POSTO OU EQUIPAMENTO DE TRABALHO			
Apoio ou contacto direto com arestas duras ou cortantes.		X	
Contacto direto com superfícies com temperaturas inferiores a 21º ou superiores a 35º.	X		
Vibração localizada ou geral.		X	
BANCADA E FERRAMENTAS			
Necessidade e impossibilidade de ajustar o posto ou equipamento de trabalho (ex. altura da bancada, da cadeira, da base dos pés, ritmo de trabalho, etc).	X		
Uso de ferramentas difíceis de manejar ou não adequadas à função a que se destinam.	X		
OUTROS			
Queixas do trabalhador e/ou baixas médicas derivadas da sua função (ex. Lesões músculo-esqueléticas).	X		

Anexo 8 - Lista de Verificação de Segurança - Eq. 3 (2ª Aplicação)

Pontos de Verificação de Segurança	Conforme	Não Conforme	N/A
BANCADA E FERRAMENTAS EM POSTOS E EQUIPAMENTOS DE TRABALHO			
A bancada, ferramentas e componentes do posto ou equipamento de trabalho devem ser mantidos limpos, arrumados em locais específicos e com as proteções colocadas (ex. ferramentas cortantes)	X		
ESTABILIDADE E ROTURA DE POSTOS E EQUIPAMENTOS DE TRABALHO			
O posto ou equipamento de trabalho e os respetivos elementos devem estar estabilizados seja por fixação ou por outros meios.	X		
Devem existir dispositivos de segurança adequados contra riscos de estilhaçamento ou de rotura dos elementos constituintes do posto ou equipamento de trabalho.		X	
ILUMINAÇÃO E TEMPERATURA DE POSTOS E EQUIPAMENTOS DE TRABALHO			
As zonas e pontos de trabalho ou de manutenção devem estar convenientemente iluminados.		X	
As partes que atinjam temperaturas elevadas ou muito baixas devem dispor de proteções contra os riscos de contacto ou de proximidade por parte do trabalhador.		X	
RISCOS ELETRICOS, DE INCENDIO E EXPLOSÃO EM POSTOS E EQUIPAMENTOS DE TRABALHO			
Devem existir proteções contra os riscos de contacto direto ou indireto com a eletricidade.	X		
Devem existir proteções para os trabalhadores contra os riscos de incêndio, sobreaquecimento ou libertação de gases, poeiras, líquidos, vapores ou outras substâncias produzidas, utilizadas ou armazenadas no posto ou equipamento de trabalho.	X		
O trabalhador deve estar protegido contra riscos de explosão no posto ou equipamento ou de substâncias nele produzidas, utilizadas ou armazenadas.	X		
FONTES DE ENERGIA DE POSTOS E EQUIPAMENTOS DE TRABALHO			
O posto ou equipamento de trabalho deve dispor de um dispositivo claramente identificável que permita o isolar de cada uma das suas fontes externas de energia.	X		
Em caso de reconexão, esta deve ser feita sem qualquer risco para o trabalhador.	X		
SISTEMAS DE COMANDO DO EQUIPAMENTO			
Devem estar visíveis, identificáveis, com a marcação apropriada e colocados numa zona segura.	X		
Foram escolhidos tendo em conta possíveis falhas e limitações na utilização para que foram projetados?	X		

Não podem ocasionar riscos suplementares em caso de serem acionados acidentalmente.	X		
O operador deve conseguir visualizar se ele próprio, outra pessoa ou objeto está na zona de perigo.	X		
O arranque deve ser precedido de um sinal visual ou sonoro e de tempo ou meios para se afastar da zona perigosa.	X		
ARRANQUE E PARAGEM DO EQUIPAMENTO			
O equipamento só deve ser posto em funcionamento através de uma ação voluntária e o mesmo deve atuar sobre as condições de modificação do seu funcionamento	X		
O equipamento deve estar provido de um sistema de comando que permita a sua paragem geral bem como uma paragem de emergência.	X		
A ordem de paragem deve ter prioridade sobre todas as outras ordens e em caso de paragem do equipamento a alimentação de energia dos acionadores do equipamento deve ser interrompida.	X		
PROJEÇÕES E MANAÇÕES DO EQUIPAMENTO			
Devem existir dispositivos de segurança adequados contra riscos de quedas ou projeções de objetos.	X		
Devem existir dispositivos de retenção ou extração eficazes instalados na proximidade de fontes de emissão de gases, vapores, líquidos ou poeiras.	X		
RISCOS DE CONTACTO MECANICO NO EQUIPAMENTO			
Devem existir protetores que impeçam o acesso às zonas perigosas ou dispositivos que interrompam o movimento dos elementos móveis antes do acesso a essas zonas.	X		
Os protetores e os dispositivos de proteção devem ser de construção robusta e não devem ocasionar riscos suplementares ou limitar a visibilidade do ciclo de trabalho mais do que o necessário.			X
Os protetores e os dispositivos de proteção não devem ser facilmente neutralizados mas devem permitir intervenções necessárias à colocação ou substituição de elementos do equipamento, bem como à sua manutenção.			X
Os protetores e os dispositivos de proteção devem estar situados a uma distância suficiente da zona perigosa.			X
MANUTENÇÃO DO EQUIPAMENTO			
No caso de não ser possível a sua paragem, devem ser tomadas medidas de proteção adequadas à sua execução ou esta deve ser realizada fora das áreas perigosas.	X		
O livrete de manutenção deve estar atualizado.		X	
Durante as operações de produção, regulação e manutenção, o trabalhador deve ter acesso a um local onde possa permanecer em segurança.	X		

