

---

# **AVALIAÇÃO DE RISCOS PROFISSIONAIS**

## **UMA REFLEXÃO CONCEPTUAL E METODOLÓGICA**

---

**CARLOS GOMES DE OLIVEIRA**  
**2011**

## FICHA DE CATALOGAÇÃO

**Título:** AVALIAÇÃO DE RISCOS PROFISSIONAIS – UMA REFLEXÃO CONCEPTUAL E METODOLÓGICA

**Autor:** Carlos Gomes de Oliveira

**Data:** 2011

### **Carlos Augusto da Cunha Gomes de Oliveira**

Licenciado em Engenharia Químico-Industrial  
(*Instituto Superior Técnico – Universidade Técnica de Lisboa, 1975*)

Especialista em Engenharia de Segurança  
(*Ordem dos Engenheiros, 2002*)

Diploma de Estudios Avanzados  
(*Universidad de León, julho, 2009*)

Doutorado em Higiene, Segurança e Saúde no Trabalho pela Universidad de León (Tese: “*Proposta de uma Metodologia Integrada de Avaliação de Riscos Profissionais*”) (dezembro, 2010)

# ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS .....	vii
ÍNDICE DE TABELAS .....	xiii
SÍMBOLOS UTILIZADOS .....	xv
SUMÁRIO .....	xxi
ABSTRACT .....	xxii

## Capítulo 1

### INTRODUÇÃO

1.	PROPOSTA DE APRESENTAÇÃO .....	1
1.1.	JUSTIFICAÇÃO .....	1
1.2.	OBJECTIVO .....	4
1.3.	OBJECTO .....	4
1.4.	MÉTODOS DE TRABALHO .....	5
1.4.1.	Geral .....	5
1.4.2.	Histórico .....	6
1.4.3.	Abordagem sistémica e integrada do conceito de risco profissional .....	7
1.4.4.	Metodologia integrada de avaliação de riscos .....	7
1.4.5.	Aplicabilidade da metodologia de avaliação de riscos .....	9
2.	ENQUADRAMENTO .....	10
2.1.	HISTÓRICO .....	13
2.1.1.	Risco .....	29
2.1.2.	Causas .....	37
2.1.3.	Consequências .....	42
2.1.3.1.	Custos .....	43
2.1.3.2.	Desvios .....	48
2.1.4.	Avaliação de riscos .....	49
2.2.	ANÁLISE CRÍTICA DOS CONCEITOS DE RISCO .....	50

## Capítulo 2

### ABORDAGEM SISTÊMICA E INTEGRADA DO CONCEITO DE RISCO PROFISSIONAL

<b>3.</b>	<b>DESENVOLVIMENTO</b>	61
<b>3.1.</b>	<b>GLOSSÁRIO</b>	61
<b>3.2.</b>	<b>DEFINIÇÕES</b>	67
<b>3.2.1.</b>	<b>Conceitos básicos</b>	67
<b>3.2.1.1.</b>	Acontecimento	67
<b>3.2.1.2.</b>	Causas	75
<b>3.2.1.3.</b>	Consequências	89
<b>3.2.1.4.</b>	Síntese	95
<b>3.2.2.</b>	<b>Conceitos derivados</b>	96
<b>3.2.2.1.</b>	Barreiras	98
<b>3.2.2.2.</b>	Formação do risco	107
<b>3.2.2.3.</b>	Aplicabilidade dos métodos de avaliação de risco	126
<b>3.3.</b>	<b>ABORDAGEM DO CONCEITO DE RISCO</b>	134
<b>3.3.1.</b>	<b>Característica global do risco</b>	135
<b>3.3.1.1.</b>	Universalidade do conceito de risco	135
<b>3.3.1.2.</b>	Abordagem integrada do risco	136
<b>3.3.2.</b>	<b>Característica sistêmica do risco</b>	137
<b>3.3.2.1.</b>	O risco como uma componente do processo produtivo	138
<b>3.3.2.2.</b>	O “sistema doente”	140
<b>3.3.3.</b>	<b>Característica dinâmica do risco</b>	141
<b>3.3.3.1.</b>	Perspectivas de evolução	143
<b>3.3.3.2.</b>	Atuação multidisciplinar	144
<b>3.3.3.3.</b>	A importância da noção de corresponsabilidade	144
<b>4.</b>	<b>DISCUSSÃO E CONCLUSÕES</b>	147
<b>4.1.</b>	<b>SÍNTESE DO CAPÍTULO 2</b>	147
<b>4.2.</b>	<b>CONCLUSÕES DO CAPÍTULO 2</b>	153

## Capítulo 3

### METODOLOGIA INTEGRADA DE AVALIAÇÃO DE RISCOS

<b>5.</b>	<b>CARACTERIZAÇÃO DA METODOLOGIA PROPOSTA .....</b>	<b>155</b>
<b>5.1.</b>	<b>NOTA PRÉVIA – TERMINOLOGIA .....</b>	<b>155</b>
<b>5.2.</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>156</b>
<b>5.3.</b>	<b>OBJETIVOS .....</b>	<b>158</b>
<b>5.4.</b>	<b>BASES FUNDAMENTAIS .....</b>	<b>161</b>
<b>6.</b>	<b>DESENVOLVIMENTO DO ESTUDO .....</b>	<b>164</b>
<b>6.1.</b>	<b>PRIMEIRA FASE .....</b>	<b>165</b>
<b>6.1.1.</b>	<b>Síntese .....</b>	<b>165</b>
<b>6.1.2.</b>	<b>Enquadramento .....</b>	<b>165</b>
<b>6.1.3.</b>	<b>Desenvolvimento espacial .....</b>	<b>167</b>
<b>6.1.4.</b>	<b>Desenvolvimento temporal .....</b>	<b>170</b>
<b>6.1.5.</b>	<b>Interrelação entre operações/decisões .....</b>	<b>172</b>
<b>6.1.6.</b>	<b>Sistemas de monitorização, comando e controlo .....</b>	<b>174</b>
<b>6.1.7.</b>	<b>Análise de consequências (para o processo) .....</b>	<b>176</b>
<b>6.1.8.</b>	<b>Análise de consequências (para o sistema) .....</b>	<b>178</b>
<b>6.1.9.</b>	<b>Técnicas de análise .....</b>	<b>178</b>
<b>6.2.</b>	<b>SEGUNDA FASE .....</b>	<b>179</b>
<b>6.2.1.</b>	<b>Síntese .....</b>	<b>179</b>
<b>6.2.2.</b>	<b>Análise da rede .....</b>	<b>180</b>
<b>6.2.3.</b>	<b>Determinação de nós críticos .....</b>	<b>181</b>
<b>6.2.4.</b>	<b>Anomalias previsíveis .....</b>	<b>182</b>
<b>6.2.5.</b>	<b>Árvores de causas condicionais .....</b>	<b>182</b>
<b>6.2.6.</b>	<b>Árvores de efeitos potenciais .....</b>	<b>184</b>
<b>6.2.7.</b>	<b>Alargamento do conceito de HEMP – Processo de gestão CDEF .....</b>	<b>185</b>
<b>6.2.8.</b>	<b>Seriação de riscos .....</b>	<b>189</b>
<b>6.2.9.</b>	<b>Técnicas de análise .....</b>	<b>190</b>
<b>6.3.</b>	<b>TERCEIRA FASE .....</b>	<b>191</b>
<b>6.3.1.</b>	<b>Síntese .....</b>	<b>191</b>
<b>6.3.2.</b>	<b>Critérios de criticidade .....</b>	<b>191</b>
<b>6.3.2.1.</b>	<b>Métodos estatísticos .....</b>	<b>192</b>

6.3.2.2.	Métodos de análise das causas .....	192
6.3.2.3.	Métodos de análise dos efeitos .....	194
6.3.2.4.	Métodos de análise da fiabilidade das barreiras .....	194
6.3.3.	<b>Ferramentas</b> .....	195
6.3.3.1.	Ferramentas estatísticas .....	195
6.3.3.2.	Ferramentas de análise de causas .....	198
6.3.3.3.	Ferramentas de análise de efeitos .....	202
6.3.3.4.	Ferramentas de análise da fiabilidade das barreiras.....	204
6.3.4.	<b>Escalonamento</b> .....	205
6.3.5.	<b>Técnicas de análise</b> .....	205
6.4.	<b>QUARTA FASE</b> .....	206
6.4.1.	<b>Síntese</b> .....	206
6.4.2.	<b>Métodos de matrizes</b> .....	209
6.4.2.1.	Probabilidade .....	209
6.4.2.2.	Dano .....	210
6.4.2.3.	Determinação dos fatores de formação do risco.....	211
6.4.2.4.	Escalas de valoração dos fatores de formação do risco .....	215
6.4.2.5.	Coeficientes de ponderação dos fatores de formação do risco .....	224
6.4.2.6.	Níveis de risco .....	226
6.4.3.	<b>Métodos de análise de barreiras</b> .....	245
6.4.3.1.	Identificação dos fatores de caracterização de Pr, Ct e Sd.....	248
6.4.3.2.	Identificação dos fatores de eficácia $M_{prev}$ e $M_{prot}$ .....	255
6.4.3.3.	Tabelas de valoração .....	258
6.4.3.4.	Determinação de valores de referência.....	261
6.4.4.	<b>Outros métodos quantitativos</b> .....	262
6.5.	<b>QUALIDADE DA AVALIAÇÃO DOS RISCOS</b> .....	263
7.	<b>DISCUSSÃO E CONCLUSÕES</b> .....	266
7.1.	<b>SÍNTESE DO CAPÍTULO 3</b> .....	266
7.2.	<b>CONCLUSÕES DO CAPÍTULO 3</b> .....	269

## Capítulo 4

### APLICABILIDADE DA METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO DE RISCOS

8.	CONSIDERAÇÕES GERAIS .....	271
9.	ENQUADRAMENTO DE MÉTODOS EXISTENTES .....	273
9.1.	INTRODUÇÃO .....	273
9.1.1.	Objectivo .....	273
9.1.2.	Método de trabalho .....	273
9.2.	ESCOLHA E CLASSIFICAÇÃO DOS MÉTODOS A ANALISAR .....	274
9.2.1.	Critérios .....	274
9.2.1.1.	Critérios de selecção .....	274
9.2.1.2.	Critérios de classificação .....	275
9.2.2.	Tabela de classificação .....	276
9.3.	ANÁLISE DOS MÉTODOS .....	278
9.3.1.	Métodos qualitativos .....	278
9.3.1.1.	Enquadramento .....	278
9.3.1.2.	Métodos simplificados .....	278
9.3.1.3.	Métodos relacionais e estatísticos .....	279
9.3.1.4.	Métodos “ <i>what if</i> ” .....	280
9.3.2.	Métodos semi-quantitativos .....	281
9.3.2.1.	Enquadramento .....	281
9.3.2.2.	Métodos de avaliação de risco de explosão .....	282
9.3.2.3.	Métodos de avaliação matriciais .....	283
9.3.3.	Métodos quantitativos .....	299
9.3.3.1.	Enquadramento .....	299
9.3.3.2.	Métodos de avaliação de risco de incêndio .....	300
9.3.3.3.	Outros métodos quantitativos .....	302
9.3.4.	Complementaridade de métodos .....	303
9.3.4.1.	Integração vertical .....	303
9.3.4.2.	Integração horizontal .....	304
9.4.	RESUMO .....	306
10.	DISCUSSÃO E CONCLUSÕES .....	308
10.1.	SÍNTESE DO CAPÍTULO 4 .....	308

<b>10.2.</b>	<b>CONCLUSÕES DO CAPÍTULO 4 .....</b>	<b>309</b>
--------------	---------------------------------------	------------

## **Capítulo 5**

### **CONCLUSÕES**

<b>11.</b>	<b>SÍNTESE.....</b>	<b>311</b>
<b>12.</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>315</b>

### **BIBLIOGRAFIA**

<b>BIBLIOGRAFIA CONSULTADA .....</b>	<b>319</b>
<b>BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR.....</b>	<b>332</b>
<b>“SITES” NA <i>INTERNET</i> CONSULTADOS.....</b>	<b>341</b>



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura [1]	Representação esquemática do processo de gestão dos riscos (adaptado) .....	13
Figura [2]	Barreiras de prevenção/protecção .....	21
Figura [3]	Teoria do “queijo suíço” (adaptado de Reason) .....	22
Figura [4]	Falhas nas barreiras (adaptado) .....	23
Figura [5]	Diagrama “ <i>bow tie</i> ” (adaptado).....	23
Figura [6]	Gestão de Risco – Modelo de escada (adaptado de Renn).....	35
Figura [7]	Relação causa → efeito.....	39
Figura [8]	Dispersão dos custos/prejuízos de uma ocorrência profissional danosa (adaptado de Mossink e de Greef) .....	47
Figura [9]	Representação sistémica do processo produtivo .....	55
Figura [10]	Análise de riscos/Análise de ocorrências .....	60
Figura [11]	Processo técnico – sequências possíveis .....	68
Figura [12]	Consequências de sequências alternativas .....	70
Figura [13]	Situação de risco .....	73
Figura [14]	Ocorrência profissional danosa .....	74
Figura [15]	Causa: par [Pr ; Ct].....	81
Figura [16]	Tipificação de causas .....	84
Figura [17]	Árvore de causas – níveis de significância.....	87
Figura [18]	Hierarquização dos tipos de causas.....	89
Figura [19]	Árvore de efeitos – níveis de significância .....	95
Figura [20]	Causa → acontecimento → efeito.....	95
Figura [21]	Causa como par [perigo/condição de trabalho].....	96
Figura [22]	Efeito caracterizado pela sensibilidade do processo ao dano.....	96
Figura [23]	Hazard and Effect Management Process (HEMP) .....	97
Figura [24]	Barreiras de energia .....	98

Figura [25]	Barreiras de prevenção .....	104
Figura [26]	Barreiras de protecção .....	105
Figura [27]	Análise da fiabilidade das barreiras .....	106
Figura [28]	Sequência <i>situação de risco</i> → <i>ocorrência profissional danosa</i> .....	107
Figura [29]	Representação do risco .....	108
Figura [30]	Sistema homem/máquina .....	112
Figura [31]	Processo técnico .....	113
Figura [32]	Operação técnica .....	114
Figura [33]	Operações elementares .....	114
Figura [34]	Desagregação de operações elementares .....	115
Figura [35]	Grafos operação-decisão .....	116
Figura [36]	Etapas e transições .....	116
Figura [37]	Sequência normal .....	117
Figura [38]	Sequências ramificadas .....	117
Figura [39]	Sequência de correcção .....	118
Figura [40]	Sequência de falha .....	118
Figura [41]	Anomalia $A_e^q$ .....	120
Figura [42]	Anomalia $A_e^s$ .....	121
Figura [43]	Anomalia $A_t^q$ .....	121
Figura [44]	Anomalia $A_t^s$ .....	122
Figura [45]	Anomalias em paralelo .....	123
Figura [46]	Anomalias em série .....	124
Figura [47]	<b>R</b> em função de <b>p</b> ou de <b>d</b> .....	130
Figura [48]	<b>R</b> em função de <b>p</b> e de <b>d</b> .....	131
Figura [49]	Matriz de <b>R</b> em função de <b>p</b> e de <b>d</b> .....	132
Figura [50]	Níveis de risco .....	133

Figura [51]	Vertente sistémica do conceito de risco profissional.....	137
Figura [52]	Vertente dinâmica do conceito de risco profissional .....	143
Figura [53]	Árvore de causas.....	147
Figura [54]	Terminologia adoptada.....	156
Figura [55]	Processo de gestão dos riscos.....	158
Figura [56]	CrITÉrios de viabilidade da avaliação de riscos.....	160
Figura [57]	Subsistema “Empresa” .....	169
Figura [58]	Sequência funcional .....	173
Figura [59]	Sistema de monitorização, comando e controlo.....	174
Figura [60]	Relação informação/comando.....	175
Figura [61]	Materialização de um sistema de monitorização/comando/controlo .....	176
Figura [62]	Grafo de desenvolvimento em rede de um processo (simplificado).....	180
Figura [63]	Abordagem sistémica das causas de uma situação de risco.....	183
Figura [64]	Abordagem sistémica dos efeitos de uma situação de risco.....	185
Figura [65]	Contribuição sistémica para a situação de risco das Causas, Decisões, Efeitos e Falhas.....	186
Figura [66]	Conceito alargado de gestão de Causas, Decisões, Efeitos e Falhas (CDEF) .....	187
Figura [67]	Árvore de Falhas .....	188
Figura [68]	Árvore de Decisões – Opções.....	188
Figura [69]	Árvore de Decisões – Verificações.....	189
Figura [70]	Ferramenta .....	195
Figura [71]	CrITÉrio estatístico de criticidade – distribuição centrada .....	196
Figura [72]	CrITÉrio estatístico de criticidade – distribuição descentrada.....	197
Figura [73]	Árvore de causas condicional – Porta {E}.....	198
Figura [74]	Árvore de causas condicional – Porta {OU}.....	199
Figura [75]	Probabilidades resultantes em portas {E} e {OU}.....	200
Figura [76]	Variação de $p$ conforme o tipo de porta lógica .....	201

Figura [77]	Árvore de efeitos condicional.....	202
Figura [78]	Evolução da análise de criticidade .....	205
Figura [79]	Tabela de valoração semi-quantitativa .....	213
Figura [80]	Exemplos de tipos de escalas .....	213
Figura [81]	Patamares mínimo e máximo em escalas de $f_{pi}$ .....	216
Figura [82]	Patamares mínimo e máximo em escalas de $f_{dj}$ .....	217
Figura [83]	Avaliação de Riscos – árvore de acções.....	225
Figura [84]	Matriz bidimensional – curvas de risco constante ( $R_{MA}$ e $R_{MC}$ ).....	230
Figura [85]	Matriz tridimensional – superfícies de risco constante ( $R_{MA}$ e $R_{MC}$ ).....	230
Figura [86]	Simplificação para matrizes de baixa complexidade .....	231
Figura [87]	Níveis de risco .....	232
Figura [88]	Método ALARP .....	235
Figura [89]	Matriz ALARP .....	235
Figura [90]	Curvas $FN$ .....	236
Figura [91]	Aplicação do método de Pece e Dascalescu modificado (conhecido $R_{MC}$ ) .....	238
Figura [92]	Aplicação do método de Pece e Dascalescu modificado (desconhecido $R_{MC}$ ) .....	239
Figura [93]	Aplicação do método proporcional .....	240
Figura [94]	Relação risco - segurança .....	241
Figura [95]	Correspondência <b>nível de risco</b> → <b>nível de segurança</b> .....	242
Figura [96]	Correspondência <b>nível de risco</b> → <b>nível de intervenção</b> .....	243
Figura [97]	Representação gráfica do significado do índice $\gamma$ .....	245
Figura [98]	Curvas de risco constante .....	245
Figura [99]	Valoração por tabela e por ábaco.....	257
Figura [100]	Critérios de valoração dos fatores .....	258
Figura [101]	Áreas de risco.....	260
Figura [102]	Requisitos de qualidade de uma avaliação de risco.....	263

Figura [103]	Sequência de fases de estudo .....	264
Figura [104]	Classificação dos métodos de avaliação de riscos .....	273
Figura [105]	Representação do índice de explosividade (IE) .....	281
Figura [106]	Matriz simples de risco .....	283
Figura [107]	Sequência do processo de avaliação de riscos .....	301
Figura [108]	Complementaridade de métodos de avaliação de riscos .....	303
Figura [109]	Prever; Prevenir; Proteger .....	309



## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela [1]	Definições de termos.....	62-67
Tabela [2]	Causas .....	82-83
Tabela [3]	Etapas e respetivos módulos ativos .....	117
Tabela [4]	Cálculo da variação de $p$ conforme o tipo de porta lógica.....	200
Tabela [5]	Alguns fatores de formação da probabilidade .....	209-210
Tabela [6]	Alguns fatores de formação do dano.....	211-212
Tabela [7]	Escala do fator de formação do dano (ruído).....	218
Tabela [8]	Escala do fator de formação do dano (iluminação).....	219
Tabela [9]	Alguns fatores de formação do perigo.....	247-248
Tabela [10]	Alguns fatores de formação da condição de trabalho .....	249-250
Tabela [11]	Alguns fatores de formação da sensibilidade ao dano .....	251-253
Tabela [12]	Alguns fatores de eficácia das barreiras de prevenção.....	254-255
Tabela [13]	Alguns fatores de eficácia das barreiras de protecção.....	255-256
Tabela [14]	Classificação comparativa de métodos de avaliação de riscos profissionais.....	374-375
Tabela [15]	Níveis de risco, função do índice de explosividade ( <b>IE</b> ) (adaptada de Ary de Sá).....	281
Tabela [16]	Níveis de deficiência ( <b>ND</b> ) (NTP 330) .....	284
Tabela [17]	Níveis de exposição ( <b>NE</b> ) (NTP 330) .....	285-286
Tabela [18]	Níveis de consequências ( <b>NC</b> ) (NTP 330) .....	287
Tabela [19]	Consequência ( <b>C</b> ) (W. T. Fine, 1973).....	289
Tabela [20]	Exposição ( <b>E</b> ) (W. T. Fine, 1973) .....	289
Tabela [21]	Probabilidade ( <b>P</b> ) (W. T. Fine, 1973).....	289
Tabela [22]	Índice de frequência ( <b>P</b> ) (adaptada de Nunes, 2003, 2008).....	293-294
Tabela [23]	Índice de exposição ( <b>E</b> ) (adaptada de Nunes, 2003, 2008) .....	294
Tabela [24]	Índice de severidade ( <b>S</b> ) (adaptada de Nunes, 2003, 2008) .....	294-295

Tabela [25]	Índice de condições de segurança (C) (adaptada de Nunes, 2003, 2008).....	295
Tabela [26]	Índice de trabalhadores expostos (T) (adaptada de Nunes, 2003, 2008).....	296
Tabela [27]	Métodos “ <i>what if</i> ” .....	303
Tabela [28]	Enquadramento de métodos de avaliação. Resumo.....	306-307



## SÍMBOLOS UTILIZADOS

(por ordem de ocorrência)

<b>CD</b>	→ Custos diretos de uma ocorrência danosa.
<b>CI</b>	→ Custos indiretos de uma ocorrência danosa.
<b><math>\mathcal{E}_{normal}</math></b>	→ Sequência normal, expectável e desejável de evolução de um processo técnico.
<b><math>\mathcal{E}_{correção}</math></b>	→ Sequência que permite, após a ocorrência de uma anomalia no processo técnico, retomar a sequência normal.
<b><math>\mathcal{E}_{alarme}</math></b>	→ Sequência que potencia a intervenção (manual ou automática) na evolução do processo técnico permitindo reduzir a capacidade de dano de uma anomalia.
<b><math>\mathcal{E}_{desvio}</math></b>	→ Sequência alternativa ou adventícia de um processo técnico.
<b><math>\mathcal{E}_{falha}</math></b>	→ Sequência de desvio que conduz a uma falha no processo técnico e, eventualmente, a uma ocorrência profissional danosa.
<b><math>q_i</math></b>	→ Operação técnica (eventualmente elementar) constituinte de um processo técnico.
<b><math>s_i</math></b>	→ Decisão caracterizadora da evolução de um processo técnico.
<b><math>C_e^q</math></b>	→ Causa(s) que influencia(m) uma operação, numa etapa.
<b><math>C_e^s</math></b>	→ Causa(s) que influencia(m) uma decisão, numa etapa.
<b><math>C_t^q</math></b>	→ Causa(s) que influencia(m) uma operação, durante uma transição.
<b><math>C_t^s</math></b>	→ Causa(s) que influencia(m) uma decisão, durante uma transição.
<b><math>A_e^q</math></b>	→ Anomalia verificada numa operação, numa etapa.
<b><math>A_e^s</math></b>	→ Anomalia verificada numa decisão, numa etapa.
<b><math>A_t^q</math></b>	→ Anomalia verificada numa operação, durante uma transição.
<b><math>A_t^s</math></b>	→ Anomalia verificada numa decisão, durante uma transição.
<b>{E} ou <math>\cap</math></b>	→ Porta lógica <b>E</b> .
<b>{OU} ou U</b>	→ Porta lógica <b>Ou</b> .

<b>Pr</b>	→ Quantificação do perigo.
<b>Ct</b>	→ Quantificação da condição de trabalho.
<b>Sd</b>	→ Quantificação da sensibilidade do processo ao dano.
<b>R</b>	→ Quantificação do risco. Nível de risco em avaliações semi-quantitativas.
<b><i>p</i></b>	→ Probabilidade (fator primário de formação do risco).
<b><i>d</i></b>	→ Dano (fator primário de formação do risco).
<b><i>f<sub>pi</sub></i></b>	→ Fator de formação da probabilidade.
<b><i>f<sub>dj</sub></i></b>	→ Fator de formação do dano.
<b><i>π<sub>i</sub></i></b>	→ Fator de ponderação de <b><i>f<sub>pi</sub></i></b> .
<b><i>δ<sub>j</sub></i></b>	→ Fator de ponderação de <b><i>f<sub>dj</sub></i></b> .
<b><i>φ<sub>px</sub></i></b>	→ Fator intermediário de <b><i>p</i></b> .
<b><i>φ<sub>dy</sub></i></b>	→ Fator intermediário de <b><i>d</i></b> .
<b>π</b>	→ Quantificação do prejuízo/dano.
<b>M<sub>Prev</sub></b>	→ Quantificação da eficácia das medidas de prevenção.
<b>M<sub>Prot</sub></b>	→ Quantificação da eficácia das medidas de protecção.
<b><i>p</i></b>	→ Probabilidade de ocorrência de uma causa ou de um efeito.
<b><i>p<sup>c</sup></i></b>	→ Probabilidade complementar de <b><i>p</i></b> : <b><i>p<sup>c</sup> = 1 - p</i></b> .
<b><i>p</i></b>	→ Probabilidade de falha (de um componente ou de um sistema).
<b><i>f</i></b>	→ Fiabilidade (probabilidade de sucesso): <b><i>f = p<sup>c</sup> = 1 - p</i></b> .
<b>EPI</b>	→ Equipamento de protecção individual.
<b>η</b>	→ Intervalo entre valores numa escala de valoração regular linear.
<b>ж</b>	→ Constante numa escala de valoração regular proporcional.
<b>k</b>	→ Constante numa escala de valoração regular geométrica.
<b>N</b>	→ Número de níveis de risco (numa análise matricial semi-quantitativa).
<b>S</b>	→ Nível de segurança de um sistema.

<b><math>R_r</math></b>	→ Valor de referência para o risco. Risco considerado “normal”
<b><math>\gamma</math></b>	→ Índice de risco. Relação entre o risco medido e o risco de referência.
<b><math>p_i</math></b>	→ Fator de formação do perigo.
<b><math>c_i</math></b>	→ Fator de formação da condição de trabalho.
<b><math>s_i</math></b>	→ Fator de formação da sensibilidade ao dano.
<b><math>(m_{prev})_i</math></b>	→ Fator de formação da eficácia das medidas/barreiras de prevenção.
<b><math>(m_{prot})_i</math></b>	→ Fator de formação da eficácia das medidas/barreiras de protecção.
<b><math>k</math></b>	→ Constante caracterizadora do risco assumível no processo produtivo.
<b><math>r_{ri}</math></b>	→ Fator de formação do risco de referência.
<b>MIE</b>	→ Energia mínima de ignição ( <i>minimum ignition energy</i> ) (Explosão de poeiras).
<b><math>C_{min}</math></b>	→ Concentração mínima explosiva ( <i>minimum explosive dust concentration</i> ) (Explosão de poeiras).
<b><math>(dp/dt)_{max}</math></b>	→ Gradiente máximo de pressão ( <i>maximum rate of pressure rise</i> ) (Explosão de poeiras).
<b>MEP</b>	→ Pressão máxima de explosão ( <i>maximum explosion pressure</i> ) (Explosão de poeiras).
<b>ND</b>	→ Nível de deficiência (MARAT).
<b>NE</b>	→ Nível de exposição (MARAT).
<b>NC</b>	→ Nível de consequências (MARAT).
<b>NP</b>	→ Nível de probabilidade (MARAT).
<b>NR</b>	→ Nível de risco (MARAT).
<b>NI</b>	→ Nível de intervenção (MARAT).
<b>GP</b>	→ Grau de perigosidade (Fine).
<b>C</b>	→ Consequência (Fine).
<b>E</b>	→ Exposição (Fine).
<b>P</b>	→ Probabilidade (Fine).
<b>IJ</b>	→ Índice de justificação (Fine).

<b>FC</b>	→ Fator de custo (Fine).
<b>GC</b>	→ Grau de correcção (Fine).
<b>E</b>	→ Exposição (Kinney/Wiruth/Malchaire).
<b>P</b>	→ Probabilidade (Kinney/Wiruth/Malchaire).
<b>G</b>	→ Gravidade (Kinney/Wiruth/Malchaire).
<b>F</b>	→ Formação e participação dos trabalhadores (Kinney/Wiruth/Malchaire).
<b>P</b>	→ Índice de Frequência (Nunes).
<b>E</b>	→ Índice de Exposição (Nunes).
<b>F</b>	→ Índice de Severidade (Nunes).
<b>C</b>	→ Índice de condições de segurança no local de trabalho (Nunes).
<b>T</b>	→ Índice de trabalhadores expostos (associados ao local) (Nunes).
<b>NS</b>	→ Nível de segurança (Nunes).
<b>q</b>	→ Fator de carga de incêndio mobiliária (Gretener).
<b>c</b>	→ Fator de combustibilidade dos materiais (Gretener).
<b>r</b>	→ Fator de produção de fumos (Gretener).
<b>k</b>	→ Fator de corrosibilidade/toxicidade dos fumos (Gretener).
<b>i</b>	→ Fator de carga de incêndio imobiliária (Gretener).
<b>A</b>	→ Fator de activação (Gretener).
<b>g</b>	→ Fator de geometria e dimensão (Gretener).
<b>e</b>	→ Fator de altura e número de pisos (Gretener).
<b>p<sub>HE</sub></b>	→ Fator de correcção (Gretener).
<b>N</b>	→ Medidas de segurança normais (Gretener).
<b>S</b>	→ Medidas de segurança especiais (Gretener).
<b>F</b>	→ Medidas de segurança estruturais (Gretener).
<b>γ</b>	→ Índice de segurança Gretener.
<b>P</b>	→ Coeficiente de protecção face a um incêndio (MESERI).

- $X; x_i$**  → Elementos próprios da instalação (MESERI).
- $Y; y_i$**  → Elementos de protecção (MESERI).
- BCI** → Parcela relativa à existência de equipa de primeira intervenção (MESERI).
- $\sigma$**  → Desvio padrão.



## SUMÁRIO

### **AVALIAÇÃO DE RISCOS PROFISSIONAIS UMA REFLEXÃO CONCEPTUAL E METODOLÓGICA**

Este livro resulta da adaptação da Tese de Doutoramento com o título “**Proposta de uma metodologia integrada de avaliação de riscos profissionais**”, integrada no *Programa de Doctorado en Higiene, Salud y Seguridad en el Trabajo* do Departamento de Ciencias Biomédicas da Universidad de León e defendida nesta Universidade no dia 3 de dezembro de 2010.

Analisando, duma forma crítica (dado que esta análise foi efectuada com um objectivo claro) as várias noções de risco numa perspectiva histórica, elaborou-se um conjunto de definições que se pretende coerente e abrangente, concluindo por um conceito de risco fundamentado numa perspectiva integrada, global, sistémica e dinâmica do processo produtivo.

Partindo desta noção, sistematizou-se um esquema metodológico, abrangente e universal, que permita uma avaliação dos riscos profissionais que seja coerente e reproduzível. Para tal, desenvolveram-se as ferramentas necessárias para justificar os critérios utilizados.

Com o objectivo de estudar a aplicabilidade dos conceitos, analisaram-se diversos métodos de avaliação quantitativa de riscos profissionais de utilização comum, verificando o seu enquadramento no esquema metodológico apresentado.

**Palavras-chave:** *Risco; Gestão do Risco; Avaliação de Riscos.*

## ABSTRACT

### PROFESSIONAL RISK ASSESSMENT A CONCEPTUAL AND METHODOLOGIC APPROACH

This book is an adaptation of the PhD Thesis entitled "**Proposal of an integrated methodology for professional risk assessment**" integrated in the *Programa de Doctorado en Higiene, Salud y Seguridad en el Trabajo*, Departamento de Ciencias Biomédicas at the Universidad de León and presented and approved in this University on December 3, 2010

Searching, in a critical point of view (since this analysis was performed with a clear purpose) several concepts of risk in a historical perspective, an improved set of consistent and comprehensive definitions has been prepared, concluding with a concept of risk based on an integrated, global, systemic and dynamic perspective of the productive process.

From this notion, a systematized methodology for the assessment of occupational risks is proposed. The aim of this methodology is to lead to consistent and reproducible results. To achieve this goal, the fundamental tools were developed to justify the used criteria.

In order to study the applicability of the concepts, several methods of quantitative assessment of occupational risks used in practice have been analyzed, checking its integration in the methodological scheme presented.

Since a statistically significant validation of the methodology is almost impossible, the study of a real case has been chosen, selected according to considerations of practicability and feasibility, leading to future and more specific investigations on the applicability of the proposed methodology.

**Keywords:** *Risk; Risk Management; Risk Assessment.*



*Existem dois lados para cada pergunta*

*Protágoras de Abdera, filósofo grego (480 a.c. – 410 a.c.)*

*Fora das matemáticas puras,  
nunca se deve pronunciar a palavra impossível*

*François Arago, matemático, físico, astrónomo e político francês (1786 – 1853)*

*Devemos lutar permanentemente contra o erro [...],  
mas não podemos nunca ter a certeza de que,  
mesmo assim, não cometemos erros*

*Karl Popper, filósofo da ciência austríaco naturalizado britânico (1902 – 1994)*



---

# CAPÍTULO 1

## INTRODUÇÃO

---



# Capítulo 1

## INTRODUÇÃO

### 1. PROPOSTA DE APRESENTAÇÃO

#### 1.1. JUSTIFICAÇÃO

A noção de risco, em particular a de risco profissional, tem tido ao longo do tempo interpretações muito diversas.

No fundamental sempre esteve em discussão, por um lado, a questão das causas – reais ou potenciais – dos acidentes, dos incidentes, das doenças profissionais ou relacionadas com o trabalho e, até, dos quase-acidentes e, por outro lado, o problema das consequências que deles resultavam ou podiam resultar.

Explicações teológicas ou deterministas (será a vontade dos deuses, ou o destino, que justifica o que acontece ao homem), teorias do erro humano, por vezes levadas a um extremo (o homem é mau por natureza e o que lhe acontece só pode ser assacado à sua acção, inconsciente ou consciente), definições tecnicistas e materialistas (as máquinas e as energias que põem em jogo agridem o homem, independentemente da actuação deste), abordagens sociológicas, organizacionais ou ambientais (erros de gestão, causas psicossociais, higiene industrial, poluição, política), têm sido, entre muitas outras, avançadas como estando na origem dos acidentes. Também o tratamento destas situações como sendo um problema de saúde (individual, de um colectivo ou mesmo pública) foi uma das direcções tomadas pela investigação.

Mais recentemente, desenvolveram-se visões sistémicas e globais, associando as ocorrências no trabalho a um conceito de processo produtivo entendido como um sistema que integra diversos tipos de envolventes, alargados e com diferentes graus de significância.

De qualquer modo, falar em avaliação de riscos é, até certo ponto, discutir um paradoxo. *Risco* é, necessariamente, *incerteza* como se depreende das citações, cronologicamente faseadas, escolhidas para lema deste trabalho.

Então, será pertinente *avaliar a incerteza*? Não, certamente, no âmbito das ciências exactas (se é que elas existem mesmo...) mas a valoração típica das tecnologias

baseia-se, fundamentalmente, em avaliações qualitativas, em parâmetros mensuráveis mas, não necessariamente, absolutamente quantificáveis, em estatísticas e em probabilidades, em custos humanos e em prejuízos sociais. *Medir a incerteza* é possível, mesmo sem necessidade de citar Heisenberg.

Avaliar riscos será, portanto, utilizar procedimentos metodológicos, técnicas e ferramentas que permitam uma compreensão, o mais possível aprofundada, do processo de génese de acidentes, passíveis de provocar disfuncionamentos dos quais resultam lesões, danos patrimoniais ou económicos, impactos negativos na sociedade e no ambiente, enfim, prejuízos. E, obviamente, para usar esse conhecimento no eficaz controlo desses mesmos riscos.

O actual panorama das aplicações de avaliação de riscos, em particular de riscos profissionais, caracteriza-se por quatro vertentes essenciais:

- Um enquadramento legal explícito e exigente, que estabelece condições aos empregadores, designadamente no que diz respeito à obrigatoriedade de procederem à análise dos riscos presentes no trabalho, à sua avaliação e à comunicação dos resultados aos trabalhadores (e aos seus representantes legais).
- Uma grande incoerência na terminologia (e na definição de termos e de conceitos) utilizada na gestão do risco, quer na comunicação corrente (verbal e escrita), quer na bibliografia, resultante do uso de diferentes níveis de linguagem.
- A enorme quantidade de métodos e de técnicas disponíveis na bibliografia (embora se possam integrar num número reduzido de metodologias básicas, devidamente caracterizadas e definidas), todos eles estudados para casos específicos ou para condições particulares – isto é, de aplicação não universal – e que são, sistematicamente, utilizados “tal qual”, sem que existam (ou que sejam usadas) ferramentas que permitam a sua adaptação aos casos concretos em estudo.
- As diferentes exigências, em termos operacionais, no que respeita ao grau de aprofundamento, ao detalhe e ao rigor das análises efectuadas que, na prática, tem que ser ajustado às reais necessidades de avaliação de cada um dos processos estudados.

A conjugação destas vertentes resulta em procedimentos não sistematizados onde, muitas vezes, se aplicam técnicas validadas em determinadas condições a casos tipicamente diferentes, sem o cuidado de adaptação e de adequação necessário.

Isto acontece, muito particularmente, aquando da utilização de métodos matriciais, quando parâmetros definidos na literatura técnica são transpostos, sem ter em conta a sua pertinência, para os casos específicos em análise.

Uma situação típica é a utilização de escalas de valoração dos fatores de formação do risco, quer em termos da definição de *valor mínimo* e de *valor máximo*, quer na determinação do *número de patamares* a considerar, da sua delimitação e da sua quantificação. Para não falar dos critérios de escolha dos fatores de formação do risco pertinentes.

Entende-se, portanto, como necessário e útil o desenvolvimento de ferramentas capazes de adequar, caso a caso e para um universo alargado de casos possíveis, as diversas técnicas de avaliação de riscos (qualitativas, semi-quantitativas e quantitativas) às reais condições do processo produtivo.

Considerando que, de uma forma global, essas técnicas e esses métodos podem ser enquadrados em grupos metodologicamente coerentes, o conjunto das ferramentas a desenvolver constituirá, ele próprio, uma metodologia de avaliação dos riscos profissionais<sup>1</sup>, tendencialmente abrangente, baseada, naturalmente, em conceitos existentes e consagrados pela sua base teórica e pela sua aplicação prática.

Obviamente, antes de propor uma metodologia sistémica e integrada de avaliação dos riscos profissionais, há que consolidar o próprio conceito de risco.

Porque as noções a ele ligadas, o enquadramento e o âmbito em que tem sido entendido, os pontos de vista segundo os quais tem sido analisado, são vários e, por vezes, radicalmente diferentes.

Torna-se, então, necessária a realização de uma pesquisa bibliográfica, com uma interpretação essencialmente crítica e relacional que permita, por um lado, sistematizar o conhecimento actual sobre o tema e, por outro, procurar os elementos teóricos que melhor suportem um conceito de risco com as bases com que é proposto.

---

<sup>1</sup> E, eventualmente, aplicável a outros tipos de risco.

## 1.2. OBJECTIVO

O objectivo primário deste trabalho é contribuir para a definição de um conceito de risco profissional resultante de uma abordagem sistémica e integrada e, a partir dele, propor uma metodologia de avaliação de riscos profissionais, concretizada numa seriação de fases de análise baseadas num conjunto de critérios e de ferramentas que possibilitem, caso a caso, a sua aplicação de uma forma coerente e universal. Inclui-se, naturalmente, uma reflexão crítica sobre os diferentes conceitos e as diversas definições encontradas numa análise bibliográfica, baseada numa experiência de muitos anos na análise e tratamento deste assunto. Dessa reflexão resultou, “*a priori*”, um vasto conjunto de interrogações para as quais a procura de resposta levaria, certamente, a propostas de trabalho muito diversificadas.

A abordagem do conceito de risco será sistémica porque terá em conta o sistema complexo que enquadra qualquer processo produtivo, analisando os seus diversos subsistemas e, particularmente, a contribuição de cada um deles para a formação do risco.

Será integrada porque se entende que o risco só pode ser devidamente identificado e avaliado se se partir do acontecimento até às suas causas mais longínquas, por um lado e até às suas últimas consequências, por outro.

Será integrada ainda, de um ponto de vista vertical, porque a metodologia a desenvolver conterá as ferramentas necessárias para avaliar o risco de uma forma qualitativa e de uma forma quantitativa, incluindo as necessárias análises de criticidade e de relação custo/benefício.

É tendo em conta esta última vertente que se virá a estruturar o estudo de uma metodologia de avaliação dos riscos profissionais, que possa ser aplicável a situações muito diversificadas (tendencialmente “universal”) conduzindo a resultados coerentes e reproduzíveis.

## 1.3. OBJECTO

O risco é um conceito relativo Define-se genericamente como a *probabilidade de ocorrência de uma situação causadora de danos*.

Ou como a *concorrência, no espaço e no tempo, de causas passíveis de contribuir para a verificação de efeitos danosos*.



Mas, conceptualmente, o risco pode – e deve – ser encarado de um modo mais específico.

Para chegar a uma noção de risco que seja coerente com toda uma interpretação do fenómeno “dano resultante da relação de trabalho” há que definir, primeiro, um conjunto de entidades, grandezas, parâmetros e interrelações.

A integração destes conceitos conduzirá a uma abordagem mais abrangente mas também mais concisa dessa noção.

É, no essencial, sobre estes temas que se reflectirá na primeira parte deste trabalho.

A diversidade dos processos produtivos que contribuem para o chamado mercado global torna difícil e complexa a comparação – absolutamente necessária para uma coerência de análise – entre resultados obtidos através da aplicação dos diferentes métodos de avaliação de riscos disponíveis.

É pois necessário, tendo em conta esta multiplicidade, encarar a avaliação dos riscos profissionais como uma metodologia, sequencial e aberta, integrando pontos de vista sistémicos alargados, capaz de conduzir a resultados comparáveis (não necessariamente em termos de valores encontrados mas, no essencial, em termos de coerência da abordagem dos riscos).

## **1.4. MÉTODOS DE TRABALHO**

### **1.4.1. Geral**

É central neste estudo a elaboração teórica de conceitos e a definição de metodologias genéricas, abrangentes e de aplicação universal.

Foi esta a linha de desenvolvimento que se seguiu. Por isso se estruturou o trabalho em cinco grandes capítulos que incluem, qualquer deles, uma discussão das conclusões a que foi possível chegar:

- Uma **INTRODUÇÃO** onde se expõe a síntese e a interpretação de uma pesquisa bibliográfica sobre os temas pertinentes, apresentadas de uma forma crítica, relacional e relativizada.
- Uma **ABORDAGEM SISTÉMICA E INTEGRADA DO CONCEITO DE RISCO PROFISSIONAL** centrada na discussão dos conceitos essenciais e do seu relacionamento

e na apresentação de definições que permitem a proposta de um conceito integrado, global, sistémico e dinâmico de risco profissional.

- A definição de uma **METODOLOGIA INTEGRADA DE AVALIAÇÃO DE RISCOS** onde se desenvolvem as bases de um tratamento teórico que se pretende de aplicação genérica e universal, enquadrando os diversos métodos e técnicas em uso.
- Uma abordagem à questão da **APLICABILIDADE DA METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO DE RISCOS** através de um estudo de enquadramento de diversos métodos e técnicas utilizados e referenciados na bibliografia.
- Uma síntese final dos resultados encontrados, essencialmente virada para questões que se prendem com a sua aplicabilidade prática, da qual resultam as **CONCLUSÕES** passíveis de serem tiradas.

Apenas algumas notas sobre a apresentação do trabalho:

- As figuras são, na sua maioria, originais. Nos casos onde tal não se verifique será, naturalmente, citada a fonte.
- A simbologia utilizada corresponde à que é geralmente aceite ou resulta da que é usada na bibliografia consultada.
- Optou-se por concentrar as referências bibliográficas num capítulo intitulado **BIBLIOGRAFIA**, organizando-as alfabeticamente, por autores.
- As notas de rodapé são, no essencial, reflexões complementares ao texto a que se referem. Qualquer indicação de fonte bibliográfica no corpo destas notas significa uma referência (não necessariamente consultada) que consta de uma citação.

#### 1.4.2. Histórico

O método adoptado para a análise histórica do conceito de risco – e dos conceitos que lhe estão associados – baseou-se, naturalmente, numa abordagem cronológica.

No entanto, tal abordagem não foi condicionante. Algumas noções foram tratadas de *per si*, estudando-se a sua evolução sem, necessariamente, as ligar, no seu tratamento, a outras ideias existentes à época ou cronologicamente seriáveis.

Procurou-se não utilizar uma técnica descritiva, preferindo um enfoque crítico e relacional sobre os diversos conceitos abordados.

Inserindo os conceitos no “estado da arte” caracterizador da época histórica a que se referem, procuraram-se convergências, divergências e visões distintas (mas, eventualmente, relacionáveis ou complementares), com o objectivo de sintetizar um conceito de risco actual integrado: sistémico e global, o que significa, necessariamente, dinâmico, isto é, sujeito a evolução.

#### **1.4.3. Abordagem sistémica e integrada do conceito de risco profissional**

Para estudar, de uma forma sistémica e integrada, o conceito de risco, seguiram-se determinados passos, a saber:

- Elencaram-se e enquadraram-se os diversos pontos de vista e os aspetos teóricos desenvolvidos por diferentes autores, numa perspetiva histórica mas crítica e selectiva. Isto porque uma noção de risco actualizada – compatível com o nível atingido, quer em termos tecnológicos, quer nos conhecimentos sobre a fisiologia e a psicologia humana, quer no funcionamento da economia, quer na estrutura e hierarquia das relações sociais, quer na organização normativa, jurídica e política – implica a conjugação e a interdependência de distintos pontos de vista. Mas tal conjugação tem que ser coerente, isto é, não pode resumir-se a uma “sobreposição” de conceitos.
- Coordenaram-se, de uma forma activa e consistente, as diversas teorias apresentadas, procurando não apenas interfaces e pontos comuns mas também divergências e incompatibilidades. A resposta às questões detetadas conduziu, necessariamente, a um conceito mais abrangente daquilo que se pode entender, hoje, por risco profissional.
- Este conceito foi, então, definido, ou seja, esquematizado, organizado e caracterizado num sistema mais global que enquadra o processo produtivo.

#### **1.4.4. Metodologia integrada de avaliação de riscos**

Estabelecer uma metodologia significa definir um processo de pensamento estruturado, constituído por um conjunto de *fases de trabalho* que, de uma forma sequen-

cial, leve à obtenção de resultados coerentes à prossecução dos objectivos propostos.

Recorrendo à definição encontrada num dicionário de referência:

- **metodologia**, s.f. (...) **4.** Conjunto ou sequência de métodos, de modos de agir ou de pensar.

Academia das Ciências de Lisboa, Dicionário da Língua Portuguesa Contemporânea, 2001.

Daqui releva a noção de *sequência de métodos, com aplicação prática baseada numa teoria coerente*.

Para estabelecer uma metodologia de avaliação de riscos profissionais importa, portanto, definir as diversas fases que constituem a sequência de raciocínio, elaborar os critérios e as ferramentas a aplicar e tipificar as técnicas e os métodos que poderão ser utilizados na sua aplicação.

Entendendo esta metodologia de uma forma integrada verticalmente, as fases referidas desenvolver-se-ão no sentido do aumento da complexidade da análise, isto é, da apreciação global – e, necessariamente, genérica – à quantificação detalhada.

Consideraram-se, assim, quatro fases cujo desenvolvimento deverá ser feito de uma forma sequencial:

Numa **primeira fase**, o sistema onde se insere o processo produtivo é analisado de uma forma global e genérica. O principal objectivo é identificar e caracterizar os diversos subsistemas que influenciam – e que são influenciados – pelo desenrolar desse processo.

- A **segunda fase** corresponde a uma avaliação qualitativa e prévia dos riscos presentes, com a modelização do processo a servir de base à elaboração de árvores de causas condicionais e de árvores de efeitos potenciais, ainda de carácter geral e não detalhado.
- Uma análise da criticidade dos nós da rede funcional do processo constitui a **terceira fase** estudada.
- Na **quarta fase** estabelecem-se os princípios que permitem o desenvolvimento de ferramentas essenciais a uma avaliação quantitativa dos riscos profissionais.

#### **1.4.5. Aplicabilidade da metodologia de avaliação de riscos**

A proposta de uma metodologia de avaliação de riscos só será aceitável se puder ser verificada a sua aplicabilidade a casos concretos.

O objectivo procurado de integração, sistematização e globalidade (donde resulta uma universalidade de aplicação) constitui um princípio de trabalho. No entanto, tal objectivo coloca problemas de validação, dado que esta muito dificilmente poderá recorrer a métodos de análise estatística face à extensão e à variedade do universo a que a metodologia proposta se aplica. Nenhuma amostra será suficientemente significativa do conjunto total e os resultados da aplicação, se forem – como se pretende – coerentes e reprodutíveis, não serão comparáveis.

Deste modo, procurar-se-á, apenas, verificar a sua compatibilidade com alguns métodos existentes de avaliação de riscos profissionais<sup>2</sup>, aplicando a estes as ferramentas definidas e analisando as conclusões passíveis de serem obtidas.

---

<sup>2</sup> Que, normalmente, foram desenvolvidos (sem carácter de universalidade) para serem aplicados a um processo, a um sector produtivo ou a um tipo de instalação particular.

## 2. ENQUADRAMENTO

A característica que define um ser vivo e o diferencia da matéria inanimada é, certamente, a sua capacidade de sobrevivência. Seja esta entendida em termos do indivíduo, seja como comunidade.

Tropismos, reflexos, instintos, adaptabilidade ao meio, ciclos de vida e, naturalmente, acções racionais, ponderadas e assumidas, são a manifestação desta capacidade.

A cooperação entre indivíduos levou à formação de comunidades, por vezes muito complexas, onde a pressão da necessidade de resistir ao meio envolvente – e, naturalmente, de evoluir – implica, muitas vezes, o sacrifício individual para que a sobrevivência do grupo fique assegurada.

Conhecer os perigos, encontrar maneiras de controlar as situações de risco, desenvolver técnicas de protecção, procurar produtos e materiais mais seguros, aplicar os conhecimentos adquiridos a uma filosofia de preservação, foram passos importantes que caracterizaram a evolução humana ao longo da sua existência.

Ao princípio, a necessidade de protecção dominava as preocupações individuais. Só muito lentamente – em termos históricos – a noção de protecção individual foi sendo substituída pela da protecção da tribo, da nação, do país, do grupo étnico ou civilizacional e só muito mais tarde, pela da protecção da espécie<sup>3</sup>.

Com o desenvolvimento da espécie humana, os fatores racional e organizativo passaram a ser fundamentais.

O conceito de prevenção, essencialmente proativo, foi-se tornando prevalente face à ideia de protecção, basicamente reativa.

---

<sup>3</sup> Só a partir do fim do Século XX, com os Movimentos Ecologistas, com os Protocolos de Montreal e de Quioto, com a Conferência do Rio e a Cimeira de Copenhaga, se começaram a tomar atitudes claramente orientadas para uma preservação da espécie humana, entendida de uma forma global. E este posicionamento resultou de alterações de tal modo significativas no equilíbrio ambiental que forçaram uma conscientização para os problemas detectados e que, só assim, está a conseguir ultrapassar as fortes tendências individualistas (de grupo) dominantes.

A cooperação entre indivíduos da mesma tribo ou clã e entre grupos organizados e estruturados tornou-se numa forma de troca de bens e de serviços e, com ela, apareceu a prestação de trabalho, cada vez mais organizada, especializada e diversificada<sup>4</sup>.

E com o trabalho, apareceram aqueles acidentes que, especificamente, com ele se relacionam.

A afirmação anterior implica o assumir de uma relação **causa → efeito** (ou, dito de outra forma, **trabalho → acidente**) que leva, necessariamente, ao conceito de risco.

Historicamente, este conceito tem evoluído, tem sido abordado segundo inúmeros pontos de vista, tem enfatizado vertentes substancialmente diferentes, tem-se aprofundado e diversificado, quer no sentido de definições mais focadas, quer de noções mais abrangentes.

De qualquer modo, desde que o risco foi assumido como uma condicionante do trabalho, presente em todos os processos produtivos, tornou-se evidente a necessidade de o identificar, caracterizar e valorar. Para que seja possível controlá-lo.

Desenvolveu-se, assim, todo um conjunto metodológico, técnico e científico de conceitos e de práticas tendentes a minimizar o risco profissional<sup>5</sup> que se enquadram numa visão de *gestão*, pelo menos numa das aceções definidas pelo Dicionário da Língua Portuguesa Contemporânea – Academia das Ciências de Lisboa, ed. Verbo, 2001:

- **gestão**, s. f. (...) **6.** Utilização racional e controlada de certos recursos disponíveis, feita em função de determinados objectivos. (...)

---

<sup>4</sup> Recorde-se o trabalho comunitário, o trabalho escravo, o trabalho feudal, o trabalho artesanal, o trabalho industrial, o trabalho doméstico, o trabalho manual, o trabalho intelectual, o trabalho artístico, o trabalho académico, para citar apenas os principais tipos.

<sup>5</sup> E, obviamente, todos os outros tipos de risco presentes na vida de cada um de nós, nomeadamente, riscos domésticos, de lazer, desportivos, de tráfego, económicos, financeiros, sociais, políticos...

Ou seja, é possível falar numa Gestão dos Riscos, com uma definição de *objectivos* bem definida – *minimizar os riscos de forma a reduzir a frequência dos acidentes e a gravidade dos que, mesmo assim, vierem a ocorrer, assumindo os riscos remanescentes* – utilizando, para tal, todos os *recursos disponíveis* (humanos, materiais, organizacionais, financeiros, políticos, por exemplo) e fazendo-o de uma forma *racional* e baseada em metodologias que sejam cientificamente aceites e validadas.

Qualquer tipo de gestão – nomeadamente a gestão dos riscos – implica a aplicação de um procedimento coerente e de carácter universal onde sejam definidas as diversas fases do processo, as metas a atingir após a conclusão de cada uma delas, o modo como podem ser levadas a efeito e com que contributos se deve poder contar e quais as relações funcionais e de prevalência entre essas fases.

Adaptando um modelo, apresentado na Norma UNE 81905:1997 EX e usado por diversos autores, pode considerar-se o processo de *Gestão dos Riscos* como um sistema sequencial de actuações, com uma componente recorrente – materializada no conceito de “monitorização do processo” –, que engloba os conceitos de avaliação e de análise dos riscos, representado na figura [1].

A fase de controlo dos riscos – que é central no processo de gestão – recorre a tecnologias, procedimentos, técnicas e métodos muito variados e específicos, mas todos eles função do tipo e importância do risco presente.

É, portanto, essencial para a sua concretização um conhecimento – que implica uma **identificação**, uma **valorização** e uma **valoração** fiável<sup>6</sup> – desses riscos.

Também, só conhecendo os riscos presentes, antes e depois da implementação de medidas de controlo, se pode ter a percepção da dimensão dos riscos remanescentes e, assim, assumi-la de uma forma consciente e ponderada.

Daqui resulta a necessidade – e, naturalmente, a relevância – de uma **avaliação dos riscos profissionais** que seja coerente, aprofundada e baseada em pressupostos técnicos corretos.

---

<sup>6</sup> **Valorizar** entendido como *qualificar* (caracterizar e tipificar), *reconhecer* um valor/característica/qualidade;

**Valorar** com o significado de *quantificar* (medir), *atribuir* um valor/quantidade...



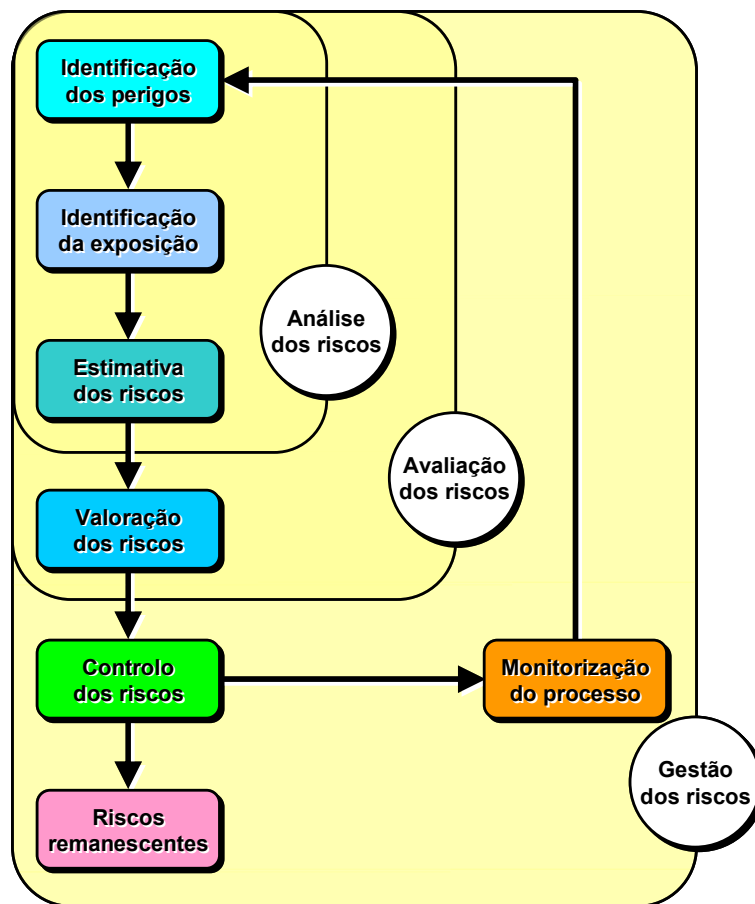


Figura [1] – Representação esquemática do processo de gestão dos riscos (adaptado)

Como ficou dito, o conceito de risco e a própria causalidade e efeitos de um acidente têm vindo a ser definidos, de forma muito diversa, ao longo do tempo e de acordo com pontos de vista diferentes.

No entanto, para poder estabelecer uma metodologia integrada de avaliação dos riscos, há que seleccionar qual o que apresenta maior correspondência com os objectivos propostos, ou seja, há que escolher um conceito, suficientemente concreto e abrangente, que seja adequado aos objectivos propostos, sem invalidar outras abordagens da questão.

## 2.1. HISTÓRICO

De acordo com Soto, 1978, as primeiras referências escritas, relacionadas com os ambientes de trabalho e com os riscos a eles inerentes, datam de 2360 a.c. e foram encontradas num papiro egípcio, o "*Papiro Seller II*", onde se pode ler: "Eu jamais vi ferreiros em embaixadas e fundidores em missões. O que vejo sempre é o operário

no seu trabalho; ele consome-se nas goelas dos seus fornos. O pedreiro, exposto a todos os ventos enquanto a doença o espreita, constrói sem agasalho; os seus dois braços gastam-se no trabalho; os seus alimentos andam misturados com os detritos; ele come-se a si mesmo, porque só tem como pão os seus dedos. O barbeiro cansa os seus braços para encher o ventre. O tecelão vive encolhido, joelho ao estômago; ele não respira. As lavadeiras, na borda do rio, são vizinhas do crocodilo. O tintureiro fede a morrinha de peixe, os seus olhos estão abatidos de fadiga, as suas mãos não param e as suas vestes estão em desalinho".

Já cerca de 1750 a.c., o "Código de Hammurabi" (Wikipédia 2008.08) referia medidas penais aplicáveis aos responsáveis por má utilização de meios de trabalho que desse origem a danos ou acidentes, o que significa um real reconhecimento da existência desses danos e de um nexo de causalidade com a prestação de trabalho.

Em 460 a.c. Hipócrates, considerado o Pai da Medicina, também fala dos acidentes e doenças de trabalho.

No início da era cristã, Plínio retoma o problema. Mas foi George Bauer quem fez um estudo concreto sobre as doenças que afectam os trabalhadores.

Como refere Hunter (citado por Nogueira, 1981), em 1556 George Bauer, conhecido pelo seu nome latino Georgius Agrícola publicava o livro "*De Re Metallica*", onde foram estudados os problemas relacionados com a extração de minerais argentíferos e auríferos e com a fundição de prata e ouro. Ele discute os acidentes de trabalho e as doenças mais comuns entre os mineiros, com destaque para a "asma dos mineiros" que, segundo Agrícola, era provocada por *poeiras corrosivas* (cuja descrição dos sintomas e da rápida evolução da doença veio revelar tratar-se de silicose), mas cuja origem não ficou claramente descrita por Agrícola. Onze anos após a publicação deste livro aparece a primeira monografia sobre as relações entre trabalho e doença, de autoria de Aureolus Theophrastus Bombastus von Hohenheim – ou Paracelso – intitulada "*Dos ofícios e doenças da montanha*", onde foram realizadas numerosas observações que relacionavam métodos de trabalho e substâncias manuseadas com doenças. Fala, na sua obra, da silicose e das intoxicações pelo chumbo e mercúrio sofridas pelos mineiros e fundidores de metais.

Desde então, a evolução da organização social e, em particular, das relações de trabalho traduzidas, muitas vezes, na filosofia do normativo vigente à época, apre-

senta uma diversidade de caminhos, de propostas, de interpretações que foram construindo aquilo que, hoje em dia, se pode considerar como um vasto edifício de conhecimentos, infelizmente nem sempre suficientemente integrados.

Citando Oliveira e Macedo, 1996, (com adaptações): “Não resta dúvida que a transformação das diferentes estruturas da sociedade tem tudo – ou quase tudo – a ver com as representações que esta faz de si mesma.

Por exemplo, na Idade Média, como refere R. A. Buchanan (*in Industrial Archaeology in Britain*, Harmondsworth, 1972), existiram três condições [descritas por três casos exemplares] que permitiram que a sociedade encarasse benevolmente as transformações tecnológicas, científicas e económicas que a fizeram saltar prodigiosamente para a frente.

O proprietário rural, que constrói os 5634 moinhos de água que são arrolados no *Domesday Book* normando.

Depois, os burgueses urbanos que, directamente ou por interposta instituição (Frescobaldi, Fugger, Templários), financiaram projectos como a fundição de sinos em bronze (Século X), o carro de mão, o moinho de vento, a chaminé (Século XI), os botões, os óculos de lentes convergentes para presbitia, o emprego do carvão na indústria, o espelho de vidro (Séculos XII e XIII), a bússola portátil, os altos fornos, os foles hidráulicos, no Século XIV.

Finalmente, os cistercienses que criaram a agricultura moderna e as ‘indústrias de ponta’.

A desflorestação e a verdadeira explosão demográfica que ocorreu entre os Séculos VIII e XIV causaram problemas ambientais, de “stress” laboral e mesmo de accidentalidade de trabalho elevadíssima (a construção de catedrais não ficava a dever nada, em risco, à da de arranha-céus) que obrigaram a tomada de medidas de prevenção à altura da época.

Em 1388, o Parlamento Inglês, em sessão em Cambridge, vota a primeira Lei contra a poluição das águas e do ar, proibindo que se lançassem resíduos ou lixo nos rios ou nas ruas. Mas já em 1253, a municipalidade de Marselha proibira a fusão de águas inquinadas pelas indústrias de peles com as do rio Jarret e as do porto da cidade (Régine Pernoud e G. C. Coulton – *Histoire du Commerce de Marseille*, 1949; *Social life in Britain*, 1918, Plon and University Press).

Um espantoso depoimento, referido por Salzman (*Building in England down to 1540*), relativo à construção da Catedral de Westminster, datado de 1331 [...], ofe-

rece-nos uma completíssima auditoria de segurança de estaleiros temporários e móveis de uma construção de Catedral onde a falta de protecção nos andaimes, os horários excessivos, geradores de fadiga industrial e de acidentes, a inconveniente manutenção das gruas, a falta de higiene e conforto nas instalações dos aprendizes e o controlo de qualidade do equipamento são, sucessiva e exaustivamente, abordados.

Villard de Honnecourt (c. 1230) dá, como arquitecto, sugestões ergonómicas e de prevenção de acidentes que ainda são actuais (*Lynn White, Technologie Médiévale et Transformations Sociales*).

No Renascimento, com o Século XV, surgem as grandes descontinuidades, que obrigam a repensar o espaço, a reler e reabilitar os clássicos, inventando-se e inventando através do passado grego, romano ou até egípcio. Com Leonardo da Vinci (1452-1519) descobre-se que ‘a experiência não engana nunca; só os nossos julgamentos erram, os quais prometem resultados estranhos à nossa experimentação pessoal’.

Thomas Morus (1480-1532) propõe, na sua Utopia, uma forma de planificação urbana que previne muitos acidentes, “stress” e até agressões ambientais.

Mas com a chamada "Revolução Industrial" (1750-1880) a mudança vai ser mais radical. Como nos lembra Jean-Pierre Rioux (*La Révolution Industrielle, 1780-1880, Points, 1971*), ‘dois imperativos inelutáveis são universalmente impostos pela era industrial: a mecanização e o seu espaço específico, a fábrica e o controlo da rentabilidade do trabalho operário, impedindo que este trabalhe em casa ou em pequenas oficinas’.

Neste universo é o homem que é totalmente instrumental e dispensável, colocado ao serviço da máquina, essa muito difícil de substituir no caso de disfunção. É ele que a mantém oleada, que a alimenta de carvão, que a limpa, carrega e muda de local.

Assim não admira que o local de trabalho seja inqualificável em quase todos os países, as condições do seu desempenho penosas e geradoras de imensas doenças profissionais e o acidente grave ou mortal possível a qualquer momento, no meio das correias, rodas, absurdos maquinismos, onde se enfiavam, para os repor em andamento, crianças de oito anos de idade...

Em Manchester, um inquérito parlamentar, feito em 1833, revela verdadeiras legiões de mutilados e estropiados em acidentes de trabalho, vagando pelas estradas sem seguros, assistência ou apoio médico de qualquer espécie. Tuberculoses (Derby, 1844), escolioses infantis e raquitismo, alergias e asma, baixam a esperança de vida na Inglaterra industrial a níveis inverosímeis.

O autor de Robinson Crusoé, DeFoe, confessa ser normal empregarem-se, em trabalho fabril, crianças de quatro e seis anos. Na Monarquia de julho, em França, os conselhos de inspecção médica para o serviço militar afastavam quatro em cada dez convocados, nas regiões rurais, nove em cada dez, nas regiões industriais. O fator dominante da vida dos trabalhadores industriais no Século XIX era, diz-nos E. J. Hobsbawm (*The Age of Capital – 1848-1875*), a insegurança. Sabiam que teriam probabilidades fortes de ser atingidos por um acidente ou por uma doença, assim como que quando atingissem os quarenta anos (os não especializados) ou os cinquenta e tantos (os especializados), não poderiam aguentar o ritmo de trabalho da época e não sabiam do que viveriam até morrer.

O começo, a partir do terceiro quartel do Século XIX, de uma nova sociedade, com novas fontes de energia (electricidade, petróleo, turbinas, motor de combustão interna), novos materiais (aço, metais não ferrosos, ligas), novas indústrias, como a química orgânica, a concorrência internacional, pondo fim ao monopólio industrial inglês, a entrada de uma economia de consumo doméstico e a evolução das ciências médicas no campo da prevenção (vacinas, dietética...) vão alterar radicalmente este estado de coisas.

A "gestão científica" de Frank Winslow Taylor (1851-1915), o desenvolvimentismo das teorias de Josef Alois Schumpeter (1883-1950) [...], a pressão do incipiente movimento sindical e de diversas organizações humanitárias e religiosas, aliada aos melhoramentos das condições de trabalho, simplesmente decorrentes dos enormes avanços tecnológicos permitem, com a mundialização da Sammlungs-politik de Otto von Bismark, aplicar, com os seguros de doença e acidentes de trabalho, um embrião de políticas de segurança, higiene e saúde nos locais de trabalho (Império Alemão, Império Austro-Húngaro, Inglaterra já em 1906) que reduza os custos, agora a cargo da colectividade, de riscos não prevenidos.

O novo Weltanschauung, aliado a uma evidente melhoria das condições de vida nas zonas urbano-industriais e à crescente preocupação pelas relações entre as

ciências e as suas aplicações práticas (medicina do trabalho, bacteriologia, toxicologia, engenharia química, psicologia social) vão trazer o mundo da prevenção até ao que ele é hoje.”

E como pode ser caracterizado o “*mundo de hoje*”?

Lieber e Romano-Lieber, 2004, apresentam uma interessante súpula da evolução histórica do modo como têm sido encaradas as causas de acidentes de trabalho. Dessa súpula apresentam-se, seguidamente, algumas ideias essenciais.

A abordagem técnica diferencia-se da abordagem científica e de ambas resulta a abordagem tecnológica.

A técnica corresponde a um “saber fazer”, a um conhecimento empírico dos modos e dos procedimentos necessários e adequados para obter um resultado procurado. É independente do facto de o utilizador conhecer ou não a teoria científica (caso ela exista) que está subjacente ao fenómeno que ele procura reproduzir.

Um exemplo citado é o do escultor que posiciona o seu cinzel sobre a pedra, em determinado ângulo para obter um certo tipo de corte e aplicando uma técnica que conhece, sem se preocupar com o facto (ou mesmo sem saber) que a clivagem decorre do aumento da tensão intercrystalina no material que constitui a rocha onde trabalha.

Este conceito de técnica (do grego *τεχνη*), já aparece caracterizado pelos helenistas que veem nele “uma faculdade da inteligência, um método para acrescentar – pelo conhecimento teórico e prático – a força do homem e, ao mesmo tempo, um artifício para eliminar as suas fragilidades”<sup>7</sup>.

A abordagem puramente científica propõe, através da formulação de hipóteses e da sua eventual demonstração, explicações para os problemas que procura tratar. Se, inicialmente, era essencialmente uma forma de procura (quase abstracta) de conhecimento, patente na dualidade ciência-filosofia<sup>8</sup>, transformou-se, nos tempos

---

<sup>7</sup> Magalhães-Vilhena, Vasco **Essor scientifique et technique et obstacles sociaux à la fin de l’antiquité**, Cahier du CERM 42, Paris, 1965, citado em Quinot, E. e Moyen, D., 1980.

<sup>8</sup> Veja-se os ainda hoje existentes graus de Doutoramento anglo-saxões: **PhD** (*Philosophy Doctor*) para designar Doutores na área das Ciências.

recentes, numa “ciência moderna, pois o saber gerado por esta é, pela sua forma (e não pela sua intenção subjectiva), um saber tecnicamente utilizável”.

Estes dois conceitos conduziram à abordagem tecnológica, que consiste, no fundamental, na “utilização de um saber científico, expresso por teorias, em conformidade com uma postura técnica, voltada para receitas e práticas na acção”. Ou seja, “a perspectiva tecnológica corresponderia a uma abordagem ordenadora, que cria algo antes inexistente na natureza, guiando-se por uma teoria científica”, como referem Lieber e Romano-Lieber (*op. cit.*).

Analisando a época pós-industrial, os autores notam que a mudança essencial de paradigma se dá quando se questiona “a partir de quando o acidente no trabalho deixou de ser um acidente da vida, como outro qualquer, para ser um acidente de trabalho” e concluem:

“Em suma, a perspectiva tecnológica não é um enfoque que decorre de uma ‘evolução automática’, ou do progresso dos conhecimentos da ciência e da técnica em convergência.

A perspectiva tecnológica surge no final do século XIX como decorrente de uma necessidade de um poder emergente, de um poder que resiste a outro poder (sustentado pela tradição), que busca a sua legitimação e que, para tanto, faz uso dessa relação em todas as esferas de acção humana. Não é sem razão, portanto, que a obra de F. Taylor, marco histórico na abordagem científica do trabalho, vai ser publicada em 1911.

É dessa perspectiva tecnológica do trabalho que poderá surgir enfim uma perspectiva tecnológica na investigação da causalidade do acidente de trabalho, capaz de conferir relevância aos fatores humanos. A ‘causa’ não poderá mais restringir-se ao ‘destino’, mas deverá ser procurada conforme o prescrito por uma teoria científica. A validade das inferências decorre exactamente da sua contraposição à tradição e da sua convergência com a nova ‘ideologia’ dominante”.

Desde as teorias do “puro acaso” (Mendes, 1995, e Raouf, 1998, citados por Correia e Cardoso Júnior, 2007) que sugerem que qualquer indivíduo, exposto ao mesmo risco, tem igual possibilidade de ter um acidente, que evoluíram para a “propensão tendenciosa”, ou seja, alguém que já sofreu um acidente tem mais propensão para sofrer outros acidentes, a procura de modelos que permitam identificar

e caracterizar a forma como os acidentes ocorrem tem percorrido praticamente todos os campos de investigação possíveis.

Só nos anos noventa do século passado, as teorias baseadas no “erro humano” começam a ser discutidas com base científica. À dualidade erro/culpa contrapõe-se a visão ergonómica do trabalho, segundo a qual uma actuação errada do operador não resulta, necessariamente, de uma falta sua mas das condições em que exerce a sua tarefa.

A teoria da transferência de energia (Raouf, 1998, citado por Correia e Cardoso Júnior, 2007) propõe como elemento caracterizador de um acidente/incidente de trabalho um fenómeno de transferência energética, de uma fonte para um indivíduo ou para um equipamento. É um conceito onde prevalece a “causa material” sobre a “causa humana”, retomando, de uma forma cientificamente justificada, ideias mais antigas sobre a origem dos acidentes.

Esta teoria tem conhecido diversos alargamentos de conceito e tem, necessariamente, que ser tida em consideração em qualquer explicação da génese dos acidentes.

O aparecimento das teorias epidemiológicas, nas quais a ocorrência é tratada como uma interacção entre um “agente” (ferramenta, máquina, produto) e um “paciente” (operador, equipa) num “meio ambiente” propício (ambiente físico, laboral, psicológico, social), corresponde a uma abordagem sistémica da questão sem, no entanto, propor soluções que permitam quantificar, de uma forma concreta, riscos.

O desenvolvimento de modelos causais sistémicos mudou o enfoque que passa a centrar-se, não nas causas directas ou indirectas de um acidente mas, segundo Reason, 1990, na falha (ou falta) das barreiras necessárias para salvaguardar a ocorrência indesejável (reduzindo-lhe a probabilidade e reduzindo-lhe as consequências).

Estas barreiras existem (ou devem existir) no sistema, interpondo-se entre as causas e o evento e entre este e os efeitos.

Mas tal não significa que essas barreiras sejam “estanques”. Nenhuma barreira é totalmente fiável: Apresenta, sempre, “pontos fracos”, possibilidades de falha, insuficiências, como mostra o esquema da figura [2].



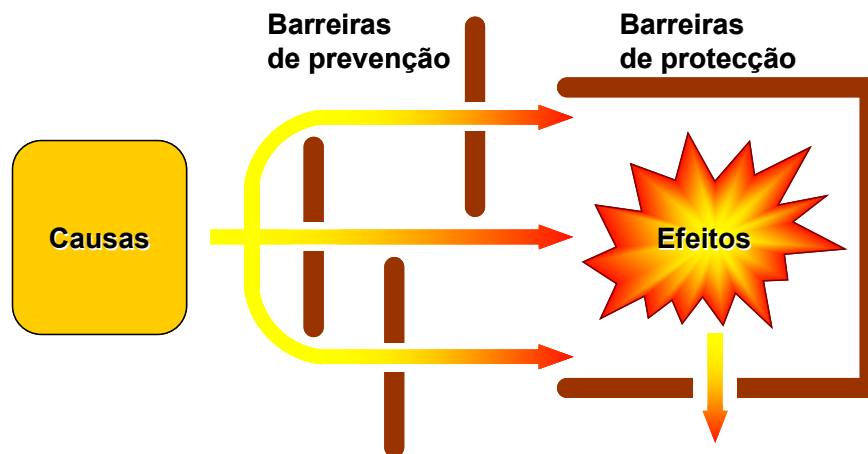


Figura [2] – Barreiras de prevenção e de protecção

A análise de barreiras pode ser entendida de uma forma abrangente, incluindo as noções de barreiras técnicas (físicas ou de engenharia), operacionais (controlo do processo), organizacionais (gestão) ou sociais (recrutamento, formação), entre outras.

Reason *in* Correia e Cardoso Júnior, 2007, apresentou em 1990 a sua teoria do “queijo suíço” segundo a qual se considera o erro humano como uma “inevitabilidade” apenas controlável pela interposição de barreiras, essencialmente técnicas (ou de engenharia) e operacionais entre a causa (entendida como uma possibilidade de libertação indesejada e incontrolada de energia) e a eventual ocorrência de um acidente.

Mas tais barreiras não seriam de uma eficácia total. Podem falhar e as suas condições e probabilidades de falha podem ser estudadas, tendo sempre em conta a aleatoriedade de tais processos.

Assim, as barreiras tecnicamente possíveis de implementar não podem ser consideradas como “muros” intransponíveis mas assemelham-se mais a “fatias de queijo suíço” (ver figura [3]), com orifícios – que correspondem a possibilidades de falha ou a faltas de eficácia – que se apresentam seriadas e interpostas no percurso **antecedente → consequente**.

A questão põe-se, deste modo, na possível coincidência dos “orifícios” (dos modos de falha) o que levaria à ineficácia dessas barreiras. Um facto verificado é a “inconstância” da posição desses “orifícios”.

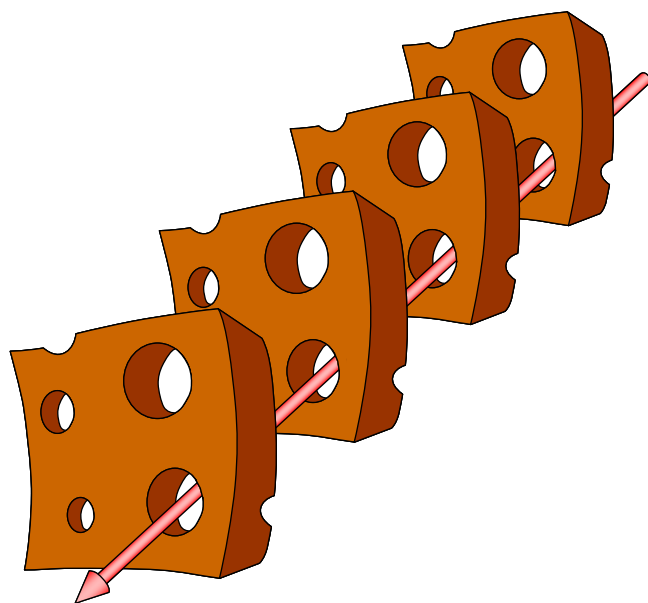


Figura [3] – Teoria do “queijo suíço” (adaptado de Reason)

Será, portanto, na possível acção de controlo e melhoria da fiabilidade de tais barreiras<sup>9</sup> – entendidas, sempre, de uma forma integrada – que se poderá basear uma gestão eficaz de riscos.

Shappell e Wigmann no ano 2000, baseados nas teorias de Reason (Correia e Cardoso Júnior, *op. cit.*), propuseram um modelo que pretendia analisar e classificar os chamados “erros humanos”, considerando como causas latentes as que antecederiam o acto inseguro, entendido como causa activa da situação de risco.

Como representado na figura [4], neste modelo (que é, no fundo, um desenvolvimento da “velha” teoria do dominó de Bird), privilegia-se a causa humana e organizacional, em detrimento das causas materiais.

As barreiras são posicionadas ao nível da supervisão e mesmo da tarefa, que é considerada o elemento directamente propiciador do acto inseguro.

A situação de risco resultaria, assim, de uma série de falhas (coincidentes) em barreiras organizacionais e de supervisão, falhas essas resultantes, em última análise, de erros de gestão.

---

<sup>9</sup> Ou seja, na “redução do número, do tamanho e da posição relativa dos orifícios” em cada barreira.

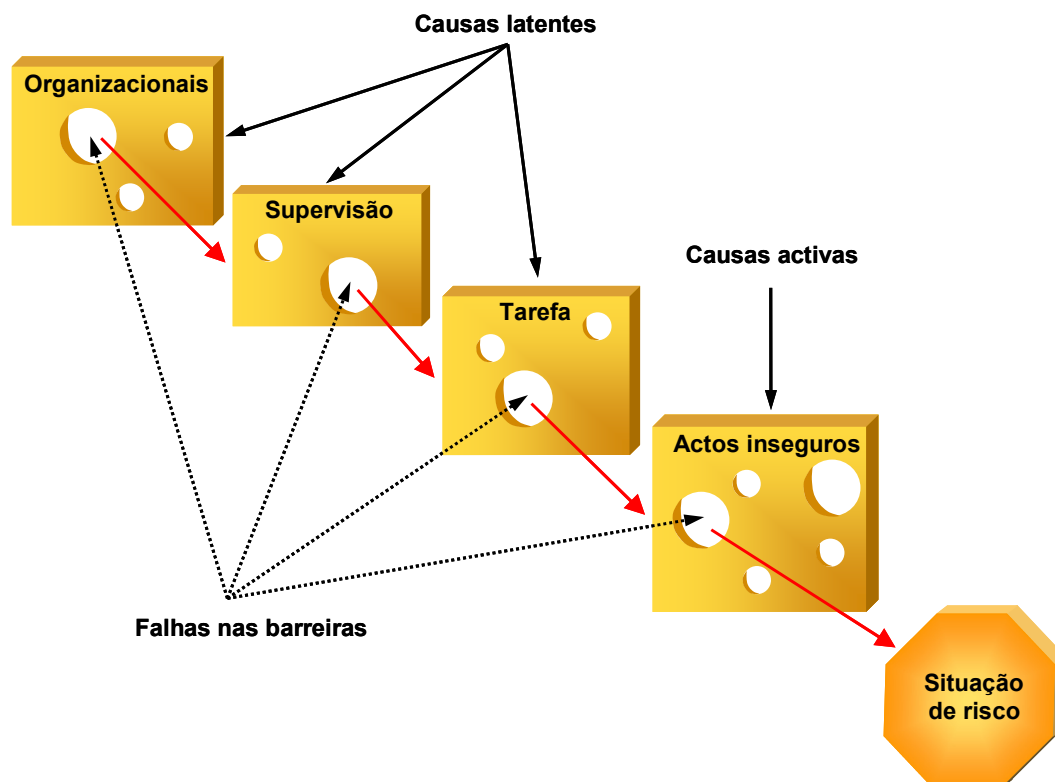


Figura [4] – Falhas nas barreiras (adaptado)

Foi com base numa análise de barreiras – traduzida, na prática por uma árvore de causas e por uma árvore de acontecimentos centradas no “acontecimento crítico” – que o Grupo Shell desenvolveu, em 1999, o método HEMP (*Hazard and Effect Management Process*), também conhecido por diagrama “*bow tie*” (Silva e Jacinto in Soares, Teixeira e Antão, 2007) que encara, de uma forma sistematizada, a questão do risco sob a dupla perspetiva causa/consequência. É característico desta representação, como se pode observar na figura [5], a disposição convergente/divergente de causas e de efeitos, centrado na situação de risco.

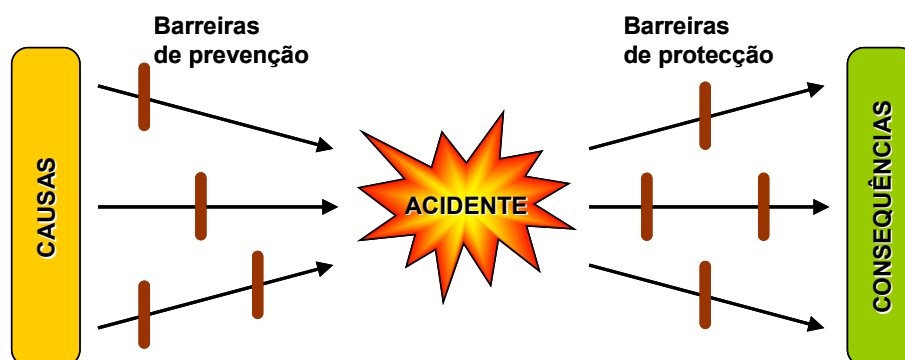


Figura [5] – Diagrama “*bow tie*” (adaptado)

Uma outra abordagem sistémica da questão centra-se no que Almeida, 2006, chama “análise de mudanças”. O estabelecimento deste conceito parte do facto de que um sistema, funcionando normalmente, não daria azo a acidentes.

Assim, um acidente decorreria de uma “mudança”, uma alteração, ao funcionamento considerado normal. Consequentemente, analisar um acidente é identificar e caracterizar as mudanças que o sistema sofreu e que afastou o seu desempenho da sequência “normal” (Binder, 1997, e Monteau, 1979), mudanças essas que se referem ao “trabalho real” ou “actividade” e não ao “trabalho prescrito” ou, como refere Rasmussen, 1997, às “práticas estabelecidas” e não às “práticas especificadas”.

A Análise da Fiabilidade Humana (*Human Reliability Analysis* – HRA) calcula as probabilidades de um operador desempenhar uma tarefa requerida pelo sistema onde se integra, sem que a sua actuação conduza a uma degradação do funcionamento desse mesmo sistema (Hollnagel, 2005).

Davies *et al.*, 2003, analisam o conceito de causalidade questionando a ideia, aparentemente consensual, de que as *causas* antecedem os *eventos* e que estes antecedem as *consequências*. Introduzem a noção de causas como *representações de situações futuras*, que ainda não aconteceram mas que, mesmo assim, influenciam a eventual ocorrência do evento.

Com o desenvolvimento tecnológico do século XX, as empresas começaram a especializar-se e a explorar ramos do conhecimento mais vastos ou mais aprofundados. O tecido económico alterou-se, criando nichos de indústrias de ponta, muito especializadas e, naturalmente, muito dependentes de tecnologias avançadas e complexas.

Como ficou dito anteriormente, a tecnologia é uma técnica com base científica, ou seja, a uma descoberta teórica correspondem várias aplicações práticas, com objectivos de produção diversificados e, essencialmente, dependentes do mercado onde se inserem, com especificações produtivas e organizacionais muito bem definidas.

Hoje em dia, a investigação aplicada, isto é a procura de conceitos, materiais ou procedimentos com possibilidade de aplicação social ou industrial, é a norma. A ciência tende a acompanhar (fundamentando-a) a tecnologia.

Neste universo, a problemática dos acidentes (ou, mais especificamente, dos desvios às sequências normais dos processos) teria, necessariamente, de ser tida em consideração.

É assim que são as indústrias com características especiais – aeronáutica, aeroespacial, nuclear, petrolífera (produção e refinação), petroquímica, de armamento, de telecomunicações, de “*software*”, nomeadamente – as promotoras e financiadoras de estudos e pesquisas no âmbito da avaliação e da gestão do risco.

Naturalmente que esta diversidade – correspondente a uma constante procura de conhecimento que permita interpretar a realidade e, desse modo, interferir nela com objectivos sociais, económicos e políticos muito bem definidos – foi acompanhada por alterações do normativo – e da própria filosofia legal – com desenvolvimentos diferentes, mas paralelos, nas diversas culturas.

É a partir do início do século XIX que as legislações nacionais se começam a preocupar, de facto e explicitamente, com as condições em que o trabalho é realizado, em particular no que respeita à protecção dos trabalhadores (ou, pelo menos, de alguns entre eles).

Com base em sínteses históricas apresentadas por Alberton, 1996, e Freitas, 2004, podem referir-se algumas datas que caracterizaram esta evolução:

Em 1802, o parlamentar britânico Robert Peel faz aprovar a “lei da Saúde e Moral dos Aprendizizes” que estabelece um limite de 12 horas de trabalho, proíbe a maioria dos horários nocturnos e obriga os empregadores a ventilar as instalações e a lavar as respetivas paredes duas vezes por ano.

O parlamento inglês, em 1819, estabelece como mínima a idade de 9 anos para o trabalho na indústria algodoeira.

A lei de Bismark, na Alemanha de 1825, é a primeira a consagrar a indemnização aos trabalhadores acidentados.

Em 1830, o proprietário de uma fábrica inglesa, descontente com as condições de trabalho dos seus trabalhadores, muitos deles crianças, procurou o médico inglês Robert Baker – que viria a ser nomeado pelo parlamento britânico como Inspector Médico de Fábricas, o primeiro Corpo de Inspeção conhecido – para o auxiliar quanto à melhor forma de proteger a saúde de seus operários. Baker, conhecedor da obra de Ramazzini e, há bastante tempo, dedicado ao estudo do problema da

saúde dos trabalhadores, aconselhou-o a contratar um médico para visitar diariamente o local e estudar a influência do trabalho sobre a saúde dos operários (muitas vezes menores), que deveriam ser afastados de suas actividades quando notado que estas estivessem a prejudicar a sua saúde. Era o aparecimento do primeiro serviço de Medicina Ocupacional em todo o mundo.

É no seguimento da aprovação da “Lei das Fábricas” (*Fatory Act*), em 1833, que a eficácia das medidas de protecção dos trabalhadores se torna mais evidente. Para tal contribuem, definitivamente, movimentos laborais pré-sindicais.

No final da década de 30 aparecem, nos Estados Unidos, estudos relevantes sobre a relação entre o trabalho e algumas doenças (B. Cready, em 1837).

Em França, Luís Villarmé e T. des Planches publicam, em 1840, estudos sobre o trabalho nas manufacturas de algodão, lã e seda e sobre o saturnismo, respetivamente.

Num trabalho publicado no ano de 1842 (“As condições sanitárias dos trabalhadores na Grã-Bretanha”), W. Chadwick encontrou uma relação de um para oito entre os casos de morte por velhice ou violenta e os de morte por doença.

Estes estudos alertaram para riscos do trabalho e potenciaram o aparecimento de legislação com o objectivo de os reconhecer e minorar.

O aumento da gravidade dos acidentes de trabalho, em grande parte relacionado com as novas máquinas, os novos produtos e as novas formas de trabalhar, levou a um alargamento do âmbito da legislação específica nesta área.

Em 1855 é publicado, em Portugal, o “Regulamento dos Estabelecimentos Insalubres, Incómodos e Perigosos”.

É a partir da lei inglesa de 1890 que se estabelece claramente o princípio da responsabilidade do empregador pelos danos causados por acidentes de trabalho, princípio esse rapidamente transposto para o normativo dos Estados Unidos da América. No entanto, já a Alemanha, a Holanda, a Itália e a Noruega, entre outros, tinham legislado sobre este tema.

Em 1892, a França aprova um dos primeiros diplomas legais sobre segurança e saúde no trabalho, estabelecendo uma estrutura pública de inspecção das condições laborais.

O “Factory and Workshop Act”, lei britânica de 1895, estabelece o princípio da notificação obrigatória das doenças profissionais e as bases do controlo médico – através de exames periódicos – de trabalhadores expostos a alguns agentes químicos específicos.

O regime jurídico que estabelece a responsabilidade automática e pessoal do empregador no caso de ocorrência de danos de origem profissional foi aprovado, em França, em 1898.

Este diploma estabelece o seguinte princípio: “o empregador que recebe os lucros da empresa deve, de igual modo, assumir os riscos, entre os quais se encontra o de acidente de trabalho”.

É nesta base que a inúmera produção legislativa do século XX se apoia.

Tendo em consideração a evolução tecnológica, o desenvolvimento do conhecimento sobre as atitudes e motivações das pessoas, a estratégia económica e política, a alteração de relações de força entre os diversos intervenientes no processo e, não menos importante, o aparecimento e crescimento de uma opinião pública cada vez mais conhecedora, mais interventiva e mais exigente.

Na sequência destes factos, é criada a OIT – Organização Internacional do Trabalho, em 1919, no âmbito da Conferência de Paz após a Primeira Guerra Mundial. A sua Constituição tornou-se na Parte XIII do Tratado de Versalhes.

Em 1944, à luz dos efeitos da Grande Depressão e da Segunda Guerra Mundial, a OIT adoptou a Declaração de Filadélfia como anexo da sua Constituição. A Declaração antecipou e serviu de modelo para a Carta das Nações Unidas e para a Declaração Universal dos Direitos Humanos.

Em junho de 1959, a mesma OIT produziu a Recomendação 112, com o título “Recomendação para os Serviços de Saúde Ocupacional”.

A Convenção 155 da OIT, quadro da legislação internacional sobre Higiene, Segurança e Saúde no Trabalho, foi aprovada em 1981 e ratificada por Portugal em 1985.

Em 1998, foi adoptada a Declaração da OIT sobre os Princípios e Direitos Fundamentais no Trabalho e seu Seguimento. O documento é uma reafirmação universal da obrigação de respeitar, promover e tornar realidade os princípios reflectidos nas Convenções fundamentais da OIT.

Em Portugal, a produção legislativa sobre a segurança no trabalho (incluindo a segurança contra incêndios) começa a tornar-se sistemática a partir dos anos 1980.

Regulamentos e determinações estabelecendo condições mínimas, aplicados a diversas actividades e a diversos riscos são promulgados, estabelecendo um cenário normativo abrangente mas complexo, com inúmeras áreas de sobreposição e, naturalmente, difícil de aplicar.

O Decreto-Lei n.º 441/91, de 14 de novembro (entretanto alterado por normas posteriores), transposição para a legislação portuguesa da Directiva 89/391/CEE da União Europeia (EU), altera radicalmente o paradigma legal sobre a segurança no trabalho.

Se até então todo o edifício normativo se baseava em regulamentos, isto é, em disposições muito específicas do que era aceitável e do que não era, focando a responsabilidade no executante e estabelecendo os seus limites, de uma forma quantitativa e absoluta, a partir desta data a noção de responsabilidade transfere-se para o empregador – com corresponsabilidade do trabalhador – e, em vez de normas quantitativas, privilegia-se o conceito “de acordo com o *estado da arte*” como base das exigências sobre o âmbito das medidas de segurança a aplicar.

A questão da definição legal de alguns conceitos básicos põe-se, obviamente, a todas as estruturas políticas, nacionais, regionais ou globais.

A União Europeia (UE), através do EUROSTAT<sup>10</sup> tem em curso um projecto cujos objectivos explícitos são “harmonizar as Estatísticas Europeias de acidentes de trabalho”, assegurando, em todos os Estados Membros, uma compatibilidade de procedimentos de recolha e tratamento de dados que permita a criação de uma base de dados comum.

A OIT está a alterar os sistemas de classificação de acidentes, de uma forma que se coordena com o trabalho da UE, o que significa que novas variáveis (e novas definições daquelas que, até aqui, têm sido utilizadas) irão ser, cada vez mais, tidas em conta, quer nos registos de acidentes, quer na análise e avaliação dos riscos.

Poder-se-á dizer que a tendência actual é a da concretização de conceitos e consequente reprodutibilidade de resultados.

---

<sup>10</sup> Gabinete de Estatísticas da União Europeia (*European Statistics*).



Antes do mais, gerir riscos profissionais<sup>11</sup> é, no essencial, minimizar os resultados, para o homem, para o património e para o ambiente, dos acidentes de trabalho, dos incidentes, das doenças profissionais e das doenças relacionadas com o trabalho.

Assim, é o conceito restrito a este tipo de ocorrências – que, no seguimento deste trabalho, passarão a ser referidas (no seu conjunto e acrescentando-lhe o conceito de quase-acidente) como **ocorrências profissionais danosas** – que se desenvolverá a seguir.

O risco – que numa aceção já clássica se traduz na probabilidade de concretização de uma situação passível de provocar um dano<sup>12</sup> – está intimamente relacionado com a ocorrência profissional danosa. Por um lado, com a frequência com que se verifica; por outro, com a gravidade das lesões, dos danos ao património ou das implicações sociais, ambientais ou mesmo políticas que lhes estão associadas.

Assim, para analisar ocorrências profissionais danosas, há que ter em conta duas perspetivas complementares:

- A pesquisa, identificação, tipificação e classificação das causas;
- A determinação, enquadramento e quantificação das consequências.

Esta assunção não exclui (antes pelo contrário) a abordagem integrada, que pode ser resumida ao tratamento global e sistémico do comportamento do processo **causas/ocorrências profissionais danosas/consequências**.

### 2.1.1. Risco

É comum, seja na linguagem corrente seja em muitas publicações com carácter mais ou menos científico, uma interpenetração de âmbitos dos conceitos de perigo e de risco. E este facto tem levado, numa análise histórica, a diversas interpreta-

---

<sup>11</sup> A gestão dos riscos profissionais é uma parte da gestão dos riscos (considerados de uma forma global). No entanto, é a esta matéria específica que, doravante, serão aplicadas as considerações, pesquisas e conclusões apresentadas.

<sup>12</sup> O conceito de dano é considerado aqui e no seguimento do trabalho, de uma forma ampla: *lesões e/ou perdas materiais e/ou perdas económicas, e/ou influências ambientais negativas e/ou implicações sociais e/ou consequências políticas*.

ções, com a consequente dificuldade de estabelecer regras com base em conceitos, eles próprios pouco definidos.

A importância de que se podem revestir as diferentes formas de actuação que corporizam, afinal, a gestão do risco parece evidente mas, no entanto, não é bem assim.

