Doutoramento em Higiene, Segurança e Saúde no Trabalho
Doctorado en Higiene, Salud y Seguridad en el Trabajo

UNIVERSIDAD DE LEÓN
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS BIOMÉDICAS

**PROPOSTA DE UMA METODOLOGIA INTEGRADA
DE AVALIAÇÃO DE RISCOS PROFISSIONAIS**

**PROPUESTA DE UNA METODOLOGÍA INTEGRADA
PARA LA EVALUACIÓN DEL RIESGO PROFESIONAL**

Directores
DOUTORA MARGARIDA GASPAR GONÇALVES DE ARAÚJO
DOCTORA PILAR SANCHÉZ COLLADO

Autor
CARLOS GOMES DE OLIVEIRA

2010

FICHA DE CATALOGAÇÃO

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*)

Universidad de León

**ADMISSION A TRÁMITE DEL DEPARTAMENTO
(Art. 11.3 del R. D. 56/2005 y
Norma 7ª de las Complementarias de la ULE)**

El Departamento de Ciencias Biomédicas en su reunión celebrada el día de de 20?? ha acordado dar su conformidad a la admisión a trámite de lectura de la Tesis Doctoral titulada "Propuesta de una metodología integrada para la evaluación del riesgo profesional" dirigida por la Doctora Pilar Sánchez Collado y la Doutora Margarida Gaspar Gonçalves de Araújo y elaborada por Carlos Gomes de Oliveira.

Lo que firmo, para dar cumplimiento al art. 8º 2 del R. D. 778/98, en León a de de 20??.

Vº Bº Director Dpto.

La Secretaria Dpto.

Fdo.

Dr.

Fdo.

Drª.

Universidad de León

**INFORME DE LOS DIRECTORES DE LA TESIS
(Art. 11.3 del R. D. 56/2005)**

Los Dres. Dña. Pilar Sánchez Collado y Dña. Margarida Gaspar Gonçalves de Araújo como Directores de la Tesis Doctoral titulada "Propuesta de una metodología integrada para la evaluación del riesgo profesional" realizada por Carlos Gomes de Oliveira en el Departamento de Ciencias Biomédicas, informan favorablemente el depósito de la misma, dado que reúne las condiciones necesarias para su defensa.

Lo que firmo, para dar cumplimiento al art. 11.3 del R. D. 56/2005, en
León a de de 20??.

Fdo.

Dr^a.

Fdo.

Dr^a.

SINOPSIS

PROPUESTA DE UNA METODOLOGÍA INTEGRADA PARA LA EVALUACIÓN DEL RIESGO PROFESIONAL

Hay dos lados a cada pregunta

Protágoras de Abdera, filósofo griego (480 a.c. - 410 a.c.)

*Fuera de las matemáticas puras,
nunca se debe pronunciar la palabra imposible*

François Arago, matemático, físico, astrónomo y político francés (1786 - 1853)

*Tenemos que luchar constantemente contra el error [...],
pero nunca podemos estar seguros de que, aun así,
no cometeremos errores*

Karl Popper, filósofo de la ciencia austriaco nacionalizado británico (1902 - 1994)

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN

1.	PROPUESTA DE TRABAJO	- 5 -
1.1.	JUSTIFICACIÓN	- 5 -
1.2.	OBJETIVO	- 8 -
1.2.1.	Cuestión	- 9 -
1.2.2.	FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS	- 9 -
1.3.	OBJECTO	- 10 -
1.4.	MÉTODOS DE TRABAJO	- 11 -
1.4.1.	General	- 11 -
1.4.2.	Análisis histórico	- 12 -
1.4.3.	Parte I – Abordaje sistémico e integrado del concepto de riesgo profesional	- 12 -
1.4.4.	Parte II – Metodología de evaluación de riesgos	- 13 -
1.4.5.	Parte III – Aplicabilidad	- 14 -

RESULTADOS

2.	PARTE I – ABORDAJE SISTÉMICO E INTEGRADO DEL CONCEPTO DE RIESGO PROFESIONAL	- 17 -
2.1.	MARCO HISTÓRICO	- 17 -
2.2.	DEFINICIONES	- 17 -
2.2.1.	Conceptos básicos	- 17 -
2.2.1.1.	Evento	- 17 -
2.2.1.2.	Causa	- 19 -
2.2.1.3.	Consecuencia	- 20 -
2.2.2.	Conceptos derivados	- 21 -
2.2.2.1.	Barreras	- 22 -
2.2.2.2.	Formación del riesgo	- 23 -
2.2.2.3.	Métodos de evaluación	- 23 -
2.3.	RIESGO	- 25 -
2.3.1.	El riesgo global	- 25 -
2.3.2.	El riesgo sistémico	- 25 -
2.3.3.	El riesgo dinámico	- 26 -

2.4.	CONCLUSIONES DE LA PARTE I.....	- 27 -
3.	PARTE II – METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN DE RIESGOS	- 29 -
3.1.	CONSIDERACIONES GENERALES	- 29 -
3.2.	PRIMERA ETAPA	- 30 -
3.3.	SEGUNDA ETAPA	- 31 -
3.4.	TERCERA ETAPA.....	- 31 -
3.5.	CUARTA ETAPA	- 32 -
3.6.	CALIDAD DE LA EVALUACIÓN DE RIESGOS.....	- 33 -
3.7.	CONCLUSIONES DE LA PARTE II.....	- 33 -
4.	PARTE III – Aplicabilidad	- 35 -
4.1.	CRITERIOS	- 35 -
4.2.	COMPATIBILIDAD DE MÉTODOS UTILIZADOS EN LA PRÁCTICA.....	- 36 -
4.2.1.	Criterios	- 36 -
4.2.1.1.	Criterios de selección.....	- 36 -
4.2.1.2.	Criterios de clasificación.....	- 37 -
4.2.2.	Marco.....	- 38 -
4.2.3.	Complementariedad de los métodos.....	- 40 -
4.2.4.	Síntesis	- 40 -
4.3.	APLICACIÓN AL ESTUDIO DE UN CASO	- 41 -
4.3.1.	Criterios para la selección de un caso	- 41 -
4.3.2.	Estudio de un caso	- 42 -
4.3.2.1.	Objeto.....	- 42 -
4.3.2.2.	Aplicación de la metodología	- 43 -
4.4.	CONCLUSIONES DE LA PARTE III.....	- 43 -
CONCLUSIONES		
5.	SÍNTESIS.....	- 45 -
6.	CONCLUSIONES	- 47 -
ÍNDICE DE LA TESIS		

INTRODUCCIÓN

1. PROPUESTA DE TRABAJO

1.1. JUSTIFICACIÓN

La noción de riesgo, en particular, la del riesgo profesional, ha tenido a través del tiempo muchas interpretaciones diferentes.

Fundamentalmente siempre ha estado en discusión, por una parte, la cuestión de las causas – reales o potenciales – de los accidentes, incidentes, enfermedades laborales o relacionadas con el trabajo, e incluso los cuasi-accidentes y, por otra parte, el problema de las consecuencias que se ocasionan o puedan derivar de ellos.

Explicaciones teológicas o deterministas (sería la voluntad de los dioses, o la suerte, lo que explica lo que sucede al hombre), las teorías del error humano, a veces llevadas a un extremo (el hombre es malo por naturaleza y lo que le sucede solo puede ser atribuido a sus acciones, conscientes o inconscientes), las definiciones técnicas y materialistas (las máquinas y las energías que pondrán en juego atacan el hombre, independientemente de su acción), los enfoques sociológicos, organizacionales o ambientales (la mala gestión, las causas psicosociales, la higiene industrial, la contaminación, la política), han sido, entre muchas otras, indicadas como las causas de los accidentes. También el tratamiento de estas situaciones como un problema de salud (individual, colectiva o incluso pública) fue una de las direcciones tomadas por la investigación.

Más recientemente, se desarrollaron visiones sistémicas y globales, con una asociación de los sucesos en el trabajo con un concepto del proceso productivo, entendido como un sistema que integra diferentes tipos de participación, amplia y con diferentes grados de importancia.

De todos modos, hablar de la *evaluación del riesgo* es, en cierta medida, la discusión de una paradoja. El *riesgo* es necesariamente la *incertidumbre* como se desprende de las citas, lema elegido para este trabajo.

Por lo tanto, ¿se puede estimar la incertidumbre? Ciertamente no, dentro de las ciencias exactas (si es que siquiera existen...) pero, la valoración típica de las tecnologías se basa principalmente en las evaluaciones cualitativas, en parámetros mensurables, pero no necesariamente absolutamente cuantificados, en estadísticas y en probabilidades, en los costes de los daños humanos y sociales. La medición de la incertidumbre es posible, incluso sin necesidad de citar Heisenberg.

Evaluar los riesgos será, por lo tanto, recurrir a procedimientos metodológicos, técnicas y herramientas que permiten una comprensión, lo más profunda posible, del proceso de génesis de los accidentes, lo que conducirá a procedimientos disfuncionales de los cuales resultaron lesiones, daños materiales o impactos económicos en la sociedad y en el medio ambiente.

Y por supuesto, utilizar este conocimiento en el control efectivo sobre los riesgos.

El panorama actual de las aplicaciones de evaluación de riesgos, en particular de los riesgos profesionales, se caracteriza por cuatro elementos principales:

- Un marco jurídico explícito y riguroso que establece condiciones para los empleadores, especialmente en lo que respecta a la obligación de proceder al análisis de los riesgos en el trabajo, su evaluación y notificación de resultados, tanto a los trabajadores (y a sus representantes legales) como a las autoridades reguladoras o de tutela. Se refiere, muy especialmente, la legislación portuguesa, después la comunitaria y la internacional.
- Una gran incoherencia en la terminología (y en la definición de términos y conceptos) utilizada en la gestión de riesgos, tanto en la comunicación ordinaria (verbal y escrita), como en la literatura técnica, resultante de la utilización de distintos niveles del lenguaje.
- La gran cantidad de métodos y técnicas disponibles en la bibliografía (aunque se pueden integrar en un pequeño número de metodologías

básicas, debidamente caracterizadas y definidas), todos ellos estudiados para casos concretos o para condiciones particulares – es decir, su aplicación no es universal – y que son sistemáticamente utilizados "tal cual" sin ninguna herramienta que les permita adaptarse a casos específicos en estudio.

- Diferentes exigencias, en términos operativos, cuanto al grado de profundidad, detalle y rigor del análisis realizado que, en la práctica, ha de ajustarse a la evaluación de las necesidades reales de cada uno de los casos estudiados.

La combinación de estos componentes resulta en procedimientos no sistematizados en los que, a menudo, se aplican técnicas validadas en determinadas condiciones a casos típicamente diferente, sin una cuidadosa adaptación y sin el ajuste necesario.

Esto ocurre, sobre todo, cuando el uso de métodos de matrices si los parámetros definidos en la literatura técnica son aplicados, sin tener en cuenta su relevancia, a los casos específicos que se examinan.

Una situación típica es el uso de escalas para la evaluación de los factores de formación del riesgo, tanto en términos del valor de ajuste mínimo y máximo, tanto para determinar el número de niveles a considerar, su definición y su cuantificación. Para no hablar de los criterios de selección de los factores relevantes de formación de los riesgos.

Se entiende, por tanto, como necesario y útil el desarrollo de las herramientas que permitan, en cada caso y para un amplio universo de casos posibles, adecuar las diversas técnicas de evaluación de riesgos (cualitativas, semicuantitativas y cuantitativas) a las reales condiciones del proceso de producción.

Considerando que, en general, estas técnicas y métodos se pueden clasificar en grupos metodológicamente consistentes, el conjunto de todas las herramientas a desarrollar consistirá, por sí mismo, en una metodología para la evaluación de riesgos, con una política global basada, por supuesto, en

los conceptos existentes y reflejada en su base teórica y su aplicación práctica.

Obviamente, antes de proponer un enfoque sistémico e integrado de la evaluación del riesgo, debemos reforzar el concepto de riesgo, debido sobre todo a que las definiciones a ello vinculadas, el marco e el contexto en que se ha entendido, los puntos de vista según el cual se ha analizado, son diversos, a veces radicalmente diferentes.

Es entonces necesario realizar una búsqueda en la literatura, sobre todo con una interpretación que sea crítica y relacionable, en primer lugar para sistematizar el conocimiento actual sobre el tema y, en segundo lugar, para buscar los elementos teóricos que permitan un mejor apoyo a un concepto de riesgo con las bases de lo que se propone.

1.2. OBJETIVO

El objetivo principal de este trabajo es el de contribuir a la definición de un concepto de riesgos profesionales derivado de un enfoque sistémico e integrado y, en consecuencia, proponer una metodología para la evaluación de riesgos profesionales, incluso una seriación de las etapas de análisis basada en un conjunto de criterios y de herramientas que permitan, caso a caso, su aplicación de una forma coherente y universal.

La aproximación al concepto de riesgo será sistémica, ya que se tendrá en cuenta el sistema complejo que marca a cualquier proceso de producción, analizando sus distintos subsistemas, y en particular la contribución de cada uno para la formación del riesgo.

Será integrado, ya que considera que el riesgo sólo puede ser adecuadamente identificado e evaluado tanto desde el evento hasta sus causas más allá por un lado y hasta sus últimas consecuencias por otro.

Aún se integrarán en un punto de vista vertical, porque la metodología que se desarrolló contiene las herramientas necesarias para evaluar el riesgo de

una manera cualitativa y de una manera cuantitativa, incluyendo el análisis de la criticidad y de la relación coste/beneficio.

Es con respecto a este último aspecto, que se estructurará el estudio de una metodología para la evaluación de riesgos, que pueda ser aplicable en muchas situaciones diferentes (en general, "universal") y que conduzca a resultados consistentes y reproducibles.

1.2.1. Cuestión

El estudio incluye, por supuesto, una reflexión crítica sobre los diversos conceptos y las diferentes definiciones obtenidas en una revisión de la literatura disponible y donde resulta, *a priori*, una amplia gama de preguntas cuya respuesta sería, sin duda, un conjunto de propuestas de trabajo muy diversas.

Así que decidimos sistematizar el tratamiento del tema, con la elección de un tema clave y que es, sintéticamente, lo siguiente:

¿Es posible estructurar un concepto integral de riesgos laborales considerando, en primer lugar, un proceso integrado de producción y, en segundo lugar, la diversidad de procesos que caracterizan el mundo de hoy?

¿Y basar, en este concepto, una metodología para la evaluación de los riesgos profesionales que sea coherente e universal en su aplicación?

1.2.2. Formulación de hipótesis

Para responder a las preguntas anteriormente planteadas, debemos tratar de comprobar la veracidad de las hipótesis que se pueden exponer de la siguiente manera:

[H₁] Se puede describir, caracterizar y clasificar el riesgo presente en un proceso de producción a través del conocimiento de sus causas y del estudio de sus consecuencias.

[H₂] Es posible compilar un proceso metodológico para la evaluación de los riesgos laborales de una manera coherente, reproducible y comparable.

Obviamente, estas hipótesis son secuenciadas, es decir, la verificación de [H₁], determina la validación posible de [H₂].

1.3. OBJETO

El riesgo es un concepto relativo. Se define generalmente como *la probabilidad de ocurrencia de una situación que puede causar daño*.

O como *la presencia en el espacio y el tiempo, de causas que pueden contribuir a la verificación de efectos dañinos*.

Sin embargo, conceptualmente, el riesgo puede – y debe – ser visto de una manera más específica.

Para llegar a una noción de riesgo que sea compatible con una interpretación general del fenómeno de "*daños resultantes de la relación de trabajo*» debería definirse en primer lugar, un conjunto de entidades, cantidades, parámetros e interrelaciones.

La integración de estos conceptos dará lugar a un más amplio pero también más conciso abordaje del concepto mencionado.

En esencia, estas cuestiones se reflejarán en la **primera parte** de este trabajo.

La diversidad de procesos que contribuyen al llamado mercado global hace difícil y compleja la comparación – absolutamente necesaria para la co-

herencia de análisis – entre los resultados obtenidos mediante la aplicación de diferentes métodos de evaluación de riesgo disponibles.

Es necesario, por tanto y a la vista de esta multiplicidad, considerar la evaluación del riesgo como una metodología, secuencial, abierta, con una integración de puntos de vista sistémicos, que puede conducir a resultados similares (no necesariamente en términos de valores encontrados, pero en términos de consistencia del enfoque de los riesgos).

1.4. MÉTODOS DE TRABAJO

1.4.1. General

Con el fin de responder a las preguntas planteadas anteriormente, señalando los supuestos establecidos para validar – o no – las hipótesis propuestas, se considera que es central en este estudio la elaboración teórica de conceptos y la definición de metodologías genéricas, globales y de aplicación universal.

Esta fue la línea de desarrollo que se siguió. Así el trabajo se estructuró en tres secciones principales que incluyen, todas ellas, una discusión de las conclusiones obtenidas:

- Una **INTRODUCCIÓN** donde se exponen los resultados de una investigación bibliográfica sobre temas relevantes, presentados con un criterio crítico, relacional y relativizado.
- Una presentación de los **RESULTADOS** dividida en tres partes:
 - La **PARTE I** se centra en la discusión de conceptos y definiciones que permitan la presentación de la propuesta de un concepto integral, global, sistémico y dinámico del riesgo laboral.
 - En la **PARTE II** se desarrollan las bases de una metodología para la evaluación de riesgos profesionales, que será de aplicación general y universal adaptable a los diversos métodos y técnicas en uso.

- La **PARTE III** es una aplicación de la metodología propuesta, utilizando el método de “estudio de caso” con el fin de verificar su aplicabilidad.
- La síntesis final de los resultados encontrados, dirigida primordialmente a las cuestiones de su aplicabilidad práctica, se va a traducir en las **CONCLUSIONES** que pueden extraerse.

1.4.2. Análisis histórico

El método adoptado para el análisis histórico del concepto de riesgo – y de los conceptos asociados a ello – se basa, por supuesto, en un acercamiento cronológico.

Sin embargo, este enfoque no ha sido condición. Algunos conceptos fueron tratados por sí mismo, estudiando su evolución, sin necesidad de vincular, en su tratamiento, otras ideas existentes en el momento o tiempo.

Intentamos no utilizar una técnica descriptiva, prefiriendo un enfoque crítico y relacional sobre los conceptos individuales discutidos.

Introduciendo el concepto en el “estado del arte” característica de la época histórica mencionada, se ha buscado la convergencia, la divergencia y los puntos de vista diferentes (pero posiblemente relacionables o complementarios) con el fin de sintetizar un concepto integral de los riesgos presentes: sistémico y global, lo que significa que sea dinámico, es decir, sujeto a evolución.

1.4.3. Parte I – Abordaje sistémico e integrado del concepto de riesgo profesional

Para el estudio, con un enfoque sistémico e integrado, del concepto del riesgo, se han seguido ciertos pasos, a saber:

- En primer lugar, se listaran los distintos puntos de vista y los aspectos teóricos desarrollados por diferentes autores, con una perspectiva histórica crítica y selectiva.

Eso se debe a un concepto actualizado de riesgo – en consonancia con el nivel alcanzado, en términos de tecnología, en el conocimiento sobre la fisiología y psicología humanas, en el funcionamiento de la economía, en la estructura y la jerarquía de las relaciones sociales, ya sea en la organización normativa, legal o política – que incluye la interacción y la interdependencia de los diferentes puntos de vista. Sin embargo, esta combinación debe ser coherente, es decir, no puede resumirse en una "superposición" de los conceptos.

- Tras el paso anterior, se han coordinado de manera activa, las diversas teorías formuladas, en busca no sólo de las interfaces y puntos en común pero también de las diferencias e incompatibilidades.

La contestación a las preguntas que se han encontrado condujo necesariamente a un concepto más amplio de lo que puede entenderse hoy por riesgo profesional.

- Este concepto se definió entonces, delineado, organizado, caracterizado y enmarcado en un sistema más completo que representa el proceso de producción.

1.4.4. Parte II – Metodología de evaluación de riesgos

El establecimiento de una metodología significa definir un proceso de pensamiento estructurado, que comprenda un conjunto de *fases de trabajo* que, de una manera secuencial, lleva a la consecución de resultados y al logro de los objetivos.

Eso resulta en el concepto de una *secuencia de métodos con una aplicación práctica basada en una teoría coherente*.

Para establecer una metodología para la evaluación de riesgos profesionales, es importante definir las diferentes etapas que constituyen la secuencia de razonamiento, desarrollar los criterios y herramientas de utilización y tipificar las técnicas y métodos que se pueden utilizar en su aplicación.

Hablando de esta metodología con una integración vertical, estas etapas se desarrollaran en la dirección de una mayor complejidad de los análisis, es decir, de la evaluación global – y necesariamente genérica – a la cuantificación detallada.

Se consideró, así, cuatro etapas, cuyo desarrollo debe hacerse de forma secuencial:

- En una primera etapa, el sistema donde se incluye el proceso de producción es analizado de una manera amplia y genérica.

El objetivo principal es identificar y caracterizar los diferentes subsistemas, que influyen – y son influidos – por el desarrollo de este proceso.

- La segunda etapa es una evaluación cualitativa previa – pero general y sin detalle – del riesgo presente, con el fin de crear el diagrama de causas condicionales y el diagrama de efectos potenciales.
- La identificación de los nodos críticos de la red funcional de los procesos constituye la tercera etapa de estudio.
- Es en la cuarta etapa que se establecen los principios que permiten el desarrollo de herramientas esenciales para una evaluación cuantitativa de los riesgos profesionales.

1.4.5. Parte III – Aplicabilidad

La propuesta de una metodología de evaluación de riesgo es aceptable sólo si se puede validar en casos específicos.

El objetivo previsto de la integración, sistematización y globalización (lo que implica una universalidad de la aplicación) es un principio de trabajo.

Sin embargo, este objetivo plantea problemas de validación, ya que será muy difícil recurrir a los métodos de análisis estadístico en relación con el volumen y la variedad del universo a que la metodología propuesta se aplica. Ninguna muestra será lo suficientemente significativa del conjunto total y los resultados de la aplicación, si fueren – como se pretende – consistentes y reproducibles, no son comparables.

Por lo tanto, se tratará de validar la metodología propuesta utilizando dos técnicas complementarias:

- Comprobar la compatibilidad con algunos métodos existentes de evaluación de los riesgos profesionales – que normalmente se han desarrollado para una aplicación en un proceso particular, en un sector productivo o en un tipo concreto de instalación – con la aplicación a estos métodos de las herramientas definidas y analizar los resultados que se pueden obtener.
- Aplicar en forma sistemática a una situación concreta, elegida con arreglo a criterios justificados en el uso de una técnica de “estudio de caso” pero siendo conscientes de la reducida importancia estadística de este procedimiento, centrar el estudio sólo en un nodo crítico particular, bien definido, llegando a resultados que serán esencialmente ilustrativos de dicha aplicación.

RESULTADOS

2. PARTE I – Abordaje sistémico e integrado del concepto de riesgo profesional

2.1. MARCO HISTÓRICO

A partir de una reflexión sobre los diversos conceptos de riesgo, basada en una investigación bibliográfica y teniendo como marco una experiencia de años de trabajo en este tema, fue posible llegar hasta una definición de riesgo profesional que sea sistémica, global y dinámica.

Mas, primero, es necesario establecer un conjunto de conceptos, definirlos y caracterízalos de una manera coherente.

2.2. DEFINICIONES

2.2.1. Conceptos básicos

Para llegar a una definición de riesgo, hay tres conceptos que son básicos y que permiten caracterizar su génesis. Son las nociones de

- **evento**,
- **causa** y
- **consecuencia**.

2.2.1.1. Evento

La noción de evento se puede entender de dos maneras:

- Como concepto conectado con el modelo elegido para representar el proceso productivo;
- Como el elemento central de una representación "*bow tie*", analizada desde una perspectiva de gestión de riesgos.

Modelo

Se ha elegido un modelo conceptual porque es el que mejor se identifica con el proceso de generación de situaciones de riesgo que pueden evolucionar hasta una ocurrencia dañosa.

La aplicación, con las necesarias modificaciones, del modelo propuesto por E. Quinot y D. Moyén, 1980, puede representar un marco para definir el concepto de evento en el desarrollo de un proceso técnico.

Así, se define el evento como:

- Una **situación de riesgo** cuando existe la posibilidad de que ocurra una anomalía en el proceso conducente a una secuencia de desvío que en el caso que se verifique, estará en el origen de las consecuencias dañinas.
- Una **ocurrencia profesional dañina** si la anomalía se verifica (probabilidad de ocurrencia igual a uno) y, por supuesto, los daños resultantes de las secuencias de desvío, incluso del fallo, son daños reales.

El objetivo de una evaluación de riesgos profesionales será, sobretodo, la medición (cualitativa y/o cuantitativa) de la probabilidad de ocurrencia y del daño posible de una situación de riesgo (abordaje proactivo).

Causa/consecuencia

Una situación de riesgo tiene, por lo cierto, diversas causas posibles (que ocurren con probabilidades menores que uno) y que se relacionan en árbol, o sea, con diferentes niveles de significancia, lo que es decir que cada una de ellas es consecuencia de los eventos de nivel superior y, al mismo tiempo, causa de los eventos de nivel inferior.

Pero, también, una situación de riesgo podrá estar en el origen de consecuencias eventuales (con probabilidad de ocurrencia inferior a uno) donde resulta un árbol de efectos condicional.

Si se analizan las situaciones dañinas, la manera de abordar el tema será similar, siendo que el diagrama de causas pasará a ser determinista (las causas *se han verificado*) e el diagrama de efectos será real (las consecuencias *han sucedido*).

En ambos casos, es la clásica representación en “*bow tie*”.

2.2.1.2. Causa

Hablar de causas como “aquello que se considera como fundamento u origen de algo. Motivo o razón para obrar” (*Real Academia Española, Diccionario de la Lengua Española*) es, en el contexto de la gestión de riesgos, demasiado sencillo.