SINALIZAÇÃO DE SEGURANÇA DO EQUIPAMENTO

O equipamento ou posto de trabalho deve estar sinalizado com avisos ou outra sinalização indispensável para garantir a segurança dos restantes trabalhadores.



X

Anexo 9 - Formulário FMEUA - Eq.3 (2ª Aplicação)

Equipamento/Posto: Termo formação de moldes de espuma				Equipa:				FMEUA # 0009			
Referência / Cliente /Modelo:								Data FMEUA (Inicial) 13-07-15			
Utilizadores Afetados: Tiago Figueiredo								Data FMEUA (Final) --			
				Data Chave: --				Preparado por: João Soares			
Localização da falha	Modo Potencial de Falha	Efeitos Potenciais de Falha	Classificação	Gravidade	Causas Potenciais de Falha	Ocorrência	Prevenção ou Correção Atual	Relevância	NPR	Ações Recomendadas	Área / Pessoa Responsável e Data de Fim
Funcionamento geral do equipamento	O trabalhador sente-se insatisfeito com a sua função	Frustração, falta de motivação, quebra de produtividade	1	4	O funcionamento do equipamento é monótono e repetitivo	6	O trabalhador troca de funções 2 a 3 vezes por semana	4	96		Eng. Anabela
Molde metálico	A zona de moldação atinge temperaturas elevadas e radia calor para o utilizador	Grande desconforto, fadiga, frustração, falta de motivação	1	5	A mistura química dos sacos gera calor que por sua vez aquece o molde metálico	6	Não existente	4	120		Eng. Anabela
Módulo pneumático do molde metálico	O utilizador sente que a velocidade de descida do pneumático do componente superior do molde metálico é insuficiente.	Frustração, falta de controlo sob equipamento	1	3	O pneumático possui uma limitação de velocidade	8	Utilizador limita a subida do topo do molde para minimizar o tempo de descida	3	72		Eng. Anabela

Processo de Termo formação e solidificação da espuma no molde	O utilizador não tem noção de quando a espuma terminou de solidificar, se necessita de intervir ou de retirar o molde	Frustração, falta de controlo sob equipamento	1	3	O equipamento de trabalho não possui feedback que informe o utilizador quando, e se, este concluiu com sucesso a etapa e quando deve avançar para a próxima.	8	O utilizador abre repetidamente o molde para verificar o estado do molde de espuma	3	72		Eng. Anabela
Acionadores do equipamento	Braços sem apoio a trabalhar acima do peito.	LMEs moderadas nos braços e ombros. Fadiga e desconforto.	1	6	Os controlos do equipamento situam-se acima da zona de trabalho	6	Não existe	3	108		Eng. Anabela
Verificação de rebarbas no molde de espuma	Rotação ou flexão dos braços, ombros ou pulsos.	Lesões músculo-esqueléticas nas mãos, pulsos e braços que causam desconfortam	1	6	O trabalhador não vê a parte de trás do molde metálico	7	Por vezes o trabalhador prefere dobrar o pescoço para conseguir ver a traseira do molde	2	84		Eng. Anabela
Encaixe do molde metálico no equipamento	Uso de mão ou outra parte do corpo como ferramenta	Lesões e ferimentos com alguma gravidade nas mãos e nos pulsos	1	7	O peso dos moldes metálicos dificulta o manuseamento e encaixe no equipamento	4	Não existe	3	84		Eng. Anabela

