

EMPILHADORES - AVALIAÇÃO DE RISCOS E DA FIABILIDADE HUMANA NA SUA UTILIZAÇÃO

Carlos Manuel Prada de Sousa

Provas destinadas à obtenção do grau de Mestre em Gestão Integrada da
Qualidade, Ambiente e Segurança



ISEC

Instituto Superior de Educação e Ciências

Outubro de 2012

INSTITUTO SUPERIOR DE EDUCAÇÃO E CIÊNCIAS

Escola de Ciências e Tecnologias

Provas no âmbito do 2º Ciclo de Estudos em Gestão Integrada da
Qualidade, Ambiente e Segurança

**EMPILHADORES - AVALIAÇÃO DE RISCOS E DA FIABILIDADE HUMANA
NA SUA UTILIZAÇÃO**

Autor: **Carlos Manuel Prada de Sousa**

Orientador: **João Luís Monteiro Ruivo Pedro**

Outubro de 2012

EPÍGRAFE

*"The only man who makes no mistake
is the man who does nothing."*

Theodore Roosevelt

DEDICATÓRIA

À memória da minha irmã Luísa, que em vida sempre me incentivou à prossecução dos estudos para a aquisição de novas e melhores competências técnicas.

AGRADECIMENTOS

A realização deste trabalho académico só foi possível graças à ajuda e colaboração de várias pessoas que, com o seu maior ou menor contributo, permitiram a sua prossecução com o detalhe científico que se exigia. Nessa oportunidade, torna-se necessário explicitar o agradecimento por algumas contribuições, em especial:

Ao Professor e Mestre João Ruivo, orientador desta tese de mestrado, pela sua enorme, abnegada e pronta disponibilidade com que sempre me recebeu, assim como pela orientação sempre segura, precisa e desafiadora;

Ao departamento de segurança da Empresa CMPS, S.A., pela permissão da análise “in situ” e dos documentos facultados, fatores importantes para a elaboração do estudo de caso desta dissertação;

Ao colega Carlos Alberto Costa que sempre me incentivou e que, ao ler este trabalho, reconhecerá a relevância de seu apoio;

À minha filha, esposa e mãe, suporte indispensável e permanente ao meu desenvolvimento pessoal, profissional e académico.

Aos mencionados e a todos os outros que, de algum modo, contribuíram para a realização deste trabalho académico, o meu sincero agradecimento.

Prada de Sousa

RESUMO

O presente trabalho tem por base a aplicação da Análise dos Modos de Falha e seus Efeitos (FMEA) e da Análise de Fiabilidade Humana (HRA), na utilização de empilhadores.

A Análise dos Modos de Falha e seus Efeitos (FMEA) incidiu na deteção das falhas potenciais que se reportam ao equipamento, de forma a identificar os perigos, avaliar a probabilidade de ocorrência de um acidente, devido a esse perigo, e detetar as suas possíveis consequências, e com base nos níveis de risco obtidos, foram propostas medidas que permitam maximizar a redução dos riscos na utilização de empilhadores.

A Análise de Fiabilidade Humana (HRA) versou na determinação da probabilidade da falha humana acontecer na utilização da máquina, no cumprimento de uma tarefa, em condições ambientais apropriadas e com recursos disponíveis para executá-la, sendo estas falhas classificadas, quantificadas e analisadas, com base em árvores de eventos e em estimativas de probabilidade de erro humano.

O Estudo de Caso desenvolveu-se na Empresa CMPS - Sociedade de Revestimentos, S.A., com base na FMEA e na metodologia THERP da HRA, aferidas "*in situ*", de forma a avaliar e detetar os fatores e deficiências favorecedoras da sinistralidade, sua distribuição setorial e tipo de medidas de prevenção e segurança mais adequadas a implementar para minimizar a ocorrência de novos acidentes.

Considerações finais, em que se releva a inclusão destas ferramentas ou de ferramentas similares nas várias indústrias para determinação da fiabilidade geral dos sistemas, em prol da segurança e da eficiência.

Palavras-chave: Empilhadores; FMEA; Fiabilidade Humana; Prevenção e Segurança

ABSTRACT

This work is based on the application of Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) and the Human Reliability Analysis (HRA) in the use of forklifts.

Analysis of the Failure Modes and Effects Analysis (FMEA) focused on the detection of potential failures that relate to the equipment in order to identify hazards, assess the likelihood of an accident, due to this danger, and detect the possible consequences, and based on risk levels obtained were proposed measures to maximize risk reduction in the use of forklifts.

The Human Reliability Analysis (HRA) dealt in determining the likelihood of human error happens when using the machine to perform a task, under appropriate environmental conditions and resources available to execute it. The failures were classified, quantified and analyzed, based on event trees and estimates of the probability of human error.

The case study was developed in the Company CMPS - Society for Coatings, SA, and it was based on the FMEA and on the THERP methodology of HRA and, measured "in situ", in order to evaluate and detect weaknesses and the factors favoring the accident, their sectoral distribution and type of prevention and safety measures more effective to be implemented to minimize the occurrence of new accidents.

Concluding remarks, which emphasizes the inclusion of these tools or similar tools in various industries to determine the overall reliability of the systems to promote security and efficiency.

Key Words: Forklifts; Failure Modes and Effects Analysis (FMEA); Human Reliability; Prevention and Safety

ÍNDICE

1 INTRODUÇÃO	1
1.1 Estrutura de organização da tese	2
1.2 Âmbito do trabalho	3
1.3 Problemática e a justificação de interesse	4
1.4 Objetivos do trabalho.....	4
2 MOVIMENTAÇÃO DE MATERIAIS / EMPILHADORES - ABORDAGEM TEÓRICA.....	5
2.1 A evolução na movimentação de materiais	5
2.2 Breve história do empilhador	7
2.3 Empilhadores - Abordagem teórica.....	11
2.3.1 Definição e classes.....	11
2.3.2 Classificação de empilhadores industriais.....	12
2.3.3 Componentes de empilhador elevador	12
2.3.4 Condições de operador de empilhadores	12
2.3.5 Equilíbrio de cargas e estabilidade	13
2.3.6 Causas de acidentes e identificação de riscos na operação com empilhadores ..	13
3 FMEA – ANÁLISE DOS MODOS DE FALHA E SEUS EFEITOS – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	19
3.1 Introdução	19
3.2 Histórico	19
3.3 Definições	20
3.4 Áreas de utilização da FMEA.....	23
3.5 Tipos de FMEA e sua caracterização	24
3.6 Implementação da FMEA.....	26
3.6.1 Etapas para a implementação	27
3.6.1.1 Planeamento	27
3.6.1.2 Análise de Potenciais Falhas	27
3.6.1.3 Avaliação dos Riscos.....	28
4. FIABILIDADE HUMANA - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	39
4.1 Definição e conceito	39
4.2 O erro humano	41
4.3 A classificação do erro humano.....	44
4.3.1 Deslizes.....	45
4.3.2 Enganos	47
4.3.3 Transgressões	49
4.4 Atividades sensoriais e cognitivas.....	51
4.5 Relação Homem - Máquina.....	55
4.5.1 Conceitos básicos	55
4.5.2 Fiabilidade humana no sistema Homem - Máquina.....	58
4.5.3 Melhoria do sistema Homem - Máquina	59
4.6 Métodos e técnicas de avaliação da fiabilidade humana	63
4.6.1 Método do Índice da Probabilidade de Sucesso (SLIM).....	64
4.6.2 Técnica de Incidentes Críticos (TIC)	65

4.6.3 Técnica “ <i>What-if</i> ”	65
4.6.4 Análise de Perigos de Operação (HAZOP)	66
4.6.5 Análise da árvore de falhas (FTA)	67
4.6.6 THERP - Técnica para Predição de Taxa de Erro Humano	67
4.6.6.1 Processo de Quantificação do THERP	69
4.6.6.2 Fatores delimitadores do desempenho humano (PSF)	71
4.6.6.3 Dependência	72
5 ESTUDO DE CASO	77
5.1 Caracterização da empresa	77
5.2 Procedimentos de segurança implementados na “ <i>CMPS</i> ”	79
5.3 Identificação dos riscos / perigos.....	80
5.4 Acidentes de trabalho	80
5.4.1 Caraterização dos Acidentes.....	81
5.5 Implementação da metodologia (FMEA) à fiabilidade do equipamento	84
5.5.1 Resultados e discussão.....	98
5.5.1.1 Resultados.....	98
5.5.1.2 Discussão	101
5.6 Implementação da técnica para predição de taxa de erro humano (THERP) na avaliação da fiabilidade humana.....	102
5.6.1 Introdução	102
5.6.2 Metodologia.....	102
5.6.2.1 Identificação dos locais de laboração potenciadores da ocorrência de erros humanos.....	103
5.6.2.2 Análise e listagem das operações humanas relacionadas	104
5.6.2.3 Estimar as probabilidades de erro relevantes	107
5.6.2.4 Estimar os efeitos dos erros humanos nos eventos de falhas do sistema	110
5.6.2.5 Recomendar mudanças no sistema e recalcular as probabilidades de falhas do sistema.....	111
5.6.2.5.1 Mudanças recomendada	111
5.6.2.5.2 Recalcular as probabilidades de falhas do sistema.....	112
5.6.3 Resultados e discussão.....	113
5.6.3.1 Resultados.....	113
5.6.1.2 Discussão	114
6 CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS.....	117
6.1 Limitações do trabalho realizado.....	119
6.2 Trabalhos futuros.....	120
BIBLIOGRAFIA	121
ANEXOS	127
ANEXO I - COMPONENTES DE EMPILHADOR ELEVADOR.....	129
ANEXO II - CONDIÇÕES DE OPERADOR DE EMPILHADORES	135
ANEXO III - EQUILÍBRIO DE CARGAS E ESTABILIDADE	139
ANEXO IV- IDENTIFICAÇÃO DE RISCOS	147
ANEXO V - EXEMPLO DE FORMULÁRIO FMEA	161
ANEXO VI - IDENTIFICAÇÃO DOS RISCOS / PERIGOS NA CMPS.....	163
ANEXO VII - MODELO DE PARTICIPAÇÃO DE ACIDENTE DE TRABALHO E MAPA DE ENCERRAMENTO	169
ANEXO VIII - TABELAS	173

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - “ <i>Trucktractor</i> ” (camião trator).....	8
Figura 2 - “ <i>TruckLift</i> ” (camião elevador).....	8
Figura 3 - “ <i>Forklift Truck</i> ” (empilhador).....	9
Figura 4 - Primeiro empilhador híbrido do mundo.....	10
Figura 5 - Indicativo - Modo de falha é uma ação interna e efeito uma ação externa....	23
Figura 6 - Esquema de implementação tradicional do FMEA.....	32
Figura 7 - Exemplo de Gráfico de Áreas.....	35
Figura 8 - Encadeamento entre os conceitos de falha, erro e disfunção.....	42
Figura 9 - Hexágono das causas da falha humana.....	43
Figura 10 - Classificação básica das falhas humanas.....	45
Figura 11 - Classificação dos deslizos.....	47
Figura 12 - Classificação dos enganos.....	49
Figura 13 - Classificação e principais causas das transgressões humanas.....	50
Figura 14 - Resposta a estímulos do ponto de vista cognitivo.....	54
Figura 15 - Componentes e fatores do sistema Homem - Máquina.....	57
Figura 16 - Temperatura e humidade do ar para conforto humano.....	60
Figura 17 - Condições sonoras para conforto humano.....	60
Figura 18 - Disposição padrão para montagem de interruptores.....	61
Figura 19 - Empilhador LINDE H70.....	78
Figura 20 - Empilhador em atividade.....	78
Figura 21 - Gráfico de Áreas.....	95
Figura 22- Árvores de Eventos - Alimentar linha de fabricação.....	108
Figura 23 - Árvores de Eventos - Descarregar linha de fabricação.....	108
Figura 24 - Árvores de Eventos - Armazenar material acabado.....	109
Figura 25 - Árvores de Eventos - Expedição de material acabado.....	109
Figura 26 - Árvores de Eventos - Abastecer empilhadores.....	110
Figura 27 - Componentes Principais de um Empilhador.....	129
Figura 28- Empilhador apetrechado de cabine.....	132
Figura 29 - Triângulo de estabilidade de empilhador.....	139
Figura 30 e Figura 31- Empilhador em repouso, arranque, travagem e em curva.....	140
Figura 32 - Tabela limite de carga e distâncias.....	141
Figura 33 - Momentos atuantes no empilhador.....	142
Figura 34 - Variação da estabilidade com a Altura da Carga.....	143
Figura 35 - Variação da estabilidade com a alteração do Centro de Carga.....	143
Figura 36 - Momentos adicionais gerados pela carga em movimento.....	145
Figura 37 - Momentos gerados com as mudanças de direção.....	146

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1 - Breve histórico da movimentação de materiais - Fonte: Moura (2005).....	6
Quadro 2 - Relatório de acidentes com empilhadores - Fonte: OSHA (2008).....	15
Quadro 3 - Relatório causas de acidentes com empilhadores - Fonte: INSHT (2008) ..	16
Quadro 4 - Modo de falha com a abordagem funcional.....	21
Quadro 5 - Modo de falha com a abordagem estrutural.....	22
Quadro 6 - Escala de Ocorrência - Fonte: Palady (2007).....	29
Quadro 7 - Escala de Severidade - Fonte: Palady (2007).....	30
Quadro 8 - Escala de Detecção - Fonte: Palady (2007)	30
Quadro 9 - Formulário de entrada - Fonte: Palady (2007)	34
Quadro 10 - Matriz para cálculo das médias das notas - Fonte Palady (2007)	34
Quadro 11 - Matriz de Investigação – Fonte: Palady (2007)	36
Quadro 12 - Erros em relação à intenção e ao estágio cognitivo - Filgueiras (1996)	48
Quadro 13 - PSF Externos.....	71
Quadro 14 - PSF de Stress.....	72
Quadro 15 - PSF Internos	72
Quadro 16 - Níveis de dependências	73
Quadro 17 - Distribuição dos acidentes ocorridos	82
Quadro 18 - Formulário de Entrada.....	86
Quadro 19 - Formulário FMEA.....	89
Quadro 20 - Hierarquização dos modos de falha segundo Efeitos/Prioridades e RPN..	96
Quadro 21 - Alimentar e descarregar linhas de fabricação - Tarefas e PSFs	104
Quadro 22 - Armazenar material acabado - Tarefas e PSFs.....	105
Quadro 23 - Expedição de material - Tarefas e PSFs.....	105
Quadro 24 - Abastecer empilhadores - Tarefas e PSFs.....	106
Quadro 25 - Frequência de utilização - Acidentes + incidentes ano 2011	107
Quadro 26 - Nova probabilidade de falha do sistema	113

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Total de Acidentes / Ano na CMPS	80
Tabela 2 - Total de Acidentes / Ano envolvendo Empilhadores	80
Tabela 3 - Dia da semana da ocorrência dos acidentes	82
Tabela 4 - Hora da ocorrência dos acidentes (1.º Turno)	82
Tabela 5 - Hora da ocorrência dos acidentes (2.º Turno)	83
Tabela 6 - Hora da ocorrência dos acidentes (3.º Turno)	83
Tabela 7 - Acidentes ocorridos por antiguidade na empresa.....	83
Tabela 8 - Acidentes ocorridos por grupo etário	83
Tabela 9 - Matriz para cálculo das médias das notas da Ocorrência.....	93
Tabela 10 - Matriz para cálculo das médias das notas da Severidade.....	93
Tabela 11 - Matriz para cálculo das médias das notas de Detecção.....	94
Tabela 12 - Matriz das médias das notas de Ocorrência, Severidade e Detecção.....	94
Tabela 13 - Matriz de Prioridade de Risco (RPN).....	95
Tabela 14 - Matriz de Alta Influência	98

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

FTA - *Fault Tree Analysis* (Análise da árvore de falhas)

ACT - Autoridade para as Condições do Trabalho

CG - Centro de Gravidade

FCM - *Fuzzy Cognitive Map* (Mapas Cognitivos Fuzzy)

FMEA - *Failure Mode and Effect Analysis* (Análise dos Modos de Falha e seus Efeitos)

FMECA - *Failure Mode and Criticality Analysis* (Análise dos Modos de Falha, seus Efeitos e Criticidade)

FOPS - *Falling Object Protection Structure* (Estrutura de Proteção contra Queda de Objetos)

FTA - *Fault Tree Analysis* (Análise da Árvore de Falhas)

HAZOP - *Hazard and Operability Study* (Análise de perigos de operação)

HEP - *Human Error Probability* (Probabilidades de Erro Humano)

HRA - *Human Reliability Analysis* (Análise de Fiabilidade Humana)

INE - Instituto Nacional de Estatística

ISO - *International Organization for Standardization* (Organização Internacional de Padronização)

INSHT - *Instituto Nacional de Seguridad e Higiene em el Trabajo* (Instituto Nacional de Segurança e Higiene do Trabalho)

GNC - Gás Natural Comprimido

GPL - Gás Propano Liquefeito

MDF - *Medium Density Fiberboard* (Placa de Fibra de Madeira de Média Densidade)

NTP - *Norma Técnica de Prevención* (Norma Técnica de Prevenção)

OSHA - *Occupational Safety and Health Administration* (Administração de Segurança e Saúde Ocupacional)

PSF - *Performance Shaping Factors* (Fatores Delimitadores do Desempenho Humano)

QFD - *Quality Function Deployment*

RPN - *Risk Priority Number* (Número de Prioridade de Risco)

ROPS - *Roll Over Protection Structure* (Estrutura de Proteção para o caso de Capotamento)

SAE - *Society of Automotive Engineers* (Sociedade de Engenheiros da Mobilidade)

SGA - *Sistema de Gestão Ambiental*

SLIM - *Success Likelihood Index Method* (Método do Índice da Probabilidade de Sucesso)

SLIM-SARAH - *SLIM Sensitivity Analysis for Reliability Assessment of Humans* (Análise de sensibilidade para avaliação de fiabilidade em humanos)

THERP - *Technique for Human Error Rate Prediction* (Técnica para Predição de Taxa de Erro Humano)

TIC - *Critical Incident Technique* (Técnica de Incidentes Críticos)

1 INTRODUÇÃO

No transporte e manipulação de cargas, em espaços interiores ou exteriores das empresas, os empilhadores assumem um papel primordial e a sua utilização comporta uma série de riscos tanto para os bens que se manipulam e instalações de armazenamento, como primordialmente para os operadores e pessoal que trabalha na sua envolvente.

Num dos estudos realizados pela *Swedish Transport Research Institute*, em 2007, verificou que a média de movimentos realizados num turno, por um operador de um empilhador retráctil, ascendeu a mais de 10.000 movimentos de girar a cabeça e a mais de 20.000 movimentos com os braços, e por inerência a uma infinidade de movimentos com as pernas, pés, etc.

Dai a importância que cada vez mais, os fabricantes de empilhadores estão a dar ao fator ergonómico das máquinas, de forma a prevenir a fadiga, o stress e as doenças laborais nos operadores de empilhadores.

Os acidentes com empilhadores e a falta de equipamentos de segurança, acarretam custos directos e indirectos para as empresas e dão lugar a danos, com diferentes níveis de gravidade para o operador e pessoal.

Na ótica da prevenção de acidentes no transporte e manipulação de cargas, foram desenvolvidas diversas ferramentas, com incidência para a Análise dos Modos de Falha e seus Efeitos (FMEA) direccionada para a identificação dos perigos e a Análise de Fiabilidade Humana (HRA) para a determinação da probabilidade da falha humana acontecer na utilização do equipamento e/ou na execução da tarefa.

1.1 Estrutura de organização da tese

O presente trabalho encontra-se organizado em oito partes, incluindo a introdução em que se apresentam comentários iniciais, objetivo do trabalho, assim como a justificação desses.

I - Introdução;

II - Movimentação de materiais / Empilhadores - Abordagem Teórica;

III - Análise dos Modos de Falha e seus Efeitos (FMEA) - Revisão Bibliográfica;

IV - Análise de Fiabilidade Humana (HRA) - Revisão Bibliográfica;

V - Estudo de Caso;

VI - Conclusões e Trabalhos Futuros.

Tendo em conta os pressupostos referidos no ponto anterior, o trabalho desenvolveu-se nas seguintes etapas:

- Descrever a movimentação de materiais, a história do empilhador, expor as definições e classes dos empilhadores industriais, os seus componentes, as condições de operação e os princípios básicos do equilíbrio de estabilidade de cargas e identificar as principais causas dos acidentes e dos riscos na operação com empilhadores;

- Definição e conceito da fiabilidade, no contexto da Análise dos Modos de Falha e seus Efeitos (FMEA), seu histórico, áreas de utilização, tipos de FMEA e sua caracterização e sua implementação;
- Definição e conceito da Fiabilidade Humana, incluindo o erro humano, a classificação do erro humano, as atividades sensoriais e cognitivas, os métodos e técnicas de avaliação da fiabilidade humana com incidência para o método da Predição de Taxa de Erro Humano (THERP);
- Estudo de caso, com a implementação da Análise dos Modos de Falha e seus Efeitos (FMEA) e a metodologia THERP da Análise de Fiabilidade Humana (HRA), tendo por base as evidências participadas e aferidas “*in situ*”, na identificação dos perigos e do erro humano na utilização dos empilhadores;
- Conclusões e Trabalhos Futuros na ótica do trabalho desenvolvido.

1.2 Âmbito do trabalho

O presente trabalho tem por finalidade, implementar metodologias para avaliar e detetar os fatores favorecedores da sinistralidade na operação com empilhadores, para determinar a fiabilidade geral dos sistemas, em prol da segurança e da eficiência, que se traduzirá na adoção das seguintes ferramentas:

- Análise dos Modos de Falha e seus Efeitos (FMEA) com o propósito de avaliar e minimizar riscos de possíveis falhas e seus efeitos, de forma a adotar medidas preventivas e corretivas.

- Análise de Fiabilidade Humana (HRA) com o desígnio de estudar os fatores humanos e possíveis causas de falha humana que podem originar acidentes na utilização de empilhadores.

1.3 Problemática e a justificação de interesse

Em qualquer atividade comercial de transporte e manipulação de cargas, o seu licenciamento implica um estudo de avaliação de riscos tanto para os bens que se manipulam e instalações de armazenamento, como para os operadores e pessoal que trabalha na sua envolvente.

Este trabalho apresenta procedimentos de avaliação e prevenção de riscos para o licenciamento de empresas com a componente de transporte e manipulação de cargas.

1.4 Objetivos do trabalho

O trabalho tem como propósito sensibilizar as empresas no âmbito da manipulação de cargas com empilhadores, para a avaliação, deteção e prevenção das falhas potenciadoras da sinistralidade, através da implementação da Análise dos Modos de Falha e seus Efeitos (FMEA) e da Análise de Fiabilidade Humana (HRA).

Dotar as referidas empresas e os seus técnicos de um documento que possa ser utilizado e adaptado para avaliar as falhas e os erros humanos na manipulação de cargas com empilhadores.

2 MOVIMENTAÇÃO DE MATERIAIS / EMPILHADORES - ABORDAGEM TEÓRICA

2.1 A evolução na movimentação de materiais

O homem ao longo da história, projetou e desenvolveu meios para se locomover e para transportar materiais, com o objetivo de tornar a sua sobrevivência na melhor forma possível, para isso produziu dispositivos que se traduziram na aplicação de esforços cada vez menores.

Segundo Moura (2005), foi com a aplicação da alavanca, da roda, das polias e do plano inclinado que o homem começou a tornar o seu trabalho de levantar, movimentar de um lugar para o outro e de carregar mais fácil, rápido e seguro.

Os primeiros registos de movimentação de materiais estão no Antigo Egipto, e referem-se ao transporte de blocos de pedra e estátuas.

Sobre as obras egípcias, Moura (2005) descreve que *“a construção de pirâmides e edifícios, a mineração, o movimento de pedras para as estátuas, o transporte de água para as obras, a construção de navios e o embarque de cargas forçaram o desenvolvimento de guindastes, roldanas, carrinhos de mão e mecanismos similares”*.

Com a evolução e crescimento dos sistemas de fabricação, o homem foi afeiçoando e desenvolvendo equipamentos para reduzir os esforços físicos e aumentar a produtividade, pois a força humana e a animal foram-se tornando insuficientes. Desse modo, reduziu-se a componente mão-de-obra, o que se traduziu na redução do custo do produto final.

No Quadro 1 apresenta-se um breve histórico da evolução na movimentação de materiais.

Quadro 1- Breve histórico da movimentação de materiais - Fonte: Moura (2005)

Época / Data	Evolução na Movimentação de Materiais
Pré-história	Alavanca, plano inclinado, rodas, polias, etc.
3.500 A.C.	1º Carrinho que se conhece (museu do Egipto).
1.500 A.C.	Egipto - Armazéns para 7 anos de abundância e 7 anos de escassez.
450 A.C.	Movimentação de 2.300.000 blocos para a construção da pirâmide de Queops.
30 A.C.	Fluxos na escrita "A Arquitetura", por Marcus Eitrubius Pollio.
1436	Os venezianos estabelecem uma linha (1º linha) de montagem para a construção de navios.
1500	O livro "De Re Metallica", de G. Agrícola, mostra: carrinho de mão, veículos de tração para minas, sarilho, bombas de sucção, moinhos de água.
1700	Josiah Wedgewood (Inglaterra) aplica a movimentação mecânica na produção de louças de porcelana.
1780	Oliver Evans (USA) cria seu moinho de farinha "automático" próximo à Philadelphia (Relatado no livro: "The Young Mill Wright and Miller's Guide").
1796	Bolton e Walf (Inglaterra) criam os guindastes giratórios e aparelhos de elevação.
1860	Bolton & Wright instalam a 1ª ponte rolante. São introduzidos os primeiros transportadores contínuos para granéis. Taylor estuda os movimentos (manuseios) nos postos de trabalho.
1906	Primeiro empilhador motorizado.
1913	Henry Ford introduz a linha de montagem progressiva.
1914	Ford introduz a padronização de embalagens.
1920	Era da "Produção em Linha". Uso de paletes, empilhadores manuais, empilhadores motorizados, moto trilhos, etc.
1930	Introdução da aplicação da carga inutilizada na indústria e no comércio.
1946	Cantoneiras metálicas e perfuradas para estantes.
1950	Era da Mecanização. Os problemas de Movimentação de materiais são equacionados pela aplicação do equipamento.
1960	Computadores e automatização se tornam um meio de controlo da atividade de movimentação de materiais.
1966	Trans-elevadores em armazenagem automática.
1970	Evolução para Logística Integrada.
1980	Just-in-Time / Qualidade Total.
1988	Globalização / ISO 9000.
1992	Tecnologia da Informação.
1994	ISO 14000 - Logística Reversa.
1996	Condomínios e Consórcios Modulares.
1998	Comércio Eletrónico.
2000	Gestão da Cadeia de Abastecimento.
2005	RFID - Identificação por Radiofrequência.

A movimentação de materiais é comum a todo o tipo de empresas e está relacionada com o transporte, armazenamento e distribuição de matérias-primas e produtos acabados, e é no contexto dessa necessidade que surge o empilhador.

2.2 Breve história do empilhador

Segundo Brindley (2009), o desenvolvimento industrial que despontou a partir da metade do século XIX, originou a necessidade de maior mecanização da movimentação de materiais.

As empresas com o aumento da sua gama de produtos, diversos equipamentos operados manualmente foram sendo introduzidos e modificados. Esses tomaram a forma de plataformas de camião acionadas manualmente e carretas sobre rodas, o que tornou possível a movimentação horizontal de múltiplas cargas.

No decurso da 1ª Guerra Mundial, grande parte dos homens foram mobilizados, aumentando os esforços sobre os trabalhadores das fábricas e encorajando a indústria a fazer maior uso da mecanização na movimentação de materiais e cargas.

Em 1917, nos EUA, a Clark Company produziu um veículo triciclo para transporte de produtos e equipamentos dentro dos departamentos de sua própria fábrica, denominado “*trucktractor*” (camião trator), era movido por motor a gasolina e carregava materiais e peças numa caixa de madeira na frente do condutor, cuja caixa de carga era carregada e descarregada manualmente.

Os empresários de outras indústrias ficavam impressionados com a facilidade e mobilidade de transporte do camião trator, e solicitaram que a Clark Company construísse para as suas indústrias camiões tratores. Em 1918, foram construídos 8 camiões tratores, e em 1919 a Clark Company vendeu mais de 75 camiões tratores (Figura 1).



Figura 1 - “*Trucktractor*” (camião trator)
Fonte: Intra Logística (2009)

Em 1920, a Clark Company produziu um veículo plataforma designado “*TruckLift*” (camião elevador) (Figura 2) com capacidades de 2000 a 5000 kg. Foi o primeiro camião trator industrial a utilizar energia hidráulica como meio de elevação da carga.

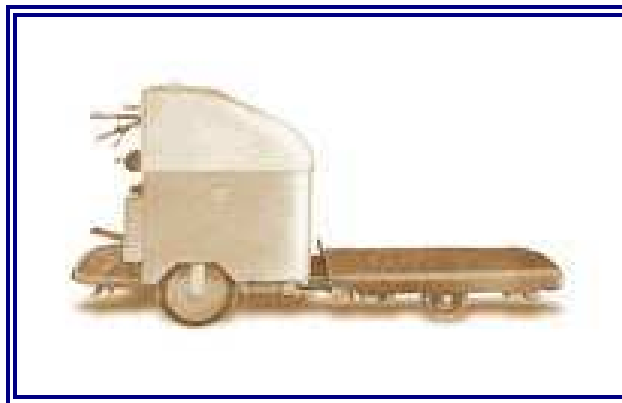


Figura 2 - “*TruckLift*” (camião elevador)
Fonte: Intra Logística (2009)

Em 1923 Clark Company produziu o “*Duat*” (trator rebocador), o primeiro camião trator compacto com três rodas movido a gás, com capacidade de tração de 750 kg.

O “*Duat*” foi usado como base para a construção do primeiro “*Forklift Truck*” (empilhador), (Figura 3) e era movido a gás.

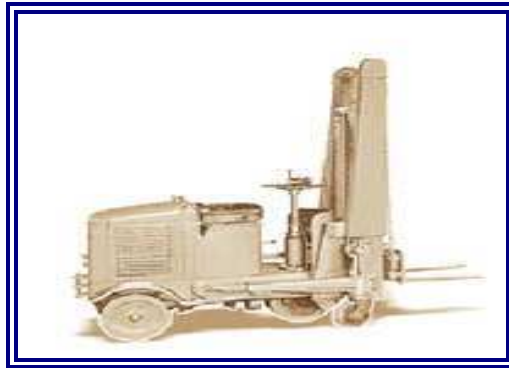


Figura 3 - “*Forklift Truck*” (empilhador)
Fonte: Intra Logística (2009)

A Segunda Guerra Mundial, que decorreu ente 1939 e 1945, estimulou o uso de empilhadores no esforço de guerra. Após a guerra, e o confronto com os novos métodos de armazenamento de produtos, levou ao desenvolvimento de gerações de empilhadores mais ágeis e compactos, com maior capacidade de peso e alcance de alturas maiores.

Nos anos 50 surgiram os empilhadores alimentados por bateria e o desenvolvimento de porta-paletes. No final dos anos 60 surgiu o primeiro sistema de controlo eletrónico para empilhadores elétricos, na década de 70, o aperfeiçoamento do sistema de controlo do motor e do próprio motor, e nas décadas de 80 e 90 a consolidação da indústria dos vários fabricantes e da diversidade de equipamentos e o avanço da tecnologia dos empilhadores.

O empilhador na atualidade tem uma série de opções de combustível: gasolina, diesel, bateria elétrica, gás natural comprimido (GNC) e gás propano liquefeito (GPL).

O primeiro empilhador híbrido do mundo com bateria de iões de lítio e motor a diesel, com a capacidade de 4.0 - 5.0 toneladas (Figura 4), foi apresentado em Abril de 2010 na exposição de Bauma, em Munique, Alemanha, pela Mitsubishi Heavy Industries. O consumo de combustível é 39% menor do que os modelos existentes e as emissões de dióxido de carbono são 14,6 toneladas / ano a menos do que os dos modelos equipados com motores de combustão interna.



Figura 4 - Primeiro empilhador híbrido do mundo
Fonte: Logismarket / euroleva (2010)

Com o desenvolvimento das Células de combustível de hidrogénio, uma série de empresas americanas, com ênfase para a Coca-Cola reconverteram a sua frota de empilhadores, alimentando-os a hidrogénio.

As vantagens do hidrogénio de energia de célula de combustível, apesar do seu ainda elevado custo, possibilitam a capacidade de reabastecer rapidamente (similar ao GLP, GNC ou Diesel), e evitam as dificuldades e custos associados à troca de bateria / carga, proporcionando benefícios de eficiência energética, de ar limpo e do respeito pelo meio ambiente, por ser uma fonte de energia praticamente livre de emissões de gases de estufa.