Así, se propone una definición de causa como siendo un *par* de dos conceptos primarios:

- El **peligro**, es decir, una característica intrínseca de los productos o sustancias utilizados, de las máquinas con las que trabajamos, de las condiciones ambientales del entorno cercano, de la organización del trabajo, de las tareas realizadas, del estado de salud del operador, de las condiciones psicológicas, sociales económicas y políticas que contribuyen a la definición del medio ambiente global, entre otros.
- Las **condiciones de trabajo**, espaciales y temporales, que son únicas y características del proceso de producción y que van a potenciar la ocurrencia de un evento dañoso.

La idea de *par* tiene, como base, una correspondencia biunívoca entre las dos variables definidas. Es decir, a un determinado peligro y a una cierta condición de trabajo corresponde una causa identificable.

Un mismo peligro puede estar ligado a diferentes condiciones de trabajo y, por supuesto, diversos peligros pueden formar un par con una única condición de trabajo.

Por lo tanto, se puede definir causa como *la aparición simultanea, en el espacio y en el tiempo, de un elemento potenciador – el **peligro** – y de un elemento habilitador – las **condiciones de trabajo**.*

Dicho de otra manera, el *peligro* y las *condiciones de trabajo* están relacionados con una *causa* por una puerta lógica {E}.

Entonces, es posible tipificar las causas y, a continuación, caracterizarlas identificando los peligros y las condiciones de trabajo.

2.2.1.3. Consecuencia

Cuando se analizan los “resultados” de un evento se puede constatar que, de su ocurrencia, se verifican efectos, más o menos dañinos, pero siempre significativos.

También aquí la relación de causalidad es evidente, esta vez desde el evento hasta el efecto.

Una situación profesional dañina tiene consecuencias perjudiciales reales, verificables, mientras que una situación de riesgo apunta a consecuencias previsibles.

Estas consecuencias pueden ser analizadas y estudiadas de acuerdo con los dos puntos de vista siguientes, que se complementan entre sí:

- Comprobación de los cambios en los procesos de producción que consiste en identificar, caracterizar y (cuando sea posible) cuantificar los desvíos a la secuencia normal, cuyo origen es la anomalía detectada.
- Caracterización y cuantificación de los costos de los daños no deseados de un acontecimiento. Naturalmente, este concepto de valor va más allá del mero cálculo pecuniario. Tenemos que evaluar, entre otros parámetros, las lesiones y otras enfermedades, los impactos ambientales, los resultados económicos, las consecuencias sociales y políticas.

A diferencia de lo que pasa con la noción de causa, no se puede encontrar conceptos que formen parejas para la definición de consecuencia.

Pero hay dos ideas que, conectadas, pueden definir la *sensibilidad al daño* de un proceso, no como un par pero como un complemento:

- La **vulnerabilidad** de la cadena de producción que mide su capacidad de reacción a situaciones indeseables, internas o externas.
- El **perjuicio** que resulta de cualquier secuencia de desvío.

Este perjuicio no es, necesariamente, traducido en unidades monetarias. Hay que tener en cuenta, por ejemplo, el “coste” de una lesión, la pérdida de imagen, las consecuencias psicosociales

2.2.2. Conceptos derivados

Definidos los conceptos básicos, se hace necesario desarrollar algunas nociones derivadas y/o complementarias que, en conjunto, permiten la propuesta de un concepto global, universal, integral y sistémico del riesgo profesional.

Naturalmente, el conjunto de conceptos que se intentan definir tiene que ver esencialmente con lo que se quiere desarrollar en este trabajo.

El objetivo principal de la Higiene, Salud y Seguridad en el Trabajo es, sin duda, el de *controlar los riesgos*.

Es decir, *minimizar la probabilidad de una situación profesional dañina* (haciendo que la probabilidad de una situación de riesgo sea tan pequeña como sea posible) y *reducir las consecuencias de dicho evento* (la capacidad de hacer mínimo el daño resultante de una tal situación).

En el algoritmo que representa el riesgo: $R = p \cdot d$, esto significa que R tiende a cero cuando p y/o d , tienden a cero. Obviamente, el cero es un valor umbral. En la práctica siempre será $p > 0$, $d > 0$ y, por supuesto, $R > 0$.

En general, este objetivo se intenta conseguir mediante técnicas que suponen la interposición de barreras entre las causas y el acontecimiento, y entre éste y las consecuencias.

Será, por tanto, con actuaciones en el diagrama de causas y en el diagrama de efectos, aplicando las necesarias barreras, que buscan controlar, efectivamente, el riesgo presente en el proceso productivo.

2.2.2.1. Barreras

Para la definición de un concepto genérico de barrera, en un proceso de producción, hay que tener en cuenta diversos criterios. Así, con el fin de aplicar el concepto de barrera a los procesos, es importante para examinarlo bajo dos puntos de vista:

- A que elemento – ya sea físico, psicológico, organizacional, social o otro – se aplica a la barrera. Esto significa una definición del **objeto**.
- Por qué el uso de una barrera, es decir, saber cuál es su **objetivo**.

De esta manera se pueden definir, cuanto al *objeto*:

- Barreras físicas;
- Barreras humanas;
- Barreras organizacionales;
- Barreras psicosociales.

Y, en lo que respecta al *objetivo*:

- Barreras de prevención;
- Barreras de protección.

Pero las barreras son permeables, o sea, su fiabilidad es, siempre, inferior a uno. Luego, es importante analizar sus modos de fallo utilizando, por ejemplo, una técnica de diagrama de fallos.

2.2.2.2. Formación del riesgo

Teniendo en cuenta una situación de riesgo, se puede establecer la relación unívoca entre esta y *dos factores clave*:

- en primer lugar, la **probabilidad** de que se concreten;
- después, el **daño** que dicho caso posiblemente provocará.

Desde luego, si se habla en *factores*, se refiere una relación multiplicativa, es decir, una formula de lo tipo $R = p.d$ donde p representa la probabilidad de ocurrencia y d el daño (cuantificado) que resulta de la eventual verificación del acontecimiento.

Estos dos factores se consideran los *factores primarios de formación del riesgo*.

Pero cada uno de ellos puede resultar de un producto de factores (que se pueden caracterizar como secundarios) que contribuyen para la formación de p y de d , respectivamente.

Eso significa la utilización de algoritmos multiplicativos: $p = \prod f_{pi}$ y $d = \prod f_{dj}$.

En estas formulas, f_{pi} y f_{dj} son los factores de formación de la probabilidad y del daño.

El desarrollo de estos conceptos lleva a la definición de grupos metodológicos donde se pueden clasificar las diferentes técnicas de evaluación de riesgos.

2.2.2.3. Métodos de evaluación

Métodos cualitativos

Se consideran cualitativos los métodos y técnicas cuyo objetivo es identificar, caracterizar y tipificar uno o más parámetros esenciales para la formación de los riesgos y, sobre la base de sus conclusiones, describir y cualificar el riesgo.

Para evaluar el riesgo de un punto de vista cualitativo es necesario, en primer lugar, caracterizar las causas, lo que significa identificar los peligros y comprobar en cada nodo de estudio del proceso productivo, las condiciones de trabajo que los pueden potenciar.

Este estudio es equivalente a la determinación de los pares [peligro/condiciones de trabajo] que permite clasificar las causas de acuerdo a su tipo específico y así detectar su posible influencia en la aparición de un riesgo.

Pero también es pertinente calificar los daños, estudiando los efectos en el diagrama de efectos asociado con ese riesgo.

Esta calificación está siempre ligada a la comprobación del tipo de daños resultantes – humanos, materiales, sociales, económicos – y a sus niveles de significación y a su jerarquía, en relación con el contexto en el que se podrán verificar.

Métodos cuantitativos

Cuantificar el riesgo será encontrar, mediante el cálculo, un valor que lo representa. Obviamente que un valor absoluto atribuido a un riesgo no tiene sentido. Lo que se busca son valores relativos, tomando como valor estándar lo que es considerado como "normal", lo que conduce a la necesidad de definir "riesgo normal" o "riesgo aceptable".

No es fácil definir el concepto de "*riesgo aceptable*". Comenzando con el término mismo que se utiliza generalmente.

De hecho, es mucho más correcto utilizar el término "*riesgo que se asume*".

Si bien *aceptar* corresponde a una actitud pasiva, *asumir* consiste en tomar una posición activa, que es mucho más acorde con la filosofía básica de la Seguridad y Salud en el Trabajo.

2.3. RIESGO

En base a las definiciones presentadas anteriormente, se puede desarrollar un concepto de riesgo profesional que sea integrado. Este concepto debe presentar una serie de características que lo definen.

2.3.1. El riesgo global

El riesgo debe ser entendido en una manera comprensiva y global, teniendo en cuenta todos los factores que contribuyen a su formación.

La vida de una empresa u organización (ya que se trata, en particular, los riesgos laborales) implica la exposición a un conjunto muy amplio de pares [peligro/condiciones de trabajo], de los que resultan muy particularmente del proceso técnico – químicos, físicos, biológicos, tecnológicos, organizativos o de medio ambiente – a los que se derivan de su inserción en la comunidad, en medio socioeconómico, pasando por los que se relacionan con los propios actores del proceso, los directivos y los operadores, con su conocimiento, sus habilidades, su personalidad, su salud.

Comprender el riesgo de una manera global significa la conciencia de que coexisten múltiples riesgos, de que hay una interconexión y una interdependencia entre ellos y como tal debe ser tratada.

Ya sea en una fábrica o un sector de servicios, un posible accidente, aunque local, tiene efectos globales en toda la organización y en toda la comunidad. Hay una interdependencia entre los subsistemas y los sectores que dan lugar a una transmisión – e incluso a una multiplicación – de efectos y consecuencias.

2.3.2. El riesgo sistémico

Es la existencia de procesos productivos que presupone la presencia del riesgo profesional. Por lo tanto, el riesgo nunca puede ser separado de su dimensión sistémica.

Una empresa es un sistema complejo.

Por un lado, se ajusta, como un subsistema en las grandes estructuras (comunidad, región, país...).

En segundo lugar, se suma un conjunto de subsistemas internos (producción, área comercial, gestión de los recursos humanos, calidad, área administrativa y financiera, seguridad ...) que, para funcionar de manera eficiente, debe ser equilibrada y tener metas estratégicas comunes y enfocadas.

Es evidente que todos estos subsistemas interactúan entre sí e incluso, a veces, con los ambientes externos a la empresa.

Un proceso de producción es una secuencia de operaciones, que a partir de una o más operaciones iniciales conduce a una fase final donde resulta la colocación (y uso) en el mercado de un producto o servicio que se considere necesario.

2.3.3. El riesgo dinámico

La propia noción de riesgo implica una capacidad de adaptación fundamental. La técnica y la ciencia están en constante evolución y, por tanto, la tecnología, las formas de organización, los mercados, no se paran de ampliar. El riesgo evoluciona y, como tal, su definición ha de tener, necesariamente, un carácter dinámico.

Cada vez se hace más difícil seguir la evolución de la ciencia y la tecnología en muchas áreas diferentes.

Por lo tanto, el tratamiento del riesgo nunca puede ser entendido de forma estática, deben poder adaptarse a los nuevos conocimientos y datos disponibles todos los días. Hay que seguir muy de cerca la evolución del "estado del arte".

Esto implica un constante (y programado) seguimiento de los resultados obtenidos mediante la aplicación de los procedimientos de control de riesgos utilizando las metodologías más adecuadas, tratando de establecer sus cau-

sas, cuantificar la probabilidad de ocurrencia y calcular los costos asociados con ellos.

Esto implica también una adaptación – pero siempre apoyada científicamente – de la definición de lo riesgo bien como de las técnicas y de los métodos de evaluación.

2.4. CONCLUSIONES DE LA PARTE I

Definido el riesgo, ya sea en un abordaje cualitativo o en un abordaje cuantitativo y teniendo en cuenta que para esta definición es fundamental conocer las posibles causas y las posibles consecuencias de un acontecimiento dañino resultante de una situación de riesgo profesional, puede ser considerado como que sea pertinente la formulación de la hipótesis [**H₁**].

Esto, también, porque se define el concepto de causa (como un par [peligro/condición de trabajo]) y el de consecuencia (como resultado de una secuencia alternativa en el curso normal del proceso de producción y en relación con la noción de sensibilidad al daño del proceso de producción), los dos entendidos en una visión integrada y sistémica del proceso como un sistema global con múltiples influencias.

Por otra parte, el aspecto global y sistémico de las definiciones implica la consideración del riesgo (causas y consecuencias), no sólo como una entidad caracterizada objetivamente, sino también bajo el aspecto de la *percepción* de los diversos actores en el proceso productivo.

3. PARTE II – Metodología de evaluación de riesgos

3.1. CONSIDERACIONES GENERALES

Definidos los conceptos fundamentales que sostienen la noción de riesgo, es posible avanzar en el diseño y en la estructuración de una metodología para su evaluación.

En primer lugar, se considera que el término "evaluación" debe ser visto desde dos puntos de vista que son, obviamente, complementarios:

- Evaluar corresponde a identificar, caracterizar y clasificar los riesgos presentes en un proceso de producción, o en un sector definido de ese proceso, eventualmente seriándolos de una manera puramente cualitativa, o sea, *valorizándolos*.

También significa *valorar* o medir estos riesgos, enmarcándolos en una serie de niveles predeterminados (evaluación semicuantitativa) o mediante el cálculo de su valor cuantitativo para después compararlo con un valor predeterminado.

- Evaluar el riesgo es una de las etapas del Proceso de Gestión de Riesgos y, como tal, debe integrarse en ese proceso.

Por consiguiente, puede considerarse que constituye un apoyo a las decisiones esenciales, incluidas las repercusiones que tienen en la etapa de control de esos riesgos y cómo deben ser asumidos los riesgos que no pueden ser controlados.

Teniendo siempre en mente esta posición en la secuencia de la Gestión de Riesgos, se estudiará la etapa de evaluación, tratando de establecer criterios prácticos para la acción, basada en el conocimiento científicamente validado. Esto significa encontrar una metodología que, por un lado, tiende a ser de aplicación universal y, por otro, lo suficientemente pragmática – lo que implica la flexibilidad de las herramientas a utilizar – para que se pueda aplicar a cada caso (por supuesto, diferentes unos de otros) en estudio.

Esta metodología se basará en el uso de herramientas sencillas, de aplicación universal y en las técnicas de análisis accesibles a la mayoría de los intervinientes en este procedimiento.

Sin embargo, hay varias cuestiones que deben tenerse en cuenta cada vez que desee realizar una evaluación de riesgos.

- El análisis económico del proceso de evaluación y, como tal, el grado de profundidad, que implica el estudio de la relación calidad-precio.
- Un proceso de evaluación de riesgos debe ser técnicamente factible. Esto significa que los especialistas implicados (individualmente o en equipos integrados) deben estar habilitados – por formación y/o experiencia – para conducir este proceso, para el tratamiento de los datos obtenidos y para obtener (y aplicar) las conclusiones del mismo.
- Los procedimientos y métodos para la preparación de una evaluación del riesgo deben estar sujetos a la aprobación – y sobre todo al apoyo de gestión – por parte de la administración superior de la Compañía.

La necesidad de considerar, a la vez y de forma simultánea, las tres cuestiones anteriores establece un criterio de viabilidad al que deberá ajustarse la aplicación de cualquier metodología de evaluación del riesgo.

Así, la propuesta de una metodología integrada de evaluación de riesgos profesionales se desarrollará en cuatro etapas secuenciales.

3.2. PRIMERA ETAPA

Consistirá en una descripción analítica del procedimiento, sistémica, estructurada y modelada, teniendo en cuenta diversos aspectos:

- Visión general del proceso;
- Ordenación en el espacio ("lay out");
- Ordenación temporal (secuencia del proceso);

- Interrelación entre las operaciones y las decisiones (secuencia funcional);
- Sistemas de vigilancia, mando y control;
- Análisis de las consecuencias (para el proceso) de las secuencias alternativas;
- Análisis de las consecuencias (para el sistema) de las secuencias alternativas.

3.3. SEGUNDA ETAPA

Se procederá a la evaluación cualitativa de los diferentes riesgos presentes, teniendo en cuenta su identificación, tipificación y caracterización basada en un estudio de las posibles anomalías que pueden producirse en el desarrollo, del proceso, de sus causas y de sus consecuencias:

- Análisis de la red de procedimientos;
- Determinación de los nodos críticos;
- Relación de las anomalías previsibles;
- Elaboración de diagramas de causas;
- Elaboración de diagramas de efectos;
- “*Ranking*” de los riesgos (cualitativo).

3.4. TERCERA ETAPA

El objetivo en esta etapa es la preparación de tablas, jerarquizadas y justificadas, de los puntos, de los nodos y de las operaciones críticas.

Para este trabajo son datos esenciales los que resultan de la segunda etapa, teniendo en cuenta las posibles consecuencias – no sólo para el desarrollo del proceso, sino también para las mercancías, el medio ambiente y, en particular para las personas que pueden verse afectados – evaluadas en forma

cualitativa. Naturalmente, la determinación del nivel de criticidad implica, en primer lugar, un juicio de valor.

En esta etapa se tratarán los siguientes temas:

- Establecimiento de los criterios para la consideración de un riesgo crítico;
- Diseño de herramientas que faciliten la aplicación de estos criterios;
- Jerarquía de nodos/anomalías en función de su riesgo crítico.

3.5. CUARTA ETAPA

Es en esta cuarta etapa que se tratará la evaluación cuantitativa (o semi-cuantitativa) de los riesgos presentes en los puntos críticos del proceso, identificados anteriormente.

Los procedimientos para realizar esta evaluación están estrechamente relacionados con el tipo y características de los riesgos a considerar (como resultado de la segunda etapa) y, por supuesto, es de aplicación con carácter prioritario, a los nodos más críticos identificados en la tercera etapa.

Por lo tanto, hay varias técnicas específicamente aplicables a los riesgos de incendio, los riesgos químicos, los riesgos ergonómicos, los riesgos alimentarios, los riesgos ambientales, los riesgos para la salud, los riesgos de comportamiento, entre otros tipos de riesgo.

Es obvio que suelen aplicarse en simultaneidad (o más bien, en complementariedad) los diferentes métodos.

Así se estudiarán las metodologías, los criterios y las herramientas que son típicos de los métodos de evaluación cuantitativa, en particular, las metodologías de matrices y las metodologías de análisis de barreras con una breve nota sobre otros métodos cuantitativos, a saber, los métodos matemáticos o algorítmicos y los métodos basados en observaciones directas o mediciones de parámetros de tareas o operaciones.

3.6. CALIDAD DE LA EVALUACIÓN DE RIESGOS

La medición de la calidad de una evaluación del riesgo implica responder a las preguntas siguientes, de una manera coherente y reproducible:

- Cómo la metodología puede identificar los peligros y los factores de formación del riesgo;
- Cómo se evalúan los riesgos en términos de precisión de los resultados;
- Cómo se establece la interfaz/transición a la siguiente etapa del proceso de gestión del riesgo (fase de evaluación/fase de control);
- Cómo el equipo de evaluación obtiene y utiliza datos e información accesibles;
- Cómo los resultados de la evaluación son pertinentes y eficaces para minimizar el riesgo evaluado;
- Lo favorable que es la relación coste/beneficio, es decir, cual es la eficiencia de la evaluación.

Esto implica que hay un equilibrio entre los resultados – concretos y medibles – de la evaluación de los riesgos profesionales y los medios disponibles para llevarla a cabo, sean los recursos materiales, humanos o financieros, sean las competencias tecnológicas o científicas de los elementos del equipo de evaluadores.

3.7. CONCLUSIONES DE LA PARTE II

Considerando metodología cómo "secuencia de métodos, con una aplicación práctica, basada en una teoría coherente," se utilizó este concepto para la estructuración de una metodología integrada para la evaluación de riesgos profesionales.

El objetivo es, pues, la confirmación de la hipótesis [H₂]. De hecho,

- se definió un amplio conjunto de conceptos, con especial atención a un concepto global, sistémico y dinámico de los riesgos profesionales;
- se estableció la estructura de un proceso de evaluación secuencial, marcando las diferentes fases de trabajo (con vista a la integración vertical);
- se han definido los criterios y desarrollado las herramientas que permiten la aplicación práctica de tal secuencia en casos individuales;
- se han tipificado y caracterizado los grandes grupos de métodos aplicables a un análisis que permite obtener resultados consistentes y reproducibles.

Teniendo en cuenta estos resultados, se considera que fue posible establecer un proceso metodológico para la evaluación de los riesgos laborales de una manera coherente, reproducible y comparable, es decir, que la formulación de la hipótesis **[H₂]** puede ser verificada.

4. PARTE III – Aplicabilidad

4.1. CRITERIOS

Validar una metodología consiste en aplicar procedimientos de verificación si es adecuado, si es viable, si es reproducible, si tiene la capacidad para sistematizar, la sencillez (relativa) para la aplicación y si se logra la relación coste/beneficio.

La validación de la metodología propuesta a través de su aplicación sistemática a una muestra lo suficientemente amplia que puede alcanzar significación estadística, es por el momento, impracticable en un trabajo como el presente.

Esto se debe a que el universo de los procesos es lo suficientemente amplio, de manera que el tamaño de una muestra que puede considerarse significativo, es muy grande.

De hecho, para constituir una muestra válida, los procesos de producción a ser analizados deberían:

- Ser distribuidos por los diversos sectores económicos (primario, secundario y terciario);
- Incluir procedimientos de tecnología avanzada (por ejemplo, desarrollo de aplicaciones informáticas, biotecnología, comunicaciones, productos farmacéuticos, productos petroquímicos) y tecnologías comunes o tradicionales (artesanía, floricultura, textiles, trabajos en metal, por ejemplo);
- Incluir procesos industriales y procesos no industriales (por ejemplo, en este último caso, la educación, la salud, la justicia, la administración pública).

Estos requisitos implican la necesidad de un tratamiento gradual, no sistemático, de la cuestión, por lo que difícilmente podrían ser tratados adecuadamente en este trabajo. Es una sugerencia para un futuro desarrollo o para estudios relacionados.

Pero, en cualquier caso, es necesario encontrar un proceso que permita, si no una validación global de la metodología propuesta, al menos una comprobación de su idoneidad y aplicabilidad.

Entre otros, se optó por examinar dos formas diferentes de ver el problema:

- Comprobación de cómo encajan en la presente propuesta los métodos de evaluación de riesgos reconocidos en la literatura y en la práctica.
- Aplicar de manera más completa posible, la metodología propuesta en un *estudio de un caso* en particular y discutir los resultados obtenidos, de acuerdo con las hipótesis de la integración, la consistencia y la reproductibilidad pretendidas.

4.2. COMPATIBILIDAD DE MÉTODOS UTILIZADOS EN LA PRÁCTICA

4.2.1. Criterios

4.2.1.1. Criterios de selección

La elección entre los numerosos métodos y técnicas de evaluación que se encuentran en la literatura o que son utilizados (con las adaptaciones naturales) por entidades incluidas en el sistema de producción es, por supuesto, una tarea difícil.

Por tanto, es fundamental establecer algunos criterios que justifican su elección.

Se procuró, en primer lugar, reunir los distintos métodos para los que, a través de una búsqueda en la literatura, se encuentran la documentación y/o las descripciones suficientes para permitir su caracterización inequívoca.

Esta investigación incluyó no sólo los documentos legales, científicos, académicos y educativos, sino también referencias específicas producidas por empresas u organizaciones que han desarrollado sus propios métodos (y los han publicado).

En el tratamiento de este conjunto, se decidió:

- No considerar los métodos que, por su especificidad, se aplican a un ámbito muy limitado de casos, de tipos de peligros o de situaciones;
- Eliminar los métodos y técnicas insuficientemente documentados, que se presentan a menudo con un ámbito muy general o como una simple propuesta de principios;
- Agrupar, en una misma denominación, los métodos y técnicas similares, con idénticas características, que a veces se hace referencia con diferentes nombres o clasificaciones que no coinciden (pero se refieren al mismo concepto);
- Elegir, cuando fuera necesario, las últimas técnicas, sin perjuicio de aquellas que, a pesar de más antiguas, han adquirido, en la práctica, un valor que puede ser considerado "histórico" o "precursor";
- Reducir el número de métodos de estudio a una muestra cuyo análisis es factible, teniendo en cuenta los criterios de clasificación expuestos en el párrafo siguiente.

4.2.1.2. Criterios de clasificación

Hay dos formas – complementarias – para hacer frente a la cuestión de la clasificación de los métodos de evaluación de riesgos.

- En cuanto al enfoque, se puede clasificar los métodos como **cualitativos** y **cuantitativos** (incluidos en estos últimos los que se pueden describir como **semicuantitativos**);
- Con respecto al algoritmo utilizado (en el caso de los métodos cualitativos) se pueden dividir en los **métodos de matrices**, los **métodos de análisis de barreras** y otros **métodos atípicos**.

Algunos métodos estudiados presentan potencial más allá de la simple evaluación de riesgo.

En particular, algunos métodos apuntan, de una manera más o menos estructurada, a la siguiente etapa del proceso de gestión del riesgo, la etapa de control del riesgo mediante el establecimiento de la interfaz evaluación/control.

En otros casos, a la evaluación del riesgo se añade una evaluación coste/beneficio. Los resultados de algunos métodos tienen la capacidad de estructurar planes de formación y de sensibilización específicos. Además, algunas técnicas se centran sobre la evaluación de la importancia de las causas, mientras que en otras el aspecto predominante es la cuantificación de daños y perjuicios.

Estas características, naturalmente, fueran mencionadas, pero no se las detalló.