Zona de trabalho	Não realizar atividades gerais e/ou leves ao nível dos cotovelos.	Fadiga, desconforto e lesões musculares variadas	1	5	O equipamento está inserido numa bancada de dimensões fixas.	7	O trabalhador troca de funções 2 a 3 vezes por semana	3	105		Eng. Anabela
Colocação do saco de mistura no molde	Dobrar ou torcer pescoço mais de 20° para os lados ou para a frente e mais de 5° para trás	LMEs no pescoço e coluna, desconforto e fadiga	1	6	A zona de trabalho está demasiado baixa e sem visibilidade para a altura do trabalhador	7	Não existe	3	126		Eng. Anabela
Função geral	Má postura rotineiramente	Lesões músculo-esqueléticas variadas, desconforto e fadiga	1	6	O equipamento de trabalho não é ajustável ao tamanho do trabalhador	7	O trabalhador troca de funções 2 a 3 vezes por semana	4	168		Eng. Anabela
Função geral	O trabalhador não tem os pés bem posicionados no chão e as pernas a 180°.	Lesões nas ancas ou na coluna. Desconforto e fadiga.	1	4	O equipamento de trabalho não é ajustável ao tamanho do trabalhador	7	O trabalhador troca de funções 2 a 3 vezes por semana	2	56		Eng. Anabela
Função geral	Impossibilidade de alternar entre sentado e em pé quando necessário.	Fadiga, desconforto.	0								

Carga e transporte dos moldes metálicos para o equipamento	Levantamento de cargas ou outros esforços não realizados junto do torço, abaixo de 80cm ou acima do peito que obriguem a más posturas como dobrar/torcer a coluna.	Lesões músculo-esqueléticas graves na coluna. Dores e desconforto.	1	8	Os moldes metálicos estão arrumados em diferentes prateleiras, fazendo com que nem sempre seja possível levanta-los com a melhor postura	4	Os moldes estão arrumados tendo em conta o seu peso, Os mais pesados estão nas prateleiras do meio.	4	128		Eng. Anabela
Carga e transporte dos moldes metálicos para o equipamento	Levantamento e/ou transporte de cargas superiores a 15kg para mulheres e 25Kg para Homem.	Lesões músculo-esqueléticas graves na coluna. Dores e desconforto.	1	7	Os moldes metálicos possuem pesos que podem variar entre os 6 e os 28 Kg.	4	Não existe	3	84		Eng. Anabela
Zona de trabalho	Fraca iluminação ou encandeamento.	Esforços na visão, fadiga e desconforto.	1	4	O equipamento não possui iluminação própria	9	Não existe	3	108		Eng. Anabela
Ambiente	Temperatura ambiente desconfortavelmente alta	Desconforto, fadiga, doenças relativas à variação de temperaturas	1	5	Os sacos de mistura química aquecem a zona de trabalho até cerca de 60° C.	7	O trabalhador troca de funções 2 a 3 vezes por semana	2	70		Eng. Anabela
Moldes metálicos	Contacto direto com superfícies com temperaturas inferiores a 21° ou superiores a 35°.	Queimaduras, lesões nos dedos e nas mãos, perda de sensibilidade	1	6	Os sacos de mistura química aquecem a zona de trabalho até cerca de 60° C.	5	Não existe	4	120		Eng. Anabela

Equipamento de trabalho	Necessidade e impossibilidade de ajustar o posto ou equipamento de trabalho	Lesões músculo-esqueléticas variadas, desconforto e fadiga	1	6	O equipamento está fixo a uma bancada não ajustável	8	Não existe	2	96		Eng. Anabela
Verificação de rebarbas no molde de espuma	Uso de ferramentas difíceis de manejar ou não adequadas à função a que se destinam.	Frustração, quebra de produtividade, desconforto constante	1	3	O trabalhador utiliza os próprios dedos e um x-ato para a remoção de rebarbas do molde	6	Não existe	2	36		Eng. Anabela
Equipamento e ambiente	Trabalhador não se sente bem no seu posto de trabalho ao ponto de perder dias de trabalho	Frustração, desconforto constante, doenças leves, stress.	1	6	Más posturas constantes e radiação de calor do equipamento.	4	O trabalhador troca de funções 2 a 3 vezes por semana	5	120		Eng. Anabela
Base do equipamento	Em caso de rotura ou estilhaçamento de componentes do equipamento o utilizador está diretamente exposto	Cortes, estilhaços ou queimaduras nas pernas do utilizador	1	6	Os motores e componentes principais estão situados a centímetros das pernas do utilizador e não possuem de proteção para o caso de rotura	2	Não existe	5	60		Eng. Anabela
Zona de trabalho	A zona de trabalho não está devidamente iluminada	Esforços na visão, fadiga e desconforto.	1	4	O equipamento não possui iluminação própria	9	Não existe	3	108		Eng. Anabela