A prová-lo, a situação mais do que incipiente do tratamento do risco em tantas e tão importantes áreas da actividade económica, o papel subalterno da segurança integrada e da gestão dos riscos nas áreas de preocupação do tecido empresarial português (com honrosas, mas raras exceções), a falta de preparação, nomeadamente ao nível escolar, da maioria das pessoas para poderem fazer face a situações de crise ou catástrofe natural e a onipresença de enormes lacunas no enquadramento legal destes problemas (a par de numerosas áreas de interface, por vezes contraditórias, na numerosa e extensiva produção legislativa) são prova eloquente do que se afirma.

Foi com a expansão marítima portuguesa e castelhana que a noção de risco se alargou, incorporando a dimensão espacial. A dimensão temporal viria a ser aglutinada posteriormente, muito devido ao funcionamento da economia, nomeadamente dos mercados financeiros (Roxo, 2004).

Como referia Oliveira e Macedo, 1996, “O desenvolvimento do conceito de cindínica (de *κινδυνος/ου* – *perigo, empreendimento arriscado* em grego clássico) que surgiu há alguns anos e que deu origem ao Institut Européen des Cyndiniques surge a partir dos anos 80 do Século passado, como émulo das escolas de Risk Management (Saint-Gall; Macon, U.S.A.) e do próprio Clube de Roma (Orio Giarini, Walter Stahel). Todas se baseiam na ideia de perigo, de incerteza, de risco indesejado, do ‘*total loss control necessity*’ (Frank E. Bird, Jr.).

A cindínica, cujo desenvolvimento se deve, em parte, ao impacto mediático de tragédias como as de Bhopal, Exxon-Valdez, Tchernobyl, Kobé, Prestige, Deepwater Horizon, para citar apenas alguns casos exemplares, procura, de forma mais sistemática, estabelecer leis, recorrendo às últimas aquisições de diversas áreas, numa forma que supere, complementando e integrando, as teorias de Heinrich, 1931, sobre custos directos e indirectos do acidente (identificando-o com ‘erro humano’), as teorias de Bird, Fletcher e Skiba e mesmo as de Willie Hammer, que identifica o acidente com a ‘deficiente engenharia de sistemas, de gestão ou de organização’.

A análise do perigo/risco e das causas de ocorrência de acidentes não é nova. Sem remontar às escolas pitagóricas, tem-se presente a célebre polémica entre Jean Jacques Rousseau e Voltaire sobre as causas e consequências do terramoto de 1 de novembro de 1755, em Lisboa.

Voltaire, compadecido, acusava a Natureza, talvez os Deuses, pelo sismo enquanto Rousseau, prefigurando a teoria dos riscos controláveis, fazia notar que a decisão de edificar uma grande cidade numa zona reconhecidamente sísmica era resultante da falta de inteligência e sentido de responsabilidade dos homens. Não é à Natureza, dizia, que cabe modificar as Leis que a regem, mas ao Homem ser cuidadoso e prudente na localização das urbes onde escolheu viver.

As deficiências sistemáticas de segurança estão na origem da maioria das catástrofes e dos índices aterrorizadores de acidentes de trabalho, de viação e pessoais com que a humanidade se debate”.

Gerir os riscos tornou-se numa necessidade cada vez mais premente (e percecionada) face ao significativo custo – material, económico, social e, principalmente, humano – dos acidentes.

Segundo Bernstein, 1996, “a ideia revolucionária que define a fronteira entre os tempos modernos e o passado é o *domínio do risco*”.

Inicialmente, uma das preocupações essenciais da metodologia então designada por *Risk Management* ou *Loss Control* era a redução das taxas de seguro (e, portanto, dos riscos seguráveis).

Isto levou a que as grandes Seguradoras e, em particular, as Resseguradoras, a nível mundial, desenvolvessem procedimentos de análise e de avaliação, procurando quantificar ou, pelo menos, escalonar os diversos riscos de forma a calcular eficazmente as taxas de seguro que permitissem manter o tecido produtivo eficiente e resguardado de “interrupções forçadas” significativas.

Nos fins do Século XIX e, principalmente, durante todo o Século XX verificou-se uma extraordinária evolução das relações Homem/Trabalho, com o desenvolvimento de novas tecnologias, com a descoberta de novos produtos, novos materiais, novas moléculas activas, novas substâncias, com o advento da preocupação ambiental e ecológica, com a cada vez mais esclarecida – e, portanto, mais exigente – opinião pública, com o ascendente do conceito de produtividade, com as preocupações de carácter social, com a globalização da economia, do comércio e da estrutura empresarial.

Naturalmente o conceito de Segurança, entendido de uma forma integrada, global e sistêmica, procurou acompanhar, através do desenvolvimento de metodologias interdisciplinares e dinâmicas, esta evolução.

Historicamente, a noção de risco tem sido associada a conceitos que variam, tanto semântica quanto sintacticamente, em função de suas origens.

A palavra “*risq*” (رِسْق), em árabe, significa algo que lhe foi dado (por Deus) e do qual se tira proveito, possuindo um significado de algo inesperado mas favorável ao indivíduo.

Em latim, “*risum*” conota algo também inesperado mas desfavorável ao indivíduo.

Em grego, uma derivação do árabe “*risq*” (κινδύνου), esta palavra relata a probabilidade de um resultado sem imposições positivas ou negativas.

Em inglês (e em todas as culturas anglo-saxônicas), “*risk*” possui associações negativas bem definidas<sup>13</sup>.

Em castelhano “*riesgo*” tem, normalmente, significado negativo, mas ocasionalmente possui conotações positivas. O mesmo se passa com o francês “*risque*” e com o italiano “*rischio*”.

Em português “*risco*” tem um duplo significado (como, também, em castelhano, em francês ou em italiano), podendo este termo ser entendido como algo negativo – *ameaça* – (risco de acidente) ou como um facto positivo – *expectativa* – (risco de ganhar a lotaria). No entanto, na aceção mais comum, o risco entende-se, essencialmente, como uma ameaça.

Portanto, a palavra **risco** pode significar desde um resultado inesperado de uma acção ou decisão, seja este positivo ou negativo, até, sob um ponto de vista mais científico, um resultado não desejado e a probabilidade de ocorrência do mesmo.

Ou seja, o risco pode ser encarado como a *probabilidade de ocorrência de uma ameaça* e/ou a *probabilidade de realização de uma expectativa*.

No entanto, abordar-se-á o risco como a incerteza de ocorrência de um acontecimento indesejado dentro de um sistema. Neste sentido, diversas são as definições encontradas:

- Conforme Bastias, 1977, “riscos são condições de uma variável que possuem o potencial suficiente para degradar um sistema, interrompendo e/ou ocasionando o desvio das metas, em termos de produto, de maneira total ou parcial,

---

<sup>13</sup> A palavra usada, em inglês, para risco-expectativa é “*chance*”.

e/ou aumentando os esforços programados em termos de pessoal, equipamentos, instalações, materiais, recursos financeiros, etc."

Desta forma, os riscos assinalam a probabilidade de perdas dentro de um determinado período específico de actividade de um sistema, e podem ser expressos como a probabilidade de ocorrência de acidentes e/ou danos às pessoas, ao património ou de prejuízos financeiros.

Bastias também salienta que todos os elementos de um sistema apresentam um potencial de riscos que podem resultar na destruição do próprio sistema.

- de Cicco e Fantazzini, 1994, atribuem dois significados à palavra risco. O primeiro, influenciado pelo trabalho de Bastias, associa o risco a "uma ou mais condições de uma variável com o potencial necessário para causar danos, que podem ser entendidos como lesões a pessoas, danos a equipamentos e instalações, danos ao meio ambiente, perda de material em processo ou redução da capacidade de produção".

Desta forma, a um risco sempre estará associada uma possibilidade de ocorrência de efeitos adversos.

No segundo significado atribuído à palavra, "risco, expressa uma probabilidade de possíveis danos dentro de um período específico de tempo ou número de ciclos operacionais", e pode ser relacionado à probabilidade de ocorrência de um acidente multiplicado pelo dano decorrente deste acidente, em unidades operacionais, monetárias ou humanas.

- Jackson e Carter, 1992, concordam com o facto de que o conceito de risco está associado com a falha de um sistema, sendo a possibilidade de um sistema falhar usualmente entendida em termos de probabilidades.

No entanto, preferem trabalhar com a possibilidade de falha de um sistema ao invés da probabilidade, alegando que a visão probabilística somente se preocupa com a ocorrência de um evento dentro de uma população, enquanto que, ao analisar a possibilidade de falha, está-se a ter em conta um evento particular.

Neste ponto, podem-se observar duas tendências claras na definição de risco, uma abordando-o objectivamente e outra subjectivamente.

De um ponto de vista objectivo, o risco representa a probabilidade de ocorrência de um evento indesejável e pode ser facilmente quantificado através de medidas estatísticas.

Numa visão subjectiva, o risco está relacionado com a possibilidade de ocorrência de um evento não desejado e depende de uma avaliação individual sobre a situação, sendo portanto pouco quantificável.

Com todas estas incertezas como base, é perfeitamente natural que a teoria da Gestão do Risco tenha evoluído e passado por diversas fases concepcionais. Hoje em dia há que especificar a que tipo de “gestão de riscos” se faz referência. Porque o termo é utilizado em âmbitos tão diversos como a gestão do risco financeiro (risco de crédito, risco de fundos e aplicações, risco de solvabilidade...), a gestão do risco operacional (manutenção, falhas de processo, controlo instrumental...), a gestão do risco social (reivindicações laborais ou cívicas, riscos de saúde pública, segurança física, segurança rodoviária...), a gestão de catástrofes (sismos, inundações, secas, tempestades, fogos florestais ou urbanos...) ou a gestão de riscos profissionais (acidentes de trabalho, incidentes, doenças profissionais...).

Renn, 2008, considera que a Gestão do Risco se confronta com três grandes desafios:

- a complexidade, que se refere à dificuldade de identificar e quantificar as relações causais entre um conjunto alargado de antecedentes e os diversos efeitos que lhes podem estar ligados.
- a incerteza, resultante das variações estatísticas, dos erros de medição de parâmetros, da ignorância ou desconhecimento de fatores determinantes, que reduz a confiabilidade na cadeia **causa → efeito**.
- a ambiguidade ou ambivalência, que é consequência de diferentes interpretações (igualmente legítimas) de observações, avaliações ou resultados, conduzindo a propostas por vezes contraditórias.

Baseado nestas considerações, este autor propõe quatro regimes de gestão de riscos, representados como um modelo em escada (figura [6]).

		<b>Necessidade de deliberação</b> <i>Necessidade de ponderação do risco</i> <i>Modelização probabilística de risco</i>	
		<b>Necessidade de ponderação do risco</b> <i>Modelização probabilística de risco</i>	<b>Tipo de conflito:</b> <i>Cognitivo</i> <i>Avaliativo</i> <i>Normativo</i>
		<b>Tipo de conflito:</b> <i>Cognitivo</i> <i>Avaliativo</i>	<b>Actores:</b> <i>Pessoal próprio</i> <i>Especialistas externos</i> <i>Accionistas</i> <i>Grupos directamente afectados</i> <i>Organismos públicos</i>
		<b>Actores:</b> <i>Pessoal próprio</i> <i>Especialistas externos</i> <i>Accionistas</i> <i>Grupos directamente afectados</i>	
		<b>Tipo de conflito:</b> <i>Cognitivo</i>	
		<b>Modelização probabilística de risco</b>	
		<b>Actores:</b> <i>Pessoal próprio</i> <i>Especialistas externos</i>	
		<b>Análise estatística de risco</b>	
		<b>Actores:</b> <i>Pessoal próprio</i>	
		<b>Discurso:</b> <i>Instrumental</i>	<b>Discurso:</b> <i>Participativo</i>
		<b>Discurso:</b> <i>Epistemológico</i>	
		<b>Discurso:</b> <i>Reflectivo</i>	
		<b>Simplex</b>	<b>Ambíguo</b>
		<b>Complexo</b>	
		<b>Incerto</b>	

Figura [6] – Gestão de Risco – Modelo de escada (adaptado de Renn)

Neste modelo, cada um dos “degraus da escada” (*simplex*, *complexo*, *incerto* e *ambíguo*) pode ser caracterizado da seguinte forma:

- Um regime rotineiro, *simplex*, no qual a gestão dos riscos se limita, face a dados essencialmente estatísticos, a garantir a implementação das medidas correctivas necessárias, em particular as exigidas pela legislação aplicável.

Avaliações custo/benefício serão medidas da adequabilidade das soluções propostas. Este regime implica um discurso do tipo instrumental entre os diversos actores.

Quando os problemas ultrapassam, em dimensão e em complexidade, a *simplex* rotina, os métodos simplificados deixam de ser suficientes. Os processos de recolha de dados terão que ser mais sofisticados e completos, o âmbito das eventuais consequências terá que se alargar ao meio social e à envolvente ambiental, de forma a dominar o desenvolvimento de sequências **causa → efeito** complexas.

Tal obriga à utilização de técnicas de cálculo probabilístico e à intervenção de entidades externas especialistas nas matérias envolvidas. Às avaliações custo/benefício terão que ser acrescentadas as determinações do risco relativo (comparação risco/risco padrão) que implicam valoração dos riscos efectivos.

É característico deste regime a prevalência de um discurso epistemológico conducente à procura das melhores estimativas (dadas as circunstâncias e os condicionalismos presentes) de caracterização e valoração dos riscos em causa.

Se é a incerteza que representa o desafio mais significativo, então, ao desconhecimento (ou, no mínimo, a um conhecimento parcelar e incompleto) dos diversos fatores em jogo, corresponderá uma gestão de riscos que será, muito provavelmente, contraproducente. Calcular consequências a partir de dados incorrectos ou não validados não é a melhor forma de resolver o problema. Nestas circunstâncias, serão de privilegiar as estratégias de gestão de tipo preventivo (ou mesmo de precaução).

Há que considerar objectivos que permitam controlar e reduzir a vulnerabilidade do sistema, mesmo que para tal seja necessário gerir os conflitos entre eficiência e segurança do processo. É por isso que a inclusão de intervenientes a outro nível e com outra capacidade de decisão – nomeadamente, accionistas – se torna fundamental.

Procurar consensos e decisões estratégicas está na base de um discurso reflectivo capaz de levar a um processo de gestão de riscos que, pela sua própria natureza, relevam de eventos com probabilidades desconhecidas e com consequências pouco definidas.

- Como ficou definido, incerteza e ambiguidade diferem, essencialmente, no objecto a que tais definições se aplicam.

A noção de incerteza aplica-se ao desconhecimento, incompreensão ou falta de dados de factos ou circunstâncias, enquanto que o termo ambiguidade se refere a diferentes interpretações sobre a severidade de um risco. A ambiguidade só pode ser ultrapassada através da utilização de um discurso marcadamente participativo, envolvendo actores diversificados.



O próprio processo de gestão dos riscos necessita de ser aberto – ao público eventualmente afectado mas, também, a organismos públicos, sejam de inspecção, sejam de coordenação não esquecendo a sociedade em geral – para encontrar um balanço entre os prós e os contras que seja objectivo e eficaz. Ou seja, implica uma visão sistémica alargada da metodologia de gestão dos riscos.

Mas o risco pode, também, ser entendido, como sintetizam Marandola Jr. e Hogan, 2004, de uma forma objectiva quando se considera que existe uma base científica que permite defini-lo e avaliá-lo, independentemente da maneira como as pessoas reagem a ele, ou de uma forma subjectiva que tem em conta a percepção do risco por parte dos intervenientes (indivíduo, colectivo ou sociedade).

E, obviamente, o risco pode ser referido ao indivíduo – risco individual – ou a uma entidade – risco empresarial ou organizacional – ou, então, a uma comunidade – risco colectivo ou social – o que conduz a diferentes abordagens e, necessariamente, a diferentes escalas de valores.

Será tendo em conta estes desafios que se poderá entender a gestão dos riscos<sup>14</sup> como uma metodologia de topo, que conduz a um processo sequencial com uma componente de recorrência – a monitorização – que, em cada uma das fases que o constitui, se depara com os desafios anteriormente enunciados, pelo que deve dispor das ferramentas adequadas.

### **2.1.2. Causas**

Como ficou dito, a abordagem da ocorrência profissional danosa com vista à sua análise deve ser feita quer do lado das causas, quer do lado das consequências.

Embora de uma forma necessariamente esquemática e, eventualmente, redutora, é essencial – e tem sido norma na investigação sobre acidentes de trabalho – procurar uma classificação das metodologias aplicáveis, o que tem a ver, fundamental-

---

<sup>14</sup> Embora as noções básicas sejam aplicáveis à gestão de qualquer tipo de riscos, restringe-se, aqui, o conceito à gestão dos riscos profissionais, ou seja, dos riscos presentes num processo produtivo.

mente, com o tipo de abordagem das situações que estão (ou podem estar) na origem dessas ocorrências.

Muitas têm sido as bases teóricas para caracterizar causas de ocorrências profissionais danosas.

Recentemente (mais notoriamente a partir da década de 1980) vários autores apresentaram resumos críticos das diversas teorias propostas.

Sem pretender ser exaustivo, considera-se pertinente fazer uma breve revisão dessas sùmulas, de uma forma que permita enquadrar os múltiplos fatores que contribuem para a formação daquilo que se entende, hoje, por *risco profissional*.

Carvalho, A. M. (citado em Santos e Rodrigues, 1997) considera quatro modelos distintos:

O *modelo baseado no comportamento humano*, onde a psicologia é fundamento dominante. Neste modelo, as avaliações centram-se no comportamento – individual ou colectivo – do homem, definindo o conceito de “propensão para o acidente” e utilizando explicações do tipo comportamental.

O *modelo epidemiológico*, no qual as causas dos acidentes podem ser encontradas e valorizadas através de estudos de carácter estatístico, dos actos inseguros e, eventualmente, de condições de insegurança, procurando mais tendências do que probabilidades.

É um modelo que implica a existência de bases de dados suficientemente vastas para terem significado estatístico e que recorre, naturalmente, a técnicas de análise retroactivas.

- O *modelo sistémico*, segundo o qual o trabalho – a tarefa, o posto de trabalho, o subsistema **homem-máquina** – se insere num sistema, necessariamente complexo, onde as interacções entre homem, máquina, ambiente de trabalho, empresa e envolventes (social, económica, ecológica) são fatores essenciais para a caracterização das causas dos acidentes.
- O *modelo centrado no estudo de “incidentes críticos” e de “quase-acidentes”*, para o qual contribuem, decisivamente, metodologias de análise qualitativa, nomeadamente do tipo “*Incident Recall*” (IR), que se baseiam em questionários e entrevistas com uma visão retroactiva.

Já Hollnagel, 2005, tem em conta três tipos de modelos cujas definições se apresentam a seguir, com as considerações que, sobre cada um deles, se consideram oportunas:

- O *modelo sequencial* que considera os acidentes como o resultado de uma série de eventos que podem ser individualizados. Este conceito de série não implica necessariamente uma sequência temporal.

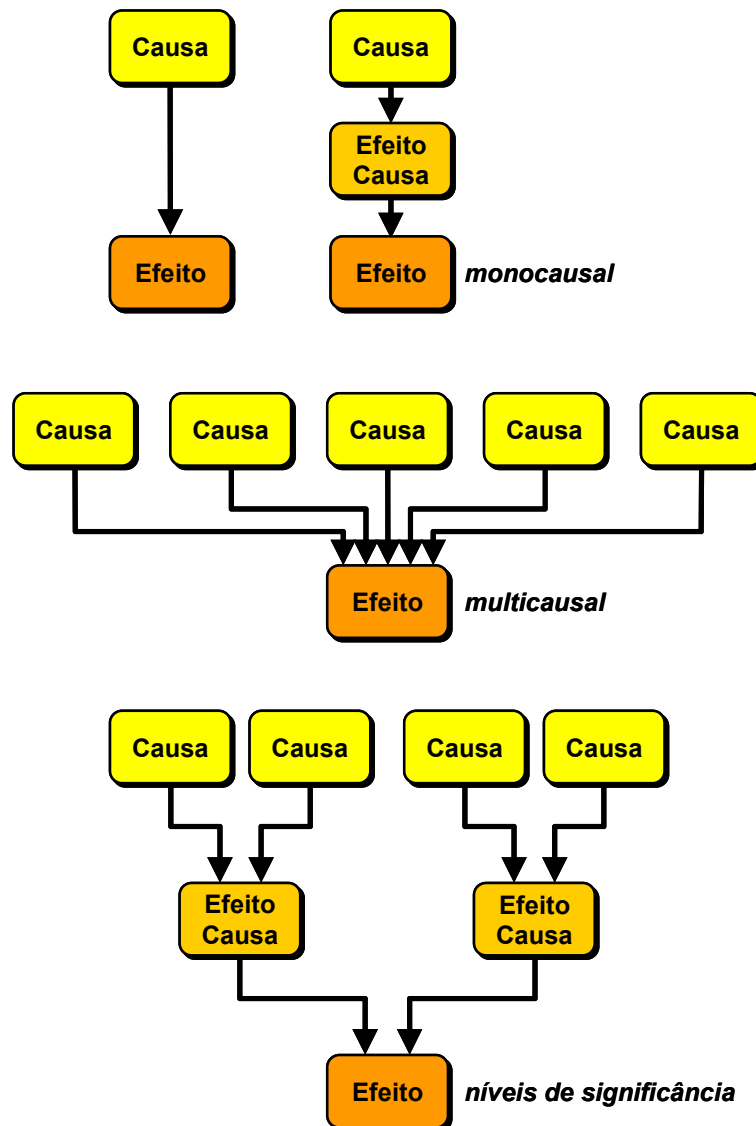


Figura [7] – Relação causa → efeito

Desde o modelo clássico do dominó de Henrich, 1931, totalmente determinístico e linear, onde o resultado é uma *consequência necessária* de um evento anterior específico mas que não será sempre *causa suficiente*, estas repre-

sentações foram evoluindo para esquemas de árvore e/ou para diagramas de rede que têm em conta os vários tipos de relação **causa → efeito**.

Do ponto de vista da complexidade, passaram de uma visão *monocausal* do acidente (de causa única ou de causas em sequência simples) para conceitos de *multicausalidade* e daí para o desenvolvimento em árvore e para a noção de *níveis de significância*.

Esta evolução do conceito está sistematizada na figura [7]:

O facto de se considerar que cada efeito tem uma (ou mais) causas directas que, por sua vez, resultam de outras causas de nível de significância superior, permite desenhar as técnicas de controlo de riscos como processos de anulação/minimização de causas críticas e/ou de estabelecimento de barreiras eficazes.

Este modelo pode traduzir-se em metodologias normalmente designadas por “*gestão do erro*”.

- O *modelo epidemiológico* descreve o acidente como se de uma doença se tratasse. Tal implica a combinação de um conjunto de fatores, manifestos ou latentes, que, a acontecer em determinadas condições espacio-temporais, podem estar na origem de acidentes. O essencial desta abordagem reside no facto de não ser, de todo, determinista. Os fatores existem, podem inclusivamente estar latentes, mas é a ocorrência conjunta de um determinado número (e/ou de um determinado tipo) de fatores que pode estar na origem de uma situação causadora de ocorrências profissionais danosas.

Estes modelos serão válidos para a caracterização da “saúde” de um sistema complexo (Reason, 1997). As “patologias” passíveis de ser encontradas no seu funcionamento poderão ser diagnosticadas e, portanto, “tratadas” através de uma “*gestão dos desvios de desempenho*”.

O *modelo sistémico* da ocorrência profissional danosa tem em conta o homem no trabalho como um elemento interativo e interdependente. Tão interativo e interdependente como todos os outros elementos e subsistemas do sistema produtivo e, como tal, sujeito a um conjunto vasto e, muitas vezes, indefinido de influências, resultantes de uma variabilidade intrínseca do sistema que pode conduzir a coincidências.

Convém notar que estas coincidências, podendo ser fortuitas (ou aleatórias), não são, necessariamente, resultantes da sorte/azar. Correspondem à concretização de procedimentos, caracterizados por uma variabilidade que é, eventualmente, monitorizável e controlável.

A noção definidora presente neste tipo de modelos é a de que a variabilidade, por si só, não tem carácter apenas negativo. “*Gerir a variabilidade do desempenho*” será, portanto, reduzir aquela que pode levar a resultados não pretendidos, mas também aumentar os tipos de variabilidade que podem ter consequências benéficas.

Michel Neboit, 1999, apresenta uma síntese histórica da abordagem aos acidentes de trabalho citando, entre outros, Cuny, 1985, e Monteau e Pham, 1987, onde considera quatro etapas na forma como têm sido entendidos e explicados os riscos no trabalho:

A *conceção monocausal* do acidente, predominante a partir dos finais do Século XIX e que persistiu até meados do Século XX, atribuía a uma causa única ou, pelo menos, determinante, a ocorrência de um acidente. O tipo de causas encontradas variou, em alternância, entre causas materiais (deficiências das máquinas, perigosidade de produtos, trabalho em condições inseguras) e causas humanas (negligência, falta de formação, “predisposição para o acidente”).

A *conceção multicausal* do acidente, que se tornou prevalente a partir dos anos cinquenta do Século passado, implica a ideia de que um acidente resulta da interacção entre o operador e todos os outros componentes do posto de trabalho (e, por extensão, do local e da situação de trabalho). Inicialmente, o conceito multicausal aplicava-se, apenas, a dois tipos de causas: falhas técnicas e erros humanos (Heinrich, 1950 e Raymond, 1952, nomeadamente).

E é porque o ambiente técnico e social ou os riscos de origem psicossocial não eram considerados que outros autores, na sequência das pesquisas da Escola Inglesa de Psicanálise (Tavistoc Clinic), consideraram o “grupo de trabalho” como parâmetro fundamental no enquadramento da ocorrência de acidentes de trabalho.

A *dimensão sistémica* na explicação do acidente é uma consequência directa do conceito multicausal. A empresa, no seu todo, passa a ser considerada

como um sistema sociotécnico, com finalidades bem definidas e com uma estrutura organizacional constituída por elementos interdependentes. Assim, o acidente passa a ser considerado como um disfuncionamento do sistema e não como uma ocorrência circunscrita. Em consequência, desenvolve-se a Ergonomia de Sistemas (Faverge) apoiada em análises de confiabilidade dos sistemas.

Com a crescente complexidade dos sistemas resultantes do actual estadio da tecnologia, uma abordagem puramente sistémica tende a tornar-se cada vez mais *especializada*, mais aplicada ao nível do microssistema, seja ele o componente, seja a tarefa ou seja a missão. Essa mesma complexidade traduz-se num aumento da interacção e do grau de dependência entre os diversos elementos do sistema o que leva a uma cada vez maior necessidade de utilização de instrumentação e controlo (normalmente de funcionamento automático).

Paradoxalmente, os sistemas de segurança podem ser, eles próprios, pontos vulneráveis. Esta constatação implica abordagens específicas, centradas na confiabilidade (ou fiabilidade) do sistema.

Embora aplicando-o a um caso concreto – o transporte aéreo – Shappel e Wiegmann, 2000, definem o conceito de “supervisão insegura”, englobando nele a supervisão inadequada, o planeamento inapropriado das operações, as falhas de correcção oportuna de problemas detetados e as violações aos actos de supervisão.

Este tipo de metodologias enfatiza as interrelações próprias da gestão de um projecto, considerando-as como eventuais antecedentes (talvez determinantes) de uma falha do sistema. Segundo estas teorias, as políticas – empresariais, organizacionais ou globais – implicam, se forem insuficientemente definidas e operacionalizadas, uma “predisposição (do sistema, não necessariamente do homem) para o acidente”.

### **2.1.3. Consequências**

As ocorrências profissionais danosas só o são porque resultam em perdas, sejam lesões ou patologias, sejam prejuízos materiais por avaria/destruição de património ou por deficiência nos produtos, sejam alterações indesejadas no meio ambiente ou

sejam influências negativas sobre a empresa, sobre a sociedade, sobre a família, sobre o indivíduo. Isto é, são as consequências que determinam a gravidade de uma ocorrência que tem (porque resulta de causas) uma certa probabilidade de acontecer. De facto, poder-se-á considerar que uma ocorrência profissional danosa, antes de tudo o mais, corresponde a uma anomalia na sequência normal de uma actividade.

A ocorrência em si não permite ajuizar do tipo de consequência sobreveniente porque esta depende, muito particularmente, do comportamento do processo face a um desvio resultante da referida anomalia.

Dependendo, por um lado, da concepção, do desenho, da “segurança” do processo e, por outro, da formação, da competência e das condições de saúde do(s) operador(es), assim as consequências poderão ser mais ou menos graves.

Um acontecimento indesejado pode, deste modo, ocorrer em qualquer processo produtivo (e em qualquer fase desse processo). Mas, para que tal venha a acontecer, há que conjugar, *no espaço e no tempo*, um conjunto de condições propiciadoras dessa eventualidade.

Para esclarecimento do conceito, entende-se por **processo produtivo** qualquer *actividade humana que, servindo-se de conhecimentos, equipamento e tecnologia, resulta num produto ou serviço que corresponde a uma necessidade da sociedade.*

#### 2.1.3.1. Custos

Ao longo dos tempos, na consideração das consequências – primeiro dos acidentes de trabalho e depois das doenças profissionais – têm prevalecido os pontos de vista que se adequavam à filosofia e à forma de encarar a sociedade características da época.

De acordo com Lieber e Romano-Lieber, 2004, numa primeira fase o acidente, enquanto acontecimento ligado ao trabalho, foi considerado sob uma perspectiva técnica, essencialmente ligada ao saber empírico e quase nunca ao saber científico. Como tal, resultava de um deficiente “saber fazer” e as suas consequências eram entendidas como uma falta da “virtude” e da “perfeição”, objectivos procurados mas não atingíveis. Assim, mesmo os “mestres” estariam sujeitos à “fatalidade” dos acidentes.

Numa organização de trabalho familiar ou de corporação de ofício – como a que já existia na antiga Roma – as lesões provocadas nos artesãos ou nos trabalhadores agrícolas eram o efeito mais sentido de tais ocorrências.

As corporações estruturaram-se, então, segundo princípios de mutualidade com um objectivo assistencialista. Este tipo de estruturas desenvolveu-se e especializou-se durante a Idade Média dando origem às *Guildas* ou *Hansas*.

O valor da vida humana nunca foi, até há bem pouco tempo (em termos históricos), muito relevante. Naturalmente, os primeiros códigos conhecidos<sup>15</sup> que estabelecem princípios de mutualidade e de repartição de prejuízos como forma de fazer face às consequências de ocorrências indesejáveis, referem-se quase exclusivamente, aos bens materiais perdidos por acidente.

O conceito de mutualidade, embora já antigo, é explicitado e regulamentado apenas muito mais tarde, tendo, originariamente em conta as perdas sofridas pelos armadores (e pelas suas poderosas *Guildas*) no comércio marítimo, actividade-chave de toda a economia ocidental nos Séculos XVI a XVIII.

A actividade seguradora – ou melhor, as organizações precursoras dessa actividade – começa, portanto, por assumir responsabilidades sobre a eventual perda de bens e só depois assume o ressarcimento dos custos humanos dos acidentes.

Mesmo assim e falando apenas da cultura ocidental, as coberturas de acidentes de trabalho são muito variáveis, com os Estados Unidos da América a excluírem da definição de acidente de trabalho os acidentes “*in itinere*” o que já não acontece, há bastante tempo, na Europa.

Numa aceção moderna, uma ocorrência profissional danosa tem sempre custos, para o património, para a empresa, para o ambiente, para a sociedade e, principalmente, para o indivíduo.

A ideia de que existem custos “perceptíveis” e custos “imperceptíveis” sempre que há uma ocorrência profissional danosa foi desenvolvida por H. W. Heinrich, 1931, utili-

---

<sup>15</sup> Apenas para citar algumas datas: China, 5000 a. c.; Babilónia, 2300 a. c.; Fenícia, 1600 a. c.; Grécia, 1100 a. c.; Inglaterra, 1190; Portugal, 1293; Pisa, 1318; Barcelona, 1435.



zando a já clássica metáfora do “iceberg” para definir e relacionar os custos diretos (ou custos seguráveis) e os custos indiretos (ou não seguráveis).

É, também, da sua autoria a verificação do facto de que os custos indiretos são significativamente superiores aos diretos<sup>16</sup>.

As grandes questões e as principais dificuldades colocadas neste tipo de análise prendem-se com a determinação – ou estimativa – dos custos indiretos dado que os custos diretos, sendo contabilizáveis, são relativamente fáceis de valorar.

Reis e Soeiro, 2005, consideram, no cálculo dos custos indiretos, os seguintes fatores:

- *Tempos perdidos*, que incluem o tempo não trabalhado pelo(s) acidentado(s), pelos restantes trabalhadores afectados directa ou indirectamente pelo acidente, o tempo despendido na prestação de socorro, o tempo gasto na investigação do acidente e o tempo utilizado em actividades burocráticas e/ou de acompanhamento.
- *Seleção e formação* de um substituto, quando necessário – face à duração do período de baixa – que tem a ver, também, com a especialização do(s) acidentado(s).
- *Perda de eficiência* da equipa, cujo rendimento é, necessariamente, afectado pelo efeito psicológico pós-acidente e consequente quebra da produtividade do(s) acidentado(s) após o seu regresso ao trabalho.
- *Atrasos nos prazos* contratuais ou, para o evitar, alterações ao planeamento e à composição da equipa de trabalho.
- *Coimas ou multas* eventualmente devidas.

---

<sup>16</sup> Diversos estudos estatísticos situam a relação entre custos indiretos (**CI**) e custos diretos (**CD**) entre **CI = 4CD** (Heinrich) e **CI = 12CD**, passando pelo valor resultante dos estudos de Frank Bird Jr. sobre um universo de cerca de 90000 acidentes ocorridos em sete anos de **CI = 6CD**.

Isto significa que o custo total pode situar-se entre 5 e 13 vezes o valor calculado para o custo directo (contabilizável).

- *Custos legais* resultantes das acções judiciais (nomeadamente em caso de invalidez permanente ou morte), que incluem apoio jurídico e custas de processo.

Os autores referidos propõem métodos de cálculo para os fatores anteriormente enunciados mas não têm em consideração outros fatores que são, também, relevantes – mas bem mais difíceis de quantificar – como, por exemplo, a deterioração da imagem da empresa, os custos psicológicos, sociais e económicos para os trabalhadores afectados e para as suas famílias ou mesmo o custo ambiental e político para a comunidade.

Uma ferramenta utilizável para a análise e para o cálculo dos custos das ocorrências profissionais danosas é a Técnica de Investigação de Acidentes de Trabalho (*Work Accidents Investigation Technique* – WAIT), tratada por Jacinto, 2005, e desenvolvida pela mesma autora (*et al.*) em 2010 sob a forma do processo RIAAT (*Registo, Investigação e Análise de Acidentes de Trabalho*).

Esta técnica apresenta uma metodologia estruturada tendo em conta, não apenas os fatores de influência negativa (como a maioria dos métodos de avaliação de acidentes), mas também os fatores que podem marcar positivamente a situação em estudo. Utiliza variáveis normalizadas (nomeadamente pelo EUROSTAT) e com definições precisas e aplica um procedimento sequencial através de uma aplicação faseada.

Foi já na mudança de século que a Agência Europeia para a Segurança e Saúde no Trabalho<sup>17</sup> inventariou custos socioeconómicos dos acidentes, numa abordagem sistémica, considerando os seus efeitos de uma forma alargada.

Deste trabalho, da autoria de Mossink e de Greef, 2002, releva a ênfase a dar às análises custo-benefício (ou, para ser mais coerente com o conceito aceite de segurança, às análises investimento-retorno), tendo em conta que uma ocorrência profissional danosa tem repercussões num universo relativamente alargado de intervenientes, como se esquematiza na figura [8].

---

<sup>17</sup> Organismo da União Europeia.

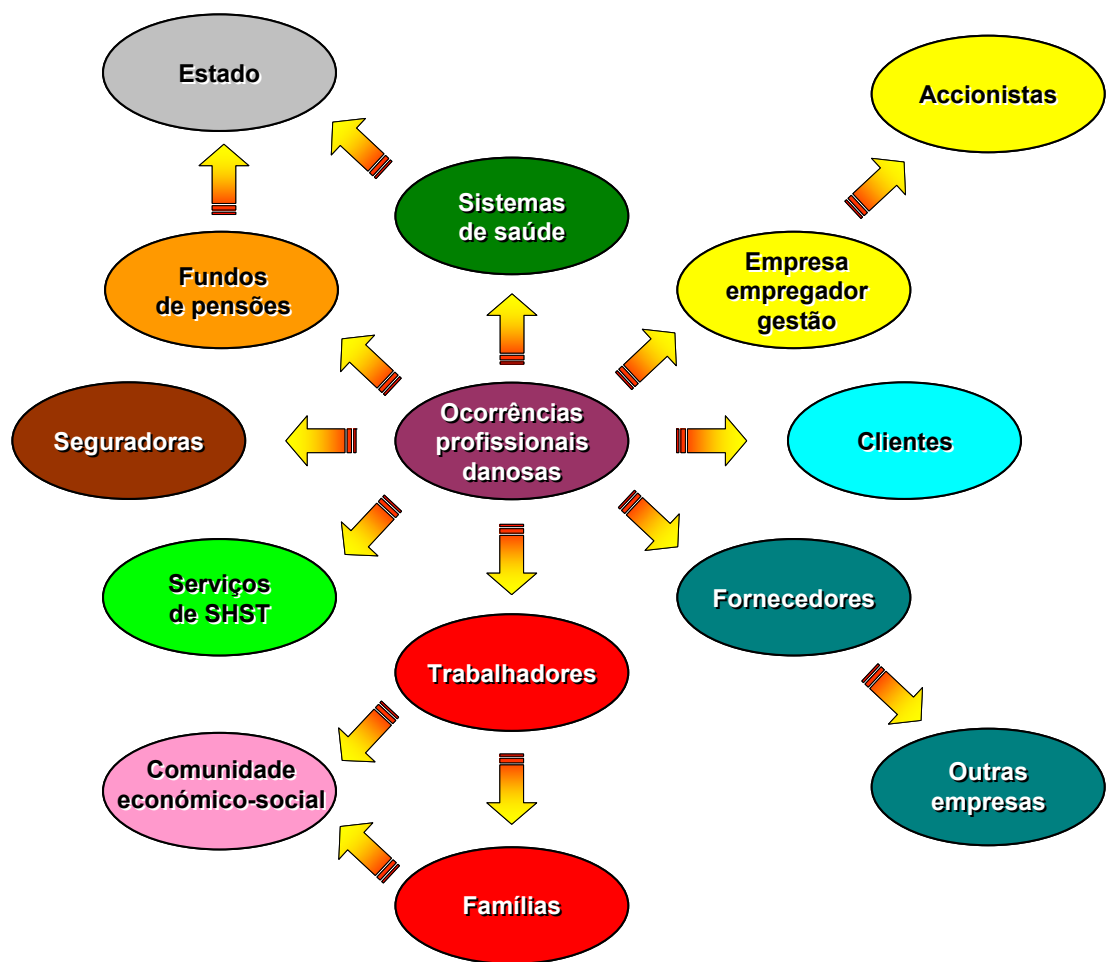


Figura [8] – Dispersão dos custos/prejuízos de uma ocorrência profissional danosa (adaptado de Mossink e de Greef)

E, naturalmente, estas repercussões estão longe de ser lineares e fáceis de analisar/quantificar.

É nítida uma relação que se desenvolve em árvore – neste caso uma árvore de efeitos – onde se inserem vários tipos de consequências que estão muito para além da simples noção de custo.

O conceito de prejuízo é, aqui, mais abrangente e não necessariamente traduzido em unidades monetárias.

Nomeadamente, as consequências psicológicas, familiares, sociais, económicas ou mesmo políticas são, a maior parte das vezes, difusas e com efeitos só perceptíveis a médio/longo prazo e a sua valoração (quando esta é possível) só é viável se tais consequências forem verificadas em universos suficientemente amplos para permitir uma avaliação de tipo estatístico.

### 2.1.3.2. Desvios

Um outro tipo de abordagem das consequências de uma ocorrência profissional danosa deriva do estudo dos efeitos<sup>18</sup>, no processo de fabrico, de um desvio resultante de um evento anómalo.

O conceito de processo técnico, desenvolvido por Quinot e Moyen, 1980, permite estudar as possíveis sequências alternativas resultantes de desvios provocados por anomalias.

Na génese dessas anomalias estarão, naturalmente, causas de diversos tipos e com um inter-relacionamento mais ou menos complexo.

Portanto, a análise das sequências alternativas poderá permitir uma avaliação das consequências previsíveis.

A modelização de Quinot e Moyen é, no entanto, demasiado técnica, isto é, apresenta uma visão muito precisa do que se passa, num processo, ao nível do subsistema **homem-máquina**, quanto muito do subsistema **homem-máquina-ambiente de trabalho**, mas é redutora ou omissa no que diz respeito a subsistemas de nível superior.

No entanto, é uma ferramenta que se considera pertinente para o entendimento do sistema complexo das interacções homem-trabalho, desde que alargada a sua conceção original a outro tipo de relacionamentos de âmbito mais amplo, ou seja, ampliando o modelo aplicável ao processo produtivo entendido como um sistema complexo.

Esta análise traduz-se, na prática corrente, pela aplicação dos métodos do tipo “*what if*”, que, de uma forma geral, interrogam o sistema em estudo (utilizando diferentes parâmetros e sob diversos pontos de vista, conforme o método aplicado): “*o que é que acontece (ou pode acontecer) se se verificar este desvio?*”.

São, portanto, métodos que descrevem o comportamento expectável do sistema face à eventual ocorrência de uma anomalia.

---

<sup>18</sup> Efeitos que não são, necessariamente, ocorrências danosas. Podem ser falhas no processo, com consequências, naturalmente, mas que podem ser corrigidas, quer por acção humana quer por sistemas automáticos de segurança e controlo.

Os métodos “*what if*” começaram por ser desenvolvidos, especificamente, para aplicação em indústrias de ponta (militar, aeroespacial, petroquímica, farmacêutica entre outras) acompanhando o seu desenvolvimento tecnológico e não foram concebidos, na sua maioria, tendo em conta, especialmente, o acidente de trabalho (e muito menos a doença profissional).

Isto porque um desvio, que resulta de uma anomalia e dá origem a uma sequência alternativa no processo não tem, necessariamente, como consequência um acidente. Mas é a partir de modelos de processos, que permitam visualizar os possíveis caminhos (nomeadamente técnicos, organizacionais, funcionais), como resultado da ocorrência de uma anomalia<sup>19</sup>, que pode vir a tomar o desenvolvimento desse processo, que as consequências dos desvios se podem tornar mais evidentes.

#### 2.1.4. Avaliação do risco

A necessidade de avaliar – qualitativamente e/ou quantitativamente – os riscos levou ao desenvolvimento de um extenso conjunto de teorias, baseadas em diversos conceitos e modelos do processo produtivo.

Shah, 2004, apresenta uma análise histórica e crítica dessas teorias, focando alguns dos aspetos que as caracterizam, agrupando-as, nomeadamente, nos seguintes grupos:

- O **modelo holográfico hierárquico** (*Hierarchical Holographic Modeling* – HHM), resultante das pesquisas de Haimes iniciadas em 1981 e posteriormente desenvolvidas com outros autores (Lambert, Li, Schooff e Tulsiani, 1995; Kaplan e Lambert, 2002), permite definir estruturas de tomada de decisão no âmbito dos processos e tendo em conta as vertentes institucionais, de gestão, organizacionais, ou funcionais.
- O **modelo de hierarquização do risco** (*Risk Ranking* – RR), que consubstancia uma técnica de análise sequencial, desenvolvida, em particular, por Florig *et al.*, 2001, (citado por Shah).

---

<sup>19</sup> Ou de várias anomalias que podem verificar-se em série, em paralelo ou como combinações de portas lógicas {E} e/ou {OU}.

- A **fatorização do risco**, que assume um conjunto de fatores de risco mensuráveis e que permite, através de ponderações atribuídas a esses fatores, estabelecer prioridades.
- A **avaliação probabilística do risco** (*Probabilistic Risk Assessment* – PRA), que utiliza diversos critérios de quantificação, nomeadamente o modelo bayesiano ou a simulação de Monte Carlo.
- Outras **abordagens especializadas**, algumas delas orientadas para as acções de controlo e de minimização dos riscos.

Todas estas abordagens reflectem a necessidade de encarar a fase de *avaliação de riscos*, integrada num processo mais geral de *Gestão de Riscos*, como uma sequência de passos, quer numa perspetiva vertical, quer numa perspetiva horizontal.

## 2.2. ANÁLISE CRÍTICA DOS CONCEITOS DE RISCO

O resumo feito – necessariamente parcial e incompleto – permite, no entanto, enquadrar os conceitos fundamentais que serão utilizados como base do desenvolvimento do tema proposto.

Actualmente, pode considerar-se como dado adquirido o facto de as ocorrências profissionais danosas resultarem de um conjunto de causas, nem todas, necessariamente, identificáveis “*a priori*” como tal.

Tal significa que, para a génese de um acidente, contribuem, tanto causas activas, como causas latentes (Reason, 1997), eventualmente resultantes das interacções sistémicas que se verificam em todos os processos e a todos os níveis de integração.

As teorias que promovem o erro humano (entendido na sua aceção mais ampla) como sendo o principal tipo de causa de uma ocorrência profissional danosa relegam para um plano acessório os defeitos e as disfunções dos meios materiais de produção.

Em contrapartida, os conceitos mecanicistas, em particular os modelos de sistemas tecnologicamente avançados, onde a automatização, a automação e os sistemas redundantes de controlo são a norma, focalizam-se, no essencial, no estudo das

consequências em termos de anomalias, modos de falha e respectivos desvios à sequência normal do processo.

Um desenvolvimento tecnológico recente, os sistemas biónicos, veio introduzir uma nova variável no conceito de ocorrência danosa.

Nestes, a interface homem-máquina torna-se predominante e decisiva e é nela que têm que ser procuradas as causas (pelo menos as causas imediatas) de qualquer anomalia.

Trata-se, portanto de decidir, em cada caso, se se pretende **avaliar ocorrências profissionais danosas** ou se o que está em causa é uma **avaliação de riscos**.

Ou seja, há primeiro que encontrar uma definição, a mais concreta possível, do objecto do estudo para, a seguir, procurar identificar, tipificar e caracterizar – com o objectivo de as valorar – as suas causas e as suas consequências.

Isto leva, necessariamente, ao estabelecimento de uma diferenciação entre os conceitos de acidente (ou, mais genericamente, de ocorrência profissional danosa) e de risco profissional, ambos tratados – embora de uma forma nem sempre interrelacionada – na bibliografia consultada.

Estes termos não são claramente identificados como conceitos diferentes embora, naturalmente, complementares.

Muitas vezes não é referido o âmbito concreto de aplicação dos métodos e das técnicas propostos nem o objectivo final que resulta do tratamento dos dados obtidos.

A clássica divisão entre métodos retroativos<sup>20</sup> e métodos proativos<sup>21</sup> pode ser objecto de uma discussão clarificadora.

Quando o objecto de uma avaliação é a **ocorrência profissional danosa real, verificada**, procuram-se causas, antecedentes, caminhos e ligações, ocorrências ou situações, mas todas elas com a característica essencial de terem contribuído – ou poderem ter, de alguma forma, contribuído – para a verificação concreta do objecto de análise.

Nomeadamente,

---

<sup>20</sup> Também referidos como reativos ou “*a posteriori*”.

<sup>21</sup> Designados na literatura, em alternativa, como métodos ativos ou “*a priori*”.

- as árvores de causas verificadas, onde todas as portas lógicas de confluência são, naturalmente, do tipo **{E}**;
- as abordagens ergonómicas, mais ou menos marcadamente sistémicas;
- o estudo de acidentes, incidentes ou doenças profissionais e relacionadas com o trabalho verificados num universo suficientemente representativo para permitir análises estatísticas ou epidemiológicas;
- aplicações do método MORT (*Management Oversight Risk Tree*)<sup>22</sup> ou dos diagramas de *Ishikawa*<sup>23</sup>;

correspondem a procedimentos de análise de carácter retroativo, partindo de um acontecimento real para as suas causas. É o que, na bibliografia, aparece sob a designação genérica de **avaliação de acidentes**.

Em contrapartida, os métodos e as técnicas que procuram avaliar a forma – mais ou menos complexa – como se poderá vir a concretizar uma **ocorrência profissional danosa potencial**, partem de uma abordagem necessariamente proactiva.

Aqui, não é apenas o (eventual) antecedente que é avaliado mas também a possível consequência de tal ocorrência.

Em certo sentido, as árvores de falhas e as árvores de acontecimentos adequam-se a este tipo de análise.

Também árvores de decisões, praticamente todos os métodos baseados no conceito de “*what if*” e as árvores de causas sistémicas ou condicionais, onde são tidas em conta ligações cuja probabilidade é  $<1$  e portas lógicas **{OU}**, podem ser utilizadas na avaliação destas situações.

Nesta última aceção poderá dizer-se que se está, de facto, perante uma **avaliação de riscos**, visto que se procura valorar quer a probabilidade da ocorrência quer a sua consequência em termos de danos provocados.

Considera-se um **processo produtivo** porque responde às necessidades da sociedade organizada e tem por objectivo a sua satisfação.

---

<sup>22</sup> Desenvolvido na década de 1970 por Johnson.

<sup>23</sup> Técnica apresentada, nos anos 1960, por Kaoru Ishikawa, também designada por “*diagrama espinha de peixe*”.



Só no âmbito de um processo produtivo, que implica uma relação profissional se poderá, de facto, falar em **ocorrências profissionais danosas**.

Mas tomando esta definição de uma forma ampla poder-se-á nela incluir funções como o processo criativo, o processo educativo, o processo cultural, o processo de manutenção da saúde, por exemplo, visto que todas elas respondem à satisfação de necessidades do tecido social.

Deste modo, pode definir-se um *sistema complexo* que representa o processo produtivo, de uma forma que tem em conta, em particular:

- O subsistema **homem-máquina**, definido pelo conjunto de interacções directas que resultam da acção “*processamento*” da máquina com a acção “*decisão*” do homem e que se consubstanciam no subsistema funcional **controlo-comando**.

É neste subsistema que se verifica a coincidência espacial e temporal das causas activas imediatas (de primeiro nível de significância) que estão na origem de uma anomalia no processo que, por sua vez, pode conduzir a um desvio da sequência normal, esperada ou previsível.

- O subsistema **[homem-máquina]-ambiente de trabalho**, que agrega relações de segundo nível, que potenciam causas activas e, eventualmente, latentes, incluindo os constrangimentos físicos, químicos e/ou biológicos do posto de trabalho.

Nele se enquadram, também, as características – no que respeita às condições de segurança – das máquinas, das instalações, dos equipamentos e das ferramentas utilizadas.

Inclui, ainda, no que diz respeito ao elemento máquina, a adequação tecnológica do equipamento utilizado, a sua idade e o tipo de comando (mais ou menos automatizado) necessário.

- O subsistema **[homem-máquina]-ambiente profissional**, tem em conta o relacionamento do homem com o seu trabalho, em termos profissionais.

Engloba, entre outros aspetos, a motivação, a (in)satisfação com as tarefas exercidas e com o seu contravalor pecuniário e as interacções hierárquicas ou funcionais.

Este subsistema está, assim, muito caracterizado pelo grau de autonomia/responsabilidade e pela capacidade e alcance das decisões operacionais a tomar.

- O subsistema **[homem-máquina]-ambiente social**, insere-se num contexto que ultrapassa a Empresa e tem raízes no meio envolvente.

Por um lado, é a relação do homem, enquanto cidadão, membro de uma família, elemento de uma comunidade, com o seu trabalho, a sua profissão.

Por outro, é a presença activa da empresa na comunidade sócio-económica e política.

O funcionamento deste subsistema pode gerar constrangimentos psicossociais que poderão actuar como causas – afastadas (e, portanto, com reduzida significância) mas, mesmo assim, determinantes – de situações de risco.

- O subsistema **[homem-máquina-ambiente de trabalho-ambiente profissional]-empresa**, caracteriza-se, no essencial, por um conjunto de actuações e de procedimentos inseridos num conceito de gestão.

E, segundo diversos autores, é à gestão que devem ser assacadas razões determinantes para a potencial ocorrência de disfuncionamentos no sistema produtivo.

- O subsistema **[homem-máquina-ambiente de trabalho-ambiente profissional-ambiente social-empresa]-envolvente**, corresponde a um nível superior de interacção.

Obviamente, a noção de *envolvente* é muito vasta e diversificada: desde o meio ambiente ecológico à divisão político-administrativa, desde a organização social ao enquadramento geográfico, desde a cultura à economia, desde a educação e formação às práticas de lazer, desde a gestão do tráfego à política de transportes, desde a segurança física à saúde, desde o urbanismo à segurança laboral.

Estes subsistemas relacionam-se, fundamentalmente, da seguinte forma (equações [1]), que, graficamente, se esquematiza na figura [9]:

$$\begin{aligned}
& [H \cup M] \in A_t \\
& A_t \in E_m \\
& [H ; H \cap M] \in A_p \\
& [H ; H \cap M] \in A_s \\
& A_s \cap E_{ecn} ; A_s \cap E_{ecl} ; A_s \cap E_{pol} \neq \emptyset \\
& A_s \cap E \neq \emptyset \\
& [H ; M ; A_t ; A_p ; A_s ; E_m] \in E \\
& [E_{ecn} ; E_{ecl} ; E_{pol}] \in E
\end{aligned}$$

Equações [1]

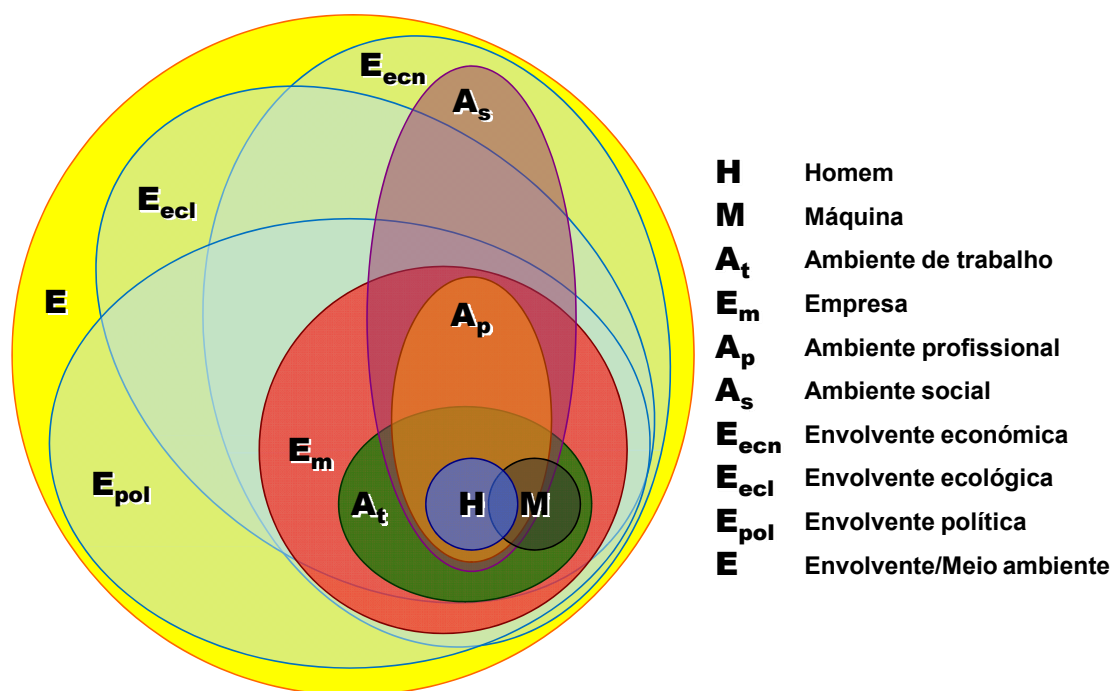


Figura [9] – Representação sistémica do processo produtivo

Será a este sistema que se aplicarão os conceitos a desenvolver. Sistema naturalmente complexo, face aos diferentes tipos de interacção entre os seus diversos subsistemas e às relações probabilísticas que se estabelecem entre antecedentes e consequentes quando se procuram analisar situações (reais ou potenciais) representativas do seu funcionamento ou disfuncionamento.

De qualquer modo, torna-se evidente que uma ocorrência profissional danosa resulta de um conjunto de fatores muito diversificado. Ter-se-ão, portanto, em consideração as teorias multicausais.

Além disso, entende-se que as diversas causas não estão, necessariamente, presentes (ou activas) no momento espácio-temporal da ocorrência.

Muitas delas são causas necessárias mas não suficientes para que a situação de falha se concretize.

Adoptar-se-á, assim, uma representação da causalidade por *níveis de significância*, considerando-se probabilidades de influência sempre iguais ou inferiores a um.

Por outro lado, o conceito de causa de uma ocorrência profissional danosa não pode estar restrito à interface homem-máquina.

Os processos produtivos actuais são bastante mais complexos e abrangentes. As interacções no sistema, a níveis superiores, são um facto demonstrado e, como tal, devem ser tomadas em consideração. Desta forma, a interpretação do modelo de análise tem que ser sistémica e global.

Finalmente, há que ter em conta o conceito de *acontecimento* ou *evento*. Este conceito caracteriza-se por dois tipos de abordagem: retroativa, se se refere a situações reais, ou proativa, isto é, se trata casos apenas potenciais.

Considera-se que uma **ocorrência real** se caracteriza pela conjugação, no espaço e no tempo, de circunstâncias identificáveis e pelas consequências que dela resultam enquanto que a uma **ocorrência potencial** está ligado, por um lado, um conjunto de situações com uma determinada probabilidade de ocorrência e, por outro, uma série de consequências passíveis de se virem a verificar.

Em termos de terminologia, adoptar-se-ão as seguintes definições:

- **Situação de risco** – ocorrência potencial, possível mas não verificada, cujas eventuais causas podem ser identificadas e que, se se efectivar, será, possivelmente, responsável por danos.
- **Ocorrência profissional danosa** – evento real com consequências verificadas e com causas detetáveis.

Do que anteriormente ficou dito pode, então, concluir-se que uma abordagem que se pretenda sistémica e integrada do conceito de risco profissional<sup>24</sup> se deve basear no seguinte conjunto de princípios:

- O risco define-se como a probabilidade de uma ocorrência profissional danosa se verificar, o que implica a concretização de consequências.
- Uma ocorrência profissional danosa verificada (real) terá sempre antecedentes concretos e consequências mensuráveis.
- Uma ocorrência profissional danosa potencial (ou situação de risco) terá sempre antecedentes prováveis e consequências previsíveis.
- Avaliar qualitativamente o risco corresponde a caracterizá-lo e hierarquizá-lo de acordo com critérios de criticidade.
- Avaliar quantitativamente o risco significa “medi-lo”, isto é, atribuir-lhe um valor, de acordo com regras estabelecidas, valor esse que se compara com uma escala padrão, com um valor de risco “aceitável” ou, mais correctamente, com um valor de risco “assumível”.

O conceito de **risco assumido** deve substituir o de **risco aceite**. Há que considerar que o controlo dos riscos se baseia numa minimização da probabilidade de ocorrência de uma situação potencialmente negativa e/ou numa maximização da probabilidade de êxito de um acontecimento favorável.

Isto implica a existência de **riscos remanescentes**, conhecidos e avaliados qualitativamente e, sempre que possível, quantitativamente.

- As regras que permitem “medir” o risco devem traduzir, num conceito matemático, um algoritmo que resuma a definição avançada anteriormente, a saber, o valor do risco (**R**) é o produto de dois fatores<sup>25</sup>: a probabilidade da

---

<sup>24</sup> Embora, por opção, se excluam do estudo todas as ocorrências danosas sem origem/conotação profissional (tal como definidas no normativo vigente), as considerações que se farão são aplicáveis, com as devidas adaptações, a outros tipos de ocorrências.

<sup>25</sup> Estes fatores serão denominados **fatores primários de formação do risco**.

ocorrência profissional danosa ( $p$ ) e o dano resultante das suas consequências ( $d$ );

- o valor de cada um dos fatores primários referidos é o produto de fatores<sup>26</sup> de formação a determinar caso a caso;
- o algoritmo utilizado é o seguinte:

$$R = p \cdot d$$

Equação [2]

com

$$p = \prod f_{pi}$$

$$d = \prod f_{dj}$$

Equações [3]

onde  $p$  e  $d$  são os fatores primários de formação do risco

e  $f_{pi}$  e  $f_{dj}$  são os fatores de formação da probabilidade e do dano.

ou

$$p = \sum f_{pi}$$

$$d = \sum f_{dj}$$

Equações [4]

onde  $f_{pi}$  e  $f_{dj}$  são, agora, as parcelas de formação da probabilidade e do dano.

- Os valores de  $p$  e de  $d$  – ou mais concretamente de  $f_{pi}$  e de  $f_{dj}$  – só em casos muito particulares poderão ser definidos como entidades mensuráveis.

Normalmente correspondem à valoração de um nível de uma escala discreta cuja coluna de entrada é do tipo descritivo.

Por estas razões, o valor resultante para  $R$  será, também ele, uma valoração de um nível (definido com limites superior e inferior)<sup>27</sup>.

---

<sup>26</sup> Alguns métodos de avaliação de riscos utilizam não o produto de fatores mas a soma de parcelas. Com os devidos ajustamentos aos valores de cada um dos fatores ou de cada uma das parcelas, o conceito mantém-se válido. Neste caso, a operação  $\prod$  é substituída pela operação  $\sum$ .

- As definições – e a escala de valoração – dos fatores de formação do risco  $f_{pi}$  e  $f_{dj}$ , dependerão da análise que for efectuada ao sistema a que se referem.
- Quando se utiliza uma técnica do tipo “*bow tie*”, os fatores  $f_{pi}$  poderão ser encontrados, nomeadamente, a partir de uma árvore de falhas, de uma árvore de causas ou de métodos “*what if*”, enquanto os fatores  $f_{dj}$  derivarão, em princípio, da análise de árvores de acontecimentos, de árvores de efeitos ou de sequências alternativas do processo.
- Na identificação dos fatores  $f_{pi}$  e  $f_{dj}$  deverá ter-se em consideração (de um ponto de vista alargado) o carácter sistémico do processo produtivo, analisando todas as interrelações e interdependências presentes.
- Na caracterização dos fatores  $f_{pi}$  e  $f_{dj}$  serão prevalentes as definições da OIT, da Legislação Portuguesa, do EUROSTAT, da Normalização Europeia, e da Normalização Internacional, por esta ordem de prioridade.
- O conceito de integração da ferramenta metodológica proposta entende-se no sentido vertical, isto é, partindo de um modelo do processo produtivo pretende-se estabelecer caminhos, apoiados em técnicas disponíveis e estruturadas, que permitam chegar a uma valoração do risco que possa ser uma base para a elaboração de um plano de controlo dos riscos profissionais.
- Para que a metodologia possa ser usada de uma forma universal – ou seja, independente do sistema ao qual se aplica – o tipo, âmbito e especificação das técnicas a utilizar deve ser claramente definido.

Assim, em termos de risco, um processo pode ser estudado segundo duas vertentes fundamentais:

Por um lado, a realidade concreta do seu historial de funcionamento, expressa nos dados estatísticos disponíveis de acidentes, incidentes, lesões, doenças profissionais, custos, verificados ao longo de um determinado período temporal. O tratamento destes dados permite detectar, caracterizar e, eventualmente, quantificar quer as causas de tais ocorrências, quer as conse-

---

<sup>27</sup> Isto significa que se terá, para a valoração do risco, uma representação matricial, discreta ou relativa e não uma representação contínua ou absoluta. Este assunto será tratado, a seguir, mais em pormenor.

quências que delas resultaram. Utilizam-se, portanto, metodologias de análise retroactivas.

Por outro lado, a possibilidade (quantificada ou não como probabilidade) de virem a ocorrer eventos profissionalmente danosos. Isto implica a elaboração de árvores de causas condicionais e de árvores de efeitos previsíveis e a sua quantificação onde e quando possível e/ou necessária. Tipicamente, neste caso, serão usadas análises proactivas.

Mas, seja qual for o tipo de abordagem utilizado – e não se pode esquecer que a análise de ocorrências profissionais danosas pode servir para obter dados, conhecimentos e experiências essenciais à elaboração das árvores condicionais, características de uma avaliação de situações de risco – a metodologia básica deve ter em consideração as *barreiras* que permitem controlar causas e consequências, em particular a sua adequabilidade, estabilidade e fiabilidade. De uma forma sintética e resumida, as situações de risco e as ocorrências profissionais danosas relacionam-se, respetivamente,

- a montante, com causas latentes e com causas activas;
- a jusante, com consequências previsíveis e com consequências realmente verificadas.

O estudo de cada um dos tipos de eventos é, assim, individualizável, contando com técnicas específicas e utilizando metodologias adequadas.

É este contexto que se apresenta, de um modo esquemático, na figura [10].

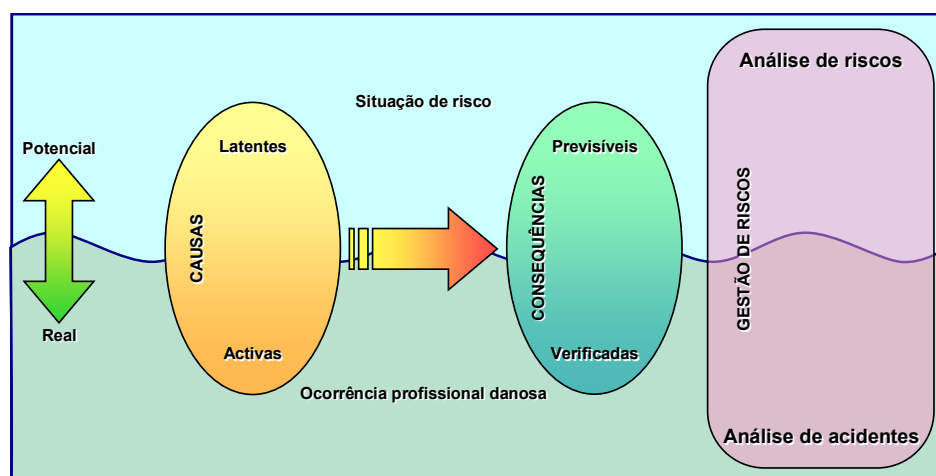


Figura [10] – Análise de riscos/Análise de ocorrências



---

## **CAPÍTULO 2**

### **ABORDAGEM SISTÊMICA E INTEGRADA DO CONCEITO DE RISCO PROFISSIONAL**

---



## **Capítulo 2**

### **ABORDAGEM SISTÉMICA E INTEGRADA DO CONCEITO DE RISCO PROFISSIONAL**

#### **3. DESENVOLVIMENTO**

##### **3.1. GLOSSÁRIO**

Algumas definições simples poderão clarificar certos termos que, sendo frequentemente utilizados, o são, por vezes, de uma forma menos correcta.

Isto porque se usam diferentes níveis de linguagem sem, muitas vezes, ter em consideração as características do emissor e, principalmente, do receptor da mensagem.

Na linguagem do dia-a-dia é comum utilizar termos com significados diferentes como se de sinónimos se tratasse.

Ou noções que se sobrepõem a outras noções que deveriam ser complementares mas autónomas.

Por isso, é importante construir um “edifício” – coerente e estruturado – de terminologia, ligada a conceitos bem definidos, que permita falar uma linguagem comum e inteligível por um conjunto alargado de intervenientes.

Se bem que alguns dos termos definidos possam, na linguagem comum, ter um (ou mais) significado(s) e ser utilizados para designar coisas diferentes, importa que todos os que trabalham na área da Higiene, Segurança e Saúde no Trabalho se façam entender e que, para conceitos bem definidos, utilizem expressões coerentes.

A tabela [1] corresponde a um glossário – não exaustivo – organizado por ordem alfabética de termos, com as respetivas definições.

Estas definições resultam, quer da consulta à bibliografia pertinente, quer do normativo em vigor, e são tratadas como uma tentativa de sistematização dos conceitos, baseada numa experiência pessoal.

Designação	Definição
Acidente	Ocorrência não planeada, não controlada e não desejada que interrompe uma actividade ou função, provocando lesões a pessoas.
Acidente “ <i>in itinere</i> ” ou acidente no percurso	Acidente ocorrido no trajecto de e para o trabalho nas condições legalmente definidas.
Acidente de trabalho	Acidente que se dá no local, no horário e/ou em função do trabalho ou noutras circunstâncias definidas na legislação aplicável. Inclui os acidentes “ <i>in itinere</i> ”.
Agente agressor	Fator de risco ligado ao ambiente de trabalho/meio ambiente que, por interacção, normalmente prolongada, com o organismo humano pode provocar lesões ou patologias.
Agente agressor biológico	Agente agressor constituído por organismos biológicos: bactérias, vírus, fungos e/ou parasitas.
Agente agressor físico	Agente agressor que actua por transmissão directa de energia: ruído, vibração, radiações ionizantes ou não ionizantes, ambiente térmico, iluminação, etc.
Agente agressor químico	Agente agressor constituído por uma substância química ou uma preparação que actua quando penetra no organismo humano, por via respiratória, digestiva, dérmica, parentérica ou outra.
Análise de riscos	Metodologia de identificação dos fatores que contribuem para a existência de situações de risco.
Avaliação de riscos	Metodologia de identificação, caracterização e valoração dos riscos presentes num processo produtivo.
Avaliação integrada de riscos	Metodologia que abrange as fases entre a descrição/modelização do processo técnico e a valoração e hierarquização dos riscos (macro-integração vertical); Metodologia que tem em conta as diversas consequências de anomalias no processo técnico, em termos de efeitos no homem, nas instalações, no ambiente e na envolvente sócio-económica (macro-integração horizontal); Metodologia que relaciona as diversas causas de uma anomalia com os seus efeitos/consequências (micro-integração).
Avaliação qualitativa	Identificação, tipificação e caracterização dos riscos presentes num processo produtivo. Valorização.
Avaliação quantitativa	Valoração, em termos absolutos ou relativos a um valor de referência, dos riscos presentes num processo produtivo.
Avaliação semi-quantitativa	Valoração, em níveis discretos, dos riscos presentes num processo produtivo.
Causa	Par [perigo/condição de trabalho] que contribui para uma determinada situação correspondente a um certo risco; Um conjunto de causas, em determinadas condições espaciais e temporais, estará na origem de um conjunto de efeitos.
Causa ambiental/ecológica	Par [perigo de poluição ou agressão/condição de vulnerabilidade ecológica].
Causa económica	Par [perigo económico-financeiro/condição de vulnerabilidade específica].
Causa ergonómica	Par [perigo humano ou material/organização do trabalho].
Causa humana	Par [perigo humano ou material/acto inseguro].

Designação	Definição
Causa material	Par [perigo material/condição de insegurança].
Causa natural	Par [fenómeno da natureza/condição de vulnerabilidade específica].
Causa organizacional	Par [processo inseguro/condição de insegurança, acto inseguro ou organização do trabalho]
Causa política	Par [conjuntura política/condição de vulnerabilidade específica].
Causa psicossocial	Par [perigo humano/condição de vulnerabilidade na actuação].
Causa social	Par [enquadramento social/condição de vulnerabilidade na actuação].
Coerência de resultados	Possibilidade de comparação (em termos absolutos ou relativos) dos riscos valorados em situações correspondentes a diferentes processos produtivos.
Condição de trabalho	Vulnerabilidade a determinada situação (eventualmente resultante da presença de fatores de risco). Desta vulnerabilidade resulta a maior ou menor probabilidade de ocorrência de uma situação de acidente/incidente ou doença profissional, isto é, de um determinado dano.
Conformidade	Situação de cumprimento das normas aplicáveis (legislação, normativo, normas de segurança, regras de boas práticas, “ <i>know how</i> ”, etc.).
Consequência	Resultado real de uma ocorrência profissional danosa; Resultado potencial de uma situação de risco; (ver “Efeito”).
Controlo de riscos	Atuação com o objectivo de minimizar a probabilidade de ocorrência de uma situação de sinistro e/ou de reduzir as consequências se esta se verificar. Implementação de medidas correctivas (medidas de segurança).
Corresponsabilidade	Conceito de responsabilidade mútua (biunívoca) e alargada (multiunívoca).
Criticidade (acontecimento ou nó crítico)	Característica de um evento ou de um nó da rede processual relacionada com a relevância das eventuais consequências associadas à ocorrência ou à anomalia possível.
Custo	Valor total, em unidades monetárias (ou convertível em unidades monetárias), das perdas resultantes de um acidente.
Custo direto	Parcela do custo que corresponde a perdas seguráveis, facilmente quantificáveis.
Custo indireto	Parcela do custo que corresponde a perdas estimadas em áreas que, embora afectadas, não são passíveis de ser cobertas por uma apólice de seguro.
Dano	Consequência não desejada em pessoas (lesões ou patologias diversas), no património (avaria ou perda), no meio ambiente e/ou na envolvente sócio-económica. Não necessariamente quantificável em unidades monetárias.
Doença profissional	Desenvolvimento não planeado, não controlado e não desejado de uma patologia ou lesão resultante da exposição, mais ou menos prolongada, a um agente agressor.
Doença relacionada com o trabalho	Agravamento ou evolução de uma patologia, eventualmente pré-existente, como resultado do trabalho efectuado.
Educação	Processo global de aquisição e consolidação de hábitos, conceitos, conhecimentos, experiências e atitudes, desenvolvido ao longo de toda a vida de um indivíduo.

Designação	Definição
Efeito	Resultado ou consequência de uma ocorrência (real ou potencial). Pode ser um dano, um desenvolvimento não desejado do processo técnico ou uma sequência alternativa de desvio.
Eficácia	Capacidade de um componente, uma barreira, uma tarefa ou outro elemento do processo produtivo conseguir os resultados ou cumprir as funções para que foi desenhado. Normalmente expressa numa escala qualitativa/descritiva.
Eficiência	“Reliability”. Medida da eficácia. Pode ser valorada. Relação benefício/custo.
EML	“ <i>Estimated Maximum Loss</i> ” ou Perda Máxima Estimada é aquela que pode ser encarada, a partir das circunstâncias consideradas, como resultado de um risco simples considerado com uma probabilidade normal, tendo em conta todos os fatores que possam aumentar ou reduzir a perda mas excluindo coincidências ou situações de catástrofe que são possíveis mas pouco prováveis <sup>28</sup> .
Fator de risco	Num sentido genérico: componente do processo produtivo que corresponde a um perigo presente e, quando associado a uma condição de trabalho, a um risco identificável e, eventualmente, mensurável.
Fatores de formação do risco	Numa aceção específica: qualquer um dos fatores (ou parcelas) $f_i$ que contribuem para a definição do risco nas fórmulas: $R = \prod_{i=1}^n f_i \quad R = \sum_{i=1}^n f_i$
Formação	Aquisição, consolidação e integração de conhecimentos, de experiências e de resultados de pesquisa ou investigação.
Gestão de riscos	Designação genérica da área de gestão cujo objectivo é a minimização dos riscos. Processo sequencial e recorrente de tratamento de situações onde possam ocorrer riscos.
Higiene no trabalho	Ramo de aplicação do controlo dos riscos que se refere aos meios de prevenção e de protecção de situações passíveis de originar doenças profissionais ou doenças relacionadas com o trabalho.
Incidente	Ocorrência não planeada, não controlada e não desejada que interrompe uma actividade ou função, provocando danos materiais e/ou ambientais.
Informação	Transmissão de dados e/ou conhecimentos com o objectivo de alertar para uma determinada situação.

<sup>28</sup> “*The Estimated Maximum Loss is that which could reasonably be sustained from the contingencies under consideration, as a result of a single incident considered to be within the realms of probability taking into account all factors likely to increase or lessen the extent of the loss, but excluding such coincidences and catastrophes which may be possible but remain unlikely*” – Comité Européen d’Assurances (CEA), Recommendations, Paris 8-9 Jun 2000.

Designação	Definição
Medidas correctivas	Conjunto de medidas de prevenção, de protecção ou outras, definidas como necessárias para controlar um risco.
Medidas de segurança	Equivalente a “Medidas correctivas”.
MPL	" <i>Maximum Possible Loss</i> " ou Perda Máxima Possível é a que pode ocorrer quando as circunstâncias mais desfavoráveis podem ser, mais ou menos, excecionalmente combinadas de forma a que o fogo só é sustido por obstáculos inultrapassáveis ou por total carência de combustível <sup>29</sup> .
Nível de significância	Numa análise em árvore lógica de uma ocorrência, há elementos que se podem considerar antecedentes imediatos da referida ocorrência (1º nível de significância). Mas estes elementos são consequência de outros antecedentes que, por sua vez, resultam de outros, desenvolvendo-se, assim, um esquema em árvore, onde podem ser identificados diversos níveis.
Ocorrência profissional danosa	Designação que engloba os acidentes de trabalho, os incidentes, os quase-acidentes, as doenças profissionais e as doenças relacionadas com o trabalho.
Operação técnica	Cada uma das fases que constituem, numa sequência linear ou não, um processo técnico.
Perigo	Propriedade intrínseca de uma substância, máquina, tarefa, pessoa, que poderá ocasionar danos – Conceito absoluto.
PML	" <i>Probable Maximum Loss</i> " ou Perda Máxima Provável é a que tem em conta a perda máxima que provavelmente ocorrerá na sequência de um sinistro em condições normais de laboração, sem considerar circunstâncias de carácter extraordinário cuja probabilidade de ocorrência seja reduzida <sup>30</sup> .
Ponto crítico	Um ponto vulnerável (recetor) influenciado por um ponto perigoso (iniciador ou desencadeador).
Ponto perigoso	Uma situação, um local, uma pessoa, uma tarefa, um cargo ou outro elemento da empresa ligado ao seu património e/ou actividade capaz, por si só ou conjugado com outros, de engendrar um acontecimento indesejável ou um sinistro
Ponto vulnerável	Ponto essencial para o processo produtivo, cuja destruição ou disfunção acarretará como consequência final, se não remediada, a cessação ou a grave alteração da actividade da empresa.
Precaução	Atitude perante o risco remanescente que permite, mesmo em situações controladas, reagir, de uma forma consciente, ao risco controlado mas possível.

<sup>29</sup> "*The Maximum Possible Loss is that which may occur when, the most unfavourable circumstances being more or less exceptionally combined, the fire is only stopped by impassable obstacles or lack of substance*" – Comité Européen d'Assurances (CEA), Recommendations, Paris 8-9 Jun 2000.

<sup>30</sup> Definição (distinta da de MPL e de EML) utilizada em muitos regulamentos, apólices e em contratos de resseguro, em particular na União Europeia. Esta definição, no entanto, não obteve o consenso do CEA.

Designação	Definição
Prejuízo	Quantificação (não necessariamente em unidades monetárias) dos danos.
Prevenção	Minimização da probabilidade de ocorrência de uma situação de risco ou de um sinistro.
Previsão	Antecipação da eventual ocorrência de um acontecimento.
Processo produtivo	Conceito sistémico de um conjunto de actividades planeado e organizado com o objectivo de fornecer à comunidade (ao “mercado”) um bem ou um serviço considerado necessário.
Processo técnico	Sequência (não necessariamente linear) de operações, caracterizada pela existência de um objectivo, que esquematiza o modo como o atingir a partir de um “input”.
Proteção	Redução das consequências possíveis de uma situação de sinistro.
Proteção colectiva	Técnicas, equipamentos ou sistemas destinados a reduzir consequências de acidentes ou de doenças profissionais cujo efeito se faz sentir sobre o conjunto dos trabalhadores expostos.
Proteção individual	Técnicas, equipamentos ou sistemas destinados a reduzir consequências de acidentes ou de doenças profissionais que são aplicados a um trabalhador em particular.
Quase-acidente	Ocorrência não planeada, não controlada e não desejada que interrompe uma actividade ou função, não provocando lesões a pessoas nem danos materiais nem ambientais, mas que poderia ter provocado caso as circunstâncias fossem diferentes.
Risco	Probabilidade de ocorrência de uma situação passível de provocar um dano – Conceito relativo.
Risco assumível	Risco que, face às condições tecnológicas, económicas ou políticas, se considera poder ser assumido pela organização onde ocorre. Muitas vezes referido (de uma forma, por princípio, incorrecta) como risco aceitável.
Risco remanescente	Risco que não foi possível controlar, correspondente à probabilidade de ocorrência e ao dano expectável após a aplicação de todas as medidas correctivas viáveis em determinado momento.
Saúde no trabalho	Ramo de aplicação do controlo dos riscos que se refere aos meios de manutenção e/ou recuperação de um estado de saúde, tendo em conta as agressões resultantes do trabalho.
Segurança no trabalho	Ramo de aplicação do controlo dos riscos que se refere aos meios de prevenção e de protecção de situações passíveis de originar acidentes de trabalho.
Sensibilidade ao dano	Vulnerabilidade do processo no que respeita à sua resiliência face a uma anomalia.
Sensibilização	Transmissão de dados e/ou conhecimentos com o objectivo de alterar atitudes e/ou comportamentos.
Sinistro	Qualquer ocorrência súbita da qual resulte um dano: acidente ou incidente.
Sistema	Conjunto de subsistemas interrelacionados e interdependentes que, de uma forma integrada, contribuem para a prossecução de um objectivo definido.
Situação de risco	Acontecimento potencial que pode vir a tornar-se numa ocorrência profissional danosa.



Designação	Definição
Subsistema homem-ambiente profissional	Relacionamento biunívoco entre o homem (trabalhador) e a prestação do trabalho (competências, motivação, formação profissional).
Subsistema homem-ambiente social	Relacionamento biunívoco entre o homem (cidadão) e a sua forma de inserção no trabalho e na comunidade.
Subsistema homem-máquina	Relacionamento biunívoco entre o homem (actor/decisor) e os elementos (materiais ou imateriais) cujo processamento controla.
Subsistema homem-máquina-ambiente de trabalho	Relacionamento biunívoco entre o homem (trabalhador) e o meio ambiente (físico, químico, biológico e/ou psicológico) no qual realiza o seu trabalho.
Valoração	Atribuição de um valor numérico absoluto, relativo ou correspondente a um nível. Avaliação quantitativa.
Valorização	Atribuição de uma característica ou de um tipo que pode levar, eventualmente, a uma seriação. Avaliação qualitativa.

Tabela [1] – Definições de termos

Os termos e conceitos mais abrangentes e essenciais ao desenvolvimento do estudo serão, oportunamente, definidos com mais pormenor.

## 3.2. DEFINIÇÕES

### 3.2.1. Conceitos básicos

#### 3.2.1.1. Acontecimento

A noção de acontecimento<sup>31</sup> pode ser entendida segundo duas vertentes:

- Como um conceito ligado ao modelo escolhido para representar o processo produtivo;
- Como o elemento central de uma representação “*bow tie*”, analisado numa perspectiva de gestão de riscos.

#### Modelo do processo técnico

Aplicando, com as necessárias adaptações, o modelo proposto por E. Quinot e D. Moyen, 1980, pode encontrar-se um enquadramento para definir o conceito de acontecimento no âmbito do desenvolvimento de um processo técnico.

---

<sup>31</sup> Também se utiliza, com frequência, o termo “evento”.

Quando se analisa um processo, considera-se um **acontecimento**, num sentido lato, qualquer uma das operações elementares (ou mais concretamente, das etapas que integram uma operação **q** e uma decisão **s**) que constituem esse processo.

Então, esta noção de acontecimento – entendida em termos globais – aplica-se àqueles que estão na origem da sequência entendida como *normal* do processo [ $\epsilon_{\text{normal}} \{q_0 \rightarrow q_f\}$ ], na das possíveis sequências *alternativas* resultantes de um desvio [ $\epsilon_{\text{correção}}; \epsilon_{\text{alarme}}; \epsilon_{\text{desvio}}$ ] e na das sequências que podem vir a resultar (ou resultaram) em acidente [ $\epsilon_{\text{falha}}$ ].

Este conjunto de sequências pode ser esquematizado da forma representada na figura [11]. Isto significa que se podem considerar *acontecimentos normais*, *acontecimentos de desvio* (ou, simplesmente, *desvios*), *acontecimentos de falha* (ou acontecimentos *críticos*) e, até, *acontecimentos* que se traduzem no desencadear de uma sequência de *alarme*<sup>32</sup>.

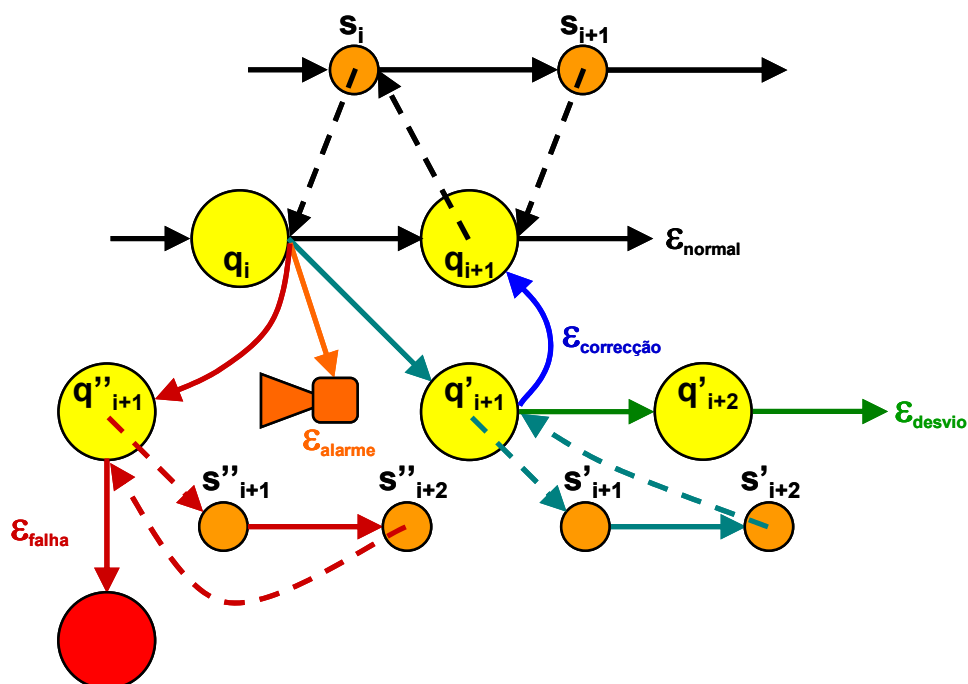


Figura [11] – Processo técnico – sequências possíveis

<sup>32</sup> Este tema será tratado com mais detalhe no ponto 5.2.2.2..

Assim, qualquer acontecimento que não o normal ou expectável<sup>33</sup> levará ao desenvolvimento de sequências alternativas (ver figura [12]).

- Se tais sequências – *sequências de desvio* ( $\epsilon_{\text{desvio}}$ ) – não forem de correcção, conduzirão o processo a um fim diferente do que seria expectável, o que resulta, necessariamente, em consequências que correspondem a um determinado dano.

Como se reserva a designação de *sequência de falha* para a situação que está na origem de uma ocorrência profissional danosa (em particular, um **acidente**), considera-se que, neste caso, as consequências serão essencialmente materiais e económicas, ou seja, que poderão ser definidas como um **incidente** ou um **quase-acidente**.

- Uma *sequência de falha* ( $\epsilon_{\text{falha}}$ ) conduzirá, por definição, a um **acidente**, isto é, a uma situação ou ocorrência danosa, com lesões de origem aguda nas pessoas envolvidas.
- Uma *sequência de alarme* ( $\epsilon_{\text{alarme}}$ ) implica uma consequente actuação – seja ela humana ou automática – com o objectivo de corrigir a anomalia verificada no processo.

Esta actuação pode ser bem ou mal sucedida o que leva a considerar como sua consequência, quer a normalização do processo, quer um incidente, quer, mesmo, um acidente.

- Uma *sequência de correcção* ( $\epsilon_{\text{correcção}}$ ) não conduz, necessariamente, à normalização, pura e simples, do processo. Corresponde a uma recuperação da sequência normal, eventualmente com algum dano, embora não muito significativo.

Pode definir-se um quase-acidente como o resultado de uma sequência de correcção que, permitindo eliminar danos (nas pessoas e/ou nos bens materiais), não evitou a quebra pontual (embora com a eventual retoma) da evolução expectável do processo produtivo.

---

<sup>33</sup> Ou seja, a ocorrência de qualquer *anomalia* que altere a intenção de operação.

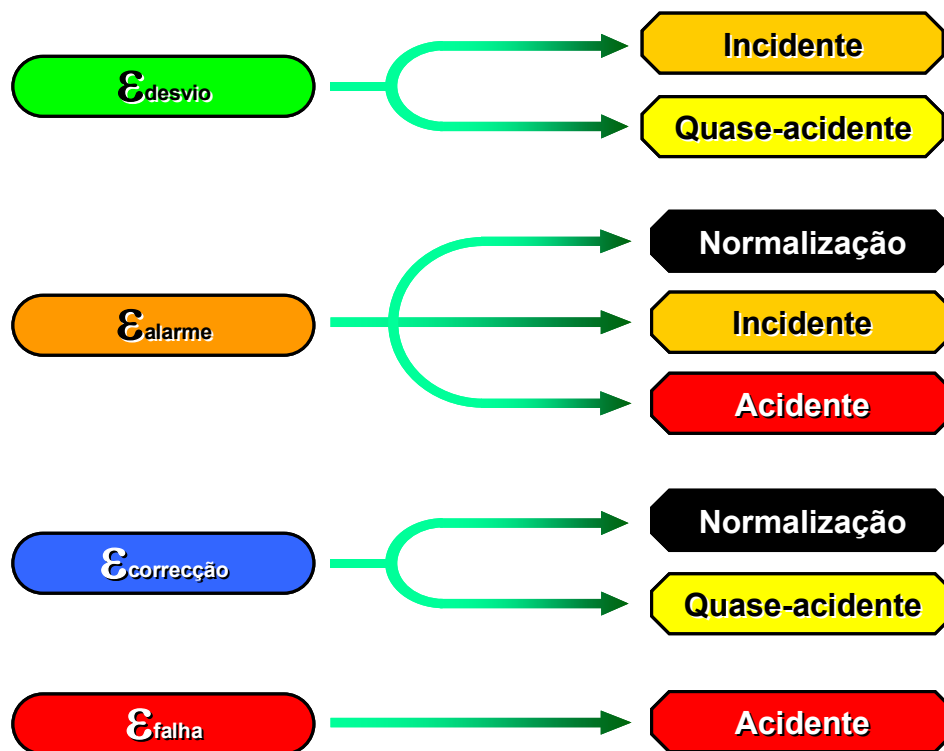


Figura [12] – Consequências de sequências alternativas

Resumindo, uma anomalia num processo técnico (entendido de uma forma abrangente) pode ter consequências diversas:

- Conduzir a uma *sequência de desvio*, resultando em danos essencialmente económicos e operacionais – interrupção do processo, perda de qualidade dos produtos, redução da produtividade, necessidade de intervenção de sub-sistemas de manutenção, quebra de “stocks”, atraso nos prazos de entrega, deterioração de imagem, etc. – ou seja, a incidentes, mas podendo, por vezes, levar a um acidente controlado ou, mais precisamente, a um quase-acidente.
- Desencadear uma *sequência de alarme*. Esta sequência pode vir a ter diferentes seguimentos:
  - Levar a uma actuação humana, que pode ou não ser bem sucedida. O resultado será, respetivamente, uma *sequência de correcção* ou uma *sequência de desvio* (ou de falha).
  - Iniciar uma *sequência de correcção* automática, que se concretizará com uma probabilidade que reflecte a fiabilidade do(s) automatismo(s).

- Não ter sequência, por ausência de acções (humanas ou automáticas), levando o processo a uma *situação de falha*.
- Introduzir uma *sequência de correcção* (normalmente, mas não necessariamente, automática) cujo resultado procurado é a normalização do processo. No entanto, as acções correctivas podem não ser suficientes para evitar uma ocorrência, embora contribuam para lhe reduzir as consequências, dando origem ao que se designa por um quase-acidente.
- Evoluir directamente para uma *sequência de falha* e, conseqüentemente, para um acidente.

O esquema anteriormente exposto deixa de fora os conceitos de **doença profissional** e de **doença relacionada com o trabalho**. Ou seja, verifica-se que o modelo utilizado para explicar o processo técnico não responde a estes tipos de situação.

Torna-se, portanto, necessário alargá-lo de forma a englobar não apenas o subsistema homem-máquina mas também outros subsistemas mais abrangentes, de forma a ter também em conta, por um lado o subsistema ambiente de trabalho – com todas as suas condicionantes físicas, químicas e biológicas – e, por outro, os subsistemas que ultrapassam o âmbito da empresa e que representam constrangimentos de saúde, familiares, económicos, ambientais ou outros.

Para ter em conta um sistema alargado, podem ser consideradas duas abordagens:

- Analisar o sistema ao nível da anomalia, considerando também, do lado das causas (do lado “esquerdo” de uma representação “*bow tie*”) os *antecedentes* organizacionais, económicos, psicossociais e de saúde e, do lado dos efeitos, as *consequências* – no indivíduo, na empresa, na comunidade – de tipo económico, social e psicológico dos desvios resultantes da anomalia estudada.
- Considerar que a fase de decisão, em cada etapa, está, ela própria, condicionada por fatores abrangentes e não apenas pelo grau de competência técnica na condução da tarefa<sup>34</sup> e que, portanto, pode estar na origem de

---

<sup>34</sup> O que inclui, entre outros aspectos, o real conhecimento dos procedimentos adequados, a destreza física necessária para os realizar, o grau de atenção/concentração necessário, a correcta utilização das ferramentas, o uso dos equipamentos

anomalias derivadas de causas tipo  $C_e^s$  ou  $C_t^s$  com origem em subsistemas envolventes.

Estas duas abordagens, sendo metodologicamente diferentes, podem, quanto a resultados, ser consideradas complementares.

De facto, não é indiferente estudar uma anomalia (potencial ou real) e, desse estudo, derivar a caracterização das causas que a condicionam<sup>35</sup> ou analisar uma decisão (como fase de uma etapa do processo) e daí concluir da sua adequabilidade ao prosseguimento de  $\varepsilon_{normal}$  ou, pelo contrário, da sua contribuição para o desenvolvimento de uma sequência alternativa. Isto no que respeita ao chamado “erro humano”, dado que causas do tipo  $C_e^q$  e  $C_t^q$  estarão mais ligadas ao “erro técnico”.

O modelo proposto para o desenvolvimento do processo técnico permite analisá-lo segundo duas vertentes principais:

Sob um ponto de vista **proativo** (também referido na literatura relacionada como método “*a priori*”), pode encarar-se o modelo como uma ferramenta para identificar possíveis anomalias e, conseqüentemente, avaliar das suas eventuais conseqüências.

Trata-se de uma abordagem prévia, isto é, que estuda a probabilidade do acidente, incidente, quase-acidente ou doença profissional, associando-a ao dano que, no caso de ocorrer, essa situação venha a provocar.

Ou seja, encara-se o sistema como uma possível fonte de **situações de risco**, não necessariamente verificadas mas possíveis, cujo estudo permitirá planear acções de controlo eficazes.

- Se o sistema for analisado sob um ponto de vista **retroativo** (ou seja, “*a posteriori*”), o objecto será a real ocorrência de um *acidente*, de um *quase-acidente*, de um *incidente*, de uma *doença profissional* ou de uma *doença relacionada com o trabalho*.

---

de protecção colectiva e individual disponíveis e, naturalmente, a existência de normas e/ou de regras operacionais.

<sup>35</sup> Entendendo-as de uma forma abrangente e procurando-as nos subsistemas alargados que incluem o subsistema **homem-máquina**.

Neste caso, há que determinar quais as causas que, de facto, contribuíram para essa ocorrência e quais os danos realmente provocados.

Designar-se-á, genericamente, por **ocorrência profissional danosa** o conjunto dos casos anteriormente enunciados.

### Situação de risco

Considera-se estar perante uma **situação de risco** sempre que se deteta uma eventualidade de anomalia no processo, resultante de causas presentes – reais ou latentes – cuja conjugação no espaço e no tempo é uma possibilidade – mas que não se verificou – e que, a ocorrer, terá consequências expectáveis que podem ser determinadas.

Numa representação do tipo “*bow tie*”, a situação de risco será, então, o ponto central entre *causas possíveis* e *consequências expectáveis*.

E, naturalmente, os métodos de avaliação são específicos de tais circunstâncias, como se indica na figura [13].

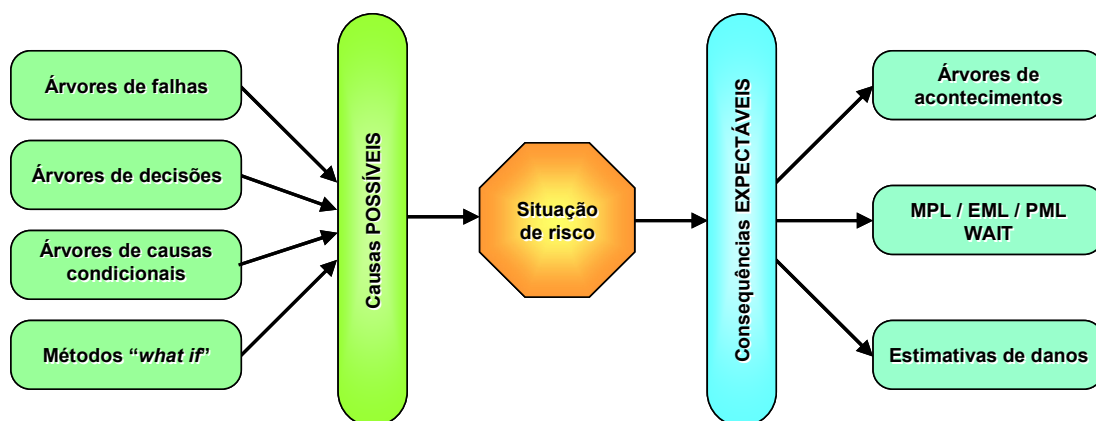


Figura [13] – Situação de risco

A identificação das possíveis causas de tal situação resultará da aplicação de métodos e de técnicas, essencialmente, mas não necessariamente, indutivas, realçando-se as árvores de falhas e os métodos do tipo “*what if*”.