4.2.2. Marco

Aplicando los criterios anteriores, se han estudiado comparativamente, algunos métodos, buscando correspondencias de conceptos y de variables y verificando la posibilidad de inclusión de esos conceptos y variables en las definiciones propias de la metodología propuesta.

Excluyendo, naturalmente, los métodos cualitativos se presenta en la tabla siguiente la correspondencia entre las variables propias de los métodos y los factores de formación definidos en la metodología propuesta.

Tipo	Método	Variables	Correspondencia
Semicuantitativo (relativo) matricial	Evaluación de la explosividad de polvos (padrón carbono Pittsburg)	MIE ; C_{min}	f_{p1} ; f_{p2}
		$(dp/dt)_{Max}$; MEP	f_{d1} ; f_{d2}
Semicuantitativo matricial	Matriz simple	frecuencia	p
		severidad	d
	MARAT – <i>Método de Avaliação de Riscos de Acidentes de Trabalho</i>	ND; NE	f_{p1} ; f_{p2}
		NP	p
		NS	f_{d1} ; d

Tipo	Método		Variables	Correspondencia
Semicuantitativo matricial	William T. Fine		E; P	f_{p1} ; f_{p2}
			C	f_{d1} ; d
	Matrices complejas	Steel	frecuencia; probabilidad	f_{p1} ; f_{p2}
			pérdida máxima probable; personas expuestas	f_{d1} ; f_{d2}
		Strohm y Opheim	frecuencia; probabilidad	f_{p1} ; f_{p2}
			pérdida máxima probable; personas expuestas; misión	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}
Cuantitativo cálculos complejos reposta en tiempo real	Métodos algorítmicos basados en modelos matemáticos		parámetros de sistema	f_{pi} ; p f_{dj} ; d
Cuantitativo atípico análisis de barreras, de parcelas, ponderado	MESERI – Método Simplificado de Evaluación del Riesgo de Incendio		X; BCI	p_i ; c_i
			Y	m_{prev} ; m_{prot}
Cuantitativo (relativo) análisis de barreras	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)		Factores correspondientes al Gretener con las necesarias adaptaciones	

4.2.3. Complementariedad de los métodos

El paradigma de todo el enfoque metodológico presentado se basa en un conjunto de fases secuenciales que establecen los pasos del análisis cada vez más profundos y más complejos.

Es evidente que la fase final que ha de tener el análisis – es decir, la etapa a que se puede llegar – se verá limitada por criterios de viabilidad.

Cada uno de estos pasos utiliza un conjunto específico de métodos y técnicas lo que significa que, para llevar a cabo una evaluación de riesgos laborales, siempre es necesario aplicar métodos distintos, desde las primeras etapas de análisis cualitativo hasta la cuantificación del posible riesgo, lo que implica una **integración vertical** de los diferentes métodos y técnicas que se consideren más apropiadas al objetivo perseguido.

También significa que en cada etapa de la metodología es posible (de hecho, es necesario) utilizar más de uno de los métodos disponibles para lograr un estudio más exhaustivo de la situación, lo que conduce a la **integración horizontal** de tales métodos.

4.2.4. Síntesis

De los puntos anteriores podrán destacarse algunos aspectos clave que contribuyen a la confirmación de la validez de la propuesta metodológica presentada. En particular:

- A todos los métodos estudiados – que, como se ha señalado, fueron seleccionados según criterios que les permitan ser considerados una muestra válida – se pueden aplicar los conceptos definidos.
- Todos ellos se pueden clasificar, ya sea en grupos metodológicos, ya sea en las características específicas que los definen.
- Cada uno de estos métodos es apropiado para los objetivos propuestos en cada etapa del proceso de evaluación integrada del riesgo profesional.

No era el objetivo de este estudio un examen de “todos” los métodos y técnicas disponibles en la literatura, ni siquiera de una muestra que fuera estadísticamente significativa, incluso por la evidente heterogeneidad de los enfoques.

Con las limitaciones existentes se constata que hay, sin embargo, un patrón de ajuste que puede incluir, de una manera muy concreta, los métodos descritos en los supuestos básicos de la teoría desarrollada.

4.3. APLICACIÓN AL ESTUDIO DE UN CASO

4.3.1. Criterios para la selección de un caso

Cualquier validación de la metodología, como se dijo anteriormente, no es posible sólo con su aplicación a casos concretos, porque, cualquiera que sea la muestra elegida no será representativa del universo donde se espera que esta metodología sea aplicable.

En la imposibilidad práctica de hacerlo, se optó por utilizar los principios metodológicos definidos en un caso particular, a fin de comprobar/demostrar su aplicabilidad.

Los criterios de selección de este caso incluyen, por supuesto, una serie de condiciones y de objetivos alcanzables:

- El caso a estudiar debe ser incluido en un proceso de producción relativamente común, con tecnología reciente, pero no necesariamente de alta tecnología, con una dimensión mediana y con un significado en el sistema económico y social que le corresponde.
- Los datos relevantes y necesarios para permitir el desarrollo del estudio deberán existir y estar disponibles.
- Una evaluación exhaustiva se aplicará a un solo nodo crítico, concreto y bien determinado, ya que este es un ejemplo de aplicación.

Estos supuestos condujeron a una preselección de procesos a considerar, con características bien definidas:

- Sector secundario (industria);
- Del tipo empresarial;
- Producto(s) de consumo;
- Operaciones con tecnología física o química;
- Tecnología actual, incluidos los sistemas de mando y control;
- Tamaño medio/alto de la fábrica;
- Responsabilidad de gestión de la calidad, medio ambiente y seguridad;
- Existencia de estructuras internas en el ámbito de la Salud y de la Seguridad en el Trabajo;
- Disponibilidad de los interlocutores para un diálogo eficaz y productivo.

4.3.2. Estudio de un caso

De acuerdo con los criterios previamente establecidos, la aplicación práctica de la metodología de evaluación de riesgos laborales se desarrolló en una fábrica de producción de cervezas, propiedad de **SCC – Sociedade Central de Cervejas e Bebidas, S. A.**

Con estas premisas, el estudio de la aplicabilidad de la metodología de la propuesta de evaluación de riesgos se centrará en una instalación particular del sector de llenado de la cervecería de la unidad industrial de Vialonga de SCC: la embaladora *Kisters* en la **línea 1** de envasado.

4.3.2.1. Objeto

Se hace una descripción de la empresa y de la fábrica, desarrollando en el **ANEXO 1** los datos pertinentes, pero no esenciales.

En el **ANEXO 2** se describe el proceso de fabricación de malta y cerveza.

4.3.2.2. Aplicación de la metodología

La metodología propuesta, con sus fases de ejecución, se aplica al nodo estudio:

[(...); Línea 1 de llenado; Sector de embalaje; Embaladora Kisters; Formación/collage de cajas]

Se considera una situación de riesgo particular:

[Operación para quitar de la máquina una caja dañada; Contacto con fragmentos de vidrio]

La identificación de factores de formación de riesgo y la definición de las escalas de valoración, permite medir el riesgo en esta operación.

4.4. CONCLUSIONES DE LA PARTE III

Del desarrollo de los temas se puede concluir:

- Los métodos de evaluación de riesgos profesionales, específicamente adaptados a diferentes situaciones concretas, caen fácilmente, y con precisión, en los conceptos, relaciones y algoritmos definidos.
- A pesar de que hay una serie de métodos utilizados y una amplia gama de áreas de aplicación, se piensa que de la muestra escogida, se pueden sacar conclusiones acerca de la validez de los conceptos.
- Este estudio de un caso permitió lograr resultados que, *a posteriori*, demuestran que se acercaron lo suficiente a la evaluación del riesgo efectuada por la SCC utilizando un método propio, desarrollado por la organización.

CONCLUSIONES

5. SÍNTESIS

El **OBJETIVO** de una evaluación de riesgo es, por supuesto, el riesgo, en particular los **RIESGOS PROFESIONALES**, cuyo concepto fue desarrollado antes y añade los conceptos de sistema, de globalidad y de dinámica.

La evaluación de riesgos es "*tratar de medir la incertidumbre*", es "*imaginar lo que puede suceder*", es "*prever los casos posibles*".

Se puede decir, de una manera más técnica, "*evaluar la probabilidad de ocurrencia de una situación que pueda causar daños y estimar esos daños potenciales*".

De una manera sintética, una evaluación de riesgos, en particular de riesgos profesionales va a servir a:

- Observar y comprender, de una manera sistémica y con una visión global, el proceso productivo, con respecto a su susceptibilidad a generar situaciones de riesgo y a su vulnerabilidad a tales acontecimientos;
- Detectar, caracterizar y cuantificar las causas y los efectos de las posibles anomalías que puedan producirse;
- Categorizar y, cuando sea posible, valorar los riesgos existentes;
- Utilizar los conocimientos adquiridos en el control efectivo de dichos riesgos.

La propuesta de un procedimiento para desarrollar una metodología de evaluación del riesgo profesional justifica algunas notas:

- No era la intención de establecer o proponer un método de evaluación complementario – y, mucho menos sustituto – de los métodos existentes y establecidos por su aplicación en la práctica;
- Tratamos de desarrollar un conjunto de herramientas que permitan la obtención de resultados (cualitativos y cuantitativos) que sean consistentes y reproducibles.

- Se basó la propuesta metodológica en una secuencia de etapas, estableciendo como límite para la profundidad de un análisis una evaluación conjunta de la disponibilidad de recursos y de la relación coste/beneficio o, con un enfoque en la gestión, de la relación inversión/retorno.
- Fue privilegiada la determinación de las causas y consecuencias de situaciones de riesgo, en particular, estableciendo el concepto de *gestión de causas, decisiones, efectos y fallos (CDEF)*.

Resumiendo, este estudio se considera como una **REFLEXIÓN CONCEPTUAL Y METODOLÓGICA SOBRE LA EVALUACIÓN DEL RIESGO PROFESIONAL**, cuyo objetivo es esencialmente el de comprender cómo, cuándo y en qué condiciones se crea una situación de riesgo, cómo esto podría estar en el origen de posibles daños y cómo se puede evaluar la importancia del riesgo, teniendo en cuenta la probabilidad de ocurrencia de esta situación y el daño resultante de la misma.

6. CONCLUSIONES

Los resultados del estudio, en particular los conceptos definidos y la metodología propuesta, suponen que sea pertinente la verificación de las dos hipótesis consideradas.

De hecho, fue posible encontrar una definición conceptual de riesgos profesionales mediante la identificación de un conjunto de características, teniendo en cuenta, por una parte, el "estado del arte" en relación con las diversas escuelas de pensamiento de importancia histórica, y en segundo lugar, la coherencia del concepto con una visión amplia y sistémica de lo que se entiende por un proceso de producción.

A partir de este concepto, se propuso una metodología integrada que se estructura como un proceso secuencial, definiendo las etapas, el establecimiento de criterios y el dibujo de las herramientas que permiten llegar a resultados consistentes y reproducibles.

En cuanto a la innovación, se consideran pertinentes las siguientes observaciones:

- El concepto de riesgo laboral, a pesar de que abarca un conjunto de teorías y formulaciones disponibles en la literatura científica sobre el tema, se basa en un enfoque integral y sistémico, se presenta como una síntesis crítica de los conocimientos actuales sobre esta cuestión y se caracteriza de una manera clara.
- El desarrollo de una metodología para evaluar los riesgos de forma secuencial, no siendo propiamente original, resulta en una propuesta estructurada y sistemática, basada en un "edificio" coherente de conceptos y definiciones.
- El proceso centrípeto de análisis que va de los subsistemas más envolventes hasta los subsistemas más concretos.
- El uso de los modelos en el estudio del proceso de producción a fin de considerar la posible aparición de anomalías, sus causas y sus conse-

cuencias, que dio lugar a la propuesta de un sistema de gestión de causas, decisiones, efectos y fallos **(CDEF)**.

- La noción de los factores primarios de formación del riesgo y de los factores de formación de la probabilidad y del daño, parte del algoritmo típico de las metodologías de matrices y el desarrollo de la evaluación semicuantitativa de matrices complejas.
- El concepto de causa como un par [peligro/condición de trabajo] y su aplicación a las metodologías de análisis de barreras.

Naturalmente, un estudio como lo que se presenta plantea preguntas (tal vez más que las que respondió) que deben ser abordadas y tratadas en posibles trabajos futuros.

Cabe en este contexto la necesidad de verificar la aplicabilidad de la metodología propuesta y la validación de los criterios, tal vez usando técnicas que sean estadísticamente aceptables.

Se trata de una propuesta, basada en la reflexión y en la maduración de muchos años de experiencia, la aplicación práctica de conceptos, buscando respuestas a múltiples preguntas.

Como una contribución científica no es más que eso: una propuesta, es decir, un punto de partida para futuros desarrollos.

ÍNDICE DE LA TESIS

ÍNDICE	iii
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
ÍNDICE DE TABLAS	xix
SÍMBOLOS UTILIZADOS	xxi
SUMÁRIO/RESUMEN/ABSTRACT	xxvii
AGRADECIMIENTOS	xxxix

INTRODUCCIÓN

1. PROPUESTA DE TRABAJO	1
1.1. JUSTIFICACIÓN	1
1.2. OBJETIVO	4
1.2.1. Cuestiones	5
1.2.2. Formulación de las hipótesis base	5
1.3. OBJETO	6
1.4. MÉTODOS DE TRABAJO	7
1.4.1. General	7
1.4.2. Histórico	8
1.4.3. Parte I – Abordaje sistémico e integrado del concepto de riesgo profesional	9
1.4.4. Parte II – Metodología integrada de evaluación de riesgos	10
1.4.5. Parte III – Aplicabilidad de la metodología de evaluación de riesgos	11
2. ENCUADRAMIENTO	13
2.1. HISTÓRICO	17
2.1.1. Riesgo	35
2.1.2. Causas	44
2.1.3. Consecuencias	50
2.1.3.1. Costos	51
2.1.3.2. Desvíos	56
2.1.4. Evaluación de riesgos	57

2.2.	ANÁLISIS CRÍTICO DE LOS CONCEPTOS DE RIESGO	58
------	---	----

RESULTADOS

PARTE I – ABORDAJE SISTÉMICO E INTEGRADO DEL CONCEPTO DE RIESGOS PROFESIONALES		71
3.	DESENVOLVIMIENTO	71
3.1.	GLOSARIO	71
3.2.	DEFINICIONES	78
3.2.1.	Conceptos básicos	78
3.2.1.1.	Acontecimiento.....	78
3.2.1.2.	Causas.....	87
3.2.1.3.	Consecuencias.....	103
3.2.1.4.	Síntesis	110
3.2.2.	Conceptos derivados.....	112
3.2.2.1.	Barreras	113
3.2.2.2.	Formación del riesgo.....	124
3.2.2.3.	Aplicabilidad de los métodos de evaluación de riesgo	145
3.3.	ABORDAJE DEL CONCEPTO DE RIESGO	155
3.3.1.	Característica global del riesgo	156
3.3.1.1.	Universalidad del concepto de riesgo	156
3.3.1.2.	Abordaje integrado del riesgo	157
3.3.2.	Característica sistémica del riesgo	158
3.3.2.1.	El riesgo como una componente del proceso productivo.....	159
3.3.2.2.	El “sistema enfermo”	161
3.3.3.	Característica dinámica del riesgo	163
3.3.3.1.	Perspectivas de evolución.....	165
3.3.3.2.	Acción multidisciplinar.....	166
3.3.3.3.	La importancia de la noción de corresponsabilidad	167
4.	DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	171
4.1.	SÍNTESIS DE LOS RESULTADOS – PARTE I.....	171
4.2.	CONCLUSIONES DE LA PARTE I.....	178

PARTE II – METODOLOGÍA INTEGRADA DE EVALUACIÓN DE RIESGOS.....	181
5. CARACTERIZACIÓN DE LA METODOLOGÍA PROPUESTA.....	181
5.1. NOTA PREVIA – TERMINOLOGÍA	181
5.2. INTRODUCCIÓN	183
5.3. OBJETIVOS.....	185
5.4. BASES FUNDAMENTALES	188
6. DESENVOLVIMIENTO DEL ESTUDIO	191
6.1. PRIMERA ETAPA.....	192
6.1.1. Síntesis.....	192
6.1.2. Encuadramiento.....	192
6.1.3. Desarrollo espacial.....	195
6.1.4. Desarrollo temporal.....	198
6.1.5. Interrelación entre operaciones y decisiones	201
6.1.6. Sistemas de monitorización, comando y control	202
6.1.7. Análisis de consecuencias (para el proceso)	205
6.1.8. Análisis de consecuencias (para el sistema).....	206
6.1.9. Técnicas de análisis	207
6.2. SEGUNDA ETAPA.....	208
6.2.1. Síntesis.....	208
6.2.2. Análisis de red	209
6.2.3. Determinación de nodos críticos	210
6.2.4. Anomalías previsibles.....	211
6.2.5. Diagramas de causas condicionales	212
6.2.6. Diagramas de efectos potenciales.....	214
6.2.7. Alargamiento del concepto de HEMP – Proceso CDEF.....	215
6.2.8. Seriación de riesgos.....	219
6.2.9. Técnicas de análisis	220
6.3. TERCERA ETAPA	221
6.3.1. Síntesis.....	221
6.3.2. Criterios de criticidad.....	221
6.3.2.1. Métodos estadísticos.....	222
6.3.2.2. Métodos de análisis de las causas	223

6.3.2.3. Métodos de análisis de los efectos	224
6.3.2.4. Métodos de análisis de la fiabilidad de las barreras.....	225
6.3.3. Herramientas	225
6.3.3.1. Herramientas estadísticas.....	226
6.3.3.2. Herramientas de análisis de causas	228
6.3.3.3. Herramientas de análisis de efectos	233
6.3.3.4. Herramientas de análisis de la fiabilidad de las barreras	236
6.3.4. Escalonamiento	236
6.3.5. Técnicas de análisis	237
6.4. CUARTA ETAPA	238
6.4.1. Síntesis	238
6.4.2. Métodos de matrices	241
6.4.2.1. Determinación de los factores de formación del riesgo.....	241
6.4.2.2. Escalas de valoración de los factores de formación del riesgo.....	245
6.4.2.3. Coeficientes de ponderación de los factores de formación del riesgo	256
6.4.2.4. Niveles de riesgo.....	258
6.4.3. Métodos de análisis de barreras	280
6.4.3.1. Identificación de los factores de caracterización de Pr , Ct y Sd	283
6.4.3.2. Identificación dos factores de eficacia M_{Prev} y M_{Prot}	290
6.4.3.3. Tablas de valoración	293
6.4.3.4. Determinación de valores de referencia.....	296
6.4.4. Otros métodos cuantitativos	298
6.5. CUALIDAD DE LA EVALUACIÓN DE RIESGOS	299
7. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	303
7.1. SÍNTESIS DE LOS RESULTADOS – PARTE II	303
7.2. CONCLUSIONES DE LA PARTE II	307
PORTE III – APLICABILIDAD DE LA METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN DE RIESGOS	309
8. CONSIDERACIONES GENERALES	309
9. ENCUADRAMIENTO DE MÉTODOS EXISTENTES	311
9.1. INTRODUCCIÓN	311
9.1.1. Objetivo	311

9.1.2. Método de trabajo	311
9.2. ELECCIÓN Y CLASIFICACIÓN DE LOS MÉTODOS A ANALIZAR	312
9.2.1. Criterios	312
9.2.1.1. Criterios de selección	312
9.2.1.2. Criterios de clasificación	312
9.2.2. Tabla de clasificación	314
9.3. ANÁLISIS DE LOS MÉTODOS	317
9.3.1. Métodos cualitativos	317
9.3.1.1. Encuadramiento	317
9.3.1.2. Métodos simplificados	317
9.3.1.3. Métodos relacionales y estadísticos	318
9.3.1.4. Métodos “ <i>what if</i> ”	319
9.3.2. Métodos semicuantitativos	321
9.3.2.1. Encuadramiento	321
9.3.2.2. Métodos de evaluación de riesgo de explosión	321
9.3.2.3. Métodos de evaluación matriciales	323
9.3.3. Métodos cuantitativos	341
9.3.3.1. Encuadramiento	341
9.3.3.2. Métodos de evaluación de riesgo de incendio	341
9.3.3.3. Otros métodos cuantitativos	344
9.3.4. Complementariedad de métodos	344
9.3.4.1. Integración vertical	345
9.3.4.2. Integración horizontal	346
9.4. SÍNTESIS	349
10. APLICACIÓN A UN CASO DE ESTUDIO	351
10.1. CONSIDERACIONES GENERALES	351
10.2. OBJETO	352
10.2.1. Encuadramiento	352
10.2.2. Propuesta de trabajo	353
10.2.3. Localización	354
10.3. OBJETIVO	355
10.4. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA	356
10.4.1. Primera fase [<i>Empresa/Unidad fabril</i>]	356

10.4.1.1.	Información sobre la SCC	356
10.4.1.2.	Interacción operación/decisión (secuencia funcional)	356
10.4.1.3.	Sistemas de monitorización, comando y control	362
10.4.1.4.	Análisis de las consecuencias (para lo proceso) de las secuencias alternativas	364
10.4.1.5.	Análisis de las consecuencias (para lo sistema) de las secuencias alternativas	365
10.4.2.	Segunda fase [<i>Instalación/Proceso</i>]	366
10.4.2.1.	Análisis de la red procesual	366
10.4.2.2.	Detección de los nodos críticos	368
10.4.2.3.	Relación de anomalías previsibles	370
10.4.2.4.	Diagrama de causas	371
10.4.2.5.	Diagrama de efectos	374
10.4.2.6.	Diagrama de fallos y diagrama de decisiones	376
10.4.2.7.	Conclusión	377
10.4.3.	Tercera fase [<i>Puesto de trabajo/Equipamiento</i>]	377
10.4.4.	Cuarta fase [<i>Operación/Tarea</i>]	378
10.4.4.1.	Selección de la metodología a aplicar	378
10.4.4.2.	Identificación del nodo a estudiar	378
10.4.4.3.	Definición de los factores de formación de la probabilidad y del daño... ..	378
10.4.4.4.	Elaboración de las escalas de valoración de los factores	379
10.4.4.5.	Matriz de riesgo	380
10.5.	RESULTADOS	382
10.5.1.	Notas de encuadramiento	382
10.5.2.	Aplicación al nodo seleccionado	382
10.5.3.	Conclusiones	383
11.	DISCUSIÓN E CONCLUSIONES	385
11.1.	SÍNTESIS DE LOS RESULTADOS – PARTE III	385
11.2.	CONCLUSIONES DE LA PARTE III	387
 CONCLUSIONES		
12.	SÍNTESIS	389
13.	CONCLUSIONES	393

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA	397
BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTAR	413
“SITES” EN LA <i>INTERNET</i> CONSULTADOS	423

ANEXOS

LISTA DE ANEXOS	A - 1
ANEXO 1 – ENCUADRAMIENTO GENERAL DE LA SOCIEDADE CENTRAL DE CERVE- JAS E BEBIDAS	A - 3
A1 - 1. Datos generales	A - 3
A1 - 2. Consumos y política ambiental	A - 7
A1 - 3. Organización espacial (“ <i>lay out</i> ”)	A - 7
A1 - 4. Organización temporal (secuencia funcional)	A - 8
ANEXO 2 – MODELIZACIÓN DE LO PROCESO DE RELLENO.....	A - 15
ANEXO 3 – MODELIZACIÓN DE SECUENCIAS ALTERNATIVAS EN LA OPERACIÓN DE EMBALAJE	A - 25
ANEXO 4 – POLÍTICA DE CALIDAD, AMBIENTE, SALUD Y SEGURIDAD DE LA SOCIE- DADE CENTRAL DE CERVEJAS E BEBIDAS.....	A - 29

PROPOSTA DE UMA METODOLOGIA INTEGRADA DE AVALIAÇÃO DE RISCOS PROFISSIONAIS

ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE TABELAS	xix
SÍMBOLOS UTILIZADOS	xxi
SUMÁRIO/RESUMEN/ABSTRACT	xxvii
AGRADECIMENTOS	xxxix

INTRODUÇÃO

1.	PROPOSTA DE TRABALHO	1
1.1.	JUSTIFICAÇÃO	1
1.2.	OBJECTIVO.....	4
1.2.1.	Questões	5
1.2.2.	Formulação das hipóteses base	5
1.3.	OBJECTO	6
1.4.	MÉTODOS DE TRABALHO	7
1.4.1.	Geral	7
1.4.2.	Histórico	8
1.4.3.	Parte I – Abordagem sistémica e integrada do conceito de risco profissional	9
1.4.4.	Parte II – Metodologia integrada de avaliação de riscos.....	10
1.4.5.	Parte III – Validação da metodologia de avaliação de riscos	11
2.	ENQUADRAMENTO	13
2.1.	HISTÓRICO	17
2.1.1.	Risco	35
2.1.2.	Causas	44
2.1.3.	Consequências	50
2.1.3.1.	Custos	51
2.1.3.2.	Desvios.....	56
2.1.4.	Avaliação de riscos	57
2.2.	ANÁLISE CRÍTICA DOS CONCEITOS DE RISCO	58

RESULTADOS

PARTE I – ABORDAGEM SISTÉMICA E INTEGRADA DO CONCEITO DE RISCOS

PROFISSIONAIS	71
3. DESENVOLVIMENTO	71
3.1. GLOSSÁRIO	71
3.2. DEFINIÇÕES	78
3.2.1. Conceitos básicos	78
3.2.1.1. Acontecimento	78
3.2.1.2. Causas.....	87
3.2.1.3. Consequências	103
3.2.1.4. Síntese.....	110
3.2.2. Conceitos derivados	112
3.2.2.1. Barreiras	113
3.2.2.2. Formação do risco	124
3.2.2.3. Aplicabilidade dos métodos de avaliação de risco.....	145
3.3. ABORDAGEM DO CONCEITO DE RISCO	155
3.3.1. Característica global do risco	156
3.3.1.1. Universalidade do conceito de risco	156
3.3.1.2. Abordagem integrada do risco	157
3.3.2. Característica sistémica do risco	158
3.3.2.1. O risco como uma componente do processo produtivo	159
3.3.2.2. O “sistema doente”	161
3.3.3. Característica dinâmica do risco	163
3.3.3.1. Perspectivas de evolução	165
3.3.3.2. Actuação multidisciplinar.....	166
3.3.3.3. A importância da noção de corresponsabilidade	167
4. DISCUSSÃO E CONCLUSÕES	171
4.1. SÍNTESE DOS RESULTADOS – PARTE I.....	171
4.2. CONCLUSÕES DA PARTE I	178