Atualmente existe um modelo de empilhador para cada tipo de armazenagem, empilhadores de diversos tamanhos e potências que se adaptam a todo tipo de necessidade e ergonomicamente concebidos para proporcionar maior conforto ao operador e maior produtividade.

Em conclusão *“Tudo o que se come ou veste, e tudo em nossas casas, incluindo os materiais para a construir, em algum momento foi armazenado e manuseado por um empilhador”* (Autor Desconhecido).

2.3 Empilhadores - Abordagem teórica

2.3.1 Definição e classes

Segundo Nunes (2006) designam-se por empilhadores ou por carros automotores de movimentação e de elevação de cargas, todas as máquinas que se deslocam no solo, possuindo tração motorizada, e que são capazes de levantar, baixar, transportar e empurrar cargas. O empilhador é um aparelho autónomo, capaz de transportar e movimentar cargas e que assenta em dois eixos: o eixo dianteiro – motriz e o eixo traseiro – direcional.

De acordo com a World Industrial Truck Statistics (2006), os empilhadores estão divididos em VIII classes. Essa classificação é universal e aplica-se a todos os fabricantes e foi determinada tendo em consideração as características construtivas e a utilização dos equipamentos.

As classes foram determinadas atendendo à posição do condutor (condutor montado / condutor a pé), à altura a que se eleva a carga (baixa elevação / grande elevação), à posição da carga (com contrapeso / equilíbrio entre a carga e o contrapeso / sem contrapeso) e ao tipo de motor (elétrico / combustão interna), sendo estas as seguintes:

- Classe I - Empilhadores contrabalançados elétricos;
- Classe II - Empilhadores elétricos para corredor estreito;
- Classe III - Empilhadores elétricos manuais e pedonais;
- Classe IV - Empilhadores a combustão interna com pneus sólidos;

- Classe V - Empilhadores a combustão interna com pneus pneumáticos (ar);
- Classe VI - Tratores a combustão interna ou com motorização elétrica;
- Classe VII - Empilhadores para terrenos industriais, a combustão interna;
- Classe VIII - Transportadores de pessoas e carga.

2.3.2 Classificação de empilhadores industriais

A Federação Europeia de Manutenção classifica os tipos de empilhadores em 13 grupos de produtos, que por sua vez se subdividem em 37 categorias. Esta variedade de tipos, unida à ampla gama de acessórios disponíveis no mercado, permite a manipulação de todo o tipo de cargas unitárias ou a granel em condições de segurança, tornando-se difícil uma enumeração exaustiva de todos eles.

Os critérios gerais adotados para a sua classificação foram: Segundo o tipo de utilização (empilhadores de interior e empilhadores de exterior), segundo o tipo de carga a manobrar e segundo a zona de trabalho.

2.3.3 Componentes de empilhador elevador

Os componentes de um empilhador elevador encontram-se descritos no **Anexo I**.

2.3.4 Condições de operador de empilhadores

De acordo com Decreto-Lei n.º 103/2008, o operador de uma máquina é "*a(s) pessoa(s) encarregada(s) de instalar, fazer funcionar, regular, limpar, reparar ou deslocar uma máquina ou de proceder à sua manutenção*".

O Decreto-Lei n.º 50/2005 também define que o operador é "*qualquer trabalhador incumbido da utilização de um equipamento de trabalho*" e no seu artigo 32.º, ponto 1 refere que "*os equipamentos de trabalho automotores só podem ser conduzidos por trabalhadores devidamente habilitados*".

O operador de empilhadores elevadores deverá possuir aptidões psicofísicas e sensoriais adequadas, ter recebido formação suficiente, que tenha sido autorizado pela empresa para este fim e que exista registro da autorização e da formação recebida.

As condições que um operador de empilhadores deve reunir encontram-se descritas no **Anexo II**.

2.3.5 Equilíbrio de cargas e estabilidade

Por ser pertinente, o equilíbrio de cargas e a estabilidade, para a abordagem teórica sobre empilhadores, os seus princípios foram inseridos no **Anexo III**.

2.3.6 Causas de acidentes e identificação de riscos na operação com empilhadores

Segundo o *Eurostat* de 4/2000, na União Europeia morrem todos os anos cerca de 5500 pessoas em acidentes no local de trabalho, dos quais cerca de um terço está relacionado com acidentes de transporte.

Os empilhadores estão envolvidos em inúmeros acidentes no local de trabalho, sobretudo quando efetuam manobras de marcha atrás e de inversão de marcha. Os fatores que aumentam a probabilidade de ocorrência de acidentes incluem: formação inadequada; sinalização de aviso inexistente; manutenção incorreta; iluminação insuficiente e falta de espaço.

O Instituto Nacional de Estatística (INE), a Autoridade para as Condições do Trabalho (ACT) e as diversas entidades académicas nacionais não dispõem de qualquer estudo estatístico referente às causas de acidentes com empilhadores elevadores, pelo que as análises que se apresentam têm como suporte a OSHA (Occupational Safety and Health Administration) e o Instituto Nacional de Seguridad e Higiene em el Trabajo de Espanha (INSHT).

A OSHA (2008) estima, que há 68.400 acidentes por ano, envolvendo equipamentos industriais, aproximadamente 90.000 trabalhadores sofrem algum tipo de ferimento nestes acidentes, resultando em perda de dias de trabalho, reclamações dos trabalhadores (indenizações) e em perda de produtividade, danos infligidos nos equipamentos e nas instalações.

No que se referem aos empilhadores, os acidentes sucedem em termos percentuais da forma seguinte:

- Cerca de 26% dos acidentes são decorrentes de capotamento;
- 14% dos acidentes são o resultado de carga ou queda de objeto sobre trabalhadores;
- 18% dos acidentes ocorrem quando um trabalhador ou outras pessoas são atingidos por um empilhador, por estarem ocupados com outras tarefas e não atenta com a proximidade de um empilhador em operação;
- 14% dos acidentes ocorrem porque o empilhador é usado inadequadamente para transportar trabalhadores;
- 3% dos acidentes ocorrem porque o operador perdeu o controle do veículo;

- 25% dos acidentes ocorrem por falta de formação dos trabalhadores, por falta de manutenção do empilhador e por o *layout* de trabalho estar mal elaborado.

Os acidentes com empilhadores perfazem aproximadamente 1% dos acidentes industriais, mas eles produzem danos terríveis em 10% das vítimas e que se traduzem em custos associados de 135 milhões Euros / ano.

Numa vasta análise aos acidentes graves ocorridos entre 1984 e 1991 nos EUA, a partir dos relatórios de investigação dos acidentes com empilhadores, a OSHA conseguiu determinar, conforme (Quadro 2), as causas que geraram a ocorrência dos acidentes.

Quadro 2 - Relatório de acidentes com empilhadores - Fonte: OSHA (2008)

Relatório de Acidentes Graves Ocorridos com Empilhadores	
Causa do Acidente	Número
Falta de formação	19
Equipamento inapropriado	10
Capotagem	53
Carga instável	45
Excesso de peso	15
Visão obstruída	10
Transporte de passageiro	8
Falta de atenção do operador	59
Queda de uma plataforma ou cais	9
Queda do empilhador	6
Operadores elevados / inseguros	26
Operador atingido por carga	37
Empregado atingido por carga	8
Acidente durante a manutenção	14
Veículo engatado	6
Excesso de velocidade	5
Total	330

O INSHT no seu n.º 1014 de 2008, apresenta também um estudo (Quadro 3) das causas detetadas que deram origem a acidentes com empilhadores elevadores, após a análise de 160 acidentes ocorridos com a utilização dos empilhadores no transporte de cargas.

Quadro 3 - Relatório causas de acidentes com empilhadores - Fonte: INSHT (2008)

Relatório de Causas de Acidentes Ocorridos com Empilhadores no Transporte de Cargas	
1 - Causas essas relacionadas com a falta de observação das regras de segurança	Número
Operadores não formados	38
Elevação de pessoas sobre as paletes, forquilhas, ou cargas	13
Faltas de condução caracterizadas, ações intempestivas, falta de atenção	12
Cargas instáveis ou mal cintadas	12
Mau procedimento operativo	12
Circulação com carga alta, mastro não conforme	6
Falta de coordenação nas operações de verificação e manutenção	6
Falta de adaptação de operadores a empilhadores de recurso	3
Total	102
2 - Causas relacionadas com o meio	
Solo em mau estado	21
Falta de visibilidade	12
Armazenamentos perigosos	3
Implantação inadequada de postos de trabalho nos corredores	4
Total	40
3 - Causas relacionadas com os empilhadores	
Ausência de protetores	4
Zonas perigosas acessíveis	5
Dispositivos de comando mau concebidos	4
Falhas dos dispositivos hidráulicos ou dos travões	5
Total	18

Da análise ao estudo realizado pelo INSHT conclui-se que 63,7% dos acidentes ocorridos estão relacionadas com a falta de observação das regras de segurança, 25% relacionadas com o meio e somente 11,3 % estão relacionadas com os empilhadores.

Em qualquer atividade humana, e em particular, na atividade industrial, os perigos estão presentes, os riscos devem ser controlados e as consequências de um acidente têm que ser reduzidas.

Para a prevenção dos riscos de trabalho que podem ocorrer na utilização de empilhadores elevadores, deve-se ter presente uma ampla gama de perigos, situações e factos perigosos que, caso se materializem, podem dar lugar a danos, com diferentes níveis de gravidade para as pessoas.

Entre outros aspetos, devem-se ter em conta os seguintes:

- A formação, experiência, capacidade física e psíquica do operador dos empilhadores;
- A presença de pessoas na envolvente da área de trabalho;
- O tipo de empilhador utilizado e sua adequação à tarefa que deve realizar (a velocidade dos ciclos de trabalho, sobrecargas e limpeza), sua manutenção, estado, a disponibilidade e adequação de seus elementos de segurança (Exemplo: avisador acústico, luz rotativa, sistema de retenção do operador sobre o assento, etc.);
- A utilização de cargas paletizadas ou não, o peso das unidades de carga, as características da carga, suas dimensões e posição sobre a forquilha, as características dos acessórios utilizados, a estabilidade e acondicionamento dos mesmos, etc.;

- O ambiente de trabalho com todas as suas características: Trabalhos no interior de locais (áreas de circulação e trabalho, dimensões dos locais, tipo de materiais a manipular, presença e passagem de pessoas, entrada e saída de empilhadores e pessoas, tipo e características de armazenamento, etc.), trabalhos no exterior, no interior de frigoríficos, em caixas de camiões, distribuição (interior e/ou exterior), trabalhos em áreas classificadas com risco de incêndio e explosão, trabalhos especiais, estado dos pavimentos (buracos, húmido, molhado, etc.), tipos de pavimentos (rugoso, deslizante, etc.), pendentes, etc.

No **Anexo IV**, descrevem-se os principais riscos, consequências, causas e as medidas de prevenção, com o objetivo de garantir os riscos avaliados em níveis controlados.

3 FMEA – ANÁLISE DOS MODOS DE FALHA E SEUS EFEITOS – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Introdução

No presente capítulo apresenta-se uma revisão bibliográfica, sobre a Análise dos Modos de Falha e seus Efeitos (FMEA), contextualizada no seu histórico, definições, áreas de utilização, tipos, sua caracterização e sua implementação.

3.2 Histórico

A FMEA teve sua origem nos Estados Unidos em Novembro de 1949, como um padrão para as operações militares - *Procedures for Performing a Failure Mode, Effects and Criticality Analysis MIL-P-1629*, (1974). Esta norma foi originalmente utilizada como uma técnica de avaliação da fiabilidade para determinar o efeito das falhas do sistema e equipamentos. As falhas foram classificadas de acordo com seu impacto no sucesso da missão e do pessoal / equipamento.

Em complemento à norma MIL-P-1629 (1974), a NASA em 1960 desenvolveu e aplicou a norma MIL-STD-1629A, (1980) para efeitos da análise da criticidade, para melhorar e verificar a fiabilidade do hardware do programa espacial. Teve a sua aceitação e incremento na indústria automobilística nos anos 70. Os procedimentos da norma MIL-STD-1629A, (1980) são provavelmente os métodos mais largamente aceites em toda a indústria militar e comercial.

Em 1988, a Organização Internacional de Padronização (*International Organization of Standardization*) lançou a norma ISO 9000, dando um impulso às organizações para desenvolverem um Sistema de Gestão de Qualidade formalizado e direcionado às necessidades, desejos e expectativas dos clientes.

Em 1994 a *Society of Automotive Engineers* (SAE) publicou a norma SAE J1739, que define a forma como a FMEA deve ser realizada.

A FMEA foi disseminada na indústria automóvel com o surgimento da QS 9000, criada pela Chrysler Corporation, Ford Motor Company e General Motors Corporation. Em 2006 a QS 9000 foi substituída pela ISO TS 16949, o que tornou a FMEA passível de ser auditada.

3.3 Definições

A sigla FMEA é o acrónimo de (*Failure Mode and Effect Analysis*), em português Análise dos Modos de Falha e seus Efeitos. A FMEA é um método qualitativo de análise de fiabilidade que envolve o estudo dos modos de falhas que podem existir para cada item, e a determinação dos efeitos de cada modo de falha sobre os outros itens e sobre a função específica do conjunto.

A norma MIL-STD 1629A, (1980), identifica como sendo um procedimento pelo qual cada modo de falha potencial em um sistema é analisado para determinar os resultados ou efeitos no sistema e para classificar cada modo de falha potencial de acordo com a sua severidade.

Uma variação da FMEA aplicada em itens (produto, peça, sistema, subsistema, componente) que devem apresentar alta fiabilidade é a FMECA (*Failure Mode, Effect and Criticality Analysis*). O método FMECA adiciona à FMEA uma análise quantitativa da criticidade da falha, contudo, a sigla FMEA é usualmente usada com sinónimo de FMECA, (Rausand e Høyland, 2004).

Um dos requisitos para a utilização da ferramenta é que se tenha total conhecimento do que é modo de falha e efeitos. Segundo o Dicionário Universal da Língua Portuguesa, (Texto Editora, 1995) define os termos: Modo, Falha e Efeito da seguinte forma:

Modo - Maneira de ser, de fazer ou de dizer coisas; método; norma; processo; meio; via.

Falha - Defeito; omissão, lacuna; erro; ou ato ou efeito de falhar, sendo que **falhar** está descrito como: Dar em falso; faltar à medida; não corresponder ao esperado.

Desta forma, pode-se então a definir **modo de falha** como sendo: a forma do defeito; a maneira na qual o defeito se apresenta; a maneira com que a peça / equipamento falha ou deixa de apresentar o resultado desejado ou esperado. É um estado anormal de trabalho, a maneira que o componente em estudo deixa de executar a sua função ou desobedece as especificações.

O modo de falha é uma propriedade inerente a cada peça / equipamento, visto que cada um tem suas características particulares em função do ambiente de trabalho, materiais, fabricação e qualidade. Por exemplo, num empilhador, um eixo pode ter como modo de falha: rutura, empenamento e desgaste, e um filtro de óleo ou de combustível pode ter como modo de falha: rompimento e entupimento.

Para o caso específico do eixo, existem duas abordagens para avaliar os modos de falha: Funcional e Estrutural.

A abordagem funcional é genérica, não necessita de especificações de projeto ou de engenharia. Pode ser tratada como uma não-função (Quadro 4).

Quadro 4 - Modo de falha com a abordagem funcional

Componente	Função	Modo de Falha
Eixo	Transmitir movimento	Não transmite movimento

A abordagem estrutural necessita de informações de engenharia, as quais muitas vezes não estão facilmente disponíveis. Tanto na abordagem funcional como na abordagem estrutural é muito importante que se tenha, bem definida, a função do componente, pois é a referência para se verificar quando o item está em falha ou não.

No (Quadro 5) são apresentados os modos de falha para um eixo, adotando a abordagem estrutural.

Quadro 5 - Modo de falha com a abordagem estrutural

Componente	Função	Modo de Falha
Eixo	Transmitir movimento	Rutura, empeno, desgaste...

Efeito – Resultado; consequência; produto de uma causa; fenómeno de particular importância produzido por uma causa bem determinada, (Texto Editora, 1995).

Pode-se dizer que os efeitos do modo de falha são os resultados produzidos quando estes vêm a ocorrer, são as consequências do modo de falha. Por outras palavras, o efeito é a forma ou maneira como o modo de falha se manifesta ou como é percebido em nível de sistema. O modo de falha ocorre internamente, em nível de componentes, subsistemas, gerando efeitos externos (Figura 5).

Na identificação dos efeitos, deve-se perguntar: O que pode acontecer com o desenvolvimento deste modo de falha? O que isto causa ao sistema? O que o cliente vê? Quais os danos que isso pode causar ao ambiente?

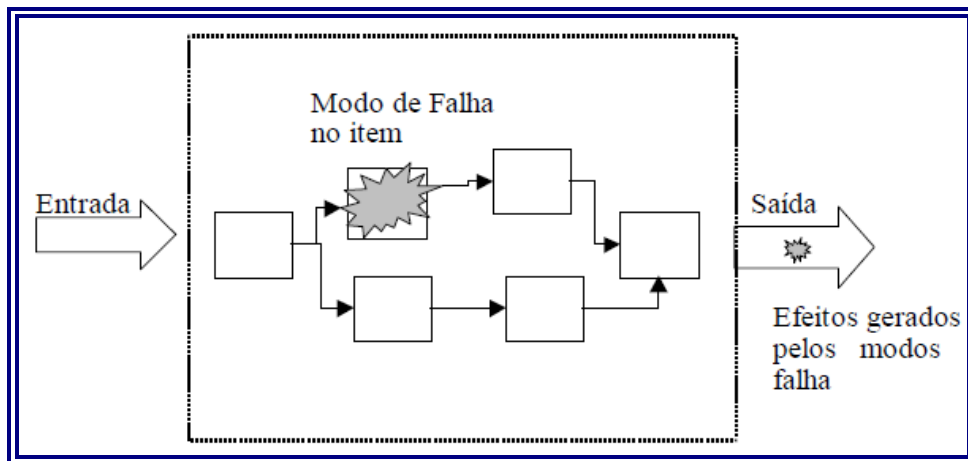


Figura 5 - Indicativo - Modo de falha é uma ação interna e efeito uma ação externa
Fonte: www.daelt.ct.utfpr.edu.br (2010)

Causa - Aquilo que ocasiona um acontecimento ou faz que uma coisa exista; motivo, razão, pretexto; princípio, (Texto Editora, 1995).

As causas do modo de falha são os motivos que levaram o modo de falha a ocorrer, podem estar nos componentes da vizinhança, nos fatores ambientais, nos erros humanos, ou no próprio componente.

Em resumo, nem todas as falhas se poderão ajustar a estas definições, podendo gerar muita discussão numa reunião da FMEA. Deve-se ter em conta que, um modo de falha é uma anomalia que ocorre ao nível do componente e um efeito ocorre ao nível do sistema. Esta anomalia deve ser caracterizada em termos de função ou especificações de projeto, processo ou uso.

3.4 Áreas de utilização da FMEA

A FMEA é utilizada nas mais diversas áreas: Equipamentos de semicondutores, sistemas hidráulicos e pneumáticos, circuitos elétricos, indústria nuclear, siderúrgica, militar, automóvel, comercial e ambiental.

Na implantação de Sistema de Gestão Ambiental (SGA) baseado na ISO 14001, esta ferramenta também é utilizada para o atendimento dos requisitos de planeamento, principalmente no levantamento dos aspectos ambientais, no controlo operacional, nas não conformidades e nas ações corretivas / preventivas.

A FMEA é frequentemente utilizada com a Análise da Árvore de Falhas (FTA), mas pode ser usado com outras ferramentas da qualidade, por exemplo, com o QFD (*Quality Function Deployment*) e FCM (Mapas Cognitivos Fuzzy), (Peláez, 1996).

A maior crítica a respeito do uso da FMEA é o tempo consumido, cujo problema foi sendo superado com a evolução dos computadores, das linguagens, das interfaces para programação e de softwares, favorecendo o desenvolvimento de FMEA's, permitindo também, via *Internet*, aos participantes de uma reunião estarem em diversas partes do mundo a executar a mesma FMEA.

O principal objetivo da FMEA é antever os problemas mais importantes e tentar impedir a sua ocorrência ou minimizar as consequências dos problemas quando eles ocorrem, (Palady, 2007).

Como ferramenta, a FMEA é uma das técnicas de baixo risco mais eficiente para prevenção de problemas e identificação das soluções mais eficazes em termos de custos, a fim de prevenir esses problemas, (Palady, 2007).

3.5 Tipos de FMEA e sua caracterização

A FMEA é um método qualitativo que analisa os possíveis modos de falha dos componentes, sistemas, projetos e processos e os respetivos efeitos gerados por esses modos de falha, o que se traduz numa técnica com três funcionalidades distintas:

- Prognóstico de problemas;
- Procedimento para desenvolvimento e execução de projetos, processos ou serviços, novos ou revistos;
- Diário do projeto, processo ou serviço.

Segundo Stamatis (1995) a ferramenta FMEA pode ser diferenciada em quatro tipos, cuja caracterização é a seguinte:

- **FMEA de Sistema:** usada para analisar sistemas e subsistemas no estágio de projeto. A FMEA de sistema foca os modos de falhas potenciais, causados por deficiências do sistema, ou das funções do sistema;
- **FMEA de Projeto:** usada para analisar produtos antes de serem remetidos para fabricação. A FMEA de projeto foca modo de falhas potenciais causadas por deficiências de projeto;
- **FMEA de Processo:** usada para analisar processos de fabricação e/ou montagem, analisando seus respectivos modos de efeitos e falhas potenciais;
- **FMEA de Serviço:** usada para analisar serviços antes de eles atingirem o consumidor, analisando em modos de falha (tarefas, erros, enganos) causados por deficiências do sistema ou processo.

Ao longo dos tempos tem-se vindo a verificar o alargamento da aplicação desta ferramenta a situações diferentes, não existindo efetivamente limites para a sua utilização.

No caso em estudo, será aplicada a FMEA de Serviço que incidirá na avaliação dos modos de falha causados com a utilização dos empilhadores, de forma a permitir identificar os perigos, avaliar a probabilidade de ocorrência de um acidente, devido a esse perigo, e avaliar as suas possíveis consequências, e com base nos níveis de risco propor medidas que permitam minimizar e/ou controlar os riscos avaliados como não aceitáveis.

3.6 Implementação da FMEA

Segundo Palady (2007) todas as variações da FMEA devem incluir cinco elementos básicos, a fim de garantir a sua eficácia ou o seu sucesso:

- Planeamento da FMEA;
- Listagem dos Modos de Falha, Causa e Efeitos;
- Priorização e isolamento dos modos de falha mais importantes;
- Interpretação ou leitura dos resultados;
- Acompanhamento.

A aplicação desta ferramenta, num determinado processo, obriga a formação de um grupo de trabalho multidisciplinar, com o objetivo de definir a função ou característica daquele processo, bem como o mesmo se relaciona com todos os tipos de falhas, que possam ocorrer. Para tal devem ser identificados cada tipo de falha e as suas possíveis causas e efeitos, relacionando as medidas de deteção e prevenção de falhas. Para cada causa de falha, serão atribuídos índices para avaliar os riscos e, face à sua avaliação, discutidas as medidas de melhoria.

3.6.1 Etapas para a implementação

As etapas para a implementação da FMEA são as seguintes: Planeamento, análise de potenciais falhas e avaliação de riscos.

3.6.1.1 Planeamento

Segundo Palady (2007) o Planeamento consiste nas seguintes sub-etapas:

- Descrição dos objetivos e abrangência da análise: identifica(m)-se qual(ais) o(s) produto(s) / processo(s) que será(ão) analisado(s);
- Formação dos recursos humanos afetos ao projeto: o grupo de trabalho deve ser constituído por 4 a 6 pessoas, multidisciplinares;
- Planeamento e cronograma do mapa de reuniões de trabalho;
- Preparação da documentação necessária.

3.6.1.2 Análise de Potenciais Falhas

Para o mesmo autor, o grupo de trabalho tem de identificar as seguintes situações:

- **Funções** - características que o processo deve desempenhar;
- **Modo de Falha** - definir como o processo pode deixar de desempenhar essas Funções;

- **Causas** - identificar as razões encontradas que podem resultar na ocorrência do modo de falha;
- **Ocorrência** - definir com que frequência o modo de falha ou causa pode ocorrer;
- **Efeitos** - descrever as consequências de cada um dos modos de tipo de falha;
- **Severidade** - definir a gravidade das consequências dos efeitos anteriores;
- **Ações** - recomendações que identificam as ações necessárias para abordar os modos de falhas identificados.

3.6.1.3 Avaliação dos Riscos

O essencial da FMEA é identificar e prevenir evidentes e potenciais problemas que possam afetar o utilizador. Para a referida abordagem devem ser assumidos compromissos, um dos quais é que os problemas têm diferentes prioridades.

Há três componentes que contribuem para a definição da prioridade das falhas:

- **Ocorrência (O)** é a frequência da falha;
- **Severidade (S)** é o conjunto de efeitos da falha;
- **Deteção (D)** é a capacidade de deteção das falhas antes de afetar o utilizador.

A escala de ocorrência, é constituída por três colunas, na primeira, são descritas as probabilidades da ocorrência, na segunda coluna a frequência da ocorrência e na terceira coluna o nível ou grau associado de cada um delas.

Existem diversas formas de definir o valor desse nível ou grau, sendo a forma mais usual a utilização de uma escala numérica. Esta escala numérica pode ter qualquer valor, contudo, o mais comum é a utilização de duas escalas, uma delas é numerada de 1 a 5 e a outra de 1 a 10.

Esta última, adaptada para a escala de ocorrência, está representada no Quadro 6, na coluna denominada por Nível, onde o valor de 1 representa a ocorrência remota / improvável e o valor de 10 a ocorrência mais elevada / constante, (Stamatis, 2003).

Quadro 6 - Escala de Ocorrência - Fonte: Palady (2007)

Ocorrência (O)	Frequência	Nível
Extremamente remoto, improvável	Ocorre 1 vez em períodos superiores a 1 ano	1 2
Pequena probabilidade de ocorrência	Ocorre 1 vez ano	3 4
Ocorrência moderada	Ocorre 1 vez por mês	5 6
Ocorrência frequente	Ocorre 1 vez por semana	7 8
Ocorrência elevada	Ocorre 1 vez por dia	9 10

Da mesma forma, foram construídas as escalas de Severidade (Quadro 7), e a de Detecção (Quadro 8).

Quadro 7 - Escala de Severidade - Fonte: Palady (2007)

Severidade (S)	Caracterização	Nível
Efeito não percebido pelos utilizadores	Evento que causa danos insignificantes com alteração facilmente reparável das condições iniciais existentes	1 2
Efeito insignificante	Evento que causa danos menores reversíveis, no sistema	3 4
Efeito moderado	Evento que causa danos significativos no sistema mas reversíveis	5 6
Efeito significativo e alerta para a saúde	Evento que causa danos impeditivos de funcionamento temporário do sistema	7 8
Efeito perigoso, ameaça a vida ou pode provocar incapacidade permanente ou outro custo significativo da falha	Evento que causa danos impeditivos de funcionamento do sistema	9 10

Quadro 8 - Escala de Detecção - Fonte: Palady (2007)

Detecção (D)	Caracterização	Nível
Muito grande	Certamente será detetado	1 2
Grande	Grande probabilidade de ser detetado	3 4
Moderada	Provavelmente será detetado	5 6
Pequena	Provavelmente não será detetado	7 8
Muito pequena	Certamente não será detetado	9 10

Tradicionalmente, estes três fatores de Ocorrência, Severidade e Detecção são combinados para criar uma prioridade de risco, (Palady, 2007).

Para determinar a prioridade de risco, a cada fator é dado uma pontuação de 1 a 10, e os três números são multiplicados conjuntamente para gerar um Grau de Prioridade de Risco (*RPN - Risk Priority Number*), de acordo com a seguinte equação:

$$\mathbf{RPN = O \times S \times D}$$

Equação de cálculo do Número de Prioridade de Risco

Segundo Palady (2007) na interpretação tradicional, algumas das abordagens / diretrizes para leitura e interpretação da FMEA concluída incluem:

- Estabelecer as prioridades usando RPN, através da multiplicação dos três índices (Severidade, Ocorrência e Detecção) para o processo decisório;
- Uma sequência estratégica definida para abordagem dos modos de falha.

Na análise da matriz de prioridades do uso do RPN, no seu processo decisório, os Graus de Prioridade de Risco mais altos, devem ser os primeiros a serem considerados na implementação de melhorias ou, de forma mais direta, deve-se atuar com primazia nos modos de falha que têm RPN mais altos.

A Figura 6 representa o esquema de implementação tradicional da FMEA, onde são apresentadas as fases pela ordem que elas devem ocorrer, bem como as relações existentes entre a identificação dos modos de falha, efeitos, causas, deteção e controlo, e determinação da gravidade, frequência e graus de deteção.

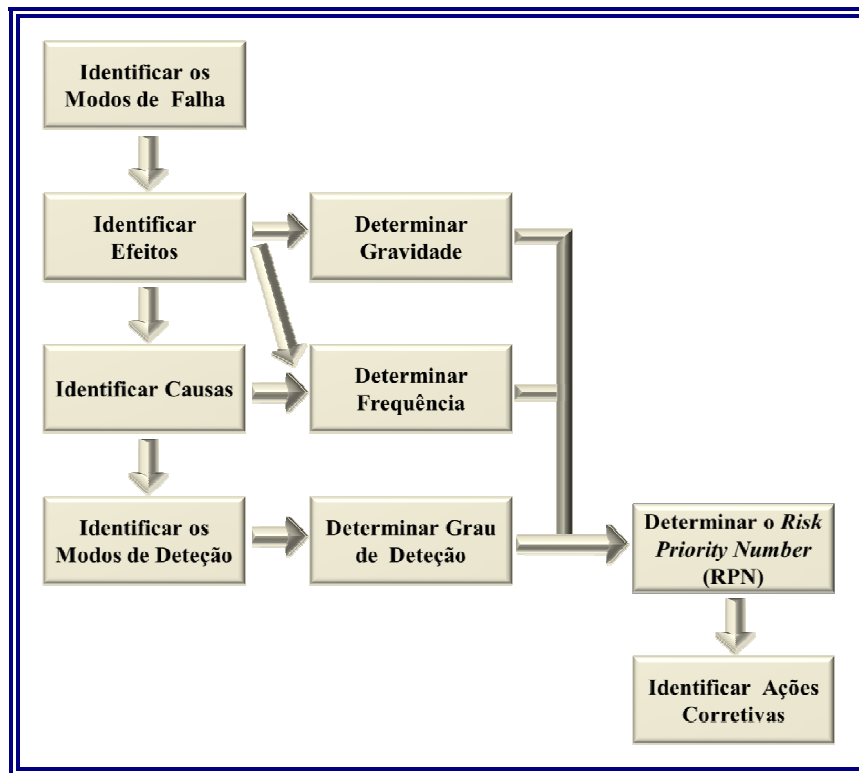


Figura 6 - Esquema de implementação tradicional do FMEA

Fonte: Palady (2007)

Na aplicação da FMEA é necessário construir um Formulário, para recolha de informação, no **Anexo V** encontra-se um exemplo.

No cabeçalho do formulário da FMEA, são reservados espaços para preenchimento dos seguintes campos: Descrição sucinta do sector onde é aplicada, descrição e listagem dos nomes de todos os participantes na equipa de trabalho, listagem dos documentos afetados, n.º de página, n.º de documento, data de criação e data de modificação.

As colunas são reservadas às descrições de:

- **Funções**, o modo como o projeto, processo ou serviço funciona para ter eficiência;

- **Modos de falha**, o modo como esse projeto, processo ou serviço deixa de desempenhar as funções que se esperam dele;
- **Causas**, as razões que possibilitam a ocorrência do modo de falha;
- **Ocorrência**, qual é a possibilidade dessa causa realmente ocorrer;
- **Efeitos**, qual o impacto de cada modo de falha no sistema;
- **Severidade**, qual a gravidade das consequências do modo de falha;
- **Controlos / Monitorização**, os tipos de controlos planeados ou que estão em vigor para garantir que todos os modos de falha sejam identificados e eliminados;
- **Recomendações / Ações para melhoria**, o que pode ser feito para: Prevenir o modo de falha, reduzir a severidade e melhorar a deteção;
- **Responsabilidade**, o que se está a fazer no momento, para avaliar a viabilidade das ações recomendadas.

Para uma maior eficiência da FMEA, segundo Palady (2007), devem ser utilizadas quatro técnicas: Formulário de entrada, Matriz da média das notas, Gráfico de áreas e Matriz de alta influência.

O formulário de entrada para a FMEA, Quadro 9, permite aumentar a eficiência da recolha de dados.