É viável a utilização de árvores de causas condicionais e de árvores de decisões com nós de opção, isto é, técnicas que permitem a procura e identificação dos possíveis eventos que poderão estar na origem da situação de risco em estudo.

Para analisar – e avaliar – as consequências expectáveis relacionadas com uma situação de risco, é comum recorrer, para além das análises de modelos, a técnicas de árvores de efeitos, em particular às árvores de acontecimentos proactivas, sempre que se procura estimar os possíveis resultados indesejados, para o processo produtivo<sup>36</sup>.

Algumas técnicas específicas – cálculo de perdas máximas ou a aplicação do método WAIT (“*Work Accidents Investigation Technique*”) – permitem calcular prejuízos ou custos.

A utilização de estimativas de danos previsíveis, quer em termos materiais, quer em termos humanos, permite avaliações de consequências pertinentes.

### Ocorrência profissional danosa

Se o evento se tornar real, ou seja, se o acidente, o incidente ou o quase-acidente acontecer, ou se se diagnosticar uma doença classificável como profissional ou relacionada com o trabalho, o seu estudo terá, naturalmente, um diferente contorno (ver figura [14]).

Agora as causas correspondem a factos concretos e detetáveis – o que significa que a sua probabilidade de ocorrência foi igual a **um** – e as consequências são mensuráveis, porque efectivamente verificadas.

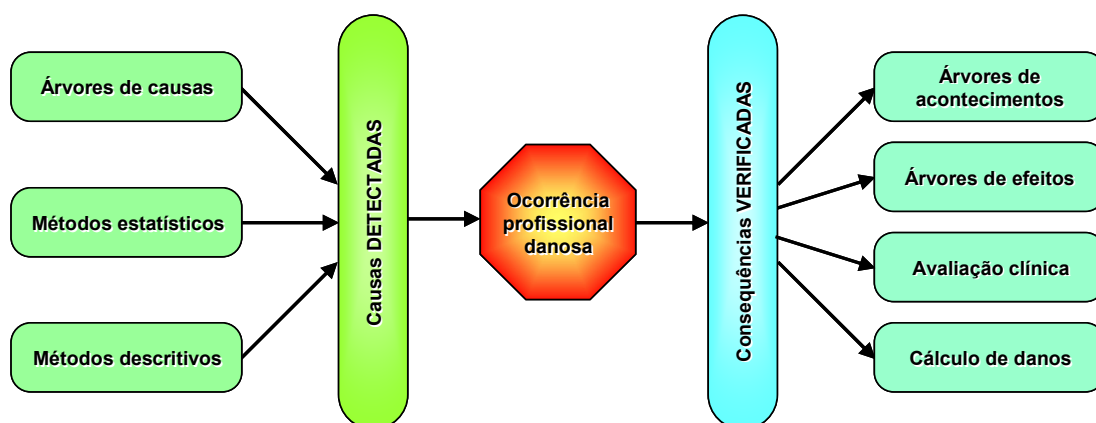


Figura [14] – Ocorrência profissional danosa

<sup>36</sup> Resultados que, obviamente, se referem a lesões, perdas materiais ou patrimoniais, danos para o ambiente e consequências psíquicas e sociais.



Assim, utilizando o mesmo tipo de abordagem (“*bow tie*”), uma ocorrência profissional danosa representar-se-á entre as causas detetadas e as consequências verificadas.

As árvores de causas deterministas são as técnicas mais adequadas à caracterização deste tipo de eventos.

Os métodos de base estatística são, também, essenciais para a determinação e tipificação de causas de ocorrências reais pois, embora por si só não permitam esta avaliação em casos pontuais e concretos, orientam o estudo aquando da aplicação de uma árvore de causas.

Naturalmente que as descrições dos processos – organizacionais, funcionais e perceptuais – contribuem para a base de conhecimentos essencial à eficaz aplicação do método.

É, nomeadamente, o caso das técnicas de Análise de Incidentes Críticos (“*Incident Recall*”), nas quais a participação activa dos trabalhadores – como principais intervenientes no processo – é essencial (Oliveira, 2001).

Do lado das consequências, também aqui as árvores de acontecimentos (desta vez, retroactivas) serão técnicas a utilizar, bem como outros tipos de árvores de efeitos.

Também, como se está a estudar o que, de facto, aconteceu, a avaliação clínica<sup>37</sup> no caso de lesões (por acidente de trabalho ou devidas a doença profissional) e/ou as avaliações de danos e perdas, no que diz respeito às consequências materiais, económicas, sociais ou ambientais, são métodos utilizáveis.

### 3.2.1.2. Causas

Procurando nalguns dicionários, podem encontrar-se várias definições (linguísticas) do termo “**causa**”:

---

<sup>37</sup> Incluindo o eventual aparecimento de sequelas e/ou de agravamentos de estados patológicos pré-existentes.

- **causa**, s. f. **1.** Aquilo que determina ou pode determinar a existência de algo ou de um acontecimento. (...) **2.** Antecedente constante de um fenómeno; o que provoca necessariamente e constantemente um mesmo efeito. (...)

Academia das Ciências de Lisboa, Dicionário da Língua Portuguesa Contemporânea, 2001.

- **causa**, s. f. O agente dotado de força própria *ou* que a comunica e que produz algum efeito || Origem, razão, motivo || (...) || Facto, acontecimento (...)

José Pedro Machado, Grande Dicionário da Língua Portuguesa, 1991.

- **causa**, s. do lat. *causa* (...)

José Pedro Machado, Dicionário Etimológico da Língua Portuguesa, 1990.

- **causa**, (del lat. *causa* y este calco del gr. αἰτία). **1. f.** Aquello que se considera como fundamento u origen de algo. **2. f.** Motivo o razón para obrar. (...)

Real Academia Española, Diccionario de la Lengua Española (consulta internet)

- **cause**, n. f. Ce qui fait qu'une chose existe; origine; principe. (...)

Petit Larousse (consulta internet)

- **cause**, n. **1** A person or thing that produces an effect. (...)

Compact Oxford English Dictionary (consulta internet)

No âmbito da Higiene, Segurança e Saúde no Trabalho, quando se fala em doenças profissionais, em doenças relacionadas com o trabalho, em acidentes de trabalho, em incidentes ou em quase-acidentes, ou melhor dizendo, em ocorrências profissionais danosas, tal significa, sempre, o estabelecimento de uma relação de causalidade, que aliás está patente nas definições “de dicionário”.

Assim, várias causas, em determinadas condições espacio-temporais, podem estar na origem de diversos efeitos.

- Quando se produz (realmente) ou se pode produzir (potencialmente) um conjunto de efeitos, haverá sempre diversas causas que contribuem, no imediato, para essa ocorrência.

Mas essas causas são, elas próprias, consequência de outras que, por sua vez, têm como antecedentes outras causas.

- Ou seja, a causalidade de uma ocorrência (real ou potencial) desenvolve-se em árvore, estratificada por níveis de significância (árvore de causas).

- Por outro lado, uma ocorrência nunca tem um efeito único, singular e isolado.

Poderá ser caracterizada por um efeito particularmente nocivo, ou por um efeito mais visível, mas, de facto, há sempre um conjunto de efeitos colaterais, mais ou menos significativos mas nunca inexistentes.

Para encontrar uma definição do conceito de causa no âmbito da Higiene, Segurança e Saúde no Trabalho há, portanto, que abordar os dois aspetos que a condicionam:

- A presença de um **fator de risco**, ou seja, de uma característica intrínseca dos produtos ou substâncias utilizados, das máquinas com que se trabalha, das condições ambientais da envolvente próxima, da organização do trabalho, das tarefas realizadas, do estado de saúde do(s) operador(es), das condições psicológicas, sociais e económicas que contribuem para a definição da envolvente global, entre outras.
- As **condições espaciais e temporais**, que são próprias e características do processo produtivo e que potenciam a ocorrência de um evento danoso.

Torna-se, portanto, fundamental analisar com mais pormenor estes dois elementos condicionantes daquilo que se venha a entender por “causa” de uma situação de risco.

## Perigos

A concretização do primeiro dos aspetos anteriormente referidos corresponde ao conceito de perigo.

Pode, assim, definir-se **PERIGO** como uma *característica que está (sempre) presente no sistema homem-máquina-ambiente de trabalho-envolvente que, pela sua existência, pode vir a provocar danos (nas pessoas, nos bens materiais e/ou no meio ambiente) caso se verifiquem certas condições.*

Esta definição implica que o perigo seja considerado como um **elemento potenciador** que está presente em qualquer processo produtivo.

Uma máquina é perigosa porque possui órgãos mecânicos em movimento, peças a diferentes temperaturas, pontos com diferenças de potencial eléctrico;

Uma instalação é perigosa porque é uma fonte de ruído, de vibração, de libertação de calor;

Um produto ou uma substância química é perigoso porque os seus efeitos no organismo, se nele penetrar, são potencialmente causadores de lesões ou de patologias que reduzem o grau de saúde do indivíduo;

Uma construção é perigosa porque potencia quedas em altura e/ou ao mesmo nível;

Um veículo é perigoso porque pode estar na origem de atropelamentos ou de choques com objectos;

Um local de trabalho confinado é perigoso porque a atmosfera pode conter tóxicos, ter deficiência de oxigénio ou ser inflamável ou explosiva;

Uma operação é perigosa porque obriga a posturas corporais exigentes, a decisões rápidas e nem sempre rotineiras, à exposição a radiações ionizantes ou não ionizantes, ao contacto com agentes agressores químicos e/ou biológicos;

Uma tarefa é perigosa porque implica ritmos de trabalho inadequados, exposição às intempéries, vivência de situações traumatizantes de “stress” físico e psicológico;

Um posto de trabalho é perigoso porque origina situações de conflito a diferentes níveis hierárquicos, competição institucional, insatisfação profissional, económica e moral, falta de motivação;

Uma organização é perigosa porque permite o assédio profissional, moral, ou sexual, exige lealdade e contenção muitas vezes sem contrapartida, coarctar a esperada progressão na carreira, desvaloriza as propostas espontâneas de soluções para problemas detetados;

Uma comunidade é perigosa porque exige de cada um dos seus membros um determinado tipo de comportamento, por vezes bem difícil de conjugar com outros fatores resultantes da sua actividade no processo produtivo;

Uma comunidade é perigosa porque, ao estabelecer um conjunto de direitos/deveres, não tem, muitas vezes, em conta a dimensão ética e deontológica da relação profissional, cívica e/ou política.

Um indivíduo é perigoso porque tem deficiências de formação profissional, de competências para o trabalho a realizar, de capacidade física para fazer face às exigências da tarefa;

Um indivíduo é perigoso porque, fisicamente ou psicologicamente pode não estar (pelo menos pontualmente) sintonizado com os seus deveres profissionais ou humanos, seja por preocupações, por problemas familiares ou comunitários, por fadiga, por doença, pelo consumo de medicamentos, de álcool ou de drogas.

O facto de existir (sempre) um conjunto de perigos, não significa, por si só, a verificação de ocorrências profissionais danosas, ou mesmo, de situações de risco.

Poder-se-á dizer, assim, que *o perigo é uma condição necessária mas não suficiente para a definição das causas* de tais ocorrências.

## Condições de Trabalho

O segundo aspeto anteriormente identificado é correspondente à noção de **acontecimento** ou **evento**, isto é, a concorrência, no espaço e no tempo, de determinadas *condições* que reforçam a possibilidade da concretização do fator *perigo* num *risco* (ou melhor, numa *situação de risco*).

Poder-se-á, então, definir o conceito de **CONDIÇÃO DE TRABALHO** como *um conjunto de circunstâncias, ligadas às tarefas realizadas, que permitem que um perigo (elemento potenciador) se venha a traduzir numa ocorrência profissional danosa (circunstância real) – isto é, num acidente, num incidente ou numa doença profissional – ou numa situação de risco (circunstância possível)*. Ou seja, é um **elemento de realização**.

Considera-se que as condições de trabalho derivam, no essencial, de condicionantes próprias do processo produtivo, entendido num contexto alargado e sistémico.

Assim, analisando as condições de trabalho sob este ponto de vista, pode verificar-se que, na presença de um perigo, uma ocorrência danosa ou a existência de uma situação de risco depende, necessariamente, da conjugação espacio-temporal de um conjunto de circunstâncias que são dela condicionantes.

No fundo, corresponde à existência, disponibilidade, eficácia e fiabilidade de barreiras de segurança (no caso em análise, de barreiras de prevenção).

Seja ao nível do posto de trabalho, seja ao nível da supervisão, seja ao nível da gestão ou seja, ainda, ao nível da estratégia, a relação do elemento homem com as suas diversas envolventes está condicionada por um conjunto de interfaces – que caracterizam, de certo modo, a(s) tarefa(s) que realiza, as funções que desempenha ou o papel que, no fundo, lhe é atribuído, na sequência do processo produtivo – cujo “funcionamento” condiciona a possibilidade de um perigo (existente) se poder transformar em causa de uma situação de risco.

Esta constatação significa que, por si só, a existência de um perigo não é condição suficiente – embora seja condição necessária – para que se detecte uma causa.

É fundamental a verificação de condições que possibilitem a manifestação desse perigo.

Essas condições estão relacionadas com aspetos tão diversos como a conceção e o desenho das máquinas utilizadas, a presença de agentes agressores (e os meios existentes para o seu controlo), as condições ergonómicas do posto de trabalho, a formação profissional dos operadores, o ambiente social do trabalho (motivação, política salarial, incentivos), a estratégia empresarial, em termos de gestão global e de competitividade, o relacionamento familiar ou a inserção na comunidade e, mesmo, a conjuntura político-económica

### **Conceito de causa**

*Par [perigo/condição de trabalho]*

Entendendo *causa* como algo que contribui, necessariamente, para que um *evento* ou *acontecimento* possa estar na origem de um *efeito*<sup>38</sup>, a sua existência – e actividade – depende do facto de estarem presentes, no processo produtivo, **perigos (Pr)** que, em função das **condições de trabalho** reais (**Ct**), se podem revelar como elementos potenciadores de uma situação de risco.

Como se disse, os *perigos* e as *condições de trabalho*, por si só, serão sempre elementos necessários mas não suficientes para a definição da noção de causa. Deste modo, o conceito de causa estará ligado a um par **[perigo/condição de trabalho]**. Porque é a *presença* do primeiro elemento *ao mesmo tempo que a concretização* do segundo que estará na origem dos efeitos (verificados ou eventuais) de uma ocorrência ou de uma situação passível de provocar danos.

Ou seja, pode definir-se *causa* como a *concorrência, no espaço e no tempo, de um elemento potenciador – o perigo – e de um elemento propiciador – a condição de trabalho*. Dito de outra forma, *perigo* e *condições de trabalho* relacionam-se com uma *causa* através de uma porta lógica **{E}**.

Entender e estudar a *causa* como um par [perigo/condição de trabalho] implica a necessidade de analisar sistemicamente o processo produtivo, tendo como objecti-

---

<sup>38</sup> Causa/efeito entre dois níveis consecutivos de significância, integrados numa árvore lógica.

vo a identificação de todas as possíveis combinações destes dois elementos<sup>39</sup>, o que obriga a um conhecimento suficientemente aprofundado da forma como ele se desenvolve.

Este conceito de causa – como um par de condicionantes – permite tipificá-la, isto é, dar o primeiro passo para a sua caracterização.

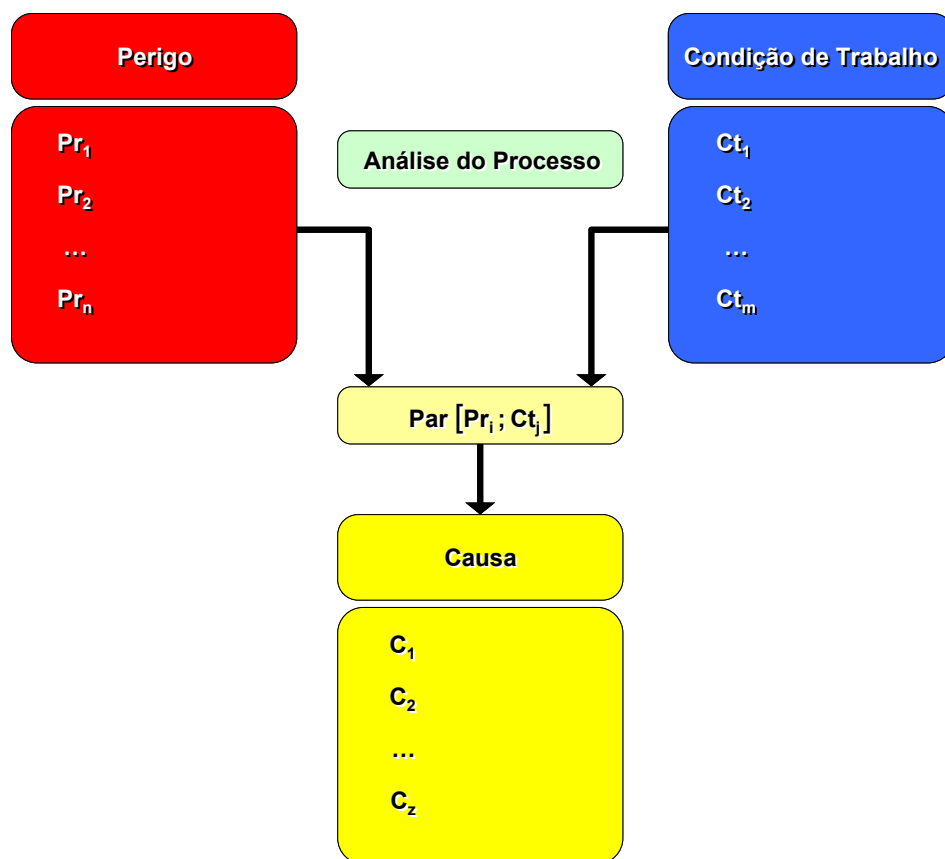


Figura [15] – Causa: par [**Pr** ; **Ct**]

Na tabela [2] a seguir apresentam-se alguns exemplos de pares [perigo/condição de trabalho]:

<sup>39</sup> É óbvio que o termo “todas” deve ser entendido num contexto realista. Uma análise, por mais exaustiva que fosse, nunca poderia levar ao conhecimento completo das causas possíveis, até porque os dados disponíveis, a complexidade do processo produtivo, os fatores humanos (difícilmente quantificáveis) e mesmo o conhecimento científico e tecnológico (o “estado da arte”) o tornariam inviável.

Tipo de causa	Par característico		Exemplo		
	Pr	Ct	Pr <sub>i</sub>	Ct <sub>j</sub>	Descrição da causa
Material	Fator de risco material	Condição de insegurança	Resguardo da tupa inexistente	Trabalho sem guia	Contacto da ferramenta de corte com a mão
			Base quente do ferro de engomar	Falta de descanso para o ferro	Contacto com um objecto quente
	Processo inseguro	"Lay out" inadequado	Cruzamento de vias de circulação	Falta de visibilidade	Choques; Atropelamentos
		Controlo inadequado	Falta de indicador de nível	Invisibilidade do interior do tanque	"Overflow"; Derrame
Humana	Fator de risco material	Ato inseguro	Porta de forno quente	Não utilização de luvas	Contacto com um objecto quente
			Materiais facilmente inflamáveis	Falta de formação	Propagação de um incêndio (como causa de outros acidentes)
	Fator de risco humano		Falta de instruções	Falta de formação	Procedimento errado
			Sonolência	Exigência de atenção	Manobra errada
Organizacional	Processo inseguro	Condição de insegurança	Utilização de ácido cianídrico	Possibilidade de fuga em válvula	Fuga de produto tóxico
			Fonte radioactiva	Verificação de soldaduras	Exposição a radiações ionizantes
		Ato inseguro	Nível de ruído elevado	Não utilização de protectores auriculares	Exposição ao ruído
			Organização do trabalho	"lay out" inadequado	Vias de circulação mal definidas
Ergonómica	Fator de risco material	Organização do trabalho	Plano de trabalho demasiado alto	Operador não adequado	Postura inadequada
	Fator de risco humano		Pressão de produção	Ritmo demasiado	Constrangimento (stress)
Ambiental/Ecológica	Agressão ambiental	Vulnerabilidade ecológica	Águas residuais ácidas	Descarga directa para um rio	Poluição ácida
			Edifícios de grande dimensão	Paisagem protegida	Agressão visual



Tipo de causa	Par característico		Exemplo		
	Pr	Ct	Pr <sub>i</sub>	Ct <sub>j</sub>	Descrição da causa
Psicossocial	Fator de risco material	Vulnerabilidade na actuação	Complexidade da instrumentação	Atenção	Erro de interpretação de dados
	Fator de risco humano	Vulnerabilidade na actuação	Relação pessoal ou hierárquica	Trabalho em equipa	Desmotivação
			Doença familiar	Exigência de concentração	Manobra errada
			Alcoolismo	Condução de veículos	Condução perigosa
Social	Enquadramento social	Vulnerabilidade na actuação	Participação na comunidade	Responsabilidades profissionais	Absentismo
			Desemprego familiar	Exigência de concentração	Erro por distração
Natural	Fenómeno da natureza	Vulnerabilidade específica	Cheia	Construção em leito de cheia	Aumento do caudal de uma linha de água
			Sismo	Construção inadequada	Vibrações transmitidas pelo solo
Económica	Fator de risco económico	Vulnerabilidade específica	Baixos salários	Poder de compra	Insatisfação laboral
			Aumento do preço dos combustíveis	Dependência de transporte rodoviário	Dificuldades de gestão
Política	Conjuntura política	Vulnerabilidade específica	Alteração da política fiscal	Incidência no custo da produção	Aumento de imposto sobre as matérias-primas; Aumento do custo de produção
			Variação cambial	Dependência das exportações	Alteração de perspectivas comerciais

Tabela [2] – Causas

A tabela anterior não é, obviamente, exaustiva. No entanto, da sua análise pode concluir-se que:

- A um par **[Pr ; Ct]** corresponde uma causa (tipo e definição);
- Um mesmo perigo pode associar-se a diferentes condições de trabalho, identificando diversas causas;
- Uma mesma condição de trabalho pode associar-se a diferentes perigos, identificando diversas causas;
- O tipo de causa relaciona-se com o tipo de elementos do par que o define;

- Uma causa integra-se, sempre, num subsistema do sistema que enquadra o processo produtivo.

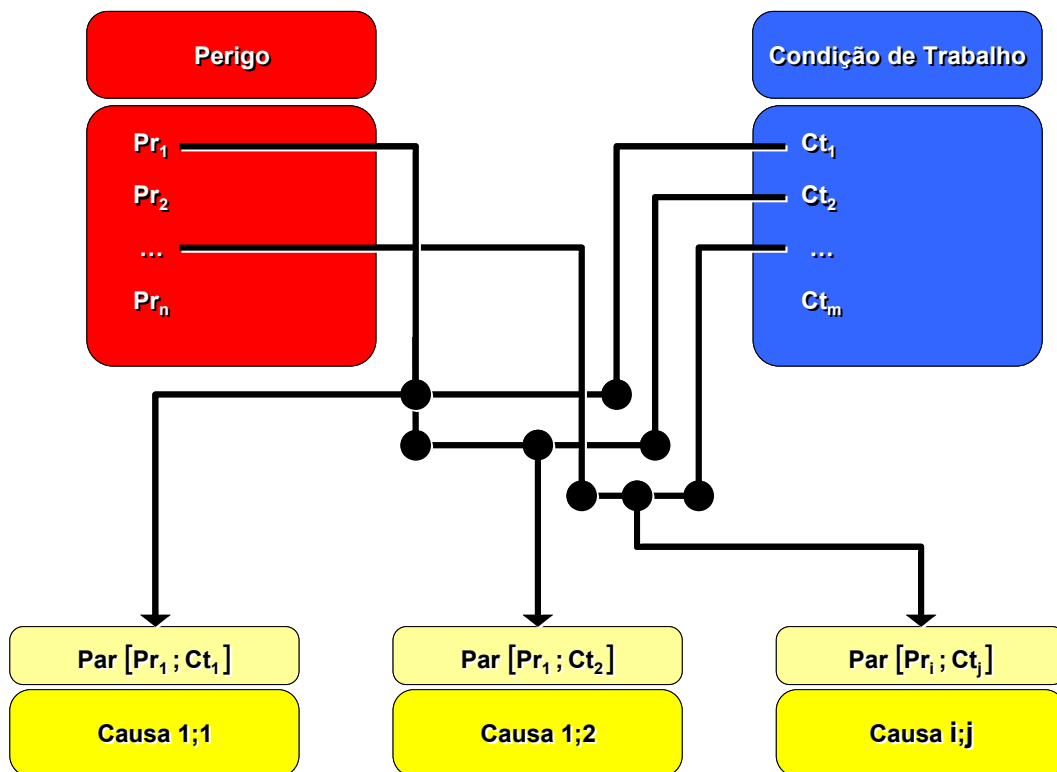


Figura [16] – Tipificação de causas

Isto significa que se pode definir e caracterizar uma causa como *uma correspondência unívoca entre um determinado **perigo** e uma **condição de trabalho** específica*. A questão metodológica que se põe é, assim, a especificação, caso a caso, dos perigos presentes, das condições de trabalho que caracterizam o processo e das formas pelas quais tais elementos se relacionam.

Naturalmente, haverá outras formas de tipificar as causas. Os tipos apresentados anteriormente são, apenas, os mais utilizados no âmbito da Segurança e Saúde no Trabalho. E destes, são as causas materiais, humanas e organizacionais as que mais contribuem – sem excluir os restantes tipos – para os estudos de avaliação de riscos que se realizam na grande maioria das actividades produtivas, onde o grau de aprofundamento não é muito elevado.

Como se verá seguidamente, estes tipos de causas integram, em geral, os primeiros níveis de significância – os mais significativos – numa árvore de causas e contribuem, assim, de uma forma mais direta para a génese de um evento.

Constituem aquilo a que Reese, 2001, chama as causas directas e indirectas das ocorrências profissionais danosas (ou das situações de risco)<sup>40</sup>.

Assim, a identificação de perigos (**Pr**) e a verificação de condições de trabalho (**Ct**) e da sua pertinência numa relação **causa → efeito**, levará à detecção de um conjunto de causas cujos níveis de significância permitirão elaborar uma árvore e dela deduzir a forma como ocorre (ou pode vir a ocorrer) uma situação passível de provocar um dano.

### *Causas activas e causas latentes*

Numa visão sistémica do processo produtivo, o conceito de causa abrange muito mais do que as causas próximas ou as causas detetáveis, em particular quando se está a estudar situações de risco, numa abordagem proactiva.

Nos trabalhos de Reason, 1990 e 2000, é desenvolvido o conceito de causa latente<sup>41</sup>, em contraponto com o de causa activa. Estas noções são, depois, aplicadas a metodologias centradas no estudo do comportamento de barreiras.

Partindo das definições de Reason e tendo em consideração o desenvolvimento das técnicas de análise por árvore de falhas (Favaro e Monteau, 1990), poder-se-á chegar às seguintes especificações:

- **Causa activa** é aquela que corresponde a uma condição necessária mas não suficiente para a verificação de uma situação de risco ou de uma ocorrência profissional danosa.

---

<sup>40</sup> Este autor reserva o termo “causas básicas” (também referidas como “*root causes*”) para causas de níveis de significância superiores. De facto, a caracterização por ele apresentada é a seguinte:

- Causas directas – libertação inesperada de energia e/ou matérias perigosas;
- Causas indirectas – actos inseguros e condições de insegurança;
- Causas básicas – gestão, política de segurança, decisões estratégicas e fatores humanos.

<sup>41</sup> Embora este autor se refira, muito em especial, ao *erro humano*, considerando-o o fator essencial que contribui para a ocorrência de acidentes.

É necessária, porque a situação ou ocorrência não se verificaria na sua ausência, mas pode ser precisa mais do que uma causa – em coincidência espacio-temporal – para que tal aconteça e, portanto, não é suficiente.

Numa árvore de causas, as causas activas convergem em portas lógicas do tipo **{E}** e têm, naturalmente, uma probabilidade  $p_{(CA)} = 1$  se se estiver a desenhar uma árvore retroactiva.

No caso de uma árvore proactiva (ou condicional), a relação lógica é sempre do tipo **{E}** mas a probabilidade será  $0 < p_{(CA)} \leq 1$ .

- Uma **causa latente** só existe quando se analisa uma situação de risco<sup>42</sup>, ou seja, quando a árvore de causas é do tipo proativo. Estas causas correspondem a situações que podem (ou não) contribuir para uma situação de risco.

Segundo Reese, seriam classificadas como causas básicas (embora nem todas as causas básicas sejam causas latentes) e, do ponto de vista lógico, não serão necessárias nem suficientes.

Relativamente a portas de convergência, tanto podem aparecer ligadas a portas **{E}** como a portas **{OU}** e apresentam-se com probabilidades  $0 < p_{(CL)} \leq 1$ .

### *Níveis de significância*

Nas teorias multicausais, a contribuição de cada uma das causas para a situação de risco ou para a ocorrência profissional danosa pode ser entendida de duas formas essencialmente distintas:

- Ou se considera que todas as causas têm um mesmo nível de importância, isto é, que todas convergem numa única porta **{E}** cuja saída é o acidente;
- Ou se entende que há diversos graus de intervenção (ou de “significância”) nessas causas, sendo que cada uma delas pode ser consequência de outras, o que significa que certos acontecimentos são, simultaneamente, efeito e causa.

---

<sup>42</sup> Se se verifica uma ocorrência profissional danosa, as causas eventualmente classificadas como latentes mas que foram significantes passam a ser consideradas como activas, visto que contribuíram, de facto, para tal ocorrência.

É sobre este último conceito que se baseiam os métodos de árvores de causas. Naturalmente que uma noção sistêmica do modelo do processo produtivo afasta o primeiro ponto de vista acima referido por não responder àquilo que se pode considerar como o real funcionamento do sistema. Nesta base, define-se como *nível de significância* o conjunto de causas que é “equidistante” do acontecimento final (situação de risco ou ocorrência profissional danosa) e que se caracteriza por incluir eventos que são, eles próprios, consequências de causas de nível superior. Este conceito é aplicável a outros tipos de árvores – árvores de efeitos, de acontecimentos, de falhas, de decisões – podendo mesmo considerar-se que é a característica diferenciadora da metodologia de análise por árvores lógicas.

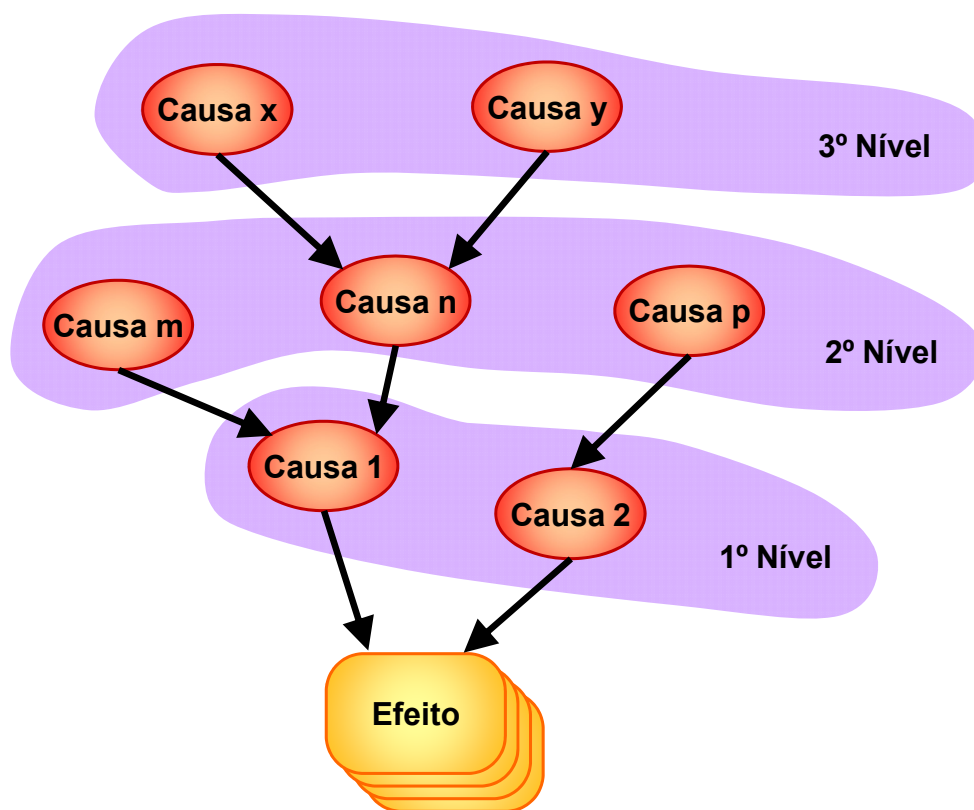


Figura [17] – Árvore de causas – níveis de significância

Resumindo, considera-se de nível de significância **[n]** o conjunto de eventos que são consequências (ou consequentes) de eventos de nível de significância **[n+1]** e que, por sua vez, são causas (ou antecedentes) dos eventos de nível de significância **[n-1]**.

O desenvolvimento de uma análise por qualquer método baseado no conceito de árvore lógica será um esquema sequencial que parte do acontecimento em estudo

para os eventos menos significativos, passando pelos diversos níveis de significância pertinentes.

Este conceito é bastante mais alargado que o apresentado por Charles D. Reese (*op. cit.*) e sistematiza as “fases” referidas por Monteau, 2008, para uma árvore de causas.

As causas que integram um nível de significância podem ser de diversos tipos.

No entanto será expectável que nos níveis mais baixos – mais “perto” da ocorrência – predominem as causas materiais (deficiência da máquina, falha de barreiras físicas locais, libertação inesperada e incontrolada de energia, presença de agentes agressores, por exemplo) e os actos inseguros específicos (nomeadamente, operação errada por acção ou por omissão, negligência, distração, excesso de confiança, inadequação à tarefa).

Em geral – embora não necessariamente sempre – uma ocorrência profissional danosa acontece devido à conjugação destes dois tipos de causas.

A níveis superiores são comuns outros tipos de causas, de caracterização mais envolvente, em particular causas organizacionais, psicossociais, de saúde, familiares, económicas, de gestão, ambientais ou políticas.

Se um trabalhador, durante uma deslocação em serviço, escorrega num piso molhado e cai, as causas imediatas – com uma significância de 1º nível – podem encontrar-se no facto de o piso estar escorregadio (causa material ou condição de insegurança) e de o sinistrado não se ter apercebido dessa circunstância (causa humana ou ato inseguro).

O facto de, eventualmente, a iluminação do local ser deficiente e/ou a vítima estar a cumprir uma tarefa com elevada exigência de rapidez na sua execução e/ou estar em curso uma política de redução de custos com implicações nos serviços de limpeza e/ou o trabalhador estar sob o efeito de medicação que potencie a perda de equilíbrio, tem uma contribuição fundamental para a génese do acidente.

No entanto, todas estas causas são, de facto, causas com níveis de significância superiores, isto é, contribuíram para a verificação das causas de nível inferior e não, directamente, para o acidente mas relacionam-se com este através de um esquema em árvore.

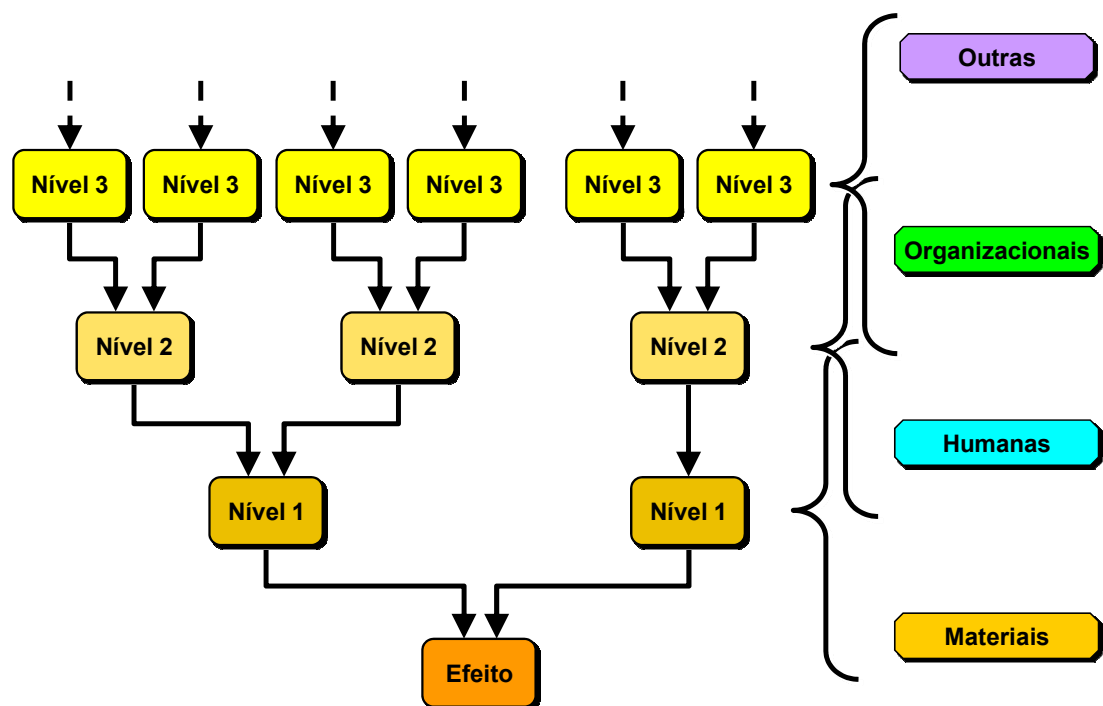


Figura [18] – Hierarquização dos tipos de causas

As causas que correspondem a pares [perigo/condição de trabalho] caracterizáveis no subsistema homem-máquina encontram-se, em geral no 1º nível de significância ou, eventualmente, no 2º nível.

Causas resultantes de pares de perigos e de condições de trabalho detectáveis em subsistemas envolventes (ambiente de trabalho, ambiente sócio-económico, empresa, por exemplo) raramente serão causas de 1º nível de significância.

### 3.2.1.3. Consequências

Recorrendo, de novo, aos dicionários:

- **consequência**, s. f. (do lat. *consequentia*). A conclusão que se segue e deduz das premissas de um raciocínio; efeito, conclusão, ilação, resultado. || Importância, alcance. (...)

José Pedro Machado, Grande Dicionário da Língua Portuguesa, 1991.

- **consequência** s. f. **1.** Desfecho que um facto, uma acção, uma situação... pode ter. Efeito, resultado. **2.** *Lóg.* Relação lógica que une uma proposição ao princípio de que resulta. **3.** *Lóg.* Proposição que se deduz de outra ou outras

que lhe são anteriores e cujo nexó é tal que, admitidos os princípios, é impossível negá-la sem contradição. **4.** Importância, alcance. (...)

Academia das Ciências de Lisboa, Dicionário da Língua Portuguesa Contemporânea, 2001.

- **consecuencia** **1.** *f.* Hecho o acontecimiento que se sigue o resulta de otro. **2.** *f.* Correspondencia lógica entre la conducta de una persona y los principios que profesa. **3.** *f.* Fil. Proposición que se deduce de otra o de otras, con enlace tan riguroso, que, admitidas o negadas las premisas, es ineludible el admitirla o negarla. **4.** *f.* Fil. Ilación o enlace del consiguiente con sus premisas. (...)

Real Academia Española, Diccionario de la Lengua Española (consulta internet)

- **conséquence** *n. f.* (du lat. *consequi, suivre*). Conclusion tirée d'une ou plusieurs propositions. || Suite qu'une chose peut avoir. || *Fig.* Importance. (...)

Petit Larousse (consulta internet)

- **consequence** (Origin Latin *consequentia*, from *consequi* 'follow closely') *n.* **1** a result or effect. **2** importance or relevance. (...)

Compact Oxford English Dictionary (consulta internet)

Também aqui o nexó de causalidade está evidente, desta vez do *acontecimento* para o *efeito*.

Uma ocorrência profissional danosa tem consequências reais, verificáveis enquanto que uma situação de risco terá consequências potenciais, previsíveis.

Tais consequências podem ser analisadas e estudadas segundo dois pontos de vista que se complementam:

- Verificar quais as alterações ao processo produtivo, reais se resultantes de uma ocorrência profissional danosa ou possíveis caso exista uma situação de risco, isto é, identificar, caracterizar e (quando possível) quantificar os desvios à sequência normal  $\epsilon_{\text{normal}}$  cuja origem é a anomalia detetada.
- Caracterizar e quantificar o custo dos danos<sup>43</sup> resultantes de um acontecimento indesejável (ou indesejado). Naturalmente, este conceito de custo ultrapassa o simples cálculo pecuniário. Há que valorar, entre outros parâmetros,

---

<sup>43</sup> Conceito de *dano* de acordo com a definição apontada na tabela [1] (ponto 3.1.).



lesões e demais patologias, impactos ambientais, resultados económicos, implicações sociais e políticas.

## Desvios

A sequência normal ou expectável ( $\epsilon_{\text{normal}}$ ) de desenvolvimento de um processo pode ser interrompida pela ocorrência de uma anomalia.

Esta anomalia introduz no processo uma sequência alternativa de desvio, designada por  $\epsilon_{\text{desvio}}$ .

Qualquer que seja o modelo utilizado para descrever o funcionamento – ou melhor, o comportamento – de um processo produtivo, haverá sempre uma fase de análise na qual se estudam as possíveis anomalias que podem pôr em causa o seu desenvolver normal<sup>44</sup> e as sequências alternativas que daí poderão resultar.

Um exemplo muito característico deste estudo é a aplicação do método HAZOP (*“Hazard and Operability Study”*). De facto, este método baseia-se no seguimento de uma série de fases que permite, de uma forma sistemática e estruturada, analisar um processo no que diz respeito às consequências que sobre ele pode ter a ocorrência de uma anomalia.

Primeiro, há que seleccionar diversos *nós de estudo* e analisá-los, cada um por si, baseando-se esta escolha em critérios de criticidade.

Depois, em cada um dos nós de estudo, são estudadas as anomalias que têm probabilidade de vir a ocorrer, recorrendo às *palavras-chave* características do HAZOP.

Seguidamente e para cada uma das anomalias identificadas como possíveis, pode determinar-se o que acontecerá a seguir, isto é, quais os *desvios* que essa anomalia irá provocar no desenvolvimento do processo.

Outro exemplo será a identificação de sequências alternativas, aplicando ao processo o modelo desenvolvido por Quinot e Moyen, 1980, o que permite estabelecer as consequências da eventual ocorrência de uma anomalia e, assim, “testar” os possíveis desvios que se podem vir a verificar.

---

<sup>44</sup> Entende-se por comportamento normal aquele que é esperado pelo facto de se verificarem as circunstâncias e as sequências previstas no seu desenho.

Uma anomalia do tipo  $A_g^s$  (por exemplo) pode conduzir a uma sequência alternativa  $E_{\text{desvio}}$  que pode resultar numa  $E_{\text{falha}}$  a não ser que a decisão de correcção induza uma  $E_{\text{correcção}}$  que reponha a continuidade normal do processo.

Alargando a técnica corrente de análise por árvores de acontecimentos, este tipo de métodos é aplicável à determinação dos custos sistémicos associados às consequências de uma anomalia processual.

Decisões de gestão – por exemplo, cortes de despesas com a formação profissional dos trabalhadores – poderão estar na origem de desvios resultantes de falhas por inadequação funcional ao posto de trabalho, com consequências óbvias no comportamento do processo produtivo.

Identificar, caracterizar e valorizar (não necessariamente valorar) desvios significa, portanto, perceber como vai evoluir o processo produtivo se (ou quando) ocorrer uma anomalia na sua sequência normal.

Supõe, ainda, as necessárias medições (concentrações, níveis, contagens, relativas a agentes agressores, físicos, químicos e biológicos, por exemplo), a recolha atempada de dados relevantes (nomeadamente estatísticos) e o seu tratamento.

Utiliza-se o termo “valorar” com o significado de uma atribuição de valores, isto é, de uma quantificação.

A expressão “valorizar” usa-se numa aceção de “atribuir importância”, ou seja, corresponde a uma avaliação qualitativa. Isto implica análises funcionais, operacionais, técnicas e metodológicas ao processo.

## **Vulnerabilidades**

Entende-se por vulnerabilidade de um sistema, mais ou menos complexo, a sua *capacidade de reacção* a situações adversas, com origem interna ou externa, no sentido de este conseguir retomar, face às circunstâncias, o seu curso normal ou, no mínimo, com consequências controladas e efeitos minimizados.

A vulnerabilidade é, portanto, uma medida da resiliência de um sistema face a “estímulos” endógenos ou exógenos que tendem a desestabilizar o seu normal funcionamento. A vulnerabilidade é tanto maior quanto menor for a sua capacidade de reagir ou quanto menor for a probabilidade de que a retoma ou normalização seja feita com poucos danos.

Deste modo, um sistema vulnerável a determinado dano apresenta uma maior probabilidade de que as consequências de uma ocorrência profissional danosa sejam significativas. Ou seja, o risco dessa ocorrência é, proporcionalmente, maior.

A noção de vulnerabilidade tem a ver com o conceito de consequência na medida em que condiciona o modo como uma situação de risco se pode vir a concretizar num evento danoso. Num conceito sistémico, mais alargado, pode identificar-se a vulnerabilidade do processo a diversos fatores, endógenos e exógenos, com a possibilidade de aparecimento de sequências desviantes com consequências previsíveis. Este tipo de vulnerabilidade pode ser entendido como uma SENSIBILIDADE AO DANO (**Sd**) que corresponde à capacidade de recuperação do processo (resiliência) face aos efeitos resultantes de uma anomalia.

### **Quantificação de danos**

Antes do mais, será conveniente aclarar a noção, que se utiliza, de prejuízo.

Considera-se um prejuízo qualquer um dos seguintes conceitos:

- O valor, em unidades monetárias, das prestações necessárias à reposição (tanto quanto possível) das condições de saúde ou à recuperação dos indivíduos vítimas de uma ocorrência profissional danosa ou o valor previsível de tal reposição face a uma situação de risco. Por extensão, a valoração (possível) da mortalidade laboral.
- O valor, em unidades monetárias, do património afectado por uma ocorrência profissional danosa ou afectável numa situação de risco.
- O valor, convertível em unidades monetárias, das agressões ao ambiente, ecológicas ou poluidoras, incluindo as que resultam da fuga e/ou derrame e/ou libertação de substâncias perigosas.
- O valor, convertível ou não em unidades monetárias, das implicações económicas, empresariais, concorrenciais e de imagem de uma ocorrência profissional danosa ou de uma situação de risco.
- O valor, não mensurável em unidades monetárias, dos efeitos fisiológicos, psíquicos, familiares, sociais e políticos nas pessoas e nas comunidades afectadas (ou afectáveis).

Quando um prejuízo é quantificável e passível de ser expresso em unidades monetárias, considera-se um custo. Caso contrário, o prejuízo resultará de uma valoração do dano total resultante de uma ocorrência profissional danosa ou do dano total expectável de uma situação de risco.

Do exposto pode concluir-se que qualquer anomalia, qualquer acontecimento verificado no processo produtivo tem consequências que podem ser quantificadas – ou, no mínimo, semi-quantificadas<sup>45</sup> – de forma a tornar possível um tipo de análise que permita seriar e hierarquizar os danos que resultam de uma ocorrência profissional danosa ou que podem resultar de uma situação de risco.

Há diversos métodos que permitem avaliar custos de acidentes. Na sua maioria, têm em consideração o cálculo dos custos diretos e a estimativa dos custos indiretos, estabelecendo critérios – muitas vezes baseados nas definições da legislação em vigor – que viabilizam uma análise, eventualmente estatística, dos resultados. As bases de dados das Seguradoras (em particular as que actuam no ramo do resseguro) são, naturalmente, a principal fonte de elementos estatisticamente tratados sobre custos de acidentes. Infelizmente, nem sempre estas fontes estão facilmente acessíveis.

### **Níveis de significância**

Do exposto, pode concluir-se que uma forma de abordar as consequências potenciais (no caso do estudo de situações de risco) ou reais (se se tratar da análise de ocorrências profissionais danosas) implica a utilização de árvores de efeitos, às quais, obviamente, se aplica o conceito de níveis de significância, tal como definido no ponto 3.2.1.2..

Ou seja, considera-se de nível de significância **[n]** o conjunto de eventos que são causas – ou antecedentes – de eventos de nível de significância **[n+1]** e que, por sua vez, são consequências – ou consequentes – dos eventos de nível de significância **[n-1]**, como se representa na figura [19].

---

<sup>45</sup> No caso de só ser possível (ou só ser pertinente) estabelecer intervalos de custos, associando-os a níveis medidos por escalas discretas de valoração.

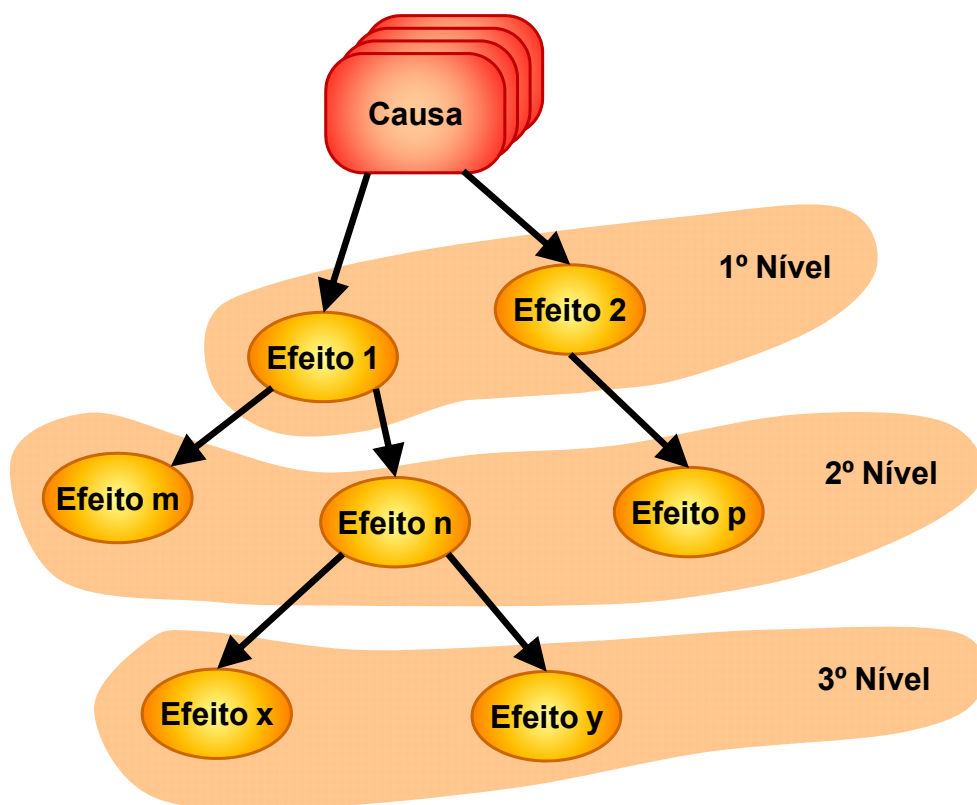


Figura [19] – Árvore de efeitos – níveis de significância

#### 3.2.1.4. Síntese

Os conceitos que estão na base de uma definição de risco – acontecimento, causa e consequência (ou efeito) – e que foram anteriormente caracterizados, relacionam-se entre si de uma forma sequencial, como se apresenta na figura [20].



Figura [20] – Causa → acontecimento → efeito

O **acontecimento** é a base de qualquer tentativa de avaliação do risco. Obviamente, como ficou dito, é sobre a *situação de risco* – potencial, passível de ocorrer mas

ainda não verificada – que se deve fazer incidir o esforço de qualificação/quantificação. Tal significa a prioridade metodológica dada aos procedimentos proativos. Propôs-se uma definição de causa, associando-a a um par [perigo/condição de trabalho] que pode ser, graficamente, representado pela figura [21].

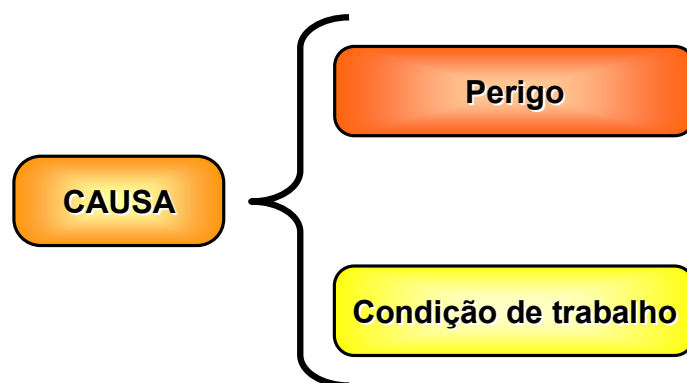


Figura [21] – Causa como par [perigo/condição de trabalho]

Já quanto aos efeitos, foi abordada a sua relação com duas noções essenciais – a de prejuízo e a de vulnerabilidade – mas que, neste caso, estes conceitos não podem ser agrupados em pares de parâmetros porque não existe, entre eles, uma relação biunívoca, contribuindo, isso sim, para um conceito alargado de **sensibilidade do processo produtivo ao dano**. Este facto sintetiza-se na figura [22].

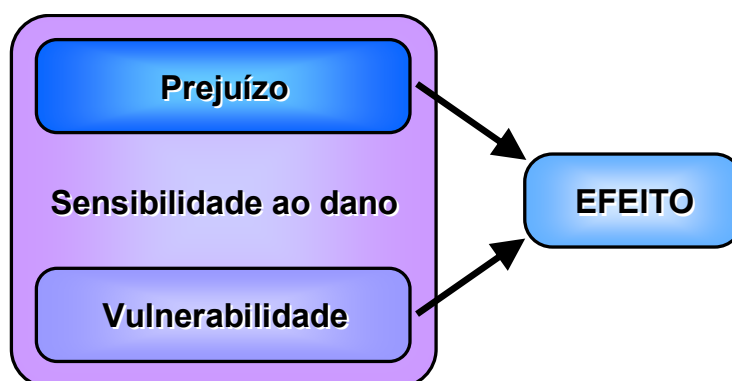


Figura [22] – Efeito caracterizado pela sensibilidade do processo ao dano

### 3.2.2. Conceitos derivados

Definidos os conceitos básicos, torna-se necessário desenvolver algumas noções derivadas e/ou complementares que, em conjunto, permitam a proposta de um conceito global, universal, sistémico e integrado de risco profissional.

Naturalmente que o conjunto de conceitos que se procurará definir tem a ver, no essencial, com aquilo que se pretende desenvolver neste trabalho.

O grande objectivo da Higiene, Segurança e Saúde no Trabalho é, sem dúvida, *controlar os riscos*.

Ou seja, *minimizar a probabilidade de uma ocorrência profissional danosa* (tornando a probabilidade de situações de risco tão pequena quanto possível) e *reduzir as consequências de tal ocorrência*<sup>46</sup> (tornando mínima a capacidade de dano resultante de uma ocorrência que venha, de facto, a suceder).

Retomando o algoritmo representado pela equação [2], isto significa que **R** tende para zero quando **p** e/ou **d** tendem para zero. Obviamente, zero é um valor limite.

Na prática será sempre **p** > 0, **d** > 0 e, naturalmente, **R** > 0. Em termos gerais, tal objectivo é procurado através de técnicas que implicam a interposição de barreiras entre as causas e o acontecimento e entre este e as consequências.

A este conceito é especialmente adequada a representação do tipo “*bow tie*” (HEMP – *Hazard and Effect Management Process*), cujo esquema se retoma, aqui, na figura [23] e que permite considerar a implementação das necessárias barreiras, quer na árvore de causas, quer na árvore de efeitos.

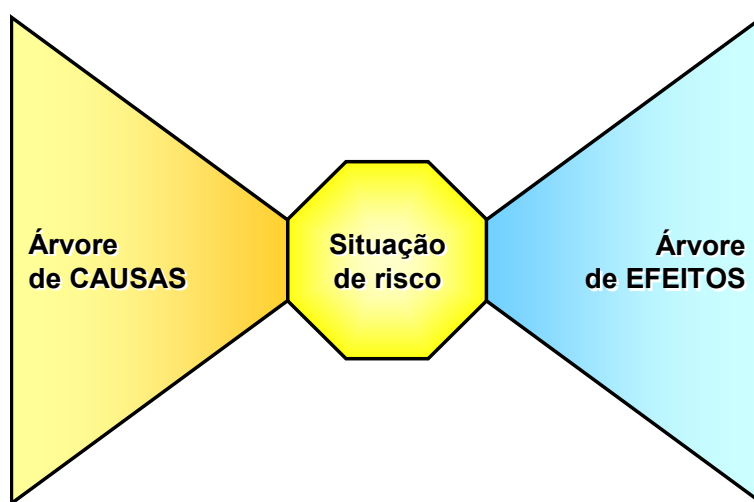


Figura [23] – Hazard and Effect Management Process (HEMP)

---

<sup>46</sup> Ocorrência essa que é sempre possível, dado que é tecnológica e economicamente inviável *anular* tal probabilidade. Isto significa que **p** > 0.

Será, portanto, com actuações ao nível da árvore de causas e/ou da árvore de efeitos que se procurará controlar, de uma forma eficaz, o risco presente no processo produtivo.

### 3.2.2.1. Barreiras

Para a definição de um conceito genérico de barreira, num processo produtivo, há que ter em conta diversas abordagens.

Por um lado, pode considerar-se que uma barreira é algo que se interpõe entre uma certa forma de energia e um alvo (seja ele uma máquina, um processo, uma instalação ou uma pessoa) no qual essa energia pode vir a provocar um dano. Segundo Reese, 2001, podem considerar-se quatro tipos de barreiras dentro da noção enunciada acima (figura [24]):

- As que actuam no ponto de libertação da energia.
- As que actuam no meio de transmissão dessa energia.
- As que reduzem a sua acção sobre o alvo.
- As que separam (no espaço ou no tempo) a energia libertada do alvo.

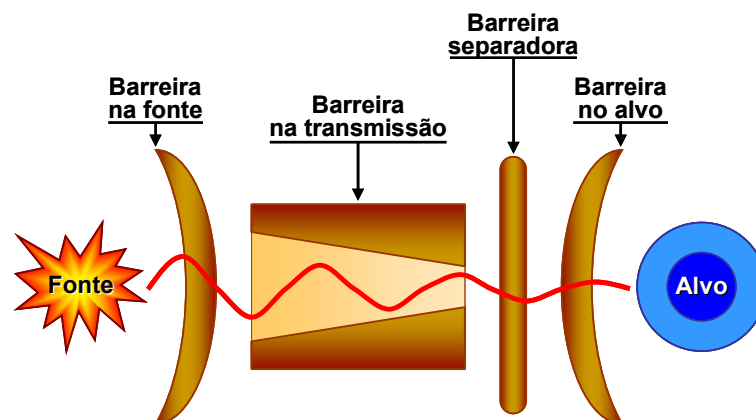


Figura [24] – Barreiras de energia

Generalizando, pode considerar-se que a fonte corresponde a um antecedente e o alvo a um consequente, relativamente às árvores onde se inserem, isto é,

- numa árvore de causas, a fonte será uma causa e o alvo a situação de risco;
- numa árvore de efeitos, a fonte será a situação de risco e o alvo a consequência.



Por outro lado, tendo em conta que a teoria que se baseia nas formas de energia para explicar as situações de risco é, necessariamente, redutora, há que considerar que as barreiras podem ter funções mais alargadas, nomeadamente quando se interpõem entre causas que não sejam do tipo material ou humano e o acontecimento. Deste modo e dentro de numa teoria geral de risco profissional, pode considerar-se uma barreira como sendo um dispositivo físico (material ou imaterial), um esquema organizacional (“*lay out*”, sistemas de instrumentação e de controlo, gestão de “*stocks*”, organização da manutenção, etc.), uma atitude (apoiada em sistemas de manutenção da saúde, baseada em conhecimentos e formação profissional, resultante de uma estratégia de gestão, imposta por legislação, etc.), uma acção (regras, normas de boas práticas, instruções, etc.) ou uma consciencialização (individual ou colectiva). Assim, para poder aplicar o conceito de barreira a processos entendidos de uma forma sistémica abrangente, é importante analisá-lo segundo duas vertentes:

- A que elemento – seja ele físico, psicológico, organizacional, social ou outro – se aplica essa barreira.

Isto significa uma definição do objecto e a classificação anterior aponta, no essencial, para este aspeto.

- Para quê a utilização de tal barreira, ou seja, saber qual é o seu objectivo.

Tendo em conta estes pontos de vista, é possível avançar com algumas definições aplicáveis ao conceito de barreira.

### **Quanto ao objecto**

Haverá, naturalmente, diversas formas de concretizar uma barreira. No essencial, tal tem a ver com o elemento do processo produtivo ao qual ela é aplicada, ou seja, com o objecto da sua acção. O estabelecimento desse objecto está, fundamentalmente, relacionado com uma perspectiva sistémica do processo produtivo.

#### ***Barreiras físicas***

Uma barreira física interpõe-se entre uma qualquer forma de energia – num conceito alargado, como é norma quando se trata dos métodos de avaliação de risco que

o utilizam – que seja (ou possa ser) libertada durante o processo e os alvos que podem ser afectados e que devem ser preservados desse contacto.

Estas barreiras podem ser materiais, isto é, constituídas por elementos com resistência mecânica, eléctrica, química, biológica, electromagnética ou vibratória.

Como exemplo:

- resguardos de peças móveis de máquinas; guarda corpos; portas blindadas; elementos estruturais corta-fogo;
- sistemas de encravamento de máquinas que impeçam o seu arranque inoportuno;
- isolamento de condutores eléctricos; dieléctricos em transformadores; ligações equipotenciais; eléctrodos de terra;
- filtros ativos em máscaras de protecção contra gases; sifões químicos; torres de lavagem de gases;
- desinfectantes; agentes antibacterianos; fungicidas;
- blindagens de fontes radioactivas; elementos corta-luz; painéis de absorção de ruído; fundações elásticas;
- construção parasísmica;
- sistemas de drenagem;
- “*airbags*”; cintos de segurança; sistemas de controlo de travagem (ABS) em veículos;
- equipamentos de protecção individual;

Mas também podem ser constituídas por elementos imateriais, ou seja, não interpõem, directamente, uma resistência, antes detetam a libertação de energia e reagem accionando mecanismos ou sistemas que a controlam.

Podem citar-se, entre outros:

- sistemas de deteção de aproximação, de intrusão, de incêndio, de fugas ou de derrames;
- sistemas de vigilância meteorológica; mangas de vento;
- barreiras ultrasónicas ou fotoeléctricas em máquinas;
- detetores electromagnéticos de abertura e fecho;
- sistemas de admissão de pessoas a áreas reservadas;
- detetores de proximidade.

As barreiras físicas são as mais correntemente utilizadas para controlar causas do tipo material ou humano e para reduzir consequências resultantes, de alguma forma, de uma libertação inesperada e não controlada de energia.

### *Barreiras humanas*

A noção de “erro humano” é essencial para o estudo das situações de risco e para a análise das ocorrências profissionais danosas.

Assim, é natural que qualquer teoria que tenha em conta o conceito de barreira, exija a consideração de tais elementos e a sua aplicação à relação do homem com o trabalho, em particular com a tarefa ou com a função que exerce.

Consideram-se barreiras humanas aquelas que influenciam essa relação, com o objectivo de minimizar o erro.

No fundo, correspondem a actuações tendentes a modificar comportamentos, tornando-os mais seguros, isto é, a sua conceção e implementação baseiam-se, no essencial, na formação, na informação e na sensibilização de todos os intervenientes no processo produtivo.

A procura das competências necessárias à realização das tarefas e funções por parte dos trabalhadores é, deste modo, um aspeto fundamental da gestão dos riscos.

- A formação académica, teórica, profissional, comportamental e cívica; a formação especializada – de acordo com as necessidades da função realizada – em temas como a segurança, higiene e saúde no trabalho, a educação para a saúde, os primeiros socorros, o combate a incêndios, as técnicas de evacuação em situação de emergência, a utilização de produtos químicos, o tratamento dos resíduos, a protecção radiológica...
- A informação – completa, coerente e compatível – sobre o trabalho a realizar; a existência (e utilização) de procedimentos, normas técnicas, regras de boas práticas; a disponibilidade de fichas de dados de segurança de substâncias e de equipamentos...
- A necessária sensibilização, indutora de uma (procurada) alteração de mentalidades e de comportamentos, que só existe, realmente, se as duas fases

anteriores tiverem sido cumpridas e que implica um empenhamento muito forte de todos os intervenientes no processo produtivo...

- A implicação, consciente e informada, de todos os actores, a todos os níveis hierárquicos e funcionais, no processo de gestão dos riscos, devidamente organizada e estruturada, que leva a um comprometimento social com os objectivos do trabalho em segurança...

Todas estas formas (complementarmente e não alternativamente) constituem, do ponto de vista do conceito de risco, barreiras essenciais ao seu controlo.

Exemplificando.

- fichas técnicas de máquinas e fichas de dados de segurança de substâncias perigosas; procedimentos; normas de boas práticas;
- formação específica em segurança, em saúde, em primeiros socorros, em combate a incêndios;
- análise ergonómica de postos de trabalho;

### *Barreiras organizacionais*

Como se viu, as causas podem ter origem no próprio processo, na sua organização e modelo de funcionamento, e as consequências reflectem-se, do mesmo modo, nele. Assim, é fundamental desenhar barreiras a este nível. Será, portanto, no modelo do processo produtivo que se deverá detetar as possíveis anomalias e questionar a forma de as controlar.

As barreiras de tipo organizacional referem-se, assim, ao planeamento geral da produção o que inclui, nomeadamente, equipamentos, instrumentação, matérias-primas e produtos auxiliares, recrutamento da força de trabalho, manutenção, promoção e vendas, mercado de exportação, estratégia de gestão, mecenato e inserção na comunidade.

A um nível mais abrangente, podem ser incluídas nesta categoria as barreiras de carácter político e macroeconómico, consubstanciadas em medidas fiscais, protectionistas ou de regulação do mercado.

Alguns exemplos:

- fluxogramas de processos fabris; desenho de vias de circulação;
- planeamento "*just in time*"; manutenção preventiva;

- instrumentação para controlo de nível em tanques ou silos, de caudais em tubagens, de densidades ou de concentrações;
- sistemas de alerta/informação à população face a uma emergência catastrófica;

### *Barreiras psicossociais*

É um facto reconhecido e assumido que o homem-trabalhador não pode ser dissociado do homem-indivíduo, do homem-consumidor, do homem-família, do homem-cidadão.

E é, muitas vezes, nesta multiplicidade de vertentes que se podem encontrar causas longínquas e efeitos afastados de situações de risco. Portanto, uma análise de barreiras nunca ficaria completa se não fosse tomada em conta esta constatação.

Desenvolver as possíveis barreiras de interposição entre as causas e o acontecimento e entre este e as consequências, passa também por as situar a este nível.

Desde a motivação (profissional, em primeiro lugar, mas também familiar, social e cívica), até à participação activa (ao nível de equipa, de empresa, de organização sindical ou profissional, de comunidade) podem ser criadas barreiras – neste caso, naturalmente, através da promoção de condições, ou seja, de um ponto de vista “positivo” – que actuam, no essencial, ao nível das causas.

A consolidação de uma imagem da empresa<sup>47</sup> marcadamente favorável na opinião pública e especializada, a preocupação em elaborar planos de crise credíveis, um posicionamento sólido no mercado, contribuem, como barreiras, para a minimização das consequências resultantes de uma situação de risco ou, mais concretamente, de uma ocorrência profissional danosa.

Podem considerar-se deste tipo, nomeadamente,

- espírito de equipa; motivação profissional;
- ambiente familiar;
- consciência ecológica;

---

<sup>47</sup> Utiliza-se o termo “empresa” com um significado abrangente: entidade de carácter empresarial, público ou privado, organismo público, associativo ou cultural, estabelecimento científico ou de ensino, órgãos representativos políticos, sindicais, empresariais ou cívicos.

- integração cívica na comunidade;
- criação de uma imagem empresarial positiva;
- política de relacionamento com os “media”.

### Quanto ao objectivo

Como ficou dito, as barreiras tanto existem do lado das causas como do lado das consequências.

No entanto, pode considerar-se que, em ambos os casos, o objectivo da sua implementação é diferente.

#### *Barreiras de prevenção*

Quando a barreira é inserida no processo entre a(s) causa(s) e o acontecimento – naturalmente, uma situação de risco – a sua função é, sobretudo, permitir minimizar a probabilidade de ocorrência de tal acontecimento. É, portanto uma barreira que actua prevenindo a situação de risco (figura [25]).

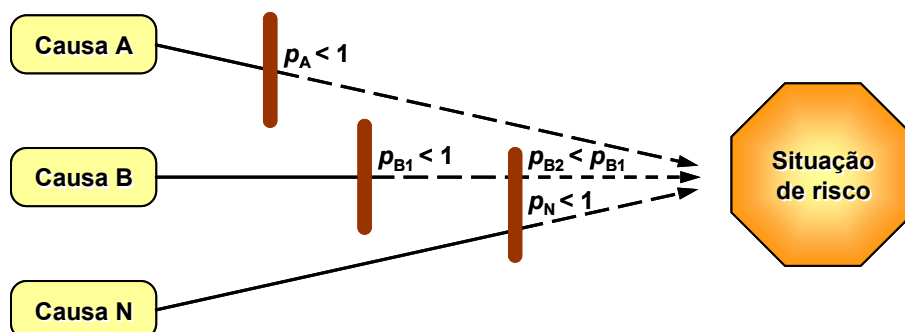


Figura [25] – Barreiras de prevenção

Numa representação deste tipo,  $p_A$ ,  $p_B$ ...  $p_N$  são as probabilidades de as causas **A**, **B**... **N** contribuírem para a probabilidade de ocorrência da situação de risco.

Uma mesma barreira pode ser activa em relação a mais do que uma causa mas a sua fiabilidade específica para cada uma dessas causas – ou seja, a sua eficácia relativa no controlo dessa causa – não é, necessariamente, idêntica.

A tampa de um forno cerâmico, por exemplo, reduz a probabilidade de exposição a radiações térmicas nocivas mas também previne contactos com objectos ou superfícies quentes.

Também a formação profissional específica dos trabalhadores não só aumenta a sua capacidade de produzir com qualidade, como reduz a probabilidade de ocorrência de actos inseguros.

A adopção de um sistema de controlo de qualidade, reduz o índice de desperdício, aumenta a produtividade e, em última análise, implementa a competitividade do produto no mercado, através de uma melhoria da fiabilidade do processo produtivo, que se reflecte, também, na redução da frequência e da gravidade de ocorrências danosas.

### Barreiras de protecção

A criação de barreiras que actuam nas consequências – situadas entre a situação de risco e os efeitos eventualmente resultantes – reduz os danos associados a essa situação. São, portanto, barreiras com carácter de protecção (figura [26]).

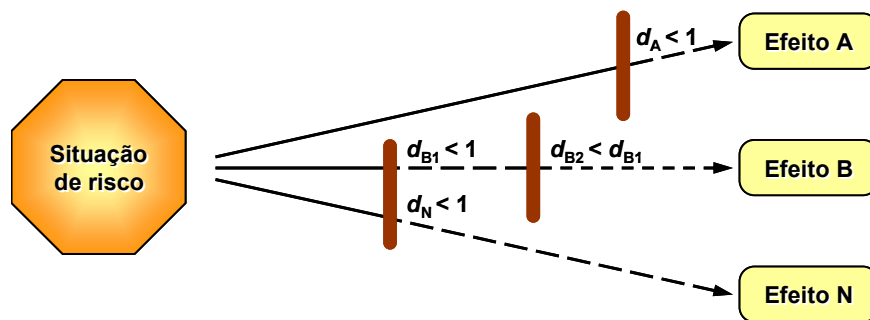


Figura [26] – Barreiras de protecção

Nesta figura,  $d_A$ ,  $d_B$ ...  $d_N$  são a valoração relativa (num intervalo ]0 ; 1[) dos danos associados aos efeitos A, B... N.

Também neste caso uma mesma barreira pode ser eficaz na redução de mais do que um efeito.

Uma máscara de soldador reduz o possível dano provocado pela emissão de radiação na zona visível, ultravioleta e infravermelho e, ao mesmo tempo, protege contra a projecção de partículas incandescentes originadas pelo processo de soldadura. No entanto, tal barreira não é eficaz no que diz respeito à inalação de gases eventualmente tóxicos.

### Fiabilidade das barreiras

Como se referiu, a fiabilidade de uma barreira, qualquer que ela seja, nunca é absoluta, isto é, a sua probabilidade de falha é  $p(f) > 0$ , ou seja,  $f < 1$ .

Aliás, pode, mesmo, considerar-se que uma única barreira tem diversos modos de falha (ou, de acordo com a teoria de Reason, a “fatia de queijo suíço” tem diversos orifícios que podem ou não coincidir, variando esta possibilidade de coincidência com o tempo).

Deste modo, a sua fiabilidade pode ser calculada a partir das probabilidades determinadas para cada um dos seus diferentes modos de falha.

Este tipo de análise implica a possibilidade de aplicação, a cada barreira específica, de uma análise utilizando uma técnica de árvore de falhas, onde cada modo de falha contribui, através de portas lógicas {E} ou {OU}, para a probabilidade global de falha da barreira, como se indica na figura [27].

Alargando o ponto de observação, pode concluir-se que uma determinada situação de risco apresenta uma probabilidade de se vir a tornar numa ocorrência profissional danosa, probabilidade essa que é função das probabilidades de falha de todas as barreiras de prevenção instaladas, podendo dar origem a um dano cuja valoração depende das probabilidades de falha de todas as barreiras de protecção utilizadas para o controlar.

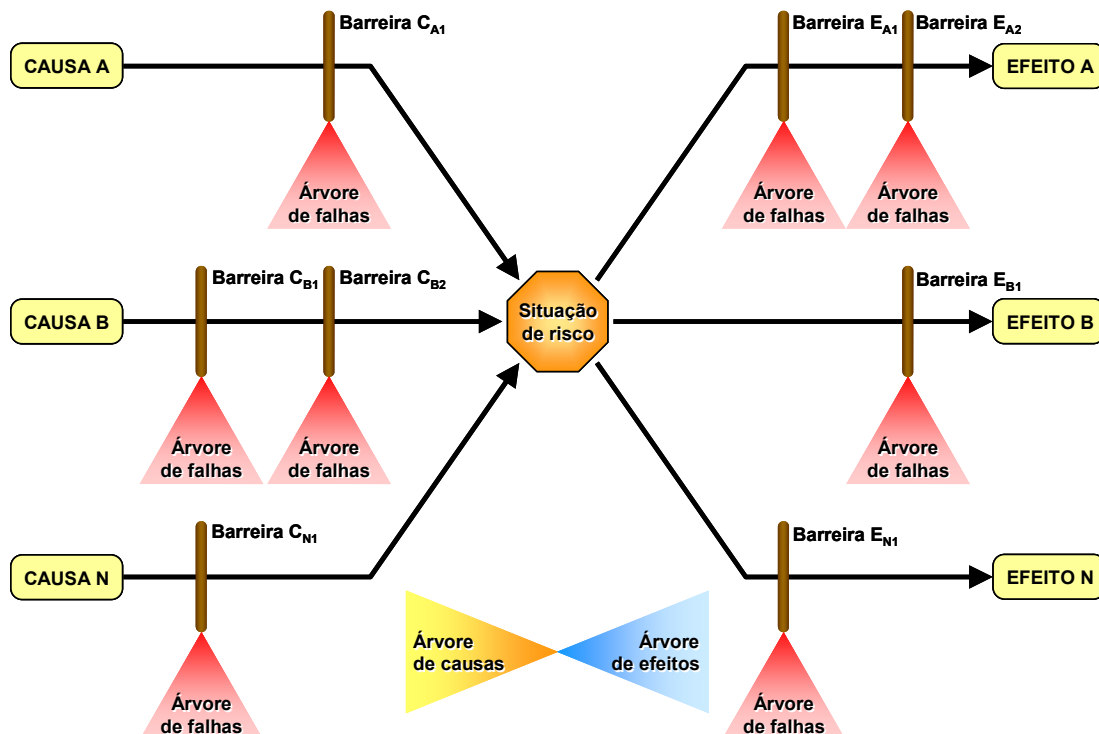


Figura [27] – Análise da fiabilidade das barreiras



Ao abordar a metodologia de avaliação de riscos, far-se-á uma análise mais aprofundada dos conceitos de árvores lógicas – nomeadamente, de árvore de causas, de árvore de efeitos, de árvore de acontecimentos e, nesta particular aplicação, de árvore de falhas – bem como das técnicas aplicáveis à identificação das barreiras (de prevenção e de protecção) e ao estudo da sua fiabilidade.

### 3.2.2.2. Formação do risco

Considerando uma *situação de risco*, pode estabelecer-se uma relação unívoca entre esta situação e dois fatores fundamentais: por um lado, a *probabilidade* da sua ocorrência, por outro, os *danos* que tal ocorrência poderá vir a provocar.

Se, eventualmente, se concretizar o acontecimento em estudo, (a probabilidade torna-se igual a um) passar-se-á a considerar uma *ocorrência profissional danosa* que implica, necessariamente, danos reais. Esta sequência é mostrada na figura [28].

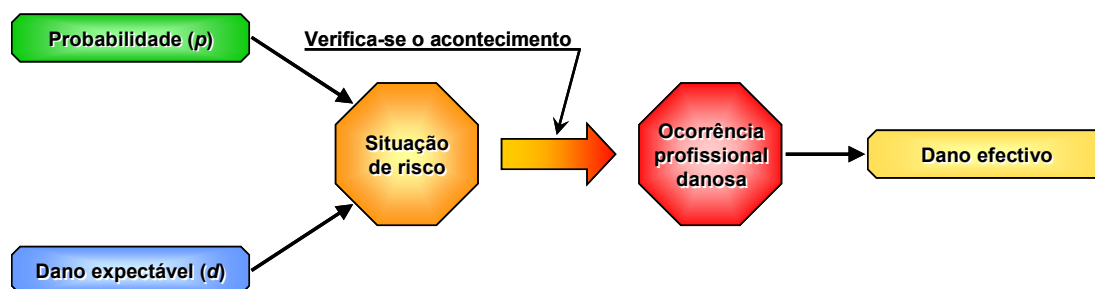


Figura [28] – Sequência *situação de risco* → *ocorrência profissional danosa*

Isto significa que a noção de probabilidade só está ligada à *situação de risco* (ao **risco**, propriamente dito) porque, a partir do momento em que, de facto, ocorre o evento, a questão passa a pôr-se, apenas, em termos dos danos efectivamente verificados.

As considerações anteriores têm como resultado o estabelecimento de um modelo matemático para o conceito de risco, baseado nas seguintes equações (já antes referidas no ponto 2.2.):

$$R = p.d$$

Equação [2]

com

$$p = \prod f_{pi} \text{ ou } p = \sum f_{pi}$$

Equação [3]

e

$$d = \prod f_{dj} \text{ ou } d = \sum f_{dj}$$

Equação [4]

Nestas relações,  $f_{pi}$  e  $f_{dj}$  são os fatores<sup>48</sup> de formação do risco ligados, respectivamente, à probabilidade de ocorrência de uma situação de risco e aos danos expectáveis, consequência dessa ocorrência.

Estes fatores dependem, naturalmente, das características e da fiabilidade das barreiras interpostas no processo.

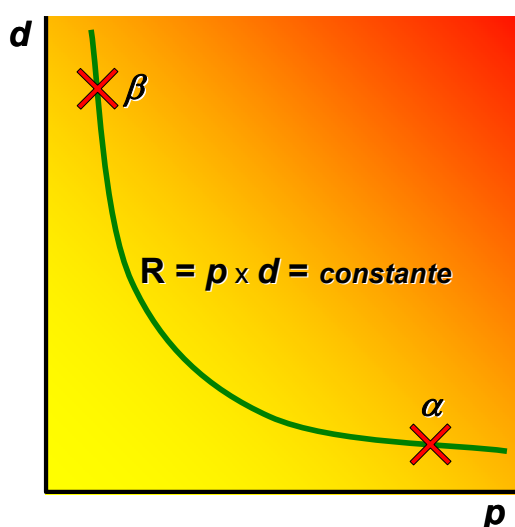


Figura [29] – Representação do risco

A sua definição, caso a caso, resultará da aplicação de técnicas e de metodologias específicas que se espera vir a desenvolver posteriormente.

Mas considerar apenas as equações [2] e [3] ou [4] como base para a valoração do risco, pode ser redutor e não reflectir totalmente a realidade dos processos produtivos.

De facto, a utilização directa destas equações levaria a considerar como inteiramente equivalentes os riscos representados na figura [29] pelas designações  $\alpha$  e  $\beta$ , dado que ambos se encontram sobre uma curva de risco constante  $R = p.d$  e é

<sup>48</sup> *Fatores* porque se utiliza, na maioria das vezes, uma expressão matemática multiplicativa ( $\prod$ ). No caso de a equação usada ser sumativa ( $\sum$ ), o termo correcto será *parcelas*.

óbvio que haverá diferenças de grau entre estas duas situações, embora a valoração do risco seja a mesma.

Esta constatação traduz-se na necessidade de diferenciar situações – onde elas sejam, de facto, diferenciáveis – para as quais, a simples aplicação do algoritmo representado pela equação [2] levaria a um resultado idêntico em termos de valor (ou nível) de risco calculado.

Enquanto na situação referida como  $\alpha$  existe uma alta probabilidade de ocorrência mas os danos são relativamente reduzidos, na situação identificada por  $\beta$  a probabilidade é baixa mas os danos poderão ser muito significativos.

Um exemplo de eventos do tipo do representado pela referência  $\alpha$  é a ocorrência de pequenos cortes e lacerações, muito frequentes na indústria metalomecânica ligeira mas, em geral, de pouca gravidade.

Uma situação como a referida com  $\beta$  é, por exemplo, o tipo de acidentes ocorridos na exploração de uma linha de transporte aéreo.

Nesta ordem de ideias, entende-se que a simples relação multiplicativa entre os dois principais fatores de formação do risco ( $p$  e  $d$ ) não representa, de uma forma clara, o risco real. Até porque este está relacionado com as características do próprio processo produtivo. Assim, propõe-se a utilização de *coeficientes de ponderação*, aplicáveis, numa primeira abordagem aos fatores primários mas, numa aplicação mais aprofundada, aos fatores de formação do risco  $f_{pi}$  e  $f_{dj}$ .

Mas, como é evidente, não é significativa a aplicação de coeficientes multiplicativos a uma relação, ela própria, multiplicativa<sup>49</sup>.

Para ultrapassar esta contingência podem ser utilizadas derivações logarítmicas das relações de multiplicação, ou seja, as equações [2] e [3]<sup>50</sup> tomariam a forma:

$$R = \log(p) + \log(d)$$

Equação [5]

---

<sup>49</sup> As propriedades associativa e comutativa da multiplicação anulam o efeito de ligação biunívoca *coeficiente de ponderação/fator de formação do risco*.

<sup>50</sup> A questão, naturalmente, não se põe nestes termos quando se utiliza uma relação sumativa.

$$p = \sum \log(f_{pi})$$

$$d = \sum \log(f_{dj})$$

Equações [6]

Deste modo, para reflectir a aplicação dos coeficientes de ponderação, as equações anteriores passariam a ser escritas da seguinte forma:

$$R = (\pi \cdot \log(p)) + (\delta \cdot \log(d))$$

Equação [7]

$$p = \sum (\pi_i \cdot \log(f_{pi}))$$

$$d = \sum (\delta_j \cdot \log(f_{dj}))$$

Equações [8]

Os coeficientes  $\pi$  ( $\pi_i$ ) e  $\delta$  ( $\delta_j$ ) materializam a ponderação a utilizar e têm em conta diversos fatores relacionados com o processo produtivo, em particular com as condições de trabalho que contribuem para a tipificação das causas. Para o seu cálculo será necessária a utilização de técnicas específicas que serão tratadas em desenvolvimento posterior.

Apenas uma nota sobre a utilização de relações logarítmicas como transcrição algorítmica do conceito de risco. Segundo Nunes, 2009, numa representação matricial de níveis de risco calculados a partir de escalas discretas de cada um dos fatores de formação do risco, a distribuição obtida através da utilização de equações logaritmizadas é muito mais regular, o que potencia uma interpretação dos resultados mais intuitiva e, principalmente, mais facilmente comparável entre diferentes casos de estudo.

Complementarmente, a correcta caracterização do risco pode impor a necessidade de utilização de filtros – aplicáveis, em particular, às análises matriciais do risco – que permitam introduzir uma correcção aos valores calculados, de forma a adequá-los à realidade concreta do processo produtivo em estudo.

## Modelo

O risco – entenda-se, o risco profissional, que é o objecto deste estudo – só se manifesta no âmbito de um processo produtivo (utilizando uma perspetiva sistémica alargada).

Resulta, em última análise, da relação primária homem-máquina mas esta é influenciada por características de subsistemas envolventes. Tais influências estruturam-se em árvore, agrupando-se, quer as causas, quer as consequências, em níveis de significância.

Para conceber o risco profissional há, portanto, que definir um modelo do processo produtivo que permita uma interpretação adequada à realidade que é diversificada, seja do ponto de vista tecnológico, seja na perspetiva da dimensão das unidades produtivas, seja no seu posicionamento no mercado, seja no valor – económico, social, estimativo ou político – dos produtos que põe à disposição da comunidade.

Existem diversas abordagens do conceito de modelização, entre as quais se podem considerar como mais significativas as do modelo físico, do modelo matemático e do modelo conceptual.

- Um **modelo físico** reproduz, a uma escala reduzida, o processo em estudo. Baseia-se, no essencial, no princípio da similitude e na proporcionalidade quer de valores dimensionais, quer de variáveis físicas.

Desenvolve-se a partir de instalações laboratoriais, que derivam para instalações piloto e para processos a escalas reduzidas.

- Um **modelo matemático** consiste na tradução do processo (dos diversos estados e das diversas interligações) em equações matemáticas (lineares ou diferenciais) sendo a sua evolução representada por um algoritmo adequado.

Por vezes, a complexidade de tais representações constitui um fator de restrição à sua utilização generalizada mas, hoje em dia, esta questão é ultrapassada pelo desenvolvimento do tratamento digital de dados.

- Um **modelo conceptual** preocupa-se em definir a forma como se desenvolve um processo, as diversas fases que o constituem e os fluxos de sinais<sup>51</sup> que ligam cada um dos seus elementos, traduzindo este relacionamento através de grafos ou de diagramas.

---

<sup>51</sup> Um sinal é uma transmissão de informação pertinente.

Esta definição tanto se aplica ao envio de dados processuais a um elemento decisorio (controlador), como à comunicação das acções de controlo, ou seja, aos comandos.

Qualquer destes tipos de modelo é aplicável quando se pretende avaliar o risco presente num processo produtivo.

De facto, para conseguir este objectivo importa, principalmente, analisar a maneira como o processo se comporta quando sujeito a anomalias/desvios, sejam de origem endógena ou exógena.

Enquadrado nos modelos conceptuais e embora redutor no seu âmbito, o modelo de processo técnico proposto por Quinot e Moyon (1980) pode servir de base para a elaboração de um novo modelo, mais sistémico.

Este conceito já foi, anteriormente referido. No entanto pensa-se que poderá ser útil retomá-lo agora, com um pouco mais de desenvolvimento e adaptando-o sempre que necessário.

#### *Sistema homem-máquina*

Qualquer processo produtivo resulta de uma interacção sistémica entre uma entidade “homem” e uma entidade “máquina”.

A máquina processa um “*input*”, devolvendo o “*output*” desejado. Ao fazê-lo, fornece dados e informações sobre o processo.

O homem, analisando estes dados, decide sobre a forma como o processo se está a desenrolar, fornecendo à máquina os comandos necessários (ver figura [30]).

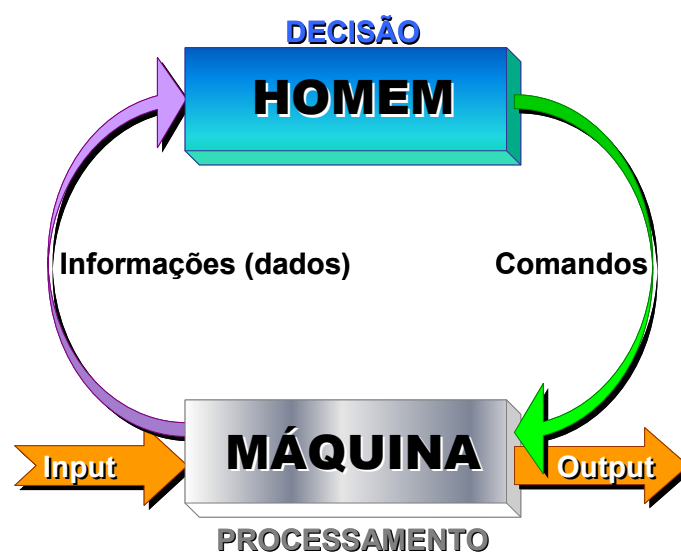


Figura [30] – Sistema homem-máquina

A máquina, é a *torre de fraccionamento* do operador numa refinaria, o *torno* do seralheiro, o *ferro de soldar* do electricista, a *guia de entrega* do fiel de armazém, o *forno* do metalúrgico, o *tubo de ensaio* do químico, o *computador* do informático, o *lápiz* do desenhador, o *expositor* do empregado de balcão, o *livro* do aluno, a *agenda* da secretária, o *avião* do piloto.

É, portanto, um processo cíclico (em termos globais) mas, ao mesmo tempo, sequencial, onde um conjunto de elementos iniciais se transforma em produtos finais e que implica, para funcionar, uma interacção entre o homem e a máquina.

### Processo técnico

De acordo com *Ellul, J.* (citado por *Quinot e Moyen, op. cit.*), o fenómeno técnico, poderia ser definido como “a preocupação da maioria dos homens de hoje de procurar, em todas as actividades, o método mais eficaz”.

Mas o desenvolvimento da técnica tem um preço: os processos técnicos colocam em jogo energias, materiais, pessoas, por vezes em quantidades significativas, cujo controlo terá que passar por sistemas e tecnologias sofisticadas e exigentes, nomeadamente do ponto de vista da formação que é exigida aos operadores.

Qualquer perturbação num destes fatores ou na sua interligação provocará, certamente, situações indesejadas, cujo controlo pode ser difícil ou mesmo impossível.

E, neste caso, pode dar-se uma rutura do processo, um bloqueamento, que pode conduzir a uma ocorrência profissional danosa.

Um processo técnico, como representado na figura [31], é um conjunto formado por uma ou mais sequências de operações técnicas (**Q**) que permite transformar matérias-primas e produtos auxiliares em produtos finais e, eventualmente, resíduos.

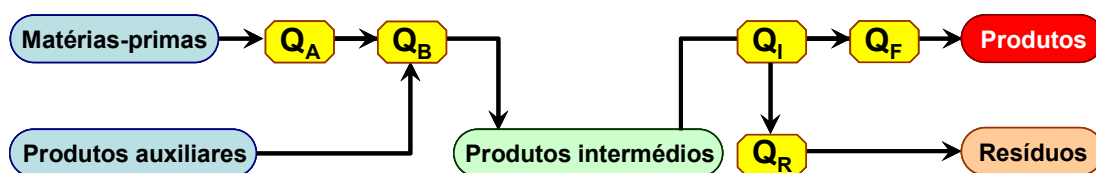


Figura [31] – Processo técnico

Pode tentar-se caracterizar uma operação técnica e o seu desenvolvimento previsto analisando as possibilidades de disfunção que podem levar ao aparecimento de sequências adventícias que levem, eventualmente, a uma situação de risco.

Uma operação é, normalmente divisível em operações mais simples e é, ela própria, uma sequência de operações elementares.

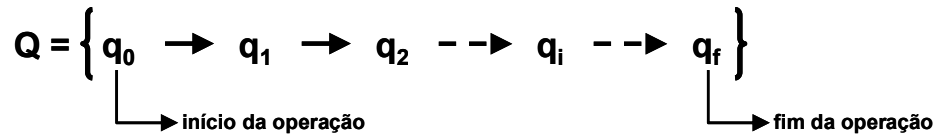


Figura [32] – Operação técnica

Terminada uma operação (e recebida a informação de que tal aconteceu), terá que ser tomada uma decisão para o prosseguimento da sequência.

Esta decisão pode competir ao elemento *homem* do sistema ou a um automatismo programado (pelo homem) e integrado na *máquina*.

Durante a execução de uma operação, o sistema apresenta uma configuração conhecida que corresponde à realização de uma finalidade pré-estabelecida.

Uma operação, tal como foi definida, não é, necessariamente, uma *operação elementar*.

Ela poderá ser subdividida noutras sequências de operações, até se chegar a um detalhe aceitável:

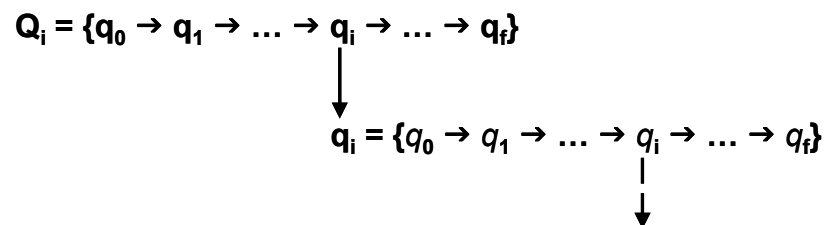


Figura [33] – Operações elementares

Analisando um caso exemplar:

- Um navio porta-contentores atraca num porto.
- Descarrega e segue viagem.
- A operação “descarga do navio” pode ser subdividida em várias operações, entre as quais se inclui a “descarga de contentores”.
- Esta última operação corresponde, por sua vez, a um ciclo de operações mais simples, que é repetida enquanto houver “contentores para descarregar”.

Graficamente, esta sequência corresponde ao seguinte esquema:



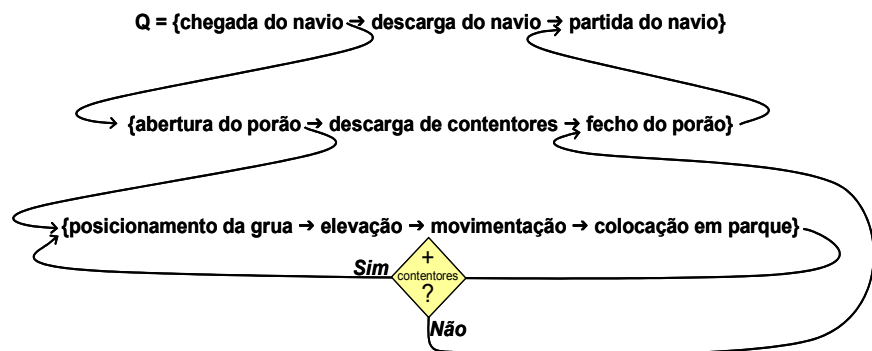


Figura [34] – Desagregação de operações elementares

Podem existir diversos níveis de simplificação e a pormenorização da análise dependerá de fatores operacionais, nomeadamente:

- Tipo e relevância dos dados disponíveis;
- Grau de precisão necessário aos resultados a obter;
- Meios afectos ao estudo em causa.

Considera-se, portanto, como elementar a operação de nível mais simples que representa, com os condicionalismos anteriormente expostos, a sequência do processo técnico em estudo.

Uma operação técnica correctamente dirigida tem uma estrutura bem definida: é um processo sequencial algorítmico pelo qual uma acção iniciada por um comando e possuindo a sua própria finalidade é executada de etapa em etapa.

Seja qual for a complexidade do sistema, este processo poderá ser esquematizado por um grafo orientado, que representa a sua ordem de execução e o encadeamento dos passos lógicos e dos avanços realizados (sequência principal e sequências secundárias). Assim, uma operação desenvolver-se-á desde um ponto de início  $q_0$  até um ponto final  $q_f$  seguindo um caminho predeterminado, conhecido e desejável.

A passagem da operação  $q_i$  para a operação seguinte,  $q_{i+1}$ , só se pode dar se for tomada uma decisão  $s_i$ .

Por sua vez, é a informação de que a operação  $q_i$  se realizou completamente e com sucesso – e, portanto, que  $q_{i+1}$  pode ter início – que permite a passagem para a decisão  $s_{i+1}$ .

Se, eventualmente, ocorrer uma falha (numa operação técnica ou numa decisão), esta provocará a rutura da sequência principal e o seu desvio para uma sequência

adventícia não desejada. Por ser estranha à operação técnica tal qual tinha sido programada, a nova sequência poderá evoluir de diversas maneiras:

- Se a anomalia pudesse ser prevista, o sistema poderia ser preparado para parar ou ainda, para recuperar, seguindo uma sequência pseudo-principal.
- Se assim não for, o desenrolar da operação dependerá das iniciativas do operador ou da eventual actuação dos sistemas automáticos.

Qualquer destas situações pode ser considerada uma situação de risco. Em qualquer caso, a primeira sequência adventícia pode vir a dar origem a uma segunda, a uma terceira, etc., cada uma delas com origem em anomalias em cadeia.