PARTE II – METODOLOGIA INTEGRADA DE AVALIAÇÃO DE RISCOS	181
5. CARACTERIZAÇÃO DA METODOLOGIA PROPOSTA	181
5.1. NOTA PRÉVIA – TERMINOLOGIA	181
5.2. INTRODUÇÃO	183
5.3. OBJECTIVOS.....	185
5.4. BASES FUNDAMENTAIS	188
6. DESENVOLVIMENTO DO ESTUDO.....	191
6.1. PRIMEIRA FASE	192
6.1.1. Síntese	192
6.1.2. Enquadramento	192
6.1.3. Desenvolvimento espacial.....	195
6.1.4. Desenvolvimento temporal	198
6.1.5. Interrelação entre operações/decisões.....	201
6.1.6. Sistemas de monitorização, comando e controlo	202
6.1.7. Análise de consequências (para o processo)	205
6.1.8. Análise de consequências (para o sistema).....	206
6.1.9. Técnicas de análise	207
6.2. SEGUNDA FASE.....	208
6.2.1. Síntese	208
6.2.2. Análise da rede	209
6.2.3. Determinação de nós críticos.....	210
6.2.4. Anomalias previsíveis	211
6.2.5. Árvores de causas condicionais	212
6.2.6. Árvores de efeitos potenciais.....	214
6.2.7. Alargamento do conceito de HEMP – Processo CDEF.....	215
6.2.8. Seriação de riscos	219
6.2.9. Técnicas de análise	220
6.3. TERCEIRA FASE	221
6.3.1. Síntese	221
6.3.2. Critérios de criticidade.....	221
6.3.2.1. Métodos estatísticos.....	222
6.3.2.2. Métodos de análise das causas	223

6.3.2.3.	Métodos de análise dos efeitos.....	224
6.3.2.4.	Métodos de análise da fiabilidade das barreiras	225
6.3.3.	Ferramentas	225
6.3.3.1.	Ferramentas estatísticas.....	226
6.3.3.2.	Ferramentas de análise de causas	228
6.3.3.3.	Ferramentas de análise de efeitos.....	233
6.3.3.4.	Ferramentas de análise da fiabilidade das barreiras	236
6.3.4.	Escalonamento	236
6.3.5.	Técnicas de análise	237
6.4.	QUARTA FASE	238
6.4.1.	Síntese	238
6.4.2.	Métodos de matrizes	241
6.4.2.1.	Determinação dos factores de formação do risco.....	241
6.4.2.2.	Escalas de valoração dos factores de formação do risco	245
6.4.2.3.	Coeficientes de ponderação dos factores de formação do risco.....	256
6.4.2.4.	Níveis de risco	258
6.4.3.	Métodos de análise de barreiras	280
6.4.3.1.	Identificação dos factores de caracterização de Pr, Ct e Sd.....	283
6.4.3.2.	Identificação dos factores de eficácia M_{Prev} e M_{Prot}	290
6.4.3.3.	Tabelas de valoração.....	293
6.4.3.4.	Determinação de valores de referência	296
6.4.4.	Outros métodos quantitativos	298
6.5.	QUALIDADE DA AVALIAÇÃO DOS RISCOS	299
7.	DISCUSSÃO E CONCLUSÕES	303
7.1.	SÍNTESE DOS RESULTADOS – PARTE II	303
7.2.	CONCLUSÕES DA PARTE II	307
	PORTE III – APLICABILIDADE DA METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO DE RISCOS ..	309
8.	CONSIDERAÇÕES GERAIS	309
9.	ENQUADRAMENTO DE MÉTODOS EXISTENTES	311
9.1.	INTRODUÇÃO	311
9.1.1.	Objectivo	311

9.1.2. Método de trabalho.....	311
9.2. ESCOLHA E CLASSIFICAÇÃO DOS MÉTODOS A ANALISAR	312
9.2.1. Critérios	312
9.2.1.1. Critérios de selecção	312
9.2.1.2. Critérios de classificação	313
9.2.2. Tabela de classificação	314
9.3. ANÁLISE DOS MÉTODOS.....	317
9.3.1. Métodos qualitativos	317
9.3.1.1. Enquadramento	317
9.3.1.2. Métodos simplificados	317
9.3.1.3. Métodos relacionais e estatísticos.....	318
9.3.1.4. Métodos “ <i>what if</i> ”	319
9.3.2. Métodos semi-quantitativos	321
9.3.2.1. Enquadramento	321
9.3.2.2. Métodos de avaliação de risco de explosão.....	321
9.3.2.3. Métodos de avaliação matriciais.....	323
9.3.3. Métodos quantitativos.....	341
9.3.3.1. Enquadramento	341
9.3.3.2. Métodos de avaliação de risco de incêndio.....	341
9.3.3.3. Outros métodos quantitativos.....	344
9.3.4. Complementaridade de métodos	344
9.3.4.1. Integração vertical	345
9.3.4.2. Integração horizontal	346
9.4. SÍNTESE	349
10. APLICAÇÃO A UM CASO DE ESTUDO	351
10.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS	351
10.2. OBJECTO	352
10.2.1. Enquadramento	352
10.2.2. Proposta de trabalho	353
10.2.3. Localização	354
10.3. OBJECTIVO.....	355
10.4. APLICAÇÃO DA METODOLOGIA	356
10.4.1. Primeira fase [<i>Empresa/Unidade fabril</i>]	356

10.4.1.1.	Informação sobre a SCC.....	356
10.4.1.2.	Interacção operação/decisão (sequência funcional)	356
10.4.1.3.	Sistemas de monitorização, comando e controlo.....	362
10.4.1.4.	Análise das consequências (para o processo) das sequências alternativas	364
10.4.1.5.	Análise das consequências (para o sistema) das sequências alternativas	365
10.4.2.	Segunda fase [<i>Instalação/Processo</i>].....	366
10.4.2.1.	Análise da rede processual.....	366
10.4.2.2.	Deteção dos nós críticos.....	368
10.4.2.3.	Relação de anomalias previsíveis.....	370
10.4.2.4.	Árvore de causas	371
10.4.2.5.	Árvore de efeitos.....	374
10.4.2.6.	Árvore de falhas e árvore de decisões.....	376
10.4.2.7.	Conclusão	377
10.4.3.	Terceira fase [<i>Posto de trabalho/Equipamento</i>].....	377
10.4.4.	Quarta fase [<i>Operação/Tarefa</i>]	378
10.4.4.1.	Seleção da metodologia a aplicar	378
10.4.4.2.	Identificação do nó de estudo	378
10.4.4.3.	Definição dos factores de formação da probabilidade e do dano	378
10.4.4.4.	Elaboração das escalas de valoração dos factores	379
10.4.4.5.	Matriz de risco.....	380
10.5.	RESULTADOS	382
10.5.1.	Notas de enquadramento	382
10.5.2.	Aplicação ao nó seleccionado	382
10.5.3.	Conclusões	383
11.	DISCUSSÃO E CONCLUSÕES	385
11.1.	SÍNTESE DOS RESULTADOS – PARTE III	385
11.2.	CONCLUSÕES DA PARTE III	387
 CONCLUSÕES		
12.	SÍNTESE	389
13.	CONCLUSÕES	393

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA	397
BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR	413
“SITES” NA INTERNET CONSULTADOS	423

ANEXOS

LISTA DE ANEXOS	A - 1
ANEXO 1 – ENQUADRAMENTO GERAL DA SOCIEDADE CENTRAL DE CERVEJAS E BEBIDAS	A - 3
A1 - 1. Dados gerais	A - 3
A1 - 2. Consumos e política ambiental	A - 7
A1 - 3. Organização espacial (“lay out”).....	A - 8
A1 - 4. Organização temporal (sequência funcional)	A - 9
ANEXO 2 – MODELIZAÇÃO DO PROCESSO DE ENCHIMENTO	A - 15
ANEXO 3 – MODELIZAÇÃO DE SEQUÊNCIAS ALTERNATIVAS NA OPERAÇÃO DE EMBALAMENTO	A - 25
ANEXO 4 – POLÍTICA DE QUALIDADE, AMBIENTE, SAÚDE E SEGURANÇA DA SOCIEDADE CENTRAL DE CERVEJAS E BEBIDAS.....	A - 29

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura [1]	Representação esquemática do processo de gestão dos riscos (adaptado).....	16
Figura [2]	Barreiras de prevenção/protecção	25
Figura [3]	Teoria do “queijo suíço” (adaptado de Reason)	26
Figura [4]	Falhas nas barreiras (adaptado)	27
Figura [5]	Diagrama “ <i>bow tie</i> ” (adaptado).....	28
Figura [6]	Gestão de Risco – Modelo de escada (adaptado de Renn)	41
Figura [7]	Relação causa → efeito.....	47
Figura [8]	Dispersão dos custos/prejuízos de uma ocorrência profissional danosa (adaptado de Mossink e de Greef)	55
Figura [9]	Representação sistémica do processo produtivo	64
Figura [10]	Análise de riscos/Análise de ocorrências	70
Figura [11]	Processo técnico – sequências possíveis	79
Figura [12]	Consequências de sequências alternativas	81
Figura [13]	Situação de risco.....	85
Figura [14]	Ocorrência profissional danosa.....	86
Figura [15]	Causa: par [Pr ; Ct].....	94
Figura [16]	Tipificação de causas.....	97
Figura [17]	Árvore de causas – níveis de significância.....	101
Figura [18]	Hierarquização dos tipos de causas.....	103
Figura [19]	Árvore de efeitos – níveis de significância	110
Figura [20]	Causa → acontecimento → efeito.....	110
Figura [21]	Causa como par [perigo/condição de trabalho]	111
Figura [22]	Efeito caracterizado pela sensibilidade do processo ao dano.....	111

Figura [23]	Hazard and Effect Management Process (HEMP).....	113
Figura [24]	Barreiras de energia	114
Figura [25]	Barreiras de prevenção	121
Figura [26]	Barreiras de protecção	122
Figura [27]	Análise da fiabilidade das barreiras.....	123
Figura [28]	Sequência <i>situação de risco</i> → <i>ocorrência profissional danosa</i>	124
Figura [29]	Representação do risco.....	125
Figura [30]	Sistema homem/máquina	130
Figura [31]	Processo técnico	131
Figura [32]	Operação técnica.....	132
Figura [33]	Operações elementares	132
Figura [34]	Desagregação de operações elementares	133
Figura [35]	Grafos operação-decisão.....	134
Figura [36]	Etapas e transições	135
Figura [37]	Sequência normal.....	135
Figura [38]	Sequências ramificadas.....	136
Figura [39]	Sequência de correcção	136
Figura [40]	Sequência de falha	137
Figura [41]	Anomalia A_e^q	139
Figura [42]	Anomalia A_e^s	140
Figura [43]	Anomalia A_t^q	140
Figura [44]	Anomalia A_t^s	141
Figura [45]	Anomalias em paralelo	142
Figura [46]	Anomalias em série	143
Figura [47]	R em função de p ou de d	150

Figura [48]	R em função de p e de d	151
Figura [49]	Matriz de R em função de p e de d	153
Figura [50]	Níveis de risco.....	154
Figura [51]	Vertente sistémica do conceito de risco profissional.....	159
Figura [52]	Vertente dinâmica do conceito de risco profissional.....	165
Figura [53]	Árvore de causas	171
Figura [54]	Terminologia adoptada.....	182
Figura [55]	Processo de gestão dos riscos.....	184
Figura [56]	Critérios de viabilidade da avaliação de riscos.....	187
Figura [57]	Subsistema “Empresa”.....	197
Figura [58]	Sequência funcional.....	202
Figura [59]	Sistema de monitorização, comando e controlo.....	203
Figura [60]	Relação informação/comando.....	203
Figura [61]	Materialização de um sistema de monitorização/comando/controlo ..	204
Figura [62]	Grafo de desenvolvimento em rede de um processo (simplificado) ...	209
Figura [63]	Abordagem sistémica das causas de uma situação de risco	213
Figura [64]	Abordagem sistémica dos efeitos de uma situação de risco.....	215
Figura [65]	Contribuição sistémica para a situação de risco das Causas, Decisões, Efeitos e Falhas	216
Figura [66]	Conceito alargado de gestão de Causas, Decisões, Efeitos e Falhas (CDEF)	217
Figura [67]	Árvore de Falhas.....	218
Figura [68]	Árvore de Decisões – Opções.....	218
Figura [69]	Árvore de Decisões – Verificações.....	219
Figura [70]	Ferramenta.....	226
Figura [71]	Critério estatístico de criticidade – distribuição centrada.....	227

Figura [72]	Critério estatístico de criticidade – distribuição descentrada	228
Figura [73]	Árvore de causas condicional – Porta {E}	229
Figura [74]	Árvore de causas condicional – Porta {OU}	230
Figura [75]	Probabilidades resultantes em portas {E} e {OU}	231
Figura [76]	Variação de p conforme o tipo de porta lógica	232
Figura [77]	Árvore de efeitos condicional.....	234
Figura [78]	Evolução da análise de criticidade.....	237
Figura [79]	Tabela de valoração semi-quantitativa	245
Figura [80]	Exemplos de tipos de escalas	246
Figura [81]	Patamares mínimo e máximo em escalas de f_{pi}	250
Figura [82]	Patamares mínimo e máximo em escalas de f_{dj}	250
Figura [83]	Avaliação de Riscos – árvore de acções	260
Figura [84]	Matriz bidimensional – curvas de risco constante (R_{MA} e R_{MC}).....	265
Figura [85]	Matriz tridimensional – superfícies de risco constante (R_{MA} e R_{MC})...	265
Figura [86]	Simplificação para matrizes de baixa complexidade	266
Figura [87]	Níveis de risco	267
Figura [88]	Método ALARP	270
Figura [89]	Matriz ALARP	271
Figura [90]	Curvas FN	272
Figura [91]	Aplicação do método de Pece e Dascalescu modificado (conhecido R_{MC}).....	274
Figura [92]	Aplicação do método de Pece e Dascalescu modificado (desconhecido R_{MC}).....	275
Figura [93]	Aplicação do método proporcional.....	276
Figura [94]	Relação risco - segurança	277
Figura [95]	Correspondência nível de risco → nível de segurança	278

Figura [96]	Correspondência nível de risco → nível de intervenção	279
Figura [97]	Representação gráfica do significado do índice γ	281
Figura [98]	Curvas de risco constante.....	282
Figura [99]	Valoração por tabela e por ábaco	294
Figura [100]	Critérios de valoração dos factores	295
Figura [101]	Áreas de risco	297
Figura [102]	Requisitos de qualidade de uma avaliação de risco.....	301
Figura [103]	Sequência de fases de estudo	303
Figura [104]	Classificação dos métodos de avaliação de riscos	314
Figura [105]	Representação do índice de explosividade (IE)	323
Figura [106]	Matriz simples de risco.....	325
Figura [107]	Sequência do processo de avaliação de riscos.....	345
Figura [108]	Complementaridade de métodos de avaliação de riscos	348
Figura [109]	Sistema de trabalho	353
Figura [110]	Fábrica de Vialonga – acessos e localização (<i>Google Earth</i> , Julho de 2010	354
Figura [111]	Esquema da operação analisada de embalagem <i>Kisters</i>	357
Figura [112]	Fotografias da máquina <i>Kisters</i>	358
Figura [113]	Fotografias da máquina <i>Kisters</i>	358
Figura [114]	Fotografias da máquina <i>Kisters</i>	359
Figura [115]	Fotografias da máquina <i>Kisters</i>	359
Figura [116]	“ <i>Lay out</i> ” da máquina <i>Kisters</i>	360
Figura [117]	Esquema de funcionamento da máquina <i>Kisters</i>	361
Figura [118]	Grafo das etapas de embalagem	361
Figura [119]	Indicador luminoso de anomalias/disfuncionamentos	363

Figura [120]	Modelo da operação de formação/colagem de caixas.....	366
Figura [121]	Esquema da formação/colagem de caixas	367
Figura [122]	Sinalização de pontos de verificação de condições de segurança	369
Figura [123]	Postura do operador (actuação em caso de paragem).....	372
Figura [124]	Esquema do transporte	373
Figura [125]	Árvore de causas potenciais.....	374
Figura [126]	Árvore de efeitos possíveis.....	375
Figura [127]	Árvore de falhas.....	376
Figura [128]	Árvore de decisões	377
Figura [129]	Matrizes de p e de d	381
Figura [130]	Matriz de R	381
Figura [131]	Prever; Prevenir; Proteger	389

ANEXOS

Figura [A1-1]	Produção mensal de cervejas em hl (dados da Empresa, 2010).....	A - 4
Figura [A1-2]	Distribuição de cervejas.....	A - 5
Figura [A1-3]	Informação no local de trabalho.....	A - 6
Figura [A1-4]	Acções de sensibilização para a SAS	A - 6
Figura [A1-5]	Implantação das principais unidades produtivas	A - 9
Figura [A1-6]	Esquema do processo produtivo do malte.....	A - 10
Figura [A1-7]	Esquema do processo produtivo da cerveja.....	A - 11
Figura [A1-8]	Esquema do processo de enchimento – Linha 1	A - 13
Figura [A2-1]	“ <i>Lay out</i> ” da Linha 1	A - 15
Figura [A2-2]	Modelo – Selecção da linha de enchimento	A - 16
Figura [A2-3]	Modelo – Despaletização e preparação das garrafas.....	A - 17

Figura [A2-4] Modelo – Enchimento.....	A - 18
Figura [A2-5] Modelo – Inspecção do enchimento.....	A - 19
Figura [A2-6] Modelo – Pasteurização.....	A - 20
Figura [A2-7] Modelo – Rotulagem e inspecção do rótulo	A - 21
Figura [A2-8] Modelo – Embalamento	A - 22
Figura [A2-9] Modelo – Marcação de caixas e paletização.....	A - 23
Figura [A3-1] Anomalia A_e^q – garrafa tombada ou partida	A - 25
Figura [A3-2] Anomalia A_e^q – número errado de garrafas no agrupamento.....	A - 26
Figura [A3-3] Anomalia A_e^q – falta de cartão.....	A - 26
Figura [A3-4] Anomalia A_e^q – cartão danificado	A - 27
Figura [A3-5] Anomalia A_e^q – defeito na formação/colagem	A - 27
Figura [A3-6] Anomalia A_e^q – falta de cola	A - 28
Figura [A4-1] Política de Gestão de Qualidade, Ambiente e Segurança da SCC.....	A - 31

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela [1]	Definições de termos.....	72-78
Tabela [2]	Causas	95-96
Tabela [3]	Etapas e respectivos módulos activos	135
Tabela [4]	Cálculo da variação de p conforme o tipo de porta lógica.....	231
Tabela [5]	Alguns factores de formação da probabilidade	242-243
Tabela [6]	Alguns factores de formação do dano.....	243-244
Tabela [7]	Escala do factor de formação do dano (ruído)	252
Tabela [8]	Escala do factor de formação do dano (iluminação)	252
Tabela [9]	Alguns factores de formação do perigo.....	284-285
Tabela [10]	Alguns factores de formação da condição de trabalho.....	286-287
Tabela [11]	Alguns factores de formação da sensibilidade ao dano	289-290
Tabela [12]	Alguns factores de eficácia das barreiras de prevenção	291-292
Tabela [13]	Alguns factores de eficácia das barreiras de protecção	293
Tabela [14]	Classificação comparativa de métodos de avaliação de riscos profissionais	315-316
Tabela [15]	Níveis de risco, função do índice de explosividade (IE) (adap- tada de Ary de Sá)	322
Tabela [16]	Níveis de deficiência (ND) (NTP 330)	326
Tabela [17]	Níveis de exposição (NE) (NTP 330)	328
Tabela [18]	Níveis de consequências (NC) (NTP 330)	329
Tabela [19]	Consequência (C) (W. T. Fine, 1973).....	331
Tabela [20]	Exposição (E) (W. T. Fine, 1973)	332
Tabela [21]	Probabilidade (P) (W. T. Fine, 1973).....	332
Tabela [22]	Índice de frequência (P) (adaptada de Nunes, 2003, 2008)	337

Tabela [23]	Índice de exposição (E) (adaptada de Nunes, 2003, 2008).....	337
Tabela [24]	Índice de severidade (S) (adaptada de Nunes, 2003, 2008).....	338
Tabela [25]	Índice de condições de segurança (C) (adaptada de Nunes, 2003, 2008).....	338-339
Tabela [26]	Índice de trabalhadores expostos (T) (adaptada de Nunes, 2003, 2008)	339
Tabela [27]	Métodos “ <i>what if</i> ”	347
Tabela [28]	Legenda do grafo das etapas de embalamento.....	362
Tabela [29]	Sensores de controlo.....	364
Tabela [30]	Causas	374
Tabela [31]	Factores de formação da probabilidade	379
Tabela [32]	Factores de formação do dano.....	379
Tabela [33]	Escala de valoração de f_{p1}	380
Tabela [34]	Escala de valoração de f_{p2}	380
Tabela [35]	Escala de valoração de f_{d1}	380
Tabela [36]	Escala de valoração de f_{d2}	380
Tabela [37]	Escala de valoração de p	381
Tabela [38]	Escala de valoração de d	381
Tabela [39]	Níveis de risco	382
Tabela [40]	Enquadramento de métodos de avaliação. Resumo	385-386

SÍMBOLOS UTILIZADOS

(por ordem de ocorrência)

CD	→ Custos directos de uma ocorrência danosa.
CI	→ Custos indirectos de uma ocorrência danosa.
ϵ_{normal}	→ Sequência normal, expectável e desejável de evolução de um processo técnico.
$\epsilon_{\text{correção}}$	→ Sequência que permite, após a ocorrência de uma anomalia no processo técnico, retomar a sequência normal.
ϵ_{alarme}	→ Sequência que potencia a intervenção (manual ou automática) na evolução do processo técnico permitindo reduzir a capacidade de dano de uma anomalia.
ϵ_{desvio}	→ Sequência alternativa ou adventícia de um processo técnico.
ϵ_{falha}	→ Sequência de desvio que conduz a uma falha no processo técnico e, eventualmente, a uma ocorrência profissional danosa.
q_i	→ Operação técnica (eventualmente elementar) constituinte de um processo técnico.
s_i	→ Decisão caracterizadora da evolução de um processo técnico.
C_e^q	→ Causa(s) que influencia(m) uma operação, numa etapa.
C_e^s	→ Causa(s) que influencia(m) uma decisão, numa etapa.
C_t^q	→ Causa(s) que influencia(m) uma operação, durante uma transição.
C_t^s	→ Causa(s) que influencia(m) uma decisão, durante uma transição.
A_e^q	→ Anomalia verificada numa operação, numa etapa.
A_e^s	→ Anomalia verificada numa decisão, numa etapa.
A_t^q	→ Anomalia verificada numa operação, durante uma transição.
A_t^s	→ Anomalia verificada numa decisão, durante uma transição.

{E} ou $\cap$ → Porta lógica **E**.

{OU} ou $\cup$ → Porta lógica **Ou**.

Pr → Quantificação do perigo.

Ct → Quantificação da condição de trabalho.

Sd → Quantificação da sensibilidade do processo ao dano.

R → Quantificação do risco. Nível de risco em avaliações semi-quantitativas.

p → Probabilidade (factor primário de formação do risco).

d → Dano (factor primário de formação do risco).

f_{pi} → Factor de formação da probabilidade.

f_{dj} → Factor de formação do dano.

π_i → Factor de ponderação de ***f_{pi}***.

δ_j → Factor de ponderação de ***f_{dj}***.

φ_{px} → Factor intermediário de ***p***.

φ_{dy} → Factor intermediário de ***d***.

π → Quantificação do prejuízo/dano.

M_{Prev} → Quantificação da eficácia das medidas de prevenção.

M_{Prot} → Quantificação da eficácia das medidas de protecção.

p → Probabilidade de ocorrência de uma causa ou de um efeito.

p^c → Probabilidade complementar de ***p***: **$p^c = 1 - p$** .

p → Probabilidade de falha (de um componente ou de um sistema).

f → Fiabilidade (probabilidade de sucesso): **$f = p^c = 1 - p$** .

EPI → Equipamento de protecção individual.

η → Intervalo entre valores numa escala de valoração regular linear.

κ → Constante numa escala de valoração regular proporcional.

k	→ Constante numa escala de valoração regular geométrica.
N	→ Número de níveis de risco (numa análise matricial semi-quantitativa).
S	→ Nível de segurança de um sistema.
R_r	→ Valor de referência para o risco. Risco considerado “normal”
γ	→ Índice de risco. Relação entre o risco medido e o risco de referência.
p_i	→ Factor de formação do perigo.
c_i	→ Factor de formação da condição de trabalho.
s_i	→ Factor de formação da sensibilidade ao dano.
(m_{prev})_i	→ Factor de formação da eficácia das medidas/barreiras de prevenção.
(m_{prot})_i	→ Factor de formação da eficácia das medidas/barreiras de protecção.
k	→ Constante caracterizadora do risco assumível no processo produtivo.
r_{ri}	→ Factor de formação do risco de referência.
MIE	→ Energia mínima de ignição (<i>minimum ignition energy</i>) (Explosão de poeiras).
C_{min}	→ Concentração mínima explosiva (<i>minimum explosive dust concentration</i>) (Explosão de poeiras).
(dp/dt)_{max}	→ Gradiente máximo de pressão (<i>maximum rate of pressure rise</i>) (Explosão de poeiras).
MEP	→ Pressão máxima de explosão (<i>maximum explosion pressure</i>) (Explosão de poeiras).
ND	→ Nível de deficiência (MARAT).
NE	→ Nível de exposição (MARAT).
NC	→ Nível de consequências (MARAT).
NP	→ Nível de probabilidade (MARAT).
NR	→ Nível de risco (MARAT).