Quadro 9 - Formulário de entrada - Fonte: Palady (2007)

Modos de Falha	Causas	Ocorrência	Efeitos	Severidade	Deteção

Este quadro permite o registo dos vários modos de falha encontrados, os respetivos efeitos e causas. Nas outras três colunas são registados os valores para cada modo de falha utilizando as escalas de severidade, ocorrência e deteção, com os vários níveis de 1 a 10, anteriormente definido. Todos os modos de falha recebem um código numérico.

Um exemplo da matriz para cálculo da média das notas dadas pelos vários elementos da equipa, para a Severidade, Ocorrência e Deteção, é o Quadro 10.

Quadro 10 - Matriz para cálculo das médias das notas - Fonte Palady (2007)

Modos de Falha	Efeito	1	2	3	...	Média

Este quadro, permite registar as notas dos vários elementos da equipa de trabalho para cada modo de falha, efeito e causa. A última coluna é destinada ao cálculo da média aritmética dessas notas.

O Gráfico de Áreas, é outra técnica que permite seleccionar e identificar as prioridades, exemplificado na Figura 7.

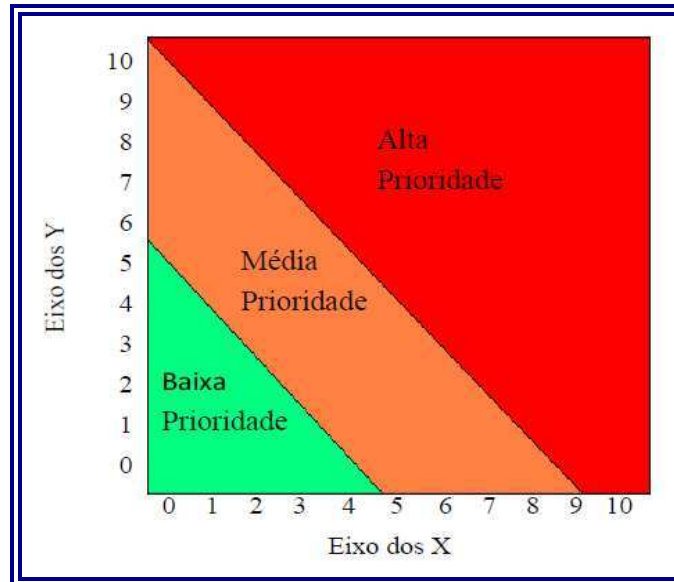


Figura 7 - Exemplo de Gráfico de Áreas
Fonte: Palady (2007)

Este gráfico, utiliza as médias das notas, fazendo a correlação entre duas variáveis, que são os níveis ou graus de Ocorrência / Severidade, de Ocorrência / Detecção e de Severidade / Detecção.

Pode-se definir a região de Alta Prioridade, fazendo a ligação entre o ponto inicial da fronteira de alta prioridade, do eixo do X com o valor máximo do eixo do Y.

Define-se a região de Média Prioridade traçando arbitrariamente uma linha do número cinco na variável do eixo do x ao número cinco da variável do eixo do Y.

O ângulo inferior esquerdo do gráfico de áreas define a região de baixa prioridade.

Este gráfico de áreas possui assim três regiões distintas: uma região de Baixa Prioridade, uma região de Média Prioridade e uma região de Alta Prioridade.

Os modos de falha traçados na região de alta prioridade do gráfico são considerados os mais importantes modos de falha.

Com as preocupações de Alta Prioridade identificadas, elaborou-se uma Matriz de Investigação, exemplo Quadro 11, esta relaciona as preocupações de alta prioridade às suas causas.

Quadro 11 - Matriz de Investigação – Fonte: Palady (2007)

Causa Comum	Modo de Falha					
	1	2	3	4	5	...
A						
B						
C						
D						
E						
...						

As causas são listadas verticalmente e os modos de falha horizontalmente. Uma marca é colocada em cada célula quando uma causa é identificada como fator contribuinte para o modo de falha. As linhas com mais marcas são designadas como “Causas-Chaves Comuns”.

O sumário de Causas-Chaves Comuns, fornece uma visão geral das causas identificadas pela Matriz de Investigação, oferecendo oportunidades de melhoria na deteção de falhas. Trata-se de uma Estratégia de Melhoria que depois de identificar as preocupações, fornece ações corretivas completas para cada preocupação. Devendo-se considerar:

- **Primeiro** - Tentar eliminar o modo de falha;
- **Segundo** - Minimizar a severidade da falha;
- **Terceiro** - Reduzir a ocorrência do modo de falha;
- **Quarto** - Melhorar a deteção.

Para Palady (2007), antes de afetar recursos para melhorar a deteção, todas as oportunidades de redução da ocorrência e minimização dos efeitos dos modos de falha devem ser considerados.

4. FIABILIDADE HUMANA - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 Definição e conceito

O termo “**Fiabilidade Humana**” é frequentemente descrito como a probabilidade de uma tarefa ser desempenhada com sucesso pelo homem. Ela depende das interações do homem com o seu ambiente (máquinas, equipamentos e instalações) e da ocorrência de uma eventual falha em atender a determinadas expectativas.

Este conceito, segundo Serrano (2009), baseia-se, no facto de não existirem pessoas à prova de falhas. Ao contrário dos equipamentos que se degradam ao longo do tempo, a fiabilidade humana é diretamente influenciada por determinados fatores, tais como a aptidão (inata), o treino (aprendizagem), a experiência, a idoneidade das pessoas e até mesmo as falhas etárias relacionadas com a natural diminuição das capacidades das pessoas.

A Fiabilidade Humana é uma ciência abrangente, que busca determinar a probabilidade do erro humano acontecer em qualquer ambiente de trabalho, independente das ferramentas que estejam a ser utilizadas.

A definição da Fiabilidade Humana é discutida na literatura por diversos autores e observa-se uma evolução da definição no tempo, à medida que os objetos da análise variam. De um modo geral, completam-se, dando origem à definição da “Fiabilidade Humana” propriamente dita.

A definição da “Fiabilidade Humana” escalonada cronologicamente no tempo, segundo diversos autores:

- “*A Fiabilidade Humana está relacionada com a probabilidade de que um trabalho ou tarefa seja completado com sucesso num tempo determinado*” (Meister, 1993);
- “*A Fiabilidade Humana e uma subdisciplina da Ergonomia, baseando-se em conhecimentos da Fiabilidade e da Analise de Risco*” (Kirwan, 1999);
- “*A Fiabilidade Humana é a probabilidade de que uma pessoa não falhe no cumprimento de uma tarefa (ação) requerida, quando exigida, num determinado período de tempo, em condições ambientais apropriadas e com recursos disponíveis para executa-la*” (Pallerosi, 2008).

O conhecimento da “Fiabilidade Humana” para diversos tipos de tarefas permite realizar projetos de sistemas com riscos calculados, para cada operação considerada crítica. A existência de determinadas tarefas críticas, na indústria moderna, onde um simples erro pode produzir resultados verdadeiramente catastróficos, levou ao desenvolvimento de métodos probabilísticos para determinar os erros humanos que, uma vez identificados e corrigidos, irão aumentar a fiabilidade geral de um sistema.

De uma forma popular, (Câmara, 2006), salienta os fundamentos da Fiabilidade Humana com outras palavras:

- Estabelece as leis estatísticas da ocorrência de falhas nos dispositivos e nos sistemas;
- Estabelece os métodos quantitativos e qualitativos que permitem melhorar os dispositivos e sistemas mediante a introdução de estratégias capazes de calcular a probabilidade do erro humano, ou seja, esse método está intimamente relacionado com a Avaliação da Fiabilidade Humana, descrito na literatura científica como *Human Reliability Analysis* (HRA).

O conceito de Análise da Fiabilidade Humana, de forma preditiva preocupa-se com a identificação do erro antes de este acontecer, cuja análise se baseia em três funções intrinsecamente ligadas:

- Identificar o erro (determinação do que “pode correr mal”);
- Quantificar a fiabilidade humana (quantificação das probabilidades de erro);
- Analisar a redução de erros (redução da possibilidade de erro), Kirwan (1999).

4.2 O erro humano

Segundo o Dicionário Universal da Língua Portuguesa, (Texto Editora, 1995) define o “Erro Humano”, como: *"Ato de errar, engano, equívoco, resultado falso, incorreção, desvio do caminho, desregramento"*.

De acordo com Meister (1993) os erros humanos são classificados em quatro grandes categorias:

- Realização de uma ação de forma incorreta;
- Não realização de uma ação;
- Falha na sequência de realização;
- Realização de uma ação não requerida.

Para compreender melhor a natureza dos erros humanos, Filgueiras (1996) descreve o termo utilizado como: *“Uma ação errónea pode ser definida como uma ação que produz resultado previsto e/ou que reproduza uma consequência não desejada”*.

Da fusão dos dois contextos, é perceptível uma forma mais abrangente do termo "Erro Humano", que se traduz em comportamentos humanos que reproduz resultados desejados, mas também naqueles que provocam uma consequência indesejada no qual se relacionam com múltiplas fontes, tais como problema de continuidade, tempo, interfaces ou procedimentos, que colocam os operários, equipamentos ou sistema em situações de risco.

De uma forma geral, todas as ações erróneas abrangem uma situação onde uma sequência planeada de atividades físicas ou mentais falhou na obtenção de um resultado, e estas falhas não podem ser atribuídas às intervenções de causas externas.

Assim, a palavra erro só se aplica, aquelas ações intencionais. Entretanto para Almeida Júnior (2003) sustentado na teoria da Fiabilidade Humana, salienta que o erro pertence à relação entre os conceitos de falhas e disfunção, como ilustrado na Figura 8.

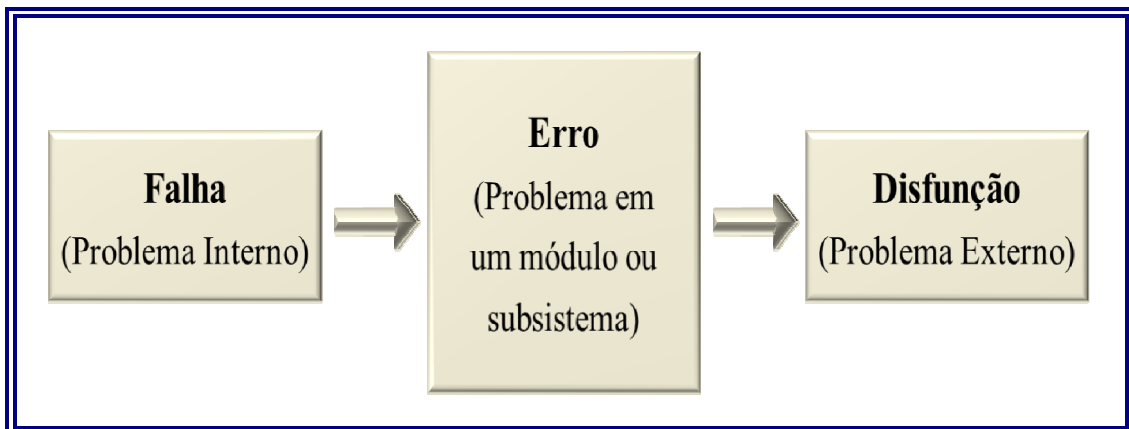


Figura 8 - Encadeamento entre os conceitos de falha, erro e disfunção
Fonte: Almeida, Júnior J.R. (2003)

Uma das áreas de avaliação ergonómica mais complexas é a avaliação da Fiabilidade Humana no trabalho. Para determinar a Fiabilidade Humana dentro do contexto homem-tarefa, isto é, as condições organizacionais e ambientais dentro das quais o trabalhador desenvolve as suas atividades de trabalho prescrito, é necessário entender a falha humana, mais precisamente como e porque ela acontece. Uma vez que este tipo de falha é algo complexo, multicausal e multideterminado.

Com base em Trevor Kletz, Couto (1996) adaptou o modelo do hexágono das causas da falha humana. Este modelo é composto pelas 6 (seis) principais causas da falha humana, como ilustrado na Figura 9. Esta ferramenta destina-se à investigação do erro humano quando ele já ocorreu.

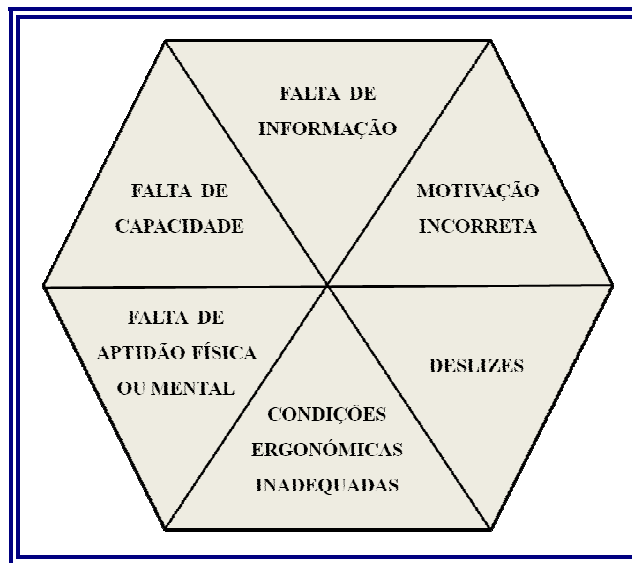


Figura 9 - Hexágono das causas da falha humana
Fonte: Couto (1996)

De um outro ponto de vista, Alves (1997) argumenta que os erros humanos são causados pelo seguinte: ausência do conhecimento do equipamento; falta de cuidado; esquecimento; falha na habilidade de julgamento; ausência de instruções e procedimentos operacionais incorretos. Diante desses factos, um dos objetivos desse trabalho é explorar a diversidade do erro humano e garantir a melhoria da interface homem-máquina.

Em conclusão, conforme referido por Llory (1996) “*O paradigma do erro humano assenta-se sobre uma conceção irrealista de homem que desafia os conhecimentos mais elementares da Psicologia (...). Os engenheiros esquecem o medo, a incerteza, o sofrimento, a incapacidade de manter a atenção a todos os instantes, os perigos da agressividade, às vezes, da violência, eles desconhecem as frustrações, o mal-estar, a desmobilização subjetiva. Eles concebem o homem com um ser sem corpo ou sem moral (désincarné) respondendo essencialmente aos imperativos das sanções e ou aos atrativos de uma recompensa (...).*”

4.3 A classificação do erro humano

O erro humano é para a maioria dos diversos autores classificado em duas categorias:

- **Deslizes** (*slips / lapse*);
- **Enganos** (*mistakes*).

Os erros humanos constituem a principal parcela das falhas humanas, pois dependem fundamentalmente da capacidade para executar a missão, do stress, das condições ambientais e sociais, da motivação na execução da tarefa, e outros fatores.

As Falhas humanas, como apresentado na Figura 10, podem ser classificadas em Erros e Transgressões, que ocorrem durante a execução das tarefas.

Os Erros como anteriormente referido são classificados em Deslizes e Enganos e as Transgressões em Intencionais e Não Intencionais, Figura 10.

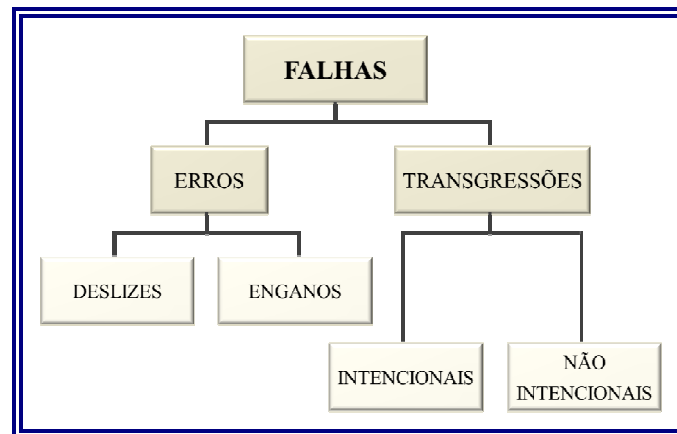


Figura 10 - Classificação básica das falhas humanas
Fonte: Pallerosi (2008)

4.3.1 Deslizes

De acordo com Begosso (2005), os deslizes (slips) caracterizam-se quando a execução da ação pretendida não atinge o seu objetivo e, em geral, são provocados por uma falha na atenção dedicada durante a realização de uma tarefa.

Segundo Filgueiras (1996) os deslizes podem manifestar-se das seguintes formas:

- **Omissões**, quando uma etapa do plano deixa de ser executada;
- **Seleções indevidas**, quando na execução de uma fase, esta é feita sobre o objeto errado, por semelhança com o objeto desejado;
- **Repetição**, quando uma fase já realizada é desnecessariamente repetida;
- **Inversões sequenciais**, quando as fases são executadas fora da ordem prevista.

Existe também um outro subtipo de deslize, classificado de (lapso), que ocorre quando acontece uma falha de memória e que geralmente não evidenciam comportamentos observáveis, a não ser para o próprio indivíduo que o experimenta.

Os deslizes e o lapso são os erros que sucedem a partir de uma falha na execução e/ou na sequência de uma ação, independentemente do plano que direcionava a ação estar ou não adequado para atingir o objetivo.

Em conclusão, os Deslizes ocorrem mesmo quando se possui a capacidade requerida para a execução da missão. A capacidade total nunca é atingida pelo ser humano, pela natural complexidade das ações envolvidas, mesmo com uma excelente preparação (aprendizagem básica e continuada). Conforme (Figura 11) eles são causados pelos seguintes fatores:

- **Stress**, que é desejado em níveis adequados, deve ser distinguido do Cansaço devido a ações prolongadas, em ambientes inadequados ou jornadas prolongadas.
- **Senilidade** (degradação, envelhecimento) mental é outro fator para a indução dos deslizes, pela redução da capacidade neural por degradação contínua, progressiva ou doença.
- **Inaptidão física ou mental**, geradora de grande parte das falhas humanas para tarefas que não condizem com as capacidades inatas, mesmo após sucessiva aprendizagem.

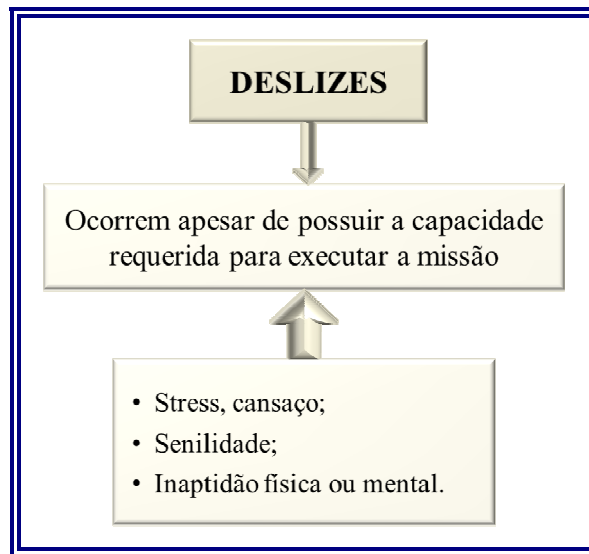


Figura 11 - Classificação dos deslizes
Fonte: Pallerosi (2008)

4.3.2 Enganos

O engano (*mistake*) é considerado como deficiência ou falha no processo de julgamento para atingir, independentemente das ações definidas pelo esquema de decisão serem executadas de acordo com o plano.

De acordo com Reason (1990), o engano pode ser classificado em duas classes de acordo com o nível de desempenho em que eles ocorreram:

Engano no nível de regras: envolve falha na seleção ou na aplicação de regras para a resolução de problemas. Por outras palavras, ou foi aplicada uma regra errada (não condizente com a situação) ou uma regra adequada foi erroneamente aplicada, favorecendo o surgimento de uma situação inapropriada.

Engano no nível de conhecimento: é caracterizado pela necessidade de resolver novas situações para os quais o indivíduo não possui “regras prontas”. Deverá o indivíduo apresentar uma solução a partir de seus conhecimentos anteriores.

A classificação dos tipos de erros, associados ao comportamento humano, segundo Filgueiras (1996), é apresentada no Quadro 12.

Quadro 12 - Erros em relação à intenção e ao estágio cognitivo - Filgueiras (1996)

Comportamento	Estágio Cognitivo	Tipo de erro	Nível de desempenho
Ação não acontece conforme o plano	Execução	Deslize	Nível de habilidade (<i>skill-based</i>)
Ação não acontece conforme o plano	Memória	Lapso	Nível de habilidade (<i>skill-based</i>)
Plano selecionado não obtém o resultado pretendido	Planeamento	Engano	Nível de regras (<i>rule-based</i>)
Plano criado não obtém o resultado pretendido	Planeamento	Engano	Nível de conhecimento (<i>Knowledge-based</i>)

Em conclusão, os Enganos correspondem a falhas humanas na execução de uma determinada missão e/ou ação conforme padrões e/ou normas estabelecidas, principalmente em atividades complexas, com sequências de ações e procedimentos. É o caso do comando de uma máquina com vários botões e alavancas.

As principais causas dos Enganos (Figura 12) correspondem às seguintes condições:

- **Falta de Aptidão** (inata) que conduz a frequentes erros de procedimentos;
- **Falta de Treino** por aprendizagem inadequada ou insuficiente, que geram enganos nas decisões;
- **Falha no Diagnóstico** (julgamento) devido a aspetos Cognitivos.

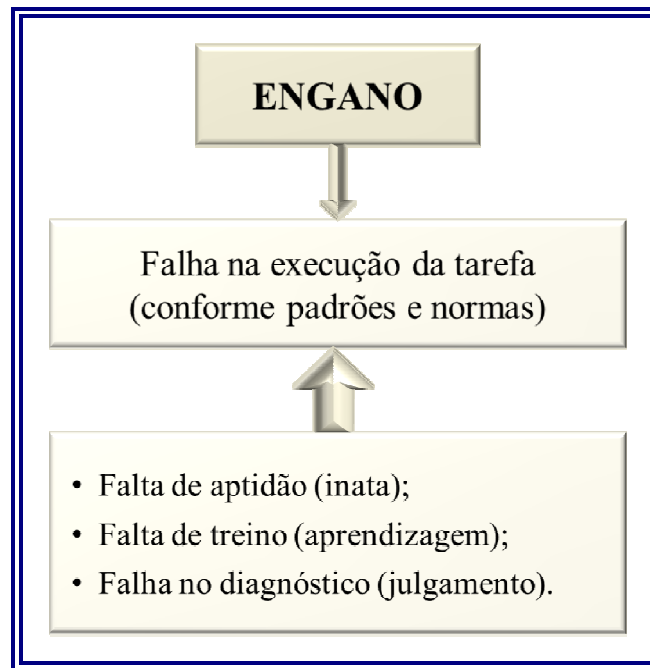


Figura 12 - Classificação dos enganos
Fonte: Pallerosi (2008)

4.3.3 Transgressões

As Transgressões são devidas a falhas comportamentais, classificadas em Intencionais e Não Intencionais. Quando possível, elas devem ser separadas dos Erros para as análises quantitativas, pois basicamente dependem de fatores especiais e muitas vezes difíceis de serem identificados, pois representam mais as deficiências humanas do que propriamente a capacidade física e mental para a execução da missão.

Uma boa parte dos prevaricadores, transgridem regras por acreditarem na impunidade da ação ou por desconhecerem as consequências advindas dos seus atos.

As ocorrências das Transgressões Intencionais, como apresentado na (Figura 13), são fundamentalmente devidas à certeza da impunidade do ato praticado, ou uma sanção leve da ação indevidamente realizada. O autor tem plena consciência da ação, e são devidas principalmente aos seguintes fatores:

- **Falta de responsabilidade**, pois acredita que a consequência da ação pode ser transferida para outra pessoa (chefe, pais) ou mesmo a uma organização (sindicato, partido político, etc.).
- **Esperteza**, por julgar que a ação passará despercebida.
- **Ambição**, por acreditar que gerará um proveito pessoal ou financeiro.
- **Outros fatores** imponderáveis que levam às transgressões.

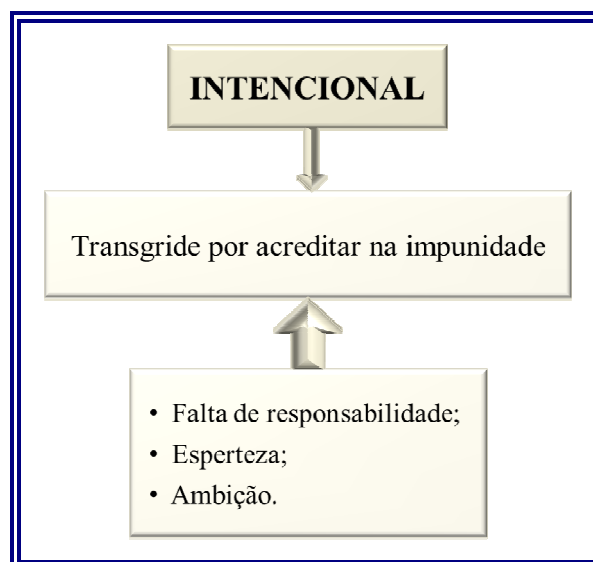


Figura 13 - Classificação e principais causas das transgressões humanas

Fonte: Pallerosi (2008)

As principais ocorrências das Transgressões Não Intencionais são devidas à falta de conhecimento das regras inerentes à missão ou ao comportamento esperado no decorrer das ações, e são geradas por:

- Motivos culturais e sociais, em ambientes diferentes de sua vivência anterior. Por exemplo, deitar lixo no chão no local de trabalho, quando anteriormente viveu em locais sujos e degradados.

- Não saber julgar as consequências dos seus atos, para ele são normais e aceitáveis.

4.4 Atividades sensoriais e cognitivas

No ser humano, tal como em qualquer outro ser vivo, as atividades sensoriais são diferenciadas por sobrevivência e desenvolvimento. Deste modo, as atividades humanas, das quais dependem as falhas humanas, baseiam-se em estímulos sensoriais e recursos cerebrais.

Relativamente aos estímulos sensoriais e, tal como é sabido e universalmente aceite, o ser humano dispõe de cinco “*sentidos*”:

- **Visão** – Cores, formas, brilhos, tamanhos, campo de ação (130° o vertical, 160° o horizontal), espectros;
- **Audição** – Todas as gamas de frequência que vão de 20 a 20000 Hz;
- **Tato** – Formas, vibrações, choques, temperaturas;
- **Olfato** – Odores;
- **Paladar** – Sabores.

Estes estímulos sensoriais são também eles utilizados por outras espécies tanto a nível evolutivo como, simplesmente, a nível de sobrevivência, chegando inclusivamente a ser bastante mais apurados (exemplos: o cão normalmente tem um olfato muito apurado, o morcego dispõe de radar para voo noturno, a águia de visão a grandes distâncias).

Contudo e, pese embora o facto dos estímulos sensoriais do ser humano serem muitas vezes inferiores aos de outros animais, as suas atividades são compensadas pela inteligência que lhe é inerente, permitindo-lhe criar sensores e outros dispositivos que as complementam (exemplos: visualizar cores (infravermelho e ultravioleta) e ouvir sons em baixa ou alta frequência).

Quanto aos recursos cerebrais, destaca-se a capacidade de memória que pode ser dividida em duas características principais:

- **Lógica** – capacidade de armazenar e processar e um vasto numero de informações, assim como proferir julgamentos;
- **Percepção** – capacidade de coordenar movimentos, efetuar sequências, encarar posições, etc.

A capacidade neural dos seres humanos é superior à de todos os outros seres vivos e tende a aumentar com o decorrer dos tempos. A memória humana pode armazenar e reativar uma grande quantidade de informações e sensações por meio de três subsistemas básicos:

- **Memoria Sensorial** – resulta dos estímulos sensoriais obtidos em intervalos de tempo inferiores a 1 segundo, podendo em situações de perigo iminente tornarem-se praticamente imediatos;
- **Memória de curta duração** ou **transitória** – retém as informações por um determinado período de tempo bastante variável e dependente da sua importância e capacidade neural do sujeito, sendo apenas eliminadas quando as mesmas se tornam irrelevantes ou quando é atingido o limite da capacidade neural do mesmo;

- **Memória de longa duração** ou **permanente** – retém informações importantes e/ou marcantes por longos períodos de tempo, podendo estas inclusivamente acompanhar a pessoa durante todo o seu período de vida.

Contudo, com o avanço da idade (depende de pessoa para pessoa), o ser humano começa a ter dificuldade na retenção de novas informações (memória recente). Por outro lado, factos muito distantes e até detalhados já “enraizados” na sua memória, como seja o caso de algumas recordações de infância, são facilmente relembrados.

A eliminação de informações ou falta de retenção das mesmas é, por si só, um fator gerador de falhas humanas. Este pode estar presente em alguns dos já referidos tipos de falhas, como é o caso dos erros por deslizes e/ou enganos e das transgressões não intencionais.

Deste modo, uma falha humana pode ocorrer por uma ou mais razões, podendo ser classificadas em 4 tipos:

- **Erros de retenção**, com armazenamento incorreto da informação;
- **Erros de julgamento** (cognitivos), na progressão de uma sequência de ações na missão;
- **Erros de discriminação**, por estímulo sensorial inadequado;
- **Erros de ordenamento sequencial**, com resposta incorreta.

As ações cognitivas são inerentes a todos os seres vivos, animais e vegetais. Significam a capacidade de resposta a um estímulo, como apresentado na Figura 14.

Deste modo, uma falha humana pode ocorrer por uma ou mais das seguintes razões cognitivas:

- Desconhecimento da resposta ao estímulo;
- Interpretação errada do estímulo;
- Incapacidade para uma correta discriminação do estímulo;
- Inaptidão para decidir a melhor resposta/ação;
- Realização da ação fora da sequência lógica.

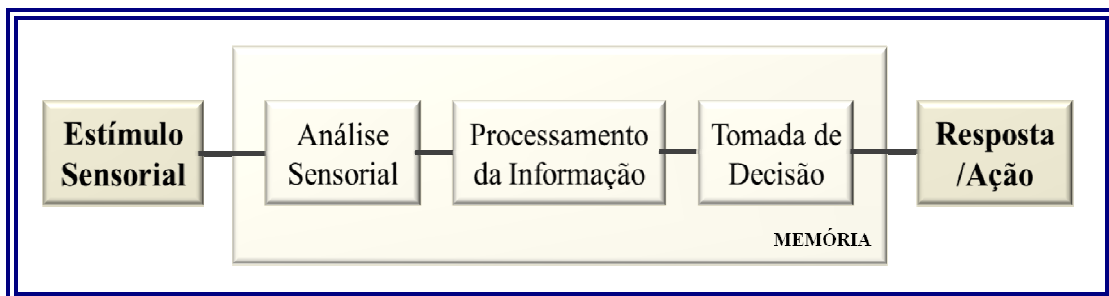


Figura 14 - Resposta a estímulos do ponto de vista cognitivo
Fonte: Serrano (2008)

Os principais aspetos cognitivos das reações ou abstenções humanas correspondentes a estímulos ou bloqueios, são:

- **Ação defensiva** – Passar a decisão para outra pessoa;
- **Conformidade de grupo** – Proteção de consenso do grupo, ignorando informações externas que podem eliminar o consenso;
- **Risco** – Assumir em grupo riscos que não faria individualmente;

- **Incapacidade mental temporária** – Em situação de perigo gritar por socorro bloqueando mentalmente qualquer reação prevista de ação;
- **Concentração** – Em situação adversa a perda substancial da capacidade de concentração. Capacidade reduzida substancialmente com o stress;
- **Rigidez** – Insistência na utilização de soluções e ações que não são as mais eficientes. Vinculado ao passado ou a alguma coisa que justifique as suas ações;
- **Polarização** – Atuação através de uma única causa global e não por uma combinação lógica de causas. Estar sempre com a razão;
- **Superficialidade** – As ações (e pensamentos) ficam acima das questões reais, tratando-as de modo superficial e mesmo inconsequente;
- **Insistência** – Ações sem importância aplicadas em excesso, em detrimento de ações mais importantes;
- **Ancoragem** – Procurar informações e realizar ações que acredita confirmar a sua hipótese inicial, ignorando informações que a contradizem.

4.5 Relação Homem - Máquina

4.5.1 Conceitos básicos

As máquinas são instrumentos de trabalho projetados e construídos pelo homem, visando ajudá-lo na execução de determinados trabalhos, proporcionando ao homem melhores condições na execução de certas tarefas.

Um sistema Homem - Máquina é uma combinação operativa entre o homem e a máquina que se complementam para executar uma determinada função, partindo de estímulos de entrada sujeitos às condições de um dado ambiente. Assim, na operação de uma máquina, o homem recebe informações desta (estímulos de entrada), processa-as e transforma-as em ações de comando.

O sistema Homem - Máquina é constituído pelos seguintes componentes básicos:

- **Máquina** – componente operador (executor) das ações;
- **Homem** – criador e supervisor dos sistemas;
- **Visualizadores** – (painéis, sinóticos, etc.) fazem a ligação entre os sinais da máquina e o homem;
- **Controlos** – fazem a ligação entre os sinais do homem e a máquina.