Anexo 10 - Formulário FMEUA - Po. 2 (2ª Aplicação)

Equipamento/Posto: Montagem de balanças				Equipa:				FMEUA # 0011			
Referência / Cliente /Modelo:								Data FMEUA (Inicial) 13-07-15			
Utilizadores Afetados: Válter Barbosa								Data FMEUA (Final) --			
				Data Chave:				Preparado por: João Soares			
Localização da falha	Modo Potencial de Falha	Efeitos Potenciais de Falha	Classificação	Gravidade	Causas Potenciais de Falha	Ocorrência	Prevenção ou Correção Atual	Relevância	NPR	Ações Recomendadas	Área / Pessoa Responsável e Data de Fim
Etapas da função	Existem diversas tarefas e ações desnecessárias durante esta função. (Deslocações ao armazém)	Ineficiências, fadiga, insatisfação do utilizador	1	2	O trabalhador não possui um posto de trabalho com os componentes e ferramentas necessários à sua função	6	O trabalhador trás o máximo de componentes para maximizar a eficiência das suas deslocações	3	36		Eng. Anabela
Etapas da função	A função possui uma sequência de etapas demasiado longa que pode demorar cerca de 6 horas por ciclo	Dificuldade de aprendizagem e memorização. Fadiga mental, Duvidas, erros e frustração do trabalhador	1	4	O trabalhador é a única pessoa na unidade fabril formado para montar a balança.	7	O trabalhador opta por montar diversas balanças simultaneamente para aumentar a sua produtividade	5	140		Eng. Anabela

Tarefas de precisão	Rotação ou flexão dos braços, ombros ou pulsos.	Lesões Músculo-esqueléticas nos pulsos e ombros. Desconforto.	1	5	As bases das balanças estão dispostas perpendicularmente ao trabalhador, pelo que este tem de se ajustar à sua função	6	Não existe	2	60		Eng. Anabela
Encaixe e conexão de cabos e respetivas patilhas	Uso dos dedos e das unhas como ferramenta	Ferimentos leves, escoriações com necessidade de primeiros socorros	1	5	É mais prático e eficaz utilizar as unhas para colocar ou retirar patilhas dos conectores	3	Não existe	3	45		Eng. Anabela
Montagem e fixação dos componentes na balança	Não realizar atividades de precisão entre o peito e maxilar e sem apoio de cotovelo ou pulso.	Lesões músculo-esqueléticas com alguma gravidade nos braços e coluna. Grande desconforto e fadiga.	1	7	A bancada de trabalho não possui altura suficiente nem ajustabilidade	6	Não existe	3	126		Eng. Anabela
Montagem e fixação dos componentes na balança	Dobrar ou torcer pescoço mais de 20° para os lados ou para a frente e mais de 5° para trás	Lesões músculo-esqueléticas graves no pescoço e coluna. Grande desconforto e fadiga.	1	7	Dada a grande estatura do trabalhador, este necessita de dobrar o pescoço para visualizar as tarefas	7	Não existe	3	147		Eng. Anabela

Montagem e fixação dos componentes na balança	Má postura rotineiramente	Lesões músculo-esqueléticas na coluna, pescoço e braços. Desconforto constante.	1	7	A altura do trabalhador e impossibilidade de ajustar a bancada de trabalho resulta em posturas incorretas	7	O trabalhador tem liberdade para fazer pausas quando sentir necessidade	3	147		Eng. Anabela
Posto de trabalho	Pernas do trabalhador em posições de esforço assimétrico ou em posição que não de 180º em pé	LMEs nas ancas e coluna. Tensão muscular e desconforto.	1	5	O trabalhador necessita de dobrar as pernas para se aproximar da zona de trabalho	6	O trabalhador desloca-se frequentemente para o armazém, alongando e relaxando as pernas	2	60		Eng. Anabela
Posto de trabalho	Impossibilidade de alternar entre sentado e em pé quando necessário.		0								
Fixar e aparafusar componentes	Esforços ocasionais maiores (tarefa não fluída).	Lesões leves nos pulsos, tensão muscular, desconforto.	1	4	Certos parafusos apresentam obstáculos ou ângulos que impossibilitam o uso da parafusadora pelo que o trabalhador aparafusa os componentes manualmente	4	Não existe	1	16		Eng. Anabela