NI	→ Nível de intervenção (MARAT).
GP	→ Grau de perigosidade (Fine).
C	→ Consequência (Fine).
E	→ Exposição (Fine).
P	→ Probabilidade (Fine).
IJ	→ Índice de justificação (Fine).
FC	→ Factor de custo (Fine).
GC	→ Grau de correcção (Fine).
E	→ Exposição (Kinney/Wiruth/Malchaire).
P	→ Probabilidade (Kinney/Wiruth/Malchaire).
G	→ Gravidade (Kinney/Wiruth/Malchaire).
F	→ Formação e participação dos trabalhadores (Kinney/Wiruth/Malchaire).
P	→ Índice de Frequência (Nunes).
E	→ Índice de Exposição (Nunes).
F	→ Índice de Severidade (Nunes).
C	→ Índice de condições de segurança no local de trabalho (Nunes).
T	→ Índice de trabalhadores expostos (associados ao local) (Nunes).
NS	→ Nível de segurança (Nunes).
q	→ Factor de carga de incêndio mobiliária (Gretener).
c	→ Factor de combustibilidade dos materiais (Gretener).
r	→ Factor de produção de fumos (Gretener).
k	→ Factor de corrosibilidade/toxicidade dos fumos (Gretener).
i	→ Factor de carga de incêndio imobiliária (Gretener).
A	→ Factor de activação (Gretener).
g	→ Factor de geometria e dimensão (Gretener).

e	→ Factor de altura e número de pisos (Gretener).
p_{HE}	→ Factor de correcção (Gretener).
N	→ Medidas de segurança normais (Gretener).
S	→ Medidas de segurança especiais (Gretener).
F	→ Medidas de segurança estruturais (Gretener).
γ	→ Índice de segurança Gretener.
P	→ 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).
σ	→ Desvio padrão.
SAS	→ Segurança, Ambiente e Saúde.
ETAR	→ Estação de Tratamento de Águas Residuais.

SUMÁRIO

PROPOSTA DE UMA METODOLOGIA INTEGRADA DE AVALIAÇÃO DE RISCOS PROFISSIONAIS

Analizando, 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.

Dada a evidente impossibilidade de validar, numa amostra estatística significativa, a metodologia proposta, optou-se por estudar um caso concreto, escolhido de acordo com considerações de ordem prática de exequibilidade, abrindo caminho para investigações mais específicas sobre a aplicabilidade (e a universalidade) da metodologia proposta.

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

RESUMEN

PROPUESTA DE UNA METODOLOGÍA INTEGRADA PARA LA EVALUACIÓN DEL RIESGO PROFESIONAL

Estudiando de una manera crítica diversos conceptos de riesgo desde una perspectiva histórica (porque este análisis se ha realizado con un propósito claro), se ha preparado un conjunto de definiciones que pretende ser coherente y global y finalmente concluir en un concepto de riesgo, sobre la base de una perspectiva integral, global y sistémica, de un proceso productivo.

Partiendo de esta idea se sistematiza un esquema metodológico que permita una evaluación de los riesgos profesionales de forma coherente y reproducible. Para esto se desarrollaran las herramientas necesarias para justificar los criterios utilizados.

Para estudiar la aplicabilidad de los conceptos, se han analizado varios métodos de evaluación cuantitativa de los riesgos laborales con una utilización común, verificando su inclusión en el esquema metodológico presentado.

Dada la imposibilidad evidente de validar una muestra estadísticamente significativa para la metodología propuesta, se opta por estudiar un caso concreto escogido de acuerdo a consideraciones de orden práctico de accesibilidad. De esta forma se pretende abrir el camino para investigaciones más específicas sobre la aplicabilidad de la metodología propuesta.

Palabras-clave: *Riesgo; Gestión del Riesgo; Evaluación de los Riesgos.*

ABSTRACT

PROPOSAL OF AN INTEGRATED METHODOLOGY FOR PROFESSIONAL RISK ASSESSMENT

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.*

AGRADECIMENTOS

Este trabalho resulta de uma reflexão que vem sendo feita ao longo de mais de trinta anos de trabalho na área da segurança, da higiene e da saúde nos processos produtivos. Portanto, o meu primeiro agradecimento vai para todos (e são muitos...) que me ensinaram, que me aconselharam, que me criticaram e que me ouviram.

No concreto, este trabalho não teria sido possível sem a participação empenhada das Directoras de Tese, Doutora Margarida Gaspar Araújo e Doctora Pilar Sánchez Collado.

Uma especial referência aos Professores da Universidad de León, pela clareza, conhecimentos, empenho e simpatia.

Saliento, ainda, o apoio que me deram todos os colegas do Doutoramento, relevando, por mais directo e objectivo, o do João Fróis, do Gil Estevez, do Fernando Nunes.

Realço o papel do ISLA/Santarém pela sua visão ao protocolar este Curso com a Universidad de León (e um agradecimento particular à Margarida Pombo).

Agradeço, ainda, a abertura e disponibilidade da Sociedade Central de Cervejas e Bebidas S. A. e, muito especialmente, ao Dr. Ribeiro Seara, ao Dr. Manuel Galvão, ao Mário Roberto e aos operadores da *Kisters* da Linha 1.

Finalmente – e os últimos são os primeiros – obrigado à minha família pelo apoio, pela paciência, pela forma como encararam a minha indisponibilidade e como me ajudaram a chegar até aqui.

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)

INTRODUÇÃO

1. PROPOSTA DE TRABALHO

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 agredem 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 factores 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 factores 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 profissionais¹, tendencialmente abrangente, baseada, naturalmente, em conceitos existentes e consagrados pela sua base teórica e pela sua aplicação prática.

¹ E, eventualmente, aplicável a outros tipos de risco.

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.

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.

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 conterà 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.

1.2.1. Questões

Este trabalho inclui, 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.

Assim, optou-se por sistematizar o tratamento a dar ao tema, elegendo duas questões, essenciais mas interligadas, às quais se tentará dar resposta e que são, sinteticamente, as seguintes:

É possível estruturar um conceito integrado de risco profissional tendo em conta, por um lado, uma abordagem integrada do processo produtivo e, por outro, a diversidade de processos produtivos que caracterizam o mundo actual?

E, com base nesse conceito, desenvolver uma metodologia de avaliação de riscos profissionais que seja coerente e universal na sua aplicabilidade?

1.2.2. Formulação das hipóteses base

Para responder à questão anteriormente formulada, há que tentar verificar a veracidade de hipóteses que podem ser expostas nos seguintes termos:

[H₁] *Pode-se descrever, caracterizar e classificar o risco presente num processo produtivo através do conhecimento das suas causas e do estudo das suas consequências.*

[H₂] *É viável a elaboração de um processo metodológico que permita avaliar riscos profissionais de uma forma coerente, reproduzível e comparável.*

Obviamente, estas hipóteses apresentam-se sequenciadas, ou seja, a verificação de [H₁] condiciona a eventual validação de [H₂].

1.3. OBJECTO

O risco é um conceito relativo². Define-se genericamente como a *probabilidade de ocorrência de uma situação causadora de danos*.

Ou como a *ocorrência, 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.

² Definições mais completas e estruturadas serão apresentadas posteriormente, no desenvolvimento do 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

Com o objectivo de tentar responder às questões anteriormente formuladas, observando os pressupostos enunciados, de modo a validar – ou não – as hipóteses propostas, considera-se que 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 três 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 apresentação de **RESULTADOS** dividida em três partes:
 - A **PARTE I** centra-se 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.

- Na **PARTE II** desenvolvem-se as bases de uma metodologia de avaliação de riscos profissionais, que se pretende de aplicação genérica e universal, enquadrando os diversos métodos e técnicas em uso.
- A **PARTE III** consiste num exercício de aplicação da metodologia proposta, utilizando o método do “estudo de caso” com vista à sua validação.
- 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 verificar, 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. Parte I – 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 aspectos teóricos desenvolvidos por diferentes autores, numa perspectiva 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 detectadas 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. Parte II – 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 sequencial, leve à obtenção de resultados e à prossecução dos objectivos propostos.

Recorrendo à definição encontrada num dicionário:

- **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. Parte III – 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 verificar a aplicabilidade da metodologia proposta utilizando duas técnicas complementares:

- Verificar a sua compatibilidade com alguns métodos existentes de avaliação de riscos profissionais³, aplicando a estes as ferramentas definidas e analisando as conclusões passíveis de serem obtidas.
- Aplicá-la, de um modo sistemático, a uma situação concreta, escolhida de acordo com critérios devidamente justificados, usando uma técnica do tipo “estudo de caso” mas, tendo consciência da reduzida significância estatística deste procedimento, centrar o estudo apenas num nó crítico particular, bem definido, de forma a tentar obter resultados que sejam, no essencial, exemplificativos de tal aplicação.

³ 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 espécie⁴.

⁴ Só no 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 consciencialização para os problemas detectados e que, só assim, está a conseguir ultrapassar as fortes tendências individualistas (de grupo) dominantes.

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

A cooperação 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 diversificada⁵.

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

A afirmação anterior implica o assumir de uma relação **causa → efeito (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 profissional⁶ que se enquadram numa visão de *gestão*, pelo menos numa das acepções definidas pelo Dicionário da Língua Portuguesa Contemporânea – Academia das Ciências de Lisboa, ed. Verbo, 2001:

⁵ Recorde-se o trabalho comunitário, o trabalho escravo, o trabalho feudal, o trabalho artesanal, o trabalho industrial, o trabalho manual, o trabalho intelectual, o trabalho académico, para citar apenas os principais tipos.

⁶ E, obviamente, todos os outros tipos de risco presentes na vida de cada um de nós, nomeadamente, riscos domésticos, de lazer, desportivos, de tráfego, económico-financeiros...

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

Ou seja, é possível falar numa Gestão dos Riscos, com *objectivos* bem definidos – *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” –, 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, processos 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 fiável⁷ – desses riscos.

⁷ **Valorizar** entendido como *qualificar* (caracterizar e tipificar) e **valorar** com o significado de *quantificar* (medir). Ver tabela [1] no ponto 3.1..

Daqui resulta a necessidade de uma avaliação dos riscos profissionais que seja coerente, aprofundada e tecnicamente correcta.

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, apresenta 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 encarassem 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 [...], oferece-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, *Tecnologie 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 factor 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 desenvolvimento 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 *Sammlungspolitik* 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 smula da evoluo histrica do modo como tm sido encaradas as causas de acidentes de trabalho. Dessa smula apresentam-se, seguidamente, algumas ideias essenciais.

A abordagem tcnica diferencia-se da abordagem cientfica e de ambas resulta a abordagem tecnolgica.

A tcnica corresponde a um “saber fazer”, a um conhecimento emprico dos modos e dos procedimentos necessrios e adequados para obter um resultado procurado. independente do facto de o utilizador conhecer ou no a teoria cientfica (caso ela exista) que est subjacente ao fenmeno que ele procura reproduzir.

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

Este conceito de tcnica (do grego *τεχνη*), j aparece caracterizado pelos helenistas que vem nele “uma faculdade da inteligncia, um mtodo para acrescentar – pelo conhecimento terico e prtico – a fora do homem e, ao mesmo tempo, um artifcio para eliminar as suas fragilidades”⁸.

A abordagem puramente cientfica prope, atravs da formulao de hipteses e da sua eventual demonstrao, explicaes para os problemas que procura tratar. Se, inicialmente, era essencialmente uma forma de procura (quase abstracta) de conhecimento, patente na dualidade cincia-filosofia⁹,

⁸ *Magalhes-Vilhena, Vasco* **Essor scientifique et technique et obstacles sociaux la fin de l’antiquit**, Cahier du CERM 42, Paris, 1965, citado em *Quinot, E. e Moyen, D.*, 1980.

⁹ Veja-se os ainda hoje existentes graus de Doutoramento anglo-saxes: **PhD** (*Philosophy Doctor*) para designar Doutores na rea das Cincias.

transformou-se, nos tempos 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 factores 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 os efeitos, o que não significa que sejam “estanques”, como mostra o esquema da figura [2].

Figura [2] – Barreiras de prevenção/protecção

A análise de barreiras pode ser entendida de uma forma abrangente, incluindo as noções de barreiras técnicas (físicas), 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” na qual 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 são 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) 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 barreiras¹⁰ – 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 laten-

¹⁰ Ou seja, na “redução do número, do tamanho e da posição relativa dos orifícios” em cada barreira.

tes 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.

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 (*Hazzard 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 perspectiva causa/consequência.

É característico desta representação, como se pode observar na figura [5], o conjunto 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 defi-

nidos – 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 Aprendizes” 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 respectivas 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 Inspecção 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” (*Factory 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, respectivamente.

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 interven-tiva 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 Versa-lhes.

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 Cons-tituição. 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 EUROSTAT¹¹ 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.

Antes do mais, gerir riscos profissionais¹² 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 acepção já clássica se traduz na probabilidade de concretização de uma situação passível de provocar um dano¹³ – está intima-

¹¹ Gabinete de Estatísticas da União Europeia (*European Statistics*).

¹² 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.

¹³ 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*

mente 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 perspectivas complementares:

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

Esta assumpção não exclui (antes pelo contrário) a abordagem integrada, que pode ser resumida ao tratamento global do comportamento do sistema **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 interpretações, 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 excepções), a falta de preparação, nomeadamente ao nível escolar, da maioria das pessoas

influências ambientais negativas e/ou implicações sociais e/ou consequências políticas.

para poderem fazer face a situações de crise ou catástrofe natural e a omnipresença 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, duma 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 percebida) 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 sistémica, 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, “*riscum*” 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-saxónicas), “*risk*” possui associações negativas bem definidas¹⁴.

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 em castelhano, em francês ou em italiano), podendo ser entendido como algo negativo – *ameaça* – (risco de acidente) ou como um facto positivo – *expectativa* – (risco de ganhar a lotaria). No entanto, na acepção 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.

¹⁴ A palavra usada, em inglês, para risco-expectativa é “*chance*”.

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, 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 de-

corrente 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 conceptuais. 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 factores 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]).

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

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

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

- Um regime rotineiro, simples, 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 simples 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 factores 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 riscos¹⁵ 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

¹⁵ 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.

tem a ver, fundamentalmente, 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 factores 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, eco-

lógica) são factores 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.

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 representações 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 de “gestão do erro”.

Figura [7] – Relação causa → efeito

- O *modelo epidemiológico* descreve o acidente como se de uma doença se tratasse. Tal implica a combinação de um conjunto de factores, manifestos ou latentes, que, a acontecer em determinadas condições es-

pacio-temporais, podem estar na origem de acidentes. O essencial desta abordagem reside no facto de não ser, de todo, determinista. Os factores existem, podem inclusivamente estar latentes, mas é a ocorrência conjunta de um determinado número (e/ou de um determinado tipo) de factores 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 interactivo e interdependente.

Tão interactivo 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 *concepção 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 *concepção 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 psicosocial não eram considerados que outros autores, na sequência das pesquisas da Escola Inglesa de Psicanálise (Tavistock 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 estado 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 detectados 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 conhecidos¹⁶ 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.

¹⁶ 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.

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

Numa acepção 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, utilizando a já clássica metáfora do “*iceberg*” para definir os custos directos (ou custos seguráveis) e os custos indirectos (ou não seguráveis). É, também, da sua autoria a verificação do facto de que os custos indirectos são significativamente superiores aos directos¹⁷.

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

Reis e Soeiro, 2005, consideram, no cálculo dos custos indirectos, os seguintes factores:

- *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.

¹⁷ Diversos estudos estatísticos situam a relação entre custos indirectos (**CI**) e custos directos (**CD**) entre **CI = 4CD** (Heinrich) e **CI = 12CD**, passando pelo valor de **CI = 6CD** resultante dos estudos de Frank Bird Jr. sobre um universo de cerca de 90000 acidentes ocorridos em sete anos.

- *Seleccção 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.
- *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 factores anteriormente enunciados mas não têm em consideração outros factores que são 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 Investigaton 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 factores de influência negativa (como a maioria dos métodos de avaliação de acidentes), mas também os factores que podem marcar positivamente a situação em estudo.

A Agência Europeia para a Segurança e Saúde no Trabalho¹⁸ inventariou custos socioeconómicos dos acidentes.

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]:

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.

¹⁸ Organismo da União Europeia.

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 efeitos¹⁹, 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

¹⁹ 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.

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 interações homem-trabalho, desde que alargada a sua concepção 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.

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 anomalia²⁰, que pode vir a tomar o desenvolvimento desse processo, que as consequências dos desvios se podem tornar mais evidentes.

²⁰ Ou de várias anomalias que podem verificar-se em série, em paralelo ou como combinações de portas lógicas {E} e/ou {OU}.

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 aspectos 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 substantia uma técnica de análise sequencial, desenvolvida, em particular, por Florig *et al.*, 2001, (citado por Shah).
- A **factorização do risco**, que assume um conjunto de factores de risco mensuráveis e que permite, através de ponderações atribuídas a esses factores, 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 perspectiva vertical, quer numa perspectiva 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 acepção 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 retroactivos²¹ e métodos proactivos²² 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,

- 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;

²¹ Também referidos como reactivos ou “*a posteriori*”.

²² Designados na literatura, em alternativa, como métodos activos ou “*a priori*”.

- 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*)²³ ou dos diagramas de *Ishikawa*²⁴;

correspondem a procedimentos de análise de carácter retroactivo, 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 acepção 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.

²³ Desenvolvido na década de 1970 por Johnson.

²⁴ 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 interações 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 aspectos, a motivação, a (in)satisfação com as tarefas exercidas e com o seu contravalor pecuniário e as interações 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, 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 factores 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 espacio-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*.

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 detectáveis.

Do que anteriormente ficou dito pode, então, concluir-se que uma abordagem que se pretenda sistémica e integrada do conceito de risco profissional²⁵ 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 nega-

²⁵ 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.

tiva 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 factores²⁶: a probabilidade da ocorrência profissional danosa (**p**) e o dano resultante das suas consequências (**d**);
- o valor de cada um dos factores primários referidos é o produto de factores²⁷ de formação a determinar caso a caso;
- o algoritmo utilizado é o seguinte:

$$R = p.d$$

Equação [2]

com

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

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

Equações [3]

onde **p** e **d** são os factores primários de formação do risco

e **f_{pi}** e **f_{dj}** são os factores de formação da probabilidade e do dano.

²⁶ Estes factores serão denominados **factores primários de formação do risco**.

²⁷ Alguns métodos de avaliação de riscos utilizam não o produto de factores mas a soma de parcelas. Com os devidos ajustamentos aos valores de cada um dos factores ou de cada uma das parcelas, o conceito mantém-se válido. Neste caso, a operação $\prod$ é substituída pela operação $\sum$.

ou

$$\mathbf{p} = \sum \mathbf{f}_{pi}$$

$$\mathbf{d} = \sum \mathbf{f}_{dj}$$

Equações [4]

onde $\mathbf{f}_{pi}$ e $\mathbf{f}_{dj}$ são, agora, as parcelas de formação da probabilidade e do dano.

- Os valores de $\mathbf{p}$ e de $\mathbf{d}$ – ou mais concretamente de $\mathbf{f}_{pi}$ e de $\mathbf{f}_{dj}$ – 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 $\mathbf{R}$ será, também ele, uma valoração de um nível (definido com limites superior e inferior)²⁸.

- As definições – e a escala de valoração – dos factores de formação do risco $\mathbf{f}_{pi}$ e $\mathbf{f}_{dj}$, dependerão da análise que for efectuada ao sistema a que se referem.
- Quando se utiliza uma técnica do tipo “*bow tie*”, os factores $\mathbf{f}_{pi}$ poderão ser encontrados, nomeadamente, a partir de uma árvore de falhas, de uma árvore de causas ou de métodos “*what if*”, enquanto os factores $\mathbf{f}_{dj}$ derivarão, em princípio, da análise de árvores de acontecimentos, de árvores de efeitos ou de sequências alternativas do processo.
- Na identificação dos factores $\mathbf{f}_{pi}$ e $\mathbf{f}_{dj}$ deverá ter-se em consideração (de um ponto de vista alargado) o carácter sistémico do processo produtivo, analisando todas as interrelações e interdependências presentes.

²⁸ 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.

- Na caracterização dos factores 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 consequências 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, respectivamente,

- 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

RESULTADOS

PARTE I

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 respectivas definições. Estas definições resultam, quer do normativo em vigor, quer de 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	Factor 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 factores 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.

Designação	Definição
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].
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 factores 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	Actuação 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.

Designação	Definição
Custo directo	Parcela do custo que corresponde a perdas seguráveis, facilmente quantificáveis.
Custo indirecto	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.
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/descriptiva.
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 factores que possam aumentar ou reduzir a perda mas excluindo coincidências ou situações de catástrofe que são possíveis mas pouco prováveis ²⁹ .

²⁹ “*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
Factor 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.
Factores de formação do risco	Numa acepção específica: qualquer um dos factores (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.
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	"Maximum Possible Loss" ou Perda Máxima Possível é a que pode ocorrer quando as circunstâncias mais desfavoráveis podem ser, mais ou menos, excepcionalmente combinadas de forma a que o fogo só é sustido por obstáculos inultrapassáveis ou por total carência de combustível ³⁰ .
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.

³⁰ "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.

Designação	Definição
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 ³¹ .
Ponto crítico	Um ponto vulnerável (receptor) 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.
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 “ <i>input</i> ”.
Protecção	Redução das consequências possíveis de uma situação de sinistro.

³¹ 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
Protecção 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.
Protecção 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.
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.

Designação	Definição
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 acontecimento³² 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.

³² Também se utiliza 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. Deste modo, esta noção de acontecimento – 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 [ϵ_{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*³³.

Figura [11] – Processo técnico – sequências possíveis

³³ Este tema será tratado com mais detalhe no ponto 5.2.2.2..

Assim, qualquer acontecimento que não o normal³⁴ levará ao desenvolvimento de sequências alternativas (ver figura [12]).

- Se tais sequências – *sequências de desvio* (ϵ_{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 certo dano.

Como se reserva a designação de *sequência de falha* para a situação que está na origem de 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* (ϵ_{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* (ϵ_{alarme}) implica uma actuação – 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.

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.

³⁴ Ou seja, a ocorrência de qualquer *anomalia* que altere a intenção de operação.

Figura [12] – Consequências de seqüências alternativas

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

- Conduzir a uma *seqüência de desvio*, resultando em danos essencialmente económicos e operacionais – interrupção do processo, perda de qualidade dos produtos, redução da produtividade, necessidade de intervenção de subsistemas 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 *seqüência de alarme*. Esta seqüência pode vir a ter diferentes seguimentos:
 - Levar a uma actuação humana, que pode ou não ser bem sucedida. O resultado será, respectivamente, uma *seqüência de correcção* ou uma *seqüência 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, consequentemente, 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.

de 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 factores abrangentes e não apenas pelo grau de competência técnica na condução da tarefa³⁵ e que, portanto, pode estar na origem de 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 condicionam³⁶ ou analisar uma decisão (como fase de uma etapa do processo) e daí concluir da sua adequabilidade ao prosseguimento de ε_{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 **proactivo** (também referido na literatura relacionada como método “*a priori*”), pode encarar-se o modelo como uma

³⁵ 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 de protecção colectiva e individual disponíveis e, naturalmente, a existência de normas e/ou de regras operacionais.

³⁶ Entendendo-as de uma forma abrangente e procurando-as nos subsistemas alargados que incluem o subsistema **homem-máquina**.

ferramenta para identificar possíveis anomalias e, consequentemente, avaliar das suas eventuais consequências.

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 **retroactivo** (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*.

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 detecta 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 produtivo³⁷.

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.

³⁷ Resultados que, obviamente, se referem a lesões, perdas materiais ou patrimoniais, danos para o ambiente e consequências psíquicas e sociais.

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 detectáveis – 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

Assim, utilizando o mesmo tipo de abordagem (“*bow tie*”), uma ocorrência profissional danosa representar-se-á entre as causas detectadas 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 percepcionais – 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 clínica³⁸ 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**”:

- **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.

³⁸ Incluindo o eventual aparecimento de sequelas e/ou de agravamentos de estados patológicos pré-existentes.

- **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 aspectos que a condicionam:

- A presença de um **factor 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 aspectos 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, coarcta a esperada progressão na carreira, desvaloriza as propostas espontâneas de soluções para problemas detectados;

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 factores 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 aspecto 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 factor *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 aspectos tão diversos como a concepção 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*³⁹, 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 objectivo a identificação de todas as possíveis combinações destes

³⁹ *Causa/efeito* entre dois níveis consecutivos de significância, integrados numa árvore lógica.

dois elementos⁴⁰, o que obriga a um conhecimento suficientemente aprofundado da forma como ele se desenvolve.

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

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

⁴⁰ 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 factores humanos (dificilmente quantificáveis) e mesmo o conhecimento científico e tecnológico (o “estado da arte”) o tornariam inviável.