Estes componentes são, por sua vez, afetados por fatores ambientais (humidade, temperatura, ruídos, iluminação, radiações, entre outros,), como representado na (Figura 15), e satisfazendo os seguintes princípios básicos:

- As máquinas devem ser adaptadas às características físicas, cognitivas e psíquicas do homem e não o contrário, visando o propósito básico da solução ergonómica: conforto, produtividade e segurança”.
- O homem falha pelos mais diversos motivos, ao contrário das máquinas que podem realizar milhões de operações sem erros sequenciais, de lógica, de posição, etc., e serem adaptadas a fatores ambientais adversos ao ser humano;

- Os controlos devem ser adaptados ao homem, dentro das suas capacidades físicas, mentais e sensoriais;
- Os visualizadores, painéis e displays devem permitir ao homem uma fácil e rápida leitura dos sinais da máquina;
- Não existe um sistema sem falhas dado que, em última instância, estas serão originadas pela degradação ao longo do tempo de todos os componentes do sistema;
- Os fatores ambientais anteriormente referidos afetam significativamente a fiabilidade do sistema homem - máquina.

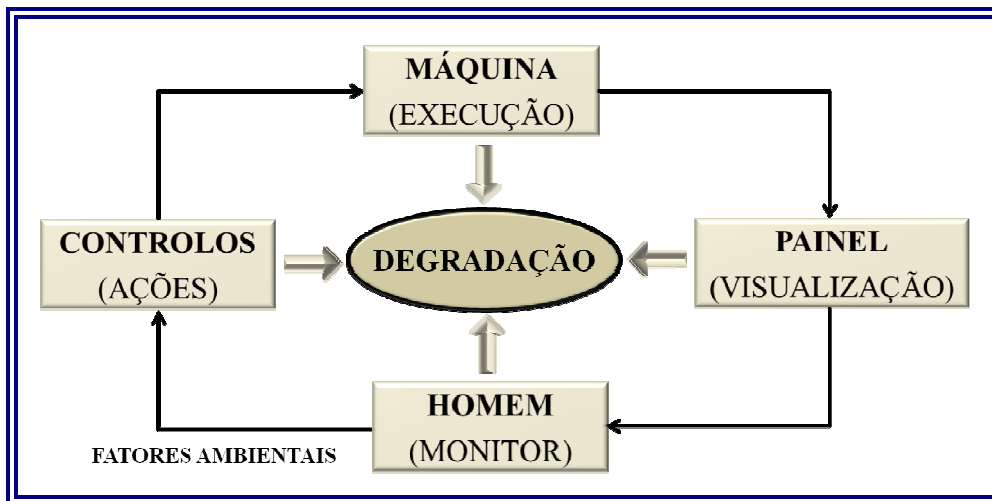


Figura 15 - Componentes e fatores do sistema Homem - Máquina

Fonte: Pallarosi (2008)

Alguns dos princípios básicos deverão ser tidos em consideração na fase de conceção (projeto) e utilização do sistema Homem - Máquina, principalmente quanto ao operador e às condições complementares de utilização, tais como:

- O **operador do sistema** deverá ter a aptidão para a tarefa, experiência anterior, formação adequada, personalidade, motivação e características físicas adequadas, assim como bons níveis de resistência ao “*stress*”, entre outros;
- A nível da **máquina**, deverá haver um projeto adequado dos controlos, painéis, ferramentas de apoio, “*layout*” da máquina e do local de trabalho, capacidade produtiva, manutenção do sistema, canais de acesso às instruções/comunicações, supervisão, planeamento da produção/manutenção, entre outros;
- Quanto às **condições ambientais**, as mesmas deverão ser supervisionadas frequentemente, assim como deverão ser realizados procedimentos administrativos que definam as cargas de trabalho, rotatividade nas missões e modificação de parâmetros alteráveis (exemplos: temperatura / ventilação do espaço trabalho) de modo a proporcionar as melhores condições de trabalho.

4.5.2 Fiabilidade humana no sistema Homem - Máquina

A fiabilidade humana no sistema Homem - Máquina, só se desenvolveu para melhorar dois aspetos fundamentais em qualquer indústria / serviço que utilize sistemas homem - máquina: Segurança e Produção.

A nível da segurança, foram desenvolvidos sistemas no âmbito das operações em centrais nucleares, na indústria aeronáutica e na generalidade das indústrias, de forma a reduzir ao máximo o perigo de ocorrência de erros humanos que possam gerar falhas graves de segurança.

A nível da produção, a fiabilidade humana também é estudada para garantir melhorias na segurança dos trabalhadores, embora o seu objeto essencial seja rentabilizar os esforços dos operadores e, conseqüentemente, aumentar a produtividade / qualidade dos produtos.

A segurança na atual inovação tecnológica é intrínseca a qualquer sistema homem – máquina. A produção é uma função direta do referido sistema. Assim, podem definir-se os dois tipos de erros que mais afetam a produção:

- **Erros de execução** – são erros perpetrados por qualquer indivíduo que se encontre no percurso produtivo (fabrico e montagem) e pós-produtivo (testes, transporte e armazenamento) de cuja ação errónea resulte, direta ou indiretamente, numa ou mais falhas no produto final. Exemplos: utilização de ferramentas inadequadas, queda de componentes, falhas de inspeção, etc.;
- **Erros de processo** – são erros inerentes às máquinas e que não dependem diretamente dos operadores, resultando de deficiências no projeto conceção / construção ou na manutenção. Exemplos: transporte, armazenamento incorreto, condições ambientais inadequadas (temperatura, ventilação, pressão, etc.), “*layout*” do local de trabalho inadequado, ausência de instruções de montagem, etc.

4.5.3 Melhoria do sistema Homem - Máquina

O sistema Homem - Máquina pode ser significativamente melhorado por ações e procedimentos, com vista a minimizar as falhas e, conseqüentemente, aumentar a produtividade. Assim, referem-se de seguida as principais condições que possibilitam uma melhor eficiência do processo produtivo do sistema Homem – Máquina.

Ambiente - as condições ambientais, deverão aproximar-se das ideais, tanto para o homem como para a máquina. Para o homem, fatores como a temperatura e humidade do ar (Figura 16), iluminação, condições sonoras (Figura 17), entre outros, são os que mais diretamente influenciam a sua produtividade, pelo que deverão ser tidos em consideração quando são definidas as condições de trabalho dos operadores.

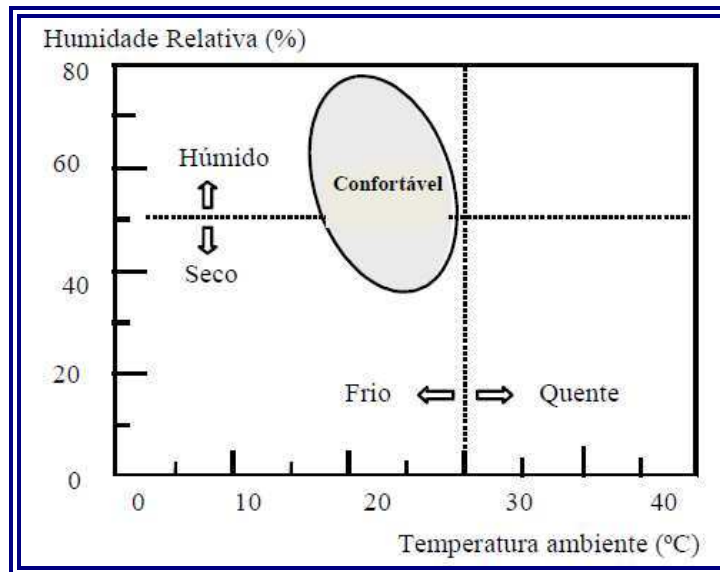


Figura 16 - Temperatura e humidade do ar para conforto humano
 Fonte: Pallerosi (2008)



Figura 17 - Condições sonoras para conforto humano
 Fonte: Serrano (2008)

Quanto a máquina, dependendo do objetivo para o qual foi concebida, deverão ser respeitados os limites de funcionamento da mesma (definidos na fase de conceção) para temperaturas, humidades, vibrações, entre outras condições.

Assimetria e posições – Deverão se evitadas as repetições de posições, formas e cores, que poderão confundir o operador nas suas ações. Estes objetivos deverão ser definidos através de normas e padrões aplicáveis na fase de projeto.

Por exemplo, na (Figura 18) é apresentado um interruptor simples, concebido para funcionar da forma padronizada que é universalmente aceite, ou seja, a função “ligar” deve ficar sempre na parte superior quando montado na vertical e no lado direito quando montado na horizontal.



Figura 18 - Disposição padrão para montagem de interruptores

Fonte: Serrano (2008)

Padronização – A adoção da padronização por parte das entidades responsáveis pelos operadores, nas suas ações e nos equipamentos evitam, de um modo geral, muitos dos erros humanos que normalmente ocorrem, por existir uma inércia mental associada a comandos e ações, que tornam extremamente improvável a ocorrência dos referidos erros. Por exemplo, o operador ao acionar um botão vermelho, imagina ter desligado o sistema e nunca num botão verde. O mesmo se passa com comandos associados a movimentos, em que o operador ao acionar o botão para a direita (sentido horário) imagina que aumentou a função desejada.

Monitorização – A adoção da monitorização é um importante fator no processo produtivo. O homem não deverá ser utilizado sistematicamente como monitor do sistema, mas sim de forma moderada e ativa, evitando rotinas excessivas, monótonas e passivas. As ações de monotonia e a passividade induzem normalmente a ocorrência de falhas por omissão, enquanto as ações de continuidade e excesso geram frequentemente falhas por fadiga.

Para reduzir este tipo de falhas deverão ser utilizados sensores sempre que possível. O sensor não falha por realizar tarefas monótonas ou passivas, atuando sempre com maior fiabilidade, inclusivamente em ambientes desfavoráveis.

Um exemplo prático e comum é o caso de uma fábrica onde é necessário contar ciclicamente o número de unidades que passam em variados tapetes rolantes, onde são utilizados sensores ligados a autómatos e/ou a controladores lógicos que recebem e processam os sinais de contagem, evitando assim qualquer erro humano.

Estímulo – A escolha do operador ideal para a execução de determinada tarefa é um fator importante, devendo esta ser estimulante para o operador. No caso concreto de tarefas monótonas e repetitivas, é preferível a utilização de pessoas com menor QI do que indivíduos com QI's superiores, pelo facto de, quando bem treinadas, estas pessoas conseguirem atingir níveis de eficiência bastante superiores aos de pessoas consideradas “normais”, uma vez que conseguem abstrair-se com mais facilidade do meio envolvente. Por outro lado, pessoas consideradas inteligentes, tem uma maior tendência para se alienarem e dispersarem a atenção quando confrontadas com tarefas monótonas e repetitivas. Este tipo de pessoas são mais indicadas para funções que envolvam maior responsabilidade e/ou tomada de decisões.

Projeto adequado – O projeto dos componentes, equipamentos e sistemas deverá ser concebido de forma a permitir uma rápida e correta manutenção, evitando deste modo a ocorrência de um maior número de falhas humanas. Deverá o projeto ter em consideração aspetos como a boa visibilidade dos comandos a atuar e dos alertas a visualizar, bem como dispor de códigos de cores, tomadas, tipos de pinos, entre outros, de modo a facilitar as operações de manutenção, reduzindo assim os erros humanos.

Um exemplo prático e que ocorre muito frequentemente é a desmontagem de todo um painel elétrico para trocar apenas uma lâmpada, quando se tivesse sido projetada a sua substituição por remoção externa, facilitava a operação de manutenção e os respetivos custos, e a redução de erros humanos.

Supervisão e Gestão – São fatores igualmente importantes para gerar melhorias no sistema Homem - Máquina.

Toda e qualquer tarefa realizada por um ser humano, estará sempre sujeita a erros e falhas. Uma supervisão atenta e cuidada funcionará como um filtro de eventuais falhas que ocorram, de modo a que o produto final seja o mais perfeito possível.

A gestão é importante a um nível superior, no sentido de instituir tarefas de acordo com as potencialidades dos operadores e a disponibilidade dos equipamentos, atuando também no campo da gestão de *stocks* e na elaboração de regras fundamentais para a melhoria contínua do sistema Homem - Máquina.

4.6 Métodos e técnicas de avaliação da fiabilidade humana

Neste ponto será apresentado um breve histórico dos métodos e das técnicas de avaliação da Fiabilidade Humana, mais utilizadas, para prever as probabilidades dos erros humanos acontecerem, diagnosticar os detalhes desses erros, compreender as incorporações desses erros nas descrições dos acontecimentos relevantes para cada risco, bem com as suas principais vantagens e desvantagens.

A Técnica para a Prevenção da Taxa de Erro Humano (THERP) é o método definido para o estudo de caso, pelo que será melhor documentado.

4.6.1 Método do Índice da Probabilidade de Sucesso (SLIM)

O SLIM (*Success Likelihood Index Method*) é um método de avaliação quantitativa que permite estimar a probabilidade dos erros humanos por arbitragem dos supervisores. Foi desenvolvido por Embrey em 1984 para apoiar os órgãos legislativos Americanos.

No presente o seu uso foi estendido a outras atividades como a indústria petroquímica, transporte, etc.

Este método tem a vantagem de aparecer na forma de dois pacotes: O SLIM-SAM (*SLIM Assessment Module*) que tem a capacidade de gerar o índice da probabilidade do sucesso até 10 tarefas em uma única sessão e o SLIM-SARAH (*SLIM Sensitivity Analysis for Reliability Assessment of Humans*) que permite executar análises adicionais de sensibilidades e de custo benefício.

Uma outra vantagem deste método, é que o erro associa-se em tarefas e pode ser aplicado em qualquer nível de detalhes, como uma tarefa total, em subtarefas, passos das tarefas, e até mesmo a erros individuais.

A desvantagem fundamental deste método é a necessidade de técnicos especializados e experientes para a sua implementação.

4.6.2 Técnica de Incidentes Críticos (TIC)

A Técnica de Incidentes Críticos é um método qualitativo, que teve origem em 1941 no decurso da segunda guerra mundial, num programa psicológico de avaliação da Força Aérea dos Estados Unidos. Os seus objetivos têm por base: detetar o elevado número de ocorrência de acidentes que envolvam instruções erradas, deficiência nos equipamentos, falta de treino nos projetos dos sistemas, entre outras.

A aplicação deste método reporta-se a indústrias siderúrgicas, a empresas de meios de transporte e também a questões ergonómicas.

A grande desvantagem deste método, está relacionado com a descrição e os detalhes com que as pessoas respondem, ou seja: os que presenciaram o incidente no momento dos questionários não informarem de tudo o que viram, resultará uma realidade deformada ou uma análise distorcida dos fatos.

4.6.3 Técnica “*What-if*”

É o método qualitativo mais simples e de uso genérico. A metodologia baseia-se na utilização da pergunta “*o que ocorre se*”, sobre um determinado sistema ou equipamento, com o objetivo de avaliar situações imprevistas, tais como erros humanos, falhas humanas, causas de riscos, omissões em projetos, entre outras.

A aplicação deste método está direcionada para a manutenção mecânica, elétrica, eletrónica, prevenção ambiental, etc.

Apresenta vantagens, por ser um método de fácil utilização, devido à liberdade das perguntas, por permitir à equipa técnica de avaliadores serem multidisciplinares e por apresentar um desempenho mais abrangente do que as outras ferramentas.

A desvantagem do método “*what-if*” é que produz somente resultados quantitativos e determina apenas consequências do perigo.

4.6.4 Análise de Perigos de Operação (HAZOP)

O HAZOP (*Hazard and Operability Study*) é uma técnica de análise de perigos de operação, tendo surgido no final da década de 60, com o propósito de ser aplicada nas indústrias químicas e petrolíferas, mas atualmente com o avanço tecnológico contínuo, a metodologia HAZOP é empregada em diversas linhas de processos e em outros ramos de atividades.

É uma técnica qualitativa, que no seu desenvolvimento são utilizadas “palavras - guias” para a elaboração de perguntas, sobre alguns desvios típicos que podem ocorrer durante o funcionamento anormal de uma indústria.

Essas palavras guias são combinadas com parâmetro do tipo: fluxo; pressão; temperatura, etc., com o objetivo principal de identificar os possíveis problemas, avaliar os riscos e identificar as falhas.

Apresenta vantagens, por poder ser aplicada em projetos e modificações de menor ou maior dimensão, por apresentar um sistema estruturado e uma equipa totalmente multidisciplinar, fazendo com que a criatividade individual seja estimulada, os esquecimentos evitados e a compreensão das interfaces dos sistemas alcançadas.

A desvantagem desta técnica relaciona-se com o número de pessoas participantes, ou seja, são maiores do que noutras metodologias de avaliação da fiabilidade humana.

4.6.5 Análise da árvore de falhas (FTA)

A árvore de falhas é uma representação gráfica que surgiu em 1961 a pedido da Força Aérea Americana em avaliar os sistemas de controlo do Missil Balístico *Minuteman*.

As suas premissas fundamentais são: calcular as estimativas dos riscos, identificar as causas primárias das falhas, analisar a fiabilidade dos sistemas, solucionar problemas de manutenção, etc.

No entanto para se aplicar essa técnica, são utilizados símbolos padrões, definidos por eventos, comportas lógicas e transferências. Conceptualmente, o principal uso dessa ferramenta encontra-se em áreas de computadores, eletrónica, nas indústrias, nas empresas e também em sistemas de segurança.

Em geral, a técnica FTA apresenta vantagens e facilidades, tais como: ajuda a fazer uma avaliação qualitativa e quantitativa, analisa as sequências mais críticas, identifica as falhas mais importantes de um processo.

Para finalizar, o ponto negativo é que ela não identifica os perigos e os diagramas podem apresentar uma estrutura muito complexa.

4.6.6 THERP - Técnica para Predição de Taxa de Erro Humano

A metodologia THERP (*Technique for Human Error Rate Prediction*) é uma das técnicas mais antigas, foi originalmente desenvolvida por Swain e Guttman na década de 60 para aplicações no contexto militares e posteriormente integraram-se nas áreas de altos riscos, tais como: indústrias nucleares, químicas, sectores eletrónicos, aéreos, etc.

Os seus principais objetivos são diagnosticar a probabilidade do erro humano e avaliar o grau de degradação dos sistemas homem - máquina causados provavelmente pelos erros humanos ou em conjunto com o mau funcionamento dos equipamentos. É a técnica de quantificação mais conhecida e utilizada de erro humano, por fornecer a sua própria base de dados e método de uso.

Além desses fatores, é uma ferramenta prática, transparente, bem documentada e fortemente orientada a regras, o que acaba por facilitar bastante à operação, quando uma ordem é pré-estabelecida.

No entanto também apresenta algumas desvantagens: A principal desvantagem é que a metodologia THERP torna-se difícil para muitos projetistas devido ao seu alto nível de detalhes e por ser extremamente trabalhosa e lenta.

Esta técnica pode ser usada para analisar tarefas de pré-acidentes e de pós-acidentes. Ela analisa as atividades humanas, podendo descobrir erros e permitir o cálculo das probabilidades de ocorrência dos mesmos, já que inclui um banco de dados para este cálculo. Utiliza um nível extenso de detalhes de dados. As áreas gerais de informação requeridas para esta técnica são:

- Dependência entre tarefas;
- Fatores delimitadores do desempenho humano;
- Tipo de equipamento;
- Provisão de pessoal e experiência;
- Administração e controlo administrativo;

- Tempo de análise;
- Procedimentos;
- Outros parâmetros relacionados a interface homem - máquina.

Entretanto, para identificar erros humanos é preciso considerar os possíveis tipos de erro:

- **Erro de Omissão** - São ações não realizadas. O operador não realiza um procedimento que deveria ser realizado, por exemplo, não verifica a condição operacional de uma válvula de segurança antes de realizar alguma tarefa que necessita de tal verificação, e por isso comete um erro.
- **Erros de Comissão** - São ações realizadas inadequadamente. Por exemplo, um operador pode interpretar erroneamente um sinal do painel e desligar um equipamento em funcionamento que deveria ficar ligado, e com isso afetar ou não a segurança da instalação, ou seja, o operador fez algo que não deveria ter feito.

Esta identificação é importante para o processo de quantificação do erro, para a identificação das probabilidades de erro humano (HEP).

4.6.6.1 Processo de Quantificação do THERP

Os elementos fundamentais do processo de quantificação do THERP são:

- Decomposição de tarefas em seus elementos constituintes;

- Designação de uma probabilidade de erro humano (HEP) associada a cada elemento constituinte da tarefa. Esta designação é feita utilizando-se os quadros de (NUREG, 1983);
- Determinação dos efeitos de PSF (Fatores Delimitadores do Desempenho Humano) em cada elemento baseado nas análises qualitativas do analista do cenário;
- Cálculo de efeitos de dependência entre as tarefas. A dependência existe quando a probabilidade de erro humano em uma dada tarefa difere se esta tarefa é seguida ou não de uma outra tarefa particular, sendo abordada no ponto 4.6.6.3.
- Modelagem da Análise de Fiabilidade Humana numa Árvore de Eventos. Esta modelagem é relativamente direta tendo em vista o primeiro passo de decomposição das tarefas em elementos. De acordo com NUREG (1983), pode-se utilizar Álgebra Booleana para a construção de árvores de eventos, multiplicando-se as probabilidades ao longo de cada ramo.

Segundo Swain (1990), o desenvolvimento da HRA pela metodologia THERP é composto por quatro fases.

Fase 1: Familiarização

É feita uma visita à instalação a ser analisada e a revisão das informações ou procedimentos do sistema.

Fase 2: Avaliação Qualitativa

São feitas reuniões, as tarefas são analisadas e são desenvolvidas árvores de eventos baseadas na HRA.

Fase 3: Avaliação Quantitativa

Nesta fase os efeitos relativos aos PSF são identificados e estimados, as dependências entre as tarefas são avaliadas, as probabilidades de sucesso e de falha são determinadas e as probabilidades de recuperação de erros são verificadas.

Fase 4: Incorporação

Uma análise de sensibilidade de desempenho é executada e os resultados da avaliação feita são fornecidos aos analistas.

4.6.6.2 Fatores delimitadores do desempenho humano (PSF)

NUREG apresenta os fatores delimitadores do desempenho humano em três categorias (fatores externos, fatores de stress e fatores internos), que são resumidos nos quadros seguintes.

Quadro 13 - PSF Externos

Fatores Externos		
Situações Intrínsecas	Instruções de trabalho	Características das tarefas / equipamentos
Aspetos arquitetónicos Qualidade do ambiente (temperatura, qualidade do ar, ruído, vibração) Horas de trabalho/Pausas Estrutura organizacional Ações de supervisores	Procedimentos exigidos (escritos ou não) Comunicação (escrita ou oral) Precauções e advertências Métodos de trabalho	Exigência motora Interpretação Tomada de decisão Complexidade Frequência e repetibilidade Crítica das tarefas Interface homem-máquina

Quadro 14 - PSF de Stress

Fatores de Stress	
Stress Psicológico	Stress Fisiológico
Fatores que afetam a mente	Fatores que afetam o físico
Velocidade da tarefa	Duração do stress
Carga da tarefa	Fadiga
Ameaças (de falhas, danos)	Fome ou sede
Período de vigiância longo e monótono	Temperaturas extremas
Conflito de motivação sobre o desempenho do trabalho	Radiação
Distração (barulho, claridade)	Oxigénio insuficiente
	Vibração

Quadro 15 - PSF Internos

Fatores Internos
Fatores Orgânicos
Caraterísticas das pessoas - Resultante de influências internas e externas
Experiência e treino prévio
Estado atual de habilidade ou prática
Motivação e atitudes
Estado emocional
Personalidade e inteligência
Condição física
Atitudes baseadas em influências familiares ou em outras pessoas

4.6.6.3 Dependência

Um assunto importante na análise da fiabilidade humana é o grau de dependências entre tarefas realizadas e a determinação de como a probabilidade de falha ou de sucesso de uma tarefa pode estar relacionado com a falha ou sucesso de uma outra tarefa.

Existem dois tipos de dependências, que serão analisadas separadamente.

Dependência Direta

A dependência direta refere-se à dependência entre duas ações. Existe quando o resultado de uma tarefa afeta diretamente o resultado de uma segunda tarefa. Por exemplo, a falha de uma tarefa pode causar extrema ansiedade no operador, e como resultado a probabilidade de falha de uma segunda tarefa pode aumentar.

A dependência pode ser explicitada como probabilidade condicional. No entanto, para que esta possa ser utilizada de maneira adequada, é necessário verificar o nível de dependência entre as tarefas. Segundo NUREG (1983), pode-se dividir a dependência direta em cinco níveis: os pontos extremos de dependência zero ou independência (**ZD**) e de dependência completa (**CD**) e pontos intermediários de baixa dependência (**LD**), dependência moderada (**MD**) e alta dependência (**HD**).

NUREG apresenta equações para os cinco níveis de dependências, de acordo com o Quadro 16.

Quadro 16 - Níveis de dependências

Nível de Dependência	Equação de Falha
ZD	N^*
LD	$(1 + 19N) / 20$
MD	$(1 + 6N) / 7$
HD	$(1 + N) / 2$
CD	1

* N é a probabilidade de falha da tarefa.

Entretanto, elabora-se um estudo destes níveis de dependência a fim de avaliar o nível de dependência entre tarefas, ou seja:

- **Dependência Zero ou Independência** - A independência é aplicada no caso em que o desempenho de uma tarefa não interfere no desempenho da tarefa subsequente, o que não é comum entre tarefas humanas.
- **Baixa dependência** - Representa o menor nível de dependência. Devido à diferença qualitativa entre os níveis, até mesmo o mais baixo nível de dependência geralmente resulta numa mudança significativa na probabilidade condicional de erro numa tarefa subsequente. Como exemplo, pode-se citar o baixo nível de dependência entre as tarefas realizadas por dois operadores recentemente familiarizados um com o outro.
- **Dependência Moderada** - É considerada quando existe um claro relacionamento entre o desempenho de uma tarefa e a tarefa subsequente. No caso de interações humanas, esta dependência é normalmente verificada entre supervisores e operadores para tarefas em que é esperada a interação entre eles.
- **Alta Dependência** - Além de existir claramente uma interação entre as tarefas, existe a condição em que o desempenho de uma tarefa influencia diretamente o desempenho da tarefa seguinte. Por exemplo, o homem tem a tendência de propagar o mesmo erro quando executa a mesma tarefa em sistemas separados.
- **Dependência Completa** - Esta dependência ocorre quando uma tarefa realizada de uma forma errada implica no desempenho errado de uma segunda tarefa. Por exemplo, um operador falha em iniciar uma tarefa (erro de omissão) acarretando em falhas nos passos subsequentes.

- **Dependência Indireta** - A dependência indireta ocorre quando algum fator delimitador do desempenho humano (PSF) ou um conjunto de PSF influencia a interação entre as tarefas, de modo que o nível de dependência entre as tarefas se altera, como o stress que tende a aumentar a probabilidade de erro nas tarefas executadas.

5 ESTUDO DE CASO

5.1 Caracterização da empresa

A Empresa de nome fictício “*CMPS – Sociedade de Revestimentos, S.A.*” localiza-se no centro de Portugal, cuja atividade é a fabricação de placas contraplacado e de fibra de madeira **MDF** (**M**edium **D**ensity **F**iberboard) com gama de espessuras respetivamente de 5 mm e de 2.5 a 30 mm.

A Empresa dispõe de uma área industrial de 10 hectares com duas linhas de produção (Linha de produção I e Linha de produção II). Tem uma carga média de mão-de-obra de 180 trabalhadores e movimenta por ano 250.000 toneladas de material com os empilhadores em regime contínuo (três turnos) para a fabricação / acabamento e para a expedição (dois turnos) no horário das 8 às 20 horas, com exceção do Domingo.

A atividade produtiva afeta aos empilhadores desenvolve-se em três frentes (**Linha de produção I, Linha de produção II e Expedição**), estando adstritos a cada frente três empilhadores, mobilizando 27 trabalhadores. Os empilhadores em número total de nove são da marca LINDE H70 com motor térmico a diesel e capacidade de elevação de 7 toneladas, ver Figuras 19 e 20.



Figura 19 - Empilhador LINDE H70



Figura 20 - Empilhador em atividade

5.2 Procedimentos de segurança implementados na "CMPS"

A CMPS dispõe de um Departamento de Segurança, o qual é responsável pela identificação dos perigos, avaliação dos riscos e consequente definição de medidas para o seu controlo, abrangendo todas as atividades quer de rotina quer ocasionais.

O processo de identificação dos perigos e avaliação dos riscos é proactivo e realizado sempre que se verifique uma das seguintes situações:

- Conceção ou alteração de um posto de trabalho;
- Acidentes de trabalho com e sem incapacidade;
- Alterações legislativas;
- Utilização de novas máquinas, equipamentos ou produtos químicos;
- Alterações significativas das instalações da CMPS (*layout's*, edifícios, equipamentos, etc.);
- Organização dos métodos de trabalho;
- Subcontratação de serviços.

Decorrido o período de um ano, sem alterações à identificação de perigos, devido a alguma das condições acima referidas, o Departamento de Segurança da CMPS, efetua nova identificação de perigos e a respetiva avaliação dos riscos.

5.3 Identificação dos riscos / perigos

Da Análise do Histórico de Registos de Acidentes e das Auditorias Internas facultadas pela CMPS, da visita aos locais de trabalho e da observação das atividades desenvolvidas pelos operadores dos empilhadores na movimentação de cargas, no âmbito de identificar os perigos, foram evidenciados quatro locais de laboração favorecedores da ocorrência de riscos de acidentes, bem como os respetivos riscos identificados, cuja descrição foi englobada no **Anexo VI**.

5.4 Acidentes de trabalho

Com base nos Relatórios Mensais de Segurança disponibilizados pelo Departamento de Segurança da CMPS referente aos anos de 2003 a 2011, verifica-se que os empilhadores estão envolvidos em 40% da sinistralidade ocorrida, conforme Tabelas 1 e 2.

Tabela 1 - Total de Acidentes / Ano na CMPS

Total de Acidentes na CMPS (ano)									
Ano	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
N.º Acidentes	42	42	31	25	26	24	23	22	20

Tabela 2 - Total de Acidentes / Ano envolvendo Empilhadores

Total de Acidentes com Empilhadores (ano)									
Ano	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
N.º Acidentes	17	17	13	10	11	10	10	9	8

No enquadramento da abordagem teórica do presente trabalho, com o objetivo de implementar as ferramentas estudadas, de análise da falhas (FMEA) e de diagnosticar a probabilidade do erro humano (THERP), conforme referido nos pontos 4 e 5 respetivamente, no sentido de incorporar as análises de consequência qualitativa e quantitativa de forma a motivar a implementação das presentes ferramentas de engenharia para detetar com maior rigor os fatores potenciadores da sinistralidade na utilização de empilhadores.

O modelo de participação de acidente de trabalho e o mapa de encerramento de processo de acidente de trabalho, (**Anexo VII**), aprovado pela Portaria n.º 137/94, de 8 de Março, é omissivo à consideração do erro humano. Perante o facto, pretende-se no presente “estudo de caso” evidenciar e alertar os legisladores que em todo e qualquer acidente há sempre a corresponsabilidade do fator humano.

5.4.1 Caracterização dos Acidentes

Em face da escassez de informação relativa à análise das causas dos acidentes, e para o registo da informação julgada pertinente e que melhor permita a caracterização dos 105 acidentes ocorridos com a utilização dos empilhadores, entre 2003 e 2011, foi elaborado um quadro e seis tabelas com os seguintes pressupostos:

- Distribuição dos acidentes ocorridos segundo o equipamento, local de trabalho e erro humano;
- Dia da semana de ocorrência dos acidentes;
- Hora de ocorrência dos acidentes por turno;
- Acidentes ocorridos por antiguidade na empresa;
- Acidentes ocorridos por grupo etário.

Quadro 17 - Distribuição dos acidentes ocorridos

Distribuição dos acidentes ocorridos (105)		
Equipamento (22)	Local de Trabalho (13)	Erro Humano (70)
Falha no mecanismo de elevação;	Acidente com origem nos resíduos e óleo existente nos corredores de circulação;	Condições físicas do operador (fadiga, doença, álcool e drogas);
Falha nos sistemas de travagem;	Colisão com estruturas existentes - largura insuficiente;	Atitude imprópria (desrespeito das normas de segurança instituídas);
Falha no sistema de transmissão;	Atropelamento de trabalhadores por falta de corredores de circulação;	Complacência relativa às atividades executadas;
Falha no sistema hidráulico;	Esforço visual suplementar por baixos níveis de iluminação;	Carga excessiva de trabalho;
Rotura de cinta metálica dos lotes transportados;	Queda de empilhador no cais de carga por falta de guarda, tipo roda carros, na bordadura.	Cultura organizacional: máxima prioridade à produção.
Níveis de ruído e vibração acima do VLE.		