Sejam  $q_i$  e  $q_{i+1}$  duas operações elementares consecutivas e  $s_i$  a decisão de passagem à operação seguinte. O fim da operação  $q_{i+1}$  informa sobre a possibilidade de passagem à decisão que se segue  $s_{i+1}$ .



Figura [35] – Grafos operação-decisão

Cada etapa da operação técnica caracteriza-se, assim, pelo facto de haver dois módulos ativos,  $q_i$  e  $s_i$ .

Ou seja, uma etapa do processo é definida por um par  $e_i = \{q_i; s_i\}$ .

As transições (ou passagens)  $q_i \rightarrow q_{i+1}$  e  $s_i \rightarrow s_{i+1}$  definem a passagem da etapa  $i$  para a etapa  $i+1$  tornando-se, então, ativos os módulos  $q_{i+1}$  e  $s_{i+1}$ .

Deste modo, pode considerar-se  $t_i^q = \{q_i \rightarrow q_{i+1}\}$  e  $t_i^s = \{s_i \rightarrow s_{i+1}\}$ .

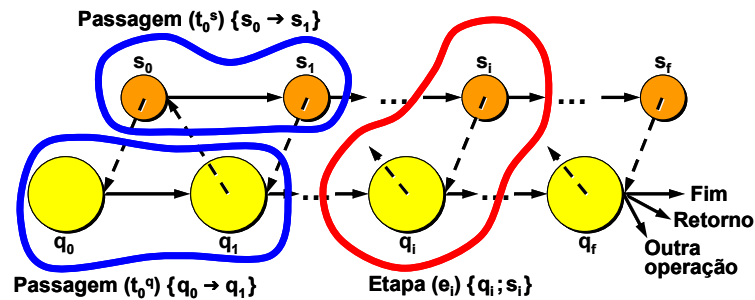


Figura [36] – Etapas e transições

Etapa	Transição		Módulos ativos	
			q	s
1			$q_1$	$s_1$
...			...	...
i	$\downarrow t_i^q$	$\downarrow t_i^s$	$q_i$	$s_i$
i+1			$q_{i+1}$	$s_{i+1}$

Tabela [3] – Etapas, transições e respectivos módulos ativos

Uma operação sequencial terá, em princípio, uma representação linear, onde se parte de um estágio inicial para chegar ao estágio final que é aquele que se pretende obter, passando por diversas etapas que são acedidas através das respectivas transições:

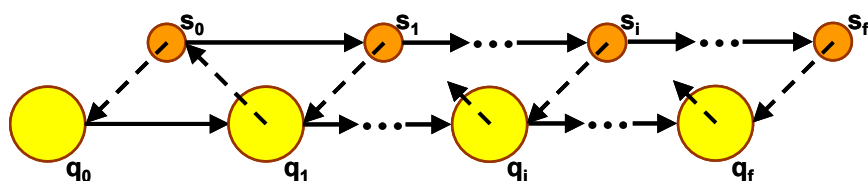


Figura [37] – Sequência normal

Certas passagens, no entanto, podem ter dois ou mais seguimentos, tornando a representação ramificada, como se mostra na figura [38]:

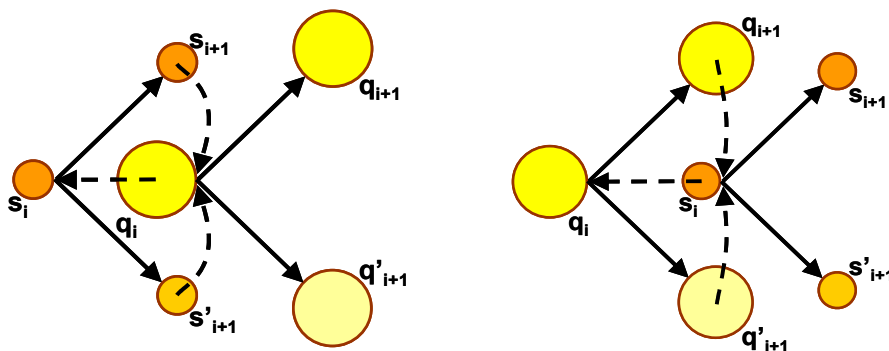


Figura [38] – Sequências ramificadas

Nestas circunstâncias, poder-se-á chegar a resultados finais que não são, necessariamente, os desejados.

Há, portanto, que prever estas situações e permitir um conjunto de decisões e/ou operações que levem à reposição da sequência original.

Estas sequências de correcção são essenciais para a caracterização dos riscos do processo pois, no essencial, é a sua adequação ao fim para que foram projectadas, por um lado e a sua fiabilidade, por outro, que contam.

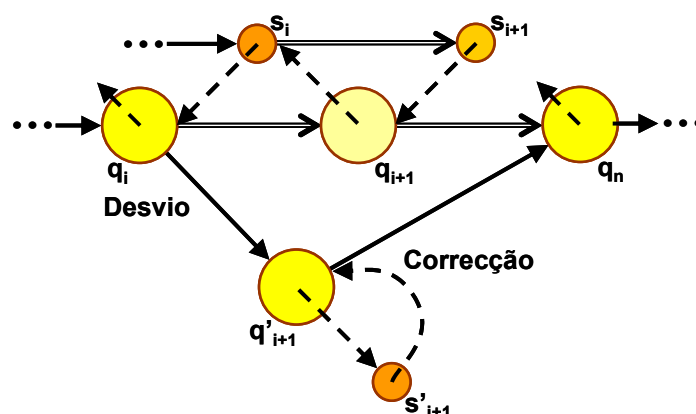


Figura [39] – Sequência de correcção

Designa-se por sequência de correcção ( $\epsilon_{\text{correcção}}$ ) a que resulta na retoma do processo ( $\epsilon_{\text{normal}}$ ), mesmo que o êxito desta possa não ser total.

No entanto, a sequência secundária provocada por um desenvolvimento em árvore pode ser de controlo difícil ou mesmo impossível, levando a um ponto de rutura, ou seja, a um acidente.

A ocorrência de um desvio na sequência normal pode, portanto, considerar-se como uma eventual origem de acidente.

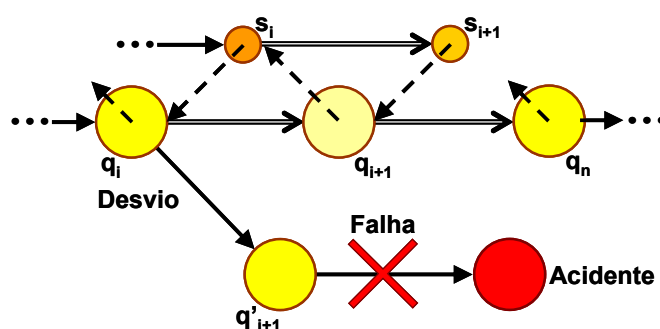


Figura [40] – Sequência de falha

Este tipo de sequência é designado por sequência de falha ( $\epsilon_{\text{falha}}$ ) cabendo, com o anterior, num tipo genérico ( $\epsilon_{\text{desvio}}$ ).

Como caso particular de  $\mathcal{E}_{\text{desvio}}$  poder-se-ão considerar outras sequências alternativas, nomeadamente as sequências de alarme  $\mathcal{E}_{\text{alarme}}$ .

### *Anomalias e suas causas*

Quando a sequência prevista para a realização de uma operação técnica se altera, diz-se que houve uma anomalia que provoca um desvio ou uma falha técnica.

De facto, uma anomalia traduz-se num desvio da intenção de operação provocando uma falha do sistema e conduzindo a uma sequência adventícia não esperada (e, muitas vezes, não desejada).

As anomalias ocorrem, sempre, devido a um conjunto de causas e originam uma ramificação do processo, que pode ou não ter sido considerada na sua conceção e desenho. E, naturalmente, isto tem consequências.

A ocorrência de uma anomalia na etapa  $i-1(q_{i-1}, s_{i-1})$  do processo faz com que, em vez da esperada etapa  $i(q_i, s_i)$ , apareça uma etapa  $i'(q'_i, s'_i)$  não prevista. A sequência gerada por  $i'(q'_i, s'_i)$  será, portanto, diferente da programada, dando origem a uma variante da operação técnica que pode resultar numa sequência de recuperação (controlo da situação anómala) ou numa sequência de desvio que pode levar ao bloqueio do processo conduzindo, eventualmente, a um acidente.

Como ficou dito, qualquer anomalia resulta de um conjunto de causas ou, mais precisamente, de uma ocorrência simultânea de diversas condições (tecnológicas, humanas, ambientais...) que apresenta um nexo de causalidade com a falha verificada.

Deste modo, uma sequência de falha pode ser representada por:

**{causas  $\rightarrow$  anomalia  $\rightarrow$  desvio do desenvolvimento da operação técnica}**

Uma anomalia refere-se, sempre, a um dos subsistemas  $s$  ou  $q$  – isto é, modifica ou altera o conteúdo/alcance de uma *decisão* ou o resultado/consequência de uma *operação* – e pode incidir quer sobre uma etapa  $e$ , quer sobre uma transição  $t$ .

Deste modo, podem considerar-se quatro tipos de anomalias:

- $A_e^q \rightarrow$  No decurso da etapa  $i$ , anomalia de  $q_i$  que se transforma em  $q'_i$  em virtude da causa  $C_e^q$

- Os grafos orientados correspondentes à incidência destes tipos de anomalias serão, então, os que acompanham a respetiva descrição.

- 
- The diagram illustrates the proposed model architecture. It shows a sequence of states  $q_i$  and  $q_{i+1}$  (yellow circles) and observations  $s_i$  and  $s'_{i+1}$  (orange circles). A dashed arrow indicates a feedback loop from  $q'_{i+1}$  back to  $q_i$ . A red dotted arrow points from the anomaly detection module  $C_e^q$  to the state  $q_i$ . The module  $C_e^q$  is labeled "Anomalia" and  $A_e^q$ .

São causas de anomalias deste género:

- Uma anomalia tipo  $\mathbf{A}_e^s$  (figura [42]) resulta de uma causa  $\mathbf{C}_e^s$  que modifica  $\mathbf{s}_i$  no decurso da etapa  $i$  e a transforma em  $\mathbf{s}'_i$ .

Esta nova decisão vai alterar o processo pois o procedimento esperado foi mudado. A passagem esperada (que seria  $s_i \rightarrow s_{i+1}$ ) dá lugar a uma passagem ( $s_i \rightarrow s'_i$ ).

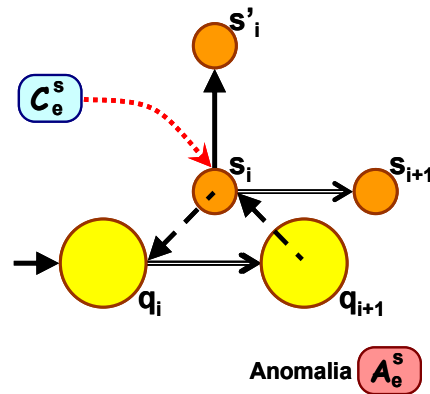


Figura [42] – Anomalia  $A_e^s$

Este fenómeno está ligado a falhas de lógica sequencial ou aos comandos. Podem ser suas causas:

- Avaria do circuito de comando;
- Avaria do instrumento de medição;
- Informação não prevista que conduza à transmissão de um comando desajustado;
- Leitura ou interpretação errada de dados;
- Etc.

Uma anomalia tipo  $A_t^q$  (figura [43]) ocorre quando, no fim da transição e por influência da causa  $C_t^q$  a operação  $q_i$  não passa naturalmente, como seria de esperar, a  $q_{i+1}$  mas sim a  $q'_{i+1}$ . A operação  $q'_{i+1}$  não pertence à sequência normal, provocando, assim, a transição  $s_i \rightarrow s'_{i+1}$ .

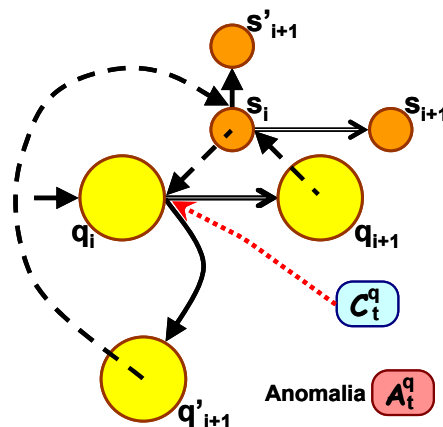


Figura [43] – Anomalia  $A_t^q$

Esta situação pode aparecer no caso de:

- Falta de resposta do sistema ao comando;
  - Esgotamento do *stock* de matéria-prima;
  - Ultrapassagem da capacidade da máquina;
  - Falta de directivas para a condução do processo (informação insuficiente, esquecimento de ordens de comando...);
  - Etc.
- Uma anomalia tipo  $A_t^s$  (figura [44]) acontece devido à ocorrência de uma causa do tipo  $C_t^s$  que actua no fim da transição fazendo com que  $s_i$  não se transforme em  $s_{i+1}$  mas sim em  $s'_{i+1}$ .

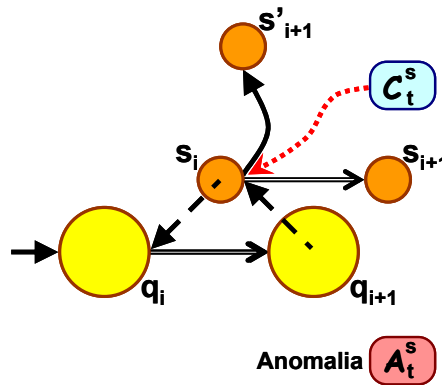


Figura [44] – Anomalia  $A_t^s$

O fenómeno aparece no caso de:

- A informação proveniente de  $q_{i+1}$  estar desvirtuada ou ser insuficiente;
- Falta de formação do operador;
- Impossibilidade de realizar  $s_{i+1}$  (cansaço do operador, ordens contraditórias...);
- Procedimentos mal (ou insuficientemente) definidos;
- Etc.

Qualquer que seja o tipo de anomalia detetada numa etapa  $e_i$  ou numa transição  $t_i^q$  ou  $t_i^s$ , o par  $(q_i, s_i)$  será substituído por um novo par  $(q'_i, s'_i)$ , estranho à sequência normal (expectável)  $\epsilon_0$ , dando origem a uma sequência alternativa  $\epsilon_1$ .

Esta nova sequência pode ter vários tipos de desenvolvimento:

- Sofrer uma alteração – por iniciativa humana ou por autorregulação – que a faça retomar a sequência principal  $\epsilon_0$  ou  $\epsilon_{normal}$  através de uma sequência correctiva  $\epsilon_{correção}$ . Neste caso está-se perante uma acção de controlo do risco.



- Iniciar uma sequência de alarme  $\epsilon_{\text{alarme}}$  que permita uma actuação – humana ou automática – “a posteriori”. Isto implica, também, um controlo do risco.
- Prosseguir até atingir uma conclusão  $q'_f$  diferente da que se pretendia, seguindo uma sequência  $\epsilon_{\text{desvio}}$  o que equivale a uma alteração ao desenvolvimento desejável do processo.
- Ser alterada por novas anomalias, dando origem a sequências alternativas  $\epsilon_{\text{falha}}$  que podem conduzir ao bloqueio do sistema, ou seja, a uma ocorrência profissional danosa.

Assim, um acidente pode ser consequência de um conjunto de falhas hierarquizadas em diversos níveis de significância e, por isso, passíveis de ser tratadas recorrendo a uma árvore de falhas.

As anomalias, no processo, podem ocorrer em paralelo, isto é, torna-se necessário que todas ocorram para que se atinja o ponto de rutura.

Tal equivale, portanto, a uma porta  $\{E\}$  numa árvore de falhas:

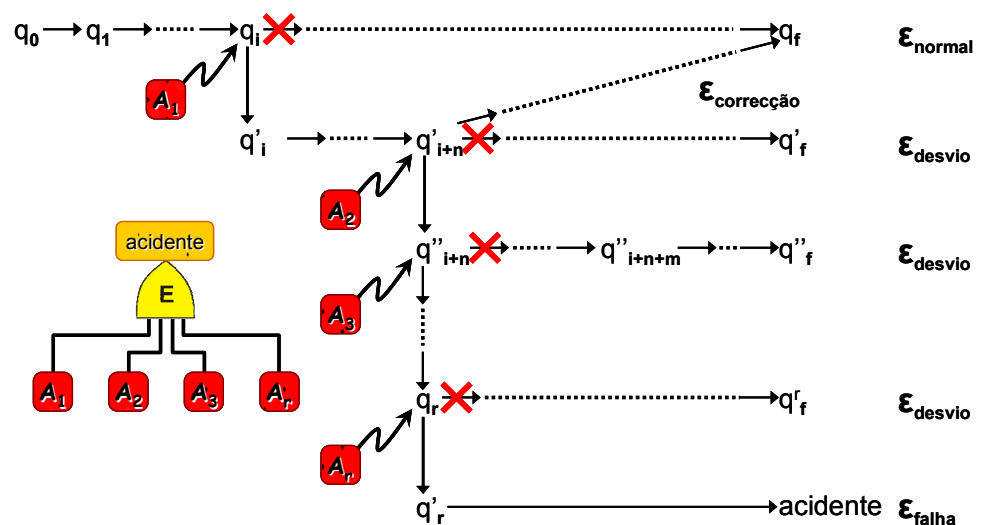


Figura [45] – Anomalias em paralelo

Mas as anomalias podem, também, aparecer num sistema em série, ou seja, basta que uma delas ocorra para que o desenvolvimento do processo se encaminhe para uma falha/acidente.

Numa representação de árvore de falhas, esta situação corresponderia a uma porta  $\{OU\}$ :

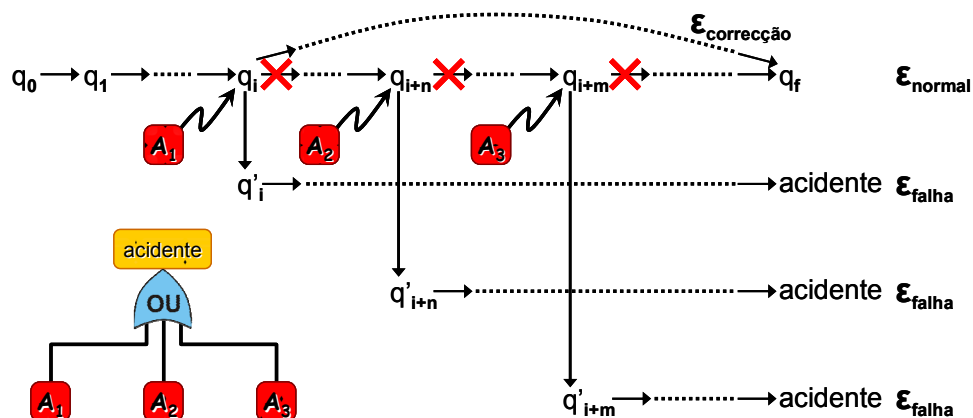


Figura [46] – Anomalias em série

### Aplicação das técnicas de análise por árvores lógicas

O modelo de Quinot e Moyen baseia-se numa tradução conceptual do processo técnico assente numa sequência de etapas, ligadas por passagens ou transições que, partindo de uma operação inicial  $Q_0$ , conduzem a uma operação final – expectável ou desejável –  $Q_f$ , sendo todas as operações decomponíveis em operações primárias  $q_i$  e cada uma das etapas constituída por um par [operação-decisão].

Naturalmente que cada operação apresenta uma determinada fiabilidade, podendo falhar em função de um conjunto de disfuncionamentos verificados nas suas operações primárias. Esta relação pode ser representada por uma *árvore de falhas*. Por outro lado, as anomalias detetadas ao nível das decisões permitem um tratamento probabilístico traduzível numa *árvore de decisões*.

Tendo em atenção o tratamento das causas utilizando uma *árvore lógica de causas* e o desenvolvimento das consequências representável por uma *árvore de efeitos*, pode alargar-se o conceito de gestão, correspondendo a um desenvolvimento do tipo de abordagem “*bow tie*” já referida. Este assunto será tratado pormenorizada-mente adiante, no ponto 6.2.7..

A utilização deste modelo permite tratar o risco analisando as suas causas e os seus efeitos até ao nível do processo técnico, isto é, até ao nível do subsistema empresa, deixando de fora as possíveis contribuições situáveis em subsistemas mais envolventes. Qualquer avaliação de risco terá, assim, que ter em consideração os resultados da aplicação do modelo proposto, acrescidos das considerações

pertinentes que relevam de um conceito mais sistémico e integrado de processo produtivo<sup>52</sup>.

### Parâmetros

Para que se verifique uma situação de risco, é condição necessária a presença de um ou mais perigos em simultaneidade com a existência de condições de trabalho que permitam tornar real uma potencialidade.

Mas esta condição não é suficiente para que a situação de risco se transforme numa ocorrência profissional danosa.

As causas estão lá, definidas pelos pares [perigo/condição de trabalho] mas a concretização dos seus eventuais efeitos é regida por uma probabilidade sempre *superior a zero* (não há acontecimentos impossíveis) e sempre *inferior a um* (um acontecimento certo não cabe na definição de acidente, incidente, quase-acidente ou doença profissional).

Para além do exposto, uma situação de risco caracteriza-se, também, pela possibilidade de conduzir a efeitos indesejáveis, ou seja, de provocar danos.

Em termos de parâmetros, isto significa que a valoração relativa de danos será sempre *maior que zero*, reservando-se o *valor um* para a perda total<sup>53</sup>.

Quando se verifica, de facto, a concretização das consequências das causas presentes, estar-se-á em presença de uma ocorrência, definida como profissional (por-

---

<sup>52</sup> O conceito de *processo produtivo* é mais abrangente porque inclui – mas não coincide, necessariamente, com – o de *processo técnico*, ou seja:

$$[\text{processo produtivo}] \cap [\text{processo técnico}] = [\text{processo técnico}]$$

$$[\text{processo produtivo}] \cup [\text{processo técnico}] \geq [\text{processo técnico}]$$

<sup>53</sup> A perda total – em termos globais sistémicos – também se pode considerar como inexistente. Há sempre um certo grau de recuperação possível

Naturalmente que este conceito não é aplicável a lesões nas pessoas, de tal modo graves que resultem em morte, nem às situações que possam ser classificadas como catastróficas.

que se enquadra no funcionamento de um processo produtivo) e danosa (porque dá origem a consequências mensuráveis).

Nestas circunstâncias, a árvore de causas que, numa situação de risco, era condicional, passa a apresentar apenas portas lógicas **{E}** (todas as causas se manifestaram, de facto) e a árvore de efeitos passa a ser factual (os danos são reais e detetáveis).

### 3.2.2.3. Aplicabilidade dos métodos de avaliação de risco

Basicamente e tendo presentes as representações do tipo “*bow tie*”, a uma situação de risco – ou a uma ocorrência profissional danosa – está associada uma árvore de causas e uma árvore de efeitos.

Na bibliografia encontram-se inúmeras técnicas que podem ser enquadradas, especificamente, em cada um destes tipos de metodologias.

Oportunamente será feita uma análise mais aprofundada e especializada de diferentes técnicas utilizáveis, estudando a sua aplicabilidade casuística e as suas potencialidades e limitações. Aqui, far-se-á apenas uma referência às características de cada um dos géneros, determinantes para o estabelecimento de um conceito de risco profissional.

Não é indiferente o facto de se estudar uma situação de risco ou de se analisar uma ocorrência profissional danosa. No primeiro caso, os danos podem acontecer, no segundo, já se verificaram.

Deste modo, tratando-se de uma situação de risco – e é neste campo que as metodologias de avaliação de riscos são mais urgentes e onde, nomeadamente, existe uma base legal que impõe a sua realização – há que considerar uma perspectiva proactiva que implica duas vertentes fundamentais:

- As árvores de causas serão, sempre, do tipo condicional, isto é, as causas de nível de significância **[n+1]** contribuirão para as causas de nível de significância **[n]** de uma forma necessária e/ou suficiente, com probabilidades *inferiores a um*.

Cabem neste tipo de metodologia, por exemplo, as técnicas de árvores de falhas (que possibilitam cálculos de probabilidades baseados em bases de

dados de fiabilidade de componentes, máquinas ou sistemas), os métodos “*what if*”, os métodos descritivos do tipo da análise de fluxogramas, da análise de incidentes críticos (“*incident recall*”) ou dos exames clínicos no âmbito da saúde no trabalho, ou as técnicas MORT, de árvores de decisões proactivas e de árvores de causas tratadas probabilisticamente.

- As árvores de efeitos terão em conta consequências potenciais, passíveis de virem a ser verificadas.

Como técnicas básicas, poder-se-ão elencar, como exemplo, os métodos “*if then*” (dos quais as árvores de acontecimentos são um caso típico), os estudos do desenvolvimento de lesões crónicas, as árvores de decisão de gestão de crises, a análise de sequências alternativas num processo técnico.

O estudo de ocorrências profissionais danosas pode (e deve) ser considerado – em termos de metodologia integrada de avaliação dos riscos profissionais – como um meio, mais do que um fim em si próprio.

De facto, esse estudo permite, principalmente, coligir e tratar dados utilizáveis nos cálculos e considerações aplicáveis à análise de situações de risco mas, também, a desenvolver e afinar metodologias de identificação e de quantificação de causas e de consequências.

Análises estatísticas da sinistralidade e da morbilidade laboral, métodos descritivos de investigação de acidentes, incidentes e quase-acidentes, árvores de causas clássicas (retroactivas), são algumas das técnicas aplicáveis ao lado das causas (do diagrama “*bow tie*”).

Do lado dos efeitos são utilizáveis, nomeadamente, diversas técnicas de cálculo de custos, análises de sequências de falha, árvores de efeitos em cascata, diagnóstico clínico de acidentados ou estudo de necessidades de recuperação funcional.

Abordando a questão de outro ponto de vista, pode assumir-se que, independentemente do carácter proativo ou retroativo dos métodos, estes se podem classificar em qualitativos e quantitativos (incluindo, nestes últimos, os métodos semi-qualitativos).

Esta classificação é essencial para o estabelecimento de uma metodologia de avaliação dos riscos profissionais que se pretenda integrada (numa perspetiva vertical).

## **Métodos qualitativos**

Consideram-se qualitativos os métodos e as técnicas cujo objectivo é identificar, tipificar e caracterizar um ou mais parâmetros essenciais à formação do risco, bem como, com base nos seus resultados, qualificar o risco propriamente dito.

Na prática, verifica-se que, em muitos casos concretos, é suficiente – e, por vezes, apenas possível – a aplicação deste género de métodos.

Porque o tipo de trabalho, a capacidade de controlo, a fiabilidade dos dados disponíveis ou as exigências legais não aconselham (ou não permitem) o aprofundamento da análise.

Mas os métodos qualitativos são, eles próprios, fundamentais para qualquer tipo de metodologia de avaliação dos riscos profissionais, constituindo uma primeira fase, sem a qual será impossível desenvolver uma análise de criticidade e aplicar quaisquer técnicas quantitativas.

Para avaliar um risco de um ponto de vista qualitativo há, primeiro, que caracterizar as causas, o que significa identificar perigos e verificar a existência, em cada nó de estudo do processo produtivo, de condições de trabalho que os possam potenciar.

Tal estudo equivale à determinação dos pares [perigo/condição de trabalho] que permite classificar as causas de acordo com o seu tipo específico e, assim, detetar a sua provável influência no aparecimento de uma situação de risco.

Mas é, também, pertinente qualificar os eventuais danos, estudando a árvore de efeitos associada a essa situação de risco.

Essa qualificação passa, sempre, pela verificação do tipo de danos resultantes – humanos, materiais, económicos, sociais – e pela sua hierarquização em níveis de significância e em relação ao âmbito em que eles se venham a repercutir.

## **Métodos quantitativos (e semi-quantitativos)**

Após qualificar os riscos, estar-se-á perante um conjunto de causas e de efeitos ligado a cada uma das situações de risco identificadas no processo. Torna-se, então necessário quantificar, onde tal for possível, esses riscos, ou seja, é preciso encontrar uma forma de os medir. No entanto, em processos complexos ou abordados de uma forma global, essa tarefa pode revelar-se difícil e, principalmente,

destituída de viabilidade prática (ou mesmo de interesse, face a um estudo custo/benefício).

Há, portanto, que estabelecer um critério de abordagem prioritária baseado numa análise de criticidade de cada uma das situações de risco detetadas.

Naturalmente, os nós de estudo mais críticos deverão ser estudados prioritariamente, em detrimento de situações cuja criticidade para o desenvolvimento normal do processo seja mais reduzida.

Quantificar riscos quer dizer encontrar, por cálculo, um valor que o representa. Obviamente que um valor absoluto atribuído ao risco carece de significado. O que se procura são valores relativos, tomando como padrão um valor entendido como “normal”, o que leva à necessidade de definir “risco normal” ou “risco aceitável”.

Não é fácil definir o conceito de “risco aceitável”. A começar pelo próprio termo que é, normalmente, utilizado

De facto, será muito mais correcto usar a expressão “risco assumido”. Enquanto *aceitar* corresponde a uma atitude passiva, *assumir* implica um posicionamento ativo, que está muito mais de acordo com a filosofia básica da Segurança e Saúde no Trabalho.

Na realidade, trata-se de estabelecer um *limite inferior* para o valor calculado do risco que permita considerar que, abaixo dele, o risco é remanescente (suficientemente reduzido, embora sempre maior que zero) e como tal deve ser considerado, podendo as suas consequências ser absorvidas pela Entidade responsável pela gestão.

A área dos *riscos remanescentes* constitui uma parte do âmbito das acções de transferência de riscos, nomeadamente para uma Seguradora.

Diversos autores têm proposto valores para este limite. É natural que essas propostas se baseiem em casos concretos, em aplicações a determinados setores de actividade, a indústrias específicas ou a universos humanos delimitados. Não serão (nem pretendiam ser), deste modo, universais.

O conceito de “*risco tão reduzido quanto for razoavelmente possível*” (ALARP – *As Low As Reasonably Possible*) – também referido na bibliografia como ALARA – *As Low As Reasonably Achievable*, embora haja algumas diferenças entre estes dois conceitos – tornou-se comum na gestão dos riscos, muito particularmente quando

se estudam riscos catastróficos, sejam eles de origem natural, sejam acidentes industriais graves. Este conceito permite definir, casuisticamente, valores de risco considerados *aceitáveis face ao “estado da arte”*. Como se deduz da sua fórmula definidora (e se representa na figura [47]), o risco é directamente proporcional a ambas as variáveis  $p$  e  $d$ .

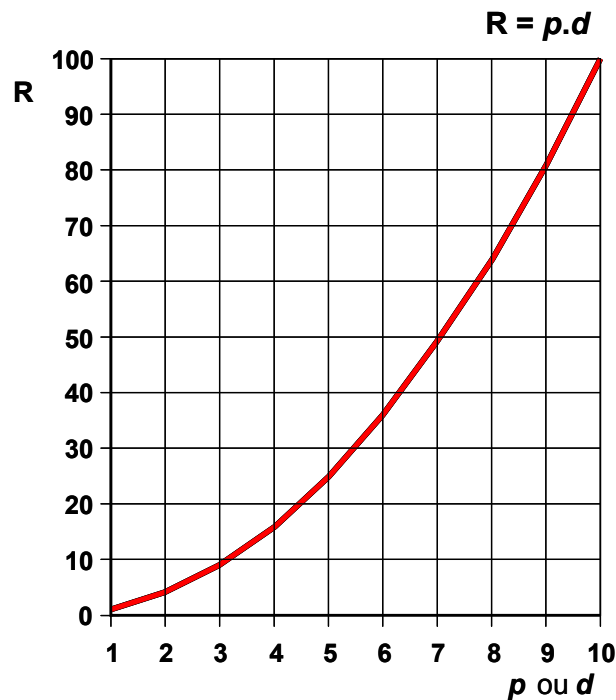


Figura [47] –  $R$  em função de  $p$  ou de  $d$

Mas considerar o risco como uma função contínua, valorável numa escala linear, implica que o mesmo se aplique aos seus fatores básicos de formação: a probabilidade ( $p$ ) e o dano ( $d$ ).

Se, casuisticamente, a probabilidade de ocorrência pode ser um parâmetro mensurável numa escala contínua (utilizando, para tal, técnicas de árvores de falhas, por exemplo), já para o cálculo do dano se torna muito mais difícil uma quantificação deste género. Não se consegue, facilmente, assumir um valor numérico (eventualmente expresso em unidades monetárias) para o prejuízo causado por uma lesão, por uma consequência social ou por um impacto ambiental.

De qualquer modo e numa representação mais de acordo com o conceito de risco expresso pelo algoritmo  $R = p.d$ , poder-se-ia considerar o risco calculado para uma determinada situação  $\alpha$  ( $R_\alpha$ ) como a área definida num plano  $[p ; d]$  pelas coordenadas  $p_\alpha$  e  $d_\alpha$ . Naturalmente que, para as situações  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  e  $\delta$  (indicadas na figura



[48]), será  $R_\delta < R_\alpha < R_\gamma < R_\beta$ . Neste contexto, a representação de situações de igual risco ( $R = \text{constante}$ ) será uma curva assintótica aos eixos.

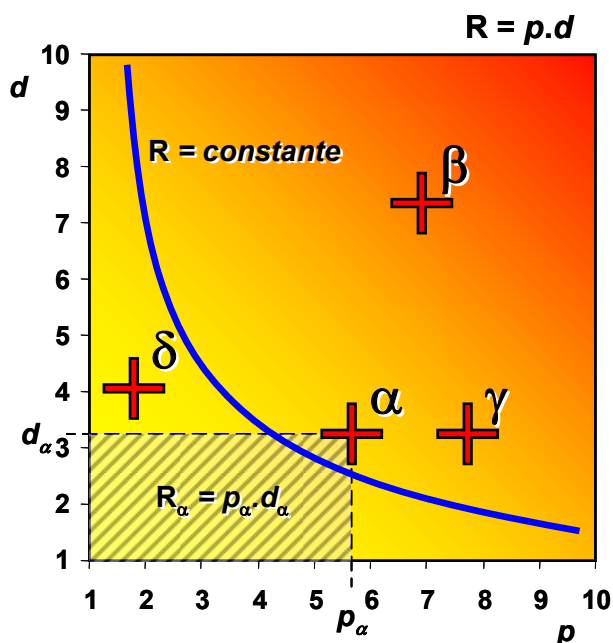


Figura [48] –  $R$  em função de  $p$  e de  $d$

Mas  $p$  e  $d$  medem-se em valores discretos.

Assim, pode concluir-se que, na maioria das situações encontradas na prática, o conceito de risco tem que ser tomado, também ele, como um conjunto discreto de valores, correspondentes às escalas descontínuas dos fatores fundamentais  $p$  e  $d$ . Isto é, está-se perante um conceito matricial.

Cada um desses valores tomados para a escala de risco corresponde a um subconjunto de elementos da matriz obtida conjugando os valores escalares de  $p$  e de  $d$ .

Ou seja, em vez de uma representação em plano, ter-se-á uma representação matricial<sup>54</sup>. As variáveis  $p$  e  $d$  são, agora, medidas através da utilização de escalas.

Os valores que lhes são atribuídos correspondem à valoração de cada um dos níveis ou “degraus” da escala seleccionada e são referentes a um descritivo que

<sup>54</sup> Tratando-se dos fatores de formação do risco básicos, estar-se-á perante representações bidimensionais.

Se se tomarem em consideração os fatores de formação do risco  $f_{pi}$  e  $f_{dj}$  como definidos no ponto 5.2.2.2., estas representações passarão a ser a  $n$  dimensões.

caracteriza cada um desses “degraus”. Deste modo, o risco será medido por um número que resulta do produto  $p_i \cdot d_j$  para cada um dos valores de  $p$  e de  $d$  das respectivas escalas.

Assim, uma escala de cinco “degraus” (por exemplo) é correspondente ao conjunto  $|1;2;3;4;5|$ , não existindo valores intermédios.

Considerando escalas idênticas para  $p$  e  $d$ , os valores do risco ( $R$ ) serão representáveis pelo conjunto:

$$|1;2;3;4;5;6;8;9;10;12;15;16;20;25|$$

Que corresponde à matriz:

5	10	15	20	25
4	8	12	16	20
3	6	9	12	15
2	4	6	8	10
1	2	3	4	5

Graficamente, estes valores podem ser representados por pontos num plano, num sistema cujas coordenadas são  $p$  e  $d$  (ver figura [49]).

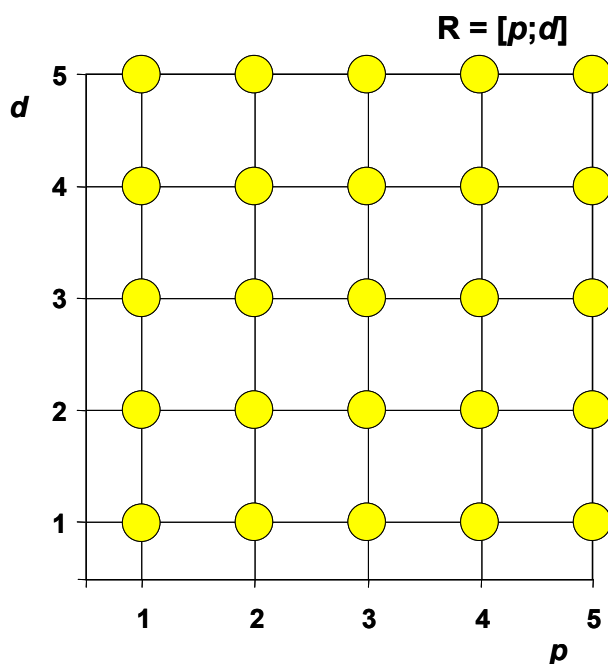


Figura [49] – Matriz de  $R$  em função de  $p$  e de  $d$

Isto significa que haverá  $N$  valores discretos para  $R$ , sendo  $N$  definido por:

$$N = n_{(p)} \cdot n_{(d)}$$

Equação [9]

onde  $n_{(p)}$  é o número de “degraus” da escala de  $p$  e  $n_{(d)}$  é o número de “degraus” da escala de  $d$ .

Mas a interpretação destes valores não é directa. Para começar, porque podem existir<sup>55</sup> valores iguais. Depois porque valores da mesma ordem de grandeza podem corresponder, em termos descritivos, a riscos que podem ser considerados semelhantes. Torna-se, portanto, necessário definir *níveis de risco* que englobem riscos equivalentes (do ponto de vista da aplicação prática da metodologia).

Normalmente utilizam-se, nesta caracterização, as curvas de risco constante já referidas. A cada nível de risco corresponderão, portanto, os pontos da matriz existentes *entre duas curvas de risco constante* predefinidas. Todos os pontos da matriz que satisfaçam estas condições pertencerão a um mesmo nível de risco.

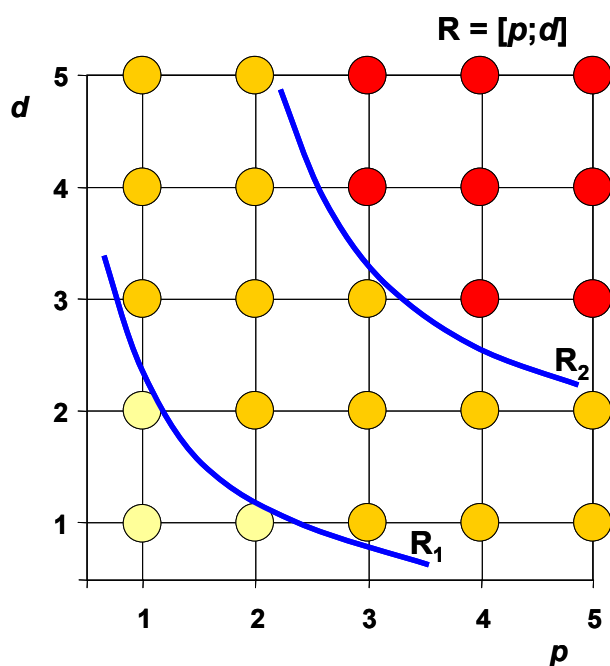


Figura [50] – Níveis de risco

<sup>55</sup> Existem, sempre, quando as escalas de  $p$  e de  $d$  são idênticas. Podem existir ou não se as duas escalas não coincidirem.

Está-se, portanto, perante uma representação discreta, em que o risco é escalonado e valorado de acordo com o *nível* onde se insere.

No caso do exemplo apresentado na figura [50], os níveis encontrados (três) definem-se da seguinte forma:

**Nível 1 –  $R < R_1$**

**Nível 2 –  $R_1 \leq R < R_2$**

**Nível 3 –  $R \geq R_2$**

Equações [10]

O estabelecimento dos valores a que correspondem os riscos constantes a utilizar na definição das referidas curvas depende, naturalmente, do tipo e amplitude das escalas usadas<sup>56</sup> e dos critérios aplicados para a sua escolha e valoração.

Stefan Pece e Aurélia Dascalescu, 1998, propõem um possível critério, justificado de uma forma concreta e simples.

No entanto, este critério não será, certamente, o único. Mas a discussão mais pormenorizada deste tema será tratada adiante, no ponto **6.4.2.4.**

### **3.3. ABORDAGEM DO CONCEITO DE RISCO**

Tomando como base as definições apresentadas anteriormente, será possível elaborar um conceito de risco profissional que seja integrado.

Este conceito deverá obedecer a um conjunto de características que, no essencial, o definem.

- O risco deve ser entendido de uma forma global e abrangente, tendo em consideração todos os fatores que contribuem para a sua formação;
- É a existência de processos produtivos que potencia o risco profissional. Desse modo, este nunca pode ser dissociado da sua dimensão sistémica;

---

<sup>56</sup> De notar que as escalas utilizadas nas figuras [42] a [45] para as variáveis **p** e **d** são arbitrárias e exemplificativas. Caso a caso, estas escalas serão definidas, tendo sempre em conta que, em termos lógicos **p** e **d** se situam entre *zero* e *um*.

- A própria noção de risco implica uma capacidade adaptativa fundamental. A técnica e a ciência evoluem constantemente e, daí, as tecnologias, as formas de organização, os mercados, não param de se transformar, de se alargar. O risco evolui e, como tal, a sua definição tem que ter, obrigatoriamente, um carácter dinâmico.

### **3.3.1. Característica global do risco**

A vida de uma Empresa ou de uma Organização (porque se estão a tratar, particularmente, riscos profissionais) supõe a exposição a um conjunto muito alargado de pares [perigo/condição de trabalho], desde os que resultam do próprio processo técnico – químicos, físicos, biológicos, tecnológicos, organizacionais, ambientais ou de gestão – até aos que derivam da sua inserção no mercado, na comunidade, no meio sócio-económico, passando pelos que estão relacionados com os próprios actores do processo, desde dirigentes a operadores, com os seus conhecimentos, as suas competências, a sua personalidade, a sua saúde.

Entender o risco de uma forma global significa a consciência de que coexistem riscos múltiplos, de que há uma interligação e uma interdependência entre eles e que como tal devem ser tratados.

Todos os tipos de riscos devem ser considerados numa análise da situação da empresa. Isto tem que ser tomado em atenção sempre que se efectuarem análises de vulnerabilidade, em particular na definição dos pontos críticos.

Seja numa unidade fabril ou num setor de serviços, um eventual acidente, mesmo que localizado, tem efeitos globais sobre toda a organização.

Há uma interdependência entre subsistemas e sectores que dá origem a uma transmissão – e mesmo a uma multiplicação – de efeitos e de consequências.

Mas, para analisar esta situação, há que considerar todos os aspetos que contribuem para a situação de risco, quer do lado das causas, quer do lado dos efeitos.

#### **3.3.1.1. Universalidade do conceito de risco**

As considerações anteriores levam a assumir que o risco está presente em todo o processo produtivo e em todos os processos produtivos.

Isto leva a concluir que noção de risco é aplicável, universalmente, a toda e qualquer situação.

É evidente que as causas e as consequências específicas de uma situação de risco dependem do próprio processo que está a ser analisado. Mas as noções de causa e de efeito, de probabilidade de ocorrência e de dano expectável são de tipo único e universal.

Este conceito não prejudica as abordagens particulares que serão, sempre, necessárias. Mas mesmo estas têm um carácter generalista, quer se tratem disfuncionamentos nas máquinas ou equipamentos, quer se avaliem erros humanos, quer se estude a organização, quer se analisem mercados.

### **3.3.1.2. Abordagem integrada do risco**

Entendendo o risco como um conceito global, a sua abordagem tem que ser feita de uma forma integrada.

Concretamente, isto significa que não é viável restringir a noção de risco a um tipo de causas, a um tipo de efeitos, a um tipo de processo produtivo (ou seja, há que integrá-la horizontalmente), como não é possível caracterizá-la de uma forma apenas qualitativa<sup>57</sup> ou quantitativa (o que implica uma integração vertical).

A perspetiva horizontal desta integração resulta do próprio conceito de árvore de causas e de árvore de efeitos, tendo em conta que os “ramos” de qualquer destas análises não são independentes entre si.

De facto, causas de tipo muito diferente não só podem contribuir (com diferentes significâncias) para uma mesma situação de risco como se influenciam umas às outras, não pelo elemento “perigo” (que, por definição, é um conceito absoluto) do par que as define mas, principalmente, através do elemento “condição de trabalho”. Idêntico raciocínio pode ser feito no que diz respeito aos efeitos.

---

<sup>57</sup> Quando se considera terminada a execução de um processo de avaliação de risco na sua fase qualitativa, não é porque não seja, teoricamente, possível ir mais longe mas porque uma análise de pertinência técnica e da relação custo/benefício não o recomenda.

Mas o conceito de risco pode, também, ser abordado de um ponto de vista vertical, em particular se se liga a metodologias de avaliação.

Aliás, mais correctamente, não será ao conceito de risco que se aplica a perspectiva vertical mas sim à metodologia utilizada que o tem como base.

Neste contexto, pode considerar-se que uma metodologia de avaliação de riscos deve incluir diversas fases, sequenciais e interligadas, de forma a que a realização de cada uma delas depende de dados obtidos na anterior e fornece os elementos necessários para o desenvolvimento da fase seguinte.

### 3.3.2. Característica sistémica do risco

Uma Empresa é um sistema complexo.

Por um lado, insere-se, como subsistema, em estruturas mais amplas (comunidade, região, país...). Por outro, agrega em si um conjunto de subsistemas internos (produção, área comercial, gestão de recursos humanos, qualidade, área administrativa e financeira, segurança...) que, para funcionarem de uma forma eficiente, têm que estar em equilíbrio e que ter objectivos estratégicos comuns e bem definidos.

É evidente que todos estes subsistemas interagem entre si e mesmo, nalguns casos, com as envolventes externas à Empresa.

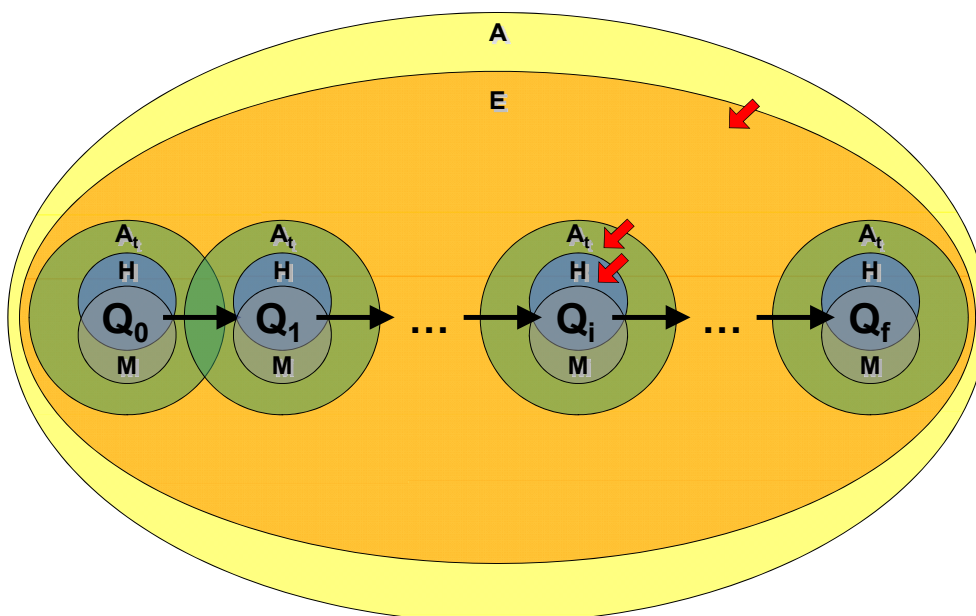


Figura [51] – Vertente sistémica do conceito de risco profissional

Cada uma das operações, na sequência que constitui o processo produtivo, relaciona-se directa ou indirectamente com o sistema, amplo e abrangente no qual esse processo se insere e que se esquematiza na figura [51], influenciando-o e sendo, por ele, influenciadas.

Assim, a avaliação dos riscos da Empresa não pode ser desligada desta complexidade/unidade e deve ter sempre em consideração as inter-relações entre os diversos setores e subsistemas, isto é, deve ser encarada de um modo sistémico.

### 3.3.2.1. O risco como uma componente do processo produtivo

Como foi referido anteriormente, um processo produtivo é um conjunto sequenciado de operações que, a partir de uma ou mais operações iniciais conduz a um estágio final que concretiza a colocação (e utilização) no mercado de um produto ou serviço por ele considerado necessário.

A grande maioria destas operações insere-se em subsistemas **homem/máquina**, por sua vez integrados em subsistemas **ambiente de trabalho**. Mas todas elas são influenciadas pelos subsistemas envolventes – **empresa, homem/ambiente económico, homem/ambiente social, homem/ambiente ecológico**, nomeadamente<sup>58</sup> – de uma forma mais ou menos importante. Esta influência revela-se em diferentes aspetos:

- Condicionantes económicas, nomeadamente por um lado, disponibilidade de matérias-primas, logística, acesso ao crédito, mercado de mão-de-obra com as especializações necessárias; por outro lado, distribuição de produtos, *marketing*, apetência de consumo, qualidade.
- Condicionantes sociais, em particular o nível de vida da comunidade, a estabilidade familiar, as infraestruturas básicas, a formação académica e cívica dos trabalhadores/consumidores, as necessidades por eles sentidas.
- Condicionantes organizacionais ou de gestão, como por exemplo políticas empresariais de qualidade, ambiente, segurança e responsabilidade social, sistema de manutenção das instalações, gestão de *stocks*, *outsourcing*, organograma hierárquico e organograma funcional, horários de trabalho, política

---

<sup>58</sup> Ver figura [9], no ponto 2.2..



salarial e de prémios/benefícios, organização da medicina, higiene e segurança no trabalho.

- Condicionantes tecnológicas, principalmente relacionadas com o processo técnico, fluxogramas de fabrico, máquinas, equipamentos, instalações, instrumentação de medida e de controlo, “*lay outs*”. Mas, dentro das condicionantes tecnológicas pode ser considerado um subconjunto posto de trabalho/tarefa/função no qual também os produtos, substâncias e misturas utilizados (que podem, em certos casos, constituir-se como agentes agressores químicos), os agentes agressores físicos e/ou biológicos presentes, os vários tipos de energia postos em jogo, são condicionantes a ter em conta.

Todos os fatores caracterizados constituem perigos que, quando associados às condições concretas de trabalho, resultam nas causas de uma eventual situação de risco, ela própria, como se viu, ligada a um possível conjunto de efeitos. Portanto, o risco faz parte integrante do processo produtivo. Está sempre presente e pode tornar-se significativo ao ponto de o inviabilizar. É uma característica da análise probabilística de fatores parcialmente aleatórios (como são os que se prendem com as eventuais causas das situações de risco) que a probabilidade não pode ser levada a zero.

Isto significa que é tecnologicamente impossível garantir que uma determinada ocorrência profissional danosa não se vai dar e que, portanto, se acontecer, dará origem, de certeza, a danos mensuráveis, sejam eles lesões ou patologias nas pessoas envolvidas, sejam a destruição, avaria ou disfuncionamento de bens ou de meios materiais, seja a desorganização ou a falha do processo de produção, seja o impacto ambiental produzido, seja a alteração do balanço energético, seja o efeito negativo nas famílias, na sociedade e na comunidade envolvente, seja, mesmo, a sua repercussão ao nível macroeconómico<sup>59</sup>.

---

<sup>59</sup> As teorias recentes, de origem japonesa, do “acidente zero” correspondem, de facto, a uma procura, consciente e organizada, de técnicas que permitam minimizar a probabilidade de ocorrência de acidente, actuando em todas as causas passíveis de serem conhecidas e, como tal, controladas, utilizando, para isso, conhecimentos psicossociológicos aliados à aplicação de desenvolvimentos tecnológicos que visam a segurança intrínseca e a fiabilidade dos equipamentos e das instalações.

### 3.3.2.2. O “sistema doente”

No que se refere a um ser humano, a OMS<sup>60</sup> define a saúde como “um estado de completo bem-estar”. A Agência Regional Europeia do mesmo organismo completa esta definição dizendo que saúde é “a medida em que um indivíduo ou grupo é capaz, por um lado, de realizar aspirações e satisfazer necessidades e, por outro, de lidar com o meio ambiente”.

Fazendo uma analogia, pode considerar-se que um sistema que engloba um processo produtivo é “saudável” na medida em que é capaz de satisfazer o seu mercado, com efeitos mínimos e controláveis sobre a sua envolvente.

As definições da OMS não implicam a afirmação de que “saúde é ausência de doença”. Do mesmo modo, um sistema “saudável” não está isento de risco. Ele existe, está presente e a sua pertinência – tal como a doença no homem – deve ser avaliada de modo a que sejam tomadas as medidas de controlo necessárias para minimizar a probabilidade de uma ocorrência profissional danosa e para reduzir as consequências das que, mesmo assim, venham a acontecer.

Como se viu anteriormente, o processo de controlo dos riscos passa pelo estabelecimento de barreiras entre as causas e a situação de risco e entre esta e os seus potenciais efeitos.

Deste modo e utilizando a analogia anterior, a análise das diversas “patologias” de um processo produtivo significa identificar as possíveis falhas nas barreiras existentes, colmatá-las onde possível e criar novas e mais eficazes barreiras.

Assim, avaliar e controlar os riscos – fases essenciais de qualquer processo de gestão dos riscos – é assimilável aos procedimentos de diagnóstico e tratamento das “doenças” de um sistema complexo no qual se insere o processo produtivo em estudo.

#### O “diagnóstico”

A fase de diagnóstico corresponde (na gestão dos riscos) à identificação dos perigos, à verificação das condições específicas de trabalho, incluindo o estudo das

---

<sup>60</sup> Organização Mundial da Saúde.

vulnerabilidades do sistema a condicionantes internas e externas, à análise de criticidade das diversas situações de risco detetadas e à construção das árvores de causas e de efeitos para cada uma dessas situações, tendo em consideração o seu grau de criticidade.

Resumindo, esta fase consiste naquilo a que, geralmente, se chama *avaliação dos riscos profissionais*.

### **A “terapia”**

Avaliados os riscos, há que os “tratar”. Ou seja, há que os controlar.

A fase de controlo dos riscos concretiza-se na análise das barreiras (de prevenção e de protecção) existentes e na elaboração, planeamento e implementação de medidas correctivas<sup>61</sup> que sejam eficazes e eficientes na minimização do risco (que foi, previamente, avaliado).

Como em qualquer terapia, os resultados têm que ser, sempre e sistematicamente, monitorizados, levando esta acção ao estabelecimento dos procedimentos de correcção às medidas implementadas que se venham a considerar, eventualmente, necessários.

### **3.3.3. Característica dinâmica do risco**

Cada vez se vai tornando mais difícil acompanhar a evolução científica e tecnológica, nos mais diversos domínios.

Todos os dias a bibliografia científica é enriquecida com contribuições originais ou com novas interpretações de conceitos já conhecidos. E, muitas vezes, são descobertos novos perigos dos quais não havia consciência.

Todos os dias chegam ao mercado novos produtos, com características inovadoras, que vêm responder a uma (eventual) necessidade dos consumidores. Mas que podem revelar novos riscos no seu consumo ou na sua utilização.

---

<sup>61</sup> Novas e/ou melhores barreiras, por exemplo.

Todos os dias são registadas novas patentes respeitantes a novos processos tecnológicos, mais ou menos adequados a uma produção industrial, produção essa que pode apresentar riscos acrescidos.

Todos os dias se toma consciência de novos perigos e, conseqüentemente, de novos riscos.

Todos os dias haverá necessidade de procurar (de estudar, de desenvolver, de implementar) novas medidas de prevenção e de protecção para fazer face a estes novos desafios.

É por isto que uma concepção dinâmica do conceito de risco é essencial.

Deste modo, o tratamento do risco nunca pode ser entendido de uma forma estática, tem que ser adaptável aos novos conhecimentos e aos dados dia a dia disponíveis, tem que acompanhar, muito de perto e de uma forma crítica, a evolução do “estado da arte”.

Tal implica uma constante (e programada) monitorização dos resultados obtidos com a aplicação de procedimentos de controlo do risco, utilizando as metodologias mais adequadas, entre as quais é de salientar a necessidade de uma análise cuidada dos acidentes entretanto ocorridos, numa base histórica, procurando estabelecer as suas causas, quantificar as probabilidades de ocorrência envolvidas e calcular os custos que lhes estão associados.

Tal implica, também, uma adaptação sistemática – mas, necessariamente, cientificamente sustentada – das técnicas e dos métodos de avaliação utilizados.

O conhecimento científico resultante da pesquisa (teórica e/ou aplicada), a própria evolução das tecnologias e dos procedimentos técnicos, as características dos novos produtos, das novas substâncias, dos novos materiais, em constante descoberta ou desenvolvimento, obrigam a assumir que os conceitos – e, naturalmente, as metodologias – de avaliação de riscos tenham que se adequar a um sistema global em mutação permanente.

A génese e a sequência deste conhecimento é o que se pretende apresentar, de uma forma esquemática, na figura [52].

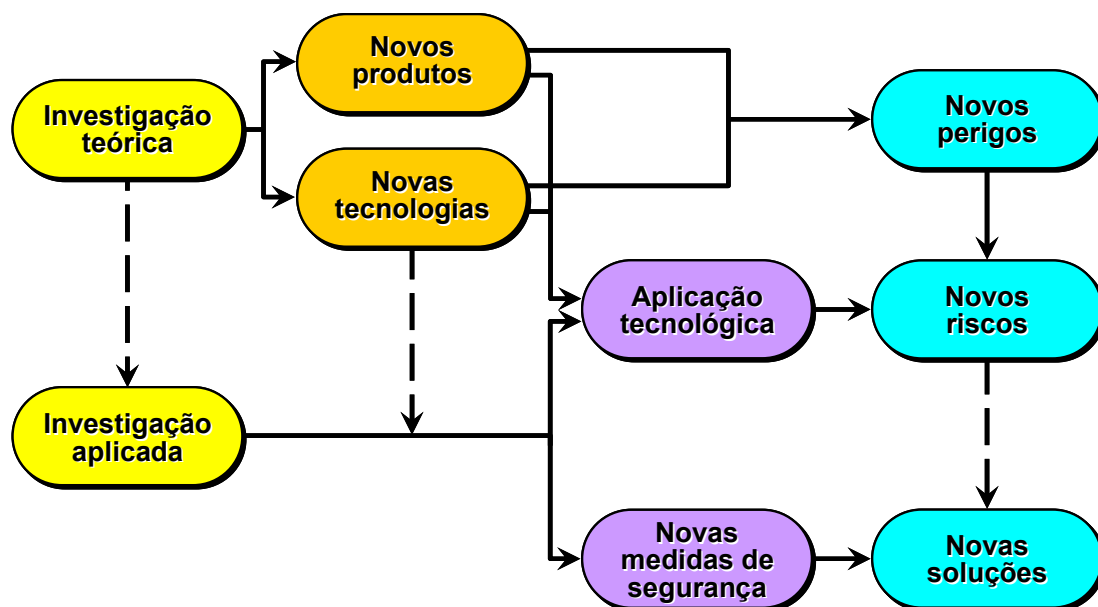


Figura [52] – Vertente dinâmica do conceito de risco profissional

### 3.3.3.1. Perspectivas de evolução

Da abordagem histórica da evolução do(s) conceito(s) de risco ressalta o facto de que, nas últimas três décadas se ter alterado radicalmente – e em diversas ocasiões – o paradigma segundo o qual o risco era entendido. E tudo indica que esta tendência se irá manter.

A evolução do conhecimento científico e tecnológico, o aumento da sofisticação – e a generalização da utilização – dos sistemas automatizados, automáticos, robóticos e de inteligência artificial, o exponencial crescimento da capacidade de cálculo, o alargamento das bases de dados existentes e a sua cada vez maior disponibilidade, a crescente preocupação de sustentabilidade ecológica a nível local e a nível global, a opinião pública, cada vez mais informada, mais reactiva, mais exigente, a globalização comercial, económica, social e política, farão com que o conceito de risco se vá alargando, cada vez mais de uma forma integrada.

Hoje em dia, os gestores de risco financeiro e de crédito ou os actuários, ainda pouco se identificam com as metodologias de gestão de riscos profissionais, ambientais ou de tráfego. A área da segurança física (de pessoas e bens) tem estado sempre um pouco à parte destas questões. Mas todas elas têm vindo a ser, progressivamente, integradas num conceito sistémico de avaliação de riscos.

A tendência de integração de conceitos e de metodologias é já evidente, podendo prever-se uma clara evolução neste sentido nos próximos anos.

### **3.3.3.2. Atuação multidisciplinar**

Estudar os riscos profissionais só será viável mediante a interligação, a integração, de toda a investigação, de todos os conhecimentos, de toda a prática de especialistas – dos Médicos do Trabalho, dos Engenheiros e Técnicos de Segurança, dos Enfermeiros do Trabalho, dos Ergonomistas, dos Sociólogos, dos Psicólogos, dos Juristas do Trabalho, dos Higienistas Industriais, dos Engenheiros do Ambiente, dos Economistas, dos Atuários e de tantos outros – que contribuem, de modo igual mas diversificado, para esta visão globalizante e integrada da relação entre o Homem e o seu Posto de Trabalho, o seu Ambiente Laboral e a sua Envolvente física, geográfica, ecológica, económica, social e política.

Mas, também, cada vez mais se considera que o envolvimento sistemático e empenhado de todos os níveis hierárquicos no processo de gestão dos riscos é essencial. Este tipo de abordagem leva, inevitavelmente, a uma visão dialéctica da questão, contrapondo generalismo a especialização, visão global a conhecimentos específicos, metodologia a método, ciência a técnica.

Pontos de vista que são característicos, especificamente, de diferentes ciências ou tecnologias, contribuem de um modo muito significativo para o desenvolvimento dos conhecimentos básicos sobre os problemas e as questões da Segurança. De facto, o que se procura é, no fundamental, usar as diferentes técnicas, características das variadas especialidades, com os seus conhecimentos específicos, para construir e aplicar uma metodologia integrada, apoiante de uma gestão que seja global e que utilize sistemas de recolha e de controlo de resultados essencialmente generalistas, quanto possível coerentes e tendencialmente universais.

### **3.3.3.3. A importância da noção de corresponsabilidade**

Até agora o tema responsabilidade tem sido deixado de fora da definição do conceito de risco profissional.

Não por que não seja pertinente mas porque se entende que não é função de uma avaliação de riscos – ou mesmo de uma análise de ocorrências profissionais dano-

sas – a procura de “culpados” mas sim, prioritariamente, a identificação de causas e de efeitos<sup>62</sup>.

No entanto, a ideia de responsabilidade não se resume às actuações directas ou indirectas que podem estar na origem de uma ocorrência<sup>63</sup>.

No que à avaliação de riscos profissionais diz respeito, pode considerar-se a responsabilidade como uma competência na implementação, manutenção e, principalmente, utilização correcta das barreiras interpostas entre as causas e a situação de risco e entre esta e as eventuais consequências.

Deste ponto de vista, há responsabilidades individuais, responsabilidades organizacionais e responsabilidades de gestão, sendo que qualquer destes grupos é, ainda, divisível em subgrupos mais específicos.

Por exemplo, são responsabilidades de gestão, nomeadamente, as que estão ligadas à chefia directa de um grupo de trabalho ou de uma equipa; as que se relacionam com o planeamento da produção (quer do ponto de vista do “fabrico” dos produtos, quer do ponto de vista do recrutamento, formação e motivação do pessoal, quer de carácter logístico); as que resultam da definição de políticas gerais ou sectoriais ou do estabelecimento das orientações estratégicas.

Mas toda esta gama de responsabilidades é do tipo individual – ou, quanto muito, específica de um colectivo restrito e seleccionado – e tem repercussão, directamente, no objecto a que se aplica.

De uma forma geral, o termo responsabilidade deve ser aplicado a um universo mais amplo, ou seja, existe uma responsabilidade de decisão, intimamente ligada à

---

<sup>62</sup> Isto, numa acepção clássica (e culturalmente dominante) de responsabilidade, ligada à culpabilidade ou, pelo menos, à quota-parte individual ou colectiva nos resultados dos diversos procedimentos.

<sup>63</sup> Algumas teorias, especialmente as desenvolvidas nas décadas de 1980/1990, enfatizam o “erro humano” e, muitas vezes, ligam-no a noções que implicam responsabilidade pessoal (negligência, distração, actuações intencionalmente incorrectas, omissões voluntárias e até auto-mutilação). Mas, existindo este tipo de comportamentos, não se podem considerar, por si só, determinantes de uma situação de risco, embora não devam ser ignorados.

autonomia do decisor, cujo âmbito depende, no essencial, da função ou da tarefa desempenhada. É este balanço entre autonomia e responsabilidade que define a capacidade de intervenção de cada um no desenvolvimento do processo produtivo.

Obviamente que esta noção não está relacionada (pelo menos directamente) com organogramas hierárquicos ou funcionais. Numa instalação altamente automatizada, a autonomia de decisão – e, consequentemente, a responsabilidade – é reduzida (sendo, na mesma medida, elevada ao nível do projecto).

Há, no entanto, outro tipo de responsabilidade que, num conceito alargado de risco profissional, assume uma importância significativa. É a noção de corresponsabilidade – um conceito transversal e universal – que pode ser caracterizada pela interligação e interdependência de qualquer decisão (individual ou colectiva) na segurança de um processo produtivo.

A frase “fabricar, de uma forma segura, um produto seguro” resume a ideia de corresponsabilidade. Todos, desde quem decide o aprovisionamento, quem escolhe e controla a qualidade das matérias-primas, até ao técnico de serviço pós-venda, passando pelos gestores que definem políticas genéricas e estratégias, pelos elementos da área fabril, pelo pessoal de manutenção, etc. são corresponsáveis pela segurança dos produtos ou dos serviços postos no mercado, tanto como pela forma como eles são produzidos.

Para além disso, é necessário ter a consciência de que qualquer acção, qualquer decisão tem repercussões, mais ou menos marcantes mas sempre significativas, não apenas na própria operação que está a ser realizada mas também em toda a sequência do processo técnico, com consequências que ultrapassam, definitivamente, o âmbito dos subsistemas mais restritos, isto é, que se fazem sentir fora do posto de trabalho em causa. No caso concreto de indústrias de alto risco (químicas, petrolíferas, nucleares, por exemplo, mas também as pequenas fábricas de pirotecnia ou certos trabalhos de construção civil) é de prever que a ocorrência de anomalias na decisão (do tipo  $A_6^s$  ou  $A_1^s$ ) possa vir a ter consequências, eventualmente muito graves, na comunidade envolvente, na região, no país ou mesmo além-fronteiras.



## 4. DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

### 4.1. SÍNTESE DO CAPÍTULO 2

Definidos que foram os diversos conceitos que enquadram e caracterizam a noção de risco – entendido de uma forma global e sistêmica – haverá lugar para a proposta de uma definição do próprio termo.

Basicamente, assume-se que *o risco deriva da probabilidade de ocorrência de uma situação passível de provocar danos*.

Esta definição básica pode ser especificada, quer em termos qualitativos, quer em termos quantitativos.

Assim, considerando um processo produtivo numa abordagem sistêmica, pode assumir-se que todo o seu funcionamento – orientado para a produção de bens ou serviços que constituem necessidades da sociedade onde se insere – depende de um sistema alargado que o condiciona.

O risco resultará, então, de um conjunto de causas que formam como que uma nuvem. No entanto, essas causas não são independentes umas das outras, antes se relacionam por um esquema de ligações em árvore.

Nesta nuvem (ver figura [53]), as causas não são todas igualmente significativas. Elas distribuem-se por níveis de significância que são patentes na árvore de causas que lhe corresponde.

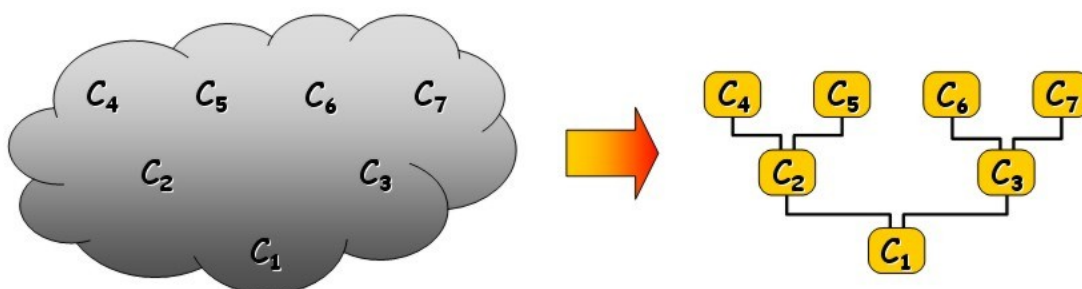


Figura [53] – Árvore de causas

Isto significa que haverá causas que estão latentes, só se tornando activas após a verificação de causas, de nível menos significativo, das quais são o efeito. Identificadas as causas possíveis de uma situação de risco, há que estabelecer a árvore de efeitos que, eventualmente, se verificarão caso tal situação evolua para uma ocorrência profissional danosa.

Nestas circunstâncias, pode definir-se risco como sendo a *concorrência (no espaço e no tempo) de causas capazes de produzir efeitos*.

Quando se fala de causas de baixo nível de significância<sup>64</sup>, está-se a referir condicionantes económicas, sociais, políticas, isto é, causas sediadas numa envolvente lata do processo produtivo. O mesmo se poderá dizer dos efeitos longínquos (mas nem por isso inexistentes ou negligenciáveis) que qualquer ocorrência profissional danosa pode provocar no meio ambiente ou na comunidade. Naturalmente, esta é uma abordagem essencialmente qualitativa do conceito de risco. Para o quantificar há que seguir uma via que passa por duas questões fundamentais.

Partindo do princípio que uma análise qualitativa prévia já identificou, caracterizou, tipificou e hierarquizou causas e consequências, há que

- definir os elementos que contribuem para a formação do risco e a forma como se relacionam;
- valorar, de acordo com critérios fundamentados, esses elementos.

De acordo com a definição genérica de risco, considera-se que existem dois fatores essenciais à sua formação, já anteriormente definidos como ***p*** e ***d***.

O fator probabilidade (***p***) está relacionado com:

- as possíveis causas de uma situação de risco, que para ela contribuem de uma forma que, em termos lógicos, se pode caracterizar por uma árvore de causas condicional;
- a fiabilidade das barreiras de prevenção implementadas.

O fator dano (***d***) resulta:

- das eventuais consequências – que se tornam reais se a situação de risco evoluir para uma ocorrência profissional danosa – dispostas segundo uma árvore de efeitos;
- da fiabilidade das barreiras de protecção existentes.

---

<sup>64</sup> Níveis superiores no esquema em árvore, quando esta é escrita de baixo para cima.

A relação entre estes dois fatores, definidora do **risco**, tem sido considerada como um produto:

$$R = p.d$$

Equação [2]

A opção por este tipo de relação tem sustentabilidade, dado que a impossibilidade de uma ocorrência ( $p = 0$ ) ou a sua inoquidade ( $d = 0$ ) implicam **risco nulo** (qualquer que seja  $d$  ou  $p$ , respetivamente), o que não acontece quando se utiliza uma relação sumativa como, por vezes, aparece na bibliografia, ou seja:

$$R = p+d$$

Equação [11]

Quer o fator  $p$ , quer o fator  $d$ , são, eles próprios, o resultado do produto<sup>65</sup> de um conjunto de *fatores de formação do risco* cuja identificação e caracterização irá depender da análise do processo técnico, alargada aos subsistemas envolventes que sejam pertinentes.

Estes fatores –  $f_{pi}$  e  $f_{dj}$  – estão relacionados, por um lado, com as causas<sup>66</sup> detetadas e, por outro, com os efeitos previsíveis face às eventuais sequências alternativas resultantes da(s) anomalia(s) ligada(s) à situação de risco, ou seja, as resultantes de um processo de avaliação do tipo “*bow tie*”.

De notar que a metodologia de avaliação de riscos profissionais se aplica, apenas, às situações de risco, servindo a análise de ocorrências profissionais danosas como meio de obter dados que permitam o controlo da eficácia das barreiras a instalar no processo produtivo e a definição dos parâmetros caracterizadores da valoração dos diversos fatores de formação dos riscos.

Sendo o tipo de relação entre os fatores  $p$  e  $d$ , normalmente, assumido como multiplicativo, tal significa que qualquer deles apresentará, sempre, valores positivos.

---

<sup>65</sup> Ou da soma, no caso de se utilizarem parcelas em vez de fatores, o que, neste contexto, é viável.

<sup>66</sup> E, consequentemente com os perigos e com as condições de trabalho, no *par* que define a causa.

Considera-se que o fator probabilidade pode ser medido pelo número médio de ocorrências profissionais danosas<sup>67</sup> que se verificam num certo intervalo de tempo:

$$p = \frac{N_{\text{opd}}}{\Delta t}$$

Equação [12]

O fator dano será representado pelo prejuízo médio por ocorrência profissional danosa:

$$d = \frac{\pi}{N_{\text{opd}}}$$

Equação [13]

Desta forma, pode definir-se o risco como o prejuízo (expectável) por unidade temporal:

$$R = p \cdot d = \frac{\pi}{\Delta t}$$

Equação [14]

nestas equações:

$N_{\text{opd}}$  → número de ocorrências profissionais danosas;  
 $\pi$  → prejuízo;  
 $\Delta t$  → intervalo de tempo.

Como se discutiu anteriormente, a aplicação de um algoritmo como o proposto tem que ser entendida, na grande maioria dos casos, como uma representação matricial onde ***p*** e ***d*** são conjuntos descontínuos de valores discretos e conseqüentemente, ***R*** será definido como uma matriz ou, mais correntemente, como um conjunto de subconjuntos dos elementos dessa matriz.

A determinação dos subconjuntos – que se identificam com os **níveis de risco** – implica uma definição de valores máximos e mínimos, definição essa que exige a aplicação de critérios cientificamente aceites e validados. Mas ***p*** e ***d*** são variáveis complexas.

Elas próprias são função de outras variáveis elementares com as quais se relacionam através das equações já referidas no ponto 3.2.2.2. e que aqui se reproduzem:

---

<sup>67</sup> Ou, mais precisamente, *número de possíveis ocorrências profissionais danosas*, já que se está a tratar situações de risco e não de ocorrências profissionais danosas.

$$p = \sum \log(f_{pi})$$

$$d = \sum \log(f_{dj})$$

Equações [6]

Deste modo, para calcular valores de  $p$  e de  $d$  há que aplicar estas equações.

Mas  $f_{pi}$  e  $f_{dj}$  podem, também, ser mensuráveis apenas por escalas descontínuas o que implica um tratamento matricial dessas relações.

Uma forma de abordar este problema será a de considerar “fatores intermediários”  $\varphi_{px}$  e  $\varphi_{dy}$ .

Seja

$$p = f_{p1} \cdot f_{p2} \cdot (\dots) \cdot f_{pn} \quad d = f_{d1} \cdot f_{d2} \cdot (\dots) \cdot f_{dm}$$

Equações [3]

que se podem escrever como

$$p = (((f_{p1} \cdot f_{p2}) \cdot f_{p3}) \cdot \dots) \cdot f_{pn} \quad d = (((f_{d1} \cdot f_{d2}) \cdot f_{d3}) \cdot \dots) \cdot f_{dm}$$

Equações [3]

Então,

$$\begin{aligned} \varphi_{p1} &= f_{p1} \cdot f_{p2} & \varphi_{d1} &= f_{d1} \cdot f_{d2} \\ \varphi_{p2} &= \varphi_{p1} \cdot f_{p3} & \varphi_{d2} &= \varphi_{d1} \cdot f_{d3} \\ &\dots & &\dots \\ p &= \varphi_{p(n-2)} \cdot f_{pn} & d &= \varphi_{d(m-2)} \cdot f_{dm} \end{aligned}$$

Equações [15]

Os fatores intermediários são, também eles, valorizados por níveis que se definem como subconjuntos dos elementos das seguintes matrizes:

$$||f_{p(n-1)}; f_{p(n)}|| \text{ e } ||\varphi_{p(x)}; f_{p(x+2)}|| \text{ para } \varphi_{px}$$

$$||f_{d(m-1)}; f_{d(m)}|| \text{ e } ||\varphi_{d(y)}; f_{d(y+2)}|| \text{ para } \varphi_{dy}.$$

Naturalmente que a utilização destes fatores intermediários pressupõe a possibilidade de os definir como fatores significantes do processo.

Por uma questão de simplificação, não foram considerados, nesta dedução, as ponderações aplicáveis aos fatores ( $\pi_i$  e  $\delta_j$ ) mas nada no raciocínio se altera desde que utilizem equações logarítmicas e se substitua  $\log f_{pi}$  por  $\pi_i \cdot \log f_{pi}$  e  $\log f_{dj}$  por  $\delta_j \cdot \log f_{dj}$ .

Haverá casos em que é, também, possível quantificar – ou escalonar – os perigos e as condições de trabalho, bem como a eficácia das barreiras de prevenção e de protecção<sup>68</sup>.

Esta eficácia pode ser ligada à noção, respetivamente, de **medidas de prevenção** e de **medidas de protecção**. O seu conjunto é, normalmente, designado por **medidas de correcção** ou **medidas de segurança**.

Deste modo, pode considerar-se que:

$$p = \frac{\text{Pr.Ct}}{M_{\text{Prev}}}$$

Equação [16]

e que:

$$d = \frac{Sd}{M_{\text{Prot}}}$$

Equação [17]

donde:

$$R = p.d = \frac{\text{Pr.Ct}}{M_{\text{Prev}}} \cdot \frac{Sd}{M_{\text{Prot}}} = \frac{(\text{Pr.Ct}).Sd}{M_{\text{Prev}} \cdot M_{\text{Prot}}}$$

Equação [18]

Nestas equações,

Pr → Perigo;

Ct → Condição de trabalho;

Sd → Sensibilidade ao dano;

M<sub>Prev</sub> → Eficácia das medidas de prevenção;

M<sub>Prot</sub> → Eficácia das medidas de protecção.

Portanto, se for possível quantificar – mesmo que esta quantificação seja feita pela valoração de intervalos numa escala de valores discretos – as variáveis **Pr**, **Ct**, **Sd**, M<sub>Prev</sub> e M<sub>Prot</sub>, pode-se, usando a equação [18], quantificar o risco.

---

<sup>68</sup> O facto de, em certas circunstâncias, não ser possível esta quantificação, não invalida a possibilidade de levar a efeito uma avaliação de riscos. Esta pode atingir, apenas, a fase de valorização qualitativa e os resultados da estimativa e do escalonamento do risco serão, por si próprios, resultados válidos.

A equação [18] significa que o risco (**R**) é uma função crescente com a valoração do produto do par [**Pr**; **Ct**] por (**Sd**) e decrescente com a valoração de ( $M_{Prev} \cdot M_{Prot}$ ).

Ou seja, o risco diminui,

- quer quando se *reduzem* os perigos e/ou as condições de trabalho adversas e/ou a sensibilidade ao dano do processo;
- quer quando se *aumenta* a eficácia das barreiras de prevenção e/ou de protecção.

Há, pois, dois algoritmos utilizáveis na quantificação do risco: os que correspondem, respetivamente, às equações [2] e [18].

Estes dois algoritmos não são, como se viu, independentes um do outro. Utilizar-se-ão, no essencial, em função da possibilidade de valoração das diversas variáveis implicadas.

Enquanto que a equação [2] está na base de todos os métodos de matrizes, como são, entre muitos outros, os métodos binários, o MARAT (Método de Avaliação de Riscos de Acidentes de Trabalho), ou o William T. Fine, a equação [18] justifica a aplicação de métodos como o Gretener, o FRAME (*Fire Risk Assessment Method for Engineering*) ou o ERIC (*Evaluation du Risque d'Incendie par Calcul*), por exemplo.

No seguimento do trabalho propor-se-á uma metodologia – que, no essencial, é baseada nos conceitos definidos e nas equações anteriores – que se pretende integrada, sistémica e de utilização quanto possível universal.

## 4.2. CONCLUSÕES DO CAPÍTULO 2

Ficou definido o risco, quer numa abordagem qualitativa, quer numa abordagem quantitativa, tendo em conta que, para tal definição, é essencial o conhecimento das possíveis causas e das eventuais consequências de uma ocorrência profissional danosa com origem numa situação de risco.

Isto, também, porque se definiu o conceito de causa (como um par [perigo/condição de trabalho]) e o de consequência (como resultado de uma sequência alternativa no decorrer normal do processo produtivo e relacionado com a noção de sensibilidade do processo produtivo ao dano), ambos entendidos de uma forma integrada e sis-

témica, considerando o processo como um sistema alargado com múltiplas influências, quer a montante, quer a jusante.

Sob este ponto de vista e em termos de terminologia, certas designações que se podem encontrar em diversa bibliografia e em produções científicas carecem de legitimidade como será o caso de “risco potencial” (por redundância) ou de “risco aceitável” – que deverá ser substituída por “risco assumível” – dado que se prefere uma *atitude activa* perante o risco remanescente, em detrimento de uma *atitude passiva*.

Outras expressões deverão ser utilizadas com muita cautela e apenas de uma forma relativa, nomeadamente quando se refere o “risco nulo” ou o objectivo “zero acidentes”. Porque nenhum evento estranho ao processo pode, em última análise, ser considerado sem causas e sem efeitos. Ou seja, o fator  $p \neq 0$  e o fator  $d \neq 0$  (caso contrário, estar-se-ia perante uma *impossibilidade* e uma *inocuidade*, respetivamente).

Por outro lado, o aspeto global e sistémico das definições implica a consideração do risco (causas e consequências) não apenas como uma entidade objectivamente caracterizada mas, também sob a vertente da sua *percepção* pelos intervenientes no processo produtivo.

Das definições propostas resulta a necessidade de estabelecer um conjunto coerente e, quanto possível universalmente aplicável de ferramentas, que permitam avaliar (qualitativa e quantitativamente) os diversos fatores pertinentes.

A metodologia de avaliação de riscos que, utilizando as referidas ferramentas, irá permitir uma caracterização e/ou uma valoração do risco presente num processo produtivo será estudada a seguir.



---

## CAPÍTULO 3

### METODOLOGIA INTEGRADA DE AVALIAÇÃO DE RISCOS

---



## Capítulo 3

### METODOLOGIA INTEGRADA DE AVALIAÇÃO DE RISCOS

#### 5. CARACTERIZAÇÃO DA METODOLOGIA PROPOSTA

##### 5.1. NOTA PRÉVIA – TERMINOLOGIA

Os conceitos de metodologia e de método apresentam zonas de coincidência que levam a que sejam utilizados, muitas vezes, como equivalentes.

É o que resulta de uma consulta a dicionários de referência, sendo de notar que o termo *metodologia* é derivado de *método* (do grego μέθοδος):

- **método**, s. m. **1.** Processo que determina a realização de um objectivo; modo de agir ou pensar. (...) **2.** Conjunto sequencial de investigação ou aquisição de conhecimento em que se procede à decomposição e exame dos elementos constituintes de um todo. (...)
- **metodologia**, s. f. (...) **2.** Estudo dos métodos aplicados nas diferentes ciências, segundo as leis do raciocínio. (...) **3.** Estrutura baseada na análise de fenómenos e na organização de processos e princípios, permitindo a aquisição de conhecimento. **4.** Conjunto ou sequência de métodos, de modos de agir ou de pensar.

Academia das Ciências de Lisboa, Dicionário da Língua Portuguesa Contemporânea, 2001.

- **método**, s. m. (...) || Marcha racional da inteligência para chegar ao conhecimento de uma verdade. || Conjunto de processos racionais. (...) || *Em matemática*, conjunto de regras para resolver problemas análogos. (...) || *Método zetético*, método de investigação ou conjunto de preceitos para a solução de um problema.
- **metodologia**, s. f. (...) || Arte de dirigir o espírito na investigação da verdade. (...)

José Pedro Machado, Grande Dicionário da Língua Portuguesa, 1991.

- **método**, s. m. **1.** Ordem. **2.** Processo racional. (...) **6.** Estudo metódico de tema científico. (...)

- **metodologia**, s. f. 1. Arte de dirigir o espírito na investigação da verdade. (...)
- 3. Lógica objectiva. (...)

Lexicoteca – Círculo de Leitores, Moderno Dicionário da Língua Portuguesa, 1985.

Analisando, por si só, estas definições, torna-se difícil estabelecer uma diferenciação nítida dos dois conceitos. No entanto, para o prosseguimento do estudo, é crucial saber o que se entende por metodologia e por método.

Com base numa possível interpretação das entradas dos dicionários, considera-se:

- **método** o conjunto de procedimentos, baseados em critérios previamente estabelecidos que permitam atingir um determinado objectivo. Este conceito é complementado pelo de **técnica**, ou seja, o conjunto de ferramentas específicas cuja aplicação conduza ao objectivo pretendido.
- **metodologia** será, então, a sequência de processos que, integrando *métodos* e *técnicas* e partindo de uma base de conhecimentos e de dados, levará à obtenção de um resultado global e universal,.

Neste sentido, a noção de metodologia engloba as de método e de técnica, o que significa que, numa abordagem sistémica, os subsistemas [método] e [técnica] – em conjunto apoiados numa [base de dados e de conhecimentos] – se incluem no subsistema [metodologia], de significância mais alargada, como se indica na figura [54].

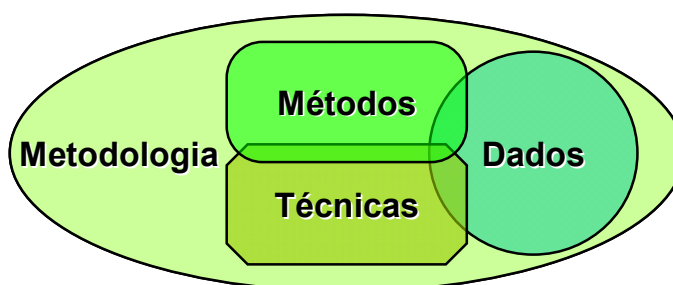


Figura [54] – Terminologia adoptada

## 5.2. INTRODUÇÃO

Definidos os conceitos fundamentais que suportam a noção de risco, é possível avançar para o desenho e a estruturação de uma metodologia que permita a sua avaliação.

Antes do mais, considera-se que o termo “avaliação” deve ser encarado sob dois pontos de vista que são, obviamente, complementares:

- Avaliar significa identificar, caracterizar e tipificar os riscos presentes num processo produtivo – ou num setor delimitado deste – eventualmente hierarquizando-os de uma forma puramente qualitativa, ou seja, *valorizá-los*.

Significa, ainda, *valorar* ou medir esses riscos, enquadrando-os numa escala de níveis predefinidos (avaliação semi-quantitativa) ou calculando o seu valor quantitativo e comparando-o com um valor padrão.

- Avaliar os riscos é uma das fases do Processo de Gestão de Riscos e como tal deve ser integrada no desenvolvimento deste processo.

Assim, pode considerar-se que constitui um meio essencial de apoio à decisão, nomeadamente pelas implicações que tem na fase de *controlo dos riscos detetados* e no modo como devem ser *assumidos os riscos remanescentes*.

Nesta aceção, o termo “avaliação de riscos” engloba e torna desnecessário o conceito de “análise de riscos”. Isto porque se entende que a noção de avaliação deve ser mais integrada, incluindo, portanto, as fases de identificação (quer do risco, quer das pessoas, máquinas, equipamentos, estruturas, meios, etc., a ele expostas), bem como o que se convencionou chamar “estimativa do risco” que não é mais do que uma avaliação prévia.

Assim e tendo em conta o que ficou dito, anteriormente, no ponto 4., a avaliação do risco – entendida de uma forma alargada – é o primeiro passo de um processo de decisão/acção que se designa, correntemente, por Gestão de Riscos.

De uma forma mais sintética do que a apresentada na figura [1] e tendo em conta o que atrás ficou dito, propõe-se, na figura [55], um esquema funcional do Processo de Gestão de Riscos.

Neste processo, é evidente que a fase de *controlo do risco* representa o seu ponto central. De facto, o grande objectivo de qualquer actuação na área dos riscos profissionais deve ter como meta a sua minimização. Por razões económicas, sociais, políticas e, principalmente, humanas.

Mas, para controlar o risco, há que conhecê-lo, há que medi-lo, há que estabelecer padrões de comparação. E isto tem que poder ser feito de uma forma objectiva, reprodutível e, essencialmente, coerente.

É tendo, sempre, em mente este posicionamento na sequência da **Gestão dos Riscos** que se estudará a fase de **Avaliação**, procurando estabelecer critérios práticos de actuação, com base em conhecimentos cientificamente válidos, o que significa a procura de uma metodologia que seja, por um lado, tendencialmente universal na sua aplicação e, por outro, suficientemente pragmática – o que implica flexibilidade das ferramentas a utilizar – para que possa ser aplicável a cada um dos casos (naturalmente diferentes entre si) em estudo.

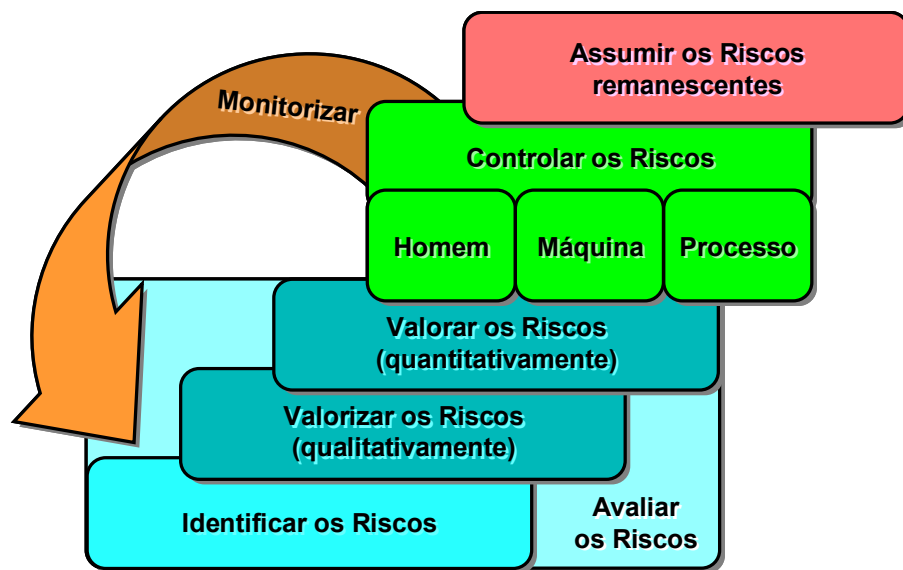


Figura [55] – Processo de Gestão dos Riscos

Esta metodologia será testada/validada de dois modos:

- Verificando se enquadra, em termos teóricos e práticos, um conjunto (não exaustivo, naturalmente) de métodos actualmente em uso;
- Aplicando-a a um caso de estudo, seleccionado de acordo com parâmetros a definir.

É óbvio que este método de validação não permite demonstrar a sua universalidade. No entanto, aparenta ser a melhor forma (ou, talvez, a maneira mais viável) de testar a sua aplicabilidade.

### 5.3. OBJETIVOS

Partindo do conjunto de definições anteriormente propostas, pretende-se desenvolver uma metodologia integrada, global e sistémica que seja aplicável a situações

diversificadas – como, de facto, são as que se encontram, na prática, no sistema produtivo – de uma forma sistemática e coerente.

Tal metodologia basear-se-á na utilização de ferramentas simples, de carácter universal e de técnicas de análise acessíveis à maioria dos intervenientes neste procedimento.

Um fator importante – e condicionante – deste objectivo é a existência de uma grande quantidade de métodos de avaliação de riscos descritos na bibliografia e correntemente utilizados na função dos técnicos de segurança.

Há, portanto, que os observar (não exaustivamente mas, pelo menos, por grandes grupos metodológicos) de forma a que a metodologia proposta não os contradiga naquilo em que são válidos, antes os enquadre – e, eventualmente, os interprete ou traduza – numa perspetiva mais integrada.

Por outro lado, há sempre que ter em conta os propósitos da avaliação de riscos. É natural que, num estaleiro de construção civil, o grau de aprofundamento de uma tal avaliação seja diferente do exigível para uma indústria tecnológica de ponta.

Os critérios a utilizar na definição do grau de complexidade/aprofundamento da análise dependem, entre muitos outros fatores, da disponibilidade, fiabilidade e oportunidade dos dados necessários, dados esses que, sabe-se, muitas vezes são difíceis de obter.

Há uma grande diferença (dir-se-ia uma *natural diferença*) entre uma avaliação do risco de atropelamento num estaleiro de construção de um edifício – onde o risco pode ser quantificado, simplesmente, nos níveis **BAIXO**, **MÉDIO** e **ALTO** – e uma avaliação de risco sísmico onde, considerando apenas o fator dano, se utiliza, normalmente, uma escala de doze graus (escala de Mercalli modificada), o que implica, naturalmente, um muito maior aprofundamento da avaliação.

Há, no entanto, várias questões que devem ser tomadas em consideração sempre que se pretende realizar uma avaliação de riscos.

- A análise económica do processo de avaliação implica o estudo da relação custo/benefício. De facto, é ilógico um aprofundamento da avaliação quando o custo de tal actuação não justifique a pormenorização dos resultados a obter.

Muitas vezes, uma avaliação mais “grosseira” é suficiente face ao retorno do investimento nela efectuado, desde que os seus resultados permitam uma acção de controlo eficaz.

Qualquer metodologia a desenvolver tem que ter em conta este facto.

- Um processo de avaliação de riscos deve ser tecnicamente viável. Isto significa que os especialistas envolvidos (individualmente ou integrados em equipas) devem estar habilitados – por formação e/ou por experiência – a conduzir esse processo, a tratar os dados obtidos e a tirar (e a implementar) as conclusões dele resultantes.
- Os procedimentos e os meios para a efectivação de uma avaliação de riscos devem ser passíveis de aprovação – e, principalmente, de suporte – por parte dos órgãos de gestão de topo da Empresa.

Se tal não suceder, certamente que a implementação das medidas de controlo do risco que dela resultarem será deficiente (no mínimo) o que tem como significado a inutilidade do esforço (e do custo) dispendido com a avaliação.

A necessidade de considerar, em simultâneo e complementarmente, as três questões anteriores estabelece um critério de viabilidade ao qual deve obedecer a aplicação de qualquer metodologia de avaliação dos riscos profissionais, esquematizado na figura [56].

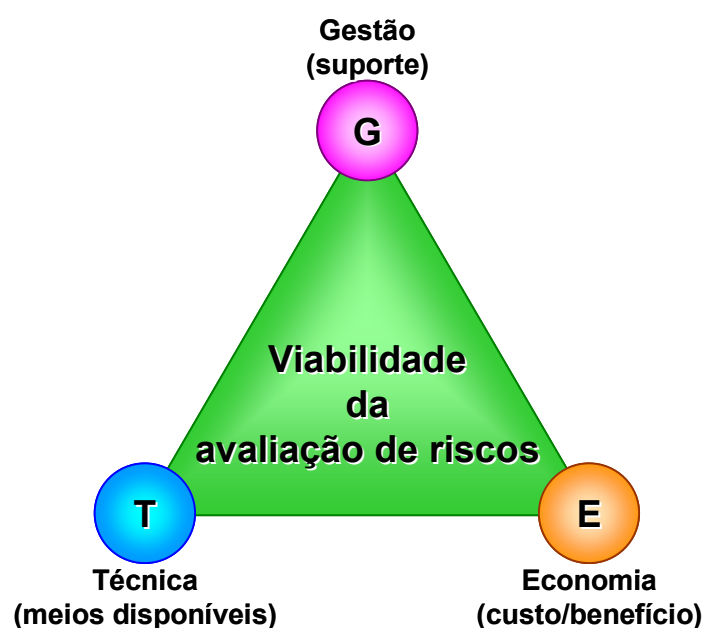


Figura [56] – Critérios de viabilidade da avaliação de riscos



Apenas uma nota sobre a aplicação destes critérios.

A necessidade de elaboração de uma correcta e sustentada avaliação é uma premissa básica. A utilização de critérios de viabilidade apenas resulta no maior ou menor grau de aprofundamento do estudo, e a metodologia proposta deve ser independente destas considerações.

Mas, naturalmente, o desenvolvimento das ferramentas que irão permitir, por exemplo, definir o âmbito das escalas de valoração, quer dos fatores de formação do risco, quer dos níveis de risco, terá que ter em conta estes critérios.

Para além disto, uma metodologia com estas características tem que resultar em dados e informações que sejam reprodutíveis e comparáveis. Tal implica a utilização prioritária de variáveis cujas definições resultem de normas nacionais e internacionais em vigor (quando elas existam).

Naturalmente que esta característica obriga à elaboração de um esquema suficientemente dinâmico para permitir as necessárias adaptações à constante alteração dos normativos.