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

Tipo de causa	Par característico		Exemplo		
	Pr	Ct	Pr _i	Ct _j	Descrição da causa
Material	Factor 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	Factor de risco material	Acto 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)
	Factor 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
		Acto 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	Factor de risco material	Organização do trabalho	Plano de trabalho demasiado alto	Operador não adequado	Postura inadequada
	Factor de risco humano		Pressão de produção	Ritmo demasiado	Constrangimento (stress)

Tipo de causa	Par característico		Exemplo		
	Pr	Ct	Pr _i	Ct _j	Descrição da causa
Ambienta- l/Ecológi- ca	Agressão ambiental	Vulnerabili- dade ecoló- gica	Águas resi- duais ácidas	Descarga directa para um rio	Poluição ácida
			Edifícios de grande dimensão	Paisagem protegida	Agressão visual
Psicos- social	Factor de risco material	Vulnerabili- dade na actuação	Complexi- dade da instrumen- tação	Atenção	Erro de interpreta- ção de dados
	Factor de risco humano	Vulnerabili- dade na actuação	Relação pessoal ou hierárquica	Trabalho em equipa	Desmotivação
			Doença familiar	Exigência de concen- tração	Manobra errada
			Alcoolismo	Condução de veículos	Condução perigo- sa
Social	Enquadra- mento social	Vulnerabili- dade na actuação	Participação na comuni- dade	Responsa- bibilidades profissionais	Absentismo
			Desempre- go familiar	Exigência de concen- tração	Erro por distração
Natural	Fenómeno da natureza	Vulnerabili- dade especí- fica	Cheia	Construção em leito de cheia	Aumento do cau- dal de uma linha de água
			Sismo	Construção inadequada	Vibrações transmi- tidas pelo solo
Econó- mica	Factor de risco econó- mico	Vulnerabili- dade especí- fica	Baixos salá- rios	Poder de compra	Insatisfação labo- ral
			Aumento do preço dos combustí- veis	Dependên- cia de transporte rodoviário	Dificuldades de gestão
Política	Conjuntura política	Vulnerabili- dade especí- fica	Alteração da política fis- cal	Incidência no custo da produção	Aumento de imposto sobre as matérias-primas; Aumento do custo de produção
			Variação cambial	Dependên- cia das exportações	Alteração de pers- pectivas comer- ciais

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 Higiene, 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 numa árvore de causas.

Constituem aquilo a que Reese, 2001, chama as causas directas e indirectas das ocorrências profissionais danosas (ou das situações de risco)⁴¹.

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.

⁴¹ 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 factores humanos.

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 detectáveis, 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 latente⁴², 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.

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 $0 < p_{(CA)} \leq 1$.

⁴² Embora este autor se refira, muito em especial, ao *erro humano*, considerando-o o factor essencial que contribui para a ocorrência de acidentes.

- Uma **causa latente** só existe quando se analisa uma situação de risco⁴³, ou seja, quando a árvore de causas é do tipo proactivo. 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.

É sobre este último conceito que se baseiam os métodos de árvores de causas. Naturalmente que uma noção sistémica do modelo do processo produtivo afasta o primeiro ponto de vista acima referido por não responder àquilo

⁴³ 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.

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.

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.

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

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) e de o sinistrado não se ter apercebido dessa circunstância (causa humana).

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 ϵ_{normal} cuja origem é a anomalia detectada.
- Caracterizar e quantificar o custo dos danos⁴⁴ resultantes de um acontecimento indesejável (ou indesejado). Naturalmente, este conceito de custo ultrapassa o simples cálculo pecuniário. Há que valorar, entre outros parâmetros, lesões e demais patologias, impactos ambientais, resultados económicos, implicações sociais e políticas.

Desvios

A sequência normal ou expectável (ϵ_{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 ϵ_{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 desenrolar normal⁴⁵ 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

⁴⁴ Conceito de *dano* de acordo com a definição apontada na tabela [1] (ponto 3.1.).

⁴⁵ Entende-se por comportamento normal aquele que é esperado pelo facto de se verificarem as circunstâncias e as sequências previstas no seu desenho.

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.

Uma anomalia do tipo A_e^s (por exemplo) pode conduzir a uma sequência alternativa ϵ_{desvio} que pode resultar numa ϵ_{falha} a não ser que a decisão de correcção induza uma $\epsilon_{\text{correcção}}$ 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 acepção 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 factores, 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-quantificadas⁴⁶ – 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 directos e a estimativa dos custos indirectos, 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].

⁴⁶ 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 proactivos.

Propõe-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, não podem ser agrupadas em pares de parâmetros, 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*⁴⁷ (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.

⁴⁷ Ocorrência essa que é sempre possível, dado que é tecnológica e economicamente inviável *anular* tal probabilidade. Isto significa que **p > 0**.

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

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 aspecto.

- 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 energia⁴⁸ 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.

⁴⁸ O conceito de energia é, aqui, entendido de uma forma alargada, como é hábito quando se trata dos métodos de avaliação de risco que o utilizam.

Como exemplo:

- resguardos de peças móveis de máquinas; guarda corpos; portas blindadas; elementos estruturais corta-fogo; sistemas de encravamento de máquinas;
- isolamento de condutores eléctricos; dieléctricos em transformadores; ligações equipotenciais; eléctrodos de terra;
- filtros activos em máscaras de protecção contra gases; sífões químicos; torres de lavagem de gases;
- desinfectantes; agentes antibacterianos;
- 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 detectam a libertação de energia e reagem accionando mecanismos ou sistemas que a controlam.

Podem citar-se, entre outros:

- sistemas de detecção de aproximação, de intrusão, de incêndio, de fugas ou de derrames;
- sistemas de vigilância meteorológica; mangas de vento;
- barreiras ultrasónicas ou fotoeléctricas em máquinas;
- detectores electromagnéticos de abertura e fecho;
- sistemas de admissão de pessoas a áreas reservadas;
- detectores 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 concepção 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 aspecto 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 mentalidade e de comportamento, 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;
- 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 detectar 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, proteccionistas 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;
- 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 empresa⁴⁹ 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;
- 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 seu objectivo 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]).

⁴⁹ 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.

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 factores 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

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

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

Equações [3] e [4]

Nestas relações, f_{pi} e f_{dj} são os factores⁵⁰ de formação do risco ligados, respectivamente, à probabilidade de ocorrência de uma situação de risco e aos danos expectáveis, consequência dessa ocorrência.

Estes factores 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 α e β , dado que ambos se encontram sobre uma curva de risco

⁵⁰ Factores 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*.

constante $R = p.d$ e é 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 α existe uma alta probabilidade de ocorrência mas os danos são relativamente reduzidos, na situação identificada por β a probabilidade é baixa mas os danos poderão ser muito significativos.

Um exemplo de eventos do tipo do representado pela referência α 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 β 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 factores 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 factores primários mas, numa aplicação mais aprofundada, aos factores 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, multiplicativa⁵¹.

⁵¹ As propriedades associativa e comutativa da multiplicação anulam o efeito de ligação biunívoca *coeficiente de ponderação/factor de formação do risco*.

Para ultrapassar esta contingência podem ser utilizadas derivações logarítmicas das relações de multiplicação, ou seja, as equações [2] e [3]⁵² tomariam a forma:

$$R = \log(p) + \log(d)$$

Equação [5]

$$p = \sum \log(f_{pi})$$

$$d = \sum \log(f_{dj})$$

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 π (π_i) e δ (δ_j) materializam a ponderação a utilizar e têm em conta diversos factores 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 factores de formação do risco, a distribuição obtida através da utilização de equações logaritmizadas é muito mais regular, o que potencia

⁵² A questão, naturalmente, não se põe nestes termos quando se utiliza uma relação sumativa.

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 perspectiva 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 perspectiva 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 factor 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 sinais⁵³ que ligam cada um dos seus elementos, traduzindo este relacionamento através de grafos ou de diagramas.

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 Moyen (1980) pode servir de base para a elaboração de um novo modelo, mais sistémico. Este conceito já foi, anteriormente referido.

⁵³ Um sinal é uma transmissão de informação pertinente.

Esta definição tanto se aplica ao envio de dados processuais a um elemento decisório (controlador), como à comunicação das acções de controlo, ou seja, aos comandos.

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 serralheiro, 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 produ-

tos 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 factores ou na sua interligação provocará, certamente, situações indesejadas, cujo controlo pode ser difícil ou mesmo impossível.

E, neste caso, pode dar-se uma ruptura 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 apa-

recimento 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

Analizando 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 factores 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 ruptura 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 activos, 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, activos 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 activos	
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 activos

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 é, no essencial, a sua adequação ao fim para que foram projectadas e a sua fiabilidade que contam.

Figura [39] – Sequência de correcção

Designa-se por sequência de correcção ($\epsilon_{\text{correcção}}$) a que resulta na retoma do processo (ϵ_{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 ruptura, 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 (ϵ_{falha}) cabendo, com o anterior, num tipo genérico (ϵ_{desvio}).

Como caso particular de ϵ_{desvio} poder-se-ão considerar outras sequências alternativas, nomeadamente as sequências de alarme ϵ_{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 concepção 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 → anomalia → 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
- $A_e^s \rightarrow$ No decurso da etapa i , anomalia de s_i que se transforma em s'_i em virtude da causa C_e^s
- $A_t^q \rightarrow$ No fim da etapa i , a transferência $q_i \rightarrow q_{i+1}$ é substituída pela transferência $q_i \rightarrow q'_{i+1}$ devido à causa C_t^q
- $A_t^s \rightarrow$ No fim da etapa i , a transferência $s_i \rightarrow s_{i+1}$ é substituída pela transferência $s_i \rightarrow s'_{i+1}$ devido à causa C_t^s

Os grafos orientados correspondentes à incidência destes tipos de anomalias serão, então, os que acompanham a respectiva descrição.

- Esta alteração provoca o imediato bloqueamento da esperada transição ($\mathbf{s}_i \rightarrow \mathbf{s}_{i+1}$) que, em vez disso, passa a ser ($\mathbf{s}_i \rightarrow \mathbf{s}'_{i+1}$).

The diagram illustrates the proposed model architecture. It shows a sequence of input states s_i and s_{i+1} (orange circles) feeding into hidden states q_i and q_{i+1} (yellow circles). A dashed arrow indicates a feedback loop from q_{i+1} back to q_i . A red dotted arrow points from a context node C_e^q (light blue circle) to q_i . The final output is an anomaly score A_e^q (red circle), which is compared against a threshold τ to determine if an anomaly exists. The text "Anomalia" is written next to the threshold symbol.

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 $\mathbf{s}'_i$.

A passagem esperada ($\mathbf{s}_i \rightarrow \mathbf{s}_{i+1}$) dá lugar a uma passagem ($\mathbf{s}_i \rightarrow \mathbf{s}'_i$).

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 a 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 detectada 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) ϵ_0 , dando origem a uma sequência alternativa ϵ_1 .

Esta nova sequência pode ter vários tipos de desenvolvimento:

Sofrer uma alteração – por iniciativa humana ou por auto-regulação – que a faça retomar a sequência principal $\mathbf{\epsilon}_0$ ou $\mathbf{\epsilon}_{\text{normal}}$ através de uma sequência correctiva $\mathbf{\epsilon}_{\text{correção}}$. Neste caso está-se perante uma acção de controlo do risco.

Derivar para uma sequência de alarme $\mathbf{\epsilon}_{\text{alarme}}$ 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 $\mathbf{\epsilon}_{\text{desvio}}$ o que equivale a uma alteração ao desenvolvimento desejável do processo.
- Ser alterada por novas anomalias, dando origem a sequências alternativas $\mathbf{\epsilon}_{\text{falha}}$ que podem conduzir ao bloqueio do sistema, ou seja, a um acidente.

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 ruptura. 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 detectadas 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 pormenorizadamente 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 produtivo⁵⁴.

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.

⁵⁴ O conceito de *processo produtivo* é mais abrangente porque inclui – mas não coincide, necessariamente, com – o de *processo técnico*, ou seja:

$$[\text{processo produtivo}] \cap [\text{processo técnico}] = [\text{processo técnico}]$$

$$[\text{processo produtivo}] \cup [\text{processo técnico}] \geq [\text{processo técnico}]$$

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 total⁵⁵.

Quando se verifica, de facto, a concretização das consequências das causas presentes, estar-se-á em presença de uma ocorrência, definida como profissional (porque 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 detectáveis).

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.

⁵⁵ 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.

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 proactivo ou retroactivo 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 perspectiva 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, detectar 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 (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 detectadas.

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 activo, 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 sectores de actividade, a indústrias específicas ou a universos humanos delimitados. Não serão (nem pretenderiam 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 factores 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 α (R_α) como a área definida num plano $[p ; d]$ pelas coordenadas p_α e d_α . Naturalmente que, para as situações α , β , γ e δ (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 factores 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 $\mathbf{p}$ e de $\mathbf{d}$.

Ou seja, em vez de uma representação em plano, ter-se-á uma representação matricial⁵⁶. As variáveis $\mathbf{p}$ e $\mathbf{d}$ 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 caracteriza cada um desses “degraus”. Deste modo, o risco será medido por um número que resulta do produto $\mathbf{p}_i \cdot \mathbf{d}_j$ para cada um dos valores de $\mathbf{p}$ e de $\mathbf{d}$ das respectivas escalas.

Assim, uma escala de cinco “degraus” (por exemplo) é correspondente ao conjunto $\mathbf{[1;2;3;4;5]}$, não existindo valores intermédios.

Considerando escalas idênticas para $\mathbf{p}$ e $\mathbf{d}$, os valores do risco ($\mathbf{R}$) serão representáveis pelo conjunto:

$$\mathbf{[1;2;3;4;5;6;8;9;10;12;15;16;20;25]}$$

Que corresponde à matriz:

$$\begin{bmatrix} 5 & 10 & 15 & 20 & 25 \\ 4 & 8 & 12 & 16 & 20 \\ 3 & 6 & 9 & 12 & 15 \\ 2 & 4 & 6 & 8 & 10 \\ 1 & 2 & 3 & 4 & 5 \end{bmatrix}$$

⁵⁶ Tratando-se dos factores de formação do risco básicos, estar-se-á perante representações bidimensionais.

Se se tomarem em consideração os factores de formação do risco $\mathbf{f}_{pi}$ e $\mathbf{f}_{dj}$ como definidos no ponto 5.2.2.2., estas representações passarão a ser a n dimensões.

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 existir⁵⁷ 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).

⁵⁷ Existem, sempre, quando as escalas de p e de d são idênticas. Podem existir ou não se as duas escalas não coincidirem.

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.

Está-se, portanto, perante uma representação discreta, em que o risco é escalonado e valorado de acordo com o *nível* onde se insere.

Figura [50] – Níveis de risco

No caso do exemplo apresentado na figura [50], os níveis encontrados (três) definem-se da seguinte forma:

$$\text{Nível 1} - R < R_1$$

$$\text{Nível 2} - R_1 \leq R < R_2$$

$$\text{Nível 3} - R \geq R_2$$

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 usadas⁵⁸ 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 factores que contribuem para a sua formação;
- É a existência de processos produtivos que potencia o risco profissional. Deste modo, este nunca pode ser dissociado da sua dimensão sistémica;
- 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.

⁵⁸ 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.

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 ou ambientais – 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 sector 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 aspectos 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 qualitativa⁵⁹ ou quantitativa (o que implica uma integração vertical).

A perspectiva 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 influen-

⁵⁹ 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.

ciam 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.

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.

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.

Figura [51] – Vertente sistémica do conceito de risco profissional

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 sectores 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**, nomeadamente⁶⁰ – de uma forma mais ou menos importante.

⁶⁰ Ver figura [9], no ponto 2.2..

Esta influência revela-se em diferentes aspectos:

- 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 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 factores 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 factores 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 macroeconómico⁶¹.

3.3.2.2. O “sistema doente”

Do ponto de vista de um ser humano, a OMS⁶² 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”.

⁶¹ 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.

⁶² Organização Mundial da Saúde.

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 vulnerabilidades do sistema a condicionantes internas e externas, à análise de criticidade das diversas situações de risco detectadas 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 correctivas⁶³ 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.

⁶³ 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, consequentemente, 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, 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, procurando estabelecer as suas causas, quantificar as probabilidades de ocorrência envolvidas e calcular os custos que lhes estão associados.

Tal implica, também, uma adaptação constante – mas 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. 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 profis-

sionais, 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. Actuação 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 Actuários 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 danosas) a procura de “culpados” mas sim, prioritariamente, a de causas e efeitos⁶⁴.

No entanto, a ideia de responsabilidade não se resume às actuações directas ou indirectas que podem estar na origem de uma ocorrência⁶⁵.

No que à avaliação de riscos profissionais diz respeito, pode considerar-se a responsabilidade como uma competência na implementação, manutenção e,

⁶⁴ Isto, numa aceção clássica (e culturalmente dominante) de responsabilidade, ligada à culpabilidade ou, pelo menos, à quota-parte individual ou colectiva nos resultados dos diversos procedimentos.

⁶⁵ 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.

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 “fabrigo” 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 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, conseqüentemente, 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_e^s ou A_t^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 DOS RESULTADOS - PARTE I

Definidos que foram os diversos conceitos que enquadram e caracterizam a noção de risco – entendido de uma forma global e sistémica – 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 sistémica, 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 significância⁶⁶, 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 factores essenciais à sua formação, já anteriormente definidos como **p** e **d**.

O factor 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.

⁶⁶ Níveis superiores no esquema em árvore, quando esta é escrita de baixo para cima.

O factor 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.

A relação entre estes dois factores, definidora do **risco**, tem sido considerada como um produto:

$$R = p \cdot d$$

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***, respectivamente), 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 factor ***p***, quer o factor ***d***, são, eles próprios, o resultado do produto⁶⁷ de um conjunto de *factores de formação do risco* cuja identificação e caracterização irá depender da análise do processo técnico, alargada aos subsistemas envolventes que sejam pertinentes.

Estes factores – ***f_{pi}*** e ***f_{dj}*** – estão relacionados, por um lado, com as causas⁶⁸ detectadas 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*”.

⁶⁷ Ou da soma, no caso de se utilizarem parcelas em vez de factores, o que, neste contexto, é viável.

⁶⁸ E, consequentemente com os perigos e com as condições de trabalho, no *par* que define a causa.

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 factores de formação dos riscos.

Sendo o tipo de relação entre os factores ***p*** e ***d***, normalmente, assumido como multiplicativo, tal significa que qualquer deles apresentará, sempre, valores positivos.

Considera-se que o factor probabilidade pode ser medido pelo número médio de ocorrências profissionais danosas⁶⁹ que se verificam num certo intervalo de tempo:

$$p = \frac{N_{\text{opd}}}{\Delta t}$$

Equação [12]

O factor 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_{opd} → número de ocorrências profissionais danosas;

π → prejuízo;

Δt → intervalo de tempo.

⁶⁹ Ou, mais precisamente, *número de possíveis ocorrências profissionais danosas*, já que se está a tratar situações de risco e não de ocorrências profissionais danosas.

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 $\mathbf{p}$ e $\mathbf{d}$ são conjuntos descontínuos de valores discretos e consequentemente, $\mathbf{R}$ 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 $\mathbf{p}$ e $\mathbf{d}$ 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:

$$\mathbf{p} = \sum \log(f_{pi})$$

$$\mathbf{d} = \sum \log(f_{di})$$

Equações [6]

Deste modo, para calcular valores de $\mathbf{p}$ e de $\mathbf{d}$ há que aplicar estas equações.

Mas f_{pi} e f_{di} 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 “*factores intermediários*” – φ_{px} e φ_{dy} .

Seja

$$\mathbf{p} = f_{p1} \cdot f_{p2} \cdot (\dots) \cdot f_{pn} \quad \mathbf{d} = f_{d1} \cdot f_{d2} \cdot (\dots) \cdot f_{dm}$$

Equações [3]

que se podem escrever como

$$\mathbf{p} = (((f_{p1} \cdot f_{p2}) \cdot f_{p3}) \cdot \dots) \cdot f_{pn} \quad \mathbf{d} = (((f_{d1} \cdot f_{d2}) \cdot f_{d3}) \cdot \dots) \cdot f_{dm}$$

Equações [3]

Então,

$$\begin{array}{ll} \varphi_{p1} = f_{p1} \cdot f_{p2} & \varphi_{d1} = f_{d1} \cdot f_{d2} \\ \varphi_{p2} = \varphi_{p1} \cdot f_{p3} & \varphi_{d2} = \varphi_{d1} \cdot f_{d3} \\ \dots & \dots \\ \boldsymbol{p} = \varphi_{p(n-2)} \cdot f_{pn} & \boldsymbol{d} = \varphi_{d(m-2)} \cdot f_{dm} \end{array}$$

Equações [15]

Os factores intermediários são, também eles, valorizados por níveis que se definem como subconjuntos dos elementos das seguintes matrizes:

$$\begin{array}{l} |f_{p(n-1)}; f_{p(n)}| \text{ e } |\varphi_{p(x)}; f_{p(x+2)}| \text{ para } \varphi_{px} \\ |f_{d(m-1)}; f_{d(m)}| \text{ e } |\varphi_{d(y)}; f_{d(y+2)}| \text{ para } \varphi_{dy}. \end{array}$$

Naturalmente que a utilização destes factores intermediários pressupõe a possibilidade de os definir como factores significantes do processo.

Por uma questão de simplificação, não foram considerados, nesta dedução, as ponderações aplicáveis aos factores (π_i e δ_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 protecção⁷⁰.

Esta eficácia pode ser ligada à noção, respectivamente, 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:

⁷⁰ 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.

$$p = \frac{Pr.Ct}{M_{Prev}}$$

Equação [16]

e que:

$$d = \frac{Sd}{M_{Prot}}$$

Equação [17]

donde:

$$R = p.d = \frac{Pr.Ct}{M_{Prev}} \cdot \frac{Sd}{M_{Prot}} = \frac{(Pr.Ct).Sd}{M_{Prev}.M_{Prot}}$$

Equação [18]

Nestas equações,

Pr → Perigo;

Ct → Condição de trabalho;

Sd → Sensibilidade ao dano;

M_{Prev} → Eficácia das medidas de prevenção;M_{Prot} → 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_{Prev} e M_{Prot}, pode-se, usando a equação [18], quantificar o risco.

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}.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, respectivamente, 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 DA PARTE I

Definido o risco, quer numa abordagem qualitativa, quer numa abordagem quantitativa e 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, pode considerar-se como pertinente a formulação da hipótese [H₁] apresentada no ponto 3.2.2..

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 sistémica, 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 redun-

dância) 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 factor $p \neq 0$ e o factor $d \neq 0$ (caso contrário, estar-se-ia perante uma *impossibilidade* e uma *inocuidade*, respectivamente).

Por outro lado, o aspecto 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 factores 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.

PARTE II

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.

Analizando, 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] – ambos apoiados num conjunto 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 sector 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 detectados* e no modo como devem ser *assumidos os riscos remanescentes*.

Nesta acepção, 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.

Figura [55] – Processo de Gestão dos Riscos

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, reproduzível 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.

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. OBJECTIVOS

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 factor 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 perspectiva 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 factores, 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 factor 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 factores 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 reproduzíveis 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 nulo⁷¹;
- 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 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 PERIGO (**Pr**) – aliada a um conjunto espacio-temporal de

⁷¹ A situação impossível ou inócua não é, por definição, uma situação de risco.

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 prejuízo⁷² 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 factores primários de formação do risco (**p** e **d**) resulta de factores de formação do risco (**f_{pi}** e **f_{dj}**) com os quais se relacionam por equações multiplicativas⁷³ (**p = f_{p1}.f_{p2}.f_{pn}** e **d = f_{d1}.f_{d2}.f_{dm}**);
- os factores de formação do risco poderão ser ponderados através da aplicação de um coeficiente multiplicativo (**π_i** e **δ_j** respectivamente) que traduz a importância relativa de cada um dos factores na formação daquele risco específico;
- os factores de formação do risco tomarão um valor igual a *um*⁷⁴ se forem irrelevantes;
- os coeficientes de ponderação poderão tomar o valor *um* se, nas circunstâncias em estudo, o factor a que se aplicam não for significativo.

⁷² Prejuízo, aqui, tem um significado abrangente e entende-se como uma quantificação do dano. Pode ser mensurável ou não em unidades monetárias.

⁷³ Como ficou dito anteriormente, estas equações poderão ser sumativas, do tipo (**p = f_{p1}+f_{p2}+ ... +f_{pn}** e **d = f_{d1}+f_{d2}+ ... +f_{dm}**). No entanto, para efeitos do desenvolvimento da metodologia, considerar-se-á, sempre, o produto.

⁷⁴ 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 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 vis-

ta as causas e as consequências (potenciais ou reais, respectivamente) de uma situação de risco ou de uma ocorrência profissional danosa.

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 concepção 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 co-*

nhcimentos 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 sectores primário e secundário da organização económica), quer os procedimentos de prestação de serviços (característicos do sector 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 concepção 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 detectadas 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 detectáveis 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?

(sector 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 cosmograficamente⁷⁵) dispersos, o que torna o factor “local” menos relevante.

Há alguns aspectos 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:

⁷⁵ Veja-se, por exemplo, o caso da investigação astronómica e da indústria espacial.

- 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.)

- 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 integram⁷⁶, 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 intersecta – 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; reatores; etc.)

⁷⁶ 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; “*piping*” 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 ocorrência 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 efeitos⁷⁷ cujas probabilidades de ocorrência podem ser calculadas através da análise da respectiva 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.

⁷⁷ 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.

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 subsistemas activos 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 electro-magnéticas).

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 sentido⁷⁸, de um *emissor* para um *receptor*.

⁷⁸ 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.

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 receptores.

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

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 receptor, 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 concepção 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 *receptor* 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 sinal⁷⁹ 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 elemental (ver figura [61]).

Figura [61] – Materialização de um sistema de monitorização/comando/controlo

Complementarmente, devem ser considerados os necessários circuitos de monitorização.

⁷⁹ “Sinal” entendido no sentido mais amplo do termo.

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 activos 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, táctil) 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 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 consequente⁸⁰.

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, detectar 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 (ϵ_{alarme}) fiáveis e eficientes.