Tabela 3 - Dia da semana da ocorrência dos acidentes

Dia Semana	Dia da semana da ocorrência dos acidentes					
	Seg.	Ter.	Qua.	Qui.	Sex.	Sáb.
N.º de Acidentes	22	9	10	18	25	21

Tabela 4 - Hora da ocorrência dos acidentes (1.º Turno)

Hora	Hora da ocorrência dos acidentes - 1.º Turno						
	8/9	9/10	10/11	11/12	13/14	14/15	15/16
N.º de Acidentes			3	5			9
Total de acidentes	17						

Tabela 5 - Hora da ocorrência dos acidentes (2.º Turno)

Hora da ocorrência dos acidentes - 2.º Turno							
Hora	16/17	17/18	18/19	20/21	21/22	22/23	23/24
N.º de Acidentes			4		7	12	17
Total de acidentes	40						

Tabela 6 - Hora da ocorrência dos acidentes (3.º Turno)

Hora da ocorrência dos acidentes - 3.º Turno							
Hora	24/1	1/2	2/3	3/4	5/6	6/7	7/8
N.º de Acidentes		5	10	15	5	11	2
Total de acidentes	48						

Tabela 7 - Acidentes ocorridos por antiguidade na empresa

Antiguidade na empresa (anos) - Acidentes ocorridos				
	< 2	2 - 5	6 - 10	> 10
N.º de Operários	5 (27)	6 (27)	7 (27)	9 (27)
N.º de Acidentes	21	18	39	27

Tabela 8 - Acidentes ocorridos por grupo etário

Grupos etários - Acidentes ocorridos				
	25 - 34	35 - 44	45 - 54	55 - 64
N.º de Operários	5 (27)	12 (27)	8 (27)	2 (27)
N.º de Acidentes	43	20	32	10

Da análise da caracterização dos 105 acidentes ocorridos entre 2003 e 2011, conforme Tabelas 1 a 8, concluiu-se o seguinte:

- Os dias da semana mais propensos a acidentes foram sexta-feira (25), segunda-feira (22) e sábado (21), traduzindo-se os três dias em 64,8 % do total dos acidentes verificados;

- As horas por turno em que ocorreram mais acidentes foram, no 1.º turno entre as 15/16 horas, tendo ocorrido 9 acidentes, que representam 52,3% do total dos acidentes verificados no turno, no 2.º turno entre as 22/23 e 23/24 horas, tendo ocorrido respetivamente 12 e 17 acidentes, representando 72,5% dos acidentes verificados no turno e no 3.º turno entre as 2/3, 3/4 e 6/7 horas tendo ocorrido respetivamente 10, 15 e 11 acidentes, representando 75% dos acidentes verificados no turno;
- O turno mais propenso a acidentes foi o 3.º turno, com 45,7% do total de acidentes verificados;
- No contexto da antiguidade na empresa, verifica-se que os operadores com 6-10 e >10 anos na empresa, foram os que estiveram envolvidos em mais acidentes, respetivamente 29 e 27 acidentes, traduzindo-se em 62,8% do total dos acidentes verificados;
- No âmbito dos grupos etários, os que estiveram envolvidos em mais acidentes, foram os grupos compreendidos entre 25-34 e 45-54 anos, respetivamente 43 e 32 acidentes, traduzindo-se em 71,4% do total dos acidentes verificados.

5.5 Implementação da metodologia (FMEA) à fiabilidade do equipamento

O estudo proposto da análise da fiabilidade do equipamento, através da FMEA e tem por base o Quadro n.º 17 da distribuição dos acidentes ocorridos segundo a origem (equipamento, local de trabalho e erros humanos), e em dados recolhidos pela equipa de trabalho para a realização da FMEA.

O presente estudo reporta-se exclusivamente ao equipamento, no entanto, a esta ferramenta pode e deve também ser aplicada ao local de trabalho.

O objetivo da aplicação da FMEA é demonstrar a viabilidade do uso desta técnica, na determinação de medidas preventivas e corretivas para a maximização da redução dos riscos na utilização de empilhadores.

A equipa de trabalho efetiva para a realização da FMEA, foi composta por quatro participantes, com diferentes níveis de integração no processo produtivo da CMPS:

- Técnico Superior do Departamento de Segurança;
- Diretor da atividade produtiva;
- Técnico da manutenção;
- Responsável da equipa de operadores.

A equipa de trabalho identificou para cada local de laboração, os diversos Modos de Falha, procedendo ao preenchimento do Formulário de Entrada, (Quadro 18) e para avaliar as principais Causas dos Modos de Falha, recorreu ao uso do “*brainstorming*” e do Diagrama de Causa e Efeito, tendo em conta quatro elementos fundamentais inerentes a qualquer indústria, que são: os trabalhadores, as instalações / materiais, equipamento e métodos.

Quadro 18 - Formulário de Entrada

Modos de Falha	Causas	Ocorrência	Efeitos	Severidade
<p>1 - Exposição a condições atmosféricas nocivas (monóxido de carbono e/ou poeiras).</p>	<p>Ventilação forçada inadequada e equipamento obsoleto.</p>		<p>Risco de toxicidade e insuficiência respiratória, diminuição dos reflexos, da acuidade visual e da capacidade de estimar intervalos de tempo.</p>	
<p>2 - Exposição a condições atmosféricas desfavoráveis (calor e frio).</p>	<p>Equipamento sem cabine adequada às condições atmosféricas. EPI harmonizado inexistente.</p>		<p>Calor: Ocorrência de desconforto, sobrecarga para o aparelho circulatório, perdas de água e de sais, etc. Frio: Ocorrência de desconforto, redução do estado de alerta, alterações na memória, confusão apatia, distorção da visão, etc.</p>	
<p>3 - Exposição a níveis de ruído acima do Valor Limite de Exposição.</p>	<p>Falta de manutenção e equipamento obsoleto.</p>		<p>Perda auditiva e alterações fisiológicas extra auditivas (problemas digestivos, distúrbios no sono, diminuição da concentração, dores de cabeça, etc.)</p>	
<p>4 - Exposição a níveis de vibração (sistema corpo inteiro) acima do Valor Limite de Exposição.</p>	<p>Falta de manutenção e equipamento obsoleto.</p>		<p>Desconforto e mau estar nos operadores durante a rotina de trabalho, traduzindo-se na falta de concentração, aumento do número de erros cometidos, diminuição da produtividade, interferência com a acuidade visual e o controlo dos movimentos do sistema mão - braço, etc.</p>	
<p>5 - Rotura da fita de aço ao movimentar os lotes.</p>	<p>Fita metálica inadequada aos esforços transmitidos ao movimentar os lotes.</p>		<p>Possibilidade de atingir e ferir o operador ou trabalhador sito na envolvente e queda do lote transportado.</p>	
<p>6 - Tampa do depósito fechada incorretamente após abastecimento.</p>	<p>Falta de sensor de tampa.</p>		<p>Possibilidade de incêndio e derrame de combustível nos corredores de circulação.</p>	
<p>7 - Perda da eficiência da proteção térmica do tubo de escape e do motor.</p>	<p>Falta de manutenção e equipamento obsoleto.</p>		<p>Possibilidade de queimaduras por contacto térmico.</p>	

Modos de Falha	Causas	Ocorrência	Efeitos	Severidade
8 - Rotura da corrente do mecanismo de elevação.	Falta de manutenção		Perigo de queda brusca do lote transportado e/ou em elevação.	
9 - Falha nos sistemas de travagem.	Falta de manutenção		Choque contra trabalhadores, estruturas existentes, material empilhado e empilhadores que circulem no mesmo corredor.	
10 - Falha no sistema de transmissão.	Falta de manutenção		Impossibilidade de execução da tarefa.	
11 - Rotura dos sistemas hidráulicos (tubos, mangueiras e uniões).	Falta de manutenção		Perigo de circulação dos empilhadores por espalhamento de óleo nos corredores de circulação.	
12 - Falha nos sensores de posicionamento e fixação de carga.	Falta de manutenção		Choque contra estrutura existente e/ou material empilhado.	
13 - Falta de revisão do extintor do empilhador.	Falha na programação da revisão do extintor.		Diminuição de prevenção de risco de incêndio.	

A equipa de trabalho, com o auxílio do Formulário de Entrada, construiu e preencheu a ficha da FMEA, (Quadro 19).

A avaliação para cada tipo de Falha foi efetuada para cada uma das seguintes classificações:

- Probabilidade de Ocorrência;
- Severidade das Consequências.

Neste presente trabalho, a interpretação proactiva é baseada no uso dos graus de severidade e dos índices de ocorrência para interpretar e seleccionar os modos de falha mais importantes.

Cada modo de falha / efeito foi subjetivamente classificado (1 = melhor, 10 = pior) utilizando as escalas de Ocorrência e Severidade referidas na Figura 7 da abordagem teórica.

Quadro 19 - Formulário FMEA

FUNÇÕES	MODOS DE FALHA	CAUSAS	OCORRÊNCIA	EFEITOS	SEVERIDADE	DETEÇÃO	CONTROLOS	AÇÕES RECOMENDADAS PARA MELHORIA	OBS.
Ventilação forçada	1 - Exposição a condições atmosféricas nocivas (monóxido de carbono e/ou poeiras).	Ventilação forçada inadequada e equipamento obsoleto.	5	Risco de toxidade e insuficiência respiratória, diminuição dos reflexos, da acuidade visual e da capacidade de estimar intervalos de tempo.	4	2	Medição	Melhorar a ventilação forçada ou substituir o combustível dos empilhadores por GPL.	
Departamento de Segurança	2 - Exposição a condições atmosféricas desfavoráveis (calor e frio).	Equipamento sem cabine adequada às condições atmosféricas. EPI harmonizado inexistente.	4	Calor: Ocorrência de desconforto, sobrecarga para o aparelho circulatório, perdas de água e de sais, etc. Frio: Ocorrência de desconforto, redução do estado de alerta, alterações na memória, confusão apatia, distorção da visão, etc.	3	2	Medição	Emissão diária de boletim meteorológico.	
Manutenção	3 - Exposição a níveis de ruído acima do Valor Limite de Exposição.	Falta de manutenção e equipamento obsoleto.	7	Perda auditiva e alterações fisiológicas extra auditivas (problemas digestivos, distúrbios no sono, diminuição da concentração, dores de cabeça, etc.)	5	4	Medição	Redução do ruído dos empilhadores com a introdução de sistemas isolantes, ou substituição por equipamentos a GPL ou elétrico.	

Empilhadores - Avaliação de Riscos e da Fiabilidade Humana na sua Utilização

FUNÇÕES	MODOS DE FALHA	CAUSAS	OCORRÊNCIA	EFEITOS	SEVERIDADE	DETEÇÃO	CONTROLOS	AÇÕES RECOMENDADAS PARA MELHORIA	OBS.
Manutenção	4 - Exposição a níveis de vibração (sistema corpo inteiro) acima do Valor Limite de Exposição.	Falta de manutenção e equipamento obsoleto.	6	Desconforto e mau estar nos operadores durante a rotina de trabalho, traduzindo-se na falta de concentração, aumento do número de erros cometidos, diminuição da produtividade, interferência com a acuidade visual e o controlo dos movimentos do sistema mão - braço, etc.	5	3	Medição	Redução da vibração dos empilhadores com a introdução de sistemas anti vibratórios, ou substituição por equipamentos a GPL ou elétrico.	
Departamento de Segurança	5 - Rotura da fita de aço ao movimentar os lotes.	Fita metálica inadequada aos esforços transmitidos ao movimentar os lotes.	9	Possibilidade de atingir e ferir o operador ou trabalhador sito na envolvente e queda do lote transportado.	5	7	Ensaio de tração	Duplicação do número de fitas a utilizar ou substituição por fitas de resistência adequada aos esforços.	
Manutenção	6 - Tampa do depósito fechada incorretamente após abastecimento.	Falta de sensor de tampa.	3	Possibilidade de incêndio e derrame de combustível nos corredores de circulação.	6	4	Visualização	Adaptação de sensores na tampa de confirmação de fecho.	
Manutenção	7 - Perda da eficiência da proteção térmica do tubo de escape e do motor.	Falta de manutenção e equipamento obsoleto.	4	Possibilidade de queimaduras por contacto térmico.	3	3	Medição térmica	Substituição da proteção térmica do tubo de escape e do motor de combustão.	

Empilhadores - Avaliação de Riscos e da Fiabilidade Humana na sua Utilização

FUNÇÕES	MODOS DE FALHA	CAUSAS	OCORRÊNCIA	EFEITOS	SEVERIDADE	DETEÇÃO	CONTROLOS	AÇÕES RECOMENDADAS PARA MELHORIA	OBS.
Manutenção	8 - Rotura da corrente do mecanismo de elevação.	Falta de manutenção	2	Perigo de queda brusca do lote transportado e/ou em elevação.	6	7	Checlist no início de cada turno.	Manutenção preventiva eficiente e cheklist ao empilhador antes do início de cada turno.	
Manutenção	9 - Falha nos sistemas de travagem.	Falta de manutenção	3	Choque contra trabalhadores, estruturas existentes, material empilhado e empilhadores que circulem no mesmo corredor.	7	6	Checlist no início de cada turno.	Manutenção preventiva eficiente e cheklist ao empilhador antes do início de cada turno.	
Manutenção	10 - Falha no sistema de transmissão.	Falta de manutenção	2	Impossibilidade de execução da tarefa.	3	2	Checlist no início de cada turno.	Manutenção preventiva eficiente e cheklist ao empilhador antes do início de cada turno.	
Manutenção	11 - Rotura dos sistemas hidráulicos (tubos, manguerias e uniões).	Falta de manutenção	8	Perigo de circulação dos empilhadores por espalhamento de óleo nos corredores de circulação.	7	7	Checlist no início de cada turno.	Manutenção preventiva eficiente e cheklist ao empilhador antes do início de cada turno.	
Manutenção	12 - Falha nos sensores de Posicionamento e fixação de carga.	Falta de manutenção	2	Choque contra estrutura existente e/ou material empilhado.	7	7	Checlist no início de cada turno.	Manutenção preventiva eficiente e cheklist ao empilhador antes do início de cada turno.	
Departamento de segurança	13 - Falta de revisão do extintor do empilhador.	Falha na programação da revisão do extintor.	3	Diminuição da ação preventiva de risco de incêndio.	2	2	Visualização	Elaboração de tabela de programação das revisões.	

Com as classificações obtidas pelos membros da equipa de trabalho, foram preenchidas as Matrizes de Classificação para a Ocorrência (Tabela 9), para a Severidade (Tabela 10) e para a Detecção (Tabela 11), permitindo aferir o valor médio aritmético das notas.

Tabela 9 - Matriz para cálculo das médias das notas da Ocorrência

Falha	Elementos do Grupo				Média
	1	2	3	4	
1	5	4	4	6	5
2	5	2	4	6	4
3	8	5	5	8	7
4	7	4	4	7	6
5	9	9	7	9	9
6	3	4	2	2	3
7	5	3	3	5	4
8	2	2	2	3	2
9	3	2	2	3	3
10	2	3	2	2	2
11	8	9	7	9	8
12	1	3	1	3	2
13	2	4	2	2	3

Tabela 10 - Matriz para cálculo das médias das notas da Severidade

Falha	Elementos do Grupo				Média
	1	2	3	4	
1	5	3	3	5	4
2	3	1	2	5	3
3	5	4	5	7	5
4	5	4	5	7	5
5	4	6	4	5	5
6	5	6	5	6	6
7	4	2	2	5	3
8	6	8	6	6	6
9	8	8	6	6	7
10	3	4	2	3	3
11	7	8	6	8	7
12	7	8	6	8	7
13	2	3	2	2	2

Tabela 11 - Matriz para cálculo das médias das notas de Deteção

Falha	Elementos do Grupo				Média
	1	2	3	4	
1	3	1	2	2	2
2	2	1	2	2	2
3	5	3	3	5	4
4	4	2	2	5	3
5	8	5	7	8	7
6	5	3	5	3	4
7	5	2	1	4	3
8	8	7	5	8	7
9	7	6	4	7	6
10	2	3	1	2	2
11	7	8	5	8	7
12	7	8	5	8	7
13	3	2	1	2	2

Tabela 12 - Matriz das médias das notas de Ocorrência, Severidade e Deteção

Média das Notas de Ocorrência, Severidade e Deteção			
Falha	Ocorrência	Severidade	Deteção
1	5	4	2
2	4	3	2
3	7	5	4
4	6	5	3
5	9	5	7
6	3	6	4
7	4	3	3
8	2	6	7
9	3	7	6
10	2	3	2
11	8	7	7
12	2	7	7
13	3	2	2

Com base nos resultados da Tabela 12 foi construído o Gráfico de Áreas (Figura 21) e determinado o Grau de Prioridade de Risco (RPN) de cada modo de falha (Tabela 13), com base na multiplicação dos três fatores (Ocorrência, Severidade e Deteção).

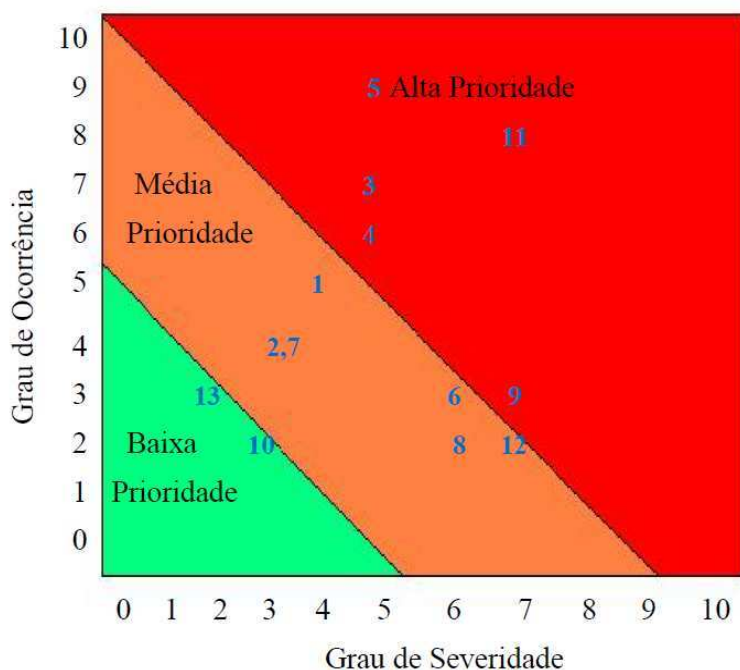


Figura 21 – Gráfico de Áreas

Tabela 13 - Matriz de Prioridade de Risco (RPN)

Número de Prioridade de Risco (RPN)				
Falha	Ocorrência	Severidade	Deteção	RPN (OxSxD)
1	5	4	2	40
2	4	3	2	24
3	7	5	4	140
4	6	5	3	150
5	9	5	7	315
6	3	6	4	72
7	4	3	3	36
8	2	6	7	84
9	3	7	6	126
10	2	3	2	12
11	8	7	7	392
12	2	7	7	98
13	3	2	2	12

Segundo o Gráfico de Áreas construído, a hierarquização das prioridades dos modos de falha distribuem-se pelas três regiões de prioridade, Alta (5), Média (6) e Baixa (2).

Da análise da matriz de prioridade de risco, conclui-se que a distribuição dos modos de falha é análoga, encontrando-se os mesmos cinco modos de falha da região de alta prioridade com os graus de prioridade de risco mais altos, cuja hierarquização dos modos de falha foram traduzidos no Quadro 20.

Quadro 20 - Hierarquização dos modos de falha segundo Efeitos/Prioridades e RPN

Hierarquização dos modos de falha segundo Efeitos / Prioridades e RPN		
Modos de Falha	Efeitos	Prioridades / RPN
10 - Falha no sistema de transmissão.	Impossibilidade de execução da tarefa.	Baixa Prioridade 12
13 - Falta de revisão do extintor do empilhador.	Diminuição da ação preventiva de risco de incêndio.	Baixa Prioridade 12
1 - Exposição a condições atmosféricas nocivas (monóxido de carbono e/ou poeiras).	Risco de toxidade e insuficiência respiratória, diminuição dos reflexos, da acuidade visual e da capacidade de estimar intervalos de tempo.	Média Prioridade 40
2 - Exposição a condições atmosféricas desfavoráveis (calor e frio).	Calor: Ocorrência de desconforto, sobrecarga para o aparelho circulatório, perdas de água e de sais, etc. Frio: Ocorrência de desconforto, redução do estado de alerta, alterações na memória, confusão apatia, distorção da visão, etc.	Média Prioridade 24
6 - Tampa do depósito fechada incorretamente após abastecimento.	Possibilidade de incêndio e derrame de combustível nos corredores de circulação.	Média Prioridade 72
7 - Perda da eficiência da proteção térmica do tubo de escape e do motor.	Possibilidade de queimaduras por contacto térmico.	Média Prioridade 36
8 - Rotura da corrente do mecanismo de elevação.	Perigo de queda brusca do lote transportado e/ou em elevação.	Média Prioridade 84
12 - Falha nos sensores de posicionamento e fixação de carga.	Choque contra estrutura existente e/ou material empilhado.	Média Prioridade 98

Hierarquização dos modos de falha segundo Efeitos / Prioridades e RPN		
Modos de Falha	Efeitos	Prioridades / RPN
3 - Exposição a níveis de ruído acima do Valor Limite de Exposição.	Perda auditiva e alterações fisiológicas extra auditivas (problemas digestivos, distúrbios no sono, diminuição da concentração, dores de cabeça, etc.)	Alta Prioridade 140
4 - Exposição a níveis de vibração (sistema corpo inteiro) acima do Valor Limite de Exposição.	Desconforto e mau estar nos operadores durante a rotina de trabalho, traduzindo-se na falta de concentração, aumento do número de erros cometidos, diminuição da produtividade, interferência com a acuidade visual e o controlo dos movimentos do sistema mão - braço, etc.	Alta Prioridade 150
5 - Rotura da fita de aço ao movimentar os lotes.	Possibilidade de atingir e ferir o operador ou trabalhador sito na envolvente e queda do lote transportado.	Alta Prioridade 315
9 - Falha nos sistemas de travagem	Choque contra trabalhadores, estruturas existentes, material empilhado e empilhadores que circulem no mesmo corredor.	Alta Prioridade 126
11 - Rotura dos sistemas hidráulicos (tubos, mangueiras e uniões).	Perigo de circulação dos empilhadores por espalhamento de óleo nos corredores de circulação.	Alta Prioridade 392

Identificados os modos de falha inseridos na região de Alta Prioridade e com os graus de risco mais elevados, procedeu-se à construção da Matriz de Investigação (Matriz de alta influência, Tabela 14), o que permitiu relacionar as preocupações de Alta Prioridade com as suas causas e assim, obter as principais Causas dos Modos de Falha considerados mais importantes no estudo.

Tabela 14 - Matriz de Alta Influência

Causa Comum	Modo de Falha				
	3	4	5	9	11
Equipamento obsoleto	√	√			
Fita metálica inadequada ao objetivo			√		
Falta de manutenção				√	√

5.5.1 Resultados e discussão

5.5.1.1 Resultados

Da análise ao Gráfico de Áreas e à Matriz de Prioridade de Risco, constata-se que 38% dos Modos de Falha situam-se na região de Alta Prioridade e com os graus de risco mais elevados, 47% na região de Média Prioridade e 15% na região de Baixa Prioridade.

Os Modos de Falha da região de Alta Prioridade com os graus de risco mais elevados, são; Rotura da fita de aço ao movimentar os lotes (RPN 315) e Rotura dos sistemas hidráulicos (tubos, mangueiras e uniões) (RPN 392), pelo que deverão ser os primeiros a serem considerados na implementação de ações corretivas.

Os Modos de Falha, situados na região de Alta Prioridade do Gráfico de Áreas e com os Graus de Prioridade Risco mais elevados, conforme transcritos na Quadro 20, são:

- Exposição a níveis de ruído acima do Valor Limite de Exposição;

- Exposição a níveis de vibração (sistema corpo inteiro) acima do Valor Limite de Exposição;
- Rotura da fita de aço ao movimentar os lotes;
- Falha nos sistemas de travagem;
- Rotura dos sistemas hidráulicos (tubos, mangueiras e uniões).

Após a construção da Matriz de Alta Influência, Tabela 14, do presente estudo e que se reporta exclusivamente ao equipamento, as “Causas-Chaves Comuns”, são:

- Equipamento obsoleto e/ou deficiente manutenção;
- Fita metálica inadequada ao objetivo;
- Falta de manutenção.

A falta ou a deficiente manutenção foi considerada como a Causa mais comum dos vários Modos de Falha / Efeitos que podem ocorrer.

A aplicação da ferramenta FMEA, auxiliou na deteção das falhas potenciais que se reportam ao equipamento, que redundarão nas consequências mais graves e das que ocorrem com mais frequência, permitindo serem atempadamente trabalhadas.

A correção das três Causas-Chaves Comuns anteriormente referidas, fornecerá o caminho mais rápido e eficaz em termos de custos / benefícios à resolução da maioria das preocupações de alta prioridade, identificadas no Gráfico de áreas da FMEA.

De forma a eliminar / reduzir a ocorrência destas três Causas-Chaves, recomendam-se as seguintes ações:

- Elaborar uma lista de Verificação, a utilizar periodicamente, cujas respostas às questões a serem controladas sejam Sim ou Não;
- Controlar as questões relacionadas com a descrição dos Modos de Falha considerados mais importantes e que podem ocorrer por falta ou deficiente de manutenção e de aquisição de fita com características inadequadas;
- Verificar o resultado das medidas recomendadas através do próprio formulário da FMEA, por meio de colunas, onde ficam registadas essas medidas, nome do responsável e prazos a cumprir, o que permite a monitorização das medidas realizadas e fazer a nova avaliação dos Modos de Falha / Efeitos (melhoria contínua).

Com a aplicação do modelo ao presente estudo, conclui-se a viabilidade da utilização da ferramenta FMEA, devido aos seguintes aspetos:

- Identificação dos principais Modos de Falha;
- Quantificação da Severidade, da Ocorrência e do Grau de Prioridade de Risco;
- Recomendação de Ações de Melhoria que são:
- Eliminar os Modos de Falha;
- Minimizar a Severidade;
- Reduzir a Ocorrência dos Modos de Falhas.

5.5.1.2 Discussão

A aplicação da metodologia FMEA é importante para as empresas, com a especificidade da empresa do presente estudo, em que a utilização dos empilhadores no sector produtivo é relevante, pelos factos seguintes:

- Permitir antever as falhas potenciais e tentar impedir a sua ocorrência ou minimizar as consequências quando elas ocorrem;
- Por ser uma das técnicas de baixo risco mais eficiente, para a prevenção de Modos de Falha e de identificação de soluções mais eficazes, a fim de prevenir esses problemas;
- Por ser uma ferramenta de baixo custo e que melhor contribui para o conhecimento dos problemas no processo e acompanhamento mais efetivo na realização de ações de melhoria dos Modos de Falha;
- Por diminuir os custos face à prevenção de ocorrência dos Modos de Falhas;
- A sua incorporação dentro das empresas beneficia a atitude de prevenção dos Modos de Falha (Perigos) e respetivos Efeitos (Riscos).

A facilidade de adaptação da ferramenta FMEA, permitiu moldá-la ao presente estudo, auxiliado pela utilização de outras ferramentas complementares ajudando na perceção da lógica das várias etapas a seguir, para a construção e posterior demonstração da viabilidade do uso da técnica FMEA na determinação de medidas preventivas e corretivas para a maximização da redução de riscos na atividade da utilização de empilhadores.

5.6 Implementação da técnica para predição de taxa de erro humano (THERP) na avaliação da fiabilidade humana

5.6.1 Introdução

Conforme descrito na abordagem teórica, será a metodologia THERP a ser aplicada no estudo de caso, para a análise da probabilidade de segurança, no que se refere à fiabilidade humana na utilização dos empilhadores na CMPS.

Na movimentação de cargas com utilização de empilhadores, o objetivo principal é vaticinar as probabilidades de erro humano e avaliar a deterioração do sistema indivíduo-máquina causada por erros humanos, tomados isoladamente, através de procedimentos e de práticas de execução não conformes, assim como os estados do operador que influenciam o comportamento do mesmo.

Para a implementação adequada da metodologia THERP foram mantidos os mesmos elementos da equipa multidisciplinar definida na FMEA, pela sua experiência, sendo acrescida de um novo elemento, o médico de trabalho, pela sua formação complementar na área de fatores humanos e experiência em fiabilidade humana.

5.6.2 Metodologia

A metodologia THERP será explanada através da utilização de avaliações de risco probabilístico (PRA - *Probabilistic Risk Assessments*), com base em estimativas de probabilidade de erro humano (HEP - *Human Error Probabilities*).

Será efetuada a análise de tarefas através do método gráfico da árvore de eventos do HRA (*Human Reliability Analysis*), representando em diagrama as ações humanas corretas e incorretas e as falhas do sistema.

A metodologia THERP implementada no processo operacional da CMPS baseia-se nas etapas seguintes:

1. Identificação dos locais de laboração potenciadores da ocorrência de erros humanos;
2. Listagem e análise das operações humanas relacionadas;
3. Estimar as probabilidades de erro relevantes;
4. Estimar os efeitos dos erros humanos nos eventos de falhas do sistema;
5. Recomendar mudanças no sistema e recalcular as probabilidades de falhas do sistema.

5.6.2.1 Identificação dos locais de laboração potenciadores da ocorrência de erros humanos

Foram identificados pela equipa de trabalho, no processo operacional da CMPS, quatro locais de laboração potenciadores da ocorrência de erros humanos na utilização dos empilhadores, que a seguir se descrevem:

- Alimentar e descarregar as linhas de fabricação;
- Armazenar o material acabado;

- Expedição de material / cais de carga;
- Abastecimento de combustível.

5.6.2.2 Análise e listagem das operações humanas relacionadas

Da análise pormenorizada dos locais de laboração e da base de dados dos incidentes / acidentes ocorridos com os empilhadores nos respetivos locais, procedeu-se à listagem das correspondentes tarefas, à enumeração dos fatores delimitadores do desempenho humano PSF (*Performance Shaping Factors*) que terão contribuído para a origem dos acidentes e ao levantamento da repetição das tarefas.

Os fatores delimitadores do desempenho humano (PSF) que afetam a fiabilidade humana na utilização dos empilhadores, descritos nos Quadros n.º 21, 22, 23 e 24 tiveram por base o Capítulo 3 do manuscrito completo *Handbook of Human Reliability Analysis NUREG/CR- 1278* de (Swain e Guttmann, 1983).

Quadro 21 - Alimentar e descarregar linhas de fabricação - Tarefas e PSFs

Alimentar linhas de fabricação / Descarregar linhas de fabricação			
Tarefas	Fatores delimitadores do desempenho humano		
	Fatores Externos	Fatores de Stress	Fatores Internos
Carregar material em armazém / fabricado	Repetição da tarefa Procedimentos exigidos	Velocidade da tarefa Carga excessiva de trabalho	Experiência e treino prévio Motivação e atitudes
Transportar material	Prioridade à produção	Duração do Stress	Estado emocional
Descarregar material da linha fabricação / na área de armazém		Fadiga	Condição física
		Ruído Vibração Esforço visual	

Quadro 22 - Armazenar material acabado - Tarefas e PSFs

Armazenar material acabado			
Tarefas	Fatores delimitadores do desempenho humano		
	Fatores Externos	Fatores de Stress	Fatores Internos
Carregar material	Repetição da tarefa	Velocidade da tarefa	Experiência e treino prévio
Transportar	Procedimentos exigidos	Carga excessiva de trabalho	Motivação e atitudes
	Prioridade à produção	Duração do Stress	Estado emocional
Empilhar material		Fadiga	Condição física
		Ruído	
		Vibração	
		Esforço visual	

Quadro 23 - Expedição de material - Tarefas e PSFs

Expedição de material acabado			
Tarefas	Fatores delimitadores do desempenho humano		
	Fatores Externos	Fatores de Stress	Fatores Internos
Desempilhar material	Repetição da tarefa	Velocidade da tarefa	Experiência e treino prévio
Transportar	Procedimentos exigidos	Carga excessiva de trabalho	Motivação e atitudes
	Prioridade à produção	Duração do Stress	Estado emocional
Carregar camião no cais de carga		Fadiga	Condição física
		Ruído	
		Vibração	
		Esforço visual	

Quadro 24 - Abastecer empilhadores - Tarefas e PSFs

Abastecer empilhadores			
Tarefas	Fatores delimitadores do desempenho humano		
	Fatores Externos	Fatores de Stress	Fatores Internos
Deslocar empilhador para abastecimento	Procedimentos exigidos Prioridade à produção	Velocidade da tarefa	Experiência e treino prévio
Desligar e acionar o travão de parque		Duração do Stress	Motivação e atitudes
Abrir porta e tampa do depósito		Temperaturas - calor / frio	Estado emocional
Abastecer		Ruído	Condição física
Fechar tampa do depósito e porta de segurança		Vibração	
Retomar frente de trabalho			

O levantamento da frequência de repetição da utilização dos empilhadores, nas tarefas dos quatro locais de laboração, conforme descrito no Quadro n.º 25, teve por base os dados fornecidos da produção média diária da CMPS, que se traduz em 275 toneladas por turno, totalizando uma produção diária (três linhas e três turnos) de 825 toneladas.