#### **5.4. BASES FUNDAMENTAIS**

Como base da elaboração de uma metodologia de avaliação de riscos, considera-se que:

- existe uma fronteira entre a situação potencial – a *situação de risco* – e o evento traduzido por uma *ocorrência profissional danosa*; esta fronteira materializa-se na verificação de uma anomalia que induz uma sequência alternativa no processo produtivo;
- qualquer situação de risco resulta da probabilidade de ocorrência de várias causas que para ela podem contribuir de uma forma estratificada em níveis de significância numa estrutura em árvore condicional;
- qualquer ocorrência profissional danosa resulta da verificação de várias causas que para ela contribuem de uma forma estratificada em níveis de significância numa estrutura em árvore de acontecimentos;

- de qualquer situação de risco podem resultar efeitos cujas consequências se poderão vir a repercutir, com diversos níveis de significância, nos vários subsistemas que enquadram o processo produtivo;
- de qualquer ocorrência profissional danosa resultam, necessariamente, consequências, com diversos níveis de significância, nos vários subsistemas que enquadram o processo produtivo;
- uma barreira de segurança corresponde a um filtro colocado, quer na árvore de causas, quer na árvore de efeitos, com o objectivo de reduzir a influência da causa ou efeito a que se aplica na concretização do resultado final da respectiva árvore;
- a existência, eficiência e fiabilidade de barreiras de prevenção reduz a probabilidade de uma situação de risco se transformar numa ocorrência profissional danosa;
- a existência, eficiência e fiabilidade de barreiras de protecção diminui os danos resultantes da transformação de uma situação de risco numa ocorrência profissional danosa;
- a probabilidade de se verificar uma situação de risco nunca é igual a zero; o eventual dano resultante de uma situação de risco nunca é nulo<sup>69</sup>;
- uma causa de uma situação de risco pode situar-se em qualquer um dos subsistemas envolventes do subsistema básico que corresponde ao estadio do processo produtivo onde a anomalia pode vir a ter lugar;  
no entanto, o seu nível de significância depende do âmbito desse subsistema;
- uma consequência, ligada a uma situação de risco, pode vir a ser efectiva em qualquer um dos subsistemas envolventes do subsistema básico que corresponde ao estadio do processo produtivo onde a anomalia pode ocorrer; mas o seu nível de significância depende desse subsistema;
- para a definição de uma causa contribui, sempre, a existência de uma característica intrínseca (do processo, da máquina, do ambiente de trabalho, da pessoa, da organização, da sociedade), que é potencialmente danosa – o

---

<sup>69</sup> A situação impossível ou inócua não é, por definição, uma situação de risco.

PERIGO (**Pr**) – aliada a um conjunto espacio-temporal de situações que possibilitam que esse perigo se manifeste – as CONDIÇÕES DE TRABALHO (**Ct**);

- uma consequência está sempre relacionada com uma vulnerabilidade do processo e com o prejuízo<sup>70</sup> que, potencialmente, dela pode resultar, ou seja, com a SENSIBILIDADE AO DANO do processo (**Sd**);
- o risco relaciona-se com a probabilidade de uma situação de risco (**p**) e com o possível dano dela resultante (**d**) através de uma expressão multiplicativa (**R=p.d**);
- cada um dos fatores primários de formação do risco (**p** e **d**) resulta de fatores de formação do risco (**f<sub>pi</sub>** e **f<sub>dj</sub>**) com os quais se relacionam por equações multiplicativas<sup>71</sup> (**p = f<sub>p1</sub>.f<sub>p2</sub>. ... .f<sub>pn</sub>** e **d = f<sub>d1</sub>.f<sub>d2</sub>. ... .f<sub>dm</sub>**);
- os fatores de formação do risco poderão ser ponderados através da aplicação de um coeficiente multiplicativo (**π<sub>i</sub>** e **δ<sub>j</sub>** respectivamente) que traduz a importância relativa de cada um dos fatores na formação daquele risco específico;
- os fatores de formação do risco tomarão um valor igual a *um*<sup>72</sup> se forem irrelevantes;
- os coeficientes de ponderação poderão tomar o valor *um* se, nas circunstâncias em estudo, o fator a que se aplicam não for significativo.

---

<sup>70</sup> Prejuízo, aqui, tem um significado abrangente e entende-se como uma quantificação do dano. Pode ser mensurável ou não em unidades monetárias.

<sup>71</sup> Como ficou dito anteriormente, estas equações poderão ser sumativas, do tipo (**p = f<sub>p1</sub>+f<sub>p2</sub>+ ... +f<sub>pn</sub>** e **d = f<sub>d1</sub>+f<sub>d2</sub>+ ... +f<sub>dm</sub>**). No entanto, para efeitos do desenvolvimento da metodologia, considerar-se-á, sempre, o produto.

<sup>72</sup> Elemento neutro da multiplicação.

## 6. DESENVOLVIMENTO DO ESTUDO

O estudo será desenvolvido em *quatro fases* principais que correspondem ao conceito de integração vertical procurado.

Uma nota sobre esta noção de integração:

A bibliografia consultada refere, frequentemente, uma abordagem integrada do problema do risco. No entanto, essa abordagem corresponde a uma visão – que se poderá designar por horizontal – segundo a qual o risco é estudado tendo em conta as diversas implicações em subsistemas envolventes (o risco num processo pode ter efeitos nos trabalhadores, na empresa, no mercado, nas famílias, na comunidade, na organização económico-social, na ecologia do meio ambiente...) e, como tal, deve ser olhado de uma forma integrada.

A este conceito contrapõe-se o de integração vertical que pode ser enunciado do seguinte modo:

Para avaliar o risco presente num processo produtivo, há que analisar sequencial e faseadamente, todas as suas implicações, desde as causas menos significantes aos efeitos mais abrangentes, tendo sempre em consideração a interdependência dos diversos subsistemas que constituem o sistema envolvente do processo produtivo. Isto implica uma análise que vai do *qualitativo* para o *quantitativo*.

Hoje em dia, autores como Malchaire, 2007, defendem que a avaliação quantitativa, entendida como fim último – justificado pela necessidade de “trabalhar com números” – pode ser redutora, atirando para segundo plano o facto de ser o controlo dos riscos, alicerçado no real conhecimento e compreensão das causas e dos efeitos em jogo<sup>73</sup>, o objectivo (e a fase central) de um processo de gestão de riscos profissionais.

É neste sentido que se considera que a aplicação da noção baseada no conceito sistémico de níveis de significância – e, portanto, a utilização de árvores lógicas como ferramentas – é essencial para a definição de uma metodologia de avaliação de riscos, até porque permite nunca perder de vista as causas e as consequências (potenciais ou reais, respetivamente) de uma situação de risco ou de uma ocorrência profissional danosa.

---

<sup>73</sup> Ou seja, numa eficaz avaliação qualitativa.

## **6.1. PRIMEIRA FASE**

### **6.1.1. Síntese**

Descrição analítica do processo, sistémica, estruturada e modelizada, tendo em atenção diversas vertentes que serão desenvolvidas nos pontos seguintes

- Enquadramento geral do processo;
- Desenvolvimento espacial (“*lay out*”);
- Desenvolvimento temporal (sequência processual);
- Interrelação entre operações/decisões (sequência funcional);
- Sistemas de monitorização, comando e controlo;
- Análise das consequências (para o processo) das sequências alternativas;
- Análise das consequências (para o sistema) das sequências alternativas.

### **6.1.2. Enquadramento geral do processo**

Qualquer processo e, em particular, um processo produtivo, só existe porque tem um objectivo, utiliza uma tecnologia e pressupõe uma intervenção humana.

De uma forma genérica, o objectivo consiste na conceção ou produção de algo (um bem, um serviço, uma ideia, um conhecimento...) para o qual existe uma procura – não necessariamente de mercado – que corresponde à satisfação de uma carência pessoal, social ou ambiental.

O termo “tecnologia” é, aqui, utilizado de um modo amplo. Considera-se uma aplicação tecnológica não apenas a *utilização de técnicas baseadas em conhecimentos científicos para transformar matérias-primas em produtos finais* (definição restrita) mas, também, o *uso de procedimentos para prestar serviços necessários à vida em comunidade* e, ainda, a *aplicação de métodos para aumentar e estruturar o conhecimento humano*. Enquadra-se, portanto, no termo global “tecnologia” quer a tecnologia industrial (essencialmente utilizada nos setores primário e secundário da organização económica), quer os procedimentos de prestação de serviços (característicos do setor terciário), quer a produção cultural, científica e de investigação.

Finalmente, um processo produtivo engloba, sempre, uma componente humana. Se tal é evidente nos processos de mão-de-obra intensiva, não deixa de ser aplicável a outro tipo de processos, por mais automatizados que eles sejam.

A automação e a automatização da condução de instalações ou equipamentos pressupõem, sempre, uma intervenção humana – apenas deslocalizada no tempo – quer na conceção dos sistemas de comando e controlo, quer na sua supervisão/manutenção, quer na interpretação de dados resultantes da sua actuação.

O Rover da *Mars Exploration Mission* da NASA era um equipamento com uma grande autonomia de acção.

Os seus circuitos de comando tinham capacidade de decisão dentro dos parâmetros definidos. A sua mobilidade era condicionada pelas circunstâncias reais deteta pelos seus sensores. Alguns dos seus instrumentos eram uma concretização de técnicas de inteligência artificial.

Mas, obviamente, foi concebido, construído e programado por pessoas e os dados que obteve só foram relevantes depois de recebidos, interpretados e tratados por pessoas.

Portanto, um processo produtivo enquadra-se num sistema de âmbito muito alargado. É influenciado e influencia subsistemas envolventes que ultrapassam a localização física, espacial e temporal, onde se realiza.

E, como se viu, o risco é uma contingência necessariamente presente em qualquer processo produtivo.

As causas e as consequências de uma situação de risco podem situar-se muito longe (falando de uma forma sistémica) da operação ou da tarefa a que essa situação se refere.

Abordando a questão deste modo, facilmente se conclui pela impossibilidade prática de abarcar todas as ramificações das árvores (de causas e de efeitos) das inúmeras situações de risco detetáveis em qualquer processo, mesmo que pouco complexo. Daí a necessidade de estabelecer critérios de criticidade que permitam a eleição daqueles casos que justificam uma análise mais aprofundada e dos limites a que deve ser levada a pormenorização das árvores.

Assim, numa primeira subfase da avaliação dos riscos deverão ser procuradas as respostas às seguintes questões, entre outras que possam ser igualmente pertinentes:

- Como se tipifica o processo produtivo?

(setor económico, tipo de mão-de-obra, tipo de capital, tipo de equipamento, dimensão, gama de produtos, etc.)

- Quais os principais “*inputs*”?

(matérias-primas, solicitações, encomendas, necessidades sentidas, origem da tecnologia utilizada, qualificação do pessoal, estabilidade do emprego, etc.)

- Quais os principais “*outputs*”?

(produtos fabricados, serviços prestados, produção cultural, científica, educacional ou de formação, resíduos sólidos, líquidos ou gasosos, poluição térmica, acústica ou radiante, contaminação biológica, etc.)

- Como se caracteriza o processo técnico?

(equipamento simples, complexo, manual, automatizado ou programado, produtos utilizados, reacções químicas, armazenamento, parâmetros de operação, vias de circulação interna, etc.)

- Qual o tipo de intervenção humana no processo?

(concepção, gestão, chefia a vários níveis, operação, manutenção, segurança, apoios diversos, supervisão/inspecção externa, etc.)

- Qual o enquadramento da instalação na comunidade?

(geográfico, ecológico, social, político, balanço social, etc.)

- Qual o contributo do processo para a economia?

(em termos restritos: valor acrescentado, facturação, penetração no mercado, imagem, etc.; em termos gerais: inserção local, regional, nacional, internacional ou global, quota de mercado, interesse estratégico, políticas de mecenato, etc.)

Este levantamento permitirá construir uma imagem do processo produtivo, no seu conjunto e nas suas especificidades, integrando-o num sistema mais amplo que inclui, nomeadamente, o mercado e a comunidade, além de evidenciar o seu relacionamento com as diversas envolventes.

### **6.1.3. Desenvolvimento espacial**

Como segundo passo, é essencial caracterizar a implantação física do processo produtivo, quer em termos externos (implantação das instalações) quer em termos internos (“*lay out*”, vias de circulação).

A primeira vertente tem a ver, fundamentalmente, com a localização geográfica das instalações, mas esta afirmação não deverá ser entendida como absoluta. De facto, alguns processos são geograficamente (ou mesmo cosmograficamente<sup>74</sup>) dispersos, o que torna o fator “local” menos relevante.

Há alguns aspetos que devem ser analisados e estudados em mais pormenor, considerando que as questões aqui enunciadas têm em conta a grande maioria dos processos produtivos correntes. No entanto e com base no mesmo tipo de raciocínio, outras questões podem ser levantadas, questões essas especificamente relacionadas com a “originalidade” do processo em estudo:

- Caracterização da implantação do ponto de vista geográfico.

(num único local/edifício; em diversos locais/edifícios adjacentes; dispersa numa localidade, numa região, num país, internacionalmente, **mundialmente**; etc.)

- Caracterização da implantação do ponto de vista construtivo.

(a céu aberto; em galerias subterrâneas; com cobertura ligeira sem painéis laterais; em edifício ligeiro; em edifício resistente, compartimentado ou não; em edifício com *n* pisos abaixo do solo e/ou *m* pisos acima; em edifício de alta resistência; em plataformas móveis; etc.)

- Caracterização da implantação do ponto de vista das acessibilidades.

(capacidade logística das vias de comunicação; tipo de meios de transporte – de matérias-primas, de produtos, de pessoal - disponíveis; distâncias; etc.)

- Caracterização da implantação do ponto de vista sócio-económico.

(num núcleo urbano; num parque industrial, formal ou informal; numa zona rural; junto ao abastecimento de matérias-primas; junto ao mercado específico dos produtos que fabrica; perto de infraestruturas de transporte; acessível a pessoas, nomeadamente trabalhadores; acessível a meios de socorro; etc.)

- Caracterização da implantação do ponto de vista ecológico.

(impacto ambiental na utilização do solo, no sistema ecológico, na paisagem; impacto da utilização de matérias-primas; ciclo de vida dos produtos fabricados; tratamento dos produtos em fim de vida; produção e tratamento de resíduos sólidos, líquidos, gasosos ou biológicos; produção de radiações ionizantes, ruído ou outros agentes agressores físicos; etc.)

---

<sup>74</sup> Veja-se, por exemplo, o caso da investigação astronómica e da indústria espacial.



- Caracterização da implantação do ponto de vista político.

(importância estratégica dos bens produzidos, dos serviços prestados, da investigação realizada; vulnerabilidades em termos de “security”; confidencialidade do processo ou dos produtos; relevância dos dados tratados e armazenados; etc.)

A segunda vertente refere-se, em particular, ao modo como, numa instalação, estão dispostos e interrelacionados os diversos elementos que a constituem. Esta abordagem implica, desde logo, uma visão sistémica do processo produtivo, abrangendo, no essencial, o subsistema “empresa” e os diversos subsistemas que o integram<sup>75</sup>, como se pode representar (de forma não exaustiva) na figura [57].



Figura [57] – Subsistema “Empresa”

Assim, a análise de “lay outs” e de movimentações deve ser aplicada a cada um dos subsistemas relevantes.

Mais concretamente e tomando como exemplos os subsistemas “produção”, e “manutenção” – e o subsistema “comando e controlo” que, por norma, os interseja – podem considerar-se as seguintes questões (mais uma vez, não exaustivas):

- Elaboração e análise do mapa de implantação de máquinas e equipamentos fixos.

(depósitos, tanques ou silos; máquinas; máquinas-ferramentas; reactores; etc.)

<sup>75</sup> Tendo em conta que este subsistema é, ele próprio, parte integrante de subsistemas mais amplos.

- Listagem e definição da área de actuação de equipamentos móveis e de movimentação e trasfega de produtos e de materiais.

(máquinas e veículos de movimentação; “*pipping*” para produtos de processo; transportadores de correia, de parafuso, noras ou elevadores; guinchos, gruas, pontes rolantes ou pórticos; máquinas e veículos de transporte rodoviário, ferroviário, fluvial, marítimo ou aéreo; etc.)

- Definição de vias de circulação/transporte de materiais, de produtos, de energia, de dados, de pessoas.

(vias horizontais e verticais; cruzamentos, confluências e divergências; escadas, rampas e ascensores; instalação de potência, redes de vapor, de água, de ar e de outros fluidos de apoio; telecomunicações; rede de dados; condutas técnicas diversas; AVAC; etc.)

- Levantamento dos sistemas de instrumentação, controlo e segurança.

(monitores; sensores; medidores; controladores; reguladores; meios de prevenção de ocorrências profissionais danosas; equipamento de protecção colectiva e individual; redes e equipamento de combate a incêndios; detecção de intrusão ou de acesso não autorizado; controlo de entradas/circulação de pessoal; controlo de frotas; procedimentos de “*backup*” de dados; sistemas de gestão de “*stocks*”; etc.)

As respostas a este tipo de questões permitem um conhecimento da forma como funciona a instalação e do modo como ela se relaciona com os subsistemas envolventes.

Trata-se, como aliás é característico desta primeira fase da abordagem a uma avaliação de riscos integrada, de obter uma visão global e sistémica do processo produtivo, essencial para o desenvolvimento de análises mais aprofundadas.

#### 6.1.4. Desenvolvimento temporal

Passando de uma perspectiva estática do processo para um ponto de vista dinâmico, há que estudar, num terceiro passo, a sequência processual, isto é, a forma como as diversas etapas operação/decisão ( $q_i; s_i$ ) se relacionam entre si num processo técnico, através de transições ou passagens.

Antes do mais, há que ter em consideração que qualquer processo se comporta de acordo com um dos seguintes modos (na definição de Kafarov, 1976):

- *Processo determinista*, isto é, aquele onde as variáveis observáveis assumem valores de acordo com um esquema bem definido (ou, pelo menos, definível), enquanto que as principais variáveis que caracterizam o “*output*” final só são determinadas pelas variáveis do “*input*”.
- *Processo aleatório* ou *estocástico*, ou seja, aquele onde as variáveis observáveis apresentam valores aleatórios, frequentemente discretos. Neste caso, as variáveis de “*output*” não estão, necessariamente, relacionadas com as variáveis de “*input*”.

É natural que o método de modelização a adoptar dependa do modo como o processo pode ser caracterizado.

Um processo determinista poderá ser descrito por um modelo matemático linear, utilizando métodos numéricos.

Quando o processo se comporta como aleatório, a modelização terá que se basear em métodos estatísticos e de aplicação da teoria das probabilidades.

Hoje em dia, com o nível tecnológico atingido, a grande maioria dos processos produtivos apresenta uma complexidade significativa e reage de uma forma aleatória. Podem encontrar-se processos deterministas, apenas, ao nível de algumas operações elementares, dentro de um processo bem mais geral.

Recorda-se que, da aplicação do modelo adaptado de Quinot e Moyen, 1980, resultam, como princípios fundamentais, as seguintes afirmações:

- Uma operação  $q_{i+1}$  só se iniciará após um *comando* resultante da decisão  $s_i$ , tomada na sequência de uma *informação* oriunda da operação anterior  $q_i$ . Este princípio define o desenvolvimento temporal expectável do processo.
- Uma anomalia pode ocorrer, afectando uma operação ou uma decisão, durante uma etapa do processo ou no decorrer de uma transição entre etapas, dando origem a uma sequência alternativa, ou seja, alterando o desenrolar esperado do processo.
- As sequências alternativas podem ter diversos tipos de evolução.
- As anomalias resultam de um conjunto de causas, hierarquizadas numa *árvore de causas condicional*. Isto significa, por um lado, que a probabilidade de ocorrência de uma determinada causa condiciona a probabilidade de ocor-

rência da anomalia e, por outro, que as probabilidades de ocorrência das causas não são independentes entre si mas que resultam dos níveis de significância dessas causas e do tipo de portas lógicas (portas {E}, portas {OU}) que definem a árvore.

- As sequências alternativas estão na origem de efeitos<sup>76</sup> cujas probabilidades de ocorrência podem ser calculadas através da análise da respetiva árvore de efeitos.

Naturalmente, nesta primeira fase, importa estabelecer um modelo que represente o processo técnico em estudo. O aprofundamento e o detalhe desta análise dependerá muito da complexidade do processo e da aplicação dos critérios enunciados no ponto 6.3..

Um dos métodos mais utilizados, face a um processo complexo, consiste na sua segmentação em operações ou subprocessos que poderão, mais facilmente, ser tratados individualmente, procedendo-se, a seguir, a uma integração destes subprocessos no processo geral, tendo em conta as interdependências pertinentes.

Aplicando os conceitos de análise enunciados, ter-se-á a noção – tão exacta quanto possível (ou necessária, de acordo com os critérios de detalhe utilizados) – da *sequência processual*, o que corresponde ao principal objectivo deste passo.

#### 6.1.5. Interrelação entre operações/decisões

Ao descrever, usando um modelo, o processo produtivo verifica-se que existe uma “rede de comunicações” que lhe é intrínseca e cujo estudo, naturalmente, é essencial à compreensão do seu funcionamento.

Esta “rede de comunicações” interna pode ser definida como a *sequência funcional* do processo produtivo.

Constituem-na todos os *sinais* que são transmitidos entre os elementos homem e máquina do subsistema básico bem como todos os *sinais* trocados entre os vários

---

<sup>76</sup> Como se viu, estes efeitos têm consequências que não são, necessariamente, negativas. Por exemplo, uma sequência de correcção conduz, normalmente, à recuperação do “caminho esperado” do processo.

subsistemas ativos durante a realização da operação, tarefa ou subprocesso em estudo.

Segundo Kafarov, 1976, considera-se que um *senal* é a transmissão de uma informação ou de um comando, utilizando meios muito variados (nos processos técnicos usam-se, nomeadamente, movimentos mecânicos, fluxo de calor, fluxo de matéria, electricidade, som, luz e outras radiações electromagnéticas).

A sequência funcional inclui todo o relacionamento entre o subprocesso de produção e o subprocesso de monitorização, comando e controlo (onde e quando ele existe).

Uma característica importante de um sinal é que se transmite sempre num único sentido<sup>77</sup>, de um *emissor* para um *recetor*.

A forma como o sinal é processado – o *código* que utiliza – e o meio através do qual é transmitido – o *canal* – estão condicionados às características dos emissores e dos recetores.

A um sinal recebido corresponderá uma acção que traduz o conteúdo significativo específico – a *mensagem* – desse sinal.

Num grafo de processo como o representado na figura [58], as relações entre operações e as relações entre decisões fazem parte da sequência processual, enquanto que as relações **decisão → operação** (*comando*) e **operação → decisão** (*informação*) integram a sequência funcional.

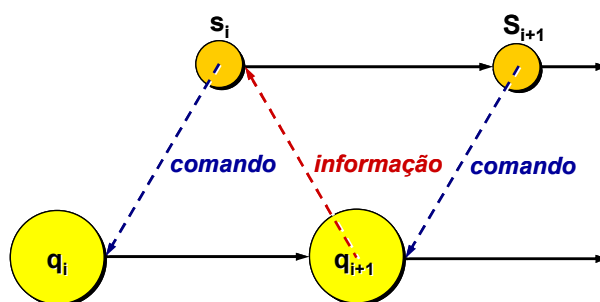


Figura [58] – Sequência funcional

<sup>77</sup> Convém diferenciar entre *senal* e *canal de transmissão*.

Este último pode, eventualmente, ser bidireccional o que só significa que transmite *diferentes sinais*, uns num sentido, outros noutro.

Naturalmente que qualquer sinal processado durante uma sequência funcional pode ser afectado por uma anomalia. Isto pode acontecer, por exemplo, por deficiência no emissor ou no recetor, por erro ocorrido no canal de transmissão ou por corrupção da mensagem (do conteúdo ou do código).

Nesta primeira fase não é necessário (muitas vezes nem sequer é possível) detalhar este relacionamento. Importa, sim, ter uma noção global da sequência funcional característica do processo em estudo e das suas interrelações sistémicas.

#### 6.1.6. Sistemas de monitorização, comando e controlo

Actualmente, os processos produtivos tendem a ser cada vez mais complexos e a integrar subsistemas específicos no que respeita à forma como a sequência funcional se pode traduzir em sistemas de monitorização, de comando e/ou de controlo.

A automação e a automatização, o desenvolvimento de processos de comando digital e computadorizado, o controlo electrónico de máquinas ou de instalações, a utilização de módulos de “inteligência artificial”, veio introduzir novos dados na conceção e utilização destes sistemas.

Estes podem ser caracterizados por um processo de geração, transmissão e tratamento de sinais, o que implica a existência de canais por onde circula uma mensagem, devidamente codificada, entre um *emissor* e um *recetor* como se esquematiza nas figuras [59] e [60].

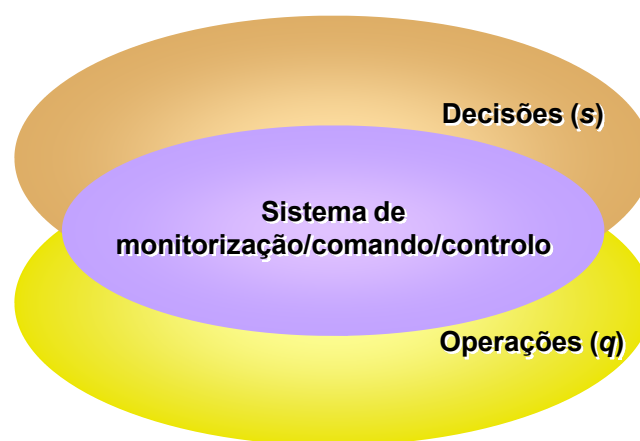


Figura [59] – Sistema de monitorização, comando e controlo

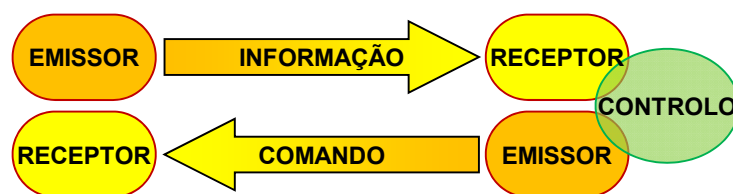


Figura [60] – Relação informação/comando

Qualquer dos dois subsistemas – *informação* e *comando* – que integram o sistema de monitorização, comando e controlo caracteriza-se por uma actuação que segue a sequência anteriormente definida:

- **informação** – a operação elementar gera sinais, utilizando sensores adequados, que indicam o estado das funções mensuráveis do processo; estes sinais são, eventualmente, amplificados e transferidos, de uma forma codificada, a um controlador.

A actuação deste elemento corresponde, de facto, à preparação da decisão do processo técnico (com ou sem interferência directa do elemento homem). Pode, então, dizer-se que a decisão resultará do tratamento dos dados recolhidos, de acordo com critérios estabelecidos.

- **decisão** – recebidos os dados de processo no controlador, estes serão “comparados” com um sinal<sup>78</sup> de referência, o que permite “medir” desvios. Do resultado desta comparação resultará um sinal de comando adequado à eventual correcção dos desvios verificados.
- **comando** – o sinal de correcção é recodificado e transmitido a um elemento executor que o transforma no sinal de actuação capaz de alterar as condições do processo de acordo com as necessidades, repondo – ou alterando, se for caso disso – os parâmetros de funcionamento da operação elementar.

Complementarmente, devem ser considerados os necessários circuitos de monitorização (ver figura [61]).

---

<sup>78</sup> “Sinal” entendido no sentido mais amplo do termo, ou seja, o conceito inclui quer os valores de parâmetros de controlo do processo, quer algoritmos de monitorização, quer o juízo profissionalmente competente de um operador.

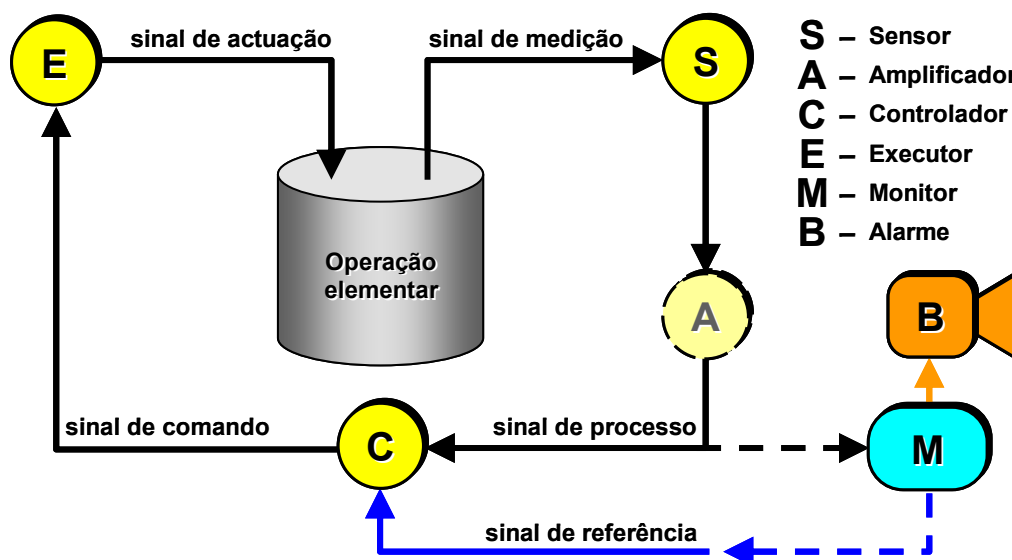


Figura [61] – Materialização de um sistema de monitorização/comando/controlo

Este subsistema, que pode ser considerado um elemento da decisão, recebe o sinal de processo, descodifica-o e analisa a sua conformidade com os parâmetros normais ou expectáveis. No caso de não conformidade, compete ao subsistema monitorização *configurar* o sinal de referência para que o controlador actue no sentido da reposição das condições desejadas para o normal desenvolvimento do processo.

A monitorização permite, ainda, a instalação de circuitos de alarme que se tornam ativos aquando da verificação de um desvio que ultrapasse valores limite preestabelecidos.

Em termos tecnológicos, os sistemas de monitorização, comando e controlo podem assumir concretizações muito diversificadas.

Desde o simples controlo manual, no qual a informação recebida é, essencialmente, sensorial (visual, auditiva, tátil) e o comando resulta de uma actuação directa do operador sobre a máquina, até aos sistemas automatizados, recorrendo a esquemas de inteligência artificial.

#### 6.1.7. Análise de consequências (para o processo)

Qualquer *situação de risco* tem, potencialmente, consequências na evolução do processo produtivo.



Qualquer *ocorrência profissional danosa* teve, de facto, consequências nos resultados conseguidos pelo processo produtivo.

É, portanto, essencial determinar quais são essas consequências. O conceito assumido de avaliação dos riscos profissionais implica que o estudo se deve centrar nas consequências potenciais das situações de risco, utilizando para tal e sempre que necessário e viável, a análise das consequências verificadas aquando de uma ocorrência profissional danosa.

Retomando o modelo adaptado de Quinot e Moyen, o fundamental nesta primeira fase de avaliação é a elaboração dos diversos cenários – ainda sem preocupações relativas à sua probabilidade de ocorrência – delineando, caso a caso, as diferentes sequências alternativas viáveis.

Obviamente que, numa fase preliminar como a que, de momento, se descreve, não é pertinente desenvolver análises aprofundadas que incluam os múltiplos nós de estudo (eventualmente críticos) onde as anomalias possam vir a provocar desvios significantes. Até porque ainda não se concluiu uma análise de criticidade consequente<sup>79</sup>.

Poder-se-á, então, utilizar um método dedutivo (**efeito → causa**) de modo a identificar quais as causas mais relevantes de um certo efeito que, *a priori*, se considera particularmente significativo.

Não é essencial, neste estado da análise, elaborar em pormenor o desenvolvimento das possíveis sequências alternativas. Importa, sim, detetar a capacidade de correcção (seja auto-correcção, seja correcção induzida) do processo, ou seja, avaliar a eficácia dos sistemas de monitorização, comando e controlo.

Assim, é crucial analisar, nesta fase, o desenho do processo produtivo do ponto de vista da sua aptidão para gerar sequências de correcção ( $\epsilon_{\text{correcção}}$ ) e, eventualmente, sequências de alarme ( $\epsilon_{\text{alarme}}$ ) fiáveis e eficientes.

---

<sup>79</sup> Este tipo de análise só será viável numa terceira fase do processo.

#### 6.1.8. Análise de consequências (para o sistema)

O resultado de uma sequência alternativa de desvio ( $\epsilon_{\text{desvio}}$ ) será, naturalmente, um prejuízo, ou seja, um dano quantificado<sup>80</sup>. Este prejuízo irá verificar-se ao nível dos diversos subsistemas do sistema global onde se enquadra o processo produtivo.

É essencial, nesta primeira fase de análise, detetar e tipificar os prejuízos expectáveis em caso de disfuncionamento do processo. Não apenas quais os prejuízos mas, também, onde se prevê que eles venham a ter relevância, isto é, em que subsistemas eles poderão vir a ser significativos.

No entanto, tendo presente o esquema faseado da aplicação da metodologia, esta análise deve ser genérica e ter em conta critérios de importância (relativa, naturalmente) desses prejuízos.

#### 6.1.9. Técnicas de análise

Esta PRIMEIRA FASE pode ser efectuada utilizando, nomeadamente, as seguintes técnicas:

- Análise de mapas de implantação, de cartas geográficas (topográficas, orográficas, hidrográficas, geológicas, cadastrais, entre outras), de estudos de distribuição populacional, de estudos de mercado.

Esta análise permite estabelecer o enquadramento espacial genérico do processo produtivo.

- Análise de “*lay outs*”, de esquemas de circulação (rodoviária, ferroviária, fluvial, marítima ou aérea), de movimentação de materiais e de distribuição de fluidos, de procedimentos de gestão de “*stocks*”, de circuitos de distribuição do(s) produto(s), de políticas de assistência e apoio pós-venda. Com a utilização deste tipo de técnicas é possível ter uma noção do desenvolvimento físico do processo e das interrelações entre os subsistemas mais significantes.
- Análise de fluxogramas, de diagramas de sinalização (incluindo o sistema de monitorização, comando e controlo), de “*pipping*”, de organogramas funcio-

---

<sup>80</sup> Como ficou dito anteriormente, não necessariamente expresso em unidades monetárias.

nais e hierárquicos. O conhecimento da forma como o processo evolui, no espaço e no tempo, possibilita o seu estudo do ponto de vista das relações entre operação e decisão.

- Elaboração e utilização de listas de verificações (“*check lists*”).

Estas listas constam de um conjunto de pontos – que deve ser o mais sucinto mas também o mais completo e exaustivo possível – que permitam obter um conhecimento aprofundado de uma certa situação ou de um determinado acontecimento, coligindo todos os dados relevantes sobre essa situação ou acontecimento e tendo sempre presente o objectivo para o qual tais dados são necessários.

A elaboração – e utilização – de listas de verificação permite garantir que aspetos importantes a ter em conta não são esquecidos. Apresentadas, em geral, sob a forma de uma série de perguntas com respostas condicionadas (sim/não, bom/aceitável/mau, suficiente/insuficiente, etc.) e aplicadas aos subsistemas condicionantes, às diversas partes duma instalação, às diferentes fases de um processo, às várias sequências de uma tarefa, as listas de verificação conduzem a um resultado que permite um tratamento sintético da questão em estudo.

## **6.2. SEGUNDA FASE**

### **6.2.1. Síntese**

Avaliação qualitativa dos diversos riscos presentes, considerando a sua identificação, a sua tipificação e a sua caracterização, partindo do estudo das possíveis anomalias que podem ocorrer no desenvolvimento do processo, das suas causas e das suas consequências:

- Análise da rede processual;
- Determinação de nós críticos;
- Catalogação de anomalias previsíveis;
- Elaboração de árvores de causas;
- Elaboração de árvores de efeitos;

- Sieriação de riscos (qualitativa).

Seguidamente, estes aspetos serão analisados em mais pormenor.

### 6.2.2. Análise da rede

Ao estabelecer um modelo do processo produtivo, verifica-se que o esquema linear e sequencial proposto por Quinot e Moyen não se adequa à complexidade encontrada na prática, seja ao nível do processo global, seja ao nível de subprocessos, secções funcionais, operações unitárias, linhas de produção, tarefas, funções. Este facto leva à necessidade de alargar o modelo, introduzindo (de uma forma complementar) o conceito de *rede*. E tal significa que a noção de sequência alternativa deixa de estar ligada, apenas, à ocorrência de anomalias no processo.

Podem, então, ser considerados dois tipos de ramificações da sequência do processo produtivo:

- Sequências em rede, como indicado no exemplo da figura [62], integrantes do processo no seu desenvolvimento considerado normal e expectável, que implicam mais do que uma operação derivada da operação que lhe é anterior ( $q_i \rightarrow \{q_{i+1}; q'_{i+1}; \dots\}$ ) ou mais do que uma decisão possível no seguimento da decisão precedente ( $s_i \rightarrow \{s_{i+1}; s'_{i+1}; \dots\}$ ).

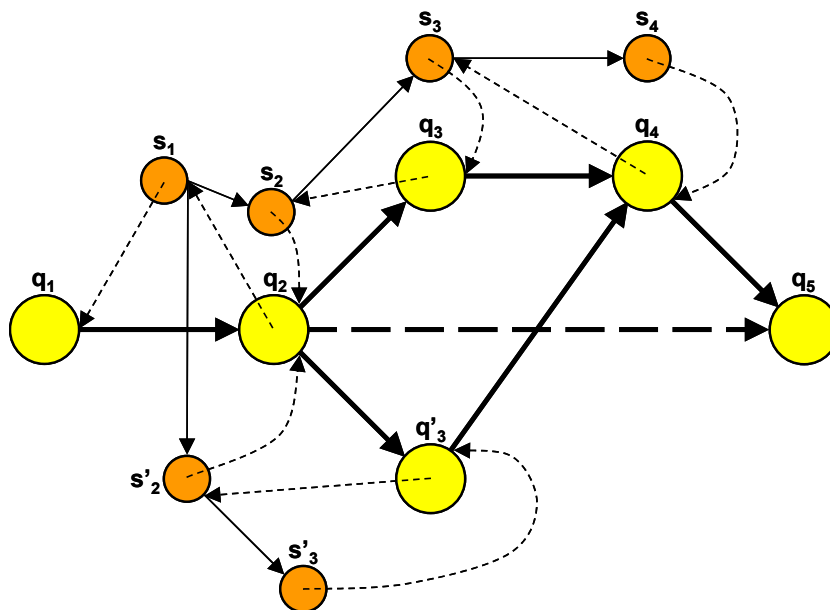


Figura [62] – Grafo de desenvolvimento em rede de um processo (simplificado)

Sequências alternativas de desvio ( $\epsilon_{\text{desvio}}$ ) ou de falha ( $\epsilon_{\text{falha}}$ ) resultantes de uma anomalia, que não fazem parte do normal desenvolvimento do processo. Estas sequências são, em princípio, indesejadas e correspondem à eventual concretização de uma situação de risco.

Assim, ao modelizar um processo produtivo há que estabelecer, em primeiro lugar, a rede de sequências *normal*, representativa do seu funcionamento expectável.

Deve notar-se que pode não existir, apenas, uma rede única que traduza o desenvolvimento do processo.

Há um certo grau de liberdade<sup>81</sup> nas sequências que conduzem ao resultado final esperado sem que, por isso, se possam considerar desvios. Naturalmente, este grau de liberdade aumenta quando a análise se afasta da sequência técnica básica, abarcando subsistemas mais abrangentes.

A esquematização da rede processual implica um conhecimento razoavelmente aprofundado do processo produtivo e das suas condicionantes a montante e a jusante, bem como de todos os subsistemas que o integram, nomeadamente os circuitos de comando, monitorização e controlo.

### 6.2.3. Determinação de nós críticos

Na fase em análise não se procura – nem existem, ainda, dados que o permitam – estabelecer uma hierarquização dos nós da rede em termos da sua criticidade para o normal desenvolvimento do processo. No entanto, um estudo da rede permitirá estabelecer quais os principais nós (ou materiais, máquinas, operações, tarefas, funções) cujo disfuncionamento terá consequências significativas na evolução do processo. Evidentemente, esta abordagem deverá ser revista em fases posteriores e, eventualmente, alterada, tendo em conta os novos dados entretanto obtidos.

Se um determinado processo inclui um sistema automático de extinção de incêndios por aspersão de água (“*sprinklers*”), o “abastecimento de água” – com o caudal e a pressão adequados – será, naturalmente, um nó crítico. Mas, se este abastecimento depender da rede pública ou, em alternativa, de uma central de bombagem alimentada por um depósito com capacidade suficiente, os nós (prévios, relativamente ao

---

<sup>81</sup> Naturalmente finito e controlado (ou controlável).

anterior) “rede pública” e “central de bombagem” terão, naturalmente, uma criticidade menor.

A determinação – de momento ainda puramente descritiva – dos nós críticos mais evidentes e significativos possibilitará centrar análises mais apro-fundadas sobre subprocessos, o que simplifica um estudo que, caso contrário, se apresentaria demasiado complexo, na prática, inexequível.

#### **6.2.4. Anomalias previsíveis**

Face a uma listagem dos nós considerados mais críticos, torna-se possível identificar as anomalias – cujos efeitos sejam sequências de desvio ou mesmo de falha – e daí partir para o estabelecimento de árvores de causas condicionais e de árvores de efeitos, de acordo com uma abordagem do tipo “*bow tie*”. A caracterização destas anomalias está ligada à tecnologia aplicada ao processo no nó de estudo. Implica, portanto, um conhecimento dos procedimentos e dos fundamentos teórico-práticos presentes.

O estudo dos balanços de massa e de energia, dos fluxogramas de produção, dos sistemas de monitorização, comando e controlo, é um exemplo do tipo de dados necessários à identificação de eventuais anomalias no sistema.

São, também, pertinentes os elementos resultantes de análises estatísticas, nomeadamente do estudo das fiabilidades dos diversos componentes ou das análises de movimentação durante a realização de tarefas.

São aplicáveis, nesta fase, métodos descritivos ou de tipo “*what if*”, dos quais o HAZOP (*Hazard and Operability Study*) é o mais estruturado – mas não o único – e, por isso, o mais eficaz na deteção e caracterização de anomalias que possam, potencialmente, vir a ocorrer.

#### **6.2.5. Árvores de causas condicionais**

Se uma anomalia apresenta uma probabilidade significativa de ocorrência, é porque ela é o efeito de um conjunto de causas – cada uma delas com a sua probabilidade de se vir a manifestar – que podem ser dispostas de acordo com diferentes níveis de significância. Ou seja, é viável a elaboração de uma árvore de causas condicional cujo acontecimento final seja a anomalia detetada. Numa árvore de causas condicional há que ter em conta alguns conceitos fundamentais:

- A probabilidade de ocorrência de uma causa é, sempre, definida no intervalo  $0 < p_i \leq 1$ .

Qualquer causa pode ser entendida como um par [perigo/condição de trabalho], pelo que a sua probabilidade de ocorrência depende, no essencial, da forma como as condições de trabalho permitem a manifestação de um perigo, já que este é uma característica intrínseca das substâncias, máquinas, pessoas, tipo de tarefas ou operações realizadas, ou seja, um elemento potenciador. Isto significa que essa probabilidade resulta da forma como o trabalho é realizado e não, apenas, do perigo que está, necessariamente, presente.

- As causas, num determinado nível de significância, contribuem para os eventos do nível superior de uma forma *complementar* ou *suplementar* (através de portas {E} ou {OU}, respetivamente), pelo que o cálculo de probabilidades deve ser efectuado de acordo com estas condições, isto é, utilizando os algoritmos adequados a cada um dos tipos de portas lógicas.

A consideração de diversos níveis de significância leva à tipificação das causas de acordo com os subsistemas onde se manifestam (figura [63]).

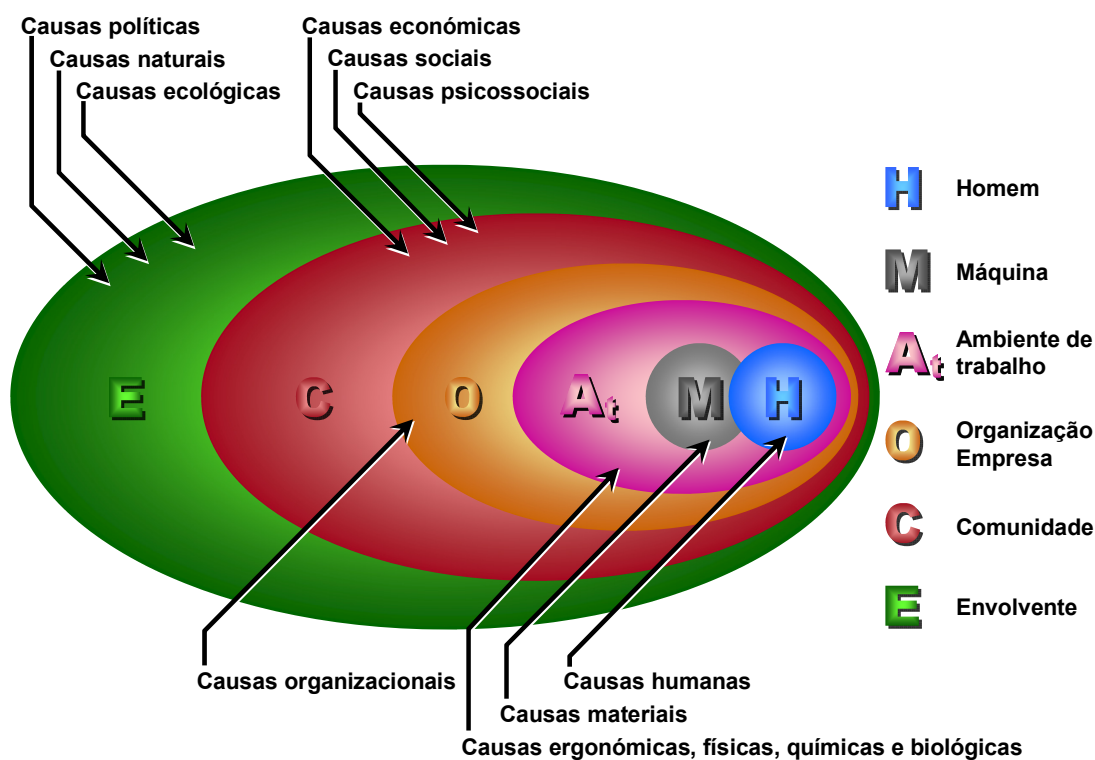


Figura [63] – Abordagem sistémica das causas de uma situação de risco

Quanto mais afastadas, em termos sistémicos, estiverem as causas do acontecimento final – da anomalia no nó de estudo em análise do processo, ou seja, da situação de risco considerada – menor será a sua influência na formação da probabilidade de ocorrência desta.

Assim, quanto menor for a significância do nível a que se situam, menos importantes elas são.

Dado que, na actual fase metodológica, a avaliação é apenas qualitativa, esta abordagem serve, no essencial, para excluir o tratamento de causas longínquas, simplificando as técnicas de avaliação.

De notar que considerar estas causas não significantes é, obviamente, diferente de considerá-las inexistentes.

Naturalmente que a referida exclusão se deve pautar por critérios justificados e aceites. Uma possível medida para esta decisão poderá ser a “capacidade de intervenção”, isto é, a eficácia da aplicação das medidas de controlo previstas.

Se, na análise de uma anomalia num determinado processo produtivo, se deteta, como causa de baixo nível de significância, a promulgação de legislação fiscal (com origem no subsistema “envolvente”), a sua probabilidade é, obviamente  $p = 1$  e a capacidade de tomar medidas que alterem essa causa é nula.

Assim, deve ser considerada como não significante na árvore de causas, passando a ser entendida como mais um parâmetro não controlável (mas real) do processo.

#### 6.2.6. Árvores de efeitos potenciais

Ainda numa abordagem qualitativa, é essencial avaliar os efeitos resultantes da eventual passagem de uma situação de risco a uma ocorrência profissional danosa.

Da análise das sequências alternativas, consequência dos desvios provocados por uma anomalia no processo, resulta uma árvore de efeitos na qual os diferentes níveis de significância se relacionam por portas **{E}** e **{OU}** e que permitirá calcular (numa fase posterior) as probabilidades de ocorrência dos prejuízos expectáveis.

Tal como ficou dito quando se abordou o ramo “causas” do diagrama “*bow tie*” aplicável, também os efeitos se farão sentir em diferentes subsistemas, de uma forma que depende da respetiva vulnerabilidade (figura [64]).



E, naturalmente, um determinado subsistema é tanto mais vulnerável – e tanto mais suscetível a sofrer um prejuízo<sup>82</sup> – quanto mais próximo (do ponto de vista do seu nível de significância) estiver do evento em análise.

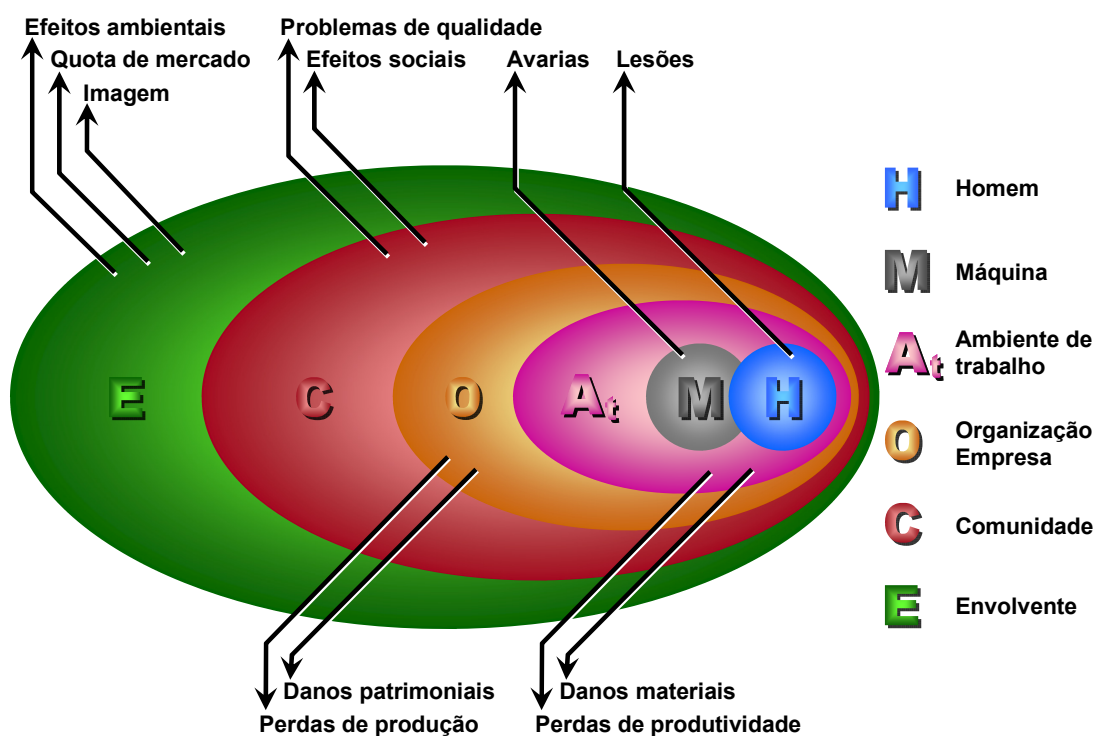


Figura [64] – Abordagem sistêmica dos efeitos de uma situação de risco

O afastamento da verificação eventual dos efeitos, em relação à origem do problema, corresponde a uma medida da sua significância, em termos do prejuízo resultante e das suas implicações nos diversos subsistemas.

#### 6.2.7. Alargamento do conceito HEMP – Processo de gestão CDEF

Aplicando as noções de árvore de causas (condicional ou determinista) e de árvore de efeitos (possíveis ou verificados) a um modelo do tipo do de Quinot e Moyen – exposto e desenvolvido no ponto 3.2.2.2. – será possível alargar a representação “*bow tie*” (HEMP) a um conceito mais abrangente que tem como referência a aplicação de quatro tipos de árvores de eventos que explicariam a interligação sistêmica entre causas e efeitos através do estudo das fiabilidades das operações técnicas.

<sup>82</sup> *Susceptibilidade* a sofrer um prejuízo não é a mesma coisa que *dimensão* do prejuízo.

cas, por um lado e, por outro, da pertinência das decisões a elas ligadas, etapa a etapa.

Este conceito define-se por uma interacção, em cada nó de estudo, de diversas anomalias – do tipo  $A^q$  ou  $A^s$  – condicionadas por *árvores de causas* e cuja concretização (dando origem a sequências alternativas, de desvio) está dependente, respetivamente, de *árvores de falhas* no que respeita à fiabilidade da operação técnica em análise e de *árvores de decisões* no que se refere à pertinência e correcção das decisões envolvidas.

Em resultado das sequências alternativas possíveis (ou detetadas) podem estabelecer-se as consequentes *árvores de efeitos*.

Pode, assim, caracterizar-se um *processo de gestão* global e sistémico que tenha em conta estes quatro aspetos que enquadram a forma de entender o risco presente num processo produtivo.

De uma forma muito simplificada e desenvolvendo o esquema apresentado na figura [23], este conceito resulta numa representação em cruz como se exemplifica na figura [65].

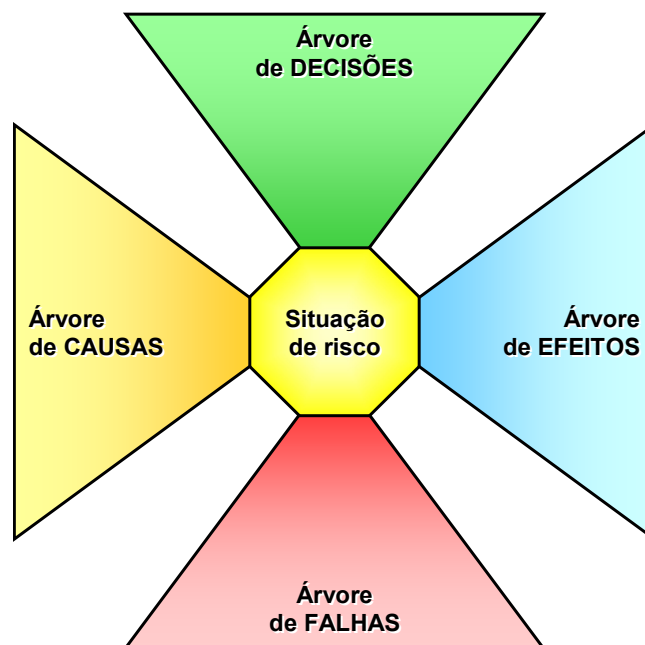


Figura [65] – Contribuição sistémica para a situação de risco das Causas, Decisões, Efeitos e Falhas

De facto, a noção de *situação de risco* corresponde a uma interpretação mais exigente e mais alargada, a partir do momento em que se utiliza uma modelização do

processo produtivo como, por exemplo, a que se baseia no modelo de Quinot e Moyen.

Como ficou dito, é a possível ocorrência de uma anomalia que tem causas, uma operação que é mais ou menos fiável, uma decisão que se adequa ou não às condições encontradas e um conjunto de sequências de desvio que resultam numa série de consequências previsíveis.

Este processo, esquematizado na figura [66], pode ser designado como **Processo de gestão de Causas, Decisões, Efeitos e Falhas (CDEF)**.

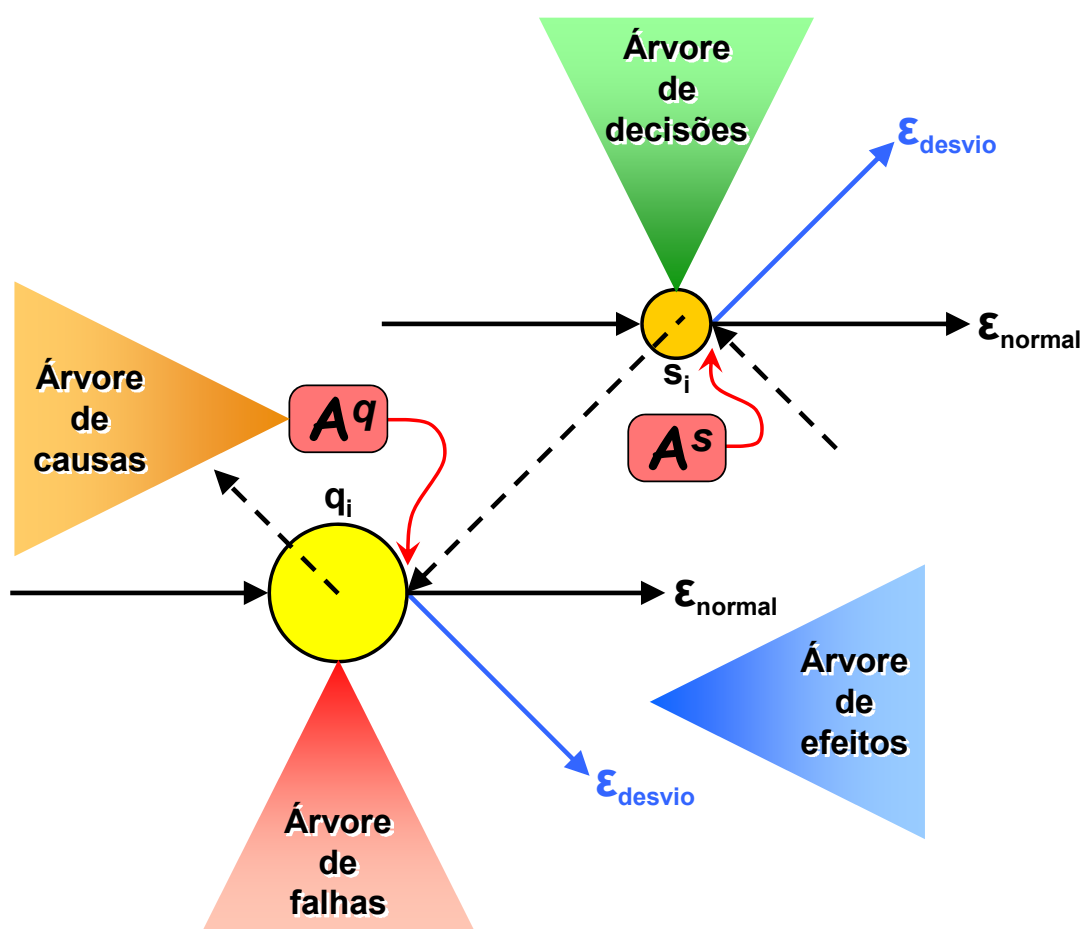


Figura [66] – Conceito alargado de gestão de Causas, Decisões, Efeitos e Falhas (CDEF)

De acordo com o modelo anteriormente estudado, uma operação técnica nunca pode ser considerada como isenta de falhas – ou seja, apresenta sempre uma fiabilidade inferior a **um** – e uma decisão que lhe esteja associada na mesma etapa pode não ser a mais correcta ou a mais adequada.

Estes aspetos contribuem, naturalmente, para uma situação de risco que estará associada a uma eventual anomalia – com as suas causas – e à possível verificação de um conjunto de efeitos.

Assim, a uma operação elementar pode sempre ser associada uma árvore de falhas que permite o cálculo da probabilidade do seu insucesso, como se exemplifica na figura [67].

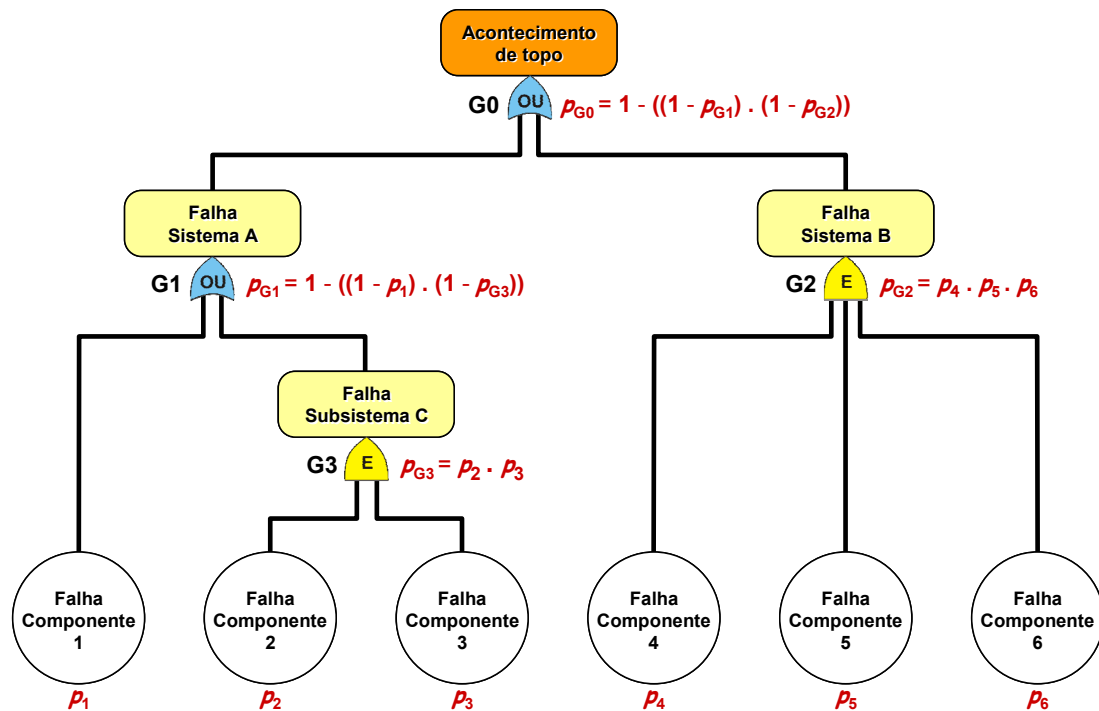


Figura [67] – Árvore de Falhas

A pertinência da decisão pode, naturalmente, ser analisada através de uma árvore de decisões, seja ela construída segundo uma abordagem de opções ou segundo uma abordagem de verificações (ver figuras [68] e [69]).

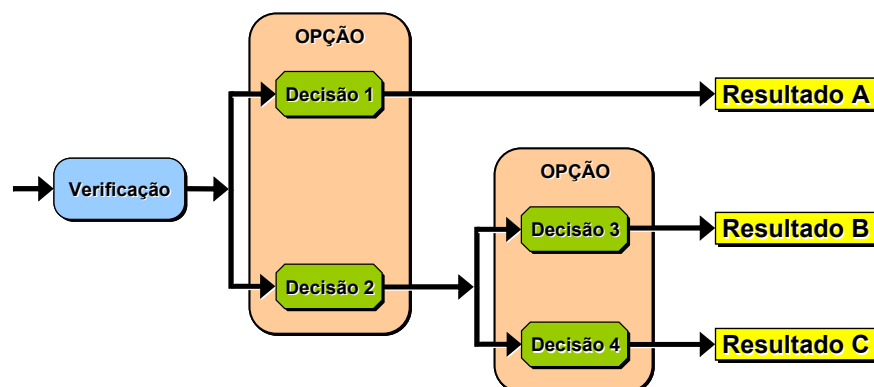


Figura [68] – Árvore de Decisões – Opções

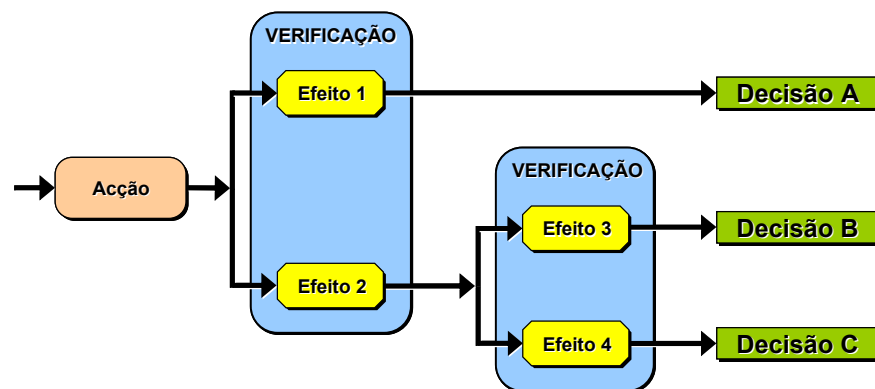


Figura [69] – Árvore de Decisões – Verificações

O tratamento probabilístico destas árvores – assumindo tabelas de frequência aplicáveis às diversas decisões pontuais significantes – permite estabelecer a pertinência das decisões tomadas e os seus resultados para o desenvolvimento do processo produtivo.

No que diz respeito à fiabilidade das operações técnicas é, obviamente, aplicável uma análise por árvore de falhas, utilizando-se para cálculo das probabilidades de ocorrência de situações não programadas as tabelas de fiabilidade (de componentes ou de sistemas) disponíveis.

#### 6.2.8. Seriação de riscos

O grau de detalhe conseguido com uma avaliação puramente qualitativa não permite a elaboração de uma lista ordenada dos riscos identificados.

Mas a sua simples identificação, complementada por uma tipificação e caracterização, possibilita o estabelecimento de um conjunto de grupos de risco, passíveis de serem seriados de acordo com a sua significância para a vulnerabilidade global do processo produtivo.

É evidente que a validade – em termos de uma avaliação de riscos profissionais – de uma conclusão deste tipo (por muito prévia que ela seja) será sempre baixa e, naturalmente, discutível.

No entanto, numa fase ainda preparatória do desenvolvimento de uma metodologia integrada, tem a vantagem de permitir um posicionamento crítico face ao processo produtivo, facilitando, enquadrando e delimitando o estabelecimento de critérios de criticidade mais elaborados e cientificamente suportados.

### 6.2.9. Técnicas de análise

Nesta SEGUNDA FASE, será fundamental a aplicação de algumas técnicas disponíveis, com as necessárias adaptações. Nomeadamente:

- Aplicação de métodos de modelização de processos técnicos e de processos produtivos.

A utilização de modelos físicos, matemáticos ou conceptuais dependerá, no essencial, dos meios que estiverem disponíveis e dos dados que for possível coligir, sendo que, para efeitos de uma avaliação de riscos, são os modelos conceptuais os que melhor se adequam aos objectivos propostos, sem prejuízo da complementaridade conseguida com a aplicação dos outros tipos de modelos.

- Utilização de técnicas de avaliação descritivas, com particular relevância para os métodos que se baseiam no conhecimento privilegiado dos operadores em relação às tarefas que desempenham e aos postos de trabalho que asseguram como é o caso dos questionários de desempenho e da análise de incidentes críticos (IR – “*incident recall*”).

Numa outra perspetiva, são aplicáveis os métodos de caracterização de anomalias, do tipo “*what if*”, dos quais o HAZOP, na sua aplicação meramente qualitativa, é a técnica mais eficiente e que maiores garantias de abrangência estruturada oferece.

Estas técnicas permitem detetar causas e efeitos e avaliar o grau de vulnerabilidade dos processos produtivos em estudo às diversas condicionantes a que estão sujeitos.

- Elaboração de árvores de causas condicionais e de árvores de efeitos potenciais, de acordo com os diversos métodos aplicáveis.

Trata-se, no essencial, de desenhar árvores de avaliação não quantificada, sem preocupações com o cálculo de probabilidades e/ou de prejuízos, mas que permitam uma visão global e sistémica da origem e do resultado de uma eventual ocorrência de anomalias no processo produtivo.

## **6.3. TERCEIRA FASE**

### **6.3.1. Síntese**

O objectivo, nesta fase do processo, é a elaboração de tabelas – hierarquizadas e justificadas – dos pontos, nós e operações críticas.

Para esta elaboração são essenciais os dados obtidos na segunda fase, tendo em conta as eventuais consequências – não apenas para o desenrolar do processo mas, também, para os bens, para o ambiente e, em especial, para os indivíduos que por elas possam vir a ser afectados – avaliadas, ainda, de uma forma qualitativa.

Naturalmente que a determinação do grau de criticidade implica, desde já, um juízo de valor, o que implica uma avaliação subjetiva da pertinência de eventuais anomalias para a concretização – ou não – da intenção de operação.

Pretende-se propor um conjunto de técnicas (eventualmente estatísticas) que permitam a referida hierarquização.

Será com base nestas opções críticas que se justificará a realização de uma avaliação quantitativa, mais detalhada.

Nesta fase serão tratados os seguintes temas:

- Estabelecimento de critérios de criticidade;
- Desenho de ferramentas que apoiem a aplicação destes critérios;
- Hierarquização dos nós/anomalias de acordo com a sua criticidade.

### **6.3.2. Critérios de criticidade**

Uma primeira abordagem a este problema implica uma clarificação do conceito de criticidade.

A aplicação deste conceito pressupõe, sempre, uma avaliação, seja ela qualitativa, seja quantitativa e portanto a estruturação de métodos que permitam a gradação das valorizações e/ou das valorações de circunstâncias que enquadram a criticidade das diversas situações.

#### 6.3.2.1. Métodos estatísticos

Definida a criticidade<sup>83</sup> como *uma característica que se refere a uma relevância*, esta será uma noção que pode ser valorizada (e, eventualmente, valorada) utilizando técnicas de tratamento estatístico.

A aplicação mais óbvia é a que permite definir os valores mínimos e máximos das escalas discretas que caracterizam os fatores de formação do risco. Podem, também, ser usados métodos estatísticos para atribuir valores aos vários níveis das escalas, tendo em conta o historial de situações equivalentes.

Mas para tal há que seleccionar, de entre os fatores passíveis de influenciar uma situação de risco, aqueles que devem ser considerados críticos.

É evidente que, antes de se chegar ao estudo desses fatores, os critérios estatísticos para a determinação da criticidade são aplicáveis a conceitos mais abrangentes.

Se uma anomalia é pouco provável – embora nunca impossível – os desvios no processo produtivo que lhe podem ser atribuídos serão considerados não críticos. A questão está em saber, caso a caso, qual a probabilidade mínima que deve ser considerada.

Se uma consequência tem efeitos reduzidos sobre o subsistema onde se manifesta, a sua criticidade pode ser considerada nula.

Mais uma vez o problema é a definição do limiar de prejuízo a ter em consideração.

#### 6.3.2.2. Métodos de análise das causas

De acordo com a definição de causa anteriormente apresentada, há que detetar um par [perigo/condição de trabalho] para que se esteja perante um antecedente da situação de risco.

Uma análise global e ainda genérica do processo produtivo permite obter uma visão geral sobre as condicionantes em termos de perigos presentes.

---

<sup>83</sup> Como se indicou no ponto **3.1.** GLOSSÁRIO.



Conhecidos o diagrama de produção, as matérias-primas usadas, os produtos fabricados (e a sua previsível utilização), as máquinas, instalações e sistemas de monitorização, comando e controlo, o “*lay out*”, os meios humanos disponíveis (número, grupo etário, formação, qualificação profissional, experiência) e as características económicas, ecológicas e sociais do processo, é possível elencar perigos presentes.

Então, uma análise das condições reais de trabalho possibilitará a verificação da significância das diversas causas detetáveis, o que permitirá estabelecer critérios de criticidade que relevem a sua importância (quer em termos de probabilidade de uma situação de risco, quer em termos de eventual dano resultante da sua ocorrência).

De notar que a análise dos perigos é, por si só, inconcludente. Sem um conhecimento das condições em que o elemento perigoso é, de facto, utilizado no decorrer do processo produtivo, não é possível a identificação de causas e, portanto, não é viável a elaboração de uma árvore de causas condicional capaz de evidenciar a possibilidade de ocorrência de anomalias críticas.

Saber que, numa determinada indústria química, se utilizam produtos tóxicos não garante, por si só, que as operações onde eles estão envolvidos sejam críticas.

É essencial conhecer as *condições de trabalho* em que eles são usados:

- estado (sólido, líquido, gasoso);
- parâmetros de operação (concentração, pressão, temperatura);
- quantidade utilizada a cada momento (massa, volume, caudal);
- operações a que o produto é sujeito (moagem, mistura, diluição, prensagem, transporte, reacção química);
- tipo de armazenamento (granel, liquefeito, sob pressão, em contentores);
- tipo de movimentação (tubagem, passadeira, nora, parafuso, pneumática, manual);
- envolvente (compatibilidades, distâncias de segurança, exposição a intempéries, presença de fontes de ignição);
- etc.

Do conhecimento destes dois elementos – um perigo significativo presente num processo quando as condições em que é utilizado contribuem para a formação do

risco – resulta a possibilidade de estabelecer critérios de criticidade relativos às causas de uma situação de risco.

#### 6.3.2.3. Métodos de análise dos efeitos

Uma outra forma de estabelecer critérios de criticidade é a análise da árvore de efeitos – utilizando uma representação do tipo “*bow tie*” – tendo em consideração os eventuais prejuízos causados por uma anomalia no processo produtivo e a sua repercussão nos diferentes subsistemas a ele associados.

Os efeitos tóxicos de uma nuvem de gás resultante da rutura ou do rebentamento de um depósito, dependem da concentração do agente agressor na atmosfera. E esta depende da distância ao ponto de início, do tempo, das condições meteorológicas.

Abaixo de valores-limite aceitáveis, podem considerar-se como *não críticos* (mas não inexistentes) os efeitos, na população exposta, dessa emissão tóxica.

O conceito de prejuízo anteriormente definido implica a qualificação de danos não quantificáveis (sociais, de imagem, de mercado, ambientais ou políticos) e a valoração de custos diretos, previsivelmente resultantes da ocorrência de uma situação de risco.

Os critérios de criticidade baseados no conceito de prejuízo terão que ter em conta esta dualidade de abordagem.

#### 6.3.2.4. Métodos de análise da fiabilidade das barreiras

Como ficou dito anteriormente, a probabilidade de ocorrência de uma situação de risco pode ser alterada reduzindo a probabilidade de ocorrência das causas que estarão na sua origem. E para tal contribui a fiabilidade das barreiras de protecção, dado que estas correspondem, num certo sentido, à noção de condições de trabalho. Por outro lado, os danos resultantes dos efeitos previsíveis da concretização de uma situação de risco dependem da fiabilidade das barreiras de protecção (que podem ser associadas ao conceito de sensibilidade ao dano) implementadas.

Assim, ao analisar a criticidade de um sistema devem ser tomados em consideração dois fatores:

- A possibilidade – viabilidade, facilidade e rendibilidade – de modificar as barreiras existentes no sentido de as tornar mais fiáveis;

- A eventual interposição de novas barreiras cuja função seja colmatar deficiências (dificilmente sanáveis) nas existentes, complementar as funções preventivas/protectivas destas ou introduzir novos pontos de controlo ainda não explorados.

Uma análise de barreiras poderá, portanto, relevar aspetos importantes para decidir sobre a criticidade dos nós de estudo.

### 6.3.3. Ferramentas

Para definir – e utilizar – critérios de criticidade, há que aplicar ferramentas adequadas e desenhadas tendo em conta a sua viabilidade, a sua fiabilidade e a sua universalidade.

Entende-se por ferramenta (figura [70]) o procedimento ou a técnica que, tratando um conjunto de dados (“*input*”), permite obter um conjunto de resultados (“*output*”) passível de ser usado na concretização do objectivo proposto.



Figura [70] – Ferramenta

Assim, podem classificar-se as ferramentas aplicáveis ao processo de avaliação de riscos profissionais em três grandes grupos:

- Ferramentas estatísticas;
- Ferramentas de análise de causas;
- Ferramentas de análise de efeitos;
- Ferramentas de análise da fiabilidade das barreiras.

#### 6.3.3.1. Ferramentas estatísticas

Sempre que se dispõe de dados pertinentes, correspondentes a um universo suficientemente alargado para que possa ser considerado significativo, é possível usar noções estatísticas para desenhar as ferramentas adequadas à metodologia de

avaliação de riscos profissionais, nomeadamente no que respeita à aplicação de critérios de criticidade.

Uma das possibilidades é o estudo do comportamento de fatores de formação do risco, baseado num histórico registado de ocorrências profissionais danosas. Estes métodos são, pela sua própria natureza, retroativos. Considera-se que o algoritmo base que define o risco é o indicado nas equações [2], [3] e [4], apresentadas no ponto 3.2.2.2. e que aqui se reproduzem:

$$R = p.d$$

Equação [2]

com

$$p = \prod f_{pi} \text{ ou } p = \sum f_{pi}$$

$$d = \prod f_{dj} \text{ ou } d = \sum f_{dj}$$

Equações [3] e [4]

Numa análise que utilize um método matricial<sup>84</sup>  $f_{pi}$  e  $f_{dj}$  assumem valores discretos e, em consequência,  $p$ ,  $d$  e  $R$  também.

Se se considerar um determinado fator de formação do risco,  $f_{pi}$  ou  $f_{dj}$  e se se calcular a frequência das ocorrências nas quais ele toma os possíveis valores de uma escala discreta, obter-se-á um histograma como o representado na figura [71] a seguir:

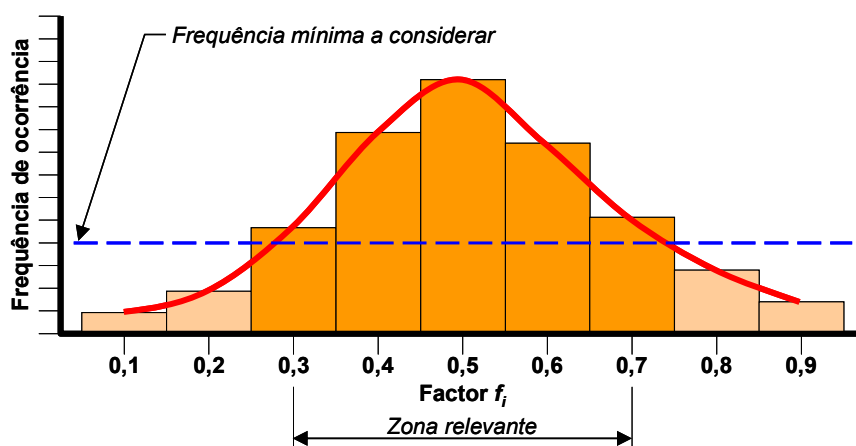


Figura [71] – Critério estatístico de criticidade – distribuição centrada

<sup>84</sup> Como se viu anteriormente, o método mais utilizável – e utilizado – em avaliação de riscos.

Ao estabelecer um valor – ou um descritivo – para a frequência de ocorrência abaixo do qual o referido fator de formação do risco possa ser considerado como não significativo, é possível definir uma *zona relevante* de valores desse fator.

Assim, podem tomar-se como críticas todas as ocorrências nas quais o fator  $f_i$  assume valores dentro dessa *zona relevante*.

De notar que esta definição se mantém válida quer se esteja a tratar a questão de uma forma qualitativa – isto é, a partir de descrições – quer se utilizem valores correspondentes a uma medição do fator de formação do risco em causa.

Ou seja, numa abordagem qualitativa, os acontecimentos serão classificados, apenas, como *críticos* ou *não críticos*, reservando-se para uma abordagem quantitativa a sua seriação (*mais ou menos críticos*).

Naturalmente, nem sempre esta distribuição será centrada, o que leva à deslocação da *zona relevante* (ver figura [72]).

Mas, face ao grau de aleatoridade da ocorrência dos diversos valores do fator de formação do risco em estudo, tal distribuição será sempre tendente a uma curva de Gauss.

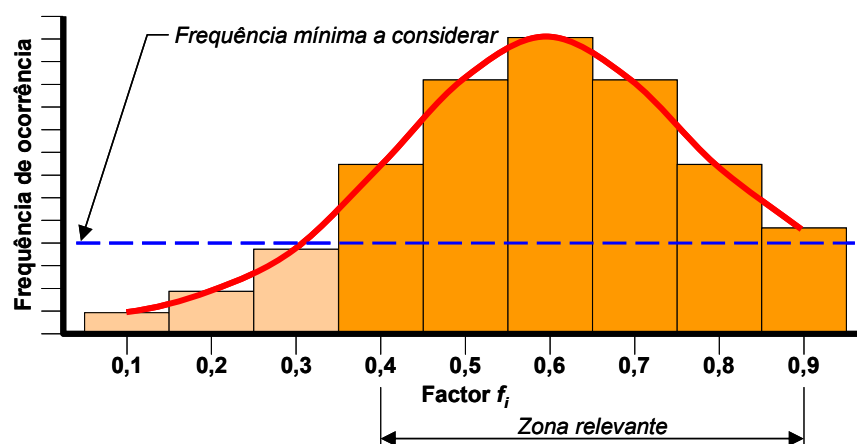


Figura [72] – Critério estatístico de criticidade – distribuição descentrada

Esta aplicação de ferramentas estatísticas é válida quer para os fatores de formação da probabilidade ( $f_{pi}$ ) quer para os fatores de formação do dano ( $f_{dj}$ ) relacionados com ocorrências profissionais danosas. Tal implica o conhecimento das árvores de causas e/ou das árvores de efeitos associadas a essas ocorrências de acordo com um modelo representativo do tipo “*bow tie*” ou, de uma forma mais abrangente, do tipo CDEF.

### 6.3.3.2. Ferramentas de análise de causas

Considera-se que, ao estudar situações de risco, as respectivas árvores de causas serão sempre condicionais, isto é,

- os diversos níveis de significância relacionam-se através de portas **{E}** e/ou de portas **{OU}**;
- as causas ocorrem com uma probabilidade  $p_i$  superior a zero e menor ou igual a um ( $0 < p_i \leq 1$ )<sup>85</sup>, donde a probabilidade resultante será  $p$  com  $0 < p \leq 1$ .

A passagem de um nível de significância ao seguinte através de uma porta **{E}** corresponde à situação em que a ocorrência de todas as causas é condição necessária (figura [73]).

A probabilidade resultante é, portanto, o produto das probabilidades de ocorrência individual de cada uma das causas envolvidas.

$$p = \prod_{i=1}^n p_i$$

Equação [19]

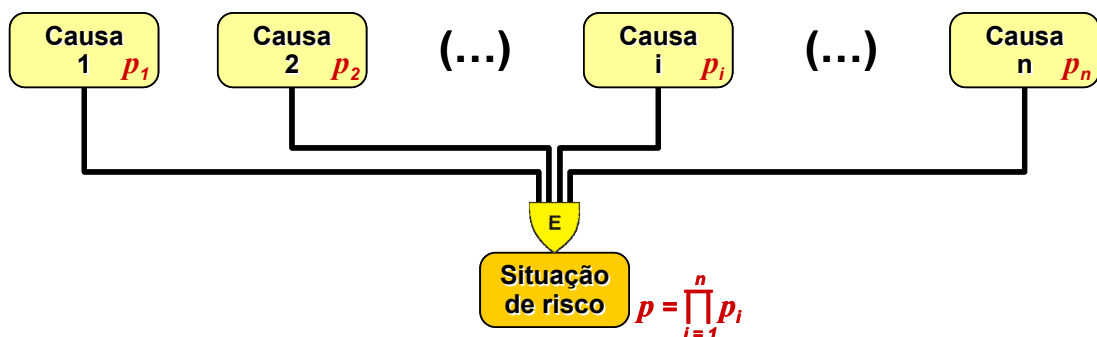


Figura [73] – Árvore de causas condicional – Porta **{E}**

Quando este relacionamento se faz através de uma porta **{OU}**, a ocorrência de qualquer uma das causas é condição suficiente (figura [74]). Neste caso, é a probabilidade de não-ocorrência ( $p^c = 1 - p$ ) que é igual ao produto das probabilidades de não-ocorrência das causas pertinentes, ou seja, a probabilidade de ocorrência é complementar do produto das probabilidades complementares de ocorrência das causas que contribuem para a sua formação (ou seja, para que a situação de risco *não se verifique*, é condição necessária a não-ocorrência de qualquer causa).

<sup>85</sup> Não se considera a impossibilidade da causa mas admite-se a sua certeza.

$$p = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - p_i) \text{ ou } p = \sum_{i=1}^n p_i - \prod_{i=1}^n p_i$$

Equação [20]

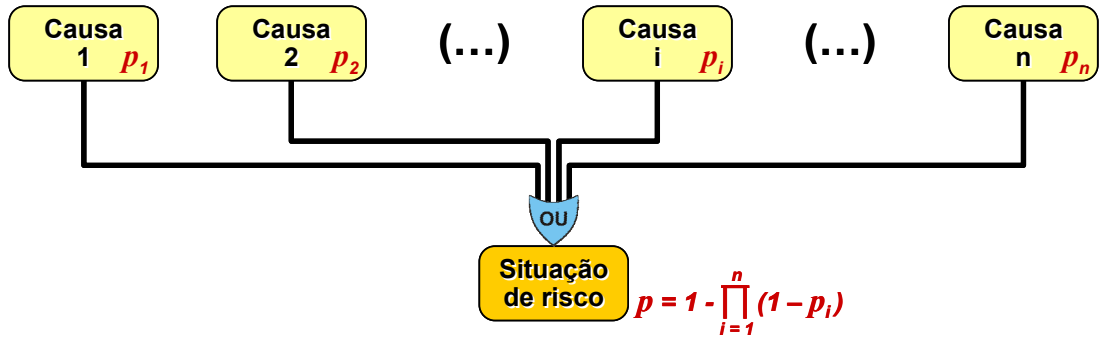


Figura [74] – Árvore de causas condicional – Porta {OU}

Do que ficou exposto pode concluir-se que uma ferramenta aplicável à estimativa da criticidade utilizando métodos de análise de causas, corresponderá, no essencial, ao estudo e comparação das probabilidades de ocorrência das causas que podem estar na origem de uma situação de risco.

Analisando as equações [19] e [20], verifica-se que a variação da probabilidade de ocorrência de uma causa isolada – num conjunto de causas do mesmo nível de significância – implica uma maior variação da probabilidade resultante no caso de uma porta {E} do que no caso de uma porta {OU}. Aliás, quando se aplica uma porta {E}, a variação de  $p$  é igual à variação de  $p_n$  ( $n \leftrightarrow$  ocorrência com probabilidade variável), enquanto que no caso de uma porta {OU} esta relação é menor. Isto é, para uma porta {E}, a função derivada da função

$$(\Delta p) = f((\Delta p_n))$$

Equação [21]

será:

$$\frac{d(\Delta p)}{d(\Delta p_n)} = 1$$

Equação [22]

E para uma porta {OU}:

$$\frac{d(\Delta p)}{d(\Delta p_n)} < 1$$

Equação [23]

Por exemplo, considere-se uma situação onde três causas ( $n = 3$ ) contribuem para uma causa do nível de significância seguinte e cujas probabilidades de ocorrência apresentam, respetivamente, as seguintes gamas de variação:

- $p_1 = 0,01$  (constante);
- $p_2 = 0,01$  (constante) e
- $p_3$  variável entre **0,01** e **0,06** (uma variação de **500%**).

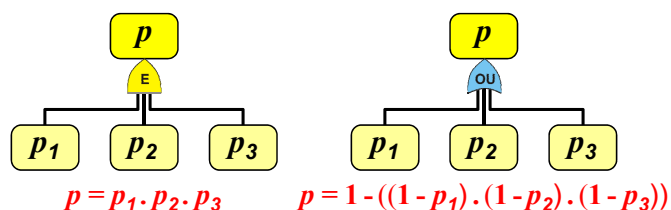


Figura [75] – Probabilidades resultantes em portas {E} e {OU}

Analisando os valores de  $\Delta p$  em função de  $\Delta p_3$ , em ambos os casos, pode construir-se a tabela [4] e o gráfico da figura [76].

variável		$\Delta p_3$	$p \{E\}$		$p \{OU\}$	
			valor	$\Delta p$	valor	$\Delta p$
$p_1$	0,01					
$p_2$	0,01					
$p_3$	<b>0,01</b>	0%	0,000001	0%	0,029701	0%
$p_1$	0,01					
$p_2$	0,01					
$p_3$	<b>0,02</b>	100%	0,000002	100%	0,039502	33%
$p_1$	0,01					
$p_2$	0,01					
$p_3$	<b>0,03</b>	200%	0,000003	200%	0,049303	66%
$p_1$	0,01					
$p_2$	0,01					
$p_3$	<b>0,04</b>	300%	0,000004	300%	0,059104	99%
$p_1$	0,01					
$p_2$	0,01					
$p_3$	<b>0,05</b>	400%	0,000005	400%	0,068905	132%
$p_1$	0,01					
$p_2$	0,01					
$p_3$	<b>0,06</b>	500%	0,000006	500%	0,078706	165%

Tabela [4] – Cálculo da variação de  $p$  conforme o tipo de porta lógica

O valor de  $p$  varia de **0%** a **500%** no caso de uma porta {E} e de **0%** a **165%** no caso de uma porta {OU}.

Representando graficamente esta variação comprova-se que a função  $\Delta p = f(\Delta p_3)$  tem uma inclinação inferior no caso de uma porta {OU}.



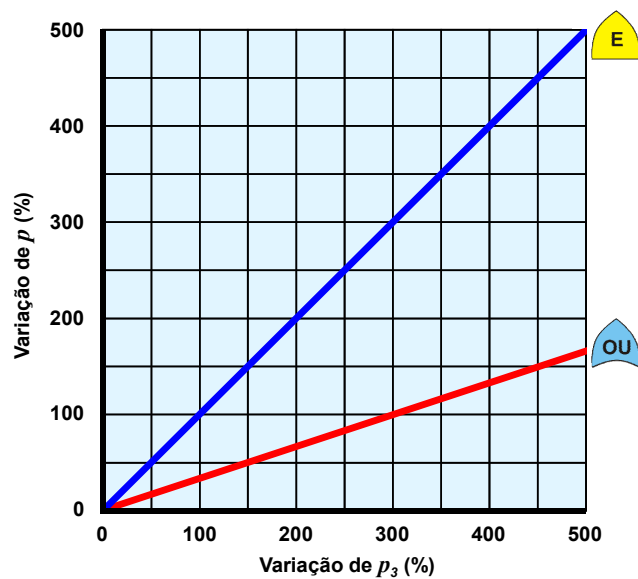


Figura [76] – Variação de  $p$  conforme o tipo de porta lógica

Mas, em valores absolutos, a contribuição da probabilidade de ocorrência de uma causa de nível de significância  $n+1$  para um efeito/causa de nível  $n$  é muito mais significativa quando a ligação é feita através de uma porta {OU}.

Basta, para tal, analisar as equações [22] e [23] e verificar que, pertencendo  $p_i$  ao intervalo  $]0 ; 1[$ , será  $\sum p_i > \prod p_i$ .

Analisando a formação da probabilidade através destas equações pode constatar-se que  $p_{\{E\}} < p_i$  (qualquer que seja  $i$ ) e que  $p_{\{OU\}} > p_i$  (qualquer que seja  $i$ ).

Estas constatações significam que, mesmo tendo em conta as equações [22] e [23], é mais eficaz a redução da probabilidade de ocorrência de uma causa de entrada numa porta {OU} do que a de uma causa de entrada numa porta {E}, ou seja, que as causas ligadas a uma porta {OU} são sempre mais críticas do que as que estão ligadas a portas {E}. Aliás, este facto traduz-se nas diversas técnicas utilizadas para a simplificação de árvores lógicas, nomeadamente o algoritmo desenvolvido por Vesely e Fussel (MOCUS – *Method of Obtaining CUt Sets*).

Mas, além disso, uma causa ligada à situação de risco através de portas {OU} é determinante. Ela fará, sempre, parte do caminho crítico (corte mínimo ou “*minimal set*”) e, se for viável a implementação de barreiras de alta fiabilidade em causas deste tipo, será sempre possível reduzir, significativamente, a probabilidade de concretização de uma situação de risco.

### 6.3.3.3. Ferramentas de análise de efeitos

Uma árvore de efeitos resultante de uma ocorrência profissional danosa será, naturalmente, determinista e pode ser designada por árvore de acontecimentos ou árvore de eventos.

Tal implica que todas as relações **causa** → **efeito** se traduzem por portas lógicas **{E}** e que a probabilidade de ocorrência dos efeitos – de facto detetados – é sempre igual a **um**.

Mas, quando se tratam situações de risco, a árvore será, naturalmente, condicional, isto é, a situação de risco, por si própria, implicará determinados efeitos e potenciará a ocorrência de outros. Ou seja, uma ocorrência profissional danosa resultante de uma situação de risco e condicionada por uma probabilidade **p**, dará origem, certamente, a determinadas consequências mas poderá, ainda, ter outros efeitos potenciais cuja probabilidade de se virem a verificar será inferior a **um** e, obviamente, maior que **zero**.

Isto significa que a porta do primeiro nível de significância de uma árvore de efeitos condicional será sempre do tipo **{E}** dando origem a dois ramos, um correspondente aqueles efeitos cuja probabilidade de ocorrência é igual a um (efeitos certos) e o outro que agrupa efeitos com probabilidade inferior a um (efeitos possíveis ou efeitos prováveis), que podem ocorrer ou não e que, portanto, se relacionam por portas do tipo **{OU}** (eventualmente, também do tipo **{E}**) nos níveis de menor significância, como se mostra na árvore representada na figura [77].

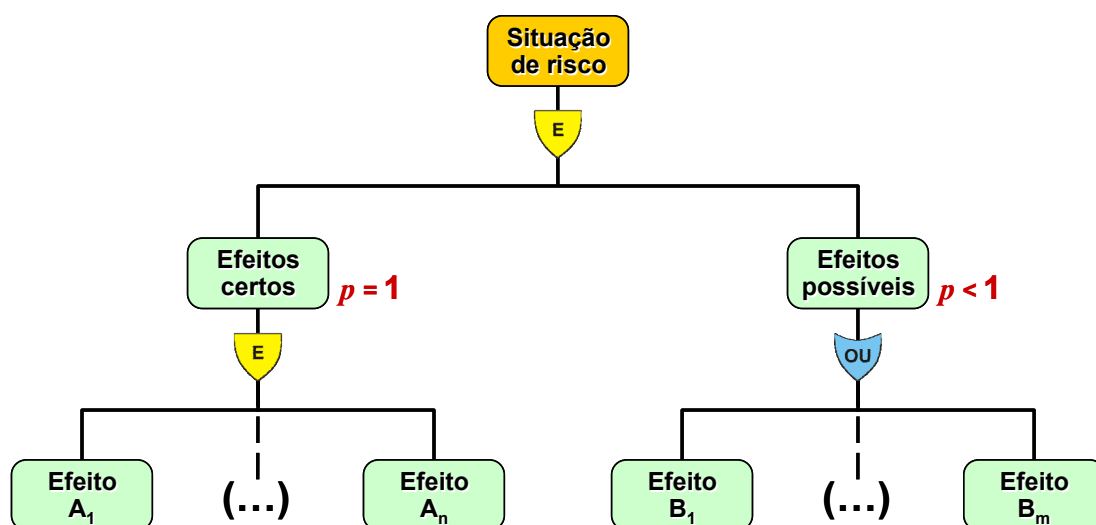


Figura [77] – Árvore de efeitos condicional

A análise da criticidade dos efeitos deve, então, seguir duas vias distintas:

- Análise do ramo dos **efeitos certos**.

Neste caso, a *probabilidade de se verificar qualquer um dos efeitos* é igual a **um**, pelo que a observação deve incidir sobre os danos resultantes.

De acordo com a definição proposta no ponto **3.1.**, considera-se um dano a *“consequência não desejada em pessoas (lesões ou patologias diversas), no património (avaria ou perda), no meio ambiente e/ou na envolvente sócio-económica”*.

Esta noção implica que um dano não pode ser quantificado totalmente em termos de unidades monetárias.

De facto, nunca será possível quantificar monetariamente danos físicos, morais, psicológicos, ambientais, de imagem ou estratégicos de uma forma totalmente compatível com a realidade, embora seja prática comum (e, em muitos casos, justificável) a atribuição de custos a prejuízos de diversa ordem<sup>86</sup>.

Assim, para avaliar o prejuízo associado a um determinado dano há que ter em conta, nomeadamente:

- O custo direto (contabilizável em unidades monetárias) do efeito em estudo (que é a parte proporcional – relativa ao efeito considerado – do *custo direto* da ocorrência profissional danosa que resultaria da situação de risco em análise);
- O custo indireto (estimado, expresso em unidades monetárias) desse efeito;
- Os resultados físicos, psicológicos, profissionais, morais, económicos e sociais para as pessoas envolvidas;

---

<sup>86</sup> Por exemplo, tabelas legais de incapacidades que resultam na atribuição (eventualmente judicial) de valores de indemnização por danos corporais ou jurisprudência sobre a quantificação de danos morais, deterioração da imagem, perda de lucros futuros.

- Os resultados materiais, económicos, organizacionais, de imagem e sociais para a empresa/organização;
- Os efeitos macroeconómicos, estratégicos e políticos;
- As agressões ambientais, em todas as suas vertentes.

Os quatro últimos aspetos mencionados poderão, com um certo grau de validade, ser traduzidos em equivalentes monetários, embora a sua quantificação não seja fácil e implique, como se disse, a utilização de critérios – macroeconómicos, sociológicos, ecológicos e, naturalmente, legais – de pertinência relativa.

Deste modo, a criticidade dos efeitos certos relacionados com uma situação de risco pode ser aferida pelo cálculo (ou pela estimativa) dos prejuízos deles resultantes.

- Análise do ramo dos **efeitos possíveis**.

Considera-se aplicável, na íntegra, o que ficou dito relativamente aos prejuízos dos – aqui eventuais – efeitos de uma situação de risco. Mas, agora, há que ter em conta o fator probabilidade.

Como se referiu, aquando da análise das árvores de causas condicionais, também a presença de portas **{E}** e/ou de portas **{OU}** numa árvore de efeitos potenciais permite estabelecer a criticidade das consequências possíveis.

#### 6.3.3.4. Ferramentas de análise da fiabilidade das barreiras

Naturalmente, como se viu anteriormente, as técnicas utilizáveis neste tipo de análise relacionam-se, prioritariamente, com árvores de falhas (quando se analisam causas do tipo **C<sup>a</sup>**) ou com árvores de decisões (se se estudam causas do tipo **C<sup>s</sup>**).