6.1.8. Análise de consequências (para o sistema)

O resultado de uma sequência alternativa de desvio (ϵ_{desvio}) será, naturalmente, um prejuízo, ou seja, um dano quantificado⁸¹. Este prejuízo irá verificar-se ao nível dos diversos subsistemas do sistema global onde se enquadra o processo produtivo.

⁸⁰ Este tipo de análise só será viável numa terceira fase do processo.

⁸¹ Como ficou dito anteriormente, não necessariamente expresso em unidades monetárias.

É essencial, nesta primeira fase de análise, detectar 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 efectivada 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 funcionais 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 aspectos 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;
- Seriação de riscos (qualitativa).

Seguidamente, estes aspectos 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 na 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 (ϵ_{desvio}) ou de falha (ϵ_{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 liberdade⁸² 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 "abastecimen-

⁸² Naturalmente finito e controlado (ou controlável).

to 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 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 aprofundadas 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 detecção 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 detectada.

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}, respectivamente), 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 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 detecta, 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 significativa 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 respectiva vulnerabilidade (figura [64]).

E, naturalmente, um determinado subsistema é tanto mais vulnerável – e tanto mais susceptível a sofrer um prejuízo⁸³ – quanto mais próximo (do ponto de vista do seu nível de significância) estiver do evento em análise.

⁸³ *Susceptibilidade* a sofrer um prejuízo não é a mesma coisa que *dimensão* do prejuízo.

Figura [64] – Abordagem sistémica 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 Qui not e Moyen – exposto e desenvolvido no ponto 3.2.2.2. – será possível alargar a representação “*bow tie*” (HEMP) a um conceito mais alargado que tem como referência a aplicação de quatro tipos de árvores de eventos que explicariam a interligação sistémica entre causas e efeitos através do estudo das fiabilidades das operações técnicas, por um lado e, por outro, da pertinência das decisões a elas ligadas, etapa a etapa.

Este conceito define-se por uma interação, em cada nó de estudo, de anomalias – do tipo **A^q** ou **A^s** – condicionadas por *árvores de causas* e cuja con-

cretização (dando origem a sequências alternativas, de desvio) está dependente, respectivamente, 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 detectadas) 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 aspectos 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 aspectos 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-

co 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 perspectiva, 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 detectar 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.

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 criticidade⁸⁴ 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 factores 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 factores passíveis de influenciar uma situação de risco, aqueles que devem ser considerados críticos.

É evidente que, antes de se chegar ao estudo desses factores, 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.

⁸⁴ Como se indicou no ponto 3.1. GLOSSÁRIO.

6.3.2.2. Métodos de análise das causas

De acordo com a definição de causa anteriormente apresentada, há que detectar 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.

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 detectáveis, 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 ruptura 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 directos, 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 factores:

- 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 aspectos 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 factores de formação do risco, baseado num histórico registado de ocorrências profissionais danosas. Estes métodos são, pela sua própria natureza, retroactivos. 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 matricial⁸⁵ f_{pi} e f_{dj} assumem valores discretos e, em consequência, p , d e R também.

Se se considerar um determinado factor 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

Ao estabelecer um valor – ou um descritivo – para a frequência de ocorrência abaixo do qual o referido factor de formação do risco possa ser considerado como não significativo, é possível definir uma *zona relevante* de valores desse factor.

Assim, podem tomar-se como críticas todas as ocorrências nas quais o factor 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 utili-

⁸⁵ Como se viu anteriormente, o método mais utilizável – e utilizado – em avaliação de riscos.

zem valores correspondentes a uma medição do factor 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 factor de formação do risco em estudo, tal distribuição será sempre derivada de uma curva de Gauss.

Figura [72] – Critério estatístico de criticidade – distribuição descentrada

Esta aplicação de ferramentas estatísticas é válida quer para os factores de formação da probabilidade (f_{pi}) quer para os factores de formação do dano (f_{di}) 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 ($0 < p_i \leq 1$)⁸⁶, 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

⁸⁶ Não se considera a impossibilidade da causa mas admite-se a sua certeza.

sua formação (ou seja, para que a situação de risco *não se verifique*, é *condição necessária a não-ocorrência de qualquer causa*).

$$p = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - p_i) \text{ ou } p = \sum_{i=1}^n p_i - \prod_{i=1}^n p_i$$

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.

Analizando 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, respectivamente, 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 Δp em função de Δp_3 , em ambos os casos, pode construir-se a tabela [4] e o gráfico da figura [76].

variável		Δp_3	$p \{E\}$		$p \{OU\}$	
			valor	Δp	valor	Δp
p_1	0,01					
p_2	0,01					
p_3	0,01	0%	0,000001	0%	0,029701	0%
p_1	0,01					
p_2	0,01					
p_3	0,02	100%	0,000002	100%	0,039502	33%
p_1	0,01					
p_2	0,01					
p_3	0,03	200%	0,000003	200%	0,049303	66%
p_1	0,01					
p_2	0,01					
p_3	0,04	300%	0,000004	300%	0,059104	99%
p_1	0,01					
p_2	0,01					
p_3	0,05	400%	0,000005	400%	0,068905	132%
p_1	0,01					
p_2	0,01					
p_3	0,06	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 $\Sigma p_i \gg \prod p_i$.

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, nomea-

damente 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 ordem⁸⁷.

Assim, para avaliar o prejuízo associado a um determinado dano há que ter em conta, nomeadamente:

- O custo directo (contabilizável em unidades monetárias) do efeito em estudo (que é a parte proporcional – relativa ao efeito considerado – do *custo directo* da ocorrência profissional danosa que resultaria da situação de risco em análise);
- O custo indirecto (estimado, expresso em unidades monetárias) desse efeito;
- Os resultados físicos, psicológicos, profissionais, morais, económicos e sociais para as pessoas envolvidas;
- 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 aspectos 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.

⁸⁷ 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.

- 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 factor 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^q**) ou com árvores de decisões (se se estudam causas do tipo **C^s**).

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 perspectiva proactiva, detectar 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 detectáveis 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 factores 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)⁸⁸ dos riscos presentes nos pontos críticos do processo, anteriormente identificados.

⁸⁸ 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 factores de formação do risco (privilegiando, apenas, alguns deles), ou porque estabelecem escalas discretas para a valoração dos factores 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 factores 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 factores 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 factores de formação do risco;
- Elaborar critérios de ponderação dos factores 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 aspectos relacionados com os métodos de análise de barreiras, tratando, nomeadamente, de:

- Identificar os factores de caracterização do perigo, das condições de trabalho e da sensibilidade do sistema ao dano;
- Definir factores 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. Determinação dos factores de formação do risco

Como se viu anteriormente, consideram-se factores 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 factores básicos relacionam-se com o risco (R) através de uma expressão multiplicativa e é, cada um deles, decomponível numa série de factores secundários, de acordo com as equações [2] e [3] já referidas no ponto 3.2.2.2. e que aqui se repetem:

$$R = p \cdot d$$

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 factores de formação do risco que sejam, caso a caso, relevantes.

Antes do mais, há que definir cada um dos possíveis factores, 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 factor proposto (f_{pi} ou f_{dj}) e o factor básico (p ou d , respectivamente) para a formação do qual contribui.

Deste modo, de uma forma não exaustiva, apresentam-se nas tabelas [5] e [6] alguns factores de formação da probabilidade (f_{pi}) e de formação do dano (f_{di}) com as designações e caracterizações propostas.

Factor 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.

Factor f_{pi}		Designação	Caracterização
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.
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}	Percepção macroeconómica	Grau de satisfação com o mercado e a economia nacional ou global (incluindo o desemprego, por exemplo).
	f_{p21}	Percepção 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 factores de formação da probabilidade

Factor 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.

Factor f_{dj}		Designação	Caracterização
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.
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 factores de formação do dano

Outros factores 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 factores de formação adequados – necessários e suficientes – a cada caso particular.

Este conceito implica que todos os factores 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 factor de formação da probabilidade, nem como factor de formação do dano.

Tal resulta do facto de se entender que este síndrome é, ele próprio, uma consequência de factores 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 factor de formação do risco.

6.4.2.2. Escalas de valoração dos factores de formação do risco

Muito dificilmente um factor 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 factor em estudo e a outra corresponde a uma valoração da célula correspondente da coluna descritiva.

Factor	
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 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 factores na formação do risco e pode tomar diversos aspectos, nomeadamente (ver figura [80]),
 - regular proporcional (inclui o linear);
 - regular geométrica;
 - regular logarítmica;
 - irregular.

<i>Regular</i>				<i>Irregular</i>	
<i>Proporcional</i>		<i>Geométrica</i>		<i>Logarítmica</i>	
<i>f</i>	<i>Descrição</i>	<i>f</i>	<i>Descrição</i>	<i>f</i>	<i>Descrição</i>
5	Máximo	25	Máximo	32	Máximo
4	Intermédio 3	20	Intermédio 3	1E4	Máximo
3	Intermédio 2	16	Intermédio 3	1E3	Intermédio 3
2	Intermédio 1	8	Intermédio 2	1E2	Intermédio 2
1	Mínimo	4	Intermédio 1	1E1	Intermédio 1
		2	Mínimo	1	Mínimo

Figura [80] – Exemplos de tipos de escalas

Os valores atribuídos a cada um dos factores, 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 factor de formação do risco tem a ver com pelo menos um dos seguintes aspectos:

- 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 directo e de custo indirecto⁸⁹. Consideram-se directos os custos quantificáveis (contabilizáveis) com possibilidade de serem expressos em unidades monetárias e entendem-se como custos indirectos aqueles que correspondem a uma alteração, pontual e temporária, do processo produtivo, em geral

⁸⁹ Em paralelismo com as noções anteriormente definidas aquando do estudo do custo das ocorrências profissionais danosas (ver ponto 2.1.3.1.).

difícilmente 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 factores 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 factores 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 factor “probabilidade de falha” de um determinado componente, se não existirem suficientes dados estatísticos sobre a sua fiabilidade?

Por outro lado, a existência de escalas, propostas por diversos autores e já validadas em casos concretos e estatisticamente significativos, condiciona as escalas dos factores 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/valoração do risco é apresentada.

Patamar mínimo e patamar máximo da escala

O estabelecimento dos patamares, mínimo e máximo, de uma escala de valoração de factores de formação do risco – ou, mais concretamente, de factores 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 factores 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 profissionais 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 factores 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

$$\text{nº de ocorrências} = f(\text{consequências})$$

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 factores de formação do risco se relacionam com aspectos fisiológicos ou psicológicos (saúde, agentes agressores físicos, químicos e biológicos, por exemplo) são essenciais os resultados obtidos por estudos epidemiológicos e clínicos⁹⁰.

- ***Critérios de operacionalidade*** – eventualmente com uma componente económica – que são, no fundamental, critérios ligados à gestão.

Um patamar mínimo da escala de valoração de factores 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 factor 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,

⁹⁰ Nomeadamente dados estatísticos resultantes das actividades ligadas à Saúde Ocupacional e à Medicina do Trabalho.

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 valores que servem para definir os patamares da escala de valoração do factor $f_{\text{ruído}}$:

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 factor 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 factor 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 factor $f_{\text{iluminação}}$ 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 factor 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 factores de formação do risco é, talvez, o aspecto 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 factores em estudo, o que implica uma valorização prévia das suas contribuições – entendidas não só como individuais mas também sistémicas – 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 factores 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 factor de anulação (enquanto que o valor *um* é o factor neutro).

A exclusão de números decimais relaciona-se com o conceito de escala discreta e com a noção de matriz.

Esta 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 factor de formação do risco em estudo⁹¹;
 - Valoração dos restantes patamares em função dos dois passos anteriores;
 - Validação da escala proposta, comparando-a com as encontradas para outros factores 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 factores de formação do risco para a probabilidade de ocorrência da situação de risco (no caso dos factores f_{pi}) ou das consequências dessa ocorrência (no caso dos factores f_{dj}).

Isto significa que os valores atribuídos aos patamares máximos das escalas devem ter ordens de grandeza comparáveis, exceptuando-se, naturalmente, aqueles factores que, “*a priori*”, se apresentam como

⁹¹ 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.

significativamente predominantes⁹². 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:

$$[\mathfrak{X} ; 2.\mathfrak{X} ; \dots ; (M-1).\mathfrak{X} ; M.\mathfrak{X}]$$

⁹² No entanto, como este tipo de análise se prende, no essencial, com considerações de carácter sistémico, prefere-se privilegiar, nestes casos excepcionais, a ponderação e não a valoração propriamente dita, ou seja, opta-se por nivelar as valorações dos patamares máximos e aplicar uma ponderação mais significativa aos factores de formação do risco que são, realmente, pertinentes.

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 [24]

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 [25]

Definidas as escalas para os factores de formação do risco (factores de formação da probabilidade f_{pi} e factores de formação do dano f_{dj}), é possível, num processo recorrente, reanalisar o conjunto de factores pertinentes e, eventualmente, fazer os necessários ajustes de forma a garantir a coerência e a representatividade da análise.

6.4.2.3. Coeficientes de ponderação dos factores de formação do risco

Ao valorar um factor de formação do risco, seja ele um factor de formação da probabilidade (f_{pi}), seja um factor de formação do dano (f_{dj}), esse factor 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 sistémica de tal factor, 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 factores 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 factores 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 respectiva escala de valoração, em relação às escalas de valoração dos outros factores 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 factores de formação do risco.

Ou seja, os coeficientes de ponderação π e δ aplicam-se a cada um dos factores primários ($\mathbf{p}$ e $\mathbf{d}$) e/ou a cada um dos factores que contribuem para a sua formação ($\mathbf{f}_{pi}$ e $\mathbf{f}_{dj}$), assumindo os valores π_i e δ_j , respectivamente.

$$\mathbf{R} = (\pi \cdot \log(\mathbf{p})) + (\delta \cdot \log(\mathbf{d}))$$

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 π_i e a δ_j obriga a uma análise comparativa da criticidade dos factores $\mathbf{f}_{pi}$ 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 π_i e a δ_j devem ser números inteiros, no intervalo [1 ; 10]⁹³ como propõe Nunes, 2008;
- A criticidade e, obviamente, a ponderação de factores 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 factor 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 factores na formação do risco e, por outro, ao nível de significância onde se enquadram as causas ou os efeitos a que estão ligados.

6.4.2.4. 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 factores 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.

⁹³ Se o peso relativo de um factor de formação do risco for superior a dez vezes o do factor menos relevante, provavelmente será de repensar a quantificação da respectiva escala de valoração.

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, também, 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/benefício⁹⁴.

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]:

⁹⁴ 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 optimização dos objectivos a atingir com os meios disponíveis é, portanto, uma meta quantificável.

Figura [83] – Avaliação de Riscos – árvore de acções

No caso concreto da utilização do algoritmo $R = p.d$ e definidas as escalas de valoração dos factores de formação da probabilidade e do dano (f_{pi} e f_{dj}), bem como das respectivas ponderações (π_i e δ_j), os elementos da matriz de formação do risco $|p;d|$ obter-se-ão por multiplicação dos valores atribuídos a cada um dos factores pertinentes, constituindo uma matriz n -dimensional com $n = i + j$, o que torna complexo 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 *factores 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 factores de formação do risco – a variável risco (R) será representada por uma matriz de dimensão $n + m$ correspondente ao

algoritmo seguinte (equação [26]), directamente deduzido das equações [2] e [3]:

$$R = \prod_{i=1}^n f_{pi} \cdot \prod_{j=1}^m f_{dj}$$

Equação [26]

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 *factores intermediários* que são designados por φ_{px} e φ_{dy} conforme contribuam para a formação da probabilidade ou para a formação do dano, respectivamente.

Retomando as relações então enunciadas,

$$p = \prod f_{pi} = (((f_{p1} \cdot f_{p2}) \cdot f_{p3}) \cdot \dots) \cdot f_{pn}$$

$$d = \prod f_{dj} = (((f_{d1} \cdot f_{d2}) \cdot f_{d3}) \cdot \dots) \cdot f_{dm}$$

Equações [3]

os factores intermediários poderão ser definidos, considerando apenas matrizes *bidimensionais*, como:

$$\varphi_{p1} = f_{p1} \cdot f_{p2}$$

$$\varphi_{d1} = f_{d1} \cdot f_{d2}$$

$$\varphi_{p2} = \varphi_{p1} \cdot f_{p3}$$

$$\varphi_{d2} = \varphi_{d1} \cdot f_{d3}$$

...

...

$$p = \varphi_{p(n-2)} \cdot f_{pn}$$

$$d = \varphi_{d(m-2)} \cdot f_{dm}$$

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 factores intermediários um conceito alicerçado no modelo adoptado para o estudo do processo produtivo em análise.

Uma possível forma de agrupar os factores 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 factores 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 φ_{p1} tomará os valores:

3
2
1

correspondentes aos subconjuntos assinalados na matriz φ_{p1} .

A matriz $\mathbf{p} = |\varphi_{p1}; f_{p3}|$ será:

4	8	12
3	6	9
2	4	6
1	2	3

encontrando-se, para $\mathbf{p}$, 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 φ_{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 φ_{d1} , os valores:

3
2
1

Então, a matriz $\mathbf{d} = |\varphi_{d2}; f_{d4}|$ escrever-se-á:

6	12	18
4	8	12
2	4	6

resultando, para $\mathbf{d}$, os valores:

4
3
2
1

Conjugando $\mathbf{p}$ e $\mathbf{d}$, a matriz $\mathbf{R} = |\mathbf{p}; \mathbf{d}|$ será:

4	8	12
3	6	9
2	4	6
1	2	3

donde, os níveis de $\mathbf{R}$ 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 factores de formação do risco for a indicada abaixo, o cálculo do nível de risco será o que se segue:

$f_{p1} = 1$		$f_{d1} = 3$
$f_{p2} = 2$		$f_{d2} = 1$
$f_{p3} = 4$		$f_{d3} = 1$
		$f_{d4} = 4$
$f_{p1} = 1$		$f_{d1} = 3$
$f_{p2} = 2$		$f_{d2} = 1$
$f_{p3} = 4$	$\varphi_{p1} = 2$	$\varphi_{d1} = 2$
	$p = 3$	$f_{d3} = 1$
		$\varphi_{d2} = 1$
		$f_{d4} = 4$
		$d = 2$
<hr/>		
$R = 2$		

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 factores intermediários φ_{px} e φ_{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 [27]

$$R = \frac{p.d}{p_n.d_m} .99 + 1$$

Equação [27]

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, conseqüentemente, 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 adequado à determinação dos diferentes níveis de risco corresponde à escolha de curvas de risco constante que definam os limites desses níveis (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 ($R_{\text{constante}} = f_1 \cdot f_2 \cdot f_3$) cujas intersecções com os três planos base serão curvas de risco constante $R_{c1} = f_1 \cdot f_2$, $R_{c2} = f_1 \cdot f_3$ e $R_{c3} = f_2 \cdot f_3$. 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 factores intermediários considerados necessários, conforme a definição e com os condicionantes desenvolvidos no ponto 6.4.2.4..

Caso as escalas de valoração dos factores 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 anterior-

res, 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 factores:

- da quantidade e da qualidade dos dados disponíveis o que permite um maior ou menor grau de eficácia na determinação e na análise dos factores 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 aspecto, 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 necessidade 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 factores de custo e, par-

tualmente, “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 risco⁹⁵ 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

⁹⁵ Dentro da zona do *risco controlável*, para além do *nível de risco assumível* e do *nível de risco inaceitável*.

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]):

Figura [88] – Método ALARP

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”.

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 respectivos 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 factores. 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 factor de formação do risco d 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 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. Normalmente estes gráficos utilizam escalas logarítmicas, quer para a frequência das ocorrências (factor de formação da probabilidade, do tipo f_p), quer para o número de vítimas mortais ou fatalidades (factor de formação do dano, do tipo f_d).

Numa representação logarítmica, as curvas de risco constante apresentam-se como rectas, como se pode observar na figura [90].

Figura [90] – Curvas *FN*

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.

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 a divisão da diagonal da matriz $[p; d]$ em segmentos iguais à distância entre a origem (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 valoração 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 assumível – 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:

$$R_n = (n/N) \cdot R_{MA}$$

Equação [28]

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 detectada 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 [29]

A equação [29] 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 respectivos 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 dis-

tribuição 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 descriminação, caracterização e projecto das medidas correctivas específicas resultantes da interpretação dos dados obtidos na fase de avaliação de riscos profissionais⁹⁶.

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**

⁹⁶ Naturalmente, o estudo pormenorizado desta fase do processo de gestão dos riscos profissionais ultrapassa o âmbito deste trabalho.

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 ;
 - 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 γ tal que

$$\gamma = \frac{R}{R_r}$$

Equação [30]

onde R é o risco calculado e R_r 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 $(Pr.Ct).S_d$ e em abcissas se indicam os valores calculados para $M_{prev}.M_{prot}$. Nesta representação, as curvas de risco constante são rectas de derivada positiva.

A curva $R = R_r$ delimita duas zonas, nas quais o índice γ assume, respectivamente, 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 :

$$(Pr.Ct).S_d = R.(M_{prev}.M_{prot})$$

Equação [31]

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_r .

A maneira mais comum de as resolver é assumir que qualquer dos parâmetros é, ele próprio, o produto de um conjunto de factores de formação⁹⁷.

Deste modo, o valor de referência seria calculado considerando, na fórmula de formação dos parâmetros, a valoração dos factores considerada “normal”.

6.4.3.1. Identificação dos factores 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:

$$Pr = \prod_{i=1}^n p_i$$

$$Ct = \prod_{i=1}^n c_i$$

$$Sd = \prod_{i=1}^n s_i$$

Equações [32]

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**;

p_i são os factores que contribuem para a formação do **perigo**;

c_i são os factores que definem as **condições de trabalho**;

s_i são os factores 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 factores específicos cujo valor é mensurável, ou melhor, determinável.

⁹⁷ Ou, eventualmente, uma soma de parcelas o que implicaria a substituição da operação $\prod$ pela operação Σ .

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 microorganismos 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.

Factores 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 factores que para ele contribuem, caso a caso, para que, depois, seja possível quantificá-los.

A tabela [9] elenca alguns destes factores, 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 (limite inferior de inflamabilidade)/LSI (limite superior de inflamabilidade).
	p_5	Energia de activação.
	p_6	Temperaturas de inflamação, de combustão e de ignição.
	p_7	Toxicidade e corrosibilidade dos gases libertados.
	p_8	Volume e temperatura dos gases libertados.

Perigo	p_i	Descrição
Agente químico tóxico	p_9	Concentração do agente no ar.
	p_{10}	Concentração do agente na água.
	p_{11}	Concentração do agente no solo.
	p_{12}	Concentração do agente no corpo humano.
	p_{13}	Via de penetração no corpo humano.
	p_{14}	Tipo de toxicidade do agente.
Agente biológico	p_{15}	Tipo de efeito produzido (cancerinogénico, mutagénico, infectante, etc.).
Energia eléctrica	p_{16}	Electricidade estática.
	p_{17}	Diferença de potencial.
	p_{18}	Intensidade da corrente.
	p_{19}	Constante dieléctrica do isolamento.
	p_{20}	Tensão de passo.
Energia cinética	p_{21}	Peças com movimento relativo.
	p_{22}	Projecção de partículas ou de objectos.
	p_{23}	Veículos ou outros objectos em movimento.
	p_{24}	Queda de objectos.
	p_{25}	Queda de pessoas (ao mesmo ou a diferentes níveis).
Condicionantes meteorológicas	p_{26}	Temperaturas máximas e mínimas.
	p_{27}	Gradiente de temperatura.
	p_{28}	Humidade relativa.
	p_{29}	Velocidade e direcção do vento.
	p_{30}	Visibilidade.
Saúde	p_{31}	Estado clínico geral.
	p_{32}	Saúde pública. Epidemias. Pandemias.
Condicionantes psicossociais	p_{33}	Instabilidade (familiar, social, comunitária).
	p_{34}	"Stress".
	p_{35}	Dependências (tabaco, álcool, drogas, medicamentos).
Condicionantes políticas, económicas e sociais	p_{36}	Desemprego.
	p_{37}	Crescimento económico. Desenvolvimento da economia local.
	p_{38}	Contratação colectiva.
	p_{39}	Segurança e ordem pública.
	p_{40}	Relações internacionais.

Tabela [9] – Alguns factores de formação do perigo

Todos estes factores – 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 respectivo 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].

Factores 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 factores de formação da condição de trabalho.

Condição de trabalho	c _i	Descrição
Presença de agente químico inflamável	c ₁	Reacção dos materiais ao fogo.
	c ₂	Resistência dos elementos estruturais ao fogo.
	c ₃	Desenfumagem
	c ₄	Compartimentação.
Presença de agente químico tóxico	c ₅	Ventilação.
	c ₆	Vias de evacuação.
	c ₇	Concentração de valores
	c ₈	Tipo de ocupação do espaço (pessoas).
	c ₉	Renovação/filtragem de ar.
	c ₁₀	Tempo de contacto.
	c ₁₁	Equipamentos de protecção individual.

Condição de trabalho	C _i	Descrição
Presença de agente biológico	C ₁₂	Assepsia.
	C ₁₃	Equipamentos de protecção individual.
Instalações eléctricas em carga	C ₁₄	Potência instalada.
	C ₁₅	Tipo de isolamento.
	C ₁₆	Ligação à terra.
Movimentos	C ₁₇	Resguardos. Barreiras materiais e imateriais.
	C ₁₈	Sistema de controlo de travagem.
	C ₁₉	Equipamento de protecção individual.
	C ₂₀	Sinalização de segurança.
Condições meteorológicas	C ₂₁	Resguardos (telheiros, pára-sóis, divisórias).
	C ₂₂	Equipamento de protecção individual.
	C ₂₃	Organização do trabalho (tempo/período de exposição).
Condições psicossociais	C ₂₄	Apoio médico.
	C ₂₅	Apoio psicológico.
	C ₂₆	Política de incentivos.
	C ₂₇	Motivação.
	C ₂₈	Formação profissional.
Saúde	C ₂₉	Medicina ocupacional.
	C ₃₀	Seguros de saúde.
	C ₃₁	Relações com entidades de Saúde Pública.
Condições políticas, económicas e sociais	C ₃₂	Política salarial da empresa.
	C ₃₃	Política de desenvolvimento de carreiras.
	C ₃₄	Apoio familiar.
	C ₃₅	Mecenato.