O número dos acidentes e incidentes verificados nos quatro locais de laboração inscritos também no Quadro n.º 25 foram obtidos da análise ao Histórico de Registos de Acidentes e dos Relatórios de Segurança.

Quadro 25 - Frequência de utilização - Acidentes + incidentes ano 2011

Repetição da utilização dos empilhadores (turno)		
Tarefas	Repetição da tarefa (Unidades)	Ano 2011
		Acidentes + Incidentes*
Alimentar e descarregar linhas de fabricação	40 / Empilhador (3)	2 + 32 = 34
Armazenar material acabado	40 / Empilhador (3)	1 + 37 = 38
Expedição de material acabado (8:00 / 20:00 H)	120 / Empilhador (3)	2 + 48 = 50
Abastecer empilhadores	2 / Empilhador / Turno	1 + 15 = 16
* Dados extrapolados de 2007		Total 6 + 132 = 138

5.6.2.3 Estimar as probabilidades de erro relevantes

Para estimar as probabilidades dos erros relevantes foram desenvolvidas Árvores de Eventos, para cada um dos locais de laboração favorecedores da ocorrência de erros humanos, Figuras n.º 22, 23, 24, 25 e 26.

As Árvores de Eventos expressam cada tarefa de unidade sequencialmente como ramos de uma árvore binária de eventos. Cada ramo representa o desempenho correto (S) ou incorreto da tarefa (F).

As probabilidades de erro humano (HEP) foram atribuídas com base no item 3 (instruções de segurança usadas incorretamente) da tabela n.º 20-7 do manual de (Swain e Guttman, 1983). A estimativa dos efeitos relativos aos fatores delimitadores do desempenho humano (PSF) tiveram também por base as tabelas n.º 20-15 e 20-16 do mesmo manual, cujas tabelas foram inseridas no **Anexo VIII**.

Os valores de HEP foram corrigidos para 1/3, tendo em conta a base de dados das falhas ocorridas nos locais de laboração nos últimos 9 anos, a extensão exígua dos percursos e o número reduzido de procedimentos instituídos.

Figura 22- Árvores de Eventos - Alimentar linha de fabricação

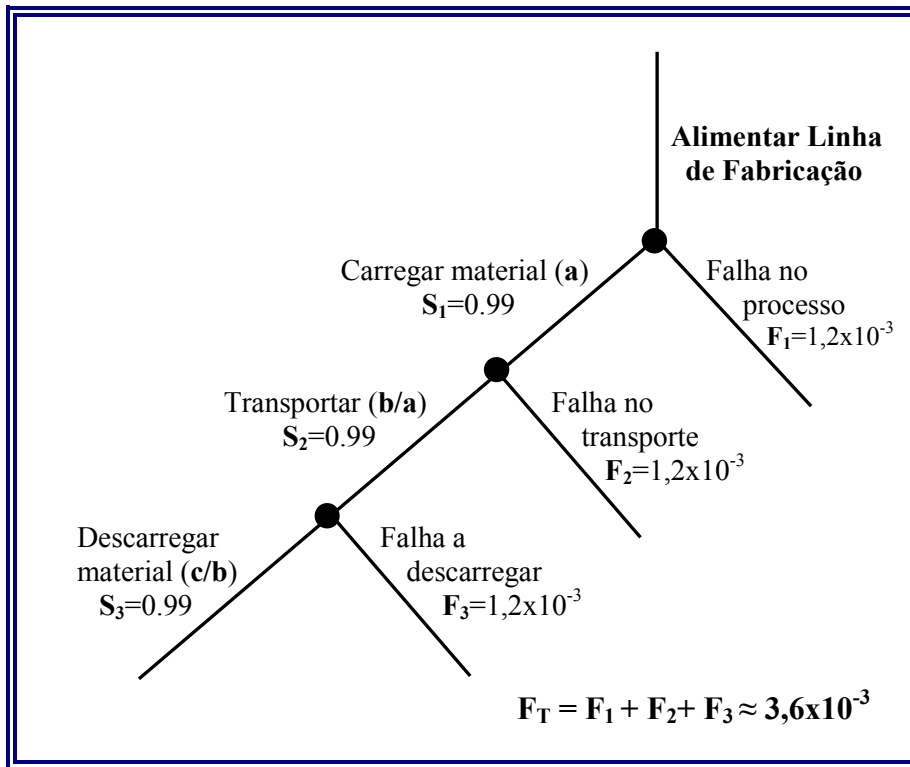


Figura 23 - Árvores de Eventos - Descarregar linha de fabricação

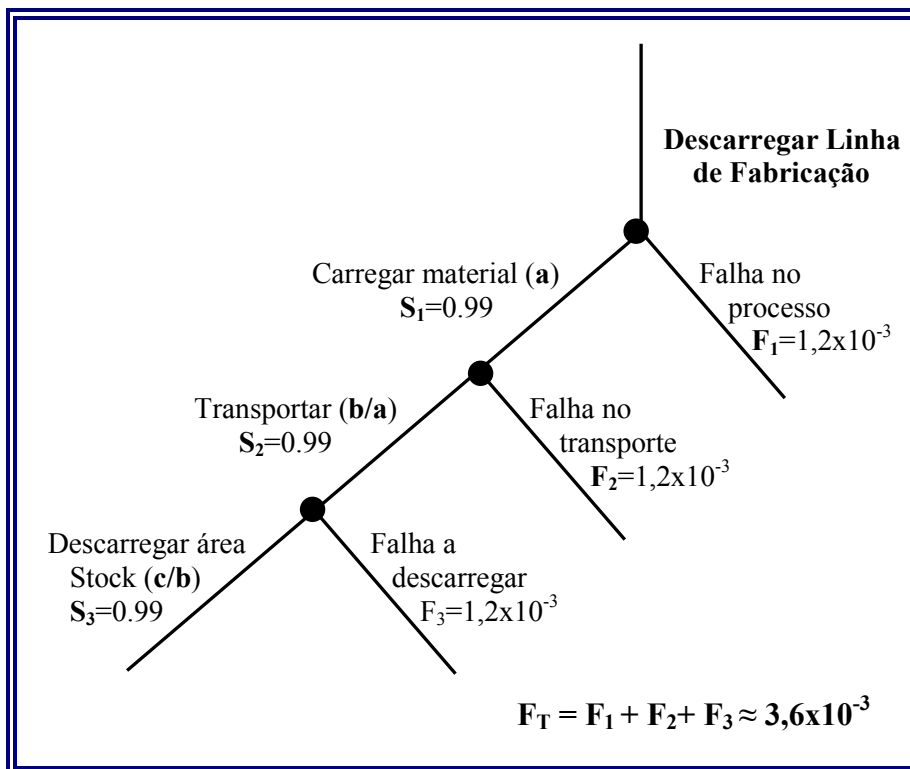


Figura 24 - Árvores de Eventos - Armazenar material acabado

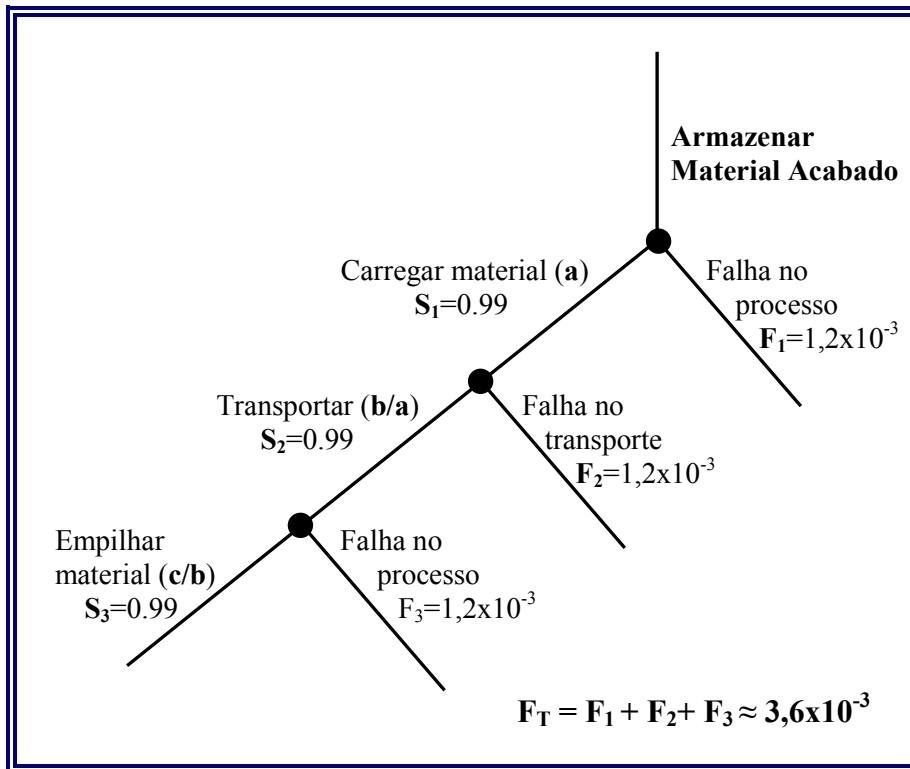


Figura 25 - Árvores de Eventos - Expedição de material acabado

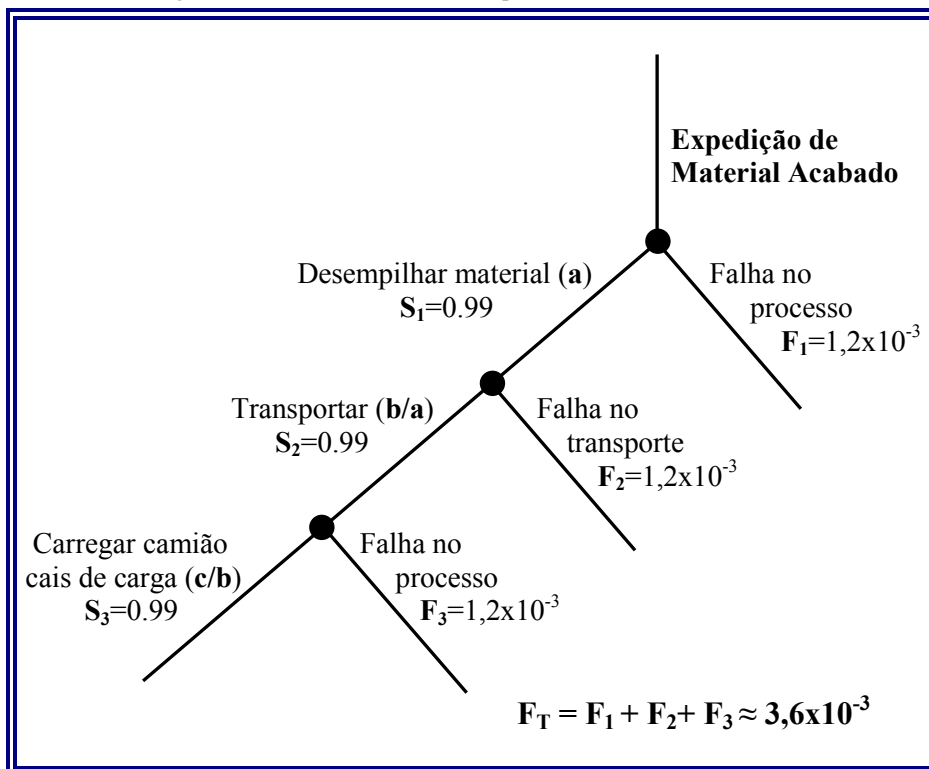
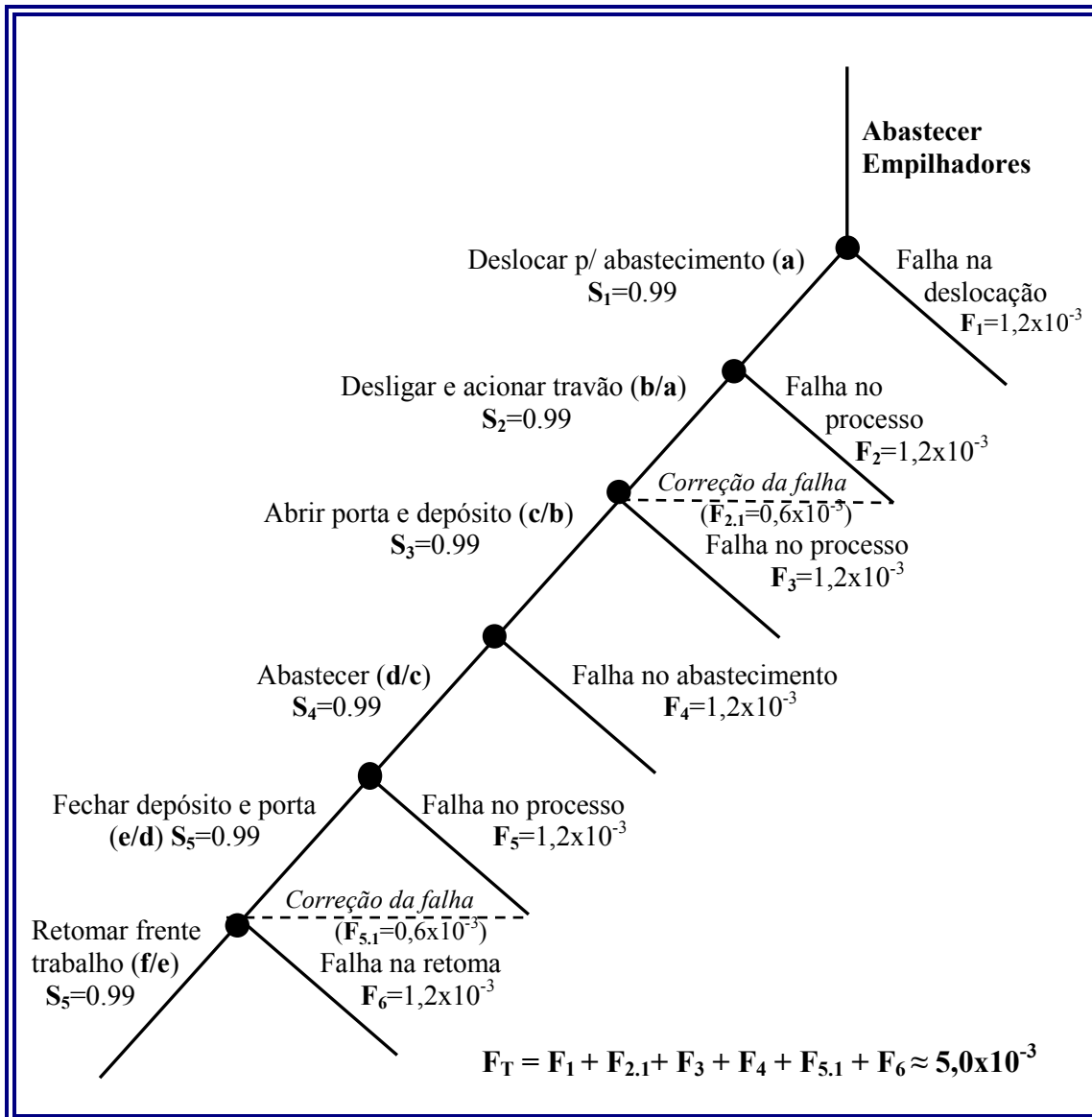


Figura 26 - Árvores de Eventos - Abastecer empilhadores



5.6.2.4 Estimar os efeitos dos erros humanos nos eventos de falhas do sistema

Os erros humanos, para o caso específico da fábrica de MDF, na utilização de empilhadores para a execução das tarefas nos quatro locais de laboração, são de predominância erros de omissão (1 equipamento / 1 operador). A não conclusão com sucesso de uma das etapas da tarefa prioritária de carregar e descarregar as linhas de produção pode implicar a suspensão temporária da respetiva linha, e por inerência efeitos indesejáveis para o sistema em termos de compromissos com clientes e financeiros.

No que concerne às tarefas de armazenar o material acabado e da expedição do material, os erros humanos gerados, são também de omissão, apesar de incómodos para as antevisões de laboração diárias, podem sempre ser superados por outros elementos da equipa adstrita ao turno e repostas as previsões com a utilização de horas extras.

No abastecimento dos empilhadores o erro humano mais relevante e que pode traduzir-se em consequências graves para o operador em causa e para outros operadores é o fecho inadequado do depósito e da respetiva porta, originando o espalhamento de combustível nos percursos de laboração e por inerência gerar acidentes de consequências imprevistas, para além da contaminação ambiental.

5.6.2.5 Recomendar mudanças no sistema e recalcular as probabilidades de falhas do sistema

5.6.2.5.1 Mudanças recomendada

A estimativa das probabilidades dos erros relevantes das tarefas descritas nas Árvores de Eventos dos locais de laboração e a caracterização dos acidentes descritas no ponto 5.4.1, demonstram sucessivas falhas da fiabilidade humana na utilização dos empilhadores.

No âmbito da avaliação da fiabilidade humana através da metodologia THERP, recomenda a equipa de trabalho, que sejam tomadas as seguintes medidas para a redução da ocorrência de erros humanos dentro dos locais de laboração e por consequência a redução da gravidade da sinistralidade na atividade desenvolvida pelos empilhadores, ou seja:

1. Promoção de cursos de formação e de reciclagem para os operadores dos empilhadores.

2. Implementação de medidas de melhorias nos empilhadores tendentes a reduzir o ruído e a vibração transmitida aos operadores;
3. Avaliação anual, através da medicina do trabalho, das condições físicas dos operadores e no início de cada turno do estado emocional dos operadores;
4. Controlo aleatório da taxa de alcoolemia, de produtos opiáceos e de alucinogénios;
5. Instalação e controlo por vídeo vigilância de toda a atividade de laboração, para inspeção e deteção da subversão às normas e procedimentos de segurança instituídos;
6. Atribuição de prémio pecuniário mensal para compensar a prioridade à produção inerente, os picos de carga excessiva de trabalho e pela não ocorrência de incidentes / acidentes no período em causa.

5.6.2.5.2 Recalcular as probabilidades de falhas do sistema

A implementação com rigor das medidas propostas tendentes à redução da ocorrência de erros humanos nos locais de laboração, visam a redução das probabilidades de falha do sistema, cujo cálculo é apresentado no Quadro n.º 26.

O novo cálculo das probabilidades de falhas tem por base o item 1 (instruções de segurança usadas corretamente) da tabela n.º 20-7 (Anexo VIII) do manual (Swain e Guttman, 1983) e a correção referida no ponto 5.6.2.3.

A implementação das medidas propostas para a redução da ocorrência de erros humanos tendem a reduzir significativamente os fatores delimitadores do desempenho humano (PSF), pelo que foi considerado nulo o seu efeito no novo cálculo das probabilidades de falhas.

Quadro 26 - Nova probabilidade de falha do sistema

Nova probabilidade de falha do sistema		
Locais de laboração	Probabilidade de falha s/ as medidas propostas	Probabilidade de falha c/ as medidas propostas
Alimentar linha de fabricação	$F_T \approx 3,6 \times 10^{-3}$ (3,6/1000)	$F_T \approx 1,0 \times 10^{-3}$ (1/1000)
Descarregar linha de fabricação	$F_T \approx 3,6 \times 10^{-3}$ (3,6/1000)	$F_T \approx 1,0 \times 10^{-3}$ (1/1000)
Armazenar material acabado	$F_T \approx 3,6 \times 10^{-3}$ (3,6/1000)	$F_T \approx 1,0 \times 10^{-3}$ (1/1000)
Expedição de material acabado	$F_T \approx 3,6 \times 10^{-3}$ (3,6/1000)	$F_T \approx 1,0 \times 10^{-3}$ (1/1000)
Abastecer empilhadores	$F_T \approx 5,0 \times 10^{-2}$ (5/1000)	$F_T \approx 1,7 \times 10^{-3}$ (1,7/1000)

5.6.3 Resultados e discussão

5.6.3.1 Resultados

A nova probabilidade de falha de erros humanos nos locais de laboração, com as medidas propostas implementadas, traduziu-se na redução de 75% do conjunto (acidente + incidente), ou seja para um valor global estimado de 35 (acidentes + incidentes).

Nos locais de laboração, as tarefas principais com exceção do abastecimento dos empilhadores, a falha de erros humanos passou de 3,6/1000 para 1/1000 traduzindo-se numa redução de 73%.

Na tarefa de abastecimento dos empilhadores a falha de erros humanos passou de 5/1000 para 1,7/1000 traduzindo-se numa redução de 66%.

Do estudo apresentado, conclui-se que a aplicação da análise da fiabilidade humana na especificidade da metodologia THERP, aumenta a probabilidade de detetar falhas humanas em indústrias automatizadas antes que elas afetem o sistema.

5.6.1.2 Discussão

A aplicação da metodologia THERP é relevante para todo o tipo de empresa de maior ou menor grau de automatismos, por permitir prever probabilidade de erro humano e avaliar da degradação de um sistema homem-máquina provável de ser causado somente por erro humano, ou em conexão com funcionamento de equipamentos, procedimentos e práticas operacionais, ou outros sistemas e características humanas que influenciam o comportamento do sistema.

Apresenta as seguintes vantagens:

- Boa ferramenta para comparação relativa de riscos;
- Pode ser utilizada para verificar a participação do erro humano em termos de magnitude de risco, e não necessariamente em termos de probabilidades ou frequências;
- Pode ser utilizada com as árvores de falha comuns;
- É uma técnica transparente e bem documentada;
- O seu banco de dados pode ser utilizado sistematicamente, ou inseridos dados externos de erro (quando disponíveis).

Como inconveniente é uma técnica que exige muitos recursos devido ao nível de detalhes necessários para utilizá-la corretamente.

Cada ser humano vai para o trabalho com determinadas competências, habilidades, atitudes, e uma série de outros atributos humanos. Não é possível desenvolver criaturas padronizadas para trabalhos específicos. Uma vez que não é possível, é feita uma tentativa para selecionar os trabalhadores que podem desenvolver aceitáveis níveis de desempenho. Os fatores delimitadores do desempenho humano internos determinam o nível potencial para que o indivíduo se possa desenvolver.

No entanto, os estados de alguns fatores delimitadores do desempenho humano internos (por exemplo: treino, experiência anterior, prática ou habilidade) dependem de métodos utilizados para treinar o trabalhador e para manter ou melhorar a sua própria eficiência.

A metodologia THERP é amplamente abrangente para melhorias no desenvolvimento e na manutenção de habilidades, especialmente aquelas habilidades relacionadas ao lidar com eventos incomuns em todo o tipo de indústrias automatizadas ou de risco como centrais nucleares.

6 CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

O presente trabalho atingiu os objetivos preconizados, isto é, propor ferramentas para avaliar e detetar os fatores e deficiências favorecedoras da sinistralidade na indústria em causa, e por inerência da futura publicação a eventual adoção pelas várias indústrias similares para a determinação da fiabilidade geral dos sistemas, em prol da segurança e da eficiência.

A análise de falhas e a fiabilidade humana no contexto dos locais de trabalho é, para além de uma matéria laboral, económica e de saúde, um assunto que exige responsabilidade social e cidadania, pelo que implica uma maior atenção e envolvimento das entidades patronais, dos parceiros sociais e da Administração Pública como legislador.

Harmonizar a fiabilidade humana no ambiente de trabalho é permitir uma disponibilidade adequada do ser humano no seu contexto de trabalho, isto é, estruturar os dispositivos, as máquinas e a organização do trabalho de forma a não comprometer a saúde e o desempenho do homem nesta interface.

Tendo como tema principal a Avaliação de Riscos e da Fiabilidade Humana na Utilização de Empilhadores, muitos outros assuntos pertinentes foram abordados nesta tese de mestrado que, no seu global, permitiram desenvolver um estudo mais complementar e direto sobre o escopo da temática central.

Assim, urge concluir que a implementação da análise de falhas (FMEA) e de diagnosticar a probabilidade do erro humano (THERP), se complementam com maior rigor na deteção dos fatores favorecedores da sinistralidade na utilização de qualquer equipamento. Cada vez mais se observa uma crescente inclusão destas ferramentas ou de ferramentas similares nas várias indústrias para determinação da fiabilidade geral dos sistemas, em prol da segurança e da eficiência.

Relativamente à metodologia estudada, FMEA, traduziu-se num contributo bastante positivo para a deteção das falhas potenciais que se reportam ao equipamento (empilhadores), permitindo serem atempadamente trabalhadas, resultando na prevenção de acidentes laborais na indústria em causa, assim como, se implementada, em várias outras indústrias.

No que concerne à metodologia estudada, THERP, permitiu vaticinar as probabilidades de erro humano e avaliar a deterioração do sistema indivíduo-máquina (indivíduo-empilhador) causada por erros humanos com origem em procedimentos e práticas de execução não conformes e nos estados do operador que influenciam o comportamento do mesmo. A metodologia é amplamente abrangente para melhorias no desenvolvimento e na manutenção de habilidades, especialmente aquelas habilidades relacionadas ao lidar com eventos incomuns em todo o tipo de indústrias automatizadas ou de risco como centrais nucleares, resultando num contributo bastante positivo no que respeita à prevenção de acidentes laborais na indústria de produção em causa, assim como, também se implementada, em várias outras indústrias.

Vaticina-se ainda que o desenvolvimento destas ferramentas ou de ferramentas similares nas várias indústrias de produção não seja impulsionado por falhas catastróficas, mas sim pelo bom senso e cultura de segurança que devem prevalecer, aliados aos avanços tecnológicos, em prol da segurança necessária em indústrias consideradas de risco.

Em geral, a gestão das indústrias está vocacionalmente mais direcionada para o bom funcionamento dos equipamentos (através do conhecimento profundo que detêm destes), no entanto com a nova abordagem do conhecimento dos fatores humanos, assim como dos mecanismos de erro, da análises e técnicas para a prevenção de falhas humanas, têm dotado os profissionais de segurança de uma capacidade de análise ímpar, em todos os componentes/fases do sistema homem-máquina.

A nível particular, o conhecimento adquirido aquando da realização deste trabalho, tornou-se numa mais-valia a nível pessoal e, acima de tudo profissional, uma vez que, inevitavelmente, estarei mais apto para identificar os meus erros e os dos outros, assim como para avaliar as causas de determinadas falhas dos equipamentos e calcular as probabilidades de erro humano no contexto da fiabilidade humana relativa a certas ações/tarefas. A par do maior enriquecimento humano adquirido, poderá contribuir em muito para aumentar os meus índices de produtividade, independentemente da função profissional que desempenho ou que possa vir a desempenhar futuramente.

6.1 Limitações do trabalho realizado

No que concerne à Análise dos Modos de Falha e seus Efeitos (FMEA), o presente estudo reporta-se exclusivamente ao equipamento, no entanto, a presente ferramenta podia ter sido também aplicada ao local de trabalho. Não foi aplicada, face ao número máximo de 150 páginas impostas para a presente tese.

Na alusão à análise da fiabilidade humana, o presente trabalho, ficou condicionado pelo facto de a **CMPS** ter adotado o modelo de participação de acidente de trabalho e o mapa de encerramento de processo de acidente de trabalho, aprovado pela Portaria n.º 137/94, de 8 de Março, ser omissivo à consideração do erro humano.

Também pelo facto, da medicina no trabalho existente na **CMPS** nunca ter realizado uma abordagem intrínseca das causas dos acidentes, quando estes envolveram o erro humano.

Os resultados do presente trabalho, no que se refere à análise da fiabilidade humana, são corroborados pelas semelhanças encontradas entre estes e as descrições bibliográficas que serviram de base ao presente caso de estudo.

6.2 Trabalhos futuros

A realização desta tese de mestrado despertou para a importância de alguns temas passíveis de investigação em outros estudos, relacionados com a análise da fiabilidade humana, nomeadamente:

- Investigação do erro humano na abordagem das causas dos acidentes de trabalho;
- Investigação da incompatibilidade entre o humano e o tecnológico com base no desempenho ineficiente dos operadores;
- Investigação do baixo desempenho / resultado das próprias condições de trabalho / gerador da falha humana;
- Abordagem do conhecimento dos fatores humanos, assim como dos mecanismos de erro, das análises e técnicas para a prevenção de falhas humanas.

Pelo facto dos temas passíveis de investigação em outros estudos passarem exclusivamente pela fiabilidade humana, é pertinente descrever a citação de FUJITA (1992) *“A análise de fiabilidade humana é como o Centauro, em que somente a metade é humana”*.

BIBLIOGRAFIA

ALMEIDA, J. (2003) - **Segurança em Sistemas Críticos e em Sistema de Informação - Um Estudo Comparativo**. [Consult. 11 Set. 2011]

ALVES, J. (1997) **A Técnica HAZOP, como Ferramenta de Aquisição de Dados para Avaliação da Confiabilidade Humana na Indústria Química** - Tese de Mestrado em Qualidade, Instituto de Matemática, Estatística, e Computação Científica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas. [Consult. 16 Out. 2011]

Boletim OSHA (Occupational Safety and Health Administration), 2008.

Boletim n.º 1014I (2008) INSHT (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene em el Trabajo).

CAMARA, J. (2006) - **Manutenção Eléctrica Industrial** - Disponível em www.unimep.br/phpg/editora/revistaspdf/rct21art01.pdf. [Consult. 15 Set. 2011]

PELÁEZ C. and BOWLES J. (1996) - **Using Fuzzy Cognitive Maps as a System Model for Failure Modes and Effects Analysis**. [Consult. 10 Jun. 2011]

COUTO, H. (1996) - **Ergonomia Aplicada ao Trabalho: O Manual Técnico da Máquina Humana** - Volume 2, Belo Horizonte, Ergo. [Consult. 13 Dez. 2011]

Decreto-Lei n.º 103/2008 de 12 de Dezembro.

Decreto-Lei n.º 50/2005 de 25 de Fevereiro.

Dicionário Universal da Língua Portuguesa (1995), Texto Editora.

EMBREY, D.; HUMPHREYS, P.; ROSA, E.; KIRWAN, B.; REA, K. - **SLIM-MAUD (1984) - An Approach to Assessing Human Error Probabilities using Structured Expert Judgment** - NUREG/CR-3518, Washington, D.C., USNRC. [Consult. 20 Dez. 2011]

Guía para la adecuación y evaluación de riesgos en las carretillas elevadoras (2009), Instituto Navarro de Seguridad Laboral. [Consult. 12 Jun. 2011]

FILGUEIRAS, L. (1996) - **Método para Análise e Projeto de Interfaces Homem-Computador Visando Confiabilidade Humana** - Tese de Doutoramento em Engenharia, Departamento de Engenharia de Computação e Sistemas Digitais, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. [Consult. 12 Dez. 2011]

BRINDLEY, J (2009) - **Brochura Intra Logística de Março**. [Consult. 5 Jul. 2011]

LLORY, M. (1996) - **L' Accident de la Centrale Nucléaire de Three Mile Island** - Paris: L' Harmattan. [Consult. 22 Dez. 2011]

KIRWAN, B. (1999) - **Some Developments in Human Reliability Assessment, In: The Occupational Ergonomics Handbook**, New York, CRC Press, pp. [Consult. 3 Jan. 2012]

MEISTER (1993) - **Human Reliability Database and Future Systems** - Annual Reliability and Maintainability Symposium, Proceedings. [Consult. 20 Jan. 2012]

MOURA, R. (2005) - **Sistemas e Técnicas de Movimentação e Armazenagem de Materiais** - 5. ed. São Paulo: IMAM. [Consult. 8 Jun. 2011]

NUNES, F. (2006) - **Manual Técnico de Segurança e Higiene do Trabalho** - Edições Gustave Eiffel.

NORMA MIL-P-1629 - Procedures for Performing a Failure Mode Effect and Critical Analysis - Department of Defense (US), 9 November 1949.

NORMA MIL-STD-1629A - Procedures for Performing a Failure Mode Effect and Criticality Analysis - Department of Defense (USA), 24 November 1980.

NORMA SAE J 1739, Department of Society of Automotive Engineers, 1994.

NORMA TÉCNICA DE PREVENCIÓN N.º 714 (2007) - Carretillas elevadoras automotoras (II): Principales Peligros y Medidas Preventivas – INSHT.