Estas ferramentas permitem estabelecer o processo de disfuncionamento de uma barreira, com valoração da probabilidade de ela não cumprir as funções para que foi desenhada e implementada. Permitem ainda, numa perspetiva proactiva, detetar zonas cinzentas, isto é, subsistemas, operações elementares ou decisões onde a falta de barreiras (ou a sua ineficiência) contribui para uma maior criticidade dos nós em análise.

Uma barreira – ou, mais correctamente, uma sequência de barreiras – apresenta, sempre, um certo grau de eficácia que nunca é total. A medida – qualitativa ou quantitativa – desse grau de eficácia permite aplicar critérios de criticidade.

#### 6.3.4. Escalonamento

Estabelecidos os critérios de criticidade, a aplicação das ferramentas anteriormente referidas permitirá determinar quais os nós críticos detetáveis no processo produtivo, eventualmente de entre os resultantes da triagem prévia feita na segunda fase (ponto 6.2.).

Numa abordagem ainda qualitativa, o risco associado a estes nós poderá ser valorizado utilizando técnicas do tipo descritivo. No entanto, é possível a hierarquização dos descritores utilizados, o que conduz à elaboração de uma escala descritiva, não valorada.

Quanto mais se for avançando no processo de quantificação dos fatores de formação do risco, mais valoráveis serão estes critérios, passando do simples escalonamento à atribuição de um valor e, eventualmente, de uma ponderação. Esta evolução é descrita na figura [78].

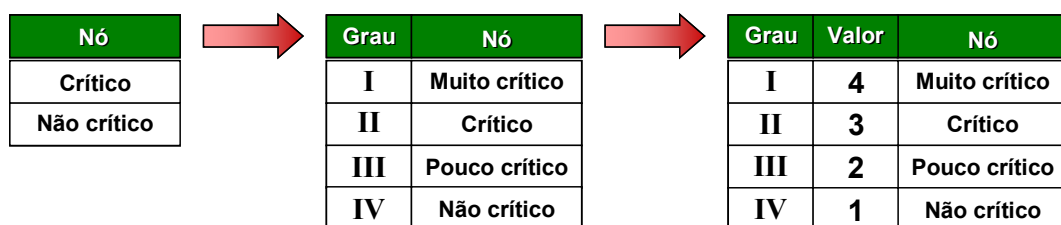


Figura [78] – Evolução da análise de criticidade

Tal significa que a análise da criticidade evoluirá de uma fase puramente qualitativa (descritiva) para uma fase quantitativa (valorada) mesmo que apenas sob a forma de níveis escalonados, em função da abrangência dos dados disponíveis e dos resultados de uma avaliação custo/benefício.

#### 6.3.5. Técnicas de análise

Naturalmente que, ao definir ferramentas que permitam analisar a criticidade dos nós, subsistemas, subprocessos, componentes ou tarefas, foram já identificadas as

técnicas pertinentes. No entanto, aos procedimentos ligados à aplicação de árvores lógicas e de metodologias de níveis de significância – árvores de causas (condicionais ou deterministas), árvores de efeitos (proactivas ou retroactivas), árvores de falhas, árvores de decisões – há que acrescentar outras técnicas aplicáveis, nomeadamente:

- Elaboração, estudo e aplicação de modelos representativos do processo produtivo (em particular modelos matemáticos e modelos conceptuais);
- Métodos descritivos e estatísticos de avaliação de causas e/ou de consequências (IR, histórico da evolução dos índices de sinistralidade, tabelas de fiabilidade de componentes, por exemplo);
- Métodos qualitativos, do tipo “*what if*”, em particular HAZOP, HAZId (*Hazard Identification* – Identificação de Perigos) ou PHA (*Preliminary Hazard Analysis* – Análise Preliminar de Perigos) mas, também, as técnicas específicas de identificação de causas/efeitos como é o caso da FMEA (*Failure Modes and Effects Analysis* – Análise dos Modos de Falha e dos Efeitos), da sua derivada FMECA (*Failure Modes, Effects and Criticality Analysis* – Análise dos Modos de Falha, da Criticidade e dos Efeitos), do método de Análise das Energias, da Avaliação das Condições de Segurança de Tarefas/Funções, entre muitas outras.

## **6.4. QUARTA FASE**

### **6.4.1. Síntese**

Avaliação quantitativa (ou semi-quantitativa)<sup>87</sup> dos riscos presentes nos pontos críticos do processo, anteriormente identificados.

---

<sup>87</sup> Considera-se quantitativa uma avaliação que conduz a uma valoração do risco como uma grandeza com um valor absoluto ou relativo a um padrão (caso dos métodos de análise de barreiras, sejam multiplicativos ou sumativos).

Entende-se por avaliação semi-quantitativa a que se traduz na determinação de níveis discretos de risco, associados, em geral, a níveis de intervenção (como acontece com os métodos de matrizes).

Os procedimentos para realizar esta avaliação estão muito ligados ao tipo e às características dos riscos a estudar (em resultado da aplicação da segunda fase) e, naturalmente, aplicar-se-ão, de uma forma prioritária, aos nós mais críticos identificados na terceira fase.

Assim, existem várias técnicas aplicáveis especificamente a riscos de incêndio, a riscos químicos, a riscos ergonómicos, a riscos alimentares, a riscos ambientais, a riscos de saúde, a riscos comportamentais, entre outros tipos de risco. É óbvio que, muitas vezes, serão aplicáveis em simultaneidade (ou melhor, em complementaridade) diversos métodos.

A selecção da(s) técnica(s) mais adequada(s) resultará de uma análise de cada um dos métodos existentes e da sua adequação ao caso em estudo mas, em qualquer caso, há que estabelecer os critérios a aplicar aquando dessa selecção.

Pelo contrário, quando se está em presença de riscos não específicos ou de riscos múltiplos, as técnicas mais adequadas são as que se baseiam em metodologias de matrizes.

No entanto, na maioria destes casos, os métodos conhecidos e disponíveis na bibliografia não são – pelo menos num conceito integrado – totalmente aplicáveis, ou porque não consideram a pertinência de certos fatores de formação do risco (privilegiando, apenas, alguns deles), ou porque estabelecem escalas discretas para a valoração dos fatores de formação do risco que, tendo sido calculadas para casos específicos, não são, necessariamente, adequadas às condições reais do processo entendido de uma forma universal, ou porque utilizam critérios não justificados (embora, normalmente, válidos) para decidir do número de patamares de cada escala aplicável aos fatores de formação do risco (ou, mesmo, para especificar o valor mínimo e o valor máximo dessa escala) e/ou para delimitar os níveis de risco.

Têm sido utilizados dois algoritmos básicos para definir o risco:

$$R = p.d$$

Equação [2]

$$R = \frac{(Pr.Ct).Sd}{M_{Prev} \cdot M_{Prot}}$$

Equação [18]

Estas duas fórmulas não são independentes – podendo a equação [18] ser derivada da equação [2] aplicando as definições propostas – como ficou demonstrado no ponto 4., mas são aplicadas a tipos diferentes de avaliação dos riscos profissionais:

- A equação [2] é a base de todos os *métodos de matrizes*, os mais usados como métodos de avaliação semi-qualitativa de riscos.
- Já os *métodos de análise de barreiras*, característicos da avaliação dos riscos de incêndio, utilizam a equação [18].

Abordando, primeiro, os métodos de matrizes (ponto 6.4.2.), tratar-se-á, especificamente de:

- Determinar quais os fatores de formação do risco pertinentes para cada caso particular, estabelecendo critérios e ferramentas de carácter universal que permitam a sua identificação;
- Desenhar ferramentas para a definição das escalas de valoração dos fatores de formação do risco;
- Elaborar critérios de ponderação dos fatores de formação do risco;
- Definir métodos que permitam estabelecer escalas de avaliação por níveis de risco.

Posteriormente (no ponto 6.4.3.), serão discutidos os aspetos relacionados com os métodos de análise de barreiras, tratando, nomeadamente, de:

- Identificar os fatores de caracterização do perigo, das condições de trabalho e da sensibilidade do sistema ao dano;
- Definir fatores que permitam medir a eficácia das medidas de segurança (de prevenção e de protecção), ou seja, a fiabilidade das barreiras interpostas entre as eventuais causas e a situação de risco e entre esta e as potenciais consequências.
- Estabelecer critérios de determinação do valor do risco de referência a utilizar, dado que estes métodos são, na sua grande maioria, métodos de avaliação quantitativa relativa, utilizando para termo de comparação um valor padrão.



## 6.4.2. Métodos de matrizes

### 6.4.2.1. Probabilidade

A noção de probabilidade, aplicada ao universo das anomalias passíveis de ocorrer num processo produtivo pode ser encarada a dois níveis:

- De todas as anomalias possíveis, qual é a probabilidade de ocorrência de cada uma delas em particular? Esta abordagem conduz ao conceito de criticidade, que permite hierarquizar as diversas *ocorrências prováveis* de acordo com a sua influência no desenrolar do processo produtivo e na verificação da intenção de operação.
- A cada anomalia, individualmente, pode ser associada uma probabilidade de ocorrência que depende das possíveis causas que lhe podem dar origem, distribuídas por níveis de significância na forma de uma árvore lógica condicional.

A probabilidade de ocorrência da anomalia  $A_i$  poderia ser expressa pela fórmula:

$$p(A_i) = \lim_{\theta \rightarrow \infty} \frac{\text{nº ocorrências de } A_i}{\theta}$$

Equação [24]

onde  $\theta$  é um parâmetro de frequência (tempo, número de solicitações, número de decisões, etc.).

A equação [24] permite calcular valores concretos da variável *probabilidade* e, assim, representá-la numa escala contínua. No entanto, esta abordagem implica um tratamento retroativo de dados de ocorrências o que não se coaduna com a definição, anteriormente referida, de gestão do risco.

De facto, se se analisar uma situação de risco – a anomalia que pode, eventualmente, ocorrer no processo – encontra-se, sempre, um conjunto de causas que podem contribuir para tal ocorrência. Esta contribuição será direta ou indireta o que leva à atribuição de níveis de significância e à construção de uma árvore lógica e condicional de causas.

Isto significa que várias causas convergem numa situação de risco, sendo a probabilidade da ocorrência desta situação função das probabilidades de verificação das referidas causas.

Ou seja, se as diversas causas – e a sua probabilidade de concretização – forem consideradas como fatores de formação da probabilidade de ocorrência da situação de risco, esta relação pode traduzir-se pela equação [3a]:

$$p(A) = \prod_{i=1}^n f_{pi}$$

Equação [3a]

onde  $f_{pi}$  são os *fatores de formação da probabilidade*<sup>88</sup>.

Nesta aceção a probabilidade não pode ser medida numa escala contínua, uma vez que depende de fatores de formação cuja definição só pode ser feita através de escalas discretas.

É, obviamente, este segundo nível que deve ser utilizado na fase de valoração de uma avaliação de riscos. E, mais concretamente, a visão proativa que estabelece, prioritariamente, como objeto de estudo a situação de risco e não a ocorrência danosa.

Tal significa que a probabilidade se pode medir, numa escala discreta, pela aplicação de uma matriz  $n$ -dimensional onde  $n$  é o número de fatores relevantes para a formação dessa probabilidade.

#### 6.4.2.2. Dano

Qualquer anomalia num processo implica, necessariamente, a ocorrência de desvios, ou seja, produz efeitos na sequência esperada desse processo. Assim, entende-se por dano qualquer consequência resultante dos referidos efeitos.

É importante notar que o conceito de dano deve ser assumido de uma forma muito ampla e sistémica, dado que nem todos os danos podem ser quantificados em unidades monetárias ou outras.

---

<sup>88</sup> O termo fator é, aqui, utilizado no conceito matemático de elemento de um produto.

Assim, um dano pode ser considerado como um somatório de *prejuízos* (mensuráveis) e de *consequências lesivas*, nomeadamente, da saúde (física e/ou psicológica), da economia (micro e macro), da imagem, do ambiente, da comunidade, da sociedade.

Sendo o dano a consequência dos possíveis desvios ao normal desenrolar do processo produtivo, também ele pode ser entendido como o resultado de um conjunto de *fatores de formação do dano*, como se indica na equação [3b].

$$d(A) = \prod_{j=1}^m f_{dj}$$

Equação [3b]

onde  $f_{dj}$  são os *fatores de formação do dano*. Portanto, o dano pode medir-se, tal como a probabilidade, numa escala discreta, trabalhando uma matriz  $m$ -dimensional onde  $m$  corresponde ao número de fatores pertinentes para a sua formação.

#### 6.4.2.3. Determinação dos fatores de formação do risco

Como se viu anteriormente, consideram-se fatores básicos de formação do risco

- a probabilidade de ocorrência de uma situação de risco ( $p$ ) e
- o dano potencial a que tal ocorrência pode dar origem ( $d$ ).

Estes dois fatores básicos relacionam-se com o risco ( $R$ ) através de uma expressão multiplicativa e é, cada um deles, decomponível numa série de fatores secundários, de acordo com as equações [2] e [3] já referidas no ponto 3.2.2.2.:

$$R = p.d$$

Equação [2]

e, considerando apenas a versão multiplicativa,

$$p = \prod f_{pi}$$

$$d = \prod f_{dj}$$

Equações [3]

Portanto, o objectivo desta subfase de avaliação será identificar fatores de formação do risco que sejam, caso a caso, relevantes. Antes do mais, há que definir cada um dos possíveis fatores, o que se revela uma tarefa que nunca pode ser encarada como completa.

O que é fundamental é a relação que tem que existir, sempre, entre o fator proposto ( $f_{pi}$  ou  $f_{dj}$ ) e o fator básico ( $p$  ou  $d$ , respetivamente) para a formação do qual contribui. Deste modo, de uma forma não exaustiva, apresentam-se nas tabelas [5] e [6] alguns fatores de formação da probabilidade ( $f_{pi}$ ) e de formação do dano ( $f_{dj}$ ) com as designações e caracterizações propostas.

Fator $f_{pi}$		Designação	Caracterização
Subsistema máquina	$f_{p1}$	Probabilidade de falha	Probabilidade complementar da fiabilidade de componentes, órgãos de máquinas, sistemas, equipamentos, instalações ou tarefas.
	$f_{p2}$	Deficiência	Grau de prevenção das máquinas e/ou equipamentos. Existência e eficácia de resguardos ou barreiras de prevenção.
	$f_{p3}$	Inadequação	Compatibilidade tecnológica das instalações, equipamentos, máquinas e instrumentação com as características do processo produtivo.
	$f_{p4}$	Obsolescência	Antiguidade/desadequação dos equipamentos face à operação a executar.
Subsistema homem	$f_{p5}$	Formação base inadequada	Nível de formação académica e profissional.
	$f_{p6}$	Formação específica inadequada	Nível de formação especializada.
	$f_{p7}$	Inexperiência	Grau de conhecimento prático da tarefa. Número de anos (ou número de vezes) de realização da tarefa.
	$f_{p8}$	Capacidade física	Compatibilidade somática com as exigências da tarefa.
	$f_{p9}$	Capacidade psicológica	Compatibilidade psicológica e mental com as exigências da tarefa.
	$f_{p10}$	Saúde	Estado clínico, actual e histórico.
Subsistema ambiente de trabalho	$f_{p11}$	Exposição	Tempo ou frequência de contacto com a situação de risco
	$f_{p12}$	Agressividade	Medida do perigo de agentes agressores físicos, químicos ou biológicos.
	$f_{p13}$	Condições físicas da realização do trabalho	Medida das condições adversas do posto de trabalho (espaços confinados, trabalho em altura, trabalho ao ar livre, actuação em situações de emergência, etc.).
	$f_{p14}$	Condições psicossociais da realização do trabalho	Trabalho em equipa, capacidade de liderança, confiança na equipa, relacionamento interpessoal.
Subsistema empresa	$f_{p15}$	Exigência	Existência de pressão de produção (quantidades, prazos), de competitividade interna, de fiscalização (endógena ou exógena).
	$f_{p16}$	Motivação	Grau de estímulo na (e da) organização.

Fator $f_{pi}$		Designação	Caracterização
Subsistema comunidade	$f_{p17}$	Situação social	Nível de vida, tipo de agregado familiar, participação comunitária.
	$f_{p18}$	Situação económica	Capacidade de satisfação das necessidades individuais e familiares.
Subsistema envolvente	$f_{p19}$	Fenómenos da natureza	Ocorrência de fenómenos naturais (inundações, tempestades, furacões, sismos, etc.).
	$f_{p20}$	Perceção macroeconómica	Grau de satisfação com o mercado e a economia nacional ou global (incluindo o desemprego, por exemplo).
	$f_{p21}$	Perceção política	Grau de satisfação como cidadão. Decisões de carácter político (nomeadamente política fiscal).
	$f_{p22}$	Consciência ambiental	Tipo de comportamento ecológico e de preservação dos recursos naturais.

Tabela [5] – Alguns fatores de formação da probabilidade

Fator $f_{dj}$		Designação	Caracterização
Subsistema máquina	$f_{d1}$	Capacidade de dano	Consequência de uma falha da máquina ou equipamento (para pessoas, bens, instalações ou para a viabilidade económica da empresa).
	$f_{d2}$	Alcance do dano	Gravidade e/ou distância a que se verificam os efeitos e/ou número de pessoas eventualmente afectadas. (Aplica-se, essencialmente, a acidentes industriais graves e/ou a catástrofes naturais).
	$f_{d3}$	Deficiência	Grau de protecção das máquinas e/ou equipamentos. Existência e eficácia de resguardos ou barreiras de protecção.
	$f_{d3}$	Inadequação	Grau de adequabilidade e de eficácia dos meios de produção (ferramentas, instrumentação).
	$f_{d4}$	Obsolescência	Vulnerabilidade por antiguidade/desadequação dos equipamentos face à operação a executar.
	$f_{d5}$	Inexistência de EPI's	Não fornecimento ou inacessibilidade de EPI's.
	$f_{d6}$	Inadequação de EPI's	Eficácia dos EPI's disponíveis face às possíveis consequências da situação de risco.
Subsistema homem	$f_{d7}$	Má utilização de EPI's	Forma de utilização dos EPI's disponibilizados.
	$f_{d8}$	Vulnerabilidade física	Consequências, sequelas e incapacidades resultantes de uma lesão
	$f_{d9}$	Vulnerabilidade psicológica	Consequências psicológicas e mentais.
	$f_{d10}$	Saúde	Contributo para doenças profissionais. Contributo para doenças relacionadas com o trabalho.
	$f_{d11}$	Efeitos de agentes agressores	Grau de alteração psicossomática provocada por agentes agressores (físicos, químicos ou biológicos).
	$f_{d12}$	Produtividade	Alteração da relação bens produzidos/tempo.

Fator $f_{dj}$		Designação	Caracterização
Subsistema ambiente de trabalho	$f_{d13}$	Contaminação	Emissões, fugas ou derrames de agentes agressores físicos, químicos ou biológicos.
	$f_{d14}$	Incêndio e explosão	Consequência de fenómenos resultantes de reacções de oxidação exoenergéticas. Consequência de fenómenos ligados a ondas de choque de pressão.
	$f_{d15}$	Avaria	Paragem, deterioração ou destruição de máquinas, equipamentos, instalações ou instrumentação.
Subsistema empresa	$f_{d16}$	Alteração da produção	Perdas de produção. Perdas de qualidade do(s) produto(s).
	$f_{d17}$	Alteração do ambiente laboral	Modificação da atitude dos trabalhadores face à organização.
Subsistema comunidade	$f_{d18}$	Efeitos sociais	Consequências na família e na comunidade.
	$f_{d19}$	Efeitos económicos	Quebra de “stocks”. Prazos de entrega de encomendas.
Subsistema envolvente	$f_{d20}$	Fenómenos da natureza	Consequências mensuráveis da ocorrência de fenómenos naturais.
	$f_{d21}$	Mercado	Evolução dos mercados (de bens, de serviços, financeiros, nomeadamente).
	$f_{d22}$	Ambiente	Alterações e impactos ambientais (ecológicos, paisagísticos, entre outros).

Tabela [6] – Alguns fatores de formação do dano

Outros fatores de formação – quer de  $p$ , quer de  $d$  – podem ser, obviamente, acrescentados. Só o estudo do sistema onde se integra o processo produtivo, a análise de criticidade de subsistemas e de nós de estudo, a identificação de causas (caracterizando os pares [perigo/condição de trabalho]) e os estudos epidemiológicos sobre as patologias resultantes permitirá decidir quais os fatores de formação adequados – necessários e suficientes – a cada caso particular.

Este conceito implica que todos os fatores de formação, da probabilidade ou do dano, que não sejam relevantes assumirão sempre o valor um, dado integrarem uma relação multiplicativa.

De notar que não se considerou o “stress”, nem como fator de formação da probabilidade, nem como fator de formação do dano.

Tal resulta do facto de se entender que este síndrome é, ele próprio, uma consequência de fatores muito diversos. Pode actuar como uma causa (num nível intermédio de significância numa árvore de causas) ou ser um efeito possível de uma situação de risco mas não é, por si só, um fator de formação do risco.

#### 6.4.2.4. Escalas de valoração dos fatores de formação do risco

Muito dificilmente um fator de formação do risco poderá ser medido de uma forma quantitativa e representado por valores contínuos num determinado intervalo. Na maioria dos casos só será viável estabelecer uma relação ordenada de uma série descritiva de definições, o que permite elaborar uma escala de valores descontínuos correspondentes a intervalos discretos relacionáveis, cada um deles, com uma entrada da série de descrições mencionada. Ou seja, criar uma tabela com duas colunas (figura [79]), uma das quais é puramente descritiva e estabelece limites superiores e inferiores qualitativos do fator em estudo e a outra corresponde a uma valoração da célula correspondente da coluna descritiva.

Fator	
Valor	Descrição

Figura [79] – Tabela de valoração semi-quantitativa

Uma escala discreta de valoração apresenta, necessariamente, três características essenciais:

- É constituída por um número finito de patamares, cada um deles definido por uma *descrição* (qualificação) e por uma *valoração* (quantificação).
- Dois desses patamares têm especial relevância e, como tal, devem ser determinados com precisão:
  - O valor/descrição mínimo da escala;
  - O valor/descrição máximo da escala.

Estes dois patamares<sup>89</sup> definem o âmbito de aplicação da avaliação de riscos e estão, naturalmente, relacionados com a criticidade da situação em estudo.

- A valoração relativa de cada um dos patamares deve corresponder à influência dos fatores na formação do risco e pode tomar diversos aspetos, nomeadamente (ver figura [80]),
  - regular proporcional (inclui o linear);

---

<sup>89</sup> Patamares necessariamente *abertos* no que respeita à coluna descritiva: sem limite superior definido (o máximo) e sem limite inferior definido (o mínimo).

- regular geométrica;
- regular logarítmica;
- irregular.

Regular										Irregular	
Proporcional				Geométrica				Logarítmica			
f	Descrição	f	Descrição	f	Descrição	f	Descrição	f	Descrição	f	Descrição
5	Máximo	25	Máximo	32	Máximo	1E4	Máximo	23	Máximo		
4	Intermédio 3	20	Intermédio 3	16	Intermédio 3	1E3	Intermédio 3	12	Intermédio 3		
3	Intermédio 2	15	Intermédio 2	8	Intermédio 2	1E2	Intermédio 2	7	Intermédio 2		
2	Intermédio 1	10	Intermédio 1	4	Intermédio 1	1E1	Intermédio 1	5	Intermédio 1		
1	Mínimo	5	Mínimo	2	Mínimo	1	Mínimo	1	Mínimo		

Figura [80] – Exemplos de tipos de escalas

Os valores atribuídos a cada um dos fatores, aplicados nas equações [3], conduzirão a uma matriz de  $\mathbf{p}$  e a uma matriz de  $\mathbf{d}$  (ambas  $\mathbf{n}$ -dimensionais) que por sua vez definirão, aplicando a equação [2], uma matriz de risco bidimensional.

### Definição do número de patamares da escala

O número de patamares da escala de valoração de um fator de formação do risco tem a ver com pelo menos um dos seguintes aspetos:

- Análise de criticidade:

Quanto mais crítico for o nó de estudo em questão, maior será a necessidade de aprofundamento da avaliação e, consequentemente, a de uma distinção mais fina entre as diversas entradas na coluna descritiva da escala de valoração.

Isto implica, naturalmente, um maior número de patamares, isto é, uma escala mais pormenorizada.

- Análise da relação custo/benefício:

Uma avaliação de riscos profissionais, seja realizada com meios próprios da organização onde é aplicada, seja feita por contrato com uma entidade especializada, tem custos que não podem deixar de ser tidos em conta.



Também aqui podem ser usadas as noções de custo direto e de custo indireto<sup>90</sup>. Consideram-se diretos os custos quantificáveis (contabilizáveis) com possibilidade de serem expressos em unidades monetárias e entendem-se como custos indiretos aqueles que correspondem a uma alteração, pontual e temporária, do processo produtivo, em geral dificilmente quantificáveis, mas nem por isso menos reais e penalizadores.

Assim, ao decidir sobre o grau de aprofundamento da avaliação de riscos há que relacionar todos os custos que lhe estão associados com o esperado benefício de tal avaliação.

A prática demonstra a significativa dificuldade – mas não a impossibilidade – de estimar o valor desse benefício, mesmo que tratado de uma forma qualitativa.

No entanto, a utilização de critérios e de técnicas coerentes de análise de danos prováveis permite valorizar (ou mesmo, em certos casos, valorar) as vantagens conseguidas pela aplicação de uma metodologia de avaliação de riscos profissionais. Então, o grau de detalhe a que as diversas escalas de valoração de fatores de formação do risco pode (ou deve) ser levado depende de um estudo das vantagens resultantes da avaliação em causa.

- Pertinência dos dados disponíveis:

Ao decidir sobre o número de patamares a utilizar numa escala de valoração de fatores de formação do risco, há que ter em atenção a existência, a disponibilidade, a fiabilidade e a confiabilidade de dados que permita estabelecer diferenças descritivas que sejam pertinentes.

Será totalmente irrelevante propor uma avaliação aprofundada quando não estão disponíveis dados suficientemente completos e fiáveis.

De facto, que significado terá, por exemplo, desenhar uma escala com muitos patamares para um fator “probabilidade de falha” de um determinado componente, se não existirem suficientes dados estatísticos sobre a sua fiabilidade?

---

<sup>90</sup> Em paralelismo com as noções anteriormente definidas aquando do estudo do custo das ocorrências profissionais danosas (ver ponto **2.1.3.1.**).

Por outro lado, a existência de escalas, propostas por diversos autores e já validadas em casos concretos e estatisticamente significativos, condiciona as escalas dos fatores a que elas se referem.

Um exemplo é a utilização da escala de Mercalli (modificada) para caracterizar o dano resultante de fenómenos sísmicos. Esta escala apresenta doze patamares, pelo que será lógico (mas não obrigatório) utilizá-la tal como foi desenhada.

Será, portanto, com base nestes parâmetros que, caso a caso, se decidirá da amplitude (ou da profundidade) da análise e da especificidade com que a valorização/avaliação do risco é apresentada.

### **Patamar mínimo e patamar máximo da escala**

O estabelecimento dos patamares, mínimo e máximo, de uma escala de avaliação de fatores de formação do risco – ou, mais concretamente, de fatores de formação da probabilidade e do dano – refere-se, no essencial, à sua definição qualitativa, isto é, à sua descrição.

Diversos critérios podem ser utilizados com este objectivo. Nomeadamente:

- **Critérios estatísticos**, em tudo semelhantes aos anteriormente definidos aquando do tratamento da questão da criticidade. Naturalmente só é possível aplicar este tipo de critérios se estiverem disponíveis dados pertinentes, que possam ser tratados.
- Ao estudar os fatores de formação da probabilidade ( $f_{pi}$ ), pode usar-se a curva correspondente à função

$$\text{nº de ocorrências} = f(\text{probabilidades})$$

representada na figura [81], de forma a definir

- o patamar mínimo correspondente a um número de ocorrências suficientemente baixo e
- o patamar máximo que coincide com a estabilização do número de ocorrências de muito alta probabilidade ou seja, com uma zona onde a frequência é quase independente da variação da probabilidade e tão alta (usando, por exemplo, um critério de desvio padrão) que as ocorrências deixam de poder ser classificadas como ocorrências profis-

sionais danosas mas devem passar a ser consideradas deficiências fundamentais do processo produtivo.

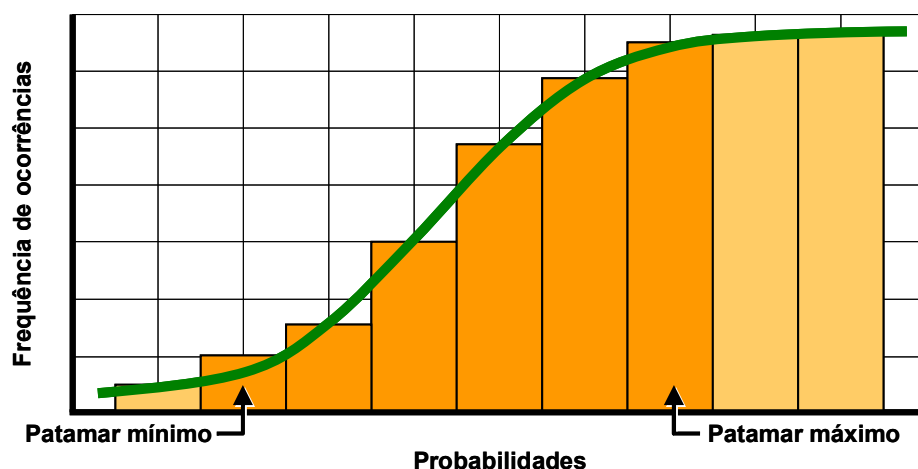


Figura [81] – Patamares mínimo e máximo em escalas de  $f_{pi}$

- No caso dos fatores de formação do dano ( $f_{di}$ ), se se considerar que os valores extremos da frequência de ocorrências profissionais danosas correspondem a riscos muito reduzidos (porque  $p$  é muito próximo de zero), pode utilizar-se a representação da função

$$\text{n}^\circ \text{ de ocorrências} = f(\text{consequências})$$

que resulta na curva da figura [82] para definir, qualitativamente, o patamar mínimo e o patamar máximo da escala.

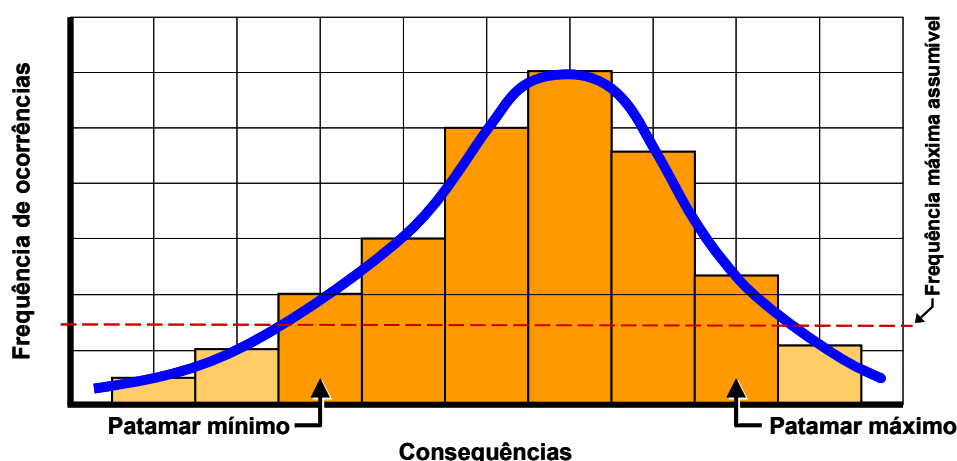


Figura [82] – Patamares mínimo e máximo em escalas de  $f_{di}$

Outras técnicas estatísticas poderão ser utilizadas – complementarmente ou suplementarmente – na determinação destes dois patamares extremos. Em

particular, quando os fatores de formação do risco se relacionam com aspetos fisiológicos ou psicológicos (saúde, agentes agressores físicos, químicos e biológicos, por exemplo) são essenciais os resultados obtidos por estudos epidemiológicos e clínicos<sup>91</sup>.

- **Critérios de operacionalidade** – eventualmente com uma componente económica – que são, no fundamental, critérios ligados à gestão.

Um patamar mínimo da escala de valoração de fatores de formação do risco pode, assim, ser determinado tendo em conta as actividades do processo produtivo e do processo de gestão dos riscos profissionais, estabelecendo actuações mínimas de segurança após uma análise custo/benefício.

De acordo com este tipo de critérios um patamar máximo poderá ser definido a partir da incapacidade – ou, pelo menos, dificuldade – de actuação da estrutura de gestão do processo produtivo, seja por falta de meios (humanos, materiais, financeiros ou de intervenção), seja pelo facto de o conhecimento científico, tecnológico e prático não permitir, no momento da avaliação, a identificação do fator de formação do risco ou o domínio da técnica adequada para o controlar.

- **Critérios normativos**, derivados da interpretação e da aplicação de legislação ou de outras normas em vigor.

A legislação e a normalização, nacional, comunitária e internacional, estabelece um conjunto de regras aplicáveis à avaliação dos riscos profissionais que permitem – e, muitas vezes, impõem – a definição do patamar mínimo e, particularmente, do patamar máximo das escalas de valoração. Este tipo de critérios é especialmente aplicável sempre que, na legislação, são indicados valores limite, sejam eles doses, exposições ou níveis.

Dois exemplos:

- No caso da exposição ao ruído em meio laboral, o Decreto-Lei nº 182/2006 de 6 de setembro, que transpõe para a ordem jurídica nacional a Directiva nº 2003/10/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 6 de fevereiro, estabelece

---

<sup>91</sup> Nomeadamente dados estatísticos resultantes das actividades ligadas à Saúde Ocupacional e à Medicina do Trabalho.

valores que servem para definir os patamares da escala de valoração do fator  $f_{\text{ruído}}$ :

Valoração	Descrição		
	$L_{EX,8h}$	$L_{Cpico}$	
3	$\geq 87 \text{ dB(A)}$	$\geq 140 \text{ dB(C)}$	Valor limite de exposição
2	$\geq 80 \text{ dB(A)}$ $< 87 \text{ dB(A)}$	$\geq 135 \text{ dB(C)}$ $< 140 \text{ dB(C)}$	Zona de acção
1	$< 80 \text{ dB(A)}$	$< 135 \text{ dB(C)}$	Risco assumível

Tabela [7] – Escala do fator de formação do dano (ruído)

- Considerando o risco associado à intensidade da iluminação no posto de trabalho (referido, naturalmente, a uma tarefa concreta), a escala de valoração do fator de formação do dano apresentará apenas dois patamares que, neste caso, não correspondem a valores crescentes da grandeza medida que lhes serve de referência. De facto, existe uma zona – um patamar – onde os danos são mínimos, para uma população média sem problemas prévios específicos, e outra zona na qual os danos são expectáveis e que, neste caso, corresponde a valores de iluminância inferiores ao nível mínimo e superiores ao nível máximo definidos para a “zona segura”.

Se se considerar, escolhendo para exemplo uma actividade do tipo administrativo realizada num normal escritório, a escala de valoração do fator  $f_{\text{iluminação}}$  será:

Valoração	Descrição	
2	$< 250 \text{ lux}$ $> 700 \text{ lux}$	Danos significativos
1	Entre 250 lux e 700 lux	Danos mínimos

Tabela [8] – Escala do fator de formação do dano (iluminação)

### Valoração dos patamares da escala

A questão da atribuição de valores a cada um dos patamares de uma escala de valoração de fatores de formação do risco é, talvez, o aspeto central de uma metodologia de avaliação de riscos profissionais que se pretende universal e sistémica.

- Primeiro, porque esses valores devem reflectir uma análise de criticidade de cada um dos fatores em estudo, o que implica uma valorização prévia das suas contribuições – entendidas não só como individuais mas também sisté-

micas – para a elaboração das árvores de causas e das árvores de efeitos que caracterizam cada situação de risco em particular.

- Depois, porque a adequada escolha de um tipo de escala (que, como se viu anteriormente, pode ser regular – linear, geométrica, logarítmica ou proporcional – ou irregular) influencia, decisivamente, a escala de níveis de risco que caracteriza a avaliação pretendida.
- Finalmente, porque a coerência dos critérios utilizados na valoração das escalas dos diversos fatores é essencial à coerência dos resultados finais obtidos pela aplicação da metodologia de avaliação de riscos profissionais proposta.

É fundamental ter em conta a diferença conceptual entre valoração e ponderação, noção que será desenvolvida no ponto **6.4.2.3.**

### **Base da valoração**

Partindo do facto de que o número de patamares a considerar já foi previamente estabelecido, alguns princípios básicos podem ser enunciados:

Os valores a atribuir a cada um dos patamares da escala de valoração devem ser números inteiros e positivos. Esta definição exclui o valor *zero*, o que se justifica pelo facto de se estar a utilizar relações multiplicativas onde *zero* é o fator de anulação (enquanto que o valor *um* é o fator neutro). A exclusão de números decimais relaciona-se com o conceito de escala discreta e com a noção de matriz. Tal opção simplifica os cálculos sem reduzir a precisão da análise.

- A sequência operativa deve ser a seguinte:
  - Opção por um determinado tipo de escala;
  - Determinação (estimativa/proposição justificada) do valor a atribuir ao patamar mínimo da escala de valoração do fator de formação do risco em estudo<sup>92</sup>;

---

<sup>92</sup> Na maioria dos casos – mas não necessariamente sempre, tendo em conta o tipo de escala escolhido – este valor será igual a **um**. Este tema será desenvolvido posteriormente.

- Valoração dos restantes patamares em função dos dois passos anteriores;
- Validação da escala proposta, comparando-a com as encontradas para outros fatores de formação do risco pertinentes, em termos de consistência, de coerência e de comparabilidade.

Os valores encontrados para as escalas de valoração devem estar ajustados à real contribuição dos fatores de formação do risco para a probabilidade de ocorrência da situação de risco (no caso dos fatores  $f_{pi}$ ) ou das consequências dessa ocorrência (no caso dos fatores  $f_{dj}$ ). Isto significa que os valores atribuídos aos patamares máximos das escalas devem ter ordens de grandeza comparáveis, exceptuando-se, naturalmente, aqueles fatores que, “*a priori*”, se apresentam como significativamente predominantes.

No entanto, como este tipo de análise se prende, no essencial, com considerações de carácter sistémico, prefere-se privilegiar a *ponderação* face à *valoração* propriamente dita, ou seja, opta-se por nivelar as valorações dos patamares máximos e aplicar uma ponderação mais significativa aos fatores de formação do risco que são, realmente, pertinentes.

De acordo com este princípio será de evitar a utilização de escalas logarítmicas – que resultam em valores para o patamar máximo que se irão traduzir em números demasiado grandes – em conjunto com outros tipos de escala cuja aplicação conduz a números bastante mais pequenos e, como tal, dificilmente comparáveis.

Uma forma de uniformizar e compatibilizar a ordem de grandeza dos valores atribuídos aos patamares máximos das escalas de valoração é a utilização de uma quantificação relativa, por exemplo, uma valoração percentual. No entanto esta técnica é mais útil se utilizada na definição de níveis de risco e será, portanto, desenvolvida no ponto **6.4.2.4..**

### **Critérios de valoração**

O valor a atribuir ao patamar mínimo da escala de valoração deverá, em princípio, ser **1** em escalas regulares proporcionais lineares ou logarítmicas, **k** em escalas regulares geométricas e **ж** em escalas regulares proporcionais. Assim, estes tipos de escala poderão ser escritos da seguinte forma:

*Escala regular proporcional:*

$$[1 ; (1+\eta) ; (1+2.\eta) ; \dots ; (M-\eta) ; M]$$

ou:

$$[x ; 2.x ; \dots ; (M-1).x ; M.x]$$

*Escala regular geométrica:*

$$[k ; k^2 ; \dots ; k^{(M-1)} ; k^M]$$

*Escala regular logarítmica:*

$$[1 ; 1E1 ; \dots ; 1E(M-2) ; 1E(M-1)]$$

Equações [25]

Naturalmente que a proposta de um valor para o patamar mínimo de uma escala de tipo irregular não se coaduna com definições apriorísticas embora se considere que os diversos valores atribuídos aos diferentes patamares lhes devem corresponder de uma forma crescente e significativa da sua real pertinência na formação do risco. Uma escala irregular pode, então, representar-se do seguinte modo:

*Escala irregular:*

$$[N ; \dots ; I ; \dots ; M]$$

com

$$N < \dots < I < \dots < M$$

Equações [26]

Definidas as escalas para os fatores de formação do risco (fatores de formação da probabilidade  $f_{pi}$  e fatores de formação do dano  $f_{dj}$ ), é possível, num processo recorrente, reanalisar o conjunto de fatores pertinentes e, eventualmente, fazer os necessários ajustes de forma a garantir a coerência e a representatividade da análise.

#### 6.4.2.5. Coeficientes de ponderação dos fatores de formação do risco

Ao valorar um fator de formação do risco, seja ele um fator de formação da probabilidade ( $f_{pi}$ ), seja um fator de formação do dano ( $f_{dj}$ ), esse fator é entendido, prioritariamente, em função da sua acção específica na caracterização da situação de risco.



O conceito de ponderação refere-se, no essencial, à influência sistêmica de tal fator, ou seja, ao seu “lugar” nas respectivas árvores de causas e/ou árvores de efeitos e à série de portas lógicas através das quais se liga à situação de risco a que se refere.

Aplicando as técnicas de análise baseadas em níveis de significância – árvores lógicas, de causas, de efeitos, de falhas ou de decisões – é possível, usando critérios de criticidade, determinar quais os fatores que representam uma maior contribuição, quer para a formação da probabilidade de ocorrência de uma situação de risco, quer para o dano dela expectavelmente resultante. Assim, esses fatores devem ser ponderados, de acordo com a sua importância – naturalmente, definida em termos de criticidade – o que implica uma alteração global e proporcional da sua respetiva escala de valoração, em relação às escalas de valoração dos outros fatores significantes.

Como ficou dito no ponto **3.2.2.2.**, a aplicação de coeficientes de ponderação implica a utilização da variante logaritmizada das fórmulas básicas de definição dos fatores de formação do risco. Ou seja, os coeficientes de ponderação  $\pi$  e  $\delta$  aplicam-se a cada um dos fatores primários ( $\mathbf{p}$  e  $\mathbf{d}$ ) e/ou a cada um dos fatores que contribuem para a sua formação ( $\mathbf{f}_{pi}$  e  $\mathbf{f}_{dj}$ ), assumindo os valores  $\pi_i$  e  $\delta_j$ , respetivamente.

$$\mathbf{R} = (\pi \cdot \log(\mathbf{p})) + (\delta \cdot \log(\mathbf{d}))$$

Equação [7]

$$\mathbf{p} = \sum (\pi_i \cdot \log(\mathbf{f}_{pi}))$$

$$\mathbf{d} = \sum (\delta_j \cdot \log(\mathbf{f}_{dj}))$$

Equações [8]

O cálculo dos valores a atribuir a  $\pi_i$  e a  $\delta_j$  obriga a uma análise comparativa da criticidade dos fatores  $\mathbf{f}_{pi}$  e  $\mathbf{f}_{dj}$  a que vão ser aplicados. Adoptam-se as seguintes regras para a determinação dos coeficientes de ponderação:

- Os valores a atribuir aos coeficientes  $\pi_i$  e a  $\delta_j$  devem ser números inteiros, no intervalo [1 ; 10]<sup>93</sup> como propõe Nunes, 2008;

---

<sup>93</sup> Se o peso relativo de um fator de formação do risco for superior a *dez vezes* o do fator menos relevante, provavelmente será de repensar a quantificação da respectiva escala de valoração.

- A criticidade e, obviamente, a ponderação de fatores de formação do risco – quer da probabilidade, quer do dano – depende do tipo de portas lógicas através das quais eles estão ligados à situação de risco.

Recorde-se que a probabilidade da “saída” de uma porta {OU} é sempre maior do que a probabilidade de cada uma das suas “entradas”, enquanto que, tratando-se de uma porta {E}, se verifica exactamente o inverso.

- Qualquer fator não relevante deve ser ponderado com o coeficiente neutro (ou seja, *um*).

Assim, o conceito de ponderação equivale, por um lado, à quantificação da criticidade relativa dos diversos fatores na formação do risco e, por outro, ao nível de significância onde se enquadram as causas ou os efeitos a que estão ligados.

#### 6.4.2.6. Níveis de risco

A aplicação de um método de matrizes, seja ele qual for, implica o cálculo de valores que representem o produto matricial das escalas de valoração dos diversos fatores de formação do risco. O resultado final será sempre uma matriz cujos elementos reflectem uma valoração do risco da situação em análise.

No entanto, embora se esteja em presença de uma valoração discreta, não será muito coerente estabelecer diferenças de significância entre valores próximos, calculados para o risco. Isto porque, abordando a questão sob o ponto de vista de uma avaliação custo/benefício, a cada nível da escala de risco deve corresponder um nível de intervenção (como se verá a seguir) caracterizado por um determinado tipo de acções correctivas, ou seja, um conjunto de patamares finito e compartimentável.

A cada nível de intervenção – e, conseqüentemente, a cada nível de risco – corresponderá, assim, um custo orçamentável resultante da necessidade de implementação de medidas de controlo – sejam elas de prevenção, sejam de protecção – que não pode deixar de ser tido em consideração. De notar que para este custo contribui, não apenas o valor de aquisição e de montagem dos elementos materiais, mas também as acções de sensibilização/formação necessárias à sua correcta implementação. Portanto, a determinação dos níveis de risco a adoptar tem a ver, necessariamente, com o grau de aprofundamento requerido (ou, muitas vezes, com

o grau de aprofundamento possível...) para a análise e este está relacionado com a qualidade – e, obviamente, com a dimensão do universo estatístico – dos dados disponíveis e com o resultado de uma avaliação custo/benefício.

Realizar avaliações de risco tem, naturalmente custos. Custos materiais, financeiros, humanos (somáticos e/ou psicológicos), organizacionais, ecológicos e, até, sociais. Por outro lado, tais avaliações constituem uma mais-valia e mesmo uma necessidade do Processo de Gestão dos Riscos, para além de serem legalmente exigíveis. A compatibilização e a otimização dos objectivos a atingir com os meios disponíveis é, portanto, uma meta quantificável.

Ao aplicar um processo de avaliação de riscos, há que desenvolver um certo número de actuações interrelacionadas e interdependentes que, de uma forma simplificada, podem ser traduzidas na árvore de acções representada na figura [83]:

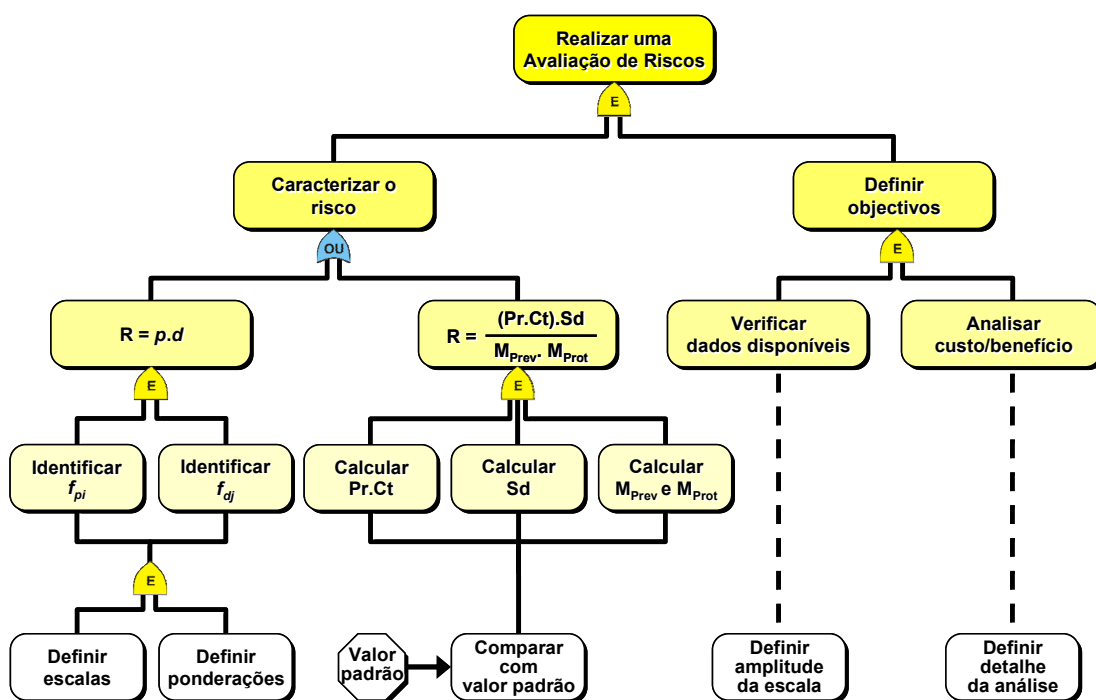


Figura [83] – Avaliação de Riscos – árvore de acções

No caso concreto da utilização do algoritmo  $R = p.d$  e definidas as escalas de valorização dos fatores de formação da probabilidade e do dano ( $f_{pi}$  e  $f_{dj}$ ), bem como das respectivas ponderações ( $\pi_i$  e  $\delta_j$ ), os elementos da matriz de formação do risco  $\|p;d\|$  obter-se-ão por multiplicação dos valores atribuídos a cada um dos fatores pertinentes, constituindo uma matriz  $n$ -dimensional com  $n = i + j$ , o que torna com-

plexo o seu cálculo, para além de conduzir a números muito grandes, difíceis de comparar ou mesmo de interpretar.

Um dos métodos passíveis de utilização para resolver esta questão pressupõe o estabelecimento de *fatores intermediários* como definidos no ponto seguinte.

### Análise matricial

Assumindo uma avaliação semi-quantitativa do risco – traduzida, na prática pela aplicação de metodologias de matrizes e por escalas discretas de valoração dos diversos fatores de formação do risco – a variável risco (**R**) será representada por uma matriz de dimensão **n+m** correspondente ao algoritmo seguinte (equação [27]), directamente deduzido das equações [2] e [3]:

$$\mathbf{R} = \prod_{i=1}^n \mathbf{f}_{pi} \cdot \prod_{j=1}^m \mathbf{f}_{dj}$$

Equação [27]

Obviamente, se a dimensão da matriz de risco for maior que três, o seu tratamento matemático torna-se mais complexo e, naturalmente, a sua interpretação mais difícil.

Neste caso pode, eventualmente, revelar-se inadequado para aplicação a uma metodologia – que se pretende de aplicação universal e, portanto, necessariamente simples – de avaliação de riscos.

Uma das possíveis formas de tratar a questão das matrizes complexas já foi abordada, anteriormente, no ponto 4.1. e consiste, no essencial, em considerar um conjunto de matrizes em cascata.

Cada uma delas será uma matriz bidimensional (ou, no máximo, tridimensional) correspondente a *fatores intermediários* que são designados por  $\varphi_{px}$  e  $\varphi_{dy}$  conforme contribuam para a formação da probabilidade ou para a formação do dano, respetivamente. Retomando as relações então enunciadas,

$$\mathbf{p} = \prod \mathbf{f}_{pi} = (((\mathbf{f}_{p1} \cdot \mathbf{f}_{p2}) \cdot \mathbf{f}_{p3}) \cdot \dots) \cdot \mathbf{f}_{pn}$$

$$\mathbf{d} = \prod \mathbf{f}_{dj} = (((\mathbf{f}_{d1} \cdot \mathbf{f}_{d2}) \cdot \mathbf{f}_{d3}) \cdot \dots) \cdot \mathbf{f}_{dm}$$

Equações [3]

os fatores intermediários poderão ser definidos, considerando apenas matrizes *bidimensionais*, como:

$$\begin{aligned}\varphi_{p1} &= f_{p1} \cdot f_{p2} & \varphi_{d1} &= f_{d1} \cdot f_{d2} \\ \varphi_{p2} &= \varphi_{p1} \cdot f_{p3} & \varphi_{d2} &= \varphi_{d1} \cdot f_{d3} \\ &\dots & &\dots \\ p &= \varphi_{p(n-2)} \cdot f_{pn} & d &= \varphi_{d(m-2)} \cdot f_{dm}\end{aligned}$$

Equações [15]

Se este raciocínio é válido segundo uma abordagem puramente matemática e necessariamente abstracta, na prática será importante fazer corresponder a cada um dos fatores intermediários um conceito alicerçado no modelo adoptado para o estudo do processo produtivo em análise.

Uma possível forma de agrupar os fatores de formação da probabilidade e do dano será utilizar uma abordagem sistémica, ou seja, os critérios de classificação em função dos subsistemas envolvidos, como se indicou nas tabelas [5] e [6]. Sem esta preocupação, o estabelecimento de fatores intermediários pode revelar-se de difícil interpretação prática (embora sem problemas de tratamento matemático). Deste modo é possível, através da utilização de um conjunto de matrizes em cascata, chegar a uma matriz final  $||p;d||$ , bidimensional, que representa o risco.

Apenas como exemplo, considere-se uma situação de risco para a qual  $n=3$  e  $m=4$ . Aplicando as equações [3] e [15] obter-se-á:

$$\begin{aligned}p &= f_{p1} \cdot f_{p2} \cdot f_{p3} & d &= f_{d1} \cdot f_{d2} \cdot f_{d3} \cdot f_{d4} \\ p &= \varphi_{p1} \cdot f_{p3} & d &= \varphi_{d1} \cdot f_{d3} \cdot f_{d4} \\ & & d &= \varphi_{d2} \cdot f_{d4}\end{aligned}$$

Neste exemplo, assuma-se que os valores (discretos) de  $f_{pi}$  e de  $f_{dj}$  são os seguintes:

$f_{p1}$	{1;2;3}	$f_{d1}$	{1;2;3}
$f_{p2}$	{1;2;3}	$f_{d2}$	{1;2;3}
$f_{p3}$	{1;2;3;4}	$f_{d3}$	{1;2;3}
		$f_{d4}$	{2;4;6}

A matriz  $\varphi_{p1} = ||f_{p1}; f_{p2}||$  será:

3	6	9
2	4	6
1	2	3

e  $\varphi_{p1}$  tomará os valores:

correspondentes aos subconjuntos assinalados na matriz  $\varphi_{p1}$ .

3
2
1

A matriz  $p = ||\varphi_{p1}; f_{p3}||$  será:

4	8	12
3	6	9
2	4	6
1	2	3

encontrando-se, para  $p$ , os valores:

3
2
1

Quanto ao dano, a matriz  $\varphi_{d1} = ||f_{d1}; f_{d2}||$  será:

3	6	9
2	4	6
1	2	3

donde  $\varphi_{d1}$  tomará os valores:

3
2
1

A matriz  $\varphi_{d2} = ||\varphi_{d1}; f_{d3}||$  será:

3	6	9
2	4	6
1	2	3

o que implica, para  $\varphi_{d1}$ , os valores:

3
2
1

Então, a matriz  $d = ||\varphi_{d2}; f_{d4}||$  escrever-se-á:

6	12	18
4	8	12
2	4	6

resultando, para  $d$ , os valores:

4
3
2
1

Conjugando  $p$  e  $d$ , a matriz  $R = ||p; d||$  será:

4	8	12
3	6	9
2	4	6
1	2	3

donde, os níveis de  $R$  serão três:

3
2
1

Assim, se para uma determinada situação de risco com as características acima definidas, cujas causas e efeitos foram identificados e a valoração a atribuir aos diversos fatores de formação do risco for a indicada abaixo, o cálculo do nível de risco será o que se segue:

$f_{p1} = 1$		$f_{d1} = 3$
$f_{p2} = 2$		$f_{d2} = 1$
$f_{p3} = 4$		$f_{d3} = 1$
		$f_{d4} = 4$
$f_{p1} = 1$		$f_{d1} = 3$
$f_{p2} = 2$		$f_{d2} = 1$
	$\varphi_{p1} = 2$	$\varphi_{d1} = 2$
$f_{p3} = 4$		$f_{d3} = 1$
	$p = 3$	$\varphi_{d2} = 1$
		$f_{d4} = 4$
		$d = 2$
<hr/>		
<b>R = 2</b>		

Com este exemplo pretende-se, apenas, clarificar o método geral de cálculo dos níveis de risco para uma situação particular.

A determinação dos diversos subconjuntos a considerar em cada uma das matrizes (níveis) será tema a tratar nos pontos seguintes.

Uma outra forma, eventualmente complementar, de tratar os resultados obtidos de modo a torná-los mais intuitivos e comparáveis consiste na percentualização dos valores calculados para os elementos da matriz  $||p;d||$  (e/ou para os das matrizes correspondentes aos fatores intermediários  $\varphi_{px}$  e  $\varphi_{dy}$ ), de forma a que estes pertençam, sempre, ao intervalo [1%;100%] como proposto por Nunes, 2009.

Obviamente, o valor 0% não é de considerar. Ou seja, no caso do cálculo dos elementos da matriz de risco, considerar a fórmula derivada de  $R = p.d$ , correspondente à equação [28]

$$R = \frac{p.d}{p_n.d_m} .99 + 1$$

Equação [28]

podendo definir-se um arredondamento significativo a um máximo de duas casas decimais, dado que o próprio conceito de nível pressupõe um agrupamento de valores que justifica esta opção.

Desta forma é bem mais fácil analisar e comparar os valores calculados e, consequentemente, aplicar os critérios – que serão desenvolvidos no ponto seguinte – de estabelecimento, de definição e de delimitação dos diversos níveis de risco.

### Critério para o estabelecimento dos níveis de risco

Numa representação matricial bidimensional do risco, o critério que se entende mais adequado à determinação dos diferentes níveis de risco corresponde à escolha de *curvas de risco constante*, desenhadas no plano  $[p; d]$ , que definam os limites desses níveis. No mínimo, há que escolher duas curvas – que delimitam e caracterizam três níveis de risco – como se pode ver na figura [84] onde  $R_{MA}$  é o *risco máximo assumível* e  $R_{MC}$  é o *risco máximo controlável*.

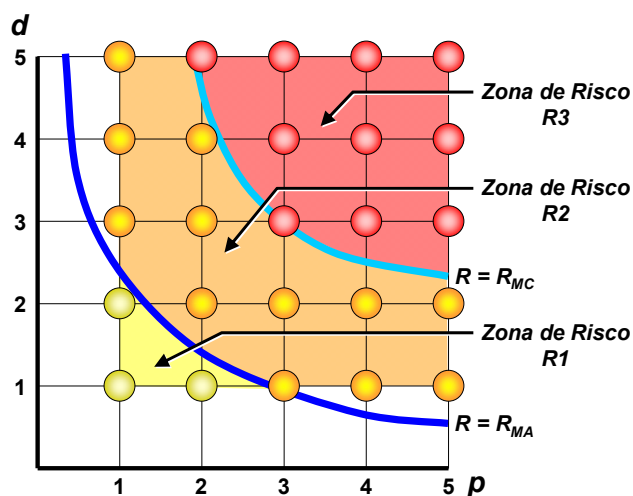


Figura [84] – Matriz bidimensional – curvas de risco constante ( $R_{MA}$  e  $R_{MC}$ )

Se se estiver a tratar matrizes tridimensionais, essas curvas passam a ser superfícies ( $R_{\text{constante}} = f_1.f_2.f_3$ ) cujas intersecções com os três planos base serão curvas de risco constante  $R_{c1} = f_1.f_2$ ,  $R_{c2} = f_1.f_3$  e  $R_{c3} = f_2.f_3$ . Este conceito está esquematizado na figura [85].

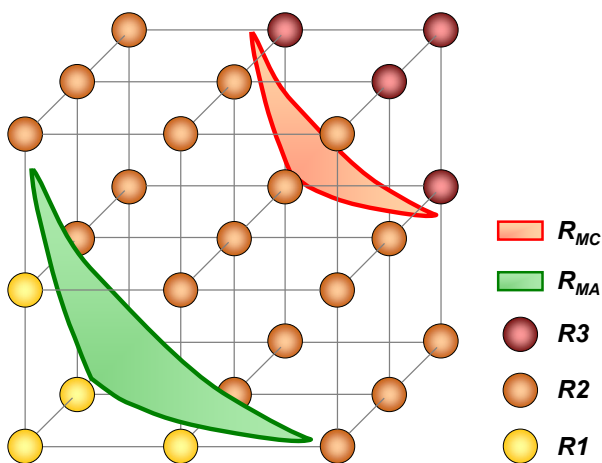


Figura [85] – Matriz tridimensional – superfícies de risco constante ( $R_{MA}$  e  $R_{MC}$ )



Naturalmente que a utilização de matrizes n-dimensionais (com  $n > 3$ ) poderá ser tratada, matematicamente, de uma forma idêntica, passando a representação do risco constante a corresponder a uma hipersuperfície a  $n$  dimensões.

Mas a capacidade humana de visualizar espacialmente resume-se a representações tri-dimensionais pelo que, embora teoricamente possível, a avaliação de riscos deve procurar estabelecer matrizes de trabalho com apenas duas (no máximo, três) dimensões.

Para tal devem ser utilizados os fatores intermediários considerados necessários, conforme a definição e com os condicionantes desenvolvidos no ponto 6.4.2.4..

Caso as escalas de valoração dos fatores de formação do risco em estudo sejam de baixa amplitude (número de patamares igual ou inferior a três), será viável a utilização de uma simplificação. Esta consistirá na redução das curvas de risco constante a rectas (numa matriz bidimensional), como se indica na figura [86] a seguir.

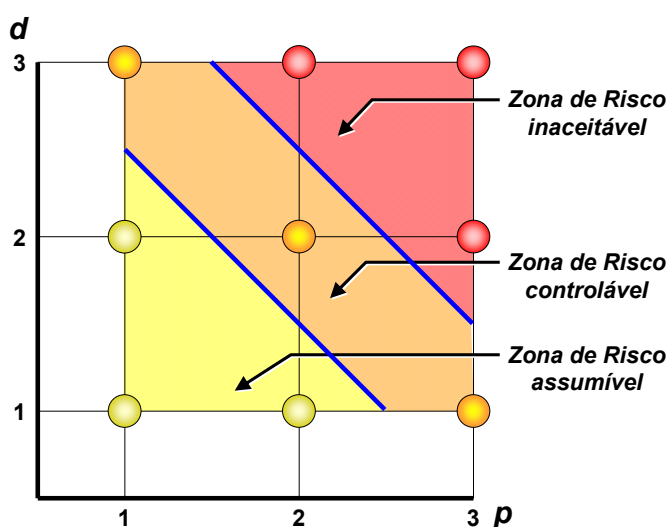


Figura [86] – Simplificação para matrizes de baixa complexidade

A noção de curva (ou superfície) de risco constante, resultante da aplicação do algoritmo definidor do risco  $R = p.d$ , será, sempre, a base do estabelecimento dos limites dos diferentes níveis de risco.

Assim, nas figuras anteriores,  $R_{MA}$  significa o risco máximo assumível e  $R_{MC}$  o risco máximo controlável, valores específicos de  $R$  que enquadram três níveis fundamentais de risco:

- O nível de risco que pode ser assumido  $\leftrightarrow 0 < R < R_{MA}$ ;

- O nível de risco que pode (e deve) ser controlado  $\leftrightarrow R_{MA} \leq R < R_{MC}$ ;
- O nível de risco inaceitável, que exige medidas de urgência para o seu controlo  $\leftrightarrow R_{MC} \leq R$ .

Isto equivale a uma “arrumação” dos diferentes riscos calculados – que correspondem aos elementos da matriz  $||R||$  – num número finito de “gavetas” (ver esquema da figura [87]).

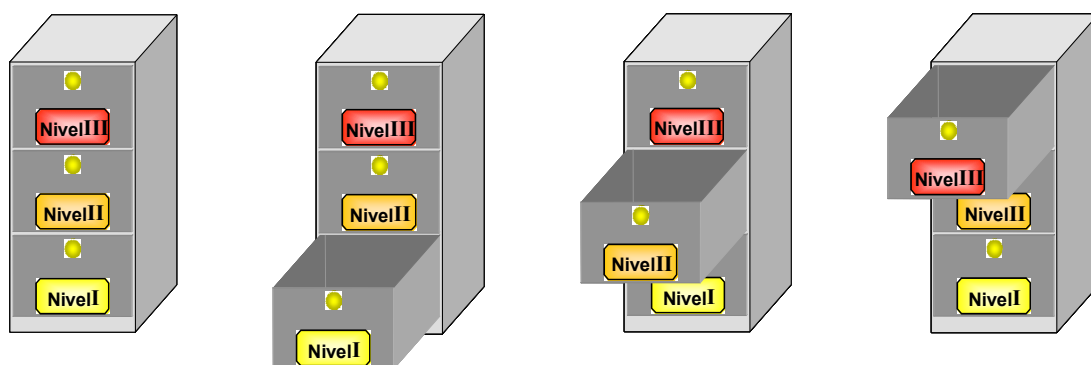


Figura [87] – Níveis de risco

Mas uma avaliação de riscos tem que ser, frequentemente, mais aprofundada, tornando-se necessário definir mais do que os três níveis básicos. De facto, isto corresponde a subdividir o nível intermédio (risco controlável) em diversos níveis correspondentes a diferentes – e escalonadas – medidas de controlo.

### Escolha do número de níveis da escala

Como se viu, no mínimo, a escala dos riscos terá três níveis (que poderão ser designados por NÍVEL I – riscos assumíveis; NÍVEL II – riscos controláveis; NÍVEL III – riscos inaceitáveis).

Mas o nível dos riscos controláveis não significa, necessariamente, um único nível de controlo.

O grau de detalhe da análise dependerá, no essencial, de dois fatores:

- da quantidade e da qualidade dos dados disponíveis o que permite um maior ou menor grau de eficácia na determinação e na análise dos fatores de formação do risco e na aplicação das técnicas de árvores lógicas para o cálculo da probabilidade de ocorrência das situações de risco;

- do estudo da relação custo/benefício, tendo em conta que quanto mais aprofundada e discriminada for a análise, mais eficiente será mas que, por outro lado, tal implica custos – incluindo os custos de controlo/intervenção – que podem, a partir de determinados limites, não justificar os resultados.

No que diz respeito ao primeiro aspeto, a existência de dados pertinentes é fundamental para a construção de um modelo fiável do processo produtivo e dos riscos que a ele estão associados.

Estes dados referem-se, sobretudo, a resultados históricos passíveis de tratamento estatístico e enquadram-se em diversos tipos de análise, nomeadamente o registo de acidentes de trabalho (e, eventualmente, de incidentes e de quase-acidentes), as tabelas de fiabilidade de máquinas, equipamentos ou componentes, as fichas de dados de segurança de produtos e de substâncias perigosas, os estudos epidemiológicos de doenças profissionais ou de doenças relacionadas com o trabalho, as análises actuariais.

E, naturalmente, não é só a quantidade de dados disponíveis – a dimensão do universo estatístico e a viabilidade das amostras possíveis – que condiciona os critérios a adoptar. De pouco serve ter um vasto conjunto de dados se eles não forem suficientemente fiáveis ou se corresponderem a medições desajustadas das reais necessidades da avaliação dos riscos.

Quanto à questão do estudo da relação custo/benefício, o problema essencial é o de determinar, com a possível exactidão, os fatores de custo e, particularmente, “quantificar” os benefícios expectáveis, resultantes de um controlo dos riscos assente numa eficaz avaliação.

O conceito de *não custo de um não acidente* é, aqui, particularmente útil. Este conceito tem em conta a possível quantificação daquilo que não se gasta (que se poupa) pelo facto de uma ocorrência profissional danosa provável não acontecer.

Aqui, a ideia de “gasto” ou de “poupança” tem que ser entendida de uma forma alargada, isto é, tem que incluir todos os previsíveis prejuízos, sejam eles custos (quantificáveis em unidades monetárias) ou não, o que conduz a uma dificuldade acrescida de cálculo.

Aplicando o conceito de risco anteriormente definido, pode dizer-se que o não custo do não acidente é uma medida do dano que não se verifica devido à não ocorrência

de uma situação de risco, isto é, está relacionado com a fiabilidade do sistema e, naturalmente, com as probabilidades dedutíveis da aplicação das árvores de causas e das árvores de efeitos condicionais que caracterizam essa situação de risco.

Para além da noção anteriormente definida, há que quantificar (ou, caso tal não seja possível, qualificar) os benefícios obtidos por uma implementação de medidas de prevenção e de protecção o que equivale à análise da melhoria obtida na eficácia das barreiras de segurança.

Deste modo será possível determinar um número de patamares de risco<sup>94</sup> que traduza um detalhe de análise compatível com as reais condições e com as reais necessidades do sistema em estudo.

### **Determinação dos valores-limite de cada nível**

Como já ficou dito, os valores do risco que delimitam cada um dos níveis correspondem a constantes, sendo concretizados, numa representação matricial, por curvas de derivada constantemente negativa e assintóticas aos eixos **p** e **d** (ver ponto 3.2.2.3.).

Portanto, a questão da determinação dos limites definidores de cada um dos níveis de risco resume-se à utilização de ferramentas ou de métodos que permitam encontrar os valores de **R = constante** correspondentes às referidas curvas.

Sem prejuízo de outras abordagens, referem-se três métodos aplicáveis ao problema exposto:

- Método ALARP/ALARA

O conceito de ALARP (*As Low As Reasonably Possible*) já foi abordado anteriormente.

Este método é aplicável quando se consideram, apenas, três níveis de risco o que, qualitativamente, se traduz em três zonas caracterizadas por níveis de intervenção bem definidos (figura [88]):

---

<sup>94</sup> Dentro da zona do *risco controlável*, para além do *nível de risco assumível* e do *nível de risco inaceitável*.

A sigla ALARA (*As Low As Reasonably Achievable*) corresponde a uma (eventual) variante deste conceito. Para alguns autores os termos são equivalentes mas, para outros (Harms-Ringdahl, 2001, por exemplo), existe uma diferença de grau no conceito. Trata-se, em resumo, da possível diferença semântica entre “possível” e “factível”.

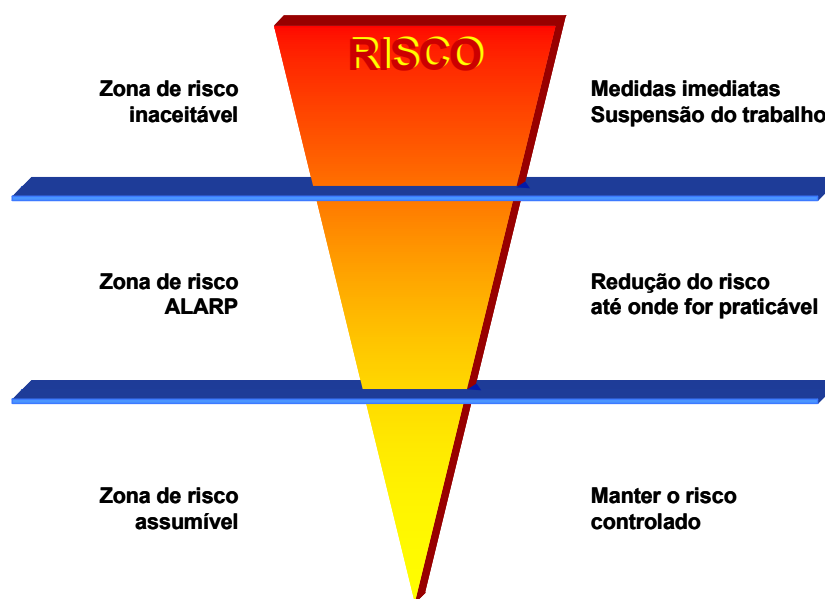


Figura [88] – Método ALARP

Utilizando uma representação matricial, como a que se mostra na figura [89], as curvas de risco constante evidenciam os limites *inferior* e *superior* da “zona de risco ALARP”.

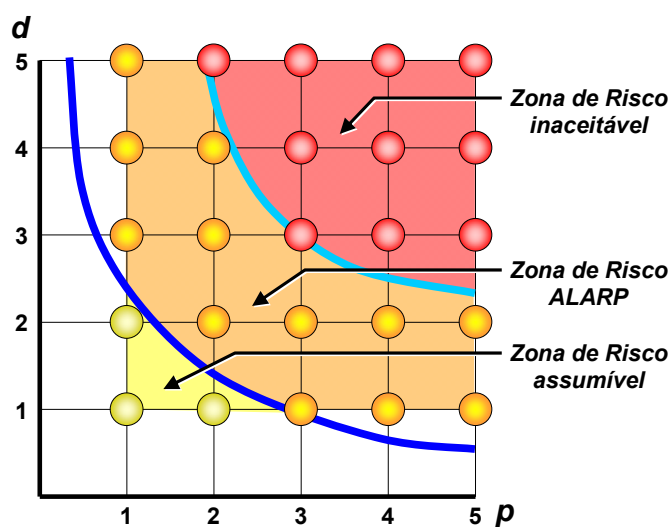


Figura [89] – Matriz ALARP

A aplicação do conceito ALARP implica uma óbvia indefinição dos respetivos limites, em particular do limite inferior. De facto, não é fácil quantificar o “*mais baixo valor (ou classe) razoavelmente possível*” de atingir quando se está a analisar o risco. Depende do “estado da arte”, dos índices custo/benefício, das estratégias empresariais, das políticas económicas, da capacidade técnica da equipa de avaliação, entre muitos outros fatores.

Este método pode ser, portanto, utilizado sempre que o sistema em causa seja de grande dimensão e complexidade, onde a actuação ao nível das barreiras de protecção seja determinante ou onde a escala do fator de formação do risco  $d$  (dano) tenha um patamar máximo muito significativo.

Como exemplo, poderão citar-se situações relacionadas com catástrofes naturais (sismo, maremoto, inundação, tempestade, furacão, erupção vulcânica, nomeadamente), acidentes industriais graves (incluindo os nucleares e as fugas de gases tóxicos), catástrofes ambientais (derrames, por exemplo) ou acidentes envolvendo um grande número de possíveis vítimas mortais (acidentes em transportes aéreos, ferroviários ou marítimos).

Uma das aplicações mais comuns é no estabelecimento de gráficos *Frequência/Número de vítimas mortais* (curvas *FN*) utilizados na avaliação de risco catastrófico (figura [90]).

Normalmente estes gráficos utilizam escalas logarítmicas, quer para a frequência das ocorrências (fator de formação da probabilidade, do tipo  $f_p$ ), quer para o número de vítimas mortais ou fatalidades (fator de formação do dano, do tipo  $f_d$ ).

Numa representação logarítmica, as curvas de risco constante apresentam-se como rectas.

As curvas de risco constante que definem os limites *inferior* e *superior* da zona ALARP são, normalmente, estabelecidas nas legislações nacionais, variando significativamente de país para país, em função do entendimento do legislador sobre a “razoabilidade” do risco.

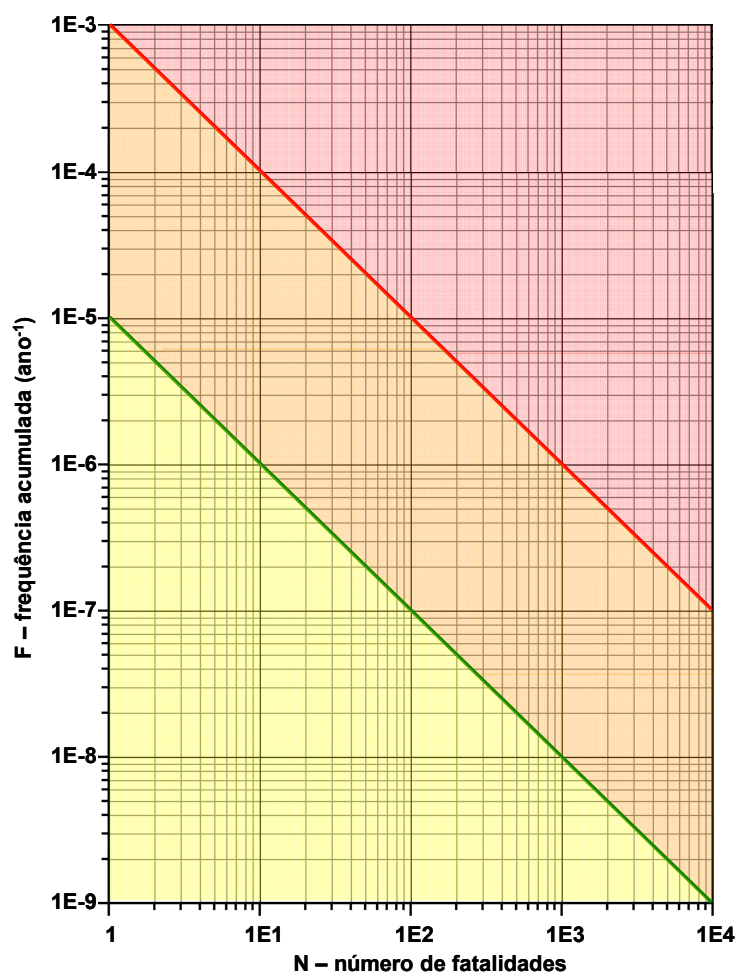


Figura [90] – Curvas  $FN$

As justificações assim apresentadas reflectem, muitas vezes, uma abordagem mais política do que económica, que tem em conta a disponibilidade e a eficiência dos meios utilizáveis para controlar as situações.

Existem, naturalmente, outras abordagens específicas no que respeita à definição do “risco aceitável” (Teixeira e Soares, 2007) e qualquer delas pode ser utilizada na determinação dos valores limite dos níveis de risco.

- Método de Pece e Dascalescu (modificado)

Stefan Pece e Aurélia Dascalescu, 1998, desenvolveram e publicaram um método para a determinação dos valores constantes que poderiam ser utilizados como limites dos diferentes níveis de risco.

No trabalho apresentado, os referidos autores propõem, como critério, a divisão da diagonal da matriz  $||p; d||$  em segmentos iguais à distância entre a ori-

gem (elemento  $\{1 ; 1\}$  ou equivalente) e a curva de risco máximo admissível ( $R_{MA}$ ), não considerando, especificamente, a curva de risco máximo controlável ( $R_{MC}$ ).

Neste contexto, o número de níveis de risco dependeria, apenas, da valorização de  $R_{MA}$ .

Tendo em consideração que é possível definir, com precisão (obviamente matricial) as constantes  $R_{MA}$  e  $R_{MC}$ , propõe-se uma alteração ao método exposto que consiste na divisão, em partes iguais, apenas do segmento de diagonal da matriz compreendido entre  $R_{MA}$  e  $R_{MC}$ .

O número de divisões corresponderá ao número de níveis situados dentro da zona de risco controlável.

Um exemplo de aplicação deste método modificado é o que se mostra na figura [91] a seguir. Na situação apresentada, o segmento da diagonal  $\overline{AD}$  é dividido em três partes iguais  $\overline{AB}$ ,  $\overline{BC}$  e  $\overline{CD}$  que definem os pontos por onde passam as *curvas de risco constante*  $R_1$  e  $R_2$ , delimitadoras dos três níveis de risco intercalares.

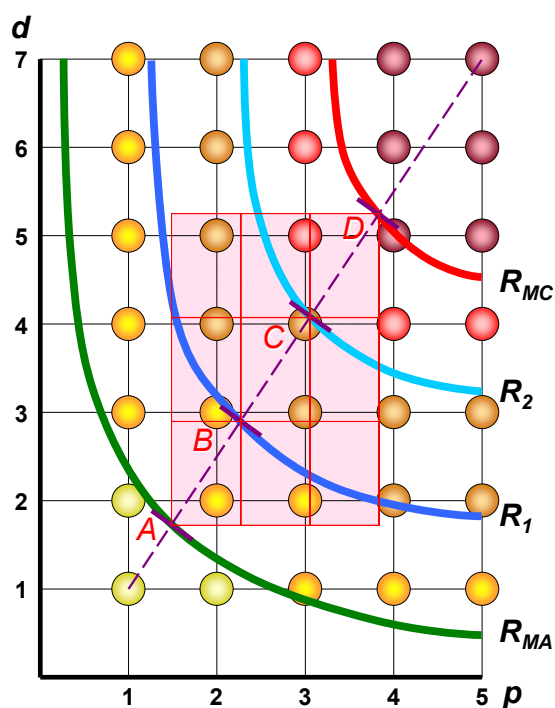


Figura [91] – Aplicação do método de Pece e Dascalescu modificado (conhecido  $R_{MC}$ )



Neste caso, a valoração será feita em cinco *níveis de risco* assim definidos:

NÍVEL I  $R < R_{MA}$

NÍVEL II  $R_{MA} \leq R < R_1$

NÍVEL III  $R_1 \leq R < R_2$

NÍVEL IV  $R_2 \leq R < R_{MC}$

NÍVEL V  $R_{MC} \leq R$

Se o valor de  $R_{MC}$  não for conhecido (ou não for facilmente determinável) pode utilizar-se este método dividindo em  $N - 1$  partes iguais (onde  $N$  é o número total de níveis de risco) o segmento da diagonal definido pelo valor de  $R_{MA}$  e o elemento máximo da matriz.

A figura [92] ilustra esta aplicação, utilizando um valor de  $N = 4$ , onde  $\overline{AB} = \overline{BC} = \overline{CD} = \overline{AD}/3$ .

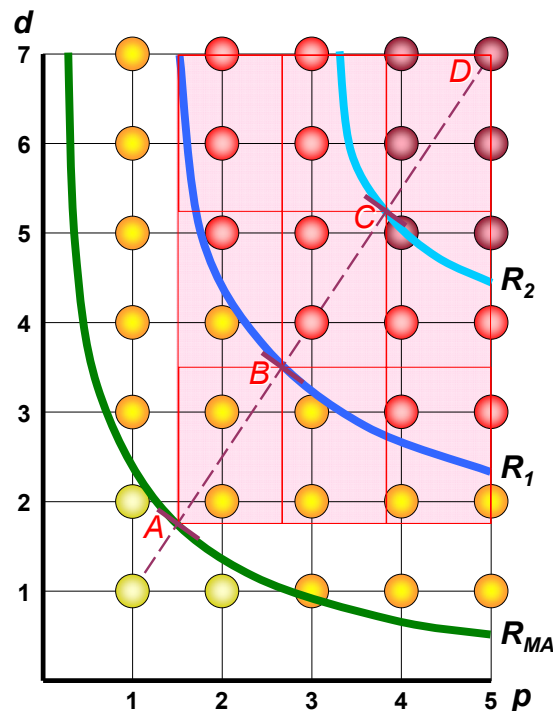


Figura [92] – Aplicação do método de Pece e Dascalescu modificado (desconhecido  $R_{MC}$ )

- Método proporcional

Uma outra forma de encontrar os valores limite para os diversos níveis de risco – considerando, sempre, que o primeiro nível corresponde ao risco assu-

mível – consiste em considerá-los como múltiplos do valor de  $R_{MA}$ , ou seja, encarar as curvas de risco constante como uma progressão aritmética simples.

Naturalmente, este conceito poderia ser alargado a outros tipos de progressão regular. No entanto, a progressão aritmética conduz a resultados simples mas suficientemente ajustados às necessidades.

Se for  $N$  o número de níveis a definir (incluindo o primeiro nível que engloba os riscos que podem ser assumidos), cada um dos valores que representam os limites (superior e inferior) a esses níveis ( $R_n$ ) será calculado pela fórmula:

$$R_n = (n/N).R_{MA}$$

Equação [29]

Este tipo de abordagem pode ser representado graficamente (ver figura [93] para uma matriz  $||5 \times 7||$ ).

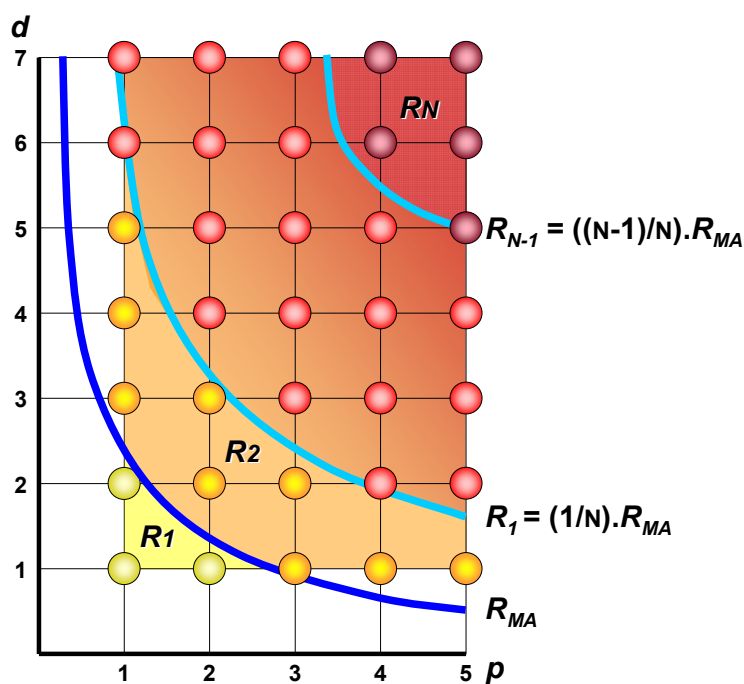


Figura [93] – Aplicação do método proporcional

É evidente que outros métodos – ou o desenvolvimento e aprofundamento dos métodos propostos – podem ser utilizados no âmbito de uma metodologia integrada de avaliação de riscos profissionais, desde que justificados e adequados ao caso em análise.

### Nível de risco → nível de segurança → nível de intervenção

Definida a matriz de risco e os níveis em que este vai ser valorado, há que preparar a passagem à fase seguinte do processo de gestão de riscos, ou seja, à fase de controlo dos riscos. Para tal, é necessário estabelecer uma correspondência biunívoca entre NÍVEL DE RISCO e NÍVEL DE INTERVENÇÃO, passando por uma mais conceptual correspondência entre NÍVEL DE RISCO e NÍVEL DE SEGURANÇA. Importa, portanto, definir estes termos.

Designa-se por *nível de segurança* o estado de um subsistema, de uma máquina, de um equipamento, de uma tarefa, de um operador no que se refere à probabilidade de não verificação de uma ocorrência profissional danosa resultante de uma situação de risco detetada e/ou da expectável redução dos danos dela consequentes. Ou seja, o *nível de segurança* é uma medida da *fiabilidade* do subsistema em estudo. Este nível relaciona-se com o nível de risco pela expressão:

$$S = \frac{1}{R}$$

Equação [30]

A equação [30] representa uma curva no plano [risco;segurança] que mostra a relação inversamente proporcional entre estas duas grandezas e donde se conclui que a segurança tende para infinito quando o risco tende para zero. Na figura [94] é indicada esta relação.

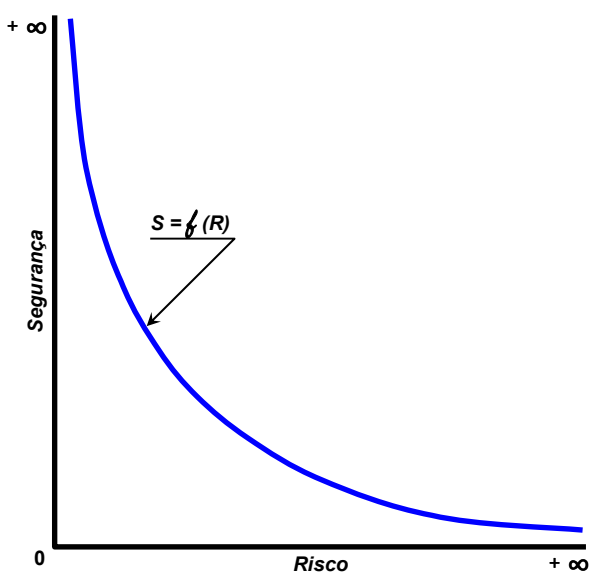


Figura [94] – Relação risco – segurança

Numa análise matricial, a cada nível calculado de risco corresponderá um nível de segurança.

De notar que os níveis de risco correspondem a uma escala discreta, pelo que a escala dos níveis de segurança também será discreta.

A figura [95] apresenta uma visualização dos níveis de segurança em relação aos respetivos níveis de risco.

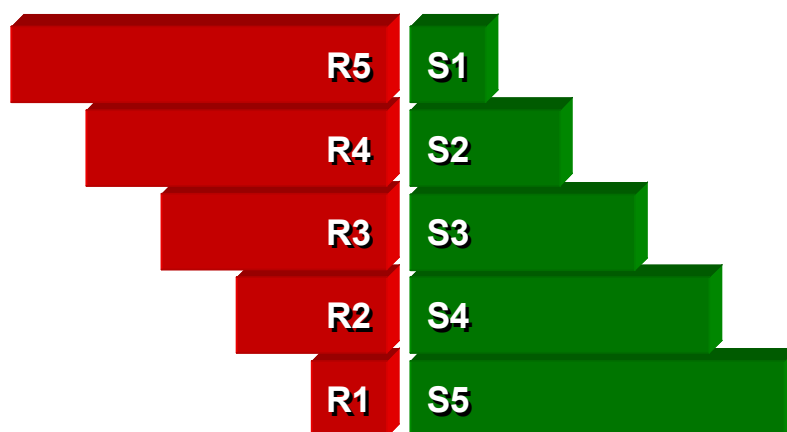


Figura [95] – Correspondência nível de risco → nível de segurança

Do que ficou exposto constata-se que, quanto maior o risco, menor o estado de segurança do sistema, o que é uma afirmação óbvia mas que não deixa, por esse facto, de exigir uma justificação.

Da própria definição do processo de gestão de riscos profissionais (ver ponto 5.2.) fica clara a sua característica sequencial. À fase de avaliação dos riscos deve seguir-se uma fase de controlo dos mesmos, sequência esta que não pode ser compartimentada, antes pelo contrário, implica a existência de interfaces.

Deste modo, a avaliação só se justifica se introduzir o controlo, isto é, há necessariamente uma zona de sobreposição entre as duas fases.

Daí a necessidade de estabelecer uma correspondência entre nível de risco e nível de intervenção, entendido como uma definição qualitativa (descritiva) e escalonada do tipo, da abrangência, da calendarização e da eventual distribuição de responsabilidades de implementação das medidas correctivas genéricas a adoptar.

Considera-se, assim, nível de intervenção a valorização qualitativa de cada um dos níveis de risco calculados, em termos da pertinência de implementação de medidas de segurança (de prevenção e/ou de protecção).

Evidentemente, a relação entre estes dois tipos de níveis é directamente proporcional, isto é, a um maior nível de risco corresponderá uma maior (mais profunda, mais urgente, mais cara) intervenção.

De notar que o conceito de nível de intervenção é, essencialmente, qualitativo e, neste estágio do desenvolvimento do processo de gestão de riscos, de carácter genérico. É na fase de controlo de riscos, propriamente dita, que se procederá à discriminação, caracterização e projecto das medidas correctivas específicas resultantes da interpretação dos dados obtidos na fase de avaliação de riscos profissionais<sup>95</sup>. Assim, a correspondência entre níveis de risco e níveis de intervenção pode ser visualizada na figura [96].

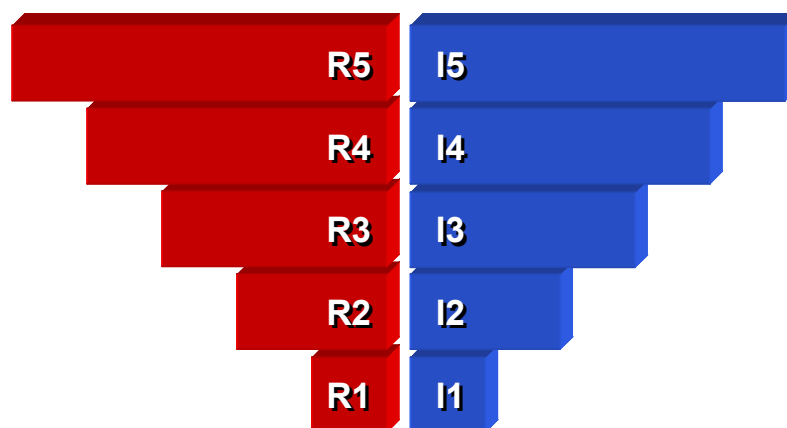


Figura [96] – Correspondência nível de risco → nível de intervenção

#### 6.4.3. Métodos de análise de barreiras

Um outro grande grupo de métodos que é, na prática, utilizado como alternativa (ou complemento) aos métodos matriciais, baseia-se numa análise de causas e de consequências medindo os parâmetros que contribuem para a definição do risco:

- No que diz respeito à determinação das causas,
  - a quantificação dos perigos que lhes estão associados, ou seja, a valoração do parâmetro Pr;

---

<sup>95</sup> Naturalmente, o estudo pormenorizado desta fase do processo de gestão dos riscos profissionais ultrapassa o âmbito deste trabalho.

- a quantificação das condições de trabalho presentes na etapa do processo produtivo, isto é, o cálculo de Ct;
- a medição da eficácia das barreiras de prevenção implantadas  $M_{prev}$ .
- No que se refere às consequências,
  - A quantificação da sensibilidade do processo ao dano, Sd;
  - A valoração da eficácia das barreiras de protecção interpostas  $M_{prot}$ .

Trata-se, de facto, de um conjunto de métodos agrupáveis num esquema metodológico coerente que se centram na análise das barreiras disponíveis (seja do lado das causas, seja do dos efeitos) calculando a sua fiabilidade face aos parâmetros básicos definidores do risco.

Como se viu no ponto 4., a fórmula

$$R = \frac{(Pr.Ct).Sd}{M_{Prev}.M_{Prot}}$$

Equação [18]

é dedutível do algoritmo base

$$R = p.d$$

Equação [2]

e representa a relação entre os diversos parâmetros – que se admite serem valoráveis – que contribuem para uma quantificação da grandeza risco.

Apenas uma nota para justificar a escolha da designação “quantificar” em contraponto com a designação “semi-quantificar” utilizada aquando do estudo dos métodos de matrizes:

Nos métodos de análise de barreiras o resultado para a variável risco é um número real e positivo, apresentado com uma aproximação predeterminada (em número de casas decimais, normalmente, inferior a quatro).

No entanto, como é óbvio, a interpretação deste valor é difícil pois carece de verificação prática e, portanto, só será útil se referido a um valor de referência, calculado com idênticos pressupostos e resultante da análise de uma situação que se pode considerar “normal”. Assim, uma avaliação usando um método de análise de barreiras deverá conduzir a um resultado quantitativo mas relativo, isto é, consubstanciar-se-á no cálculo de um índice de risco  $\gamma$  tal que

$$\gamma = \frac{R}{R_r}$$

Equação [31]

onde **R** é o risco calculado e **R<sub>r</sub>** é o risco de referência. Deste modo, **γ** tomará valores superiores a **um** quando o risco calculado exceder o de referência, o que implica a implementação de medidas correctivas (definidas de acordo com a grandeza de **γ**), ou inferiores à unidade, o que pressupõe uma situação na qual o risco calculado pode ser assumido, como se pode constatar na figura [97].

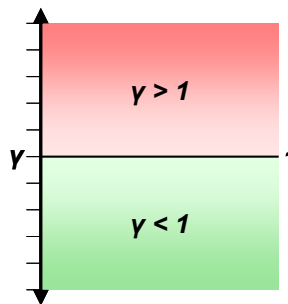


Figura [97] – Representação gráfica do significado do índice **γ**

De uma forma mais genérica pode considerar-se um gráfico (ver figura [98]) no qual, em ordenadas se representa o produto **(Pr.Ct).Sd** e em abcissas se indicam os valores calculados para **M<sub>prev.</sub>M<sub>prot.</sub>**. Nesta representação, as curvas de risco constante são rectas de derivada positiva. A curva **R = R<sub>r</sub>** delimita duas zonas, nas quais o índice **γ** assume, respetivamente, valores superiores e inferiores à unidade.

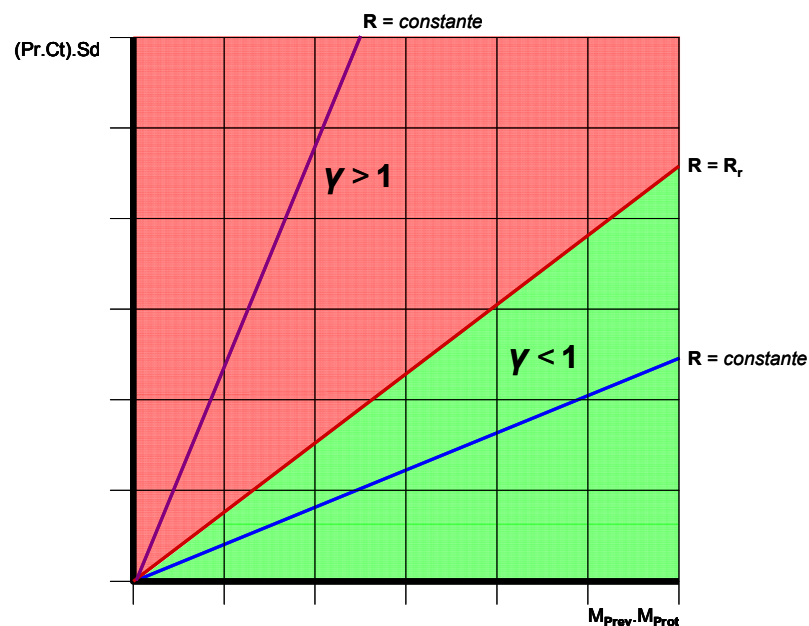


Figura [98] – Curvas de risco constante

O risco efectivamente calculado corresponderá, assim a uma recta que se situa numa das duas zonas definidas, cuja inclinação é, exactamente o valor de **R**:

$$(Pr.Ct).Sd = R.(M_{prev}.M_{prot})$$

Equação [32]

As principais questões na aplicação deste tipo de métodos prendem-se com duas vertentes de abordagem essenciais:

- A forma de calcular (de uma forma quantitativa) os diversos parâmetros que contribuem para o valor do risco;
- A determinação do valor de referência **R<sub>r</sub>**.