NUREG/CR-1278 (1983) - Handbook of Human Reliability Analysis with Emphasis on Nuclear Power Plant Applications Final Report - U. S. Nuclear Regulatory Commission: Washington DC. [Consult. 10 Jan. 2012]

PALADY, P. (2007) - FMEA - Análise dos Modos de Falha e Efeitos - São Paulo: Instituto IMAM. [Consult. 13 Out. 2011]

PALLEROSI, C. (2008) - Confiabilidade Humana - Nova metodologia de análise qualitativa e quantitativa, Simpósio Internacional de Confiabilidade, Florianópolis. [Consult. 8 Jan. 2012]

RAUSAND, M. & HØYLAND, A. (2004) - System Reliability Theory - Models, Statistical Methods, and Applications - 2nd. Ed. Wiley, New York Sons. [Consult. 12 Jan. 2012]

REASON (1990) apud BEGOSSO (2005) - Human Error. [Consult. 15 Jan. 2012]

SERRANO, E. - Conceito, Classificação e Quantificação da Fiabilidade Humana na Relação Homem-Máquina - ISEL 2008.

SOUSA, C. - **Empilhadores - Avaliação de Riscos na Operação e Manutenção** - Trabalho Final da Licenciatura de Segurança e Higiene do Trabalho - ISEC 2007.

STAMATIS, D. (2003) - **Failure Mode and Effect Analysis FMEA from Theory to Execution** - Quality Press ASQ. [Consult. 8 Jun. 2011]

SWAIN, A. (1990) - **Human Reliability Analysis: Need, Status, Trends and Limitations, Reliability Engineering and System Safety**. [Consult. 18 Jan. 2012]

Webografia

Empilhadores apetrechados com cabine - (s.d.) - [Online]. Available: <http://www.kz.all.biz/pt> [Consult. 25 Ago. 2011]

Estabilidade de Empilhadores - (s.d.) - [Online]. Available: <http://www.maz.es> [Consult. 18 Ago. 2011]

Equilíbrio de cargas - Empilhadores - (s.d.) - [Online]. Available: <http://tecspace.com> [Consult. 18 Ago. 2011]

FMEA - Análise dos Modos de Falha e seus Efeitos - (s.d.) - [Online]. Available: <http://www.daelt.ct.utfpr.edu.br/professores/marcelor/Cap.fmea.pdf> [Consult. 10 Out. 2011]

Grupo Tradimaq - Empilhadeiras - (s.d.) - [Online]. Available: <http://www.tradimaq.com.br> [Consult. 13 Jul. 2011]

Jungheinrich Portugal - Empilhadores - (s.d.) - [Online]. Available: <http://www.jungheinrich.pt> [Consult. 13 Jul. 2011]

Modelo de Participação de Acidentes de Trabalho, (1994) - [Online]. Available: http://www.gep.msss.gov.pt/apresentacao/legislacaopdfs/p137_94.pdf [Consult. 10 Jan. 2012]

Primeiro Empilhador Híbrido de Mundo - (2010) - [Online]. Available: <http://www.logismarket.pt/euroleva> [Consult. 10 Ago. 2011]

Tratormaster Empilhadeiras - (s.d.) - [Online]. Available: <http://www.tratormaster.com.br> [Consult. 20 Jul. 2011]

ANEXOS

ANEXO I - COMPONENTES DE EMPILHADOR ELEVADOR

Os componentes principais de um empilhador elevador podem ser vistos na (Figura 27) e são os seguintes:

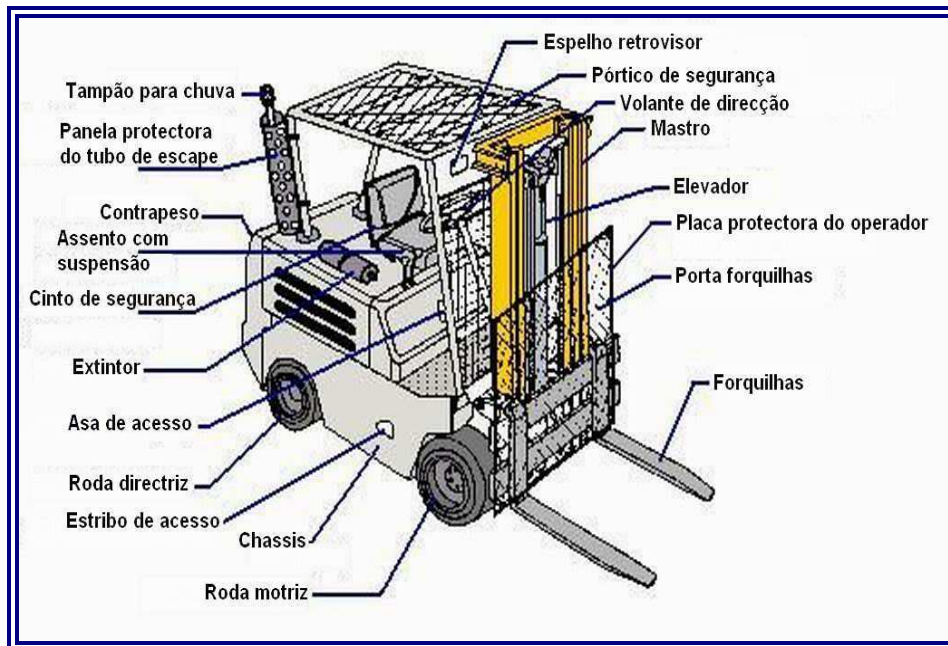


Figura 27 - Componentes Principais de um Empilhador

Fonte: Adaptado da imagem do INSL (2011)

- **Bastidor** - Estrutura geralmente de aço soldado, sobre a qual se instalam todos os componentes do empilhador com suas cargas e transmite seu efeito diretamente ao solo através das rodas (sem suspensão).
- **Contra peso** - Massa fixada à parte posterior do bastidor, destinada a equilibrar a carga no empilhador.
- **Mastro de elevação ou braço telescópico** - Permite o posicionamento e a elevação das cargas.

- **Tabuleiro porta forquilha** - Placa fixada ao mastro que permite o acoplamento e a fixação das forquilha ou outros acessórios. Se for necessário, atrás do tabuleiro porta forquilha deve ser montada uma antepara de apoio da carga, para evitar o deslizamento da mesma sobre o operador.
- **Forquilha** - Dispositivos que incluem dois ou mais braços de secção maciça, que se fixam sobre o tabuleiro porta forquilha. Normalmente se posicionam manualmente.
- **Acessórios de manipulação de carga** - São os acessórios (por exemplo: pinças, deslocadores laterais, colheres, elevadores, etc.), que permitem o aprisionamento e depósito da carga à altura e posição escolhida pelo operador.
- **Grupo motor e transmissão** - É o conjunto de elementos que acionam os eixos e grupos motores e direcionais. Inclui os motores térmicos ou elétricos e os diferentes tipos de transmissão (mecânica, hidráulica, etc.).
- **Sistema de alimentação de energia** - São os sistemas de alimentação de combustível nos empilhadores com motor térmico e as baterias de tração ou a conexão à rede nos empilhadores elétricos.
- **Sistema de direção** - Consta de um volante para a direção tipo automóvel em empilhadores de operador transportado ou de uma manete em empilhadores de operador a pé. Podendo ser mecânico, hidráulico ou elétrico.
- **Sistema principal de travagem** - Dispositivo para limitar a velocidade da máquina à vontade do operador, permitindo assegurar a paragem total da mesma, normalmente equipado com mordças ou discos de fricção, acionados mecânica ou hidraulicamente e que atuam sobre as rodas ou sobre os órgãos motores da máquina.

O Decreto-Lei n.º 103/2008, de 24 de Junho contempla que, na medida que a segurança o exija, a máquina disponha de um dispositivo de paragem de emergência com comandos independentes. Além disso, fixa a necessidade de que exista um dispositivo de estacionamento para manter imóvel a máquina.

- **Posto do operador** - Centraliza todos os órgãos de comando e controle. Todas as funções devem estar claramente identificadas, ser visíveis, de fácil operação e de acesso ergonómico para o operador. O posto deve estar desenhado de modo que desde o mesmo seja impossível o contacto fortuito do operador com as rodas ou com qualquer órgão móvel agressivo do próprio equipamento e além disso garantir a proteção frente a gases de escape.
- **Teto ou tejadilho protetor do operador** - Estrutura resistente que protege o operador contra a queda de objetos (FOPS¹). Obrigatório, sempre que exista o risco devido à queda de objetos. Em alguns casos, se a cabine é fechada é parte integrante do equipamento.
- **Proteção do operador face ao risco de capotamento** - Estrutura resistente que protege o operador contra os efeitos de capotamento do equipamento. Obrigatório, sempre que exista risco do equipamento tombar (ROPS²) (Figura 28). Quando o empilhador está provido de cabine, a mesma deve garantir a plena proteção do operador, e entre outros aspetos, garantir a proteção face à queda de objetos e/ou de capotamento.

¹ FOPS – (Falling Object Protection Structure): Estrutura de Proteção contra Queda de Objetos

² ROPS – (Roll Over Protection Structure): Estrutura de Proteção para o caso de Capotamento



Figura 28- Empilhador apetrechado de cabine
Fonte: www.kz.all.biz/pt (2011)

- **Assento** - Posto do operador nos empilhadores que o equipam. Deve ser anatómico e dotado de suspensão (para evitar que as vibrações se transmitam ao operador já que os empilhadores carecem de sistemas de amortecimento), regulável e adaptável, com sistema de ajuste ao peso do operador de modo que possa ser utilizado confortavelmente por todo o tipo de pessoas. Em alguns modelos para facilitar a posição do operador ao efetuar marcha atrás, dispõem de um sistema que permite a rotação do assento aproximadamente 30°. Quando a máquina estiver equipada com uma estrutura de proteção para os casos de reviravolta, o assento deve estar dotado de um cinto de segurança ou de um sistema equivalente de retenção do operador.
- **Rodas** - Servem de apoio do empilhador sobre o solo, permitindo a tração do mesmo. Podem ser de bandas maciças (aro ou secção circular de borracha ou plástico duro montado sobre um núcleo de aço ou ferro), super elásticas maciças (similares às anteriores mas com um aro de borracha de maior espessura, formado por várias capas de diferentes tipos de materiais que lhe confere um certo grau de elasticidade), ou pneumáticas (cobertura pneumática, com ou sem câmara, com superfícies de rodado de diferentes tipos e enchidas à pressão indicada pelo fabricante).

- **Placas informativas** - Cada empilhador deve ostentar obrigatoriamente marcado de forma legível e indelével os textos e pictogramas que informem o operador sobre a capacidade de carga do empilhador nas diferentes situações de carga, a função dos diferentes comandos e os riscos inerentes à utilização da máquina.

É especialmente importante comprovar que a máquina ostenta a placa de identificação do fabricante, a marcação “CE” de conformidade com o Decreto-Lei n.º 103/2008 e a placa de capacidade de cargas admissíveis para as condições de uso real do empilhador.

Se ao empilhador for montado algum acessório adicional, sobre o mesmo também deve existir a placa de identificação do fabricante do acessório, a capacidade de carga do mesmo e, se for aplicável, a marcação “CE” de conformidade.

Além disso, incluir-se-ão todas aquelas indicações ligadas às condições especiais de uso do empilhador (por exemplo: se um empilhador foi construído para trabalhar em atmosfera explosiva, essa informação deverá estar indicada na máquina).

No posto do operador incluir-se-á uma placa adicional com a capacidade de carga e as limitações de uso para cada conjunto formado pelo empilhador e cada acessório, que normalmente se lhe acopla segundo o trabalho a realizar. A placa deverá estar de acordo com as instruções dos respetivos fabricantes.

- **Sistemas e/ou componentes de segurança** - Equipamentos destinados a garantir a segurança do operador e das pessoas e/ou bens. São muito variados e compreendem entre outros: o sistema de travagem, sistemas de alarme ótico e acústico para advertir da presença do veículo, dispositivos de advertência ou limitação do excesso de carga, os dispositivos que impedem o arranque do empilhador ou de alguns de seus mecanismos se o operador não está no seu posto de controlo, sistema de proteção para o caso de capotamento e contra queda de objetos, etc.

Cada tipo de máquina tem necessidades diferentes, quanto a sistemas de segurança, desde sensores que param a máquina em caso de interferência com um objeto nos empilhadores automáticos sem condutor, até o pedal de "homem morto" destinado a garantir que o funcionamento da máquina só se realiza enquanto o pedal permanece calcado.

- **Manual de instruções** - O fabricante deve entregar obrigatoriamente com cada máquina: um manual de instruções "original" e, no momento de sua entrada em serviço, uma tradução na língua oficial do país de utilização.

O manual deve incluir toda a informação precisa para a correta e segura utilização da máquina, contendo obrigatoriamente os requisitos das cláusulas 1.7.4, 3.6.3, 4.4.1 e 4.4.2 do Decreto-Lei n.º 103/2008, assim como todas as normas, instruções, conselhos de segurança, utilização e manutenção, todos eles indicados de forma clara e que não ofereçam dúvidas sobre sua interpretação.

Esta documentação deve permanecer sempre em bom estado e com uma cópia da mesma localizada no compartimento da máquina, para permitir a sua consulta e informação face a qualquer ocorrência.

ANEXO II - CONDIÇÕES DE OPERADOR DE EMPILHADORES

O operador de empilhadores deve possuir aptidões psicofísicas e sensoriais adequadas e formação suficiente para que seja competente neste trabalho, ou seja:

1 Condições

Os operadores de empilhadores devem superar as seguintes provas dentro das áreas de conhecimentos e aptidões:

Físicas

- Visão - 7/10 mínimo em cada olho com ou sem correção;
- Ouvido - Perceber conversações normais a uma distância de 7 m;
- Coração - Não estar afetado de nenhuma deficiência que gere perda de consciência;
- Carecer de hérnia.

Psicofisiológicas

- Campo visual – Ângulo de visão normal;
- Cores - Distinguir de forma precisa as cores;

- Reflexos - Reagir rapidamente frente a uma agressão de tipo visual, auditiva ou de movimentos.

Psicotécnicas

- Superar provas técnicas de aptidão.

Técnicas

- Conhecimento de todos os comandos e funções do empilhador;
- Conhecimento de mecânica para resolver pequenas incidências.

Responsabilidade

- A condução de empilhadores elevadores deve ser proibida a menores de 18 anos;
- O operador de empilhador é responsável por um bom uso do seu empilhador tanto no que se refere a:
 - **Segurança em geral no centro de trabalho:** O operador é responsável pelas diferentes situações que pode gerar ou provocar pela sua atuação incorreta;
 - **Veículo e carga:** O custo económico do empilhador e das cargas manipuladas condiciona a que o operador deva ser uma pessoa preparada e responsável pelo equipamento que manobra.

2 Formação

A diversidade de equipamentos e utilizações põe a relevo, a necessidade de uma formação específica do operador para cada tipologia de empilhador a fim de adquirir a *"competência necessária"*.

O programa de formação deverá estar adaptado aos conhecimentos que sobre a matéria sejam necessários, para desenvolver de forma segura as tarefas próprias do posto de trabalho e as exigências do mesmo. A esse respeito, é necessário diferenciar os seguintes casos:

- Pessoal que se incorpora no mundo laboral, sem experiência prévia;
- Pessoal com prática na utilização de empilhadores elevadores, mas sem formação específica;
- Reciclagem e adequação de conhecimentos do pessoal profissional com experiência e formação.

ANEXO III - EQUILÍBRIO DE CARGAS E ESTABILIDADE

1 Equilíbrio de cargas

O empilhador elevador com a carga em balanço, mantém um equilíbrio longitudinal que corresponde ao de uma alavanca de primeiro grau. Seu fulcro corresponde ao centro do eixo de ataque e os dois braços da alavanca, de diferente longitude suportam por um lado a carga e por outro o peso próprio da máquina que equilibra o primeiro (Figura 29).

A estabilidade do empilhador depende em todo o momento da resultante das forças que passam pelo centro de gravidade do conjunto que se projeta dentro do triângulo de sustentação descrito pelos extremos do eixo dianteiro e o ponto sobre a qual oscila o centro do eixo posterior. Esta posição é afetada por múltiplos fatores como são, o peso e dimensões da carga, sua posição sobre a forquilha, a posição do mastro, velocidade de arranque, de travagem, de viragem, etc. (Figuras 30 e 31).

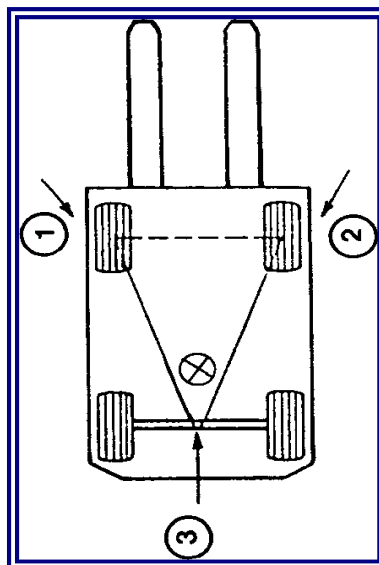


Figura 29 - Triângulo de estabilidade de empilhador
Fonte: <http://tecspace.com> (2008)

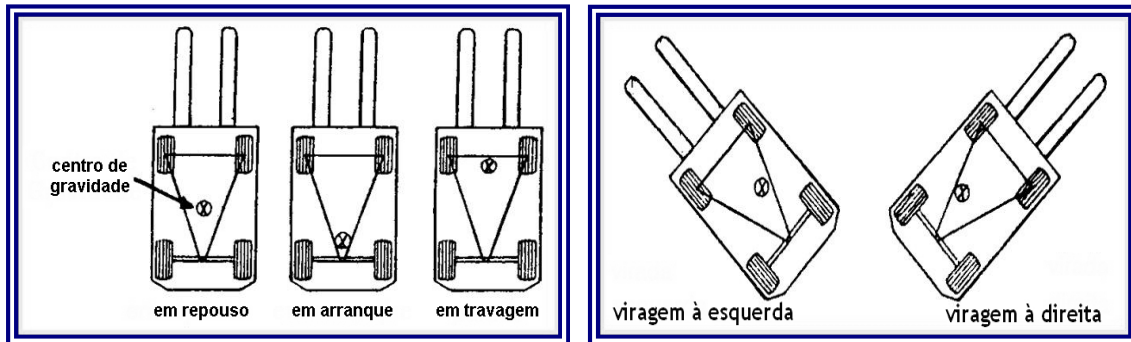


Figura 30 e Figura 31- Empilhador em repouso, arranque, travagem e em curva

Fonte: <http://tecspace.com> (2008)

A estabilidade ou equilíbrio nos empilhadores elevadores, vem condicionado à posição do centro de gravidade da carga e o seu equilíbrio de forças com respeito ao contrapeso da mesma quando está parada. E nas operações em movimento está condicionada também pelo aparecimento de forças externas de inércia (forças dinâmicas).

Devido à diversidade de trabalhos e diferentes volumes que podem ser manejados na movimentação de cargas / mercadorias, o Centro de Gravidade (CG) pode variar de posição constantemente.

2 Estabilidade

2.1 Estabilidade estática

O equilíbrio de todo o tipo de empilhador elevador resultará estável sempre que a resultante das forças componentes do conjunto que atua no Centro de Gravidade permaneça dentro da projeção dos eixos da máquina, conforme acautelado na tabela de limites de carga e distâncias (Figura 32) recomendado pelos diversos fabricantes.

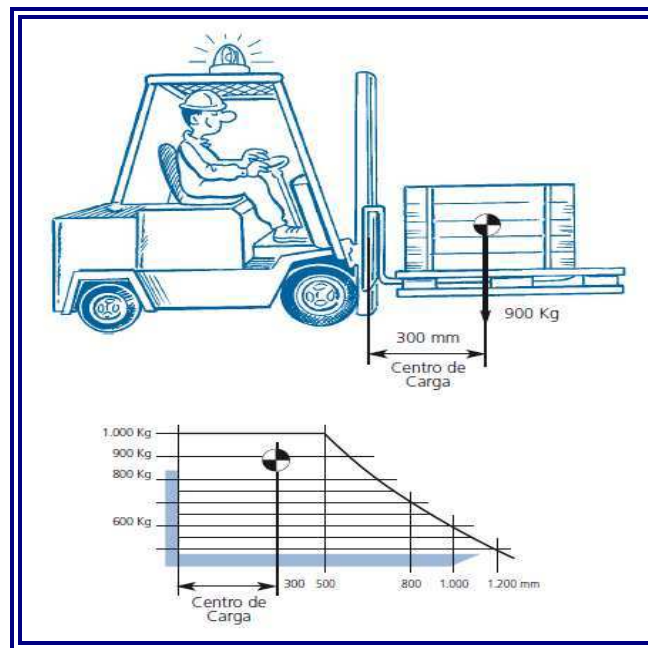


Figura 32 - Tabela limite de carga e distâncias

Fonte: <http://www.maz.es> (2011)

a) Estabilidade longitudinal

O comportamento de um empilhador elevador é similar a um pêndulo, mas bem mais complexo, devido aos movimentos próprios da máquina, já que além de elevar um peso tem que o deslocar com as consecuentes paragens e arranques, situações que podem desequilibrar o conjunto ao serem introduzidas novas forças.

A característica de carga de um empilhador elevador é definida pelo seu braço da alavanca. Traduzindo-se que a capacidade do empilhador está delimitada pelo produto da carga e a sua distância desde o centro de gravidade até ao eixo de apoio.

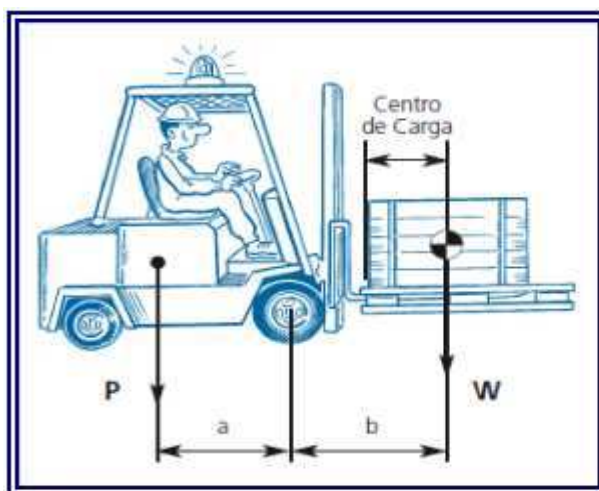
Eixo de apoio - Num empilhador elevador o ponto de apoio é o contacto das rodas dianteiras com o solo e o eixo de apoio é precisamente aquele que passa pelas rodas motrizes e que coincide precisamente com o eixo de viragem do empilhador no sentido longitudinal.

Centro de carga - Nos empilhadores elevadores denomina-se Centro de Carga à distância que existe em projeção ortogonal entre o centro de gravidade da carga e os braços de fixação das forquilha.

O equilíbrio estável do empilhador e da sua carga permanecerá, até ao caso limite em que a resultante passe pelo mesmo eixo motriz, no pressuposto de não considerar manobras ou paragens bruscas que alterem a situação.

No momento em que a resultante passe exatamente pelo eixo motriz, está-se perante um caso limite de estabilidade / instabilidade, já que qualquer mínimo esforço provocará o desequilíbrio frontal do empilhador, sendo necessário considerar que, ao estar em movimento, necessariamente aparecerá uma nova força (força de inércia) que poderá dar lugar a efeitos negativos.

Perante o facto, os fabricantes dos empilhadores, quando fixam a sua capacidade, já adotaram uma margem de segurança segundo os limites de carga e distâncias. O respeito desses limites evitará situações de risco.



É estável se $aP > bW$

Figura 33 - Momentos atuantes no empilhador

Fonte: <http://www.maz.es> (2011)

Da observação da Figura 33 podem-se extrair várias conclusões:

1.º Da expressão $P \times a = W \times b$ deduz-se que a igualdade variará no momento em que um qualquer dos fatores varie, apesar de se manter o outro. Desta maneira ao manter-se a carga constante (W) qualquer variação na sua posição que aumente a distância b (devido por exemplo à elevação das forquilha ou à inclinação do mastro) que estabelece a igualdade, tenderá a inclinar / tombar frontalmente o empilhador. Igualmente o mesmo ocorrerá se a carga (W) é superior à estabelecida para o equilíbrio.

a) Variação da estabilidade de um empilhador com a Altura da Carga (Figura 34).

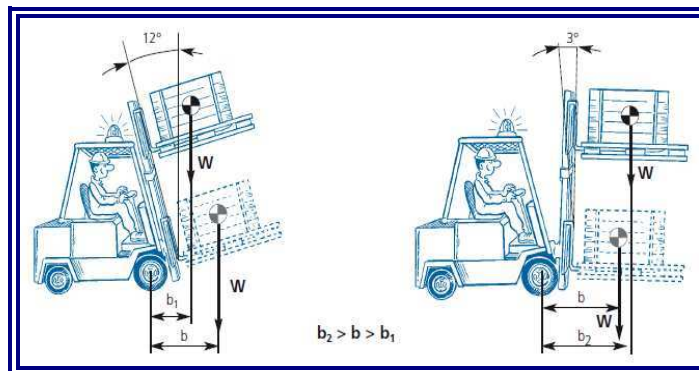


Figura 34 - Variação da estabilidade com a Altura da Carga

Fonte: <http://www.maz.es> (2011)

b) Variação da estabilidade de um empilhador com a alteração do Centro de Carga (Figura 35).

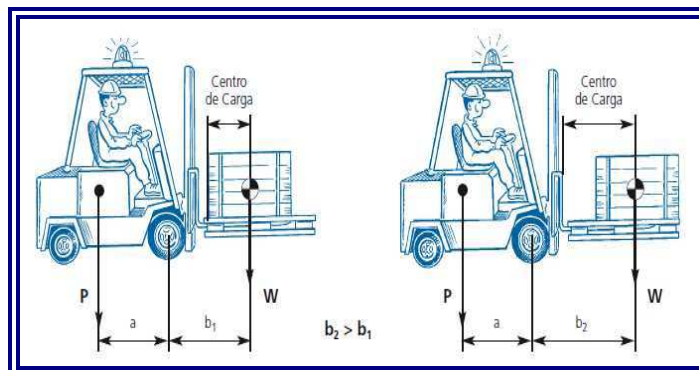


Figura 35 - Variação da estabilidade com a alteração do Centro de Carga

Fonte: <http://www.maz.es> (2011)

2.º Das igualdades que determinam o equilíbrio estável do empilhador, pode-se obter uma nova conclusão: Que um empilhador pode transportar perfeitamente um peso (**W**), mas esse mesmo peso com um formato diferente que varia a distância do seu Centro de Gravidade, pode provocar o inclinar / tombar frontalmente o empilhador.

2.2 Estabilidade dinâmica

Como referido no contexto da estabilidade longitudinal, um empilhador em posição estática pode estar em equilíbrio sobre determinado estado de carga, enquanto esse mesmo empilhador nas mesmas condições de carga mas em movimento (Figura 36), pode resultar instável devido ao aparecimento de forças provocadas por efeito da inércia. (As empresas fabricantes de empilhadores na sua conceção têm em conta as forças de inércia que se geram, em função das cargas máximas e velocidades admissíveis).

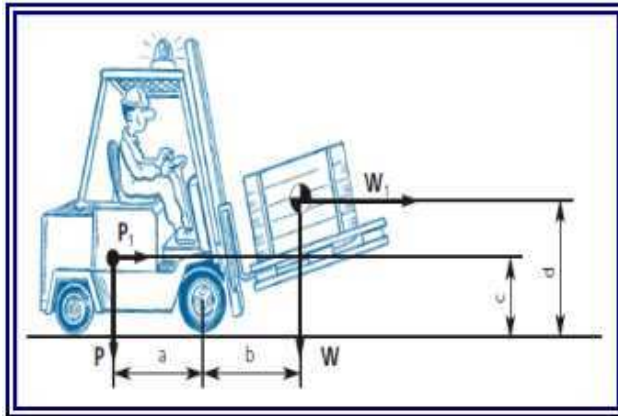
Os momentos de desequilíbrio acentuam-se quando o empilhador está em movimento devido a estas forças de inércia que ocorrem devido a:

- Diferenças de velocidade como consequência de acelerações, desacelerações e travagens.
- Mudanças de direção do empilhador nos diversos percursos de trabalho.
- Movimentos laterais do empilhador ao circular sobre pavimento irregular, com ressaltos, depressões, cruzamentos sobre guias, etc.

a) Estabilidade longitudinal

Os momentos que influem negativamente na estabilidade longitudinal são os momentos adicionais com origem nas mudanças de velocidade (travagens e acelerações).

A estabilidade do empilhador aumentará se forem evitadas variações súbitas na velocidade.



É estável: $aP > bW + cP_1 + dW_1$

Figura 36 - Momentos adicionais gerados pela carga em movimento

Fonte: <http://www.maz.es> (2011)

b) Estabilidade lateral

As mudanças de direção também influem na estabilidade lateral de um empilhador (Figura 37), gerando momentos laterais negativos e positivos, ou seja:

Momentos negativos ou que geram um risco de viagem. O momento gerado pela mudança de direção, designado por força centrífuga, que atua sobre o Centro de Gravidade do conjunto de empilhador e carga = $h_1(P_1+W_1)$.

Momentos positivos ou a favor da estabilidade. O momento gerado pela atração terrestre sobre toda a massa do empilhador e carga = $h(P+W)$.

Existe também um grave risco de desequilíbrio lateral quando as forças resultantes dos momentos de viragem lateral e a inclinação do plano de apoio atuam no mesmo sentido, o que se traduz na realização de uma mudança de direção num percurso de plano inclinado.

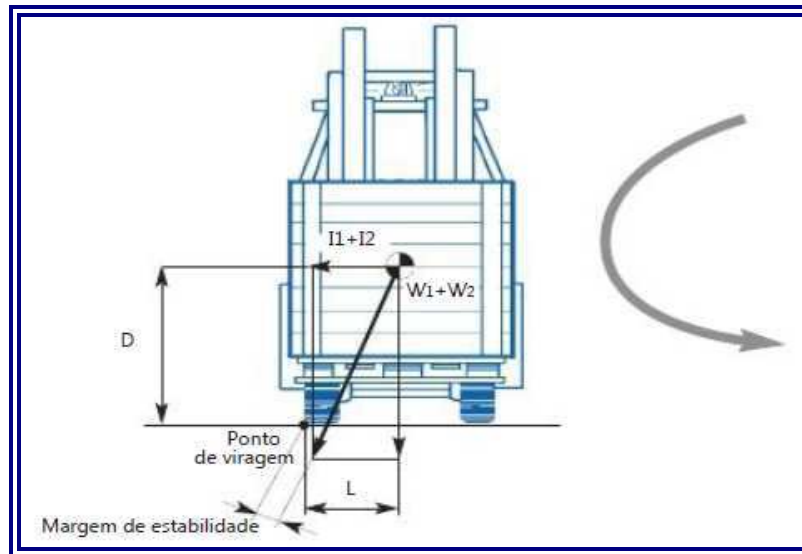


Figura 37 - Momentos gerados com as mudanças de direção

Fonte: <http://www.maz.es> (2011)

ANEXO IV- IDENTIFICAÇÃO DE RISCOS

CAPOTAMENTO		
Consequências	Causas	Prevenção
<ul style="list-style-type: none"> • Entalamento ou esmagamento do operador e/ou pessoas na envolvente do empilhador. 	<ul style="list-style-type: none"> • Circular com a carga elevada. 	<ul style="list-style-type: none"> • Empilhador equipado com dispositivo de proteção para o caso de capotamento (ROPS) e o operador usará sempre cinto de segurança ou dispositivo de retenção. • Circular com o mastro inclinado para trás e as forquilhas a 15 cm do pavimento (em carga ou vazio).
	<ul style="list-style-type: none"> • Velocidade excessiva ao girar ou a curvar (carga ou vazio). 	<ul style="list-style-type: none"> • Reduzir a velocidade ao curvar ou a girar. • Empilhador equipado com dispositivo de proteção para o caso de capotamento (ROPS) e o operador usará sempre cinto de segurança ou dispositivo de retenção.
	<ul style="list-style-type: none"> • Presença de obstáculos. Ao circular, subir lancis ou desníveis. • Circular com pneumáticos ou bandas das rodas em mau estado. • Rebentamento de pneumáticos e/ou rotura de bandas das rodas por sobrecarga ou circular sobre solos com elementos cortantes ou punçantes. 	<ul style="list-style-type: none"> • Solos dos locais uniformes, sem irregularidades. • Não subir ou descer lancis ou desníveis. Usar rampas adequadas. Não circular nunca a mais de 10km/h de velocidade. • Empilhador equipado com dispositivo de proteção para o caso de capotamento (ROPS) e o operador usará sempre cinto de segurança ou dispositivo de retenção. • Revisão diária da pressão e estado dos pneumáticos e/ou bandas das rodas.

CAPOTAMENTO (continuação)		
Consequências	Causas	Prevenção
		<ul style="list-style-type: none"> • Substituir de imediato os pneumáticos ou bandas de rodas deficientes. • Não ultrapassar nunca os limites de carga dos empilhadores. • Instalar um sistema limitador de carga no empilhador. • Eliminar dos solos os objetos punçantes ou cortantes.

QUEDA DE ALTURA E/OU POSSÍVEL CAPOTAMENTO		
Consequências	Causas	Prevenção
<ul style="list-style-type: none"> • Traumatismos diversos do operador e pessoal da zona. • Rotura de materiais e elementos transportados. 	<ul style="list-style-type: none"> • Circular junto à bordadura de cais de carga ou rampas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Empilhador equipado com dispositivo de proteção para o caso de capotamento (ROPS) e o operador usará sempre cinto de segurança ou dispositivo de retenção. • Não circular junto à bordadura de cais de carga ou rampas. • Proteger e sinalizar a bordadura dos cais de carga e rampas. • Não subir ou descer lancis ou desníveis. Usar rampas adequadas. Não circular nunca a mais de 10 km/h de velocidade.
	<ul style="list-style-type: none"> • Entrada/saída da caixa de camiões. 	<ul style="list-style-type: none"> • Empilhador equipado com dispositivo de proteção para o caso de capotamento (ROPS) e o operador usará sempre cinto de segurança ou dispositivo de retenção. • Imobilizar o veículo (com freio e calços) e rampas de acesso antes de aceder. • Imobilizar as rampas de acesso aos camiões antes de aceder aos mesmos. • Não subir ou descer lancis ou desníveis. Usar rampas adequadas. Não circular nunca a mais de 10 km/h de velocidade.
	<ul style="list-style-type: none"> • Circular sobre pisos de insuficiente resistência. 	<ul style="list-style-type: none"> • Empilhador equipado com dispositivo de proteção para o caso de capotamento (ROPS) e o operador usará sempre cinto de segurança ou dispositivo de retenção. • Verificar a resistência dos solos, antes da passagem dos empilhadores. • Não subir ou descer lancis ou desníveis. Usar rampas adequadas. Não circular nunca a mais de 10 km/h de velocidade.

CHOQUES E ATROPELAMENTOS		
Consequências	Causas	Prevenção
<ul style="list-style-type: none"> • Atropelamentos de pessoas por empilhadores e/ou sua carga. 	<ul style="list-style-type: none"> • Circular a velocidade elevada. • Distração do operador e/ou dos peões. • Falha de travões e/ou direção do empilhador. • Encandeamento em cruzamentos, nas zonas de carga/descarga e/ou acessos e saída de recintos. • Iluminação insuficiente. • Espaço reduzido para manobras. • Falta de visibilidade ao circular de marcha atrás. • Áreas estreitas para classificar / aviar pedidos. • Circular com cargas que limitam a visão do operador. • Circular sobre pisos húmidos escorregadios. • Condução de empilhadores por pessoal não formado e/ou não autorizado pela empresa. 	<ul style="list-style-type: none"> • Não subir ou descer lancis ou desníveis. Usar rampas adequadas. Não circular nunca a mais de 10 km/h de velocidade. • Dotar o empilhador de luz rotativa sobre a zona superior do póstico de segurança, conectado de forma permanente durante a marcha. • O operador utilizará a buzina em cruzamentos e ao entrar/sair de recintos. • Proteger mediante guardas ou muros as saídas de peões do interior de locais. • Revisão diária e periódica do estado dos travões e direção. • Estudar as zonas de possível encandeamento e corrigir a sua existência. • Iluminar os corredores de circulação e zonas interiores (mínimo 100 lux). • Para circular em exteriores ou zonas mal iluminadas, dotar de iluminação o empilhador. • Revisão diária e periódica da iluminação do empilhador e do armazém. • Dotar de espaço suficiente para o trânsito e as manobras dos empilhadores. • Para facilitar as manobras de marcha atrás, dotar o assento do operador de um sistema que permita uma rotação de $\pm 30^\circ$. • Delimitar, sinalizar e manter sempre livres as zonas de passagem de peões e empilhadores. • Criar, manter e sinalizar zonas para a classificação de produtos e para aviar os pedidos.

CHOQUES E ATROPELAMENTOS (continuação)		
Consequências	Causas	Prevenção
		<ul style="list-style-type: none"> • Procurar ter sempre uma boa visibilidade do caminho a seguir. Se a carga o impede, circular de marcha atrás redobrando as precauções. Fazer-se acompanhar por um operário que ajude a dirigir a manobra. • Caso seja frequente o transporte de cargas volumosas, utilizar empilhadores de condutor sobre elevado. • Moderar a velocidade nas zonas com pisos húmidos ou escorregadios. • Os pisos por onde circulem os empilhadores serão de pavimento anti deslizante, em particular se se tratar de zonas húmidas. • Formar e reciclar de forma periódica os operadores e o pessoal do armazém.
<ul style="list-style-type: none"> • Choques contra objetos imóveis 	<ul style="list-style-type: none"> • Estantes com cantos sem proteção (roda carros) em zonas de cruzamento. • Circular a velocidade elevada. • Distração do operador e/ou dos peões. • Falha de travões e/ou direção do empilhador. • Circular sobre pisos húmidos ou escorregadios. • Condução de empilhadores por pessoal não formado e/ou não autorizado pela empresa. • Falta de formação sobre o empilhamento de cargas. • Áreas estreitas para classificar / aviar os pedidos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Proteger os cantos das estantes contra o impacto dos empilhadores com a colocação de guarda (roda carros), em especial nas zonas de cruzamento. • Não subir ou descer lancis ou desníveis. Usar rampas adequadas. Não circular nunca a mais de 10km/h de velocidade. • Dotar o empilhador de uma luz rotativa sobre a zona superior do pórtico de segurança, conectado de forma permanente durante a marcha. • Revisão diária e periódica do estado dos travões e direção. • Moderar a velocidade em zonas com pisos húmidos ou escorregadios.

CHOQUES E ATROPELAMENTOS (continuação)		
Consequências	Causas	Prevenção
		<ul style="list-style-type: none"> • Os pisos por onde circulem os empilhadores serão de pavimento antideslizante, em particular se se tratar de zonas húmidas. • Formar e reciclar de forma periódica os operadores e pessoal do armazém. • Criar, manter e sinalizar zonas para a classificação de produtos e para aviar pedidos.
<ul style="list-style-type: none"> • Manobras descontroladas do empilhador. 	<ul style="list-style-type: none"> • Condução de empilhadores por pessoal não formado e/ou não autorizado pela empresa. • Circular com carga em marcha-atrás. • Manobrar com pouca ou sem visibilidade. • Sobrecarregar o empilhador. • Circulação por rampas e pendentes. • Circulação por rampas e pendentes. 	<ul style="list-style-type: none"> • Formar e reciclar de forma periódica os operadores e pessoal do armazém. • Para evitar seu uso inadequado ou por pessoal não formado ou não autorizado, os empilhadores disporão de chave de contacto em poder do operador ou de um responsável da organização. • Para facilitar as manobras de marcha atrás, dotar o assento do operador de um sistema que permita uma rotação de $\pm 30^\circ$. • Se ocasionalmente se circular de marcha atrás, serão redobradas as precauções e, se for preciso, se guiará o empilhador com a ajuda de uma pessoa formada. • Instalar espelhos retrovisores (central e laterais) para facilitar as manobras. • Dotar o empilhador de uma buzina com som descontínuo, que se ative com a marcha atrás. • Iluminar os corredores de circulação e zonas interiores (mínimo 100 lux).

CHOQUES E ATROPELAMENTOS (continuação)		
Consequências	Causas	Prevenção
		<ul style="list-style-type: none"> • Procurar ter sempre uma boa visibilidade do caminho a seguir. Se a carga o impede, circular de marcha atrás extremado as precauções. Fazer-se acompanhar por um operário que ajude a dirigir a manobra. • Caso seja prática frequente o transporte de cargas volumosas, utilizar empilhadores de condutor sobre elevado. • Para circular por rampas ou pendentes (em vazio/carga) se observarão as instruções do fabricante e estarão sinalizadas as zonas que não sejam superáveis pelo empilhador. • A descida de pendentes se realizará sempre de marcha atrás e com precaução. • Não efetuar giros sobre as rampas.
<ul style="list-style-type: none"> • Queda de peças empilhadas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Iluminação insuficiente das zonas de empilhamento nas estantes. • Rotura de embalagens e caída de peças sobre o empilhador. • Manobras de empilhamento por pessoal sem formação. 	<ul style="list-style-type: none"> • Iluminar os corredores de circulação e zonas interiores (mínimo 100 lux). • Empilhador equipado de estrutura de proteção contra queda de objetos (FOPS). • Permissão de uso de empilhadores somente ao pessoal formado e autorizado. • Para evitar o seu uso inadequado, os empilhadores disporão de chave de contacto, em poder do operador ou de um responsável da empresa. • Formar e reciclar de forma periódica os operadores e pessoal do armazém.

QUEDA DE CARGAS TRANSPORTADAS / ELEVADAS		
Consequências	Causas	Prevenção
<ul style="list-style-type: none"> • Queda de materiais sobre pessoas adstritas ao espaço. 	<ul style="list-style-type: none"> • Rotura dos circuitos hidráulicos do empilhador. • Descendo pendentes pronunciadas com carga no sentido da marcha. • Cruzamento de vias-férreas ou ressaltos do terreno circulando a velocidade de marcha. • Posicionamento incorreto das cargas sobre as forquilhas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Revisão diária e periódica dos circuitos hidráulicos. • A descida de pendentes se realizará sempre de marcha atrás e com precaução. • A passagem sobre vias-férreas e/ou ressaltos do terreno serão realizados diagonalmente e a pouca velocidade. • As cargas posicionar-se-ão sempre sobre as forquilhas de forma que seja impossível a sua queda (uso de paletes ou contentores e sistemas de fixação adequados).
<ul style="list-style-type: none"> • Queda de materiais sobre o operador. 	<ul style="list-style-type: none"> • Rotura de cargas elevadas e queda de peças sobre o operador. • Circular com a carga elevada. 	<ul style="list-style-type: none"> • Empilhador equipado de estrutura de proteção contra queda de objetos (FOPS). • Antes de transportar ou elevar uma carga, consultar a tabela de características do empilhador com o acessório que utilize. • Revisão diária e periódica dos circuitos hidráulicos. • Circular sempre com as cargas a 15 cm do solo.

INCÊNDIO E/OU EXPLOSÃO		
Consequências	Causas	Prevenção
<ul style="list-style-type: none"> • Incêndio e/ou explosão nos locais de trabalho. 	<ul style="list-style-type: none"> • Uso de empilhadores convencionais em áreas com atmosferas de gases, vapores ou pós explosivos / inflamáveis. • Uso de empilhadores de motor térmico com deficiente combustão em zonas com materiais inflamáveis ou combustíveis. 	<ul style="list-style-type: none"> • Usar empilhadores anti explosivos certificados. • Dotar os empilhadores de motor térmico de dispositivo de retenção de chispas (apaga chamas) à saída do tubo de escape. • Revisão diária da combustão nos empilhadores de motor térmico.
<ul style="list-style-type: none"> • Incêndio de empilhadores. 	<ul style="list-style-type: none"> • Uso de empilhadores convencionais em áreas com atmosferas de gases, vapores ou pós explosivos / inflamáveis. • Carga de baterias elétricas em áreas com focos de ignição. • Sobrecarga de elementos da instalação de carga de baterias elétricas. • Fugas de combustível, gases ou vapores inflamáveis, por rotura das canalizações, perfuração do depósito ou deficiências nos acoplamentos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Usar empilhadores anti explosivos certificados. • A zona de carga de baterias deve estar isenta de focos de ignição. Instalação elétrica executada conforme o prescrito nas normas de segurança. • A zona de carga de baterias deve estar bem ventilada. • Na manipulação e carga de baterias não é permitido o uso de correntes, pulseiras, relógios ou outros elementos metálicos que possam ocasionar curto circuitos. • Proibir o uso de isqueiros ou chamas vivas para comprovar os níveis de carga. • Na carga automática de baterias, só se recarregarão o tempo o e número de vezes previsto pelo fabricante do equipamento. • Revisão diária e periódica de circuitos, depósitos, acoplamentos de combustível e os elementos e circuitos das baterias. • Revisão diária e periódica dos sistemas de combustão e/ou das baterias elétricas.

QUEDA DE PESSOAS AO SUBIR OU DESCER OU SER TRANSPORTADAS OU IÇADAS POR EMPILHADORES		
Consequências	Causas	Prevenção
<ul style="list-style-type: none"> • Contusões múltiplas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Sistemas de acesso/ descida de empilhadores inadequados ou inseguros. 	<ul style="list-style-type: none"> • Dotar o empilhador de um estribo de piso anti deslizante sito sobre o chassi, e de uma argola /pega no bastidor do pórtico. • Instruir o operador sobre a forma segura para aceder e descer do empilhador.
<ul style="list-style-type: none"> • Golpes por queda de pessoas montadas sobre o empilhador. 	<ul style="list-style-type: none"> • Transporte de pessoas em empilhadores não preparados para isso. 	<ul style="list-style-type: none"> • Proibir transportar pessoas nos empilhadores dotados de um só assento. • Instruir o operador dos riscos de transporte não autorizado de pessoas.
<ul style="list-style-type: none"> • Traumatismos diversos por queda de altura de pessoas elevadas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Elevação de pessoas sobre uma palete ou sobre as próprias forquilhas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Proibir utilizar o empilhador para a elevação de pessoas. • Só com carácter excepcional se permitirá seu uso para a elevação de pessoas, e nesse pressuposto se utilizarão equipamentos que garantam um nível de segurança adequado para este fim.

TRAUMATISMOS ARTICULARES DIVERSOS NA UTILIZAÇÃO		
Consequências	Causas	Prevenção
<ul style="list-style-type: none"> • Lombalgias. 	<ul style="list-style-type: none"> • Utilização de empilhadores com assentos não ergonómicos (sem suspensão, regulação, sem adaptação ao corpo, etc.). 	<ul style="list-style-type: none"> • Assento do operador dotado de suspensão, ser anatómico e regulável em altura e horizontalmente. • Instruir o operador para que ajuste o assento ao corpo antes de iniciar o trabalho. • Para facilitar as manobras de marcha atrás, dotar o assento do operador de um sistema que permita uma rotação de $\pm 30^\circ$.
<ul style="list-style-type: none"> • Traumatismos vertebrais. 	<ul style="list-style-type: none"> • Utilização de empilhadores com assentos não ergonómicos (sem suspensão, regulação, sem adaptação ao corpo, etc.). • Circulação sobre pisos em mau estado. 	<ul style="list-style-type: none"> • Assento do operador dotado de suspensão, ser anatómico e regulável em altura e horizontalmente. • Instruir o operador para que ajuste o assento ao corpo antes de iniciar o trabalho. • As superfícies de circulação serão uniformes e isentas de irregularidades. • Para facilitar as manobras de marcha atrás, dotar o assento do operador de um sistema que permita uma rotação de $\pm 30^\circ$.

INTOXICAÇÃO E/OU ASFIXIA POR ACESSO A ESPAÇOS INSUFICIENTEMENTE VENTILADOS		
Consequências	Causas	Prevenção
<ul style="list-style-type: none"> • Intoxicação por inalação de gases de combustão. 	<ul style="list-style-type: none"> • Trabalhos com empilhadores de motor térmico no interior de caixas de camião fechadas ou em locais fechados sem ou com insuficiente ventilação. 	<ul style="list-style-type: none"> • Não trabalhar em recintos fechados mal ventilados com empilhadores de motor térmico. • Todos os locais e áreas de trabalho devem dispor de ventilação adequada.
<ul style="list-style-type: none"> • Desmaios, perdas de consciência ou asfixia. 	<ul style="list-style-type: none"> • Trabalhos com empilhadores no interior de caixas de camião ou em locais fechados sem ou com insuficiente ventilação ou com possível baixa de concentração de oxigénio. 	<ul style="list-style-type: none"> • Não entrar em recintos fechados mal ventilados com empilhadores de motor térmico. • Comprovar a concentração de oxigénio da atmosfera previamente no acesso a recintos fechados e mal ventilados (em especial para empilhadores de motor térmico). Só entrar se o nível variar entre os 19,5 % e os 21 % de oxigénio na atmosfera de trabalho. • Verificar continuamente a concentração de oxigénio na atmosfera durante os trabalhos.
<ul style="list-style-type: none"> • Intoxicação por inalação de gases tóxicos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Trabalhos no interior de espaços fechados com uma atmosfera interior com baixa concentração de oxigénio e possível presença de gases ou vapor. 	<ul style="list-style-type: none"> • Comprovar o nível de oxigénio e possíveis gases tóxicos na atmosfera previamente no acesso a recintos fechados e mal ventilados. • Só entrar se o nível de oxigénio variar entre os 19,5 % e os 21 % na atmosfera de trabalho. • Verificar continuamente a concentração de oxigénio na atmosfera durante os trabalhos. • Comprovar a ausência de gases ou vapores tóxicos ou que a concentração dos mesmos se mantém de forma constante em valores inferiores a VLA, antes de entrar num espaço fechado e enquanto duram os trabalhos.

INTOXICAÇÃO E/OU ASFIXIA POR ACESSO A ESPAÇOS INSUFICIENTEMENTE VENTILADOS (continuação)		
Consequências	Causas	Prevenção
		<ul style="list-style-type: none"> • Durante o trabalho deve-se assegurar a ventilação dos locais fechados. • Como medida geral devem-se selar as possíveis entradas de gases ou vapores tóxicos antes de entrar num espaço. • Todos os locais e áreas de trabalho devem dispor de ventilação adequada.

ANEXO V - EXEMPLO DE FORMULÁRIO FMEA

FMEA – ANÁLISE DE MODOS DE FALHA E EFEITOS										
Descrição:		Departamento / Membros da Equipa:			Documentos Afetados:			Página(s) ___ de ___ N.º Doc. _____ Criado ___/___/___ Modificado ___/___/___ ___/___/___		
_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	
_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	
_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	
FUNÇÕES	MODOS DE FALHA	CAUSAS	OCORRÊNCIA	EFEITOS	SEVERIDADE	CONTROLOS / MONITORIZAÇÃO	DETEÇÃO	RPN	RECOMENDAÇÕES / ACÇÕES PARA MELHORIA	RESPONSABILIDADE

ANEXO VI - IDENTIFICAÇÃO DOS RISCOS / PERIGOS NA CMPS

Nas atividades diárias desenvolvidas pelos operadores dos empilhadores na movimentação de cargas, no âmbito de identificar os perigos, foram evidenciados quatro locais de laboração favorecedores da ocorrência de riscos de acidentes, que a seguir se descrevem, bem como os respetivos riscos identificados.

1 Alimentar e descarregar as linhas de fabricação

Riscos Identificados:

- Possibilidade de exposição a condições atmosféricas nocivas (monóxido de carbono e/ou poeiras);
- Possibilidade de exposição a condições atmosféricas desfavoráveis;
- Possibilidade de exposição a níveis de ruído acima do Valor Limite de Exposição (8 horas) de 87 dB(A);
- Devido à circulação de outros empilhadores, existe a possibilidade de colisão entre estes;
- Na mesma área de circulação dos empilhadores circulam igualmente trabalhadores, existindo a possibilidade de atropelamento;
- Na movimentação com o empilhador de lotes ou placas sem cintas existe a possibilidade das placas ou barrotes deslizarem e atingirem um trabalhador que esteja a passar no local;

- Ao movimentar os lotes a fita de aço pode rebentar, existindo a possibilidade de atingir o operador;
- Ao empilhar os materiais de embalagem, existe a possibilidade de queda destes por mau empilhamento e, conseqüentemente, atingir o operador ou um trabalhador que esteja a passar no local;
- Durante a realização destas tarefas existe a possibilidade do operador adotar posturas de trabalho desfavoráveis;
- Durante a realização destas tarefas existe a possibilidade do operador ficar exposto a níveis de vibração (sistema corpo inteiro) acima do Valor Limite de Exposição de $1,15 \text{ m/s}^2$ (período de referência de 8 horas).

2 Armazenar o material acabado

Riscos Identificados:

- Possibilidade de esforço visual suplementar, devido aos baixos níveis de iluminação no armazém;
- Possibilidade de exposição a condições atmosféricas nocivas (monóxido de carbono e/ou poeiras);
- Possibilidade de exposição a níveis de ruído acima do Valor Limite de Exposição (8 horas) de 87 dB(A);
- Devido à circulação de outros empilhadores, existe a possibilidade de colisão entre estes;

- Na mesma área de circulação dos empilhadores circulam igualmente trabalhadores, existindo a possibilidade de atropelamento;
- Na movimentação de lotes (ou placas rejeitadas) sem cintas existe a possibilidade das placas ou barrotes deslizarem e atingirem um trabalhador que esteja a passar no local;
- Ao circular na zona de armazenagem, existe a possibilidade do empilhador bater contra o material empilhado, provocando o desmoronamento deste;
- Ao movimentar os lotes a fita de aço pode rebentar, existindo a possibilidade de atingir o operador;
- Ao movimentar lotes não cintados com o empilhador e, estando barrotes sobre estes, existe a possibilidade dos trabalhadores que se encontram nas imediações serem atingidos pela queda dos mesmos;
- Na movimentação de lotes sem cintas existe a possibilidade das placas deslizarem e atingirem um trabalhador que esteja a passar no local;
- Ao empilhar os materiais de embalagem, existe a possibilidade de queda destes por mau empilhamento e, conseqüentemente, atingir o operador ou um trabalhador que esteja a passar no local.

3 Expedição de material / cais de carga

Riscos Identificados:

- Possibilidade de exposição a níveis de ruído acima do Valor Limite de Exposição (8 horas) de 87 dB(A);

- Possibilidade do operador estar exposto a condições atmosféricas desfavoráveis;
- Ao circular na zona de armazenagem, existe a possibilidade do empilhador bater contra estruturas do material empilhado, provocando o desmoronamento deste;
- Devido à circulação de outros equipamentos de movimentação de cargas na mesma área, existe a possibilidade de colisão entre os veículos;
- Na área de circulação dos empilhadores (cais de carga) circulam, igualmente, pessoas existindo a possibilidade de atropelamento;
- Na movimentação com o empilhador de lotes sem cintas existe a possibilidade das placas deslizarem e atingirem um trabalhador que esteja a passar no local ou pessoas que se encontrem no cais de carga;
- Ao empilhar os materiais de embalagem, existe a possibilidade de queda destes por mau empilhamento e, conseqüentemente, atingir o operador ou um trabalhador que esteja a passar ou no local;
- Ao circular na zona do cais de carga, existe a possibilidade do empilhador capotar.

4 Abastecer os empilhadores

Riscos Identificados:

- Ao realizar esta tarefa, existe a possibilidade do operador estar exposto a condições atmosféricas desfavoráveis;

- Possibilidade de incêndio em caso de derrame de combustível devido às temperaturas do motor;
- Possibilidade de incêndio em caso da tampa do depósito não ficar bem fechada;
- Possibilidade de queimaduras por contacto térmico;
- Possibilidade de inalação de vapores nocivos libertados durante o abastecimento.

Foram também identificados **riscos de acidente associados à manutenção diária** do empilhador, na operação da inspeção-geral do estado de conservação da máquina antes de iniciar os trabalhos, cujos riscos são:

- Ao realizar estas tarefas, existe a possibilidade do operador estar exposto a condições atmosféricas desfavoráveis;
- Ao limpar o radiador do empilhador com ar comprimido, existe a possibilidade de formação de atmosferas nocivas.

<p>25. Data e hora do acidente <input type="text" value=""/> <small>Ano Mes Dia Hora (0000 às 24h)</small></p> <p>27. Se o acidente não ocorreu no estabelecimento indique</p> <p>1. Em serviço no exterior do estabelecimento <input type="checkbox"/> 2. No trajecto residência-trabalho ou vice-versa <input type="checkbox"/></p> <p>Local <input type="text"/> Concelho <input type="text"/> Freguesia <input type="text"/> <small>Lugar (nome, aproximação - caso de seguro agrário)</small></p> <p>28. Quem prestou os 1.º socorros <input type="text"/> Localidade <input type="text"/></p> <p>29. Ficou hospitalizado Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> 30. Se, Sim, Estabelecimento Hospitalar <input type="text"/></p> <p>31. Número total de vítimas do acidente <input type="text"/></p> <p>32. O acidente foi de viação Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/></p> <p>33. O sinistrado deslocava-se em veículo motorizado de 2 rodas Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/></p> <p>34. Se respondeu sim à questão 32, e se o acidente foi de responsabilidade de terceiros, indique:</p> <p>Nome e morada do responsável <input type="text"/></p> <p>Matrícula do veículo <input type="text"/> Número de Apólice <input type="text"/> Seguradora <input type="text"/></p> <p>34.1. Se houve intervenção de autoridade, especifique <input type="text"/></p>	<p>35. <input type="text"/> Tipo de trabalho</p> <p>36. <input type="text"/> Ambiente de trabalho</p> <p>37.1 <input type="text"/> Actividade da vítima</p> <p>37.2 <input type="text"/> Item associado à actividade</p> <p>37.3 <input type="text"/> Acção de escape</p> <p>37.4 <input type="text"/> Item associado à acção de escape</p> <p>38.1 <input type="text"/> Acção que conduziu à lesão</p> <p>38.2 <input type="text"/> Agente de lesão</p>
TIPO E AMBIENTE DE TRABALHO	
<p>35. Que tipo de trabalho estava o sinistrado a fazer no momento do acidente (ex: trabalho em ferro fundido, nas colheitas, metalúrgicos)</p> <p>36. Onde estava o sinistrado no momento do acidente (ex: no interior de um edifício, no exterior)</p>	
CIRCUNSTÂNCIAS DO ACIDENTE	
<p>37. Descreva pormenorizadamente o acidente mencionando designadamente os acontecimentos que lhe deram origem e também os acontecimentos que conduziram à lesão, mencionando as substâncias, os equipamentos, ferramentas que usava (tipo de ferramenta, máquina, etc.)</p> <p>38. Indique o objecto próximo que conduziu à lesão, que provocou o acidente</p> <p>39. Descreva a tarefa que o sinistrado executava no momento do acidente (ver instruções)</p> <p>40. Assinale a situação correspondente à tarefa descrita</p> <p>1. A habitualmente exercida <input type="checkbox"/> 2. Ocasionalmente exercida <input type="checkbox"/> 3. Outra situação <input type="checkbox"/></p> <p>41. Indique o número de horas executadas até ao momento do acidente</p> <p>1. De forma ininterrupta (sem intervalo) <input type="text"/> 2. Total (e executadas) <input type="text"/></p>	
DETALHES DA LESÃO	
<p>42. Indique conforme instruções: Natureza da lesão <input type="text"/></p> <p>43. Parte do corpo atingida <input type="text"/></p>	
CONSEQUÊNCIAS DO ACIDENTE À DATA DA DECLARAÇÃO	
<p>44. Sem ausência / ausência menor que 1 dia <input type="checkbox"/> Ausência de 1 a 3 dias <input type="checkbox"/> Ausência de 4 a 14 dias <input type="checkbox"/> Ausência esperada de mais de 14 dias <input type="checkbox"/> Incapacidade Permanente <input type="checkbox"/> Morte <input type="checkbox"/></p> <p>Nome e assinatura do Segurado ou Legal Representante <input type="text"/> Nome do responsável pelo preenchimento da informação por parte do Segurado ou da Entidade Empregadora <input type="text"/></p> <p>Data de preenchimento <input type="text"/></p>	

2 Mapa de encerramento de processo de acidente de trabalho

ACIDENTES DE TRABALHO
MAPA DE ENCERRAMENTO DE PROCESSOS

Entidade Seguradora ou equiparada
Ano Mês

Nome Ordem (1)	Código do acidente (2)	Código da Entidade Empregadora (nº pessoa colectiva) (3)	Data do Acidente (4)			Data da baixa médica (5)			Data da alta médica (6)			Código da lesão produzida (7)	Código da parte do corpo atingida (8)	Código da situação da alta (9)	% de inca- pacidade (10)
			Ano	Mês	Dia	Ano	Mês	Dia	Ano	Mês	Dia				
1	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
2	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
3	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
4	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

- * 1) Código de alta sem incapacidade permanente
 - 2) Código de alta com incapacidade permanente
 - 3) Morte
- Nota: Se o acidente não foi sujeito a baixa não preencha as colunas 5, 6, 9 e 10

ANEXO VIII - TABELAS

Table 20-7 Estimated probabilities of errors of omission per item of instruction when use of written procedures is specified* (from Table 15-3)

Item**	Omission of item:	HEP	EF
When procedures with checkoff provisions are correctly used [†] :			
(1)	Short list, <10 items	.001	3
(2)	Long list, >10 items	.003	3
When procedures without checkoff provisions are used, or when checkoff provisions are incorrectly used ^{††} :			
(3)	Short list, <10 items	.003	3
(4)	Long list, >10 items	.01	3
(5)	When written procedures are available and should be used but are not used ^{††}	.05 [‡]	5

* The estimates for each item (or perceptual unit) presume zero dependence among the items (or units) and must be modified by using the dependence model when a nonzero level of dependence is assumed.

** The term "item" for this column is the usual designator for tabled entries and does not refer to an item of instruction in a procedure.

† Correct use of checkoff provisions is assumed for items in which written entries such as numerical values are required of the user.

†† Table 20-6 lists the estimated probabilities of incorrect use of checkoff provisions and of nonuse of available written procedures.

‡ If the task is judged to be "second nature," use the lower uncertainty bound for .05, i.e., use .01 (EF = 5).

Table 20-15 The four levels of tagging or locking systems
(from Table 16-2)

Level	Description	Modifications to Nominal HEPs*
1	A specific number of tags is issued for each job. Each tag is numbered or otherwise uniquely identified. A record is kept of each tag, and a record of each tag issued is entered in a suspense sheet that indicates the expected time of return of the tag; this suspense sheet is checked each shift by the shift supervisor. An operator is assigned the job of tagging controller as a primary duty. For restoration, the numbers on the removed tags are checked against the item numbers in the records, as a recovery factor for errors of omission or selection. <u>OR</u> The number of keys is carefully restricted and under direct control of the shift supervisor. A signout board is used for the keys. Keys in use are tagged out, and each incoming shift supervisor takes an inventory of the keys.	Use lower UCBs
2	Tags are not accounted for individually--the operator may take an unspecified number and use them as required. In such a case, the number of tags in his possession does not provide any cues as to the number of items remaining to be tagged. For restoration, the record keeping does not provide a thorough checking for errors of omission or selection. If an operator is assigned as tagging controller, it is a collateral duty, or the position is rotated among operators too frequently for them to maintain adequate control tags and records and to retain skill in detecting errors of omission or selection. <u>OR</u> The shift supervisor retains control of the keys and records their issuance but does not use visual aids such as signout boards or tags.	Use nominal HEPs
3	Tags are used, but record keeping is inadequate to provide the shift supervisor with positive knowledge of every item of equipment that should be tagged or restored. No tagging controller is assigned. <u>OR</u> Keys are generally available to users without logging requirements.	Use upper UCBs
4	No tagging system exists. <u>OR</u> No locks and keys are used.	Perform separate analysis

* The nominal HEPs are those in the Handbook that relate to tasks involving the application and removal of tags and, unless otherwise specified, are based on Level 2 tagging.

Table 20-16 Modifications of estimated HEPs for the effects of stress and experience levels (from Table 18-1)

Item	Stress Level	Modifiers for Nominal HEPs*	
		Skilled**	Novice**
(1)	Very low (Very low task load) Optimum (Optimum task load):	x2	x2
(2)	Step-by-step [†]	x1	x1
(3)	Dynamic [†] Moderately high (Heavy task load):	x1	x2
(4)	Step-by-step [†]	x2	x4
(5)	Dynamic [†]	x5	x10
(6)	Extremely High (Threat stress) Step-by-step [†]	x5	x10
(7)	Dynamic [†] Diagnosis ^{††}	.25 (EF = 5)	.50 (EF = 5)

These are the actual HEPs to use with dynamic tasks or diagnosis-- they are NOT modifiers.

* The nominal HEPs are those in the data tables in Part III and in Chapter 20. Error factors (EFs) are listed in Table 20-20.

** A skilled person is one with 6 months or more experience in the tasks being assessed. A novice is one with less than 6 months or more experience. Both levels have the required licensing or certificates.

† Step-by-step tasks are routine, procedurally guided tasks, such as carrying out written calibration procedures. Dynamic tasks require a higher degree of man-machine interaction, such as decision-making, keeping track of several functions, controlling several functions, or any combination of these. These requirements are the basis of the distinction between step-by-step tasks and dynamic tasks, which are often involved in responding to an abnormal event.

†† Diagnosis may be carried out under varying degrees of stress, ranging from optimum to extremely high (threat stress). For threat stress, the HEP of .25 is used to estimate performance of an individual. Ordinarily, more than one person will be involved. Tables 20-1 and 20-3 list joint HEPs based on the number of control room personnel presumed to be involved in the diagnosis of an abnormal event for various times after announcement of the event, and their presumed dependence levels, as presented in the staffing model in Table 20-4.