A maneira mais comum de as resolver é assumir que qualquer dos parâmetros é, ele próprio, o produto de um conjunto de fatores de formação<sup>96</sup>.

Deste modo, o valor de referência seria calculado considerando, na fórmula de formação dos parâmetros, a valoração dos fatores considerada “normal”.

#### 6.4.3.1. Identificação dos fatores caracterizadores de **Pr**, **Ct** e **Sd**

O numerador da equação [18] é o produto de três parâmetros, que se assumem quantificáveis, que correspondem à medição das causas e das consequências de uma situação de risco.

Considere-se, então:

$$\begin{aligned} Pr &= \prod_{i=1}^n p_i \\ Ct &= \prod_{i=1}^n c_i \\ Sd &= \prod_{i=1}^n s_i \end{aligned}$$

Equações [33]

onde

**Pr** é o valor atribuído aos **perigos**;

**Ct** é a quantificação das **condições de trabalho**;

**Sd** corresponde à valoração da **sensibilidade do processo ao dano**;

<sup>96</sup> Ou, eventualmente, uma soma de parcelas o que implicaria a substituição da operação  $\prod$  pela operação  $\Sigma$ .



- $p_i$  são os fatores que contribuem para a formação do **perigo**;
- $c_i$  são os fatores que definem as **condições de trabalho**;
- $s_i$  são os fatores de formação da **sensibilidade ao dano**.

Assim, quer **Pr**, quer **Ct** e, conseqüentemente, a valoração da causa (**Pr.Ct**), quer **Sd** são o resultado do produto de fatores específicos cujo valor é mensurável, ou melhor, determinável.

De facto, se em determinados casos é possível medir estas grandezas (ruído, concentração de gases, vapores, aerossóis ou poeiras, radiação ionizante ou não ionizante, presença de micro-organismos patológicos, etc.), noutros casos só poderá ser aplicável uma técnica de valoração semi-quantitativa.

Esta última situação traduz-se pela elaboração de tabelas onde, a uma coluna qualitativa (descritiva) se faz corresponder uma coluna quantitativa (valorada), necessariamente com valores discretos.

Em certos casos, se a escala de valoração for regular, é admissível a utilização de valores interpolados.

### Fatores de formação de Pr

Como se viu, o perigo é uma noção absoluta. Pode definir-se como uma característica intrínseca de um produto, de uma máquina, de uma instalação, de uma tarefa, de uma pessoa, de um subsistema a qualquer nível, que potencia (através de uma causa inserida numa árvore de causas) uma situação de risco. Para o valorar há que, em primeiro lugar, caracterizar e tipificar os fatores que para ele contribuem, caso a caso, para que, depois, seja possível quantificá-los. A tabela [9] elenca alguns destes fatores, obviamente sem pretensões de exaustividade e apresentados, apenas, como exemplos.

Perigo	$p_i$	Descrição
Agente químico inflamável	$p_1$	Coeficiente calorífico.
	$p_2$	Carga térmica (ou carga de incêndio).
	$p_3$	Inflamabilidade.
	$p_4$	LII/LSI (limites inferior e superior de inflamabilidade).
	$p_5$	Energia de activação.
	$p_6$	Temperaturas de inflamação, de combustão e de ignição.

Perigo	p <sub>i</sub>	Descrição
Agente químico inflamável	p <sub>7</sub>	Toxicidade e corrosibilidade dos gases libertados.
	p <sub>8</sub>	Volume e temperatura dos gases libertados.
Agente químico tóxico	p <sub>9</sub>	Concentração do agente no ar.
	p <sub>10</sub>	Concentração do agente na água.
	p <sub>11</sub>	Concentração do agente no solo.
	p <sub>12</sub>	Concentração do agente no corpo humano.
	p <sub>13</sub>	Via de penetração no corpo humano.
	p <sub>14</sub>	Tipo de toxicidade do agente.
Agente biológico	p <sub>15</sub>	Tipo de efeito (cancerinogénico, mutagénico, infetante, etc.).
Energia eléctrica	p <sub>16</sub>	Eletricidade estática.
	p <sub>17</sub>	Diferença de potencial.
	p <sub>18</sub>	Intensidade da corrente.
	p <sub>19</sub>	Constante dieléctrica do isolamento.
	p <sub>20</sub>	Tensão de passo.
Energia cinética	p <sub>21</sub>	Peças com movimento relativo.
	p <sub>22</sub>	Projeção de partículas ou de objectos.
	p <sub>23</sub>	Veículos ou outros objectos em movimento.
	p <sub>24</sub>	Queda de objectos.
	p <sub>25</sub>	Queda de pessoas (ao mesmo ou a diferentes níveis).
Condicionantes meteorológicas	p <sub>26</sub>	Temperaturas máximas e mínimas. Gradiente de temperatura.
	p <sub>27</sub>	Humidade relativa.
	p <sub>28</sub>	Velocidade e direcção do vento.
	p <sub>29</sub>	Visibilidade.
Saúde	p <sub>30</sub>	Estado clínico geral.
	p <sub>31</sub>	Saúde pública. Epidemias. Pandemias.
Condicionantes psicosociais	p <sub>32</sub>	Instabilidade (familiar, social, comunitária).
	p <sub>33</sub>	“Stress”.
	p <sub>34</sub>	Dependências (tabaco, álcool, drogas, medicamentos).
Condicionantes políticas, económicas e sociais	p <sub>35</sub>	Desemprego.
	p <sub>36</sub>	Crescimento económico. Desenvolvimento da economia local.
	p <sub>37</sub>	Contratação colectiva.
	p <sub>38</sub>	Segurança e ordem pública.
	p <sub>39</sub>	Relações internacionais.

Tabela [9] – Alguns fatores de formação do perigo

Todos estes fatores – e todos os outros que poderão ser identificados, quer como contribuição para os perigos indicados, quer os que formam todos os outros tipos de perigo passíveis de terem efeito num nó de um processo produtivo – referem-se ao elemento potenciador que, formando um par com uma condição de trabalho (elemento de realização) constitui uma causa de uma situação de risco, inserida no respetivo nível de significância de uma árvore de causas condicional.

Isto porque se pode estabelecer uma relação biunívoca entre perigo e condição de trabalho de um modo que permite o estabelecimento de um conceito de causa como sendo um par [perigo/condição de trabalho].

### Fatores de formação de Ct

A condição de trabalho é um elemento factual que permite que um perigo se venha a constituir como causa de uma situação de risco. É, portanto, um elemento de realização (ou de efectivação) de um elemento potenciador. A tabela [10], a seguir, apresenta alguns exemplos – na medida do possível relacionados com os exemplos da tabela [9] – de fatores de formação da condição de trabalho.

Condição de trabalho	C <sub>i</sub>	Descrição
Presença de agente químico inflamável	C <sub>1</sub>	Reação dos materiais ao fogo.
	C <sub>2</sub>	Resistência dos elementos estruturais ao fogo.
	C <sub>3</sub>	Desenfumagem
	C <sub>4</sub>	Compartimentação.
Presença de agente químico tóxico	C <sub>5</sub>	Ventilação.
	C <sub>6</sub>	Vias de evacuação.
	C <sub>7</sub>	Concentração de valores
	C <sub>8</sub>	Tipo de ocupação do espaço (pessoas).
	C <sub>9</sub>	Renovação/filtragem de ar.
	C <sub>10</sub>	Tempo de contacto.
Presença de agente biológico	C <sub>11</sub>	Equipamentos de protecção individual.
	C <sub>12</sub>	Assepsia.
Instalações eléctricas em carga	C <sub>13</sub>	Equipamentos de protecção individual.
	C <sub>14</sub>	Potência instalada.
	C <sub>15</sub>	Tipo de isolamento.
	C <sub>16</sub>	Ligação à terra.

Condição de trabalho	C <sub>i</sub>	Descrição
Movimentos	C <sub>17</sub>	Resguardos. Barreiras materiais e imateriais.
	C <sub>18</sub>	Sistema de controlo de travagem.
	C <sub>19</sub>	Equipamento de protecção individual.
	C <sub>20</sub>	Sinalização de segurança.
Condições meteorológicas	C <sub>21</sub>	Resguardos (telheiros, para-sóis, divisórias).
	C <sub>22</sub>	Equipamento de protecção individual.
	C <sub>23</sub>	Organização do trabalho (tempo/período de exposição).
Condições psicossociais	C <sub>24</sub>	Apoio médico.
	C <sub>25</sub>	Apoio psicológico.
	C <sub>26</sub>	Política de incentivos.
	C <sub>27</sub>	Motivação.
	C <sub>28</sub>	Formação profissional.
Saúde	C <sub>29</sub>	Medicina ocupacional.
	C <sub>30</sub>	Seguros de saúde.
	C <sub>31</sub>	Relações com entidades de Saúde Pública.
Condições políticas, económicas e sociais	C <sub>32</sub>	Política salarial da empresa.
	C <sub>33</sub>	Política de desenvolvimento de carreiras.
	C <sub>34</sub>	Apoio familiar.
	C <sub>35</sub>	Mecenato.

Tabela [10] – Alguns fatores de formação da condição de trabalho

Os fatores mencionados, como exemplo, referem-se ao *elemento de realização* que torna um perigo – *elemento potenciador* – na causa de uma situação de risco<sup>97</sup>.

### Fatores de formação de Sd

Determinadas as causas, viáveis ou verificáveis face ao caso concreto em estudo (nó ou etapa do processo produtivo), há que analisar as eventuais consequências de uma situação de risco.

---

<sup>97</sup> Entendida como um par [perigo/condição de trabalho], como anteriormente ficou dito.

O conceito de sensibilidade do processo ao dano está relacionado com duas noções que se complementam:

- A **vulnerabilidade** (ou melhor, os diversos *tipos de vulnerabilidade*) do processo produtivo, traduzida nas diversas sequências alternativas passíveis de se virem a desenvolver como consequência de uma anomalia (seja ela na operação  $A^q$  ou na decisão  $A^s$ ) e na possibilidade de tais sequências poderem resultar em *sequências de falha* ( $\epsilon_{falha}$ ) ou, pelo contrário, se poderem considerar como *sequências de correcção* ( $\epsilon_{correcção}$ ).
- O **prejuízo** – entendido como uma quantificação do dano que inclui elementos que não são, necessariamente, traduzíveis em unidades monetárias – e que mede a extensão e o alcance sistémico dos efeitos que podem ser consequência de uma situação de risco. Neste contexto, a referida quantificação (ou valoração) deve ser feita em unidades arbitrárias e não em valores monetários.

Entre estes dois conceitos não pode ser estabelecida uma relação biunívoca, antes um laço de complementaridade, pelo que não se considera que a sensibilidade ao dano de um processo produtivo possa ser definida por um par de parâmetros. Ela será, sim, um conceito único, aglutinador das duas ideias.

Na tabela [11] indicam-se – da mesma forma exemplificativa e não exaustiva utilizada nas tabelas [9] e [10] – alguns fatores de formação da sensibilidade do processo ao dano.

Sensibilidade ao dano	Descrição		
	$s_i$	Vulnerabilidade	Prejuízo
Fogo/incêndio	$s_1$	Pontos críticos.	
	$s_2$	Concentração de pessoas.	
	$s_3$	Mobilidade de pessoas.	
	$s_4$	Número de pisos (acima e/ou abaixo do solo).	
	$s_5$		Concentração de valores.
	$s_6$		Atividades exercidas.
	$s_7$		Tipo de utilização do edifício.
Efeito tóxico	$s_8$	Sensibilidade fisiológica ao agente tóxico.	
	$s_9$		Baixa por doença.

Sensibilidade ao dano		Descrição	
	S <sub>i</sub>	Vulnerabilidade	Prejuízo
Efeito tóxico	S <sub>10</sub>		Doença profissional.
	S <sub>11</sub>		Agravamento de doença pré-existente.
Efeito biológico	S <sub>12</sub>	Sensibilidade fisiológica ao agente biológico.	
	S <sub>13</sub>		Doença profissional.
Eletricidade	S <sub>14</sub>		Incêndio/explosão.
	S <sub>15</sub>		Queimadura.
	S <sub>16</sub>		Electrocussão.
	S <sub>17</sub>		Danos ao equipamento.
Contacto com objectos	S <sub>18</sub>	Vias de circulação.	
	S <sub>19</sub>	“Lay out”.	
	S <sub>20</sub>		Choque com objectos.
	S <sub>21</sub>		Queda de objectos.
	S <sub>22</sub>		Choque entre objectos.
	S <sub>23</sub>		Entalamentos.
	S <sub>24</sub>		Cortes, fracturas, feridas.
Trabalhos ao ar livre	S <sub>25</sub>	Tipo de produção.	
	S <sub>26</sub>	Transportes e logística.	
	S <sub>27</sub>		Doença. Incomodidade.
Saúde física	S <sub>28</sub>	Locais confinados e/ou insalubres.	
	S <sub>29</sub>		Doença.
Saúde psíquica	S <sub>30</sub>	Ritmo/horário de trabalho.	
	S <sub>31</sub>	Ambiente laboral.	
	S <sub>32</sub>		“Stress”.
Enquadramento económico da actividade	S <sub>33</sub>	Dependências económicas (fornecedores, clientes, mercado sazonal, etc.).	
	S <sub>34</sub>	Dimensão da empresa.	
	S <sub>35</sub>		Produtividade.
Enquadramento político e social da actividade	S <sub>36</sub>	Relação de grupo.	
	S <sub>37</sub>	Imagem.	
	S <sub>38</sub>		Quota de mercado.
	S <sub>39</sub>		Volume de vendas.

Sensibilidade ao dano	S <sub>i</sub>	Descrição	
		Vulnerabilidade	Prejuízo
Enquadramento político e social da actividade	S <sub>40</sub>		“cash flow”.
	S <sub>41</sub>		Remuneração do capital.

Tabela [11] – Alguns fatores de formação da sensibilidade ao dano

Assim, a sensibilidade de um determinado processo produtivo – em cada um dos seus nós críticos – poderá ser quantificada através da aplicação de um algoritmo multiplicativo dos valores atribuídos a cada um dos fatores de formação relevantes.

#### 6.4.3.2. Identificação dos fatores de eficácia $M_{prev}$ e $M_{prot}$

O denominador da equação [18] reflecte a eficácia das medidas de prevenção e/ou de protecção implementadas, ou seja, a fiabilidade das barreiras interpostas, respectivamente, nos ramos das árvores de causas e das árvores de efeitos associadas à situação de risco. Para conseguir uma quantificação desta eficácia, utilizam-se relações multiplicativas de fatores de formação (equações [34]), à semelhança do que se propôs para os parâmetros que formam o numerador da equação [18] referida.

$$M_{prev} = \prod_{i=1}^n (m_{prev})_i$$

$$M_{prot} = \prod_{i=1}^n (m_{prot})_i$$

Equações [34]

onde

$(m_{prev})_i$  são os fatores que medem a eficácia das barreiras de prevenção;

$(m_{prot})_i$  são os fatores que medem a eficácia das barreiras de protecção.

Estes fatores de formação da eficácia das barreiras podem ser calculados com base na aplicação de uma árvore de falhas – para determinar a respetiva fiabilidade – ou pela utilização de tabelas com uma coluna descritiva e outra valorada.

#### Fatores de formação de $M_{prev}$

As medidas de prevenção – de acordo com a definição proposta nos pontos 3.1. e 3.2. – são as que, actuando na árvore de causas, permitem a minimização da probabilidade de ocorrência de uma situação de risco. Estas medidas traduzem-se em barreiras preventivas cuja eficácia, como se viu, nunca é total. Portanto, essa eficá-

cia pode ser medida, identificando e valorando os diversos fatores que para ela contribuem.

Na tabela [12] identificam-se alguns destes fatores (apresentados, tal como nas tabelas anteriores, como exemplos).

Causa	(m <sub>prev</sub> ) <sub>i</sub>	Descrição
Incêndio	(m <sub>prev</sub> ) <sub>1</sub>	Segregação.
	(m <sub>prev</sub> ) <sub>2</sub>	Controlo de fontes de ignição.
	(m <sub>prev</sub> ) <sub>3</sub>	Resistência ao fogo de elementos estruturais.
	(m <sub>prev</sub> ) <sub>4</sub>	Reação ao fogo de materiais de construção.
	(m <sub>prev</sub> ) <sub>5</sub>	Combustibilidade de materiais decorativos.
	(m <sub>prev</sub> ) <sub>6</sub>	Sensibilização do pessoal/utentes das instalações.
	(m <sub>prev</sub> ) <sub>7</sub>	Sinalização de segurança.
Contacto com agente químico tóxico	(m <sub>prev</sub> ) <sub>8</sub>	Organização do trabalho. Rotatividade.
	(m <sub>prev</sub> ) <sub>9</sub>	Ventilação.
	(m <sub>prev</sub> ) <sub>10</sub>	Exaustão localizada.
	(m <sub>prev</sub> ) <sub>11</sub>	Enclausuramento de fontes.
	(m <sub>prev</sub> ) <sub>12</sub>	Substituição de produtos.
	(m <sub>prev</sub> ) <sub>13</sub>	Sinalização de segurança.
Energia eléctrica	(m <sub>prev</sub> ) <sub>14</sub>	Isolamento eléctrico.
	(m <sub>prev</sub> ) <sub>15</sub>	Formação do pessoal.
	(m <sub>prev</sub> ) <sub>16</sub>	Sinalização de segurança.
Quedas ao mesmo ou a diferentes níveis	(m <sub>prev</sub> ) <sub>17</sub>	Resguardos, corrimões, guarda-corpos, rodapés.
	(m <sub>prev</sub> ) <sub>18</sub>	Tipo de piso (rugoso, antiderrapante, etc.).
	(m <sub>prev</sub> ) <sub>19</sub>	Sinalização de segurança.
Choque com objectos	(m <sub>prev</sub> ) <sub>20</sub>	Desenho de vias de circulação.
	(m <sub>prev</sub> ) <sub>21</sub>	Manutenção programada/preventiva/preditiva.
	(m <sub>prev</sub> ) <sub>22</sub>	Formação do pessoal.
	(m <sub>prev</sub> ) <sub>23</sub>	Sinalização de segurança e/ou de trânsito.
Exposição ao meio ambiente	(m <sub>prev</sub> ) <sub>24</sub>	Organização do trabalho. Rotatividade.
	(m <sub>prev</sub> ) <sub>25</sub>	Adequação do "lay out".
Problemas psicossociais	(m <sub>prev</sub> ) <sub>26</sub>	Espírito de grupo. Identificação com os objectivos.
	(m <sub>prev</sub> ) <sub>27</sub>	Ambiente de trabalho motivador.
	(m <sub>prev</sub> ) <sub>28</sub>	Programa de formação profissional.
Problemas de saúde	(m <sub>prev</sub> ) <sub>29</sub>	Presença activa da medicina no trabalho.



Causa	$(m_{prev})_i$	Descrição
	$(m_{prev})_{30}$	Formação em primeiros socorros.
Gestão	$(m_{prev})_{31}$	Definição concreta e pública de responsabilidades.
	$(m_{prev})_{32}$	Informação.
	$(m_{prev})_{33}$	Sistemas integrados de gestão.

Tabela [12] – Alguns fatores de eficácia das barreiras de prevenção

### Fatores de formação de $M_{prot}$

Ainda de acordo com o que ficou expresso nos pontos 3.1. e 3.2., consideram-se medidas de protecção as que, sendo aplicadas à árvore de efeitos, conduzem à redução dos danos que são consequência de uma situação de risco.

Traduzem-se em barreiras protectivas que, como qualquer barreira, nunca são totalmente fiáveis. Assim, a sua eficácia pode ser medida, identificando e valorando os diversos fatores que a formam.

A tabela [13] exemplifica alguns destes fatores.

Efeito	$(m_{prot})_i$	Descrição
Incêndio	$(m_{prot})_1$	Adequabilidade (número, capacidade, tipo e acessibilidade) de extintores portáteis e/ou móveis.
	$(m_{prot})_2$	Rede(s) fixas de agentes extintores.
	$(m_{prot})_3$	Sistemas de deteção de incêndios.
	$(m_{prot})_4$	Sistemas de extinção de incêndios.
	$(m_{prot})_5$	Formação de equipas de intervenção/evacuação.
	$(m_{prot})_6$	Distância a Bombeiros.
Envenenamento	$(m_{prot})_7$	Primeiros socorros.
	$(m_{prot})_8$	Utilização de equipamento de protecção individual.
	$(m_{prot})_9$	Distância a Hospitais/Centros de Saúde.
Contacto com instalações em tensão	$(m_{prot})_{10}$	Primeiros socorros.
	$(m_{prot})_{11}$	Utilização de equipamento de protecção individual.
	$(m_{prot})_{12}$	Equipamento de protecção de circuitos.
Quedas ao mesmo ou a diferentes níveis	$(m_{prot})_{13}$	Redes pára-corpos.
	$(m_{prot})_{14}$	Protecção de zonas salientes ou angulares.
	$(m_{prot})_{15}$	Utilização de equipamento de protecção individual.
Choque com objectos	$(m_{prot})_{16}$	Segurança passiva de veículos e máquinas.

Efeito	$(m_{\text{prot}})_i$	Descrição
	$(m_{\text{prot}})_{17}$	Utilização de equipamento de protecção individual.
Patologias do trabalho ao ar livre	$(m_{\text{prot}})_{18}$	Higiene pessoal.
	$(m_{\text{prot}})_{19}$	Utilização de equipamento de protecção individual.

Tabela [13] – Alguns fatores de eficácia das barreiras de protecção

### 6.4.3.3. Tabelas de valoração

Identificados os fatores de formação aplicáveis caso a caso, há que os valorar numa escala, em princípio discreta, que se pode traduzir numa tabela de duas colunas onde, a cada uma das descrições apresentadas para o fator de formação (coluna descritiva) em estudo corresponde um valor (coluna valorativa).

Também aqui, à semelhança do que se indicou para os métodos matriciais, a escala de valoração dos fatores pode ser regular ou irregular e, no primeiro caso, assumir relações lineares, geométricas, logarítmicas ou proporcionais.

No entanto, é sempre possível – embora nem sempre justificável – avaliar os fatores de formação dos parâmetros da equação [18] de uma forma quantitativa, substituindo a tabela por um ábaco.

Neste caso, torna-se necessário estimar um valor (mesmo que relativo ao intervalo que define o descritivo da escala) para extrapolar a valoração do fator em causa, como se mostra na figura [99].

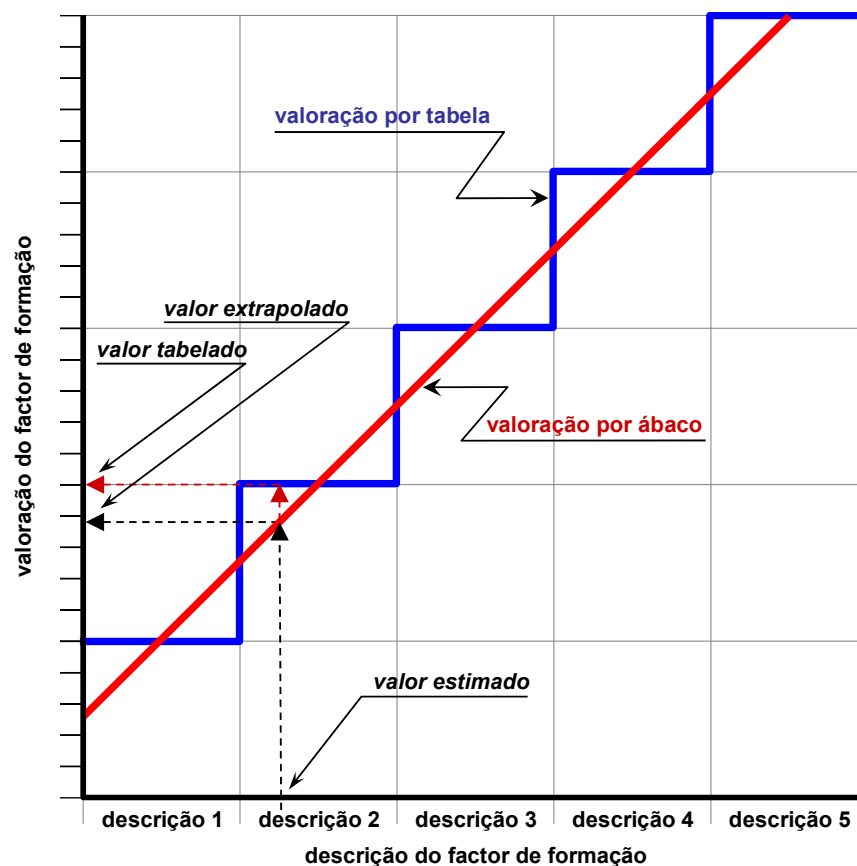


Figura [99] – Valoração por tabela e por ábaco

Os valores a atribuir a cada um dos fatores de formação numa tabela do tipo da referida devem obedecer a alguns critérios genéricos:

- O valor que corresponde a uma situação “normal”, ou seja, que se considera, de acordo com a filosofia ALARP, como sendo viável face ao “estado da arte” e às condicionantes tecnológicas e económicas do processo produtivo, será o fator neutro da multiplicação, isto é, o valor **um**;
- Situações que reflitam perigos mais graves (ao estudar  $p_i$ ), condições de trabalho mais desfavoráveis (se estiver em causa  $c_i$ ) ou sensibilidade agravada do processo ao dano resultante de uma situação de risco (tratando-se de  $s_i$ ), serão quantificadas com valores **superiores a um**;
- A barreiras de prevenção ou barreiras de protecção mais eficazes do que seria expectável para uma normal condução do processo, será atribuída uma valoração **maior que um**;

- Naturalmente, quando as condições forem mais gravosas ou as barreiras menos eficazes, a valoração a considerar será **inferior a um**, embora sempre positiva.

Estes critérios são representados graficamente na figura [100].

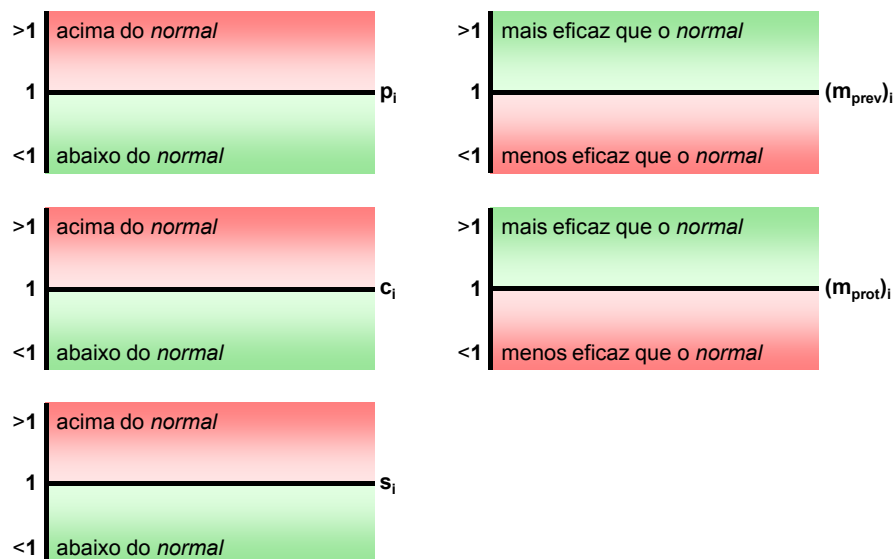


Figura [100] – Critérios de valoração dos fatores

Mas as barreiras – sejam de prevenção, sejam de protecção – podem ser entendidas de duas formas complementares:

- Consideram-se *medidas normais de segurança* as que correspondem à implementação de barreiras que, de acordo com o normativo aplicável, com as regras das boas práticas ou com o conhecimento das especificidades do processo sejam mandatórias ou, pelo menos, altamente aconselháveis.
- Entendem-se por *medidas especiais de segurança* as que são, no essencial, complementares das anteriores, conferindo ao processo um maior grau de segurança (ou um menor nível de risco).

De notar que, aplicando a equação [18],

menor perigosidade, melhores condições de trabalho e processos menos sensíveis ao dano

e/ou

maior eficácia das barreiras, quer de prevenção, quer de protecção,

implica uma redução do valor a atribuir ao risco.

#### 6.4.3.4. Determinação de valores de referência

Como se viu, a quantificação (em termos absolutos) do risco torna-se inoperacional e, em última análise, não pertinente para uma correcta avaliação. Isto porque não tem significado prático o simples conhecimento de um valor a atribuir ao risco sem que este seja comparado com um valor considerado de referência.

Ou seja, uma avaliação de riscos quantitativa deve procurar estabelecer um índice de risco definido, por exemplo, como o expresso pela equação [33].

Tal constatação leva à necessidade de definir riscos de referência ( $R_r$ ) e de estabelecer os critérios a utilizar para a sua valoração. Há pelo menos duas abordagens que podem ser usadas:

- Aplicar o entendimento derivado da filosofia ALARP, isto é, definir como risco de referência o valor mais baixo que seja possível, razoavelmente, atingir.

Neste caso, há que estudar a relação custo/benefício e verificar, face a aspectos tão significativos como, por exemplo, a política de investimentos, a conjuntura económica, a inserção no mercado, a qualificação dos recursos humanos ou o valor estratégico da empresa ou do produto, até que ponto será possível chegar no objectivo de reduzir o risco associado ao processo produtivo.

- Utilizar o tratamento estatístico de bases de dados existentes que permita estabelecer um valor para  $R_r$  que possa ser considerado “normal”.

O estudo do histórico das ocorrências profissionais danosas na empresa – ou no posto de trabalho – em análise pode levar a considerar que determinado tipo de ocorrências é controlável de uma forma rotineira, isto é, que o seu risco calculado é um risco assumível.

Seja qual for a opção, estabelecido  $R_r$  e calculado o risco real presente no nó de estudo  $R$ , o valor encontrado para o índice  $\gamma$  será uma medida do risco relativo e, necessariamente, conduzirá ao planeamento das medidas de segurança correctivas a implementar. A figura [101] representa as áreas de risco, aplicando a equação [18], cruzando-se os eixos das abcissas e das ordenadas no ponto  $\{1;1\}$ .

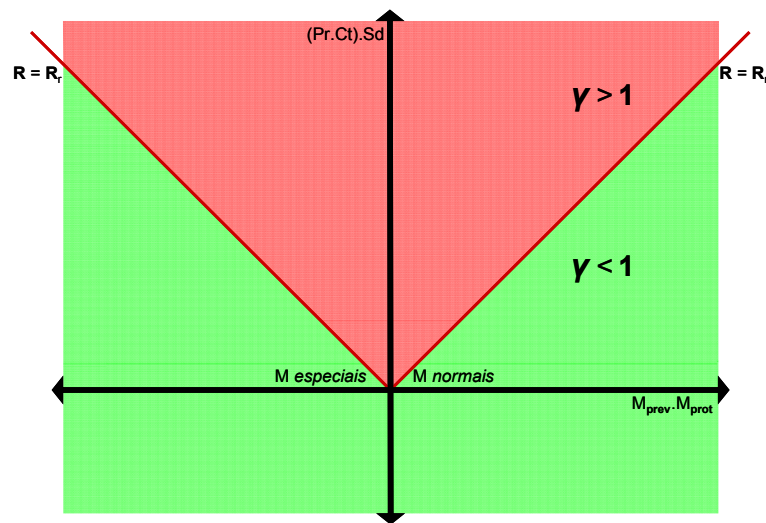


Figura [101] – Áreas de risco

O facto de se estabelecer um valor de referência ( $R_r$ ) para o risco “normal” não significa que este valor seja absoluto, igual para qualquer circunstância ou independente do processo produtivo em análise.

Cada processo, cada situação, implica um risco de referência adequado à situação e, portanto, necessariamente ajustável.

Assim, esta grandeza pode, ela própria, resultar de fatores de formação, entendidos agora como características mensuráveis de baixo nível de significância, normalmente relacionadas com subsistemas envolventes.

Ou seja, o risco de referência  $R_r$  pode definir-se como:

$$R_r = k \cdot \prod r_{ri}$$

Equação [35]

onde

$k$  é uma constante representativa do risco assumível para o processo produtivo em estudo;

$r_{ri}$  são os fatores que medem a dependência do risco “normal” face às circunstâncias concretas da situação analisada.

#### 6.4.4. Outros métodos quantitativos

Embora os dois grupos metodológicos anteriormente estudados sejam, de longe, os que mais frequentemente se encontram – quer na bibliografia, quer na prática cor-

rente das empresas – quando se aborda uma avaliação de riscos profissionais, caberá aqui uma curta referência a dois outros tipos de métodos que resultam em valorações do risco.

- Os métodos algorítmicos, baseados em modelos matemáticos, têm vindo a ganhar importância com o desenvolvimento de aplicações informáticas que permitem a realização de cálculos complexos em “tempo real”.

No essencial, aplicam procedimentos de simulação a modelos físicos ou matemáticos do processo produtivo, utilizando algoritmos representativos do desenvolvimento desse processo, dados experimentais ou técnicas estatísticas (nomeadamente, a simulação de Monte Carlo).

Utilizam-se, com frequência, no estudo de fenómenos da natureza, dado que são, muitas vezes, aplicados à predição do desenvolvimento de fogos florestais, de inundações, de tempestades (incluindo furacões) ou das consequências de um sismo, por exemplo.

- Métodos baseados em observações directas de tarefas e/ou de operações, com registo (eventualmente audiovisual), complementadas por listas de verificações quantificáveis.

Estes métodos encontram especial aplicabilidade na análise ergonómica de postos de trabalho e na caracterização das causas humanas e psicossociais incluídas na árvore de causas da situação de risco em estudo.

## **6.5. QUALIDADE DA AVALIAÇÃO DE RISCOS**

Anteriormente, no ponto **5.3.**, abordaram-se os critérios de viabilidade de uma avaliação de riscos. No fundo, estes critérios traduzem-se numa medida da qualidade de tal avaliação.

De facto, a viabilidade então definida pode ser entendida como a análise da relação qualidade/investimento.

A norma NP EN ISO 9000:2005 define qualidade como o “*grau de satisfação dos requisitos (necessidades ou expectativas), dado por um conjunto de características intrínsecas*”.

Aplicando esta definição à metodologia de avaliação de risco, poderá dizer-se, de acordo com Pinto, Nunes e Ribeiro, 2009, que a qualidade desta depende de vários fatores, nomeadamente da forma

- como a metodologia permite identificar os perigos e os fatores de formação do risco;
- como os riscos são avaliados, em termos de precisão dos resultados;
- como é estabelecida a interface/transição para a fase seguinte do processo de gestão de riscos (fase de controlo);
- como a equipa de avaliadores obtém e utiliza os dados e informações acessíveis;
- como os resultados da avaliação são pertinentes e eficazes na minimização do risco avaliado;
- quanto favorável é a relação custo/benefício, ou seja, qual a eficiência da avaliação.

Deste modo, medir a qualidade de uma avaliação de riscos implica responder aos quesitos acima enumerados, de uma forma coerente e reprodutível.

Os autores mencionados propõem a utilização de uma estrutura, do tipo lista de verificações, baseada numa divisão do processo de avaliação de riscos em seis fases – Planeamento, Estruturação, Identificação de perigos, Avaliação de riscos, Proposta de implementação de barreiras de segurança e Sumário final – fases essas subdivididas em tarefas e subtarefas.

Embora, no original, este método esteja especificamente adequado à Indústria da Construção Civil, a pormenorização e o grau de aprofundamento apresentado permitem, com as necessárias adaptações, a sua utilização no contexto de uma metodologia integrada de avaliação de riscos profissionais, como uma forma de medir a qualidade – e, portanto, a validade – de tal avaliação.

Tal implica que haja um balanço entre os resultados – concretos e mensuráveis – da avaliação de riscos profissionais e os meios disponíveis para a levar a efeito, sejam meios materiais, humanos ou financeiros, sejam competências tecnológicas ou conhecimentos científicos.



De uma forma esquemática, esta relação pode ser apresentada – tendo em conta que a avaliação de riscos é uma fase do processo sequencial de gestão de riscos – como um fluxograma do tipo do que se mostra na figura [102].

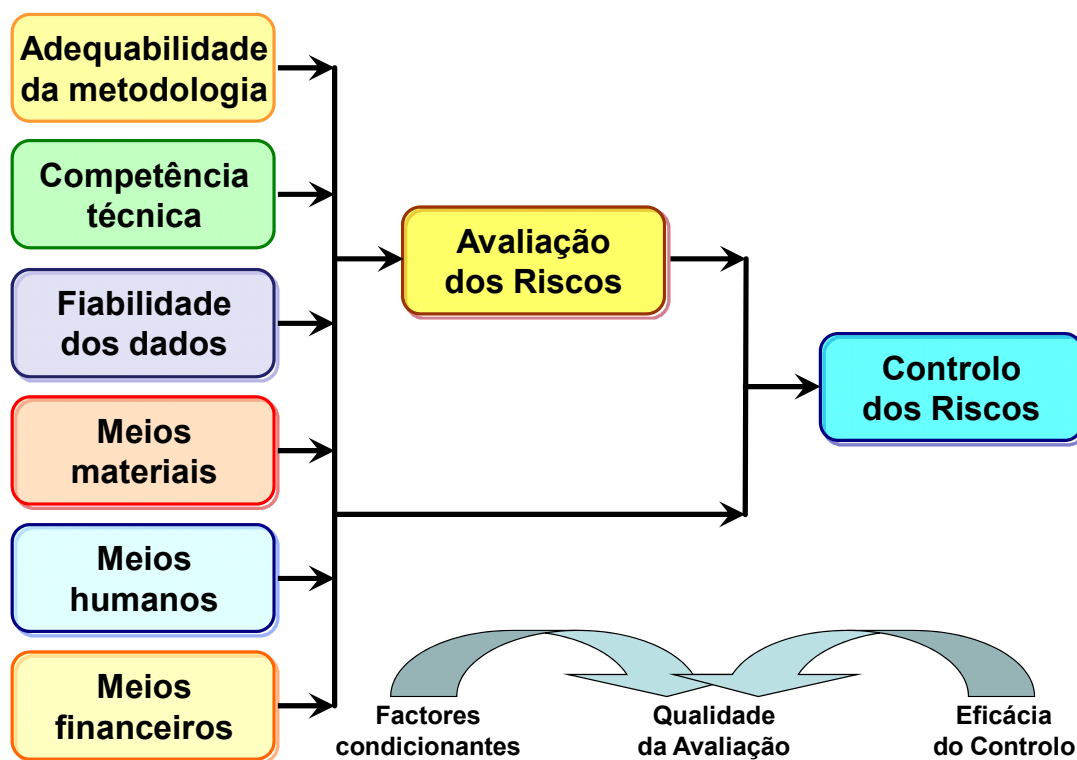


Figura [102] – Requisitos de qualidade de uma avaliação de riscos

## 7. DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

### 7.1. SÍNTESE DO CAPÍTULO 3

A proposta de uma metodologia que seja integrada – horizontalmente mas, muito em especial, verticalmente – e, ao mesmo tempo, tão universal quanto possível, implica o tratamento de diversos aspetos, nomeadamente:

- O estabelecimento de uma sequência operativa, definindo fases de desenvolvimento e especificando as respetivas interfaces, como se mostra na figura [103].

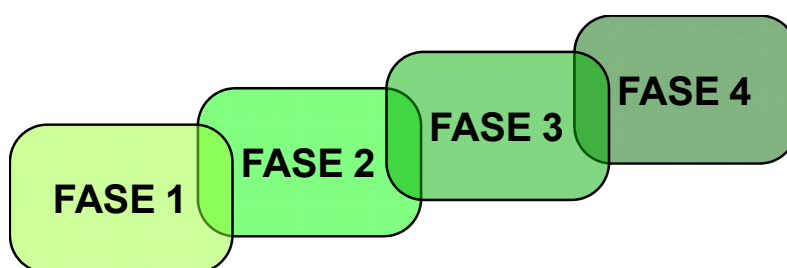


Figura [103] – Sequência de fases de estudo

Estas fases, numa abordagem vertical, representam o tratamento do problema desde uma vertente puramente qualitativa até à valoração do risco.

- A proposta – naturalmente encarada de uma forma genérica – de critérios para a determinação dos diversos parâmetros (incluindo fatores de formação).
- O estabelecimento de ferramentas adequadas à valorização e à valoração dos fatores pertinentes.
- A caracterização dos diversos métodos e das possíveis técnicas a aplicar, que permitam a estimativa (qualitativa, semi-quantitativa ou quantitativa) do risco profissional presente num processo produtivo.
- A definição das interfaces entre a fase de *avaliação do risco* e a fase de *controlo do risco*, num processo mais alargado de gestão de riscos (como ficou patente no ponto 5.2.).

Esta definição limitou-se, obviamente, a uma abordagem de carácter geral.

Deste modo, foram tratados temas referentes à aplicação prática de cada uma das fases estabelecidas, sempre justificados por considerações teóricas baseadas no conjunto de conceitos definidos no **Capítulo 2**.

Considerando o “estado da arte”, verifica-se uma procura muito sistemática de resultados, se não quantitativos, pelo menos semi-quantitativos. Como se referiu no ponto **5.3.**, o grau de aprofundamento de uma avaliação de risco profissional está intimamente relacionado com fatores de viabilidade, sendo que uma *avaliação qualitativa* pode, em muitos casos, ser a mais adequada, tendo em atenção os aspetos realçados no ponto **6.**.

Naturalmente que, quanto mais se procurar aprofundar uma valoração do risco, maior será a dificuldade de encontrar patamares equivalentes que permitam uma comparação entre avaliações aplicadas a processos produtivos diferentes.

Consideram-se mais relevantes, no estudo efectuado, os seguintes aspetos:

- O alargamento da noção de HEMP conseguido através da aplicação a um modelo do processo produtivo do conceito de árvores lógicas donde resultam, não apenas as causas e os efeitos de uma situação de risco mas também a fiabilidade da operação elementar e a pertinência da decisão que lhe está associada numa etapa.

O estudo e o relacionamento das árvores de causas, das árvores de efeitos, das árvores de falhas e das árvores de decisões, ligadas a uma etapa (ou a um nó) do processo constitui a base do conceito proposto de CDEF.

- A classificação dos métodos de avaliação quantitativa dos riscos profissionais em dois grandes grupos:
  - **Métodos de matrizes**, onde é directamente aplicável a relação básica de definição do risco que aqui se reproduz:

$$\mathbf{R} = \mathbf{p.d}$$

Equação [2]

Este grupo caracteriza-se por valorar **R** – e, necessariamente, o fator de probabilidade **p** e o fator de dano **d** – como grandezas escalares, quantificando em escalas discretas os seus diversos níveis.

Para além disto, postula-se que os próprios fatores **p** e **d** resultam do produto de vários fatores de formação, também eles valoráveis em escalas de níveis.

- **Métodos de análise de barreiras**, nos quais se valoram os parâmetros que constituem a relação (como se viu, dedutível da equação [2]) e já anteriormente utilizada:

$$R = \frac{(Pr.Ct).Sd}{M_{Prev} \cdot M_{Prot}}$$

Equação [18]

Neste grupo de métodos procura-se, por um lado, quantificar os perigos (Pr) e as condições de trabalho (Ct) – para definir as possíveis causas associadas à situação de risco – e a sensibilidade ao dano (Sd) característica do processo produtivo – para determinar os prováveis efeitos de uma eventual ocorrência de uma situação de risco – de modo a valorar o numerador da equação [18] e, por outro lado, medir a eficácia das barreiras de prevenção ( $M_{prev}$ ) e de protecção ( $M_{prot}$ ) com o objectivo de encontrar um valor para o denominador da referida equação.

O valor do risco assim calculado (**R**) deverá ser comparado com um risco de referência (**R<sub>r</sub>**), o que possibilita a análise do índice de segurança (**γ**).

Obviamente que, sendo, quer o perigo quer a condição de trabalho que lhe está associada no par definidor de uma causa, grandezas factuais – e o mesmo se poderá dizer, embora de uma forma menos evidente, para a sensibilidade do processo ao dano – é a fiabilidade das barreiras de segurança que condiciona, de um modo mais marcante, o valor calculado para o risco.

Daí a designação proposta de *análise de barreiras*.

Isto não significa que não existam, na bibliografia e na prática de algumas organizações ou empresas, métodos e técnicas de avaliação que não se enquadram facilmente (pelo menos, de uma forma directa e evidente) num destes dois grupos.

Mas tais situações podem ser consideradas atípicas ou, em última análise e com as necessárias adaptações, redutíveis a um dos grupos mencionados.

- A justificação de critérios e a proposta de ferramentas que permitam, de uma forma integrada e universal,
  - definir escalas discretas de valoração dos fatores de formação da probabilidade ( $f_{pi}$ ) e dos fatores de formação do dano ( $f_{di}$ ), no caso dos métodos matriciais;
  - valorar os fatores de formação do perigo ( $p_i$ ), da condição de trabalho ( $c_i$ ), da sensibilidade ao dano ( $s_i$ ) e medir a eficácia das barreiras de prevenção ( $(m_{prev})_i$ ) e de protecção ( $(m_{prot})_i$ ), quando se trata de métodos de análise de barreiras.
- A generalização do conceito de índice de risco ( $\gamma$ ) como sendo o quociente do risco calculado ( $R$ ) pelo risco de referência ( $R_r$ ), aplicável aos métodos de análise de barreiras.

Assim, privilegia-se a quantificação relativa do risco profissional, garantindo que a avaliação é comparável entre nós de estudo (postos de trabalho, tarefas, funções) ou mesmo entre processos produtivos de diferentes características.

## 7.2. CONCLUSÕES DO CAPÍTULO 3

A proposta anteriormente desenvolvida pretende dar resposta à definição de metodologia apontada no ponto 1.4.4.: “sequência de métodos, com aplicação prática baseada numa teoria coerente”, usando este conceito para estruturar uma metodologia integrada de avaliação de riscos profissionais.

De facto,

- definiu-se um conjunto inclusivo de conceitos, com especial relevância para um conceito global, sistémico e dinâmico da noção de risco profissional;
- estabeleceu-se a estrutura sequencial de um processo de avaliação, demarcando as diversas fases de trabalho (numa perspetiva de integração vertical);
- definiram-se critérios e elaboraram-se ferramentas que permitem a aplicação prática de tal sequência a casos concretos;
- tipificaram-se e caracterizaram-se grandes grupos de métodos, aplicáveis a uma análise que possibilite a obtenção de resultados coerentes e reproduzíveis.

Tendo em atenção estes resultados, considera-se que é viável a elaboração de um processo metodológico que permita avaliar riscos profissionais de uma forma coerente, reproduzível e comparável.

No entanto, tal afirmação necessita, ainda, de um tipo significativo de validação. Será este o assunto a tratar no **Capítulo 4** do presente trabalho, naturalmente com os condicionantes que aí serão expostos.

Todo o desenvolvimento do estudo se cingiu ao risco profissional, isto é, ao risco sistemicamente relacionado com um processo produtivo<sup>98</sup> o que não significa que outros tipos de risco<sup>99</sup> não possam vir a ser tratados de uma forma idêntica, fazendo as necessárias adaptações aos conceitos base e aos critérios a utilizar.

---

<sup>98</sup> “*Processo produtivo*” como definido na tabela [1].

<sup>99</sup> Riscos de tráfego, riscos domésticos, riscos de lazer, riscos ambientais, riscos de saúde pública, riscos sociais, riscos financeiros, riscos de crédito, riscos económicos, riscos políticos, para referir apenas alguns exemplos.

---

## **CAPÍTULO 4**

### **APLICABILIDADE DA METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO DE RISCOS**

---





## Capítulo 4

### APLICABILIDADE DA METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO DE RISCOS

#### 8. CONSIDERAÇÕES GERAIS

Validar uma metodologia implica aplicar procedimentos que permitam verificar da adequabilidade, da viabilidade, da reprodutibilidade, da capacidade de sistematização, da simplicidade (relativa) de aplicação<sup>100</sup> e da relação custo/benefício conseguida.

A validação da metodologia proposta através da sua aplicação sistemática a uma amostra suficientemente alargada para que possa ter relevância estatística revelar-se, para já, impraticável no âmbito de um trabalho como é o presente. Isto porque o universo de processos produtivos é suficientemente alargado para que a dimensão de uma amostra que se possa considerar significativa seja muito grande. De facto, para constituir uma amostra válida, os processos produtivos a analisar deveriam:

- Ser distribuídos por todos os setores económicos (primário, secundário e terciário);
- Incluir processos de tecnologia avançada (nomeadamente, desenvolvimento de aplicações informáticas, biotecnologia, comunicações, indústria farmacêutica, petroquímica) e de tecnologia comum ou tradicional (artesanato, floricultura, têxtil, metalomecânica, por exemplo);
- Incluir processos industriais e não industriais (como sejam, neste último caso, educação, saúde, justiça, administração pública, só para citar alguns).

Estes pré-requisitos implicam a necessidade de um tratamento parcelar, não sistematizado, da questão, pelo que dificilmente poderiam ser tratados devidamente no âmbito deste trabalho. Fica a sugestão para futuros desenvolvimentos ou estudos relacionados.

---

<sup>100</sup> Ou, sob outro ponto de vista, das competências técnico-profissionais exigíveis aos técnicos (ou às equipas técnicas) que a irão desenvolver.

Mas, de qualquer modo, há que encontrar um processo que permita, se não uma validação global da metodologia proposta, pelo menos uma verificação da sua adequabilidade e da sua aplicabilidade.

Entre outras, optou-se pela análise de duas formas distintas de encarar o problema:

- Verificar de que maneira se enquadram na presente proposta métodos de avaliação de risco consagrados, na bibliografia e na prática.

Obviamente, serão essenciais os critérios de escolha dos métodos a analisar. Porque, por um lado, o número de referências é muito grande e, por outro lado, muitos dos métodos referidos mais não são do que variantes de um determinado procedimento base.

- Aplicar, de uma forma tanto quanto possível exaustiva mas, apenas, como um exemplo, a metodologia proposta a um **caso de estudo** particular e discutir os resultados obtidos de acordo com os pressupostos de integração, coerência e reprodutividade que lhe estão subjacentes.

## **9. ENQUADRAMENTO DE MÉTODOS EXISTENTES**

### **9.1. INTRODUÇÃO**

#### **9.1.1. Objectivo**

Como se disse anteriormente, uma possibilidade de validar a metodologia proposta é verificar de que modo – e até que ponto – os vários métodos que são, hoje em dia, utilizados na prática corrente de muitas organizações ou que decorrem da aplicação da normalização específica (sejam diplomas legais, sejam normas técnicas, sejam regras de boas práticas) se enquadram nesta metodologia.

Para tal, há que observar as características próprias de cada um dos métodos a estudar, compará-las com os parâmetros definidos e analisar o processo de obtenção de resultados, tendo em conta os valores passíveis de encontrar pela aplicação da metodologia proposta (naturalmente, em termos relativos).

#### **9.1.2. Método de trabalho**

A primeira tarefa será a selecção dos métodos de avaliação de riscos profissionais a estudar.

Dado que existem diversos tipos de técnicas adaptadas a diferentes categorias de risco, é fundamental que, nessa escolha, seja tomado em consideração este aspecto. Assim, há que estabelecer critérios selectivos que permitam encontrar um conjunto de métodos que seja representativo do universo em análise, partindo do princípio que tal análise nunca será exaustiva.

Analisando, método a método, na amostra escolhida, procurar-se-á:

- Classificar cada um deles de acordo com dois parâmetros:
  - Âmbito do risco a que se aplica;
  - Tipo de abordagem ou de algoritmo a que recorre;
- Verificar quais os parâmetros/fatores a que recorrem e enquadrá-los nas propostas feitas anteriormente no **Capítulo 3**;
- Analisar as escalas de valoração e as tabelas de definição de fatores, face aos critérios justificativos (ou à falta deles);
- Identificar os condicionalismos e/ou limitações colocados à sua aplicação.

## **9.2. ESCOLHA E CLASSIFICAÇÃO DOS MÉTODOS A ANALISAR**

Escolher, entre os inúmeros métodos e técnicas de avaliação encontrados na bibliografia ou utilizados (com as naturais adaptações) por entidades inseridas no sistema produtivo é, naturalmente, uma tarefa difícil.

É, portanto, essencial estabelecer alguns critérios que enquadrem e justifiquem tal escolha.

Estes critérios serão de dois tipos:

- Critérios de selecção;
- Critérios de classificação.

### **9.2.1. Critérios**

#### **9.2.1.1. Critérios de selecção**

Procurou-se, em primeiro lugar, reunir os diversos métodos para os quais se encontrou, através de uma pesquisa bibliográfica, documentação justificativa e/ou suficientemente descritiva que permitisse a sua caracterização sem ambiguidades.

Esta pesquisa incluiu, não apenas os documentos de âmbito legal, científico, académico e pedagógico mas também referências específicas produzidas por Empresas ou Organismos que desenvolveram métodos próprios (e que os publicaram).

Tratando este conjunto, optou-se por:

- Não considerar os métodos que, pela sua especificidade, se aplicam a um âmbito muito restrito de casos, de tipos de riscos ou de situações;
- Excluir os métodos e as técnicas insuficientemente documentados, muitas vezes apresentados com um carácter muito genérico ou como uma simples proposição de princípios;
- Agrupar, utilizando uma designação única, métodos e técnicas similares, com características idênticas, que por vezes vêm referenciadas com diferentes designações ou com nomenclaturas não coincidentes (mas referidas ao mesmo conceito);

- Escolher, quando necessário, as técnicas mais recentes, sem prejuízo daquelas que, embora mais antigas, adquiriram, na prática, um valor que se pode considerar “histórico” ou “precursor”;
- Reduzir o número de métodos a estudar a uma amostra cuja análise seja viável, tendo em consideração os critérios de classificação abordados no ponto seguinte.

### 9.2.1.2. Critérios de classificação

Há duas formas – complementares – de encarar a questão da classificação dos métodos de avaliação dos riscos profissionais.

- No que diz respeito à abordagem<sup>101</sup>, podem classificar-se os métodos como **qualitativos** e **quantitativos** (incluindo nestes últimos os que se podem designar como **semi-quantitativos**);
- No que se refere ao algoritmo utilizado (no caso dos métodos quantitativos), podem dividir-se em **métodos de matrizes**, **métodos de análise de barreiras** e outros **métodos atípicos**.

A figura [104] resume estes critérios de classificação.

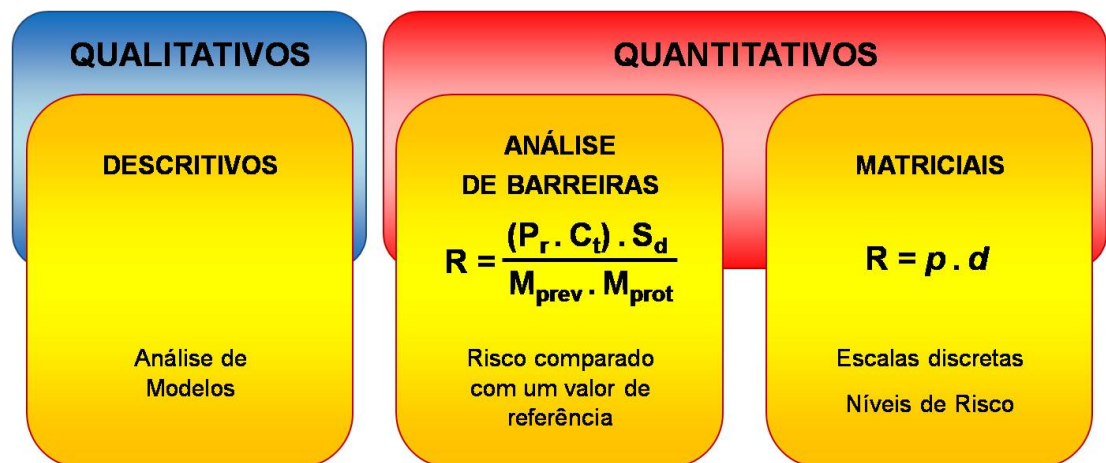


Figura [104] – Classificação dos métodos de avaliação de riscos

<sup>101</sup> Ou seja, à **fase** que se pode atingir no desenvolvimento da metodologia proposta, numa perspectiva de integração vertical.

Alguns métodos estudados apresentam potencialidades que ultrapassam a simples avaliação de riscos.

Nomeadamente, podem encontrar-se métodos que apontam, de uma forma mais ou menos estruturada, para a fase seguinte do processo de gestão de riscos, ou seja para a fase de controlo dos riscos, definindo a interface avaliação/controlo.

Noutros casos, à avaliação dos riscos é acrescentada uma avaliação da relação custo/benefício. De alguns métodos resulta a possibilidade de estruturar planos de formação/sensibilização específica. Por outro lado, certas técnicas centram-se na avaliação da significância das causas, enquanto que noutras predomina a vertente da quantificação dos danos.

Tais características serão, naturalmente, referidas mas não aprofundadas.

### 9.2.2. Tabela de classificação

Com base nos critérios anteriormente estabelecidos, tornou-se possível elaborar a tabela [14] onde se indicam, de uma forma comparativa e simplificada, algumas das características essenciais dos métodos a estudar<sup>102</sup>.

Tipo de método	Designação do método	Origem	Âmbito de aplicação
Qualitativo simples	Listas de verificações (" <i>check lists</i> ")		Geral
	Método ABC		
Qualitativo relacional e estatístico	Modelização conceptual do processo técnico	INRS França 1980	
	Avaliação de tendências de evolução dos índices de sinistralidade		
Qualitativo <i>what if</i>	PHA – <i>Preliminary Hazard Analysis</i>		Geral (Industrial)
	Método de análise das energias		
	Método de análise de tarefas		
	FMEA – <i>Failure Modes and Effects Analysis</i>		
	HAZOP – <i>Hazard and Operability Study</i>	ICI Reino Unido 1977	

<sup>102</sup> Obviamente, esta tabela não menciona os métodos nem as técnicas excluídas pela aplicação dos critérios expostos em 9.2.1.1..

Tipo de método	Designação do método	Origem	Âmbito de aplicação
Semi-quantitativo (relativo) matricial	Avaliação da explosividade de poeiras (padrão carbono Pittsburg)		Explosão
Semi-quantitativo matricial	Matriz simples		Geral
	MARAT – Método de Avaliação de Riscos de Acidentes de Trabalho	INSHT <i>Espanha</i> 1997	
	William T. Fine	William T. Fine 1971	
	Matrizes complexas	Steel 1990	
		Strohm e Opheim 1993	
		Malchaire <i>Bélgica</i> 2007	
		Nunes <i>Portugal</i> 2003	
Quantitativo cálculos complexos resposta em tempo real	Métodos algorítmicos baseados em modelos matemáticos		Acidentes industriais graves Catástrofes naturais
Quantitativo atípico análise de barreiras, de parcelas, ponderado	MESERI – Método Simplificado de Evaluación del Riesgo de Incendio	MAPFRE <i>Espanha</i> 1978	Incêndio
Quantitativo (relativo) análise de barreiras	Purt	Gustav Purt <i>Alemanha</i> 1971	
	Gretener	Max Gretener <i>Suiça</i> 1965	
	ERIC – <i>Evaluation du Risque d’Incendie par le Calcul</i>	Serrat e Cluzel <i>França</i> 1977	
	FRAME – <i>Fire Risk Assessment Method for Engineering</i>	Erik de Smet <i>Bélgica</i> 1988	

Tabela [14] – Classificação comparativa de métodos de avaliação de riscos profissionais

Deve notar-se que, dos métodos seleccionados para análise, não constam técnicas de aplicação de árvores lógicas, ou seja, de metodologias baseadas no conceito de

níveis de significância. De facto, e tendo em conta o conceito de gestão de Causas, Decisões, Efeitos e Falhas (**CDEF**) desenvolvido no ponto **6.2.7.**, a noção de árvore lógica está relacionada com o próprio conceito de risco, sendo as técnicas que nela se baseiam, na realidade, ferramentas aplicáveis à determinação dos fatores de formação do risco e não métodos de avaliação autónomos. Incluem-se nesta noção, não apenas as árvores de causas (condicionais ou detetadas), as árvores de efeitos (potenciais ou verificados), as árvores de falhas (de componentes ou de operações) ou as árvores de decisões (de opções ou de verificações) mas também outras árvores de eventos, nomeadamente, árvores de acontecimentos probabilisticamente quantificadas, árvores de risco de lapsos de gestão (MORT – “*Management Oversight Risk Tree*”) ou diagramas de Ishikawa.

Todas estas técnicas estão abundantemente referidas e estudadas na bibliografia específica.

### **9.3. ANÁLISE DOS MÉTODOS**

#### **9.3.1. Métodos qualitativos**

##### **9.3.1.1. Enquadramento**

Na tabela [1] definiu-se avaliação qualitativa de riscos como sendo a “*identificação, tipificação e caracterização dos riscos presentes num processo produtivo*”. Será este, assim, o objectivo a atingir com a aplicação de métodos qualitativos de avaliação. Como se viu, este tipo de métodos é utilizável, preferencialmente, no decorrer das primeira, segunda e, em parte, terceira fases de desenvolvimento da aplicação metodológica, descritas nos pontos **6.1.**, **6.2.** e **6.3.**.

Com a sua aplicação procura-se uma valorização dos riscos – podendo chegar a um escalonamento não valorado – que se apoia, necessariamente, numa identificação dos pares [perigo/condição de trabalho] e das sequências de desvio previsíveis no processo produtivo, associadas à sensibilidade desse processo ao dano.

##### **9.3.1.2. Métodos simplificados**

A forma mais directa (mas não necessariamente a mais simples) de identificar e caracterizar os riscos presentes num determinado processo produtivo – ou num



subsistema, nó de estudo ou componente desse processo – recorre à utilização de listas de verificações, elaboradas especificamente para cada caso concreto em estudo, para cada instalação, para cada sistema, para cada máquina, para cada tarefa. É, de facto, um método simplificado de avaliação qualitativa de riscos profissionais, expedito e suficientemente preciso na sua tipificação.

Se, por um lado, exige competência técnica da equipa que procede à elaboração da lista de verificações, por outro lado permite que a sua aplicação seja feita por pessoal não qualificado, desde que suficientemente formado para tal aplicação.

No seu estudo sobre métodos de avaliação de riscos, Rubio Romero, 2004, apresenta o *método de valorização simples ABC* que consiste numa classificação dos riscos em função de um parâmetro único correspondente a uma identificação prévia dos perigos. Segundo o autor, estes seriam classificados nas classes **A**, **B** ou **C** de acordo com as seguintes descrições:

- **A**, seriam aqueles riscos cuja concretização poderia causar mortes, lesões muito graves (com incapacidade permanente) ou grandes perdas materiais.
- **B**, seriam os riscos cuja concretização resultaria em lesões graves (com baixa) ou em danos significativos à propriedade.
- **C**, seriam aqueles riscos que, concretizando-se, causariam apenas lesões ligeiras ou danos patrimoniais reduzidos.

Naturalmente que este método, bem como todos os que são enquadráveis numa definição tão simplificada, respondem apenas a alguns dos requisitos definidos para a primeira fase da metodologia proposta (ponto 6.1.).

### 9.3.1.3. Métodos relacionais e estatísticos

Podem ser classificadas como relacionais todas as técnicas que se baseiam na interpretação do desenvolvimento de um processo ou de uma cadeia produtiva (ou de parte específica dela), utilizando, para tal representações textuais, gráficas ou algorítmicas (fluxogramas, diagramas de implantação, desenhos técnicos, folhas de métodos, modelos matemáticos ou conceptuais, grafos de estado, entre outras).

A utilização de um modelo do processo técnico, como o proposto por Quinot e Moyen, 1980, permite analisar os diversos tipos de sequências alternativas de des-

vio possíveis, representáveis por árvores de efeitos potenciais, resultantes de eventuais anomalias cuja ocorrência resulta de uma árvore de causas possíveis.

Deste estudo resulta uma identificação de vulnerabilidades e, conseqüentemente, dos parâmetros de sensibilidade do processo ao dano, evidenciando ainda os nós (e as operações) críticos.

Quando se recorre a tratamentos estatísticos de dados (análises de sinistralidade, registos de falhas ou de avarias, auditorias, balanços, nomeadamente), pode considerar-se o método como estatístico. Tomando como objecto de discussão a *análise das tendências de evolução dos índices de sinistralidade*, pode constatar-se o seguinte:

- O resultado desta análise permite estabelecer padrões de frequência e níveis de gravidade das ocorrências profissionais danosas verificadas no período em estudo;
- As tendências verificadas possibilitam o estabelecimento de relações custo/benefício, quando confrontadas com as medidas de segurança implementadas.

Apenas uma nota para referir a necessidade – em termos de coerência, reprodutibilidade e universalidade dos resultados – de serem utilizadas definições de variáveis e de parâmetros compatíveis com o normativo aplicável, nomeadamente com as regras do EUROSTAT. Deste modo, os métodos analisados respondem aos requisitos definidos para as três primeiras fases da metodologia proposta (ver ponto 6.).

#### **9.3.1.4. Métodos “*what if*”**

Na tabela [14] indicam-se alguns métodos de utilização muito frequente que se enquadram no tipo “*what if*”. Estes métodos colocam questões, de uma forma estruturada, procurando identificar possíveis causas e efeitos potenciais de situações de risco.

Pode-se *questionar o sistema* de diversas formas, quer em termos de estruturação e de sistematização da forma de propor essa questão, quer, principalmente, em termos do tipo de elemento do processo que vai ser o objecto da *pergunta* feita.

Assim, enquanto uma PHA, como o próprio nome indica, é uma avaliação preliminar, de carácter global, analisando subsistemas, instalações ou tarefas, o HAZOP é um método altamente estruturado e sistemático, aprofundando o estudo até ao nível do componente.

Se a aplicação de uma PHA se centra na análise da tarefa, num HAZOP, a identificação dos diversos nós de estudo é feita a partir de dados complexos e diversificados (fluxogramas, diagramas de fabrico, sistemas de controlo e comando, balanços mássicos e energéticos, modelos conceptuais do processo) e a análise baseia-se na observação estruturada das eventuais consequências da ocorrência de anomalias previsíveis.

Sob outro ponto de vista, o método de análise de energias avalia causas e consequências da presença de diversos tipos de energia no processo, enquanto o método de análise de tarefas questiona a forma como o trabalho é realizado, tendo em conta o subsistema homem e o seu relacionamento com o subsistema máquina e os métodos da família da FMEA procuram analisar os modos de falha dos componentes (mecânicos, eléctricos, electrónicos ou outros) e os seus efeitos no processo. São, portanto, abordagens complementares (ver ponto 9.3.4. adiante).

Qualquer destes métodos apresenta resultados que permitem desenhar árvores de causas e árvores de efeitos, nomeadamente tratando as anomalias através do estabelecimento de árvores de falhas e/ou de árvores de decisões. Permitem, ainda, avaliar a criticidade dos diferentes subsistemas, nós de estudo, tarefas ou funções que constituem o processo produtivo. Respondem, assim, às necessidades elencadas no desenvolvimento constante dos pontos 6.1., 6.2. e 6.3., respetivamente da primeira, segunda e terceira fases da metodologia que se propõe.

### **9.3.2. Métodos semi-quantitativos**

#### **9.3.2.1. Enquadramento**

De acordo com a definição apresentada na tabela [1] considera-se que uma avaliação de riscos é semi-quantitativa quando corresponde à “*valoração, em níveis discretos, dos riscos presentes num processo produtivo*”, ou seja, quando essa valoração se expressa por uma escala discreta.

Tal significa que não há uma valoração real do risco mas antes o estabelecimento de níveis – esses sim, valorados – definidos por um limite inferior e um limite superior de riscos constantes onde se agrupam riscos semelhantes.

Pretende-se avaliar se os resultados obtidos pela aplicação destes métodos correspondem, formalmente, à abordagem teórica desenvolvida quando se tratou a quarta fase da metodologia de avaliação de riscos.

### 9.3.2.2. Métodos de avaliação de risco de explosão

Os métodos mais correntemente utilizados para avaliar o risco de explosão utilizam parâmetros caracterizadores da sensibilidade à ignição (**SI**) – que são fatores de formação da probabilidade – e da gravidade da explosão (**GE**) – entendidos como fatores de formação do dano – para determinar o índice de explosividade (**IE**).

É o caso do método de avaliação do risco de explosão de misturas poeira combustível/ar. Normalmente, este método usa, como elemento de referência, o carbono Pittsburg<sup>103</sup>.

Assim, os parâmetros definidos por Ritsu Dobashi, 2009

**MIE** → *minimum ignition energy*;

**C<sub>min</sub>** → *minimum explosive dust concentration*;

são fatores de formação da probabilidade  $f_{pi}$

Por outro lado, o parâmetro

**(dp/dt)<sub>max</sub>** → *maximum rate of pressure rise*.

é um fator de formação do dano do tipo  $f_{dj}$  ao qual se pode acrescentar o fator *pressão máxima de explosão* (*maximum explosion pressure* – **MEP**) também referido em bibliografia.

Esta correspondência entre parâmetros (experimentalmente mensuráveis) e fatores de formação do risco admite incluí-lo no grupo metodológico dos métodos matriciais<sup>104</sup>, embora com características específicas.

---

<sup>103</sup> As características químicas e físicas deste padrão estão, naturalmente bem definidas.

<sup>104</sup> Na realidade, seria mais correctamente classificado como um método de níveis. A sua inclusão neste grupo faz-se por analogia e com um objectivo de simplificação.

De facto, a possibilidade de medir as grandezas que definem os parâmetros sensibilidade à ignição – equivalente à probabilidade  $p$  – e gravidade da explosão – que corresponde ao dano  $d$  – permite valorar quantitativamente estes fatores de formação do risco o que conduz, não a uma matriz mas a uma representação contínua (a duas dimensões) do risco, como pode ser visto na figura [105].

Mas, normalmente, os resultados obtidos do cálculo do índice de explosividade são apresentados na forma de *níveis de risco*, nomeadamente como consta da tabela [15], adaptada do artigo de Ary de Sá, 2009, o que confere a este método um carácter semi-quantitativo.

Risco de Explosão		IE
Pequeno	I	< 0,1
Moderado	II	de 0,1 a 1,0
Forte	III	de 1,0 a 10,0
Muito forte	IV	>10,0

Tabela [15] – Níveis de risco, função do índice de explosividade (IE) (adaptada de Sá)

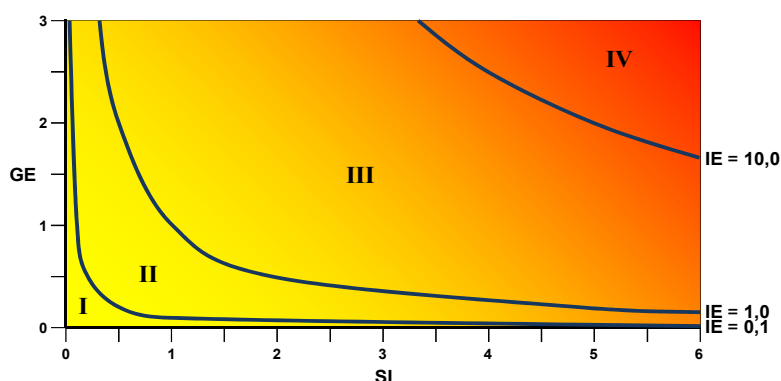


Figura [105] – Representação do índice de explosividade (IE)

### 9.3.2.3. Métodos de avaliação matriciais

Tipicamente matriciais são os métodos que valoram os fatores de formação do risco utilizando escalas discretas.

Todos os métodos com estas características, referidos na tabela [14], utilizam o algoritmo representado pela equação [27]:

$$R = \prod_{i=1}^n f_{pi} \cdot \prod_{j=1}^m f_{dj}$$

Equação [27]

Concretamente, numa matriz simples,  $n = m = 1$ , enquanto que o método MARAT e o método de William T. Fine utilizam  $n = 2$  e  $m = 1$ .

Matrizes complexas, como se encontram nalguma bibliografia e que são, em geral, aplicadas a casos muito particulares podem ter dimensões que correspondem a valores mais elevados de  $n$  e de  $m$ .

No que diz respeito à construção das escalas de valoração dos fatores de risco, não se conseguiu encontrar bibliografia justificativa dos valores normalmente apresentados.

Em todos os documentos consultados, esses valores eram disponibilizados sem explicação nem análise crítica. Obviamente que resultaram quer de cálculos sobre modelos quer de resultados experimentais mas, de qualquer modo, só podem referir-se a situações concretas ou a casos de estudo e são, eventualmente, aplicáveis no âmbito mais ou menos restrito do setor/processo para o qual foram elaborados.

Já a atribuição de valores de escala em avaliações concretas é, segundo diversos autores, passível de ser feita através da análise das respostas a uma lista de verificações, devidamente adaptada e testada para o caso em estudo. Naturalmente, o critério de atribuição resulta da precisão e da concisão com que é elaborada a coluna descritiva da escala.

A aplicação dos critérios e das ferramentas desenvolvidos no ponto 6.4. irá permitir desenhar escalas discretas de valoração aplicáveis a qualquer caso que esteja a ser analisado, mantendo a estrutura e a “filosofia” de cada um dos métodos.

### Matriz simples

Numa matriz simples<sup>105</sup>, a questão põe-se não na coluna de valoração – que, aqui, é, sempre, qualitativa: BAIXO, MÉDIO, ALTO ou BAIXO, MÉDIO, ALTO, CRÍTICO (*Turbit*, 2005) – mas na coluna descritiva que lhe está associada. Obviamente que, no que respeita à escala de probabilidade, não é indiferente considerar a análise da situa-

---

<sup>105</sup> Por vezes referenciada como “matriz de *Somerville*” ou matriz binária.

ção de uma metalomecânica ligeira, onde o valor probabilidade alta pode corresponder a várias ocorrências diárias ou a de uma transportadora aérea em cuja actividade se entende por probabilidade alta a ocorrência de um acidente grave em, por exemplo, cada dois anos de operação (naturalmente, função da dimensão da empresa, das condições operacionais das origens e destinos e do número de horas de voo anuais).

Também a escala do dano deve ser adequada às circunstâncias concretas em análise. O risco de queda em altura num estaleiro de construção civil pode representar, no seu valor máximo, o dano correspondente a uma morte, enquanto que a eventual fuga radioactiva numa central nuclear pode vir a ser responsável por inúmeras fatalidades, com a agravante de estas poderem ser verificáveis muitos anos após a ocorrência do sinistro e em gerações não directamente expostas.

As considerações aqui enunciadas, a título de exemplo, reflectem a aplicação dos critérios e das ferramentas propostos.

Tome-se, como ilustração, uma matriz simples na qual a escala de probabilidade (ou frequência) seja {*pouco provável*; *provável*;  *muito provável*} e o dano (ou gravidade) seja considerado como {*pouco grave*; *grave*; *muito grave*}.

Esta matriz permite uma valorização do risco (de facto, qualitativa), que pode resultar na determinação de três níveis: {baixo; médio; alto} como se mostra na figura [106].

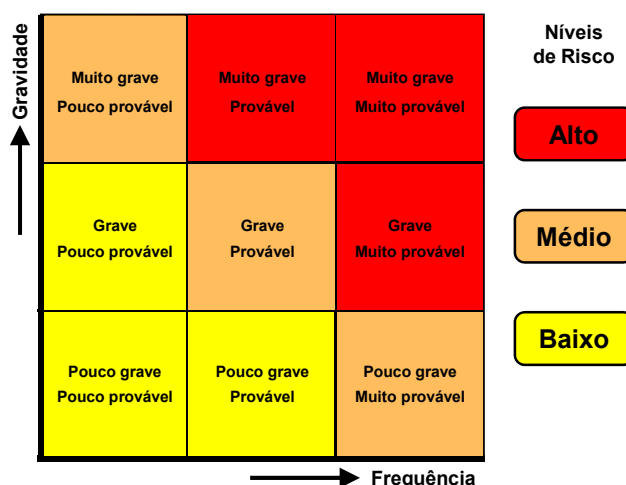


Figura [106] – Matriz simples de risco

## Método MARAT

Observando, agora, o método MARAT (*Método de Avaliação de Riscos de Acidentes de Trabalho*), pode constatar-se que a sua característica definidora é a consideração de dois fatores de formação da probabilidade: o índice de deficiência (**ND**) e o índice de exposição (**NE**). A matriz  $||\mathbf{ND};\mathbf{NE}||$  define o índice de probabilidade **NP**. Conjugando os valores de **NP** com os da escala do índice de consequências (**NC**) – por vezes referido como índice de severidade (**NS**) – obtém-se uma matriz  $||\mathbf{NP};\mathbf{NC}||$  do risco (**R**) na qual, aplicando critérios definidores de curvas de risco constante, se individualizam níveis de risco (**NR**).

De entre a diversa bibliografia que refere este método (designado na origem por “*Sistema Simplificado de Evaluación de Riesgos de Accidente*”) optou-se por seguir a apresentação da Norma Técnica do INSHT (NTP 330, 2008), não só por ter sido este Instituto o responsável pelo desenvolvimento do método mas também porque é o texto mais aprofundado e completo de entre todos os consultados.

O índice **ND** (correspondente, na simbologia utilizada no ponto 6.4., a  $f_{p1}$ ) mede “a grandeza da vinculação expectável entre o conjunto de fatores de risco considerados e a sua relação causal directa com o possível acidente”.

Citando a referida NTP 330, “[...] os valores numéricos empregues nesta metodologia e o significado dos mesmos indicam-se no quadro 3 [...]” que se reproduz na tabela [16].

Nível de deficiência	ND	Significado
Muy deficiente (MD)	10	Se han detectado factores de riesgo significativos que determinan como muy posible la generación de fallos. El conjunto de medidas preventivas existentes respecto al riesgo resulta ineficaz.
Deficiente (D)	6	Se ha detectado algún fator de riesgo significativo que precisa ser corregido. La eficacia del conjunto de medidas preventivas existentes se ve reducida de forma apreciable.
Mejorable (M)	2	Se han detectado factores de riesgo de menor importancia. La eficacia del conjunto de medidas preventivas existentes respecto al riesgo no se ve reducida de forma apreciable.
Aceptable (B)	–	No se há detetado anomalia destacable alguna. El riesgo está controlado. No se valora.

Tabela [16] – Nível de deficiência (**ND**) (NTP 330)

Analisando esta tabela pode verificar-se o seguinte:



- A escala de valoração de **ND** é uma escala regular com  $\eta = 4$  (ponto 6.4.2.2.) a partir do segundo degrau.
- O primeiro degrau aparece *não valorado* o que leva a uma dificuldade de aplicação: ou, pura e simplesmente, não se considera (e, então, pode questionar-se porque é que consta da escala?) ou se assume o valor **1** (um), valor neutro numa fórmula multiplicativa (e, neste caso, porque é que não é referido na tabela?), já que o valor **0** (zero) conduziria a um risco **R = 0** fossem quais fossem os valores atribuídos aos restantes fatores.
- Apresentando a coluna descritiva enquadramentos suficientemente abrangentes, em parte alguma aparece uma justificação para o tipo de escala indicado e/ou para a respetiva valoração.

Quanto ao nível de exposição (**NE**), a definição da NTP 330 é “uma medida da frequência com que se verifica a exposição ao risco”. Este fator corresponderá a  $f_{p2}$ .

Neste caso, encontra-se uma justificação (comparativa) para as valorações apresentadas. Citando, “os valores numéricos [...] são ligeiramente inferiores aos alcançados pelos níveis de deficiência, já que, por exemplo, se uma situação de risco está controlada, uma exposição alta não deveria resultar, em princípio, no mesmo nível de risco que uma deficiência alta com exposição baixa”.

Este tipo de justificação (embora subjectiva) parece adequada à maioria das situações encontradas nos processos produtivos. No entanto, existem situações às quais a sua aplicabilidade é questionável como, por exemplo, será o caso de trabalhadores expostos com regularidade a radiações ionizantes (nomeadamente técnicos de radiologia) para os quais o tempo de exposição é determinante na formação do risco, mesmo que o nível de deficiência seja baixo.

A tabela [17], reproduzida da referida norma, estabelece uma escala regular linear com  $\eta = 1$  para o nível de exposição:

Nível de exposición	NE	Significado
Continuada (EC)	4	Continuamente. Varias veces en su jornada laboral con tiempo prolongado.
Frecuente (EF)	3	Varias veces en su jornada laboral, aunque sea con tiempos cortos.

Nível de exposición	NE	Significado
Ocasional (EO)	2	Alguna vez en su jornada laboral y con período corto de tiempo.
Esporádica (EE)	1	Irregularmente.

Tabela [17] – Nível de exposição (NE) (NTP 330)

Sobre esta tabela podem colocar-se algumas questões, entre elas:

- O nível de exposição “frequente” poderá significar, também, “Algumas vezes no horário diário de trabalho mas por um período de tempo prolongado”?
- A coluna descritiva apresentada é aplicável, sem alterações, a todos os processos produtivos? Como se enquadrariam, por exemplo, os riscos relativos à função de um piloto de voos de longo curso?

A passagem da matriz **probabilidade** =  $||\mathbf{ND};\mathbf{NE}||$  ao nível de probabilidade **NP** não é feita de modo a valorar a escala de **NP**.

Assumem-se curvas de probabilidade constante mas os níveis são definidos por valores mínimos e máximos (valores esses que serão, posteriormente, utilizados na matriz **R** =  $||\mathbf{NP};\mathbf{NC}||$ ) o que torna ambígua a passagem à fase seguinte da avaliação.

A abordagem do nível de consequências (**NC**) (equivalente a  $f_{d1}$ , na simbologia definida no ponto 6.4.) faz-se segundo duas vertentes: as lesões e os danos materiais. Segundo a NTP 330, “ambos os significados devem ser considerados independentemente, tendo mais peso os danos a pessoas que os danos materiais”.

Isto significa que, de facto, o método poderia considerar dois fatores de formação do dano  $f_{d1}$  e  $f_{d2}$ , referentes, respetivamente, às lesões e aos danos materiais, o que corresponderia a considerar o risco **R** como uma matriz a quatro dimensões. Só deste modo se poderia, realmente, ponderar os danos pessoais face aos danos materiais, atribuindo-lhes maior relevância.

A justificação apresentada para a valoração da escala de **NC**, “a escala numérica de consequências é muito superior à da probabilidade. Isto deve-se a que o fator consequências deve ter sempre um maior peso na valoração” é um juízo de valor, aceitável mas não necessariamente universal.

Não parece muito objectivo que um nível de deficiência “melhorável” que reconhece a existência de falhas (**ND = 2**), conjugado com uma exposição “contínua” (**NE = 4**) resulte numa valoração do nível de probabilidade “médio” (**NP = 8**), valor inferior ao que é atribuído a uma consequência “leve” (**NC = 10**) como resulta da tabela [18] transcrita da norma NTP 330.

Nível de consecuencias	NC	Significado	
		Daños personales	Daños materiales
Mortal o Catastrófico (M)	100	1 muerto o más	Destrucción total del sistema (difícil renovarlo)
Muy Grave (MG)	60	Lesiones graves que pueden ser irreparables	Destrucción parcial del sistema (compleja y costosa la reparación)
Grave (G)	25	Lesiones con incapacidad laboral transitoria (I.L.T.)	Se requiere paro de proceso para efectuar la reparación
Leve (L)	10	Pequeñas lesiones que no requieren hospitalización	Reparable sin necesidad de paro del proceso

Tabela [18] – Nível de consequências (**NC**) (NTP 330)

Uma análise desta tabela leva às seguintes conclusões:

A escala apresentada é do tipo irregular, estando definida apenas uma ponderação genérica não quantificada. A justificação dos valores é, como referido anteriormente, essencialmente subjectiva.

A escala proposta restringe-se a casos pontuais (embora, eventualmente, maioritários em termos de ocorrência).

Não se aplica a situações catastróficas como, por exemplo, a fuga de um gás tóxico que afecte uma região densamente habitada, onde não pode ser colocado ao mesmo nível um caso fatal ou dezenas de mortes.

Não se aplica, ainda, a casos cuja consequência (directa) mais grave que pode ser assumida nunca é a morte, como sucede com o risco de ruído ambiental.

Tal como foi referido anteriormente no que diz respeito ao nível de probabilidade (**NP**), também o nível de risco (**NR**) é definido a partir de valores mínimos e máximos, obtidos através da utilização de curvas de risco constante (utilização, aliás, implícita). A definição de níveis de intervenção (**NI**) corresponde ao que foi desenvolvido no ponto 6.4.2.4..

### Método de William T. Fine

Analisando, agora, o método desenvolvido por William T. Fine, esquematizado pelo autor (Fine, 1973)<sup>106</sup> verifica-se que, sendo uma técnica de análise matricial que utiliza uma matriz tridimensional se enquadra, de uma forma genérica, na metodologia proposta. O método define um *grau de perigosidade (GP)* – que corresponde, conceptualmente, ao nível de risco proposto neste trabalho – que é o produto de três fatores (citações de Fine, 1973):

$$\text{Grau de Perigosidade (GP)} = \text{Consequência (C)} \times \text{Exposição (E)} \times \text{Probabilidade (P)}$$

$$GP = C \cdot E \cdot P$$

Equação [36]

- A *consequência (C)*, definida como “os resultados mais prováveis de um acidente, devido ao risco que se considera, incluindo lesões em pessoas e danos materiais”.
- A *exposição (E)* para a qual se considera “a frequência com que se apresenta a situação de risco, entendida como o primeiro acontecimento indesejado passível de iniciar a sequência de acidente”.
- A *probabilidade (P)* cuja definição apresentada é: “a probabilidade de que, uma vez presente a situação de risco, os acontecimentos da sequência completa de acidente se sucedam no tempo, originando o acidente e as consequências”.

Analisando estas definições, tendo em consideração o esquema metodológico proposto, ressalta, desde logo, uma certa ambiguidade na utilização de conceitos (nomeadamente, a utilização do “definido” na própria definição), mesmo tentando aplicar uma “equivalência” de definições/conceitos. A exposição é definida como uma frequência o que permite considerá-la como um fator de formação da probabilidade (aqui entendida com um âmbito mais vasto do que **P**). Deste modo, poder-se-á fazer equivaler **P** a  $f_{p1}$  e **E** a  $f_{p2}$ . Naturalmente que **C** corresponde a  $f_{d1}$  o que implica que a equação [36] se pode escrever como

---

<sup>106</sup> Foi aqui utilizada a tradução para castelhano de Emílio Turmo Serra, do Instituto Territorial de Barcelona.

$$GP = C \cdot (E \cdot P)$$

Equação [37]

que reproduz a equação [27] já apresentada, fazendo  $C \leftrightarrow d$  e  $(E \cdot P) \leftrightarrow p$ .

Segundo William Fine (op. cit.), os três fatores definidos são valorados de acordo com escalas discretas, que apresenta sem justificação teórica ou experimental. Qualquer das três escalas é irregular, sendo a de **C** sujeita a uma ponderação valorativa superior às de **P** e de **E**. As tabelas [19], [20] e [21], obtidas a partir da referência bibliográfica indicada, reproduzem essas escalas (tradução do castelhano).

<b>C</b>	<b>Grau de severidade das consequências</b>
100	Catástrofe; numerosas mortes, grandes danos (> US\$1000000); paragem significativa da actividade.
50	Várias mortes; danos de US\$500000 a US\$1000000.
25	Morte; danos de US\$100000 a US\$500000.
15	Lesões extremamente graves (amputação, invalidez permanente); danos de US\$1000 a US\$100000.
5	Lesões com baixa; danos < US\$1000.
1	Pequenas feridas, contusões, golpes; pequenos danos.

Tabela [19] – Consequência (**C**) (W. T. Fine, 1973)

<b>E</b>	<b>A situação de risco ocorre:</b>
10	Continuamente (ou muitas vezes por dia).
6	Frequentemente (aproximadamente uma vez por dia).
3	Ocasionalmente (de uma vez por semana a uma vez por mês).
2	Irregularmente (de uma vez por mês a uma vez por ano).
1	Raramente (há conhecimento de que ocorreu).
0,5	Remotamente possível (não se sabe que tenha ocorrido mas considera-se remotamente possível).

Tabela [20] – Exposição (**E**) (W. T. Fine, 1973)

<b>P</b>	<b>A sequência do acidente, incluindo as consequências,</b>
10	é o resultado “mais provável e esperado” se estiver presente a situação de risco.
6	é completamente possível; não seria nada estranho; tem uma probabilidade de 50%.
3	seria uma sequência ou coincidência “rara”.
1	seria uma coincidência remotamente possível; sabe-se que já ocorreu.
0,5	é extremamente remota mas concebível; nunca sucedeu em muitos anos de exposição.
0,1	é uma sequência ou coincidência praticamente impossível; possibilidade “um em um milhão”; nunca sucedeu apesar de uma exposição durante muitos anos.

Tabela [21] – Probabilidade (**P**) (W. T. Fine, 1973)

Uma análise crítica destas escalas permite concluir o seguinte:

- A ponderação aplicada à escala de **C** é independente do facto de as consequências serem lesões ou danos patrimoniais (não são considerados outros danos, particularmente sociais ou ambientais).
- Observando a coluna descritiva das escalas de **E** e de **P** constata-se haver uma grande disparidade nos intervalos definidos na base e no topo da escala.

Por exemplo, a utilização (na escala de **E**) dos parâmetros dia, semana, mês, ano que equivalem a uma relação temporal 1/7/30/365, à qual é atribuída uma relação de valoração 10/6/3/2.

Ou os três degraus mais penalizantes da escala de **P**: “resultado mais provável e esperado”, “probabilidade de 50%” e “coincidência rara”, comparados com os três últimos degraus dessa escala: “remotamente possível”, “extremamente remota”, “praticamente impossível”.

De acordo com a metodologia proposta no ponto 6., as escalas de valoração dos fatores de formação do risco deveriam partir de um valor mínimo de **um** e ser valoradas em intervalos inteiros.

Obviamente que o objectivo desta regra é a simplificação da análise dos valores dos pontos da matriz de risco dado que, nestas circunstâncias, estes estarão compreendidos entre **1** e  $R_{\max} = p_{\max} \cdot d_{\max}$ .

Nas tabelas W. T. Fine, os patamares inferiores das escalas de **E** e de **P** são valorados abaixo de **um**, o que conduz a valores de risco entre **0,05** e **10000**.

Conjugando este facto com o que foi referido anteriormente, pode questionar-se a pertinência do(s) patamar(es) mais baixo(s) das escalas de **E** e de **P**.

- Naturalmente que as escalas indicadas se aplicam a casos particulares (instalações, setores de actividade ou outros) e não têm (nem podem ter) âmbito universal.

Acidentes numa metalomecânica ligeira, numa escola, num supermercado, nunca causarão, previsivelmente, danos catastróficos, com várias mortes, ao contrário do que pode suceder com uma indústria química que produz/armazena substâncias tóxicas ou com uma base logística de armazenamento de refinados de petróleo, por exemplo.

No que diz respeito aos setores inferiores das escalas e tomando como objecto de análise apenas a escala da probabilidade (**P**), dificilmente poderão ser tomados em conta os dois últimos níveis (utilizando os critérios definidos em 6.4.2.2.2.) na maioria dos processos produtivos sujeitos a avaliação.

Os valores estimados para os prejuízos materiais (na escala de **C**) dependem, em grande medida, da tecnologia da instalação, do tipo de produto fabricado, da importância social ou económica do serviço prestado. Portanto, os valores indicados só podem ser entendidos como um referencial, devendo ser ajustados, caso a caso, às realidades concretas da situação em estudo.

Tal significa que, como ficou dito anteriormente, os valores e as descrições correspondentes aos patamares mínimo e máximo das escalas (e, naturalmente, aos patamares intermédios que deles dependem) devem ser estimados tendo em conta a aplicação adequada dos critérios e das ferramentas então definidos.

Este método caracteriza-se, também, pelo facto de ser complementado por uma técnica de análise custo/benefício original, baseada numa fórmula (equação [38]) que permite o cálculo de um índice de justificação (económico) da actuação correctiva resultante da avaliação (**IJ**), que tem em consideração, para cada nível de risco, um fator de custo das medidas implementadas e o grau de correcção conseguido.

$$\text{Índice de Justificação} = \frac{\text{Grau de Perigosidade}}{\text{Factor de Custo} \times \text{Grau de Correcção}}$$

$$IJ = \frac{GP}{FC \times GC}$$

Equação [38]

Às tabelas apresentadas na obra citada, que valoram os fatores **FC** e **GC**, são aplicáveis considerações idênticas às que foram feitas relativamente às escalas de valoração dos fatores **C**, **E** e **P**.

Esta vertente de quantificação da relação custo/benefício enquadra-se na perspectiva defendida da necessidade de avaliar o investimento (efectuado ou proposto) no controlo dos riscos, em função do retorno (verificado ou expectável) que dele resulta. Os pressupostos do método de William T. Fine (na sua vertente de avaliação de risco) são semelhantes aos propostos por Kinney e Wiruth, 1976, com divergências

de pormenor no que diz respeito à definição e caracterização dos fatores de formação do risco.

### Matrizes complexas

Normalmente consideram-se complexas as matrizes nas quais **n** e **m** (na equação [27]) são ambos iguais ou superiores a **dois**, ou mais precisamente, se o número de fatores de formação da probabilidade e do dano for igual ou maior do que **quatro** (**n** + **m** ≥ 4). Rubio Romero, 2004, refere como exemplo dois métodos matriciais com estas características, que se enquadram facilmente nos parâmetros da metodologia proposta, desenvolvidos por Steel e por Strohm e Opheim, respetivamente.

Steel, 1990, utiliza quatro fatores de formação (**n=2** e **m=2**) que poderão ser relacionados com os definidos anteriormente da seguinte forma:

- A frequência, definida como o período de tempo de exposição ao risco, que se pode associar a um fator  $f_{p1}$ ;
- A probabilidade (ligada, eventualmente ao conceito de condição de trabalho) que corresponderá ao fator  $f_{p2}$ ;
- A perda máxima provável (com definição semelhante à proposta na tabela [1] para PML) que é um fator de formação do dano  $f_{d1}$ ;
- O número de pessoas expostas, que mede as possíveis consequências de uma ocorrência profissional danosa e que se pode assumir como  $f_{d2}$ .

Strohm e Opheim, 1993, acrescentam aos fatores propostos por Steel um quinto que designam “missão” e que pondera o dano sob o ponto de vista da vulnerabilidade da empresa ou organização (**n=2** e **m=3**). Poderá, assim, ser associado a um fator de formação do dano,  $f_{d3}$ .

Incluída na estratégia SOBANE (“*Screening, OBservation, ANalyse, Expertise*”) desenvolvida pela Direction Générale Humanization Du Travail e Universidade Católica de Louvain, Bélgica (Malchaire, 2007) é definida, a partir da de Kinney e Wiruth, uma matriz a quatro dimensões (**n=3** e **m=1**) representativa do seguinte algoritmo:

$$R = E.P.G.F$$

Equação [39]



onde

$E \rightarrow$  exposição ao fator de risco;

$P \rightarrow$  probabilidade de ocorrência de dano durante a exposição;

$G \rightarrow$  gravidade expectável do dano;

$F \rightarrow$  formação profissional e participação dos trabalhadores;

A característica essencial da abordagem de Malchaire consiste na introdução de  $m$  fator de formação do risco ligado à formação (básica, profissional e específica) dos trabalhadores envolvidos e, particularmente, à sua participação em todo o desenvolvimento de um processo de gestão de risco profissional.

Neste caso,  $E$ ,  $P$  e  $F$  correspondem a fatores de formação de  $p$  ( $f_{p1}$ ,  $f_{p2}$  e  $f_{p3}$ ) e  $G$  pode ser considerado como  $f_{d1}$ .

Nunes, 2003, 2008 e 2009, desenvolve uma abordagem da avaliação de riscos profissionais, utilizando uma matriz pentadimensional ( $n=3$  e  $m=2$ ).

De facto, o autor prefere usar o conceito de nível de segurança (como foi definido no ponto 6.4.2.3.) em substituição do de nível de risco, considerando os seguintes fatores:

- $P \rightarrow$  Índice de frequência;
- $E \rightarrow$  Índice de exposição;
- $S \rightarrow$  Índice de severidade;
- $C \rightarrow$  Índice de condições de segurança no local de trabalho;
- $T \rightarrow$  Índice de trabalhadores expostos (associados ao local).

Naturalmente, as escalas de valoração destes fatores (sendo *fatores de formação da segurança* e não *fatores de formação do risco*) são apresentadas numa sequência inversa, isto é, o valor atribuído ao risco mínimo (segurança máxima) é superior ao atribuído ao risco máximo (segurança mínima), como se exemplifica nas tabelas [22], [23], [24], [25] e [26]:

P			Índice de frequência
frequente	mínimo	1	$10^{-2} \leq \text{frequência/ano}$
	médio	2	
	máximo	3	

P			Índice de frequência
ocasional	mínimo	4	$10^{-3} \leq \text{frequência/ano} < 10^{-2}$
	médio	5	
	máximo	6	
remoto	mínimo	7	$10^{-4} \leq \text{frequência/ano} < 10^{-3}$
	médio	8	
	máximo	9	
raro	mínimo	10	$10^{-5} \leq \text{frequência/ano} < 10^{-4}$
	médio	11	
	máximo	12	
improvável	mínimo	13	$\text{frequência/ano} < 10^{-5}$
	médio	14	
	máximo	15	

Tabela [22] – Índice de frequência (P) (adaptada de Nunes, 3003, 2008)

E			Índice de exposição
contínua	mínimo	1	tempo de exposição > 50% do total
	médio	2	
	máximo	3	
alta	mínimo	4	10% do total < tempo de exposição $\leq$ 50% do total
	médio	5	
	máximo	6	
normal	mínimo	7	5% do total < tempo de exposição $\leq$ 10% do total
	médio	8	
	máximo	9	
esporádica	mínimo	10	1% do total < tempo de exposição $\leq$ 5% do total
	médio	11	
	máximo	12	
rara	mínimo	13	tempo de exposição $\leq$ 1% do total
	médio	14	
	máximo	15	

Tabela [23] – Índice de exposição (E) (adaptada de Nunes, 2003, 2008)

S			Índice de severidade
catastrófico	mínimo	1	Danos catastróficos, com custos muito elevados de limpeza e reparação com desocupação das instalações por alguns meses; mais do que uma morte, lesão ou doença com incapacidade total permanente ou muito grave; danos ambientais severos permanentes ou de longo prazo; grande notoriedade com pressão pública para o encerramento
	médio	2	

S			Índice de severidade
	máximo	3	da actividade.
severo	mínimo	4	Danos severos com custos elevados de limpeza e reparação com desocupação das instalações por algumas semanas; uma morte, lesão ou doença com incapacidade total permanente ou muito grave; danos ambientais de longo ou médio prazo; alguma notoriedade pública.
	médio	5	
	máximo	6	
significativo	mínimo	7	Danos significativos com custos moderados de limpeza e reparação com desocupação das instalações por alguns dias; lesões com incapacidade total temporária, parcial permanente ou grave; danos ambientais de curto prazo; notoriedade pública moderada.
	médio	8	
	máximo	9	
moderado	mínimo	10	Danos moderados com custos reduzidos de limpeza e reparação sem desocupação das instalações; lesões ou doenças com incapacidade parcial temporária ou média; danos ambientais reduzidos; notoriedade pública reduzida.
	médio	11	
	máximo	12	
reduzido	mínimo	13	Danos reduzidos; possibilidade de lesões sem incapacidade ou problemas de saúde ligeiros; sem danos ambientais; sem notoriedade pública.
	médio	14	
	máximo	15	

Tabela [24] – Índice de severidade (S) (adaptada de Nunes, 2003, 2008)

C			Índice de condições de segurança
inexistentes	mínimo	1	Inexistentes ou desconhecidas.
	médio	2	
	máximo	3	
deficientes	mínimo	4	Sérias deficiências nas condições existentes; não respeitam a legislação; necessitam de intervenções básicas; apresentam várias necessidades de melhoria.
	médio	5	
	máximo	6	
parcialmente deficientes	mínimo	7	Inexistência de algumas condições e algumas deficiências nas existentes; respeitam, parcialmente, a legislação; apresentam problemas em situações operacionais anormais.
	médio	8	
	máximo	9	
melhoráveis	mínimo	10	Suficientes mas melhoráveis; respeitam a legislação com raros valores abaixo dos padrões estabelecidos.
	médio	11	
	máximo	12	
suficientes	mínimo	13	Suficientes e bem implementadas, respeitando padrões internacionais, acima do exigido pela legislação.
	médio	14	
	máximo	15	

Tabela [25] – Índice de condições de segurança (C) (adaptada de Nunes, 2003, 2008)

T		Índice de trabalhadores expostos
Abrangência (% de trabalhadores expostos)	1	> 29%
	2	≤ 29% e > 25%
	3	≤ 25% e > 21%
	4	≤ 21% e > 18%
	5	≤ 18% e > 15%
	6	≤ 15% e > 12%
	7	≤ 12% e > 10%
	8	≤ 10% e > 8%
	9	≤ 8% e > 6%
	10	≤ 6% e > 5%
	11	≤ 5% e > 4%
	12	≤ 4% e > 3%
	13	≤ 3% e > 2%
	14	≤ 2% e > 1%
	15	≤ 1%

Tabela [26] – Índice de trabalhadores expostos (T) (adaptada de Nunes, 2003, 2008)

Destes fatores, deduz o nível de segurança (NS) utilizando uma fórmula logarítmica ponderada e percentualizada (equação [40], adaptada de Nunes, 2003, 2008).

$$NS = \frac{\pi_P \cdot \log(P) + \pi_E \cdot \log(E) + \pi_C \cdot \log(C) + \delta_S \cdot \log(S) + \delta_T \cdot \log(T)}{\pi_P \cdot \log(P_{\max}) + \delta_S \cdot \log(S_{\max}) + \pi_C \cdot \log(C_{\max}) + \delta_T \cdot \log(T_{\max})} \times 99 + 1$$

Equação [40]

Analisando a equação [40] depreende-se que P, E e C se podem considerar fatores de formação da probabilidade ( $f_{p1}$ ,  $f_{p2}$  e  $f_{p3}$ ) e que S e T podem ser entendidos como fatores de formação do dano ( $f_{d1}$  e  $f_{d2}$ ).

Um dos aspetos caracterizadores deste método é a definição das escalas de valoração de cada um dos fatores com 5 x 3 degraus, isto é, para cada uma das cinco entradas na coluna descritiva são utilizadas três valorações, correspondentes a três conceitos quantitativos: *mínimo*, *médio* e *máximo*.

Outro é a utilização de dados resultantes de análises retroactivas, nomeadamente estatísticas, para enquadrar e valorar os fatores de formação do risco.

Obviamente que as escalas apresentadas (regulares proporcionais lineares) são apenas indicativas e poderão (deverão) ser adaptadas caso a caso, seja alterando o tipo de escala, seja jogando com os coeficientes de ponderação  $\pi_i$  e  $\delta_j$ .

De qualquer modo e em síntese, pode afirmar-se que quanto mais aprofundada for a avaliação do risco, quanto maior for a abrangência sistêmica do processo produtivo, quanto maior for a pertinência e a fiabilidade dos dados disponíveis, tanto mais complexa será a matriz a utilizar e tanto maior será o número de fatores de formação do risco que podem ser considerados.

Mas há, certamente, limites – conceptuais, económicos e outros – a impor ao número de fatores de formação significantes.

Uma possibilidade de estabelecer esses limites é a utilização do conceito de ponderação, valorando os coeficientes em função dos níveis de significância de cada um dos fatores de formação, tendo em conta os diversos subsistemas que constituem o sistema onde se insere o processo produtivo.

Naturalmente, a viabilidade e o grau de pormenorização de uma avaliação de risco tem que ser definida<sup>107</sup> tendo em conta três aspetos essenciais:

- um estudo da relação investimento/retorno;
- a possibilidade de alocar uma equipa multidisciplinar tecnicamente competente;
- uma garantia de suporte por parte dos órgãos de gestão de topo, em particular no que se refere à implementação das medidas de segurança propostas.

### **9.3.3. Métodos quantitativos**

#### **9.3.3.1. Enquadramento**

Ainda tendo em atenção a definição referida na tabela [1], entende-se que uma avaliação de risco é quantitativa quando conduz à “*valoração, em termos absolutos ou relativos a um valor de referência, dos riscos presentes num processo produtivo*”.

---

<sup>107</sup> Ver ponto 5.3..

O cálculo de um valor concreto para o risco – seja ele um valor absoluto ou, muito mais correctamente, um valor referido a um padrão – não é, de facto, corrente.

Isto porque os parâmetros utilizados (**Pr**, **Ct**, **Sd**, **M<sub>prev</sub>** e **M<sub>prot</sub>**) são, em geral obtidos através da utilização de tabelas – que correspondem, naturalmente, a representações discretas – embora seja possível interpolá-los em certas circunstâncias.

Importa, portanto, analisar as correspondências dos diversos fatores tabelados usados pelos diversos métodos deste tipo que constam da tabela [14] com os definidos na quarta fase anteriormente estudada (ponto 6.4.).

### 9.3.3.2. Métodos de avaliação de risco de incêndio

#### Métodos de análise de barreiras

Comparando os diversos métodos seleccionados neste âmbito (e que constam da tabela [14]), pode verificar-se que os métodos designados por ERIC, Purt e FRAME são, todos eles, baseados no método original desenvolvido por Max Gretener em 1965.

Embora com desenvolvimentos divergentes, introduzindo conceitos que os tornam, ou mais específicos, ou mais abrangentes, utilizam todos uma metodologia de análise de barreiras, calculando os fatores de formação do perigo, das condições de trabalho, da sensibilidade ao dano da instalação e da eficácia das barreiras de prevenção e de protecção, através de tabelas especificamente construídas para o efeito.

De uma forma geral, definem fatores de formação (multiplicativos) cujos valores podem ser encontrados em tabelas.

A caracterização e mesmo o número de fatores pode variar, em função do tipo de utilização do edifício ou estrutura em estudo e, naturalmente, de método para método. De qualquer modo é possível enquadrar os diversos fatores utilizados nos conceitos definidos no ponto 6.4.3..

Deve notar-se que a utilização de tabelas para definir os valores a atribuir a estes fatores implica uma valoração semi-quantitativa, a não ser nos casos onde se possa usar uma interpolação por ábaco.

Apenas como exemplo, os fatores Gretener (como indicados por Lemos e Neves, 1991)

- q** → carga de incêndio mobiliária;
- c** → combustibilidade dos materiais;
- r** → produção de fumos;
- k** → corrosibilidade/toxicidade dos fumos;
- i** → carga de incêndio imobiliária;

correspondem a fatores de formação do perigo **p<sub>i</sub>**, enquanto os fatores

- A** → activação;
- g** → geometria e dimensão;
- e** → altura e número de pisos;

são fatores de formação da condição de trabalho **c<sub>i</sub>**.

O fator correctivo **p<sub>HE</sub>** é um fator que define a sensibilidade ao dano, **s<sub>i</sub>**. Já os fatores que determinam **N**, **S** e **F** podem ser considerados como do tipo **m<sub>prev</sub>** e **m<sub>prot</sub>**.

De notar que o índice de segurança Gretener (**γ**) é o inverso do índice de risco (**γ**) definido pela equação [31] no ponto 6.4.3..

## Método MESERI

Dentro dos métodos mais utilizados na avaliação (preliminar e simplificada) do risco de incêndio, o MESERI (*“Método Simplificado de Evaluación del Riesgo de Incendio”*) não se enquadra, de uma forma simples, em qualquer das metodologias básicas definidas. É um método atípico que utiliza parcelas – numa fórmula sumativa – ponderadas por fatores determinados experimentalmente (equações [41] e [42]).

$$P = \frac{5X}{120} + \frac{5Y}{22} + BCI$$

com

Equação [41]

$$Y = \sum y_i$$

$$X = \sum x_i$$

$$BCI = \{0;1\}$$

Equações [42]

onde

- P** → Coeficiente de protecção face a um incêndio;
- x<sub>i</sub>** → Elementos próprios da instalação;

$y_i$  → Elementos de protecção;

**BCI** → Parcela relativa à existência de uma equipa de primeira intervenção.

No entanto, também aqui as parcelas, como definidas, por exemplo, no artigo acessado em <http://www.ingenieroambiental.com/4003/MESERI.doc>, se podem enquadrar nas caracterizações do ponto **6.4.3.**, considerando que as parcelas  $x_i$ , bem como **BCI** correspondem aos fatores de formação do perigo ( $p_i$ ) e das condições de trabalho ( $c_i$ ) e que as parcelas  $y_i$  são do tipo de  $m_{prev}$  e de  $m_{prot}$ , aplicadas a um algoritmo sumativo ( $\Sigma$  em vez de  $\prod$ ) com ponderação.

Este método é, também, um método relativo, adoptando-se como referência, na bibliografia consultada, o valor  $P = 5$ , considerando não aceitáveis os riscos para os quais  $P < 5$ .

### 9.3.3.3. Outros métodos quantitativos

Para além das análises de barreiras<sup>108</sup>, existem outros tipos de métodos de avaliação quantitativa de riscos que não foram seleccionados para este estudo (embora referenciados na tabela [14]).

Trata-se de métodos, em geral aplicados a situações que implicam cálculos complexos, que se baseiam em algoritmos e em modelos matemáticos das instalações, dos processos ou dos fenómenos a avaliar e cujo tratamento só pode ser eficiente se se utilizarem meios informáticos com grande capacidade de processamento de dados.

Normalmente, estão preparados para dar respostas, em tempo real, a variações pontuais dos parâmetros condicionantes.

E são, naturalmente, estes parâmetros que se enquadram nas noções de fatores de formação da probabilidade ( $f_{pi}$ ) e de fatores da formação do dano ( $f_{di}$ ).

---

<sup>108</sup> Os métodos de análise de barreiras, embora considerados, na generalidade, como quantitativos, incluem, como se viu anteriormente, um certo escalonamento, dado que os fatores são, na maioria dos casos, obtidos pela utilização de tabelas.



#### 9.3.4. Complementaridade de métodos

Todo o paradigma da abordagem metodológica apresentada assenta num conjunto sequencial de fases que estabelecem etapas de desenvolvimento da análise progressivamente mais aprofundadas e complexas.

Obviamente que a fase final a que deve ser levada a análise – ou seja, a etapa atingível – estará condicionada por critérios de viabilidade, como foram definidos no ponto 5.3.. Mas cada uma dessas etapas recorre a conjuntos específicos de métodos e de técnicas, aliás referidos nos pontos 6.1.9., 6.2.9., 6.3.5. e 6.4..

Tal significa que, para realizar uma avaliação de riscos profissionais, é sempre necessária a aplicação de diversos métodos, desde as fases de análise qualitativa até à eventual quantificação do risco, o que implica uma *integração vertical* dos diferentes métodos e técnicas que se considerem mais adequados ao objectivo procurado. Significa, também, que em cada uma das fases da metodologia é possível (aliás, é necessário) utilizar mais do que um dos métodos disponíveis, de forma a conseguir uma visão mais abrangente da situação em estudo, o que se pode traduzir por uma *integração horizontal* de tais métodos.

##### 9.3.4.1. Integração vertical

Recordando o processo de avaliação de riscos profissionais, este pode ser traduzido na sequência que se esquematiza na figura [107], na qual se estabelece uma correspondência às fases indicadas no ponto 7.1. e que foram desenvolvidas, anteriormente, no ponto 6.:

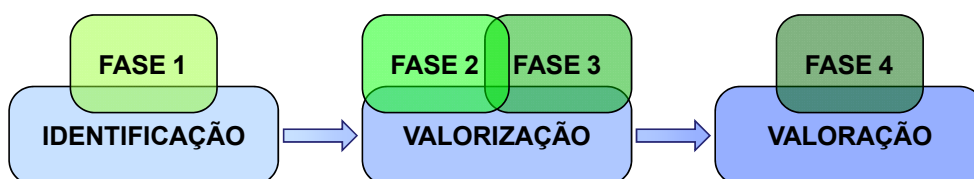


Figura [107] – Sequência do processo de avaliação de riscos

Assim,

- As metas inerentes ao estágio de *identificação* (que inclui a listagem, a caracterização e a tipificação dos riscos) são atingíveis com o auxílio de técnicas específicas, nomeadamente as indicadas no ponto 6.1.9..

- No passo que é correspondente à *valorização* (avaliação qualitativa) analisam-se os fatores de criticidade e pode atingir-se um patamar no qual é possível o escalonamento ou a seriação dos riscos em estudo. Métodos e técnicas como as indicadas nos pontos **6.2.9.** e **6.3.5.** são aplicáveis neste caso.
- Para *valorar* os riscos, isto é, para os quantificar – seja atribuindo-lhes um valor concreto (absoluto ou relativo a uma referência) ou um nível numa escala discreta – são adequados todos os métodos classificados como quantitativos ou semi-quantitativos tratados no ponto **6.4.**.

Será, portanto, uma aplicação conjunta, sequencial e coerente de todos estes tipos de métodos, que conduzirá a resultados que sejam viáveis (na interpretação avançada no ponto **5.3.**) em consequência de uma avaliação de riscos profissionais.

#### **9.3.4.2. Integração horizontal**

Mas o que ficou exposto no ponto anterior não implica a utilização de apenas um dos métodos referidos para cada uma das fases indicadas, muito em particular no que se refere à identificação e valorização dos riscos.

Uma correcta caracterização das situações de risco presentes num processo produtivo só se consegue analisando-o sob diferentes pontos de vista, numa abordagem sistémica das inter-relações entre os vários elementos ou componentes que definem o nó de estudo. Em particular:

- Análises de modelos do processo produtivo, recorrendo a várias técnicas de representação descritiva, numérica, gráfica e/ou matemática.
- Métodos do tipo IR (*“Incident Recall”*) são complementados, normalmente, por Listas de Verificações específicas, adaptadas à situação concreta.
- Os métodos *“what if”* são um exemplo de integração horizontal no processo de avaliação de riscos profissionais.

Os vários métodos, deste tipo, documentados caracterizam-se pela “entidade” processual à qual é posta a questão *“se ocorrer tal anomalia, o que acontece?”*.

Na tabela [27] indicam-se os elementos caracterizadores de alguns métodos “*what if*”, recorrendo aos apresentados anteriormente na tabela [14]. Naturalmente que esta é, também, uma tabela aberta.

Deste modo, é essencial a aplicação de diferentes métodos que permitam abordar as situações de risco sob diversos pontos de vista complementares.

Por exemplo, a utilização de um método de análise de tarefas juntamente com uma FMEA permitirá abarcar as vertentes humana e material de tal situação.

De notar que o HAZOP, face ao seu grau de estruturação e detalhe, permite, por si só, uma abordagem multidisciplinar e razoavelmente completa.

Método	Tipo de anomalia	“Entidade” questionada
PHA	disfuncionamento (de carácter geral)	zona de trabalho; função; tarefa.
Análise de energias	transferência (não desejada) de energia de uma <i>fonte</i> a um <i>alvo</i> .	máquina; tarefa; acção.
Análise de tarefas	actuação humana (acção ou omissão).	tarefa; função.
Família da FMEA	falha (mecânica, eléctrica ou outra)	componente (com maior ou menor grau de individualização).
HAZOP	desvio da intenção de operação.	nó de estudo; parâmetros operacionais.

Tabela [27] – Métodos “*what if*”

Isto significa que diferentes métodos e técnicas de valorização de riscos, tendo âmbitos e abordagens diferentes, conduzem a resultados complementares, embora não necessariamente coincidentes, como se representa na figura [108] a seguir:

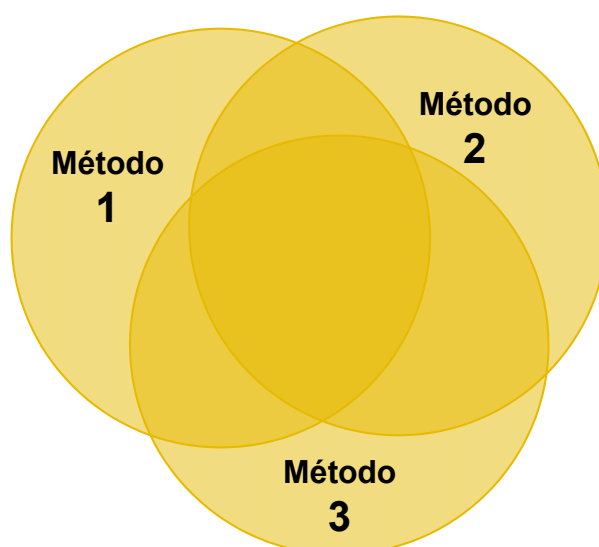


Figura [108] – Complementaridade de métodos de avaliação de riscos

Mas também na fase de valoração se pode encarar como positiva a complementaridade de métodos.

O aumento do grau de aprofundamento de uma análise traduzir-se-á, naturalmente, na utilização de matrizes cada vez mais complexas.

Basta ter em consideração que o número de fatores de formação da probabilidade ( $f_{pi}$ ) e o número de fatores de formação do dano ( $f_{dj}$ ) – isto é, os valores de  $n$  e de  $m$  na equação [27]<sup>109</sup> – será tanto maior quanto mais fino for o detalhe conseguido.

Obviamente que, como se referiu anteriormente, esse detalhe é condicionado por uma avaliação de viabilidade, nomeadamente no que se refere à análise da relação custo/benefício.

Mas nada impede que a selecção e definição destes fatores possa recorrer às filosofias que caracterizam os diferentes métodos utilizados e documentados, trazendo ao conjunto da avaliação os seus aspetos mais positivos, sem prejuízo da necessária adaptação ao caso concreto em estudo.

Muito particularmente se forem usados fatores intermediários significativos ( $\varphi_{px}$  e  $\varphi_{dy}$ ) como definidos no ponto 4.1..

#### 9.4. RESUMO

Do exposto nos pontos anteriores podem reter-se alguns aspetos essenciais que contribuem para a confirmação da validade da proposta metodológica apresentada. Nomeadamente:

- A todos os métodos estudados – que, como se disse, foram seleccionados de acordo com critérios que permitem que sejam considerados como uma amostra com validade<sup>110</sup> – podem aplicar-se os conceitos definidos.
- Todos eles se enquadram, quer nos grupos metodológicos enunciados, quer nas caracterizações específicas neles incluídas.

---

<sup>109</sup> Ver ponto 9.3.2.3..

<sup>110</sup> Validade face aos referidos critérios, não necessariamente com significância estatística.

- Cada um desses métodos é adequado às metas propostas em cada um dos passos do processo de avaliação de riscos profissionais e em cada uma das fases da metodologia integrada.

Como ficou claro no ponto **9.1.1.**, não se pretendia (nem tal seria viável) fazer uma análise exaustiva dos métodos e das técnicas disponíveis na bibliografia, nem mesmo estudar uma amostra que fosse estatisticamente significativa, até pela óbvia heterogeneidade das abordagens.

Com os condicionalismos assumidos verifica-se, no entanto, um padrão de ajuste que permite enquadrar, de uma forma muito concreta, os métodos analisados nos pressupostos básicos da teoria desenvolvida.

## 10. DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

### 10.1. SÍNTESE DO CAPÍTULO 4

Como ficou expresso, este capítulo tem como objectivo específico aquilatar da adequabilidade e da exequibilidade de aplicação dos pressupostos da metodologia proposta.

Não se trata de uma validação. Tal implicaria uma aplicação exhaustiva a uma amostra estatisticamente significativa de um universo, por definição, global e, portanto, muito vasto e diversificado.

Para além do mais, a reflexão metodológica desenvolvida não pretende ser um *método de avaliação de risco profissional*, mas antes uma estrutura teórica, baseada na definição conceptual de variáveis, que enquadre os diversos métodos existentes nesta área.

Na perspetiva de uma metodologia abrangente, será de esperar que os métodos de avaliação de riscos profissionais utilizados, disponíveis na bibliografia e na prática das organizações, se enquadrem no conjunto de conceitos e de relações propostos. Foi isto que se tentou verificar.

Obviamente que seria necessária a aplicação de critérios de selecção, como os definidos no ponto 9.2., que viabilizasse tal verificação. Os resultados deste estudo comparativo sintetizam-se na tabela [28].

Tipo	Método		Variáveis	Correspondência
Semi quantitativo relativo matricial	Avaliação da explosividade de poeiras		MIE ; $C_{min}$	$f_{p1}$ ; $f_{p2}$
			$(dp/dt)_{max}$ ; MEP	$f_{d1}$ ; $f_{d2}$
Semi quantitativo matricial	Matriz simples		frequência	$p$
			severidade	$d$
	MARAT – Método de Avaliação de Riscos de Acidentes de Trabalho		ND ; NE	$f_{p1}$ ; $f_{p2}$
			NP	$p$
Semi quantitativo matricial	William T. Fine		NS	$f_{d1}$ ; $d$
			E ; P	$f_{p1}$ ; $f_{p2}$
	Matriz complexa	Steel	C	$f_{d1}$ ; $d$
			frequência ; probabilidade	$f_{p1}$ ; $f_{p2}$
			perda máxima provável ; pessoas expostas	$f_{d1}$ ; $f_{d2}$

Tipo	Método		Variáveis	Correspondência
Semiquantitativo matricial	Matriz complexa	Strohm e Opheim	frequência ; probabilidade	$f_{p1}$ ; $f_{p2}$
			perda máxima provável ; pessoas expostas ; missão	$f_{d1}$ ; $f_{d2}$ ; $f_{d3}$
		Malchaire	$E$ ; $P$ ; $F$	$f_{p1}$ ; $f_{p2}$ ; $f_{p3}$
			$G$	$f_{d1}$ ; $d$
		Nunes	$P$ ; $E$ ; $C$	$f_{p1}$ ; $f_{p2}$ ; $f_{p3}$
			$S$ ; $T$	$f_{d1}$ ; $f_{d2}$
Quantitativo cálculos complexos resposta em tempo real	Métodos algorítmicos baseados em modelos matemáticos		parâmetros de sistema	$f_{pi}$ ; $p$ $f_{dj}$ ; $d$
Quantitativo atípico análise de barreiras, de parcelas, ponderado	MESERI – <i>Método Simplificado de Evaluación de lo Riesgo de Incendio</i>		$X$ ; $BCI$	$p_i$ ; $c_i$
			$Y$	$m_{prev}$ ; $m_{prot}$
Quantitativo relativo análise de barreiras	Gretener	$q$ ; $c$ ; $r$ ; $k$ ; $i$	$p_i$	
		$A$ ; $g$ ; $e$	$c_i$	
		$p_{HE}$	$s_i$	
		$N$ ; $S$ ; $F$	$m_{prev}$ ; $m_{prot}$	
	Métodos relacionados (Purt, ERIC, FRAME)		Fatores correspondentes aos do Gretener, com as necessárias adaptações	

Tabela [28] – Enquadramento de métodos de avaliação. Resumo

## 10.2. CONCLUSÕES DO CAPÍTULO 4

Do que ficou anteriormente exposto, podem tirar-se algumas conclusões de carácter genérico:

- Os métodos de avaliação de riscos profissionais analisados são, especificamente, adaptados a situações concretas diversas, embora não tenha sido possível obter dados que definam essas situações.

A exceção é o método desenvolvido por Nunes (2003, 2008 e 2009), considerado pelo autor como um método configurável e, como tal, independente da dimensão e sector de actividade da entidade onde será aplicado.

- Todos eles se enquadram, facilmente e com precisão, nos conceitos, relações e algoritmos definidos.

- Embora tivessem ficado por tratar uma enorme quantidade de métodos e um vasto conjunto de áreas de aplicação<sup>111</sup>, pensa-se que, da amostra utilizada, se podem retirar conclusões sobre a justeza e aplicabilidade dos conceitos.

---

<sup>111</sup> Lembrando, apenas, algumas destas áreas e para as quais existem métodos específicos de avaliação: riscos posturais e de esforço, riscos de saúde (ocupacional ou não), riscos associados a agentes físicos, riscos de contaminação (química ou biológica), riscos ambientais, riscos alimentares, riscos sociais, riscos financeiros, riscos cambiais, riscos de crédito, riscos de gestão, riscos políticos...



---

## CAPÍTULO 5

### CONCLUSÕES

---



## Capítulo 5

### CONCLUSÕES

#### 11. SÍNTESE

Como ficou expresso anteriormente, avaliar riscos é “*tentar medir incertezas*”, é “*imaginar o que pode acontecer*”, é “*prever situações possíveis*”. É, dito de uma forma mais técnica, *determinar a probabilidade de ocorrência de uma situação passível de provocar danos e estimar esses danos potenciais*.

Ou seja, avaliar riscos é, no essencial, *prever*. Mas, prever implica conhecer, basear-se na observação de dados, de processos e de ocorrências, de forma a “estudar com atenção” e a “calcular” a possibilidade de uma potencial ocorrência danosa. Este conceito está claro em entradas de dicionários de referência:

- **prever**, v. (do lat. *prævidere*) **1.** Calcular a ocorrência de determinado facto com base na observação de dados reais (...) **4.** Examinar, estudando com atenção, a ocorrência futura de determinada circunstância.

Academia das Ciências de Lisboa, Dicionário da Língua Portuguesa Contemporânea, 2001.

- **prever**, v. (do lat. *prævidere*) Ver antecipadamente; antever; calcular (...).

José Pedro Machado, Grande Dicionário da Língua Portuguesa, 1991.

Tal significa que, no processo sequencial de gestão de riscos, PREVER antecede o PREVENIR e o PROTEGER, isto é, que a *fase de avaliação* de riscos é predecessora da *fase de controlo*, como se esquematiza na figura [109].

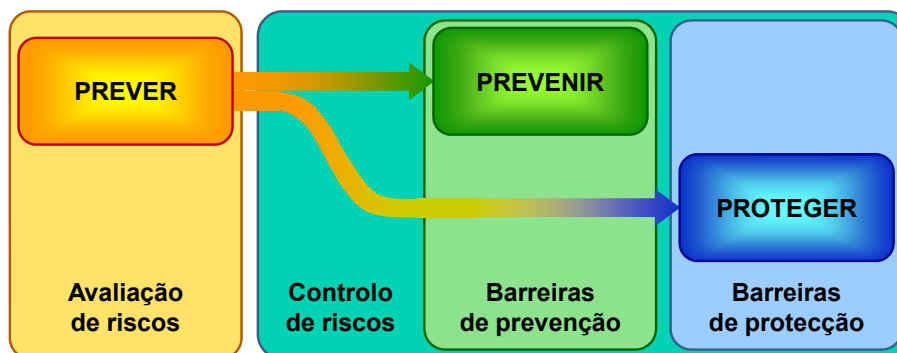


Figura [109] – Prever; Prevenir; Proteger

Mas significa, também, que só uma correcta e fiável avaliação de riscos permitirá o seu eficaz controlo<sup>112</sup>.

Será, portanto, este o grande **OBJECTIVO** de uma avaliação de riscos, em particular de uma avaliação de riscos profissionais:

- Observar e compreender, de uma forma sistémica e com uma visão global, o processo produtivo, no que respeita à sua susceptibilidade de gerar situações de risco e à sua vulnerabilidade a tais ocorrências;
- Detectar, caracterizar e quantificar as causas e as consequências das eventuais anomalias passíveis de ocorrer;
- Valorizar e, sempre que seja viável, valorar os riscos presentes;
- Utilizar o conhecimento adquirido num eficaz controlo desses riscos.

O **OBJECTO** de uma avaliação de riscos é, naturalmente, o RISCO, em particular o RISCO PROFISSIONAL como definido na tabela [1], cujo conceito foi desenvolvido anteriormente e que agrega as noções de sistema, de globalidade e de dinâmica.

A proposta de um **PROCEDIMENTO** para enquadrar um conceito de avaliação de riscos profissionais justifica algumas notas:

- Não se pretendeu estabelecer ou propor um método de avaliação complementar – e, muito menos, substituto – de métodos existentes e consagrados pela sua aplicabilidade prática;
- Procurou-se conceptualizar um conjunto de ferramentas que permitisse a obtenção de resultados (qualitativos e quantitativos) que fossem coerentes e reprodutíveis.

Tal implicou uma cedência no que diz respeito à comparabilidade dos “*outputs*” obtidos.

De facto, se se quizer relacionar os resultados de avaliações de riscos profissionais aplicadas a diferentes situações ou a diversos processos produtivos, em particular quando são utilizadas metodologias semi-qualitativas de matrizes, haveria que considerar escalas discretas para os

---

<sup>112</sup> Controlo que é, obviamente, o objectivo primeiro e essencial de qualquer processo de gestão de riscos.

vários fatores de formação do risco que fossem equivalentes<sup>113</sup>, independentemente das características próprias do sistema considerado.

Assim, a opção pela aplicação de ferramentas que permitem, caso a caso, definir os patamares mínimo e máximo e o número de patamares de cada escala representativa dos fatores de formação do risco privilegia a reprodutividade em desfavor da comparabilidade.

- Baseou-se a proposta metodológica numa sequência de fases, estabelecendo como limite do aprofundamento da análise uma avaliação conjunta e complementar da disponibilidade de meios<sup>114</sup> e da relação custo/benefício.

Sendo o conceito de *relação custo/benefício* essencialmente económico, poderá ser complementado por um conceito de gestão de *relação investimento/retorno*.

- Privilegiou-se a determinação de causas e de consequências das situações de risco, em particular estabelecendo o conceito de *gestão de causas, decisões, efeitos e falhas (CDEF)*.

Tal significa a subordinação, conceptual e operacional, da fase de valoração – entendida no âmbito de uma integração vertical da metodologia de avaliação de riscos profissionais – à compreensão, global e sistémica, de todo o processo produtivo e ao estabelecimento dos níveis de significância de causas e de efeitos, tendo em conta a geração de falhas e a pertinência das decisões que são inerentes a esse processo.

De facto, por muita que seja a utilidade (e a vantagem) de dispor de resultados quantificados para valorar o risco – até no que isso significa como argumentário num processo de decisão – o essencial continua a ser o conhecimento da forma e do contexto que pode conduzir a uma ocorrência profissional danosa e aos danos que, expectavelmente, dela resultarão.

Em síntese, pode considerar-se este estudo como uma REFLEXÃO METODOLÓGICA E CONCEPTUAL SOBRE A AVALIAÇÃO DE RISCOS PROFISSIONAIS, cujo propósito foi, no

---

<sup>113</sup> Podendo, nestes casos, ser aplicável o conceito de ponderação como elemento diferenciador.

<sup>114</sup> Dados fiáveis, equipa competente, compromisso de gestão, nomeadamente.

essencial, compreender como, quando e em que condições se gera uma situação de risco, como essa situação pode estar na origem de danos potenciais e de que forma se pode avaliar a importância do risco inerente, tendo em consideração a probabilidade de ocorrência de tal situação e os danos expectáveis dela resultantes.

O grande objectivo deste trabalho é, de facto, o estabelecimento, desenvolvimento e justificação de uma *abordagem teórica sobre a avaliação do risco profissional*, quer em termos da definição de conceitos, quer no que respeita à relação que pode ser estabelecida entre eles para atingir e justificar os resultados pretendidos.

## 12. CONCLUSÕES

Os resultados do estudo efectuado, em particular os conceitos definidos e a metodologia proposta, permitem assumir como pertinente a verificação dos objectivos considerados no início.

De facto, foi possível encontrar uma definição conceptual de risco profissional, através da identificação de um conjunto de características, tendo em conta, por um lado, o “estado da arte” no que respeita às diversas correntes de pensamento historicamente significativas e, por outro lado, a coerência do conceito com uma visão alargada e sistémica do que se entende por um processo produtivo.

A partir deste conceito, apresentou-se uma metodologia integrada que se estrutura como um processo sequencial, definindo fases, estabelecendo critérios e desenhando ferramentas que permitem a coerência e a reprodutibilidade dos resultados.

Em termos de inovação, consideram-se pertinentes as seguintes observações:

- O conceito de risco profissional, embora englobando um conjunto de teorias e de formulações disponíveis na bibliografia científica sobre o tema, assenta numa abordagem global, sistémica e dinâmica e é apresentado como síntese crítica do actual conhecimento sobre esta matéria e caracterizado de uma forma clara.
- O desenvolvimento de uma metodologia de avaliação de riscos profissionais sequencial, não sendo propriamente original, resulta numa proposta estruturada e sistemática, alicerçada num “edifício” coerente de conceitos e de definições.
- O processo centrípeto de análise que, integrando uma visão sistémica, parte dos subsistemas envolventes para os subsistemas mais restritos.
- A utilização de modelizações no estudo do processo produtivo com a finalidade de analisar eventuais ocorrências de anomalias, as suas causas e as suas consequências, da qual resultou a proposta de um sistema de gestão de causas, decisões, efeitos e falhas (CDEF).
- A noção de fatores primários de formação de risco e de fatores de formação da probabilidade e do dano, integrada no algoritmo típico das metodologias matriciais e o desenvolvimento do cálculo semi-quantitativo de matrizes complexas.

- O conceito de causa como um par [perigo/condição de trabalho] e a sua aplicação às metodologias de análise de barreiras.

Naturalmente que um estudo como o que se apresenta levanta questões (certamente mais do que aquelas a que responde) que devem ser equacionadas e tratadas em possíveis trabalhos posteriores.

Enquadra-se neste âmbito a necessidade de verificar a aplicabilidade da metodologia proposta e de validar os critérios enunciados, eventualmente utilizando técnicas que sejam estatisticamente aceitáveis.

É uma proposta, baseada numa reflexão aprofundada e maturada por bastantes anos de experiência, de aplicação prática de conceitos, de procura de respostas para múltiplas perguntas.

Como contributo científico, não é mais do que isso: uma proposta, ou seja, um ponto de partida para desenvolvimentos futuros.

À laia de resumo, pode concluir-se pela actualidade do que foi escrito há cerca de dez anos (Carlos G. Oliveira, 2001):

“As respostas que procuramos só serão válidas se se adequarem aos problemas e às situações resultantes do desenvolvimento tecnológico, social e cultural da humanidade. Se se forem adaptando aos novos conhecimentos, aos novos processos, aos novos produtos, às novas relações entre pessoas e entre entidades.

O futuro será, necessariamente,

- *mais exigente* porque os desafios são cada vez mais alargados;
- *mais informado* devido ao desenvolvimento dos meios de comunicação rápidos e globais e ao previsível aumento do acesso à informação por parte de camadas cada vez mais alargadas da população;
- *mais solidário* porque conhecer carências é sentir a necessidade de as ultrapassar, porque cada indivíduo/grupo vai conseguindo cada vez mais capacidade de acção, nomeadamente através de uma opinião pública mais esclarecida e mais interveniente;
- *mais global*, mais consciente de que questões como a preservação do ambiente, as alterações do clima, a fome, a doença, a democracia, a tolerân-



cia, deixaram o foro privado ou bairrista e dizem, de facto respeito a todos os habitantes do planeta;

- *mais perigoso* para nós todos, seja do ponto de vista físico, do ponto de vista psicológico ou do ponto de vista social, porque os riscos também se globalizam, transpõem fronteiras até há pouco tempo consideradas seguras, aparecem onde menos se espera (ou onde se prevê e se assume que venham a aparecer);
- *mais seguro*, porque mais responsável, mais evoluído tecnicamente, mais conhecedor das realidades onde se insere, das potencialidades do progresso, das suas dúvidas e das seus objectivos.

Compete-nos a todos exercer este poder de gerir a segurança, assumindo os riscos e aplicando todo o saber e todo o esforço no sentido de caminhar para que todos possamos ter uma vida melhor, mais longa, com menos doenças e com menos acidentes, mais realizada, mais humana.”



## BIBLIOGRAFIA

### BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

*ABAD, Jesús; MONDELO, Pedro R. e LLIMONA, Josep, Towards an International Standard on Occupational Health and Safety Management*, International Journal of Occupational Safety and Ergonomics, v. 8, nº 3, p. 309-319, 2002.

*AKERSTEN, Per Anders, Risk analysis – methodologies and tools*, Luleå University, Luleå, 2006.

*ALBERTON, Anete, Uma Metodologia para Auxiliar no Gerenciamento de Riscos e na Seleção de Alternativas de Investimentos em Segurança*, Universidade Federal de Sta. Catarina, Florianópolis, 1996.

*ALLI, Benjamin O., Fundamental Principles of Occupational Health and Safety*, OIT, Genebra, 2001.

*ALMEIDA, Ildeberto Muniz (org.), Caminhos da Análise de Acidentes de Trabalho*, Brasília, MTE, SIT, 2003.

*ALMEIDA, Ildeberto Muniz, Trajetória da Análise de Acidentes: O paradigma tradicional e os primórdios da ampliação da análise*, Interface – Comunic., Saúde, Educ. v. 10, nº 19, p. 185-202, jan./jun., 2006.

*ALMEIDA, Ildeberto Muniz, Análise de barreiras e o modelo de ressonância funcional de acidentes de Erik Hollnagel*, Revista Brasileira de Saúde Ocupacional, v. 33, nº 118, p. 17-31, 2008.

*ALMEIDA, Ildeberto Muniz e VILELA, Rudolfo Andrade Gouveia, Modelo de Análise e Prevenção de Acidentes de Trabalho (MAPA)*, CEREST, São Paulo, 2010.

*AREOSA, João, O risco no âmbito da teoria social*, VI Congresso Português de Sociologia, Universidade Nova de Lisboa – Faculdade de Ciências Sociais e Humanas, Lisboa, 2008.

*AREZES, Pedro, Comparação de Metodologias de Avaliação de Riscos*, Apresentação, Universidade do Minho, Guimarães, 2007.

*ASCHE, F. e AVEN, T., On the economic value of safety, in: BEDFORD, T. e van GELDER, P. H. A. J. M. (ed.), Safety & Reliability*, v. 1, p. 59-66, ESREL, Holanda, 2003.

*AZEVEDO, Adelaide Maria C., Identificação e Avaliação de Riscos Profissionais: Importância de uma Gestão Eficaz do Programa de Prevenção*, CES – Centro de Estudos Sociais, Faculdade de Economia, Universidade de Coimbra, Coimbra, 2007.

*BASTIAS, Hernán Henríquez, Introducción a la ingeniería de prevención de pérdidas*, Conselho Regional do Estado de São Paulo da Associação Brasileira para a Prevenção de Acidentes, São Paulo, 1977.

*BERNSTEIN, P. L., Against the Gods. The remarkable Story of Risk*, John Wiley, 1998.

*BINDER, Maria Cecília Pereira, O uso do método de árvore de causas na investigação de acidentes de trabalho típicos*, Rev. Bras. Saúde Ocup., v. 3, nº 87/88, p. 69-92, 1997.

*BINDER, Maria Cecília Pereira e ALMEIDA, Ildeberto Muniz, Estudo de caso de dois acidentes de trabalho investigados com o método de árvore de causas*, Cad. Saúde Públ., Rio de Janeiro, 13(4), p. 749-760, out./dez., 1997.

*BOYD, Carol, Human Resource Management and Occupational Health and Safety*, Routledge, UK, 2003.

*BOZZANO, Marco e VILLAFIORITA, Adolfo, Integrating fault tree analysis with event ordering information*, in: *BEDFORD, T. e van GELDER, P. H. A. J. M.* (ed.), *Safety & Reliability*, v. 1, p. 247-254, ESREL, Holanda, 2003.

*BRAUER, Roger L., Safety and Health for Engineers*, 2ª ed., John Wiley & Sons, 2006.

*BURRIEL LLUNA, Germán, Sistema de Gestión de Riesgos Laborales e Industriales*, 2ª ed., Fundación MAPFRE, Madrid, 1999.

*CABRAL, Fernando A. e ROXO, Manuel M., Segurança e Saúde do Trabalho*, Almedina, Coimbra, 2008.

*CALDAS, Cláudio Ferreira, Análise de Riscos na área de Segurança Corporativa: Identificação e desenvolvimento dos fatores relevantes em todas as etapas do processo*, Fundação Getúlio Vargas, Rio de Janeiro, 2003.

CAMPELO, Filipe e MIGUEL, A. Sérgio, **Avaliação do Custo dos Acidentes de Trabalho**, in: Proceedings, 3º Colóquio Internacional sobre Higiene e Segurança do Trabalho, Ordem dos Engenheiros, p. 55-56, Porto, 2003.

CARDELLA, Benedito, **Segurança no Trabalho e Prevenção de Acidentes – Uma Abordagem Holística**, Atlas, S. Paulo, 1999.

CASTEJÓN, Emilio; BENAVIDES, Fernando G. e MONCADA, Salvador, **Teoría general de la evaluación de riesgos**, Arch Prev Riesgos Labor, v. 2, p. 69-74, 1998.

CASTELO BRANCO, Jacqueline; DIOGO, Miguel Tato e BAPTISTA, João Santos, **Comparação da avaliação dos riscos por dois métodos correntemente utilizados na indústria extrativa**, in: Proceedings, Colóquio Internacional de Segurança e Higiene Ocupacionais SHO2007, Guimarães, 2007.

CARVALHO, Filipa Catarina V. S. P. M., **Avaliação de risco – Estudo comparativo entre diferentes métodos de Avaliação de Risco, em situação real de trabalho**, Dissertação de Mestrado, Universidade Técnica de Lisboa, Faculdade de Motricidade Humana, 2007.

CAVALLERO, D.; DEBERNARDI, M. L. e MARMO, L., **Risk analysis methods to evaluate aluminium dust explosion hazard**, in: BEDFORD, T. e van GELDER, P. H. A. J. M. (ed.), **Safety & Reliability**, v. 1, p. 373-380, ESREL, Holanda, 2003.

COELHO, João Manuel, **A matriz harmonizada de risco – o “canivete suíço” dum sistema integrado de gestão do risco industrial**, in: SOARES, C. Guedes; TEIXEIRA, Ângelo P. e ANTÃO, P. (ed.), **Riscos Públicos e Industriais – v. 1**, p. 269-286, Ed. Salamandra, Lisboa, 2007.

COOK, Melvin A., **The Science of High Explosives**, American Chemical Society Monograph Series, Reinhold Publishing Corporation, New York, 1958.

CORREIA, Cármen Regina Pereira e CARDOSO Jr, Moacyr Machado, **Análise e classificação dos fatores humanos nos acidentes industriais**, Produção, jan/abr 2007, vol. 17, nº 1, p. 186-198.

de CICCIO, Francesco M. G. A. F. e FANTAZZINI, Mario Luiz, **Os riscos empresariais e a gerência de riscos**, Proteção – suplemento especial nº 1, nº 27, São Paulo, fev./mar., 1994.

DAVIES, John; ROSS, Alastair; WALLACE, Brendan e WRIGHT, Linda, **Safety Management: a Qualitative Systems Approach**, Taylor & Francis, London/New York, 2003.

DEW, John R., **In search of the Root Cause**, Quality Progress, v. 23, nº 3, p. 97-102, 1991.

FAVARO, M. e MONTEAU, Michel, **Bilan des méthodes d'analyse a priori des risques – 1. Des contrôles à l'ergonomie des systèmes**, INRS – Institut National de Recherche et Sécurité, Cahier des notes documentaires, nº 138, 1<sup>er</sup> trim., 1990.

FAVARO, M. e MONTEAU, Michel, **Bilan des méthodes d'analyse a priori des risques – 2. Principales méthodes de la sécurité des systèmes**, INRS – Institut National de Recherche et Sécurité, Cahier des notes documentaires, nº 139, 2<sup>e</sup> trimestre, 1990.

FINE, William T., **Mathematical Evaluations for Controlling Hazards**, Tradução de TURMO SIERRA, Emílio – Departamento de Seguridad del Instituto Territorial de Barcelona, 1973.

FISCHHOFF, Baruch ; LICHTENSTEIN, Sarah ; SLOVIC, Paul ; DERBY, Stephen L. e KEENEY Ralph L., **Acceptable Risk**, Cambridge University Press, 1993.

FREITAS, Luis Conceição, **Gestão da Segurança e Saúde no Trabalho – Vol. 1 e 2**, Edições Universitárias Lusófonas, 2004.

GÓMEZ-CANO HERNANDEZ, Manuel; GONZÁLEZ FERNÁNDEZ, Enrique; LÓPEZ MUÑOZ, Gerardo e RODRIGUEZ de PRADA, Antonio, **Evaluación de Riesgos Laborales**, INSHT, Madrid, 2001.

GONZALES B., Carol e INCHE M., Jorge, **Modelo de análisis y evaluación de riesgos de accidentes en el trabajo para una empresa textil**, Industrial Data, v. 7, n. 001, p. 33-41, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, 2004.

GRETENER, Max, **Détermination des mesures de protection découlant de l'évaluation du danger potentiel d'incendie**, Ass. des Etablissements Cantonaux d'Assurances contre Incendie, Berne, 1973.

GUIDDENS, Anthony, **O Mundo na Era da Globalização**, 4<sup>a</sup> ed., Editorial Presença, Lisboa, 2002.

- HAIMES, Yacov Y.*, **Models for risk management of systems of systems**, Int. J. System of Systems Engineering, v. 1, n. 1/2, p. 222-236, 2008.
- HAIMES, Yacov Y.; KAPLAN, Stan e LAMBERT, James H.*, **Risk Filtering, Ranking and Management Framework using Hierarchical Holographic Modelling**, Risk Analysis, v. 22, n. 2, p. 383-397, 2002.
- HAIMES, Yacov Y.*, **Hierarchical Holographic Modelling**, IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, v. 11, n. 9, p. 606-617, 1981.
- HAIMES, Yacov Y.*, **Total risk management**, Risk Analysis, v. 11, n. 2, p. 169-171, 1991.
- HAIMES, Yacov Y.; LAMBERT, Jim; LI, Duan; SCHOOFF, Rich e TULSIANI, Vijay*, **Hierarchical Holographic Modelling for Risk Identification in Complex Systems**, University of Virginia, Charlottesville, 1995.
- HALL, Jon G. e SILVA, Andrés*, **A conceptual model for the analysis of mishaps in human-operated safety-critical systems**, Safety Science 46, p. 22-37, 2008.
- HARMS-RINGDAHL, Lars*, **Investigation of barriers and safety functions related to accidents**, in: *BEDFORD, T. e van GELDER, P. H. A. J. M.* (ed.), **Safety & Reliability**, v. 1, p. 763-768, ESREL, Holanda, 2003a.
- HARMS-RINGDAHL, Lars*, **Assessing safety functions – Results from a case study at an industrial workplace**, Safety Science, nº 41, p. 701-720, 2003b.
- HARMS-RINGDAHL, Lars*, **Safety Analysis – Principles and Practice in Occupational Safety**, 2<sup>nd</sup> ed., Taylor & Francis, London, 2005.
- HARMS-RINGDAHL, Lars e WENNERSTEN, Ronald*, **Alternative approaches to risk evaluation**, *PASMAN, H.J.; FREDHOLM, O. e JACOBSSON, A.* (ed.), in: *Proceedings of Loss Prevention and Safety Promotion in the Process Industries*, 10<sup>th</sup> International Symposium, Stockholm. Elsevier Science, p. 361-369, Amsterdam, 2001.
- HEINRICH, H. W.*, **Industrial accidents prevention**, McGraw-Hill, New York, 1931.
- HIGNETT, K. C.*, **Practical Safety and Reliability Assessment**, E & FN Spon, London, 1996.
- HOLLNAGEL, Erik*, **Accident Models and Accident Analysis**, IDA – LIU (Linköpings Universitet), 2005.

HOLLNAGEL, Erik, **Human Reliability Analysis**, IDA – LIU (Linköpings Universitet), 2005.

INSHT – Instituto Nacional de Seguridad y Higiene en el Trabajo, **NTP 100 – Evaluación del Riesgo de Incendio: Método Gustav Purt**, Centro de Investigación y Asistencia Técnica, Barcelona, 2008.

INSHT – Instituto Nacional de Seguridad y Higiene en el Trabajo, **NTP 330 – Sistema Simplificado de Evaluación de Riesgos de Accidente**, Centro Nacional de Condiciones de Trabajo, Madrid, 2008.

JACINTO, Celeste, **Análise de Acidentes de Trabalho – Método de Investigação WAIT**, Verlag Dashöfer – Edições Profissionais, Lisboa, 2007.

JACINTO, Celeste e ASPINWALL, Elaine, **Work Accidents Investigation Technique (WAIT) – Part I**, Safety Science Monitor, V. 7, nº 1, 2003.

JACINTO, Celeste e ASPINWALL, Elaine, **Work Accidents Investigation Technique (WAIT) – Part II**, Safety Science Monitor, V. 8, nº 1, 2004.

JACINTO, Celeste; SOARES, C. Guedes; FIALHO, Tiago e SILVA, Sílvia A., **Um processo novo para gerir a informação dos acidentes e melhorar a segurança**, in: Proceedings, Colóquio Internacional de Segurança e Higiene Ocupacionais SHO2010, Guimarães, 2010.

JACINTO, Celeste; PEREIRA, Zulema L.; CANOA, Miguel; FIALHO, Tiago e SOARES, C. Guedes, **Os Precursores Organizacionais dos Acidentes de Trabalho na Indústria Metalomecânica**, in: SOARES, C. Guedes; TEIXEIRA, Ângelo P. e ANTÃO, P. (ed.), **Riscos Públicos e Industriais – v. 2**, p. 1077-1098, Ed. Salamandra, Lisboa, 2007.

JAKSON, Norman e CARTER, Pippa, **The perception of Risk in: Ansell, Jake, Wharton, Frank, Risk: analysis assessment and management**, John Wiley & Sons, Ltd., England, 1992.

Junta de Castilla y León, **Riesgos Laborales – Aspectos Generales**, 2002.

KAFAROV, Viktor, **Cybernetic Methods in Chemistry & Chemical Engineering**, Mir Publishers, Moscow, 1976.

KAPLAN, Stanley e GARRICK, B. John, **On the quantitative definition of risk**, Risk Analysis, v. 1, n. 1, p. 11-27, 1981.



KAPLAN, Stanley; HAIMES, Yacov Y. e GARRICK, B. John, **Fitting hierarchical holographic modelling (HHM) into the theory of scenario structuring and a refinement to the quantitative definition of risk**, Risk Analysis, v. 21, n. 5, p. 807-819, 2001.

KATSAKIORI, Panagiota; SAKELLAROPOULOS, George. e MANATAKIS, Emmanuel, **Towards an evaluation of accident investigation methods in terms of their alignment with accident causation models**, Safety Science, Elsevier (article in press), 2008.

KINNEY, G. F., **Méthode d'analyse graphique des risques**, Promosafe, jan. p. 19-22, 1981.

KINNEY, G. F. e WIRUTH, A. D., **Practical Risk Analysis for Safety Management**, China Lake, CA: NWC Technical Publication 5865, Naval Weapons Centre, 1976.

LARANÉ, André, **Défis de l'Évaluation des Risques**, Travail et Sécurité, INRS, n° 610, sep., p. 19-33, 2001.

LEMOES, Alfredo M. F. Tovar e NEVES, Ildefonso Cabrita, **Avaliação do Risco de Incêndio – Método de Cálculo**, Gabinete de Apoio da Universidade Técnica de Lisboa, 1991.

LIEBER, Renato Rocha e ROMANO-LIEBER, Nicolina Silvana, **Fatores humanos nos acidentes de trabalho sob a perspectiva tecnológica: causa ou risco?** Apresentado no I Seminário de Pedagogia Institucional, UERJ-NUPPI, Petrobrás, Rio de Janeiro, RJ-25, 26-10-2004.

LIVINGSTON, A. D.; JACKSON G. e PRIESTLEY, K., **Root causes analysis: Literature review**, HSE Books, 2001.

LLIMONA i BONFILL, Josep; ABADE PUENTE, Jesús e MONDELO, Pedro R., **Evaluación de riesgos laborales: metodología CEP-UPC**, apresentado na ORP 2004 – 3<sup>rd</sup> International Conference on Occupational Risk Prevention, Santiago de Compostela, 2004.

LUPTON, Deborah, **Risk**, Routledge, Nova Iorque, 1999.

MACEDO, Mário José de Magalhães, **Método de Gretener – Livro Técnico para Profissionais de SHT**, 1<sup>a</sup> ed., Verlag Dashöfer – Edições Profissionais, Lisboa, 2008.

*MACEDO, Ricardo*, **Manual de Higiene do Trabalho na Indústria**, Fundação C. Gulbenkian, Lisboa, 1988.

*MADEIRA, Aníbal (ed.)*, **Manual Higiene e Segurança do Trabalho**, Unidade 6, Verlag Dashöfer – Edições Profissionais, Lisboa, 2010.

*MALCHAIRE, Jacques*, **Stratégie SOBANE et Guide de Dépistage DEPARIS**, Direction Générale Humanisation du Travail, Université Catholique de Louvain, 2007.

*MARANDOLA Jr., Eduardo e HOGAN, Daniel J.*, **O risco em perspectiva: tendências e abordagens**, Geosul, Florianópolis, nº 38, p. 23-58, 2004.

*MELO, Carlos Haddad; GUEIROS Jr., João Marcus Sampaio e MORGADO, Cláudia Rosário Vaz*, **Avaliação de riscos para priorização do plano de segurança**, Congresso Nacional de Excelência em Gestão, Niterói, RJ, 2002.

*MIGUEL, Alberto Sérgio S. R.*, **Manual de Higiene e Segurança do Trabalho**, 8ª Ed., Porto Editora, 2005.

*MIRANDA, V. A. A.; CABRAL, S. D. e HADDAD, A. N.*, **TRIPOD: uma ferramenta de identificação e análise de riscos baseada nos acidentes**, Ação Ergonômica, v. 1, nº 3, p. 9-20, 2002.

*MONTEAU, Michel*, **Bilan des méthodes d'analyse des accidents du travail**, Rapport nº 456/RE, INRS – Institut National de Recherche et Sécurité, Nancy, 1979.

*MONTEAU, Michel*, **L'analyse des risques professionnels : quelques difficultés encore**, in: Proceedings, 8º Congresso Internacional de Segurança, Higiene e Saúde do Trabalho, p. 167-170, Porto, 2008.

*MORENO HURTADO, José Joaquín (coord.) et al*, **Manual de Evaluación de Riesgos Laborales**, Junta de Andalucía, Consejería de Empleo, Dirección General de Seguridad y Salud Laboral, Sevilla, 2004.

*MOSSINK, Jos C. e de GIER, H. G.*, **Assessing the work conditions – The European practice**, European Foundation for Improvement of Living and Working Conditions, Dublin, 1996.

*MOSSINK, Jos C. e de GREEF, Marc*, **Inventory of socioeconomic costs of work accidents**, European Agency for Safety and Health at Work, 2002.

MOYEN, D., QUINOT, E. e HEIMFERT, M., **Exploitation d'analyses d'accidents du travail a des fins de prevention. Essai méthodologique**, Le Travail Humain, 43 (2), p. 255-274, PUF, 1980.

NEBOIT, Michel **Aproche des facteurs humains en prévention des risques au travail** (1999) tradução por ALMEIDA, I. M., **Caminhos da Análise de Acidentes de Trabalho – Cap. 4**, Brasília, MTE, SIT, 2003.

NUNES, Fernando M. D. Oliveira, **Avaliação de níveis de segurança nos locais de trabalho: uma abordagem quantitativa**, in: Proceedings, 3º Colóquio Internacional sobre Higiene e Segurança do Trabalho, Ordem dos Engenheiros, p. 77-82, Porto, 2003.

NUNES, Fernando M. D. Oliveira, **Identificação, avaliação e controlo de riscos: procedimento com modelo configurável**, Segurança, nº 187, nov./dez., p. 19-24, 2008.

NUNES, Fernando M. D. Oliveira, **Segurança e Higiene do Trabalho – Manual Técnico**, Ed. Gustave Eiffel, 2ª ed. Lisboa, 2009.

NUNES, Fernando M. D. Oliveira, **Sobre a utilização de termos e conceitos em avaliação de riscos profissionais**, 1ª Parte, Segurança, nº 198, set/out, 2010, p. 3-5; 2ª Parte, Segurança, nº 199, nov/dez, 2010, p. 5-7.

OLIVEIRA, Carlos Gomes, **Novas tendências da gestão da segurança: Da reflexão à acção**, 1º Encontro Nacional dos Técnicos de Segurança, SEGUREX, Lisboa, 2001.

OLIVEIRA, Carlos Gomes, **Avaliação de riscos: ato único ou complementar?**, Segurança, nº 199, nov-dez, 2010, p.16-20.

OLIVEIRA, Carlos Gomes e MACEDO, Carlos Moutinho, **Segurança Integrada**, Ed. Companhia de Seguros Bonança, S.A., Lisboa, 1996.

OLIVEIRA, Rosemeri Amaral, **Análise dos Riscos na Terapêutica Transfusional: uma abordagem ergonômica baseada na técnica dos incidentes críticos**, Universidade Federal de Sta. Catarina, Florianópolis, 2001.

PANDAGGIS, Leónidas Ramos, **Uma leitura da árvore de causas no atendimento de demanda do poder judiciário: Um fluxograma de antecedentes**, Escola Politécnica da Universidade de S. Paulo, S. Paulo, 2003.

*PECE, Stefan e DASCALESCU, Aurélia, Risk Assessment Method for Occupational Accidents and Diseases*, National Research Institute for Labour Protection (Roménia), 1998.

*PEREIRA, Carlos; COSTA, Sara e MARQUES, José Carlos, Metodologia para Análise e Controlo de Riscos em Empresas Industriais de Tratamento de Resíduos Sólidos Urbanos e Equiparados*, in: *SOARES, C. Guedes; TEIXEIRA, Ângelo P. e ANTÃO, P. (ed.), Riscos Públicos e Industriais – v. 1*, p. 321-333, Ed. Salamandra, Lisboa, 2007.

*PEREIRA, Paulo, O Papel da Automação de Segurança na Indústria de Manufatura*, in: *SOARES, C. Guedes; TEIXEIRA, Ângelo P. e ANTÃO, P. (ed.), Riscos Públicos e Industriais – v. 1*, p. 421-432, Ed. Salamandra, Lisboa, 2007.

*PINTO, Abel, Sistemas de Gestão da Segurança e Saúde no Trabalho*, Silabo, Lisboa, 2005.

*PINTO, Abel; NUNES, Isabel M. e RIBEIRO, Rita A., Framework for Ensuring Risk Assessment Completeness in Construction Industry*, 17<sup>th</sup> IEA Congress, Beijing, China, aug. 9-14, 2009.

*PITÉ-MADEIRA, Ângelo P. e SOARES, C. Guedes, Matriz de Quantificação do Risco Químico Profissional em Laboratório*, in: *SOARES, C. Guedes; TEIXEIRA, Ângelo P. e ANTÃO, P. (ed.), Riscos Públicos e Industriais – v. 2*, p. 935-950, Ed. Salamandra, Lisboa, 2007.

*POLET, P., Modélisation des franchissements de barrières pour l'analyse des risques des systèmes homme-machine*, Tese de Doutoramento apresentada a: Université de Valenciennes et du Hainaut--Cambrésis, 2002.

*POWER, Michael, The Risk Management of Everything – Rethinking the Politics of Uncertainty*, Demos, London, 2004.

*PUY, Ana, Percepción Social de los Riesgos*, Ed. MAPFRE, Madrid, 1995.

*QUINOT, E. e MOYEN, D., Technique Risque et Danger – Essai de modélisation de l'opération technique et de ses dysfonctionnements dans le cadre d'une théorie de l'accident*, Les Notes Scientifiques et Techniques de l'INRS n° 33, Paris, nov. 1980.

*RAMOS ANTÓN, Arístides*, **Procedimiento para el análisis de riesgos de operación: método HAZOP (hazard operability)**, Prevención nº 101, jul.-sep. p. 38-49, 1987.

*REASON, James T.*, **Human error**, Cambridge University Press, New York, 1990.

*REASON, James T.*, **Managing the risks of organizational accidents**, Ashgate Publishing Ltd., Aldershot, UK, 1997.

*REASON, James T.*, **Human error: models and management**, BMJ, 320, 2000.

*REESE, Charles D.*, **Accident/Incident Prevention Techniques**, Taylor & Francis, London, 2001.

*REIS, Cristina Madureira e SOEIRO, Alfredo*, **Economia da Segurança e dos Acidentes na Construção**, ISHST, Lisboa, 2005.

*RENN, Ortwin*, **Precaution and analysis; two sides of the same coin?**, European Molecular Biology Organization EMBO Reports, v. 8, nº 4, 2007.

*RENN, Ortwin*, **Concepts of Risk: An Interdisciplinary Review**, apresentado na ISA Conference, Barcelona, 2008.

*RICHET, J. P. e ANDEOL, B.*, **Évaluation des risques professionnels. Un élément clé de la prévention**, Travail et Sécurité, INRS, nº 622, oct., p. 28-38, 2002.

*RITSU, Dobashi*, **Risk of dust explosions of combustible nanomaterials**, Department of Chemical System Engineering, School of Engineering, The University of Tokyo, 2009.

*RONZA, Andrea*, **Contributions to the risk assessment of major accidents in port areas**, PhD Thesis, Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona, 2007.

*ROXO, Manuel M.*, **Segurança e Saúde do Trabalho: Avaliação e Controlo de Riscos**, Almedina, Coimbra, 2004.

*RUBIO ROMERO, Juan Carlos*, **Métodos de Evaluación de Riesgos Laborales**, Diaz de Santos, Madrid, 2004.

*SANTOS, Cidália de Lourdes Moura e RODRIGUES, Celso Luiz Pereira*, **Metodologias para a identificação de riscos – uma avaliação preliminar**, Universidade Federal da Paraíba, 1997.

SANTOS, Fernando Manuel Almeida, **Custos e benefícios na segurança do trabalho**, Revista de pensamento do Eixo Atlântico, nº 5, xul.-dec., 2003.

SANTOS, J. Correia e SOARES, C. Guedes, **Metodologia para Avaliação do Risco de Transporte Rodoviário**, in: SOARES, C. Guedes; TEIXEIRA, Ângelo P. e ANTÃO, P. (ed.), **Riscos Públicos e Industriais – v. 1**, p. 599-622, Ed. Salamandra, Lisboa, 2007.

SANTOS, Mateus Sales e RIBEIRO, Flávio de Miranda, **Cervejas e Refrigerantes**, CETSB – Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental, Secretaria do Meio Ambiente, Governo do Estado de São Paulo, S. Paulo, 2005.

SEARA, José Augusto Ribeiro, **O custo do acidente de trabalho**, Segurança, nº 111, 2º trim., p. 42-49, 1993.

SHAH, Jay Tarakkumar, **Probabilistic risk assessment method for prioritization of risk factors**, Louisiana State University, 2004.

SHAPPEL, S. e WIEGMANN, D., **The Human Factors Analysis and Classification System (HFACS)**, Federal Aviation Administration, Office of Aviation Medicine, Report nº DOT/FAA/AM-00/7, Office of Aviation Medicine, Washington, DC, 2000.

SILVA, Ana Luzia; BARROSO, Mónica Paz e MIGUEL, A. Sérgio, **Análise do potencial para a ocorrência de violações no trabalho com prensas**, in: Proceedings, 4º Colóquio Internacional sobre Higiene e Segurança do Trabalho, Ordem dos Engenheiros, p. 99-104, Porto, 2004.

SILVA, Cristina N. e JACINTO, Celeste, **Avaliação de Risco de Acidente de Trabalho na Construção Naval Utilizando a Abordagem “Bow-Tie”**, in: SOARES, C. Guedes; TEIXEIRA, Ângelo P. e ANTÃO, P. (ed.), **Riscos Públicos e Industriais – v. 2**, p. 833-852, Ed. Salamandra, Lisboa, 2007.

SILVA, Sílvia A.; OLIVEIRA, Maria João; CARVALHO, Helena; FIALHO, Tiago; SOARES, Carlos Guedes e JACINTO, Celeste, **Práticas organizacionais formais utilizadas para a aprendizagem com acidentes de trabalho**, in: Proceedings, Colóquio Internacional de Segurança e Higiene Ocupacionais SHO2010, Guimarães, 2010.

SIMÕES, António Neto, **Auditoria e Avaliação de Riscos**, 2<sup>as</sup> Jornadas Império sobre Risco e Segurança Industrial, Lisboa, 1995.

STEEL, C., **Risk Estimation**, The Safety and Health Practitioner, p. 20-21, jun. 1990.

STELLMAN, Jeanne Mager, **Encyclopaedia of Occupational Health and Safety**, OIT, 1998.

STROHM, P. F. e OPHEIM, G. S., **Mission-Oriented Risk Assessment**, Professional Safety, p. 38-43, jun. 1993.

TEIXEIRA, Ângelo P. e SOARES, C. Guedes, **CrITÉrios EconÓmicos e Sociais de Aceitabilidade de Risco**, in: SOARES, C. Guedes; TEIXEIRA, Ângelo P. e ANTÃO, P. (ed.), **Riscos PÚblicos e Industriais – v. 1**, p. 45-63, Ed. Salamandra, Lisboa, 2007.

TIXIER, J.; DUSSEY, G.; SALVI, O. e GASTON, D., **Review of 62 risk analysis methodologies of industrial plants**, Journal of Loss Prevention in the Process Industries, 15, p. 291-303, Elsevier, 2002.

TRIOLET, Jérôme e HÉRY, Michel, **Les méthodes d'évaluation des risques chimiques – Une analyse critique**, INRS, Hygiène et Sécurité du Travail, n° 216 3<sup>o</sup> trim., p. 11-24, 2009.

TURBIT, Neville, **Basics of Managing Risks**, The Project Perfect White Paper Collection, 2005.

UVA, António de Sousa, **A Prevenção de Riscos Profissionais: Novos Desafios**, Saúde & Trabalho, v. 6, p. 63-67, Lisboa, 2007.

VALERDI, Ricardo e KOHL, Ron J., **An Approach to Technology Risk Management**, Engineering Systems Division Symposium, MIT, Cambridge, USA, 2004.

VINCENT, R. e BONTHOUX, F., **Méthodologie d'évaluation simplifiée du risque chimique – un outil d'aide à la décision**, Cahiers de Notes Documentaires, INRS, n° 195, 2<sup>me</sup> Trimestre, 2004.

VOSE, David, **Risk Analysis: A Quantitative Guide**, 3<sup>rd</sup> Ed., John Wiley & Sons, Ltd., England, 2008.

WILDE, Gerald, J. S., **Target Risk 2 – Dealing with the danger of death, disease and damage in everyday decisions**, PDE Publications, Toronto, 2001.

ens

## **BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR**

*ADAMS, J.*, **Risk**, UCL Press, London, 1995.

*AGUIAR, Hugo e FUJÃO, Carlos*, **Contributos da Ergonomia para o Setor da Construção Civil**, Segurança, nº 194, jan./fev., 2010.

*ALBRECHTSEN, E. e HOKSTAD, P.*, **An analysis of barriers in train traffic using risk influencing factors**, in: *BEDFORD, T. e van GELDER, P. H. A. J. M.* (ed.), **Safety & Reliability**, v. 1, p. 25-34, ESREL, Holanda, 2003.

*ALEGRE, Carlos*, **Regime Jurídico dos Acidentes de Trabalho e das Doenças Profissionais**, Almedina, Coimbra, 2006.

*ALMEIDA, António Betâmio*, **Incertezas e Riscos no Contexto da Engenharia**, 7º Congresso da Água, APRH, Lisboa, 2004.

*ANDREWS, John J. e MOSS, T. R.*, **Reliability and Risk Assessment**, 2ª ed., Wiley-Blackwell, 2002.

*ARAÚJO, Margarida G.*, **Higiene do Trabalho: Riscos Químicos e Biológicos**, Pós-Graduação em Higiene e Segurança no Trabalho, ISEC - Instituto Superior de Educação e Ciências, Lisboa, 2003.

*AREOSA, João*, **Risco e análise de riscos: Contributos para a sua conceptualização**, in: *Proceedings, Colóquio Internacional de Segurança e Higiene Ocupacionais SHO2008*, Guimarães, 2008.

*AZNAR CARRASCO, Andres*, **Protección contra Incendios – Análisis y Diseño de Sistemas**, 2ª ed., Editorial Alcion, Madrid, 1990.

*BAKER, Susan P.*, **Where have we been and where are we going with Injury Control**, in: *MOHAN, Dinesh e TIWARI, Geetam* (ed.), **Injury Prevention and Control**, p. 19-26, Taylor & Francis, London, 2000.

*BANGDIWALA, Shrikant I.*, **Methodological Considerations in the Analysis of Injury Data: A Challenge for the Injury Research Community**, in: *MOHAN, Dinesh e TIWARI, Geetam* (ed.), **Injury Prevention and Control**, p. 35-48, Taylor & Francis, London, 2000.

*BARWICK, J. S.*, **Damage diagnosis - the cost**, Australian Safety News, v. 45, nº 1, p. 14-18, jan.-fev., Melbourne, 1974.



*BASTIAS, Hernán Henríquez, Introdução a la ingeniería de prevención de pérdidas*, São Paulo, Conselho Regional do Estado de São Paulo da Associação Brasileira para a Prevenção de Acidentes, 1977.

*BASTIAS, Hernán Henríquez, Engenharia de prevenção de perdas. Saúde Ocupacional e Segurança*, São Paulo, 1976.

*BIRD Jr., Frank, Management guide to loss control*, Institut Press, Loganville, Georgia, 1974.

*BIRD Jr., Frank e GERMAN, L. George, Practical loss control leadership*, Institut Press, Loganville, Georgia, 1986.

*BIRD Jr., Frank e LOFTUS, Robert G., Loss control management*, Institut Press, Loganville, Georgia, 1976.

*BOLLIER, Mauritius; MEYER, Fritz e TECNICA, Settore, Modelo Suva per la valutazione del rischio di installazione e apparecchi tecnici*, Suva, Lucerna, 2002.

*BONNARD, R., Le risque biologique et la méthode d'évaluation du risque*, INERIS – Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques, Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, França, 2001.

*BOULOUET, H.; BRINDEJONC, V. e MUGUR-SCHÄCHTER, M., Analyse de risques dans le cadre d'une ingénierie système relativisée*, 16<sup>ème</sup> Congrès de Maîtrise des Risques et de Sûreté de Fonctionnement, Avignon, Octobre, 2008.

*BRANDOWSKY, A. e GRABSKY, F., Bayesian estimation of the parameters in safety and reliability models for the subjective priors*, in: *BEDFORD, T. e van GELDER, P. H. A. J. M. (ed.), Safety & Reliability*, v. 1, p. 255-260, ESREL, Holanda, 2003.

*BROW, D. M. e BALL, P. W., A simple method for the approximate evaluation of fault trees*, 3<sup>rd</sup> International Symposium on Loss Prevention and Safety Promotion in the Process Industries, European Federation of Chemical Engineering, 1980.

*BRÜSEKE, Franz Josef, Risco e Contingência*, Socitec e-prints, v. 1, n. 2, p. 35-48, Florianópolis, 2005.

*CACCIABUE, P. C., Human error risk management for engineering systems: a methodology for design, safety assessment, accident investigation and training*, Reliability Engineering and System Safety, nº 83, p. 229-240, 2004.

*CAMPELO, Filipe Humberto Faria, **Análise dos custos segurados e não segurados dos acidentes laborais numa indústria de construção de pneus***, Tese de Mestrado em Engenharia Humana, apresentada a: Escola de Engenharia, Universidade do Minho, 2004.

*CAMPOS, Catarina e SANTOS, Paula, **A chave do sucesso da avaliação de riscos***, in: Proceedings, Colóquio Internacional de Segurança e Higiene Ocupacionais SHO2009, Guimarães, 2009.

*CASTILLO ROSAL, Luis Alberto, **Procedimiento para la gestión de los riesgos laborales de forma integrada y con un enfoque de procesos y su implicación en los resultados económicos, en la calidad de vida laboral y la productividad del trabajo***, Observatorio de la Economía Latinoamericana, n. 116, 2009.

*CLEMENS, Pat L. e MOHR, R. R., **Concepts in Risk Management***, Jacobs Sverdrup, 2002.

*CLEMENS, Pat L. e SIMMONS, Rodney J., **System Safety and Risk Management: A Guide for Engineering Educators***, NIOSH, Cincinnati, Ohio, 1998.

*COLIM, Ana S.; AREZES, Pedro M. e MIGUEL, A. Sérgio, **Avaliação do risco de manipulação manual de cargas: Como escolher o método correcto***, in: Proceedings, Colóquio Internacional de Segurança e Higiene Ocupacionais SHO2009, Guimarães, 2009.

*COSTA, Emília Quelhas; DIOGO, Miguel Tato e BAPTISTA, João Santos, **Avaliação da relação investimento-benefício da formação em Prevenção de Riscos Ocupacionais***, 3º Encontro Nacional de Riscos, Segurança e Fiabilidade – Riscos Industriais e Emergentes, Lisboa, 2009.

*CUNHA, Georgina, **Metodologia simplificada para a avaliação do risco derivado da exposição a agentes químicos – COSHH-Essentials***, in: Proceedings, 8º Congresso Internacional de Segurança, Higiene e Saúde do Trabalho, p. 107-112, Porto, 2008.

*de CICCIO, Francesco e FANTAZZINI, Mario Luiz, **Introdução à engenharia de segurança de sistemas***, 3. ed. FUNDACENTRO, São Paulo, 1994.

de DIANOUS, V. e FIÉVEZ, C., **ARAMIS project: A more explicit demonstration of risk control through the use of bow-tie diagrams and the evaluation of safety barrier performance**, Journal of Hazardous Materials, v. 130, nº 3, p. 220-233, 2006.

DORFMAN, Mark F., **Introduction to Risk Management and Insurance**, 9ª ed., Pearson Education, 2008.

DRAGONE, Giuliano ; MUSSATO, Solange Inês e SILVA, João Batista de Almeida, **Inovações na produção de cerveja**, Biotecnologia, Ciência & Desenvolvimento, nº 35, jul./dez., p. 48-51, 2005.

ELLUL, Jacques, **La technique ou l'enjeu du siècle**, A. Colin, Paris, 1954.

FISCHHOFF, B. ; LICHTENSTEIN, S. ; SLOVIC, P. ; DERBY, S. L. et al, **Acceptable risk**. Cambridge University Press, New York, 1981.

FLANAGAN, J. C., **La technique de l'incident critique**, Revue de Psychologie Appliquée, v. 4. nº 2, 1954.

GASPAR, Jorge, **Responsabilidade penal na avaliação de riscos profissionais**, Segurança, nº 196, mai./jun., p. 16-19, 2010.

GRAHAM, K. J. e KINNEY, G. F., **A practical safety analysis system for hazards control**, Journal of Safety Research, spring, v. 12, nº 1, p. 13-20, 1980.

GREEN, A. E. e BOURNE, A. J., **Reliability Technology**, J. Wiley and Sons, Chichester, U.K., 1972.

HAMMER, Willie, **Product Safety Management and Engineering**, Prentice Hall, Englewood Cliffs - NJ, USA, 2. ed., 1993.

HEDLUND, James, **Risky Business: Safety Regulations, Risk Compensation and Individual Behaviour**, in: MOHAN, Dinesh e TIWARI, Geetam (ed.), **Injury Prevention and Control**, p. 115-138, Taylor & Francis, London, 2000.

HENGLMANN, Josef e MIEDANER, H., **Métodos de producción de cerveza**, BBIE, 3, p. 10-16, 2005.

IDDIR, Olivier, **Le nœd papillon: une méthode de quantification du risque majeur**, Techniques de l'Ingénieur, 2008.

JACKSON, Norman e CARTER, Pippa, **The perception of risk**, in: ANSELL, Jake e WHARTON, Frank, **Risk: analysis assessment and management**, John Wiley & Sons, Ltd., England, 1992.

JUSLIN, Kaj, **A Companion Model Approach to Modelling and Simulation of Industrial Processes**, Tese de Doutorado apresentada a: Helsinki University of Technology, Espoo, Finland, 2005.

KLETZ, Trevor, **A eliminação dos riscos oriundos dos processos**, tradução e adaptação de ALCKMIN, André Leite, São Paulo, APCI, RODHIA S.A., 1984?.

KLINKE, Andreas e RENN, Ortwin, **Systemic risks: A new challenge for risk management**, EMBO Reports, Science and Society, v. 5, Special Issue, 2004.

KUMAMOTO, Hiromitsu e HENLEY, Ernest J., **Probabilistic risk assessment and management for Engineers and Scientists**, 2<sup>nd</sup> ed., IEEE Press, New York, 1996.

LAHERA MARTÍN, Matilde e GÓNGORA YERRO, Juan José, **Fatores psicossociais – Identificación de situaciones de riesgo**, INSL – Instituto Navarro de Salud Laboral, 2002.

LEONARDO, Azália e BRÁS, Isabel, **Avaliação de Riscos Profissionais em Atividade Industrial Têxtil**, Centro de Estudos em Educação, Tecnologias e Saúde, Viseu, 2009.

LIMA, Francisco, **Os Custos dos Acidentes de Trabalho nas Empresas de Construção**, CEG – Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, 2003.

LORENT, Pierre, **Do Projeto ao Estaleiro: condições de trabalho, qualidade, resultados económicos**, Tradução de FERNANDES, Aníbal de Figueiredo – Fundação Europeia para a Melhoria das Condições de Vida e de Trabalho, ed. lit., 1991.

MAGALHÃES-VILHENA, Vasco, **Essor scientifique et technique et obstacles sociaux à la fin de l'antiquité**, Cahier du CERM 42, Paris, 1965.

MALCHAIRE, Jacques B. e COCK, N. A., **Risk prevention and control strategy for upper limb musculoskeletal disorders**, Newsletter of the European Trade Union for Health and Safety, nº 11-12, June, p. 27-31, 1999.

MARRIS, Claire, **OGM: Comment analyser les risques?**, Biofutur, nº 195, Décembre, p. 44-47, 1999.

MARSEGUERRA, M.; ZIO, E. e BIANCHI, M., **A fuzzy model for the estimate of the accident rate in road transport of hazardous materials**, in: BEDFORD, T. e van GELDER, P. H. A. J. M. (ed.), **Safety & Reliability**, v. 2, p. 1085-1092, ESREL, Holanda, 2003.

MAZOUNI, Mohamed Habib e HADJ-MABROUK, Habib, **Analyse des risques d'accident dans les transports ferroviaires**, 40<sup>e</sup> Congrès Annuel de l'AQTR, Canadá, 2005.

MELHEM, Georges A., **Conduct Effective Risk Assessment (QRA) Studies**, io-Mosaic, Salem, 2006.

MEYER, Francis, **L'Évaluation des Risques Professionnels**, Presses Universitaires de Strasbourg - PUS, 1995.

MOHAN, Dinesh, **Injury Control and Safety Promotion : Ethics, Science and Practice**, in: MOHAN, Dinesh e TIWARI, Geetam (ed.), **Injury Prevention and Control**, p. 1-12, Taylor & Francis, London, 2000.

NEVES, Miguel Alves Corticeiro, **A avaliação de riscos na Força Aérea – Uma metodologia curta, clara e concisa**, in: Proceedings, Colóquio Internacional de Segurança e Higiene Ocupacionais SHO2009, Guimarães, 2009.

NOGUEIRA, Diogo Pupo, **Histórico**, in: **Curso para engenheiros de segurança do trabalho**, Fundacentro, v. 1, p. 9-15, São Paulo, 1981.

NUNES, Fernando M. D. Oliveira e FERNANDES, Ana, **Sistema Integrado para a Informatização da Gestão da Segurança e Saúde do Trabalho**, in: Proceedings, 2<sup>o</sup> Congresso Internacional de Segurança, Higiene e Saúde do Trabalho, Porto, 2002.

NUNES, Fernando M. D. Oliveira e FERNANDES, Ana, **Gestão da Segurança e Saúde do Trabalho – O Sistema de Informação**, Segurança, nº 147, mar./abr., 2002.

PERROW, Charles, **Normal Accidents: Living with High-Risk Technologies**, Princetown University Press, 1999.

*PETERSEN, Daniel*, **Safety by Objectives**, John Wiley & Sons, Inc., Nova Iorque, 1995.

*PIRES, Patrícia Carla Mendes*, **Desenvolvimento de uma metodologia de avaliação de riscos ambientais para apoiar a elaboração de planos de emergência**, Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Ciências e Sistemas de Informação Geográfica, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2005.

*RAAFAT, H. M. N.*, **Risk assessment and machinery safety**, Journal of Occupational Accidents, 11, p. 37-50, Elsevier Science Publishers, 1989.

*RAOUF, A.*, **Theory of accident causes**, in: *SAARI, J.* (ed.), **Accident Prevention**, The ILO Encyclopædia of Occupational Health and Safety, 4<sup>th</sup> Ed. ILO Publications, Geneva, 1998.

*RASMUSSEN, J.*, **The definition of human error and a taxonomy for technical systems design**, in: *RASMUSSEN, J.; DUCAN, K. e LAPLAT, J.* (ed.), **New Technology and Human Error**, John Wiley & Sons, Chichester, 1987.

*RASMUSSEN, J.*, **Models of Mental Strategies in Process Plant Diagnosis**, in: *RASMUSSEN, J. e ROUSE, W. B.* (ed.), **Human Detection and Diagnosis of Systems Failures**, Plenum Press, New York, p. 241-258, 1981.

*RIDLEY, John*, **Health and Safety in Brief**, 4<sup>a</sup> ed., Butterworth-Heinemann, 2008.

*RIDLEY, John R. e CHANNING, John*, **Safety at Work**, 7<sup>a</sup> ed., Butterworth-Heinemann, 2007.

*ROBALO, José e ROSÁRIO, Pedro*, **Gestão do Risco e Emergências em Saúde Pública**, in: *SOARES, C. Guedes; TEIXEIRA, Ângelo P. e ANTÃO, P.* (ed.), **Riscos Públicos e Industriais – v. 1**, p. 85-95, Ed. Salamandra, Lisboa, 2007.

*RODJER, Chris e PETCH, Jason*, **Uncertainty and Risk Analysis**, Business Dynamics, PricewaterhouseCoopers, 1999.

*ROSS, A. J.; DAVIES, J. B.; WITE, M.; BAXTER, J.; WRIGHT, L. e HARRIS, J.*, **Trend and Pattern Methodology for Human Factors Root Causes in Events**, in: Proceedings of the British Psychological Society, 7, 2:116, 1999.

*RUBIO ROMERO, Juan Carlos*, **Gestión de la prevención de riesgos laborales: OHSAS 18001 – directrices OIT para su integración con calidad y medioambiente**, Diaz de Santos, Madrid, 2002.

SÁNCHEZ GÓMEZ-MERELO, Manuel, **Manual para el Director de Seguridad**, E.T. Estudios Técnicos, Madrid, 2008.

SAURIN, Tarcisio Abreu; JACQUES, Jocelise; HENRIQSON, Éder e CARIM Jr., Guido, **Análise de uma Classificação de Barreiras contra Acidentes em Produtos e Processos**, XXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Foz do Iguaçu, out., 2007.

SENGUPTA, Anandita, **Industrial Hazard, Vulnerability and Risk Assessment for Landuse Planning: A Case Study of Haldia, West Bengal, India**, Tese apresentada a: International Institute for Geo-information Science and Earth Observation and Indian Institute of Remote Sensing (NRSA), 2007.

SJÖBERG, Lennart, **World Views, Political Attitudes and Risk Perception**, Health, Safety and Environment, 137, 1998.

SONNEMANN, Guido W., **Environmental Damage Estimations in Industrial Process Chains**, Tese de Doutorado apresentada a: Universitat Rovira i Virgili, Tarragona, 2002.

SOTO, José Manoel Gama, **O problema dos acidentes do trabalho e a política prevencionista no Brasil**, Revista Brasileira de Saúde Ocupacional, v. 6, nº 21, p. 23-28, jan./fev./mar., São Paulo, 1978.

SOTTORIVA, Patrícia R. Silva; BRAGAGNOLO, Sérgio A. Martins e GARCIAS, Carlos Mello, **Análise Múltipla de Avaliação de Risco – AMAR Aplicada na Codificação de Desastres Ameaças e Riscos – CODAR. Proposta para Gerenciamento de Riscos**, in: SOARES, C. Guedes; TEIXEIRA, Ângelo P. e ANTÃO, P. (ed.), **Riscos Públicos e Industriais – v. 1**, p. 379-390, Ed. Salamandra, Lisboa, 2007.

SOUSA, Jerónimo (coord.) et al, **Acidentes de Trabalho e Doenças Profissionais em Portugal – Impactos nos Trabalhadores e Famílias**, CRPG – Centro de Reabilitação Profissional de Gaia, Gaia, 2005a.

SOUSA, Jerónimo (coord.) et al, **Acidentes de Trabalho e Doenças Profissionais em Portugal – Riscos Profissionais: Fatores e Desafios**, CRPG – Centro de Reabilitação Profissional de Gaia, Gaia, 2005b.

*SOUZA, Evandro Abreu, O Treinamento Industrial e a Gerência de Riscos. Uma Proposta de Instrução Programada*, Universidade Federal de Sta. Catarina, Florianópolis, 1995.

*TOP, Willem N., Safety & Loss Control Management and the International Safety Rating System*, 1991.

*TYERS, Claire, How workers assess and deal with the asbestos risk, in: Proceedings, 8º Congresso Internacional de Segurança, Higiene e Saúde do Trabalho*, p. 102-106, Porto, 2008.

*UVA, António de Sousa, Avaliação e Gestão do Risco em Saúde Ocupacional: Algumas Vulnerabilidades*, Revista Portuguesa de Saúde Pública, v. temático 6, p. 5-12, Lisboa, 2006.

*UVA, António de Sousa, Diagnóstico e Gestão do Risco em Saúde Ocupacional*, ISHST, Lisboa, 2006.

*UVA, António de Sousa; LEITE, Ema e SERRANHEIRA, Florentino, Políticas de Saúde e Segurança do Trabalho: Obrigação legal ou opção das empresas (e outras organizações) na valorização dos seus recursos humanos?*, Segurança, nº 196, mai./jun., p. 12-15, 2010.

*WELLS, G.; WARDAN, M. e WHETTON, C., Preliminary Safety Analysis*, Journal of Loss Prevention Process Ind., v. 6, nº 1, p. 47-60, 1993.

*WEYMAN, A. K. e KELLY, C. J., Risk Perception and Risk Communication: A review of literature*, HSE Books, 1999.



## **“SITES” NA INTERNET CONSULTADOS**

AGUILERA VEGA, *Janys Alfredo*, **Gestión de riesgos laborales**, SIGWEB, El Portal de los Expertos en Prevención de Riesgos de Chile,  
<http://www.sigweb.cl/biblioteca/GestionRiesgos.pdf>, acedido em junho 2010.

AMADOR, *Cristina Pacheco*, **Avaliação de Riscos**,  
<http://www.forma-te.com/.../4561-manual-avaliacao-de-riscos.html>, acedido em julho 2009.

ASSAF, *Tariq* e DUGAN, *Joanne Bechta*, **Diagnostic Expert Systems from Dynamic Fault Trees**, University of Virginia, Charlottesville, 2004,  
<http://www.cs.virginia.edu/~ftree/2003-redesign/pages/Research/papers/RAMS060-Diagnostics.pdf>, acedido em janeiro 2010.

BRETON, *Erwan* e BÉZIVIN, *Jean*, **An Overview of Industrial Process Meta-Models**,  
<http://atlanmod.emn.fr/www/papers/icssea2.pdf>, acedido em agosto 2010.

COURONNEAU, *Jean Claude*, **Mise en œuvre de la nouvelle approche de l'analyse des risques dans les installations classées**, Société Fluidyn,  
<http://www.fluidyn.com/Research%20Papers/NOUVELLE%20APPROCHE%20EDD%20pour%20Pr%C3%A9vention.pdf>, acedido em julho 2010.

**Evaluación de Riesgos**,  
<http://www.cepis.ops-oms.org/acrobat/riesgos.pdf>, acedido em março 2010.

FLEMING, *Paulo Victor* e GARCIA, *Cláudio de Brito*, **Avaliação de riscos industriais e ambientais com a Análise Preliminar de Perigos (APP) e lógica Fuzzi**,  
[http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP1999\\_A0521.PDF](http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP1999_A0521.PDF), acedido em Março 2010.

Fundación MAPFRE – Estudios, **Método Simplificado de Evaluación del Riesgo de Incendio: MESERI**, Instituto de Seguridad Integral,  
[http://www.mapfre.com/documentacion/publico/i18n/catalogo\\_imagenes/grupo.cmd?path=1020222](http://www.mapfre.com/documentacion/publico/i18n/catalogo_imagenes/grupo.cmd?path=1020222), acedido em agosto 2009.

*GUILAM, Maria Cristina Rodrigues, O Conceito de Risco – sua utilização pela Epidemiologia, Engenharia e Ciências Sociais*, EsteRisco – Estudos sobre Tecnobiociências e Risco na Sociedade Contemporânea, 1996,

<http://www4.ensp.fiocruz.br/projetos/esterisco/mayfim1.htm>, acessado em abril 2010.

*HIBA, Juan Carlos, Ten safety and health challenges for the twenty-first century*, ILO Lima Office, 2009,

<http://www.ilo.org/Search3/searchOnFast.do>, acessado em maio 2010.

*HOLLNAGEL, Erik, Accident Analysis and Barrier Functions*, 1999,

<http://www.it.uu.se/research/project/train/papers/AccidentAnalysis.pdf>, acessado em novembro 2009.

*KINGSTON, John et al, Barrier analysis analyzed in MORT perspective*,

<http://www.nri.eu.com/PSAM-FINAL.pdf>, acessado em junho 2010.

*MALCHAIRE, Jacques, Diagnóstico PARTicipativo dos RIScos de uma Situação de Trabalho – Método DEPARIS*,

[http://www.deparisnet.be/sobane/pt/malchaire\\_articulo\\_deparis\\_port.pdf](http://www.deparisnet.be/sobane/pt/malchaire_articulo_deparis_port.pdf), acessado em janeiro 2010.

*MALOTAUX, Niels, Controlling Project Risk by Design*, 2008,

<http://www.malotaux.nl/nrm/pdf/EvoRisk.pdf>, acessado em agosto 2010.

*MENDES, Felismina, Risco: um conceito do passado que colonizou o presente*,

<http://br.monografias.com/trabalhos913/risco-passado-presente/risco-passado-presente.shtml>, acessado em julho 2010.

**Método Simplificado de Evaluación del Riesgo de Incendio**,

<http://www.ingenieroambiental.com/4003/MESERI.doc>, acessado em novembro 2009.

**Metodología para la Evaluación de Riesgos Laborales**, Ergolaboris,

[http://www.ergolaboris.com/docs/Documents\\_tecnics/Metodologia\\_Evaluacion\\_Riesgos\\_Laborales.pdf](http://www.ergolaboris.com/docs/Documents_tecnics/Metodologia_Evaluacion_Riesgos_Laborales.pdf), acessado em março 2010.

*PÎSLARU, Marius; TRANDABĂȚ, Alexandru e OLARIU, Marius, Neuro Fuzzy Systems for Industrial Processes Fault Diagnosis*,

<http://www.imeko.org/publications/tc4-2007/IMEKO-TC4-2007-185.pdf>, acessado em agosto 2010.

*PUYAL ESPAÑOL, Esther*, **La Conducta Humana frente a los Riesgos Laborales. Determinantes Individuales y grupales**,

[http://www.unizar.es/centros/eues/html/archivos/temporales/12\\_AIS/AIS\\_12\(10\).pdf](http://www.unizar.es/centros/eues/html/archivos/temporales/12_AIS/AIS_12(10).pdf),

acedido em agosto 2010.

**Risk Assessment Guidelines for Consumer Products**

[http://ec.europa.eu/consumers/safety/committees/ra\\_guidelines\\_workshop11122007.pdf](http://ec.europa.eu/consumers/safety/committees/ra_guidelines_workshop11122007.pdf),  
.pdf, acedido em março 2010.

*RENN, Ortwin*, **The Risk Management Ladder**,

<http://greenbook.treasury.gov.uk/documents/riskmanagementladder.pdf>, acedido em

agosto de 2008.

*SÁ, Ary*, **Prevenção e Controle dos Riscos com Poeiras Explosivas**,

[http://www.anest.org.br/noticias/explosoes\\_poeiras\\_site\\_.pdf](http://www.anest.org.br/noticias/explosoes_poeiras_site_.pdf), acedido em novembro 2009.

*SAFIE, Fayssal M.*, **An Overview of Quantitative Risk Assessment of Space Shuttle Propulsion Elements**,

<http://foia.msfc.nasa.gov/docs/SAFIE.PDF>, acedido em março 2010.

*SANTAFÉ Jr., Helvio Pessanha Guimarães ; COSTA, Helder Gomes e HADDAD, Assed Naked*, **Integração de Técnicas de Gerenciamento de Riscos e Análise Multicritério à Análise de Falhas**,

[http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP1998\\_ART012.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP1998_ART012.pdf), acedido em agosto 2010.

*SANTOS, F. M. Almeida e DIAS, Luis Alves*, **Análise económica de riscos de segurança na construção : Um exemplo prático**,

<http://www.cramif.fr/pdf/th4/Salvador/Orateurs/santos.pdf>, acedido em setembro 2010.

*SHAHROKHI, Mahmoud e BERNARD, Alain*, **Energy flow/barrier analysis, a novel view**, École Central de Nantes, Université Valenciennes,

[http://www.univ-valenciennes.fr/congres/EAM06/PDF\\_Papers\\_author/Session8\\_Shahrokhhi.pdf](http://www.univ-valenciennes.fr/congres/EAM06/PDF_Papers_author/Session8_Shahrokhhi.pdf), acedido em junho 2010.

TALON, A.; BISSIER, D. e Peyras, L., **Analyse de risques: Identification et estimation: Démarches d'analyse de risques – Méthodes qualitatives d'analyse de risques**, NIANDOU, H. (coord),

[http://webdav-noauth.unit-c.fr/files/perso/hniandou/cyberrisques2/etage\\_3\\_aurelie/co/Etage\\_3\\_synthese\\_web.html](http://webdav-noauth.unit-c.fr/files/perso/hniandou/cyberrisques2/etage_3_aurelie/co/Etage_3_synthese_web.html), acessado em abril 2009.

UVA, António de Sousa e GRAÇA, Luís, **Glossário – Termos Técnicos de Saúde e Segurança do Trabalho**, Sociedade Portuguesa de Medicina do Trabalho, Edição online,

<http://ifatory.no-ip.org/spmtglossario/glossario.html>, acessado em agosto 2009.

WIERMANN, Gustavo Garcia, **Riscos em Projetos: aprenda a conviver com eles**

[http://www.ietec.com.br/site/chojecategoriadetalhe\\_artigo234](http://www.ietec.com.br/site/chojecategoriadetalhe_artigo234), acessado em fevereiro 2010.

ZALOSH, Robert, **Dust Explosions Fundamentals: Ignition Criteria and Pressure Development**, Firexplo,

[http://www.nfpa.org/assets/files//PDF/Foundation%20proceedings/Dust\\_Explosion\\_Fundamentals\\_Ignition\\_Criteria\\_and\\_Pressure\\_D.pdf](http://www.nfpa.org/assets/files//PDF/Foundation%20proceedings/Dust_Explosion_Fundamentals_Ignition_Criteria_and_Pressure_D.pdf), acessado em dezembro 2009.