Tabela [10] – Alguns factores de formação da condição de trabalho

Os factores mencionados, como exemplo, referem-se ao *elemento de realização* que torna um perigo – *elemento potenciador* – na causa de uma situação de risco⁹⁸.

⁹⁸ Entendida como um par [perigo/condição de trabalho] , como anteriormente ficou dito.

Factores 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.

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* (ϵ_{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 factores 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		Actividades exercidas.
	S ₇		Tipo de utilização do edifício.
Efeito tóxico	S ₈	Sensibilidade fisiológica ao agente tóxico.	
	S ₉		Baixa por doença.
	S ₁₀		Doença profissional.
	S ₁₁		Agravamento de doença pré-existente.
Efeito biológico	S ₁₂	Sensibilidade fisiológica ao agente biológico.	
	S ₁₃		Doença profissional.
Electricidade	S ₁₄		Incêndio/explosão.
	S ₁₅		Queimadura.
	S ₁₆		Electrocussão.
	S ₁₇		Danos ao equipamento.
Contacto com objectos	S ₁₈	Vias de circulação.	
	S ₁₉	"Lay out".	
	S ₂₀		Choque com objectos.
	S ₂₁		Queda de objectos.
	S ₂₂		Choque entre objectos.
	S ₂₃		Entalamentos.
	S ₂₄		Cortes, fracturas, feridas.
Trabalhos ao ar livre	S ₂₅	Tipo de produção.	
	S ₂₆	Transportes e logística.	
	S ₂₇		Doença. Incomodidade.
Saúde física	S ₂₈	Locais confinados e/ou insalubres.	
	S ₂₉		Doença.

Sensibilidade ao dano	Descrição		
	s_i	Vulnerabilidade	Prejuízo
Saúde psíquica	s_{30}	Ritmo/horário de trabalho.	
	s_{31}	Ambiente laboral.	
	s_{32}		" <i>Stress</i> ".
Enquadramento económico da actividade	s_{33}	Dependências económicas (fornecedores, clientes, mercado sazonal, etc.).	
	s_{34}	Dimensão da empresa.	
	s_{35}		Produtividade.
Enquadramento político e social da actividade	s_{36}	Relação de grupo.	
	s_{37}	Imagem.	
	s_{38}		Quota de mercado.
	s_{39}		Volume de vendas.
	s_{40}		" <i>cash flow</i> ".
	s_{41}		Remuneração do capital.

Tabela [11] – Alguns factores 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 factores de formação relevantes.

6.4.3.2. Identificação dos factores 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 factores de formação (equações [33]), à semelhança do que se propôs para os parâmetros que formam o numerador da equação [18] referida.

$$M_{\text{prev}} = \prod_{i=1}^n (m_{\text{prev}})_i$$

$$M_{\text{prot}} = \prod_{i=1}^n (m_{\text{prot}})_i$$

Equações [33]

onde

$(m_{\text{prev}})_i$ são os factores que medem a eficácia das barreiras de prevenção;

$(m_{\text{prot}})_i$ são os factores que medem a eficácia das barreiras de protecção.

Estes factores de formação da eficácia das barreiras podem ser calculados com base na aplicação de uma árvore de falhas – para determinar a respectiva fiabilidade – ou pela utilização de tabelas com uma coluna descritiva e outra valorada.

Factores 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 eficácia pode ser medida, identificando e valorando os diversos factores que para ela contribuem.

Na tabela [12] identificam-se alguns destes factores (apresentados, tal como nas tabelas anteriores, como exemplos).

Causa	$(m_{\text{prev}})_i$	Descrição
Incêndio	$(m_{\text{prev}})_1$	Segregação.
	$(m_{\text{prev}})_2$	Controlo de fontes de ignição.
	$(m_{\text{prev}})_3$	Resistência ao fogo de elementos estruturais.
	$(m_{\text{prev}})_4$	Reacção ao fogo de materiais de construção.
	$(m_{\text{prev}})_5$	Combustibilidade de materiais decorativos.
	$(m_{\text{prev}})_6$	Sensibilização do pessoal/utentes das instalações.
	$(m_{\text{prev}})_7$	Sinalização de segurança.

Causa	$(m_{prev})_i$	Descrição
Contacto com agente químico tóxico	$(m_{prev})_8$	Organização do trabalho. Rotatividade.
	$(m_{prev})_9$	Ventilação.
	$(m_{prev})_{10}$	Exaustão localizada.
	$(m_{prev})_{11}$	Enclausuramento de fontes.
	$(m_{prev})_{12}$	Substituição de produtos.
	$(m_{prev})_{13}$	Sinalização de segurança.
Energia eléctrica	$(m_{prev})_{14}$	Isolamento eléctrico.
	$(m_{prev})_{15}$	Formação do pessoal.
	$(m_{prev})_{16}$	Sinalização de segurança.
Quedas ao mesmo ou a diferentes níveis	$(m_{prev})_{17}$	Resguardos, corrimões, guarda-corpos, rodapés.
	$(m_{prev})_{18}$	Tipo de piso (rugoso, antiderrapante, etc.).
	$(m_{prev})_{19}$	Sinalização de segurança.
Choque com objectos	$(m_{prev})_{20}$	Desenho de vias de circulação.
	$(m_{prev})_{21}$	Manutenção programada/preventiva/preditiva.
	$(m_{prev})_{22}$	Formação do pessoal.
	$(m_{prev})_{23}$	Sinalização de segurança e/ou de trânsito.
Exposição ao meio ambiente	$(m_{prev})_{24}$	Organização do trabalho. Rotatividade.
	$(m_{prev})_{25}$	Adequação do “lay out”.
Problemas psicossociais	$(m_{prev})_{26}$	Espírito de grupo. Identificação com os objectivos.
	$(m_{prev})_{27}$	Ambiente de trabalho motivador.
	$(m_{prev})_{28}$	Programa de formação profissional.
Problemas de saúde	$(m_{prev})_{29}$	Presença activa da medicina no trabalho.
	$(m_{prev})_{30}$	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 factores de eficácia das barreiras de prevenção

Factores 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, nunca totalmente fiáveis. Assim, a sua eficácia pode ser medida, identificando e valorando os diversos factores que a formam.

A tabela [13] exemplifica alguns destes factores.

Efeito	$(m_{\text{prot}})_i$	Descrição
Incêndio	$(m_{\text{prot}})_1$	Adequabilidade (número, capacidade, tipo e acessibilidade) de extintores portáteis e/ou móveis.
	$(m_{\text{prot}})_2$	Rede(s) fixas de agentes extintores.
	$(m_{\text{prot}})_3$	Sistemas de detecção de incêndios.
	$(m_{\text{prot}})_4$	Sistemas de extinção de incêndios.
	$(m_{\text{prot}})_5$	Formação de equipas de intervenção/evacuação.
	$(m_{\text{prot}})_6$	Distância a Bombeiros.
Envenenamento	$(m_{\text{prot}})_7$	Primeiros socorros.
	$(m_{\text{prot}})_8$	Utilização de equipamento de protecção individual.
	$(m_{\text{prot}})_9$	Distância a Hospitais/Centros de Saúde.
Contacto com instalações em tensão	$(m_{\text{prot}})_{10}$	Primeiros socorros.
	$(m_{\text{prot}})_{11}$	Utilização de equipamento de protecção individual.
	$(m_{\text{prot}})_{12}$	Equipamento de protecção de circuitos.
Quedas ao mesmo ou a diferentes níveis	$(m_{\text{prot}})_{13}$	Redes pára-corpos.
	$(m_{\text{prot}})_{14}$	Protecção de zonas salientes ou angulares.
	$(m_{\text{prot}})_{15}$	Utilização de equipamento de protecção individual.
Choque com objectos	$(m_{\text{prot}})_{16}$	Segurança passiva de veículos e máquinas.
	$(m_{\text{prot}})_{17}$	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 factores de eficácia das barreiras de protecção

6.4.3.3. Tabelas de valoração

Identificados os factores 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 factor 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 factores 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 factores 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 factor em causa, como se mostra na figura [99].

Figura [99] – Valoração por tabela e por ábaco

Os valores a atribuir a cada um dos factores 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 factor neutro da multiplicação, isto é, o valor **um**;
- Situações que reflectam 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 factores

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 [30].

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 γ 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 factores 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 [34]

onde

k é uma constante representativa do risco assumível para o processo produtivo em estudo;

r_{ri} são os factores 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 corrente 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 represen-

tativos 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 factores, nomeadamente da forma

- como a metodologia permite identificar os perigos e os factores 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 reproduzível.

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 DOS RESULTADOS - PARTE II

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 aspectos, nomeadamente:

- O estabelecimento de uma sequência operativa, definindo fases de desenvolvimento e especificando as respectivas 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 factores de formação).
- O estabelecimento de ferramentas adequadas à valorização e à valoração dos factores 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 na **PARTE I**.

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 factores de viabilidade, sendo que uma *avaliação qualitativa* pode, em muitos casos, ser a mais adequada, tendo em atenção os aspectos 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 aspectos:

- 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:

$$R = p.d$$

Equação [2]

Este grupo caracteriza-se por valorar **R** – e, necessariamente, o factor de probabilidade **p** e o factor de dano **d** – como grandezas escalares, quantificando em escalas discretas os seus diversos níveis.

Para além disto, postula-se que os próprios factores **p** e **d** resultam do produto de vários factores 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:

$$R = \frac{(Pr.Ct).Sd}{M_{Prev}.M_{Prot}}$$

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_r**), 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 factores de formação da probabilidade (f_{pi}) e dos factores de formação do dano (f_{di}), no caso dos métodos matriciais;
 - valorar os factores 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 (γ) 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 DA PARTE II

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.

Pretende-se, assim, confirmar a hipótese **[H₂]** (enunciada no ponto **1.2.2.**). 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 perspectiva 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, ou seja, que a hipótese **[H₂]** formulada pode ser verificada.

No entanto, tal afirmação necessita, ainda, de um tipo significativo de validação. Será este o assunto a tratar na **PORTE III** 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 produtivo⁹⁹ o que não

⁹⁹ “Processo produtivo” como definido na tabela [1].

significa que outros tipos de risco¹⁰⁰ não possam vir a ser tratados de uma forma idêntica, fazendo as necessárias adaptações aos conceitos base e aos critérios a utilizar.

¹⁰⁰ 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.

PARTE III

APLICABILIDADE DA METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO DE RISCOS

8. CONSIDERAÇÕES GERAIS

Validar uma metodologia implica aplicar procedimentos que permitam verificar a adequabilidade, a viabilidade, a reprodutibilidade, a capacidade de sistematização, a simplicidade (relativa) de aplicação¹⁰¹ 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 revela-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 sectores 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 devi-

¹⁰¹ Ou, sob outro ponto de vista, das competências técnico-profissionais exigíveis aos técnicos (ou às equipas técnicas) que a irão desenvolver.

damente no âmbito deste trabalho. Fica a sugestão para futuros desenvolvimentos ou estudos relacionados.

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/factores a que recorrem e enquadrá-los nas propostas feitas anteriormente na **PARTE II**;
- Analisar as escalas de valoração e as tabelas de definição de factores, 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 abordagem¹⁰², 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.

¹⁰² Ou seja, à **fase** que se pode atingir no desenvolvimento da metodologia proposta, numa perspectiva de integração vertical.

Figura [104] – Classificação dos métodos de avaliação de riscos

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 estudar¹⁰³.

¹⁰³ 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
Qualitativo simples	Listas de verificações (“ <i>check lists</i> ”)		Geral
	Método ABC		
Qualitativo relacional e estatístico	Modelização conceptual do processo técnico	INRS <i>França</i> 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 <i>Reino Unido</i> 1977	
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

Tipo de método	Designação do método	Origem	Âmbito de aplicação
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 factores de formação do risco e não métodos de avaliação autónomos.

Incluem-se nesta noção, não apenas as árvores de causas (condicionais ou detectadas), 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 (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 conceituais, 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 desvio 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, consequentemente, 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*”.

Pode-se *questionar o sistema* de diversas formas, quer em termos de estruturação e de sistematização da forma de propor essa questão, quer, princi-

palmente, em termos do tipo de elemento 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 que 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.**, respectivamente 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*”.

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 factores de formação da probabilidade – e da gravidade da explosão (**GE**) – entendidos como factores 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 Pittsburg¹⁰⁴.

Assim, os parâmetros definidos por Ritsu Dobashi, 2009

MIE → *minimum ignition energy*;

C_{min} → *minimum explosive dust concentration*;

são factores de formação da probabilidade f_{pi}

¹⁰⁴ As características químicas e físicas deste padrão estão, naturalmente bem definidas.

Por outro lado, o parâmetro

$$(dp/dt)_{\max} \rightarrow \text{maximum rate of pressure rise.}$$

é um factor de formação do dano do tipo f_{dj} ao qual se pode acrescentar o factor *pressão máxima de explosão* (*maximum explosion pressure* – **MEP**) também referido em bibliografia.

Esta correspondência entre parâmetros (experimentalmente mensuráveis) e factores de formação do risco admite incluí-lo no grupo metodológico dos métodos matriciais¹⁰⁵, embora com características específicas.

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 factores 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)

¹⁰⁵ 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.

Figura [105] – Representação do índice de explosividade (IE)

9.3.2.3. Métodos de avaliação matriciais

Tipicamente matriciais são os métodos que valoram os factores de formação do risco utilizando escalas discretas.

Todos os métodos com estas características, referidos na tabela [14], utilizam o algoritmo representado pela equação [26]:

$$R = \prod_{i=1}^n f_{pi} \cdot \prod_{j=1}^m f_{dj}$$

Equação [26]

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 factores 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 sector/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

Na matriz simples¹⁰⁶, a questão põe-se não na coluna de valoração – que, aqui, é 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 situação 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.

¹⁰⁶ Por vezes referenciada como “matriz de Somerville” ou matriz binária.

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 factores de formação da probabilidade: o índice de deficiência (**ND**) e o índice de exposição (**NE**). A matriz **[ND;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 **[NP;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 factores 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 deficiencia	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 factor 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 detectado 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 factores.
- Apresentando a coluna descritiva enquadramentos suficientemente abrangentes, em parte alguma aparece uma justificação para o tipo de escala indicado e/ou para a respectiva 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 factor 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 exposição	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.
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** = **[ND;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 utilizados na matriz **R** = **[NP;NC]**) o que torna ambígua a passagem à fase posterior 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 factores de formação do dano f_{d1} e f_{d2} , referentes, respectivamente, 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 factor 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

Analizando, agora, o método desenvolvido por William T. Fine, esquematizado pelo autor (Fine, 1973)¹⁰⁷ 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 factores (citações de Fine, 1973):

Grau de Perigosidade (GP) = Consequência (C) x Exposição (E) x Probabilidade (P)

$$GP = C \cdot E \cdot P$$

Equação [35]

- 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

¹⁰⁷ Foi aqui utilizada a tradução para castelhano de Emilio Turmo Serra, do Instituto Territorial de Barcelona.

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 factor de formação da probabilidade (aqui entendida com um âmbito mais vasto do que **P**). Deste modo, poder-se-á fazer equivaler **P** a **fp1** e **E** a **fp2**. Naturalmente que **C** corresponde a **fd1** o que implica que a equação [35] se pode escrever como

$$GP = C \cdot (E \cdot P)$$

Equação [36]

que reproduz a equação [26] já apresentada, fazendo **C** ↔ **d** e **(E . P)** ↔ **p**.

Segundo William Fine (op. cit.), os três factores 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).

C	Grau de severidade das consequências
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)

E	A situação de risco ocorre:
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)

P	A sequência do acidente, incluindo as consequências,
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 factores 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, sectores 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 sectores 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 [37]) 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 factor 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 [37]

Às tabelas apresentadas na obra citada, que valoram os factores **FC** e **GC**, são aplicáveis considerações idênticas às que foram feitas relativamente às escalas de valoração dos factores **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 factores de formação do risco.

Matrizes complexas

Normalmente consideram-se complexas as matrizes nas quais **n** e **m** (na equação [26]) são ambos iguais ou superiores a **dois**, ou mais precisamente, se o número de factores de formação da probabilidade e do dano for igual ou maior do que **quatro** ($n + m \geq 4$).

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, respectivamente.

Steel, 1990, utiliza quatro factores 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 factor f_{p1} ;
- A probabilidade (ligada, eventualmente ao conceito de condição de trabalho) que corresponderá ao factor f_{p2} ;
- A perda máxima provável (com definição semelhante à proposta na tabela [1] para PML) que é um factor 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 factores 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 factor 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 [38]

onde

- $E \rightarrow$ exposição ao factor 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 factor 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 factores 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 factores:

- $P \rightarrow$ 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 factores (sendo *factores de formação da segurança* e não *factores 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	
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, 2003, 2008)

E			Índice de exposição
contínua	mínimo	1	tempo de exposição > 50% do total
	médio	2	
	máximo	3	
alta	mínimo	4	$10\% \text{ do total} < \text{tempo de exposição} \leq 50\% \text{ do total}$
	médio	5	
	máximo	6	
normal	mínimo	7	$5\% \text{ do total} < \text{tempo de exposição} \leq 10\% \text{ do total}$
	médio	8	
	máximo	9	
esporádica	mínimo	10	$1\% \text{ do total} < \text{tempo de exposição} \leq 5\% \text{ do total}$
	médio	11	
	máximo	12	
rara	mínimo	13	$\text{tempo de exposição} \leq 1\% \text{ do total}$
	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 da actividade.
	médio	2	
	máximo	3	
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	

C			Índice de condições de segurança
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 factores, deduz o nível de segurança (NS) utilizando uma fórmula logarítmica ponderada e percentualizada (equação [39], 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 [39]

Analisando a equação [39] depreende-se que **P**, **E** e **C** se podem considerar factores de formação da probabilidade (f_{p1} , f_{p2} e f_{p3}) e que **S** e **T** podem ser entendidos como factores de formação do dano (f_{d1} e f_{d2}).

Um dos aspectos caracterizadores deste método é a definição das escalas de valoração de cada um dos factores 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 factores 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 π_i e δ_j .

De qualquer modo e em síntese, pode afirmar-se que quanto mais aprofundada for a avaliação do risco, quanto maior for a abrangência sistémica 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 factores de formação do risco que podem ser considerados.

Mas há, certamente, limites – conceptuais, económicos e outros – a impor ao número de factores 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 factores 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 definida¹⁰⁸ tendo em conta três aspectos essenciais:

- um estudo da relação investimento/retorno;
- a possibilidade de alocar uma equipa multidisciplinar tecnicamente competente;

¹⁰⁸ Ver ponto 5.3..

- 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*”.

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_{prev}** e **M_{prot}**) 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 factores 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 factores 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 factores de formação (multiplicativos) cujos valores podem ser encontrados em tabelas.

A caracterização e mesmo o número de factores 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 factores 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 factores implica uma valoração semi-quantitativa, a não ser nos casos onde se possa usar uma interpolação por ábaco.

Apenas como exemplo, os factores 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 factores de formação do perigo p_i , enquanto os factores

- A** → activação;
- g** → geometria e dimensão;
- e** → altura e número de pisos;

são factores de formação da condição de trabalho c_i .

O factor correctivo p_{HE} é um factor que define a sensibilidade ao dano, s_i . Já os factores que determinam **N**, **S** e **F** podem ser considerados como do tipo m_{prev} e m_{prot} .

De notar que o índice de segurança Gretener (γ) é o inverso do índice de risco (γ) definido pela equação [30] 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 factores determinados experimentalmente (equações [39] e [40]).

$$P = \frac{5X}{120} + \frac{5Y}{22} + BCI$$

Equação [39]

com

$$Y = \sum y_i$$

$$X = \sum x_i$$

$$BCI = \{0;1\}$$

Equações [40]

onde

P → Coeficiente de protecção face a um incêndio;

x_i → 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 acedido 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 factores 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 ($\sum$ 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 barreiras¹⁰⁹, 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 factores de formação da probabilidade (f_{pi}) e de factores da formação do dano (f_{dj}).

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.

¹⁰⁹ Os métodos de análise de barreiras, embora considerados, na generalidade, como quantitativos, incluem, como se viu anteriormente, um certo escalonamento, dado que os factores são, na maioria dos casos, obtidos pela utilização de tabelas.

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 factores 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 [26] 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 factores de formação da probabilidade (f_{pi}) e o número de factores de formação do dano (f_{dj}) – isto é, os valores de **n** e de **m** na equação [26]¹¹⁰ – 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 factores possa recorrer às filosofias que caracterizam os diferentes métodos utilizados e documentados, trazendo ao conjunto da avaliação os seus aspectos mais positivos, sem prejuízo da necessária adaptação ao caso concreto em estudo.

Muito particularmente se forem usados factores intermediários significativos (φ_{px} e φ_{dy}) como definidos no ponto 4.1..

¹¹⁰ Ver ponto 9.3.2.3..

9.4. SÍNTESE

Do exposto nos pontos anteriores podem reter-se alguns aspectos 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 validade¹¹¹ – podem aplicar-se os conceitos definidos.
- Todos eles se enquadram, quer nos grupos metodológicos enunciados, quer nas caracterizações específicas neles incluídas.
- 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.

¹¹¹ Validade face aos referidos critérios, não necessariamente com significância estatística.

10. APLICAÇÃO A UM CASO DE ESTUDO

10.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS

Uma eventual validação da metodologia proposta, como ficou dito anteriormente, não se consegue, apenas, com a sua aplicação a casos concretos, até porque, seja qual for a amostra escolhida, nunca será representativa do universo ao qual se espera que a referida metodologia seja aplicável. Na impossibilidade prática de o fazer, optou-se por utilizar os princípios metodológicos definidos num caso único, com o objectivo de verificar/demonstrar a sua aplicabilidade.

Os critérios de selecção deste caso passaram, naturalmente, por um conjunto de pressupostos e de metas atingíveis:

- O caso a estudar deveria ser incluído num processo produtivo relativamente comum, com tecnologia recente mas não necessariamente de ponta, com uma dimensão média e com algum significado no sistema económico-social onde se integra.
- A empresa onde se aplicaria a metodologia de avaliação de riscos profissionais deveria ter disponíveis dados essenciais e relevantes que permitissem o desenvolvimento do estudo.
- A avaliação seria aprofundada (**FASES 3 e 4**) apenas no caso de um nó crítico, específico e bem determinado, dado tratar-se de um exemplo de aplicação.

Estes pressupostos levaram a uma pré-selecção de processos a considerar, com características bem definidas:

- Sector secundário (indústria);
- Tipo empresarial;
- Produto(s) de consumo;
- Operações tecnológicas físico-químicas;
- Tecnologia actual, incluindo sistemas de comando e controlo;

- Dimensão média/alta da unidade fabril;
- Responsabilidade empresarial assumida na gestão da qualidade, ambiente e segurança;
- Existência de estruturas internas na área da Segurança e Saúde no Trabalho;
- Disponibilidade de interlocutores para um diálogo eficaz e produtivo.

10.2. OBJECTO

10.2.1. Enquadramento

De acordo com os critérios anteriormente estabelecidos, a aplicação prática da metodologia de avaliação de riscos profissionais foi desenvolvida numa fábrica de produção de cervejas, pertencente à **SCC – Sociedade Central de Cervejas e Bebidas, S. A..**

Esta Empresa foi fundada em 1934, juntando quatro das mais antigas e prestigiadas cervejeiras portuguesas. Hoje, é líder no mercado nacional e exporta, ainda, um valor apreciável da sua produção.

A SCC integra, para além da fábrica de Vialonga, duas outras unidades industriais, situadas no Luso e em Vacariça, onde são captadas as águas minerais naturais e de nascente, posteriormente embaladas e comercializadas.

A segurança industrial, a higiene e a saúde no trabalho, aliadas à sustentabilidade ambiental, têm sido, desde há muito tempo, áreas-chave na filosofia de gestão da empresa, assumindo esta as suas responsabilidades na matéria, actuando de uma forma activa na promoção de políticas de minimização dos riscos, devidamente enquadradas por uma estrutura técnica adequada.

Inserida no meio geográfico, económico e social onde se localiza, exerce uma acção participativa na comunidade próxima mas também actua social-

mente (investigação, sensibilização, formação, patrocínios e mecenato) a nível nacional, em termos de Empresa.

10.2.2. Proposta de trabalho

De um ponto de vista sistémico, o processo produtivo integra-se e interage num universo de envolventes muito alargado (ver figura [109]), com especial relevância para os subsistemas “Fornecedores” e “Clientes” dado tratar-se de uma produção caracterizada por uma transformação de matérias-primas adquiridas numa gama de produtos de consumo generalizado, disponibilizados aos clientes através de uma rede de distribuição de prestadores de serviços.

Esta abordagem sistémica realça a integração da “Unidade fabril” a estudar num subsistema “Comunidade”, com influência em (e influenciado por) factores específicos de formação do risco, embora de nível de significância relativamente baixo.

Figura [109] – Sistema de trabalho

Com estes pressupostos, o estudo de aplicabilidade da metodologia de avaliação de riscos proposta centrar-se-á numa instalação específica – emba-ladora *Kisters* da **Linha 1** de engarrafamento – do sector de enchimento da fábrica de cervejas incluída na unidade industrial de Vialonga da SCC.

10.2.3. Localização

A unidade industrial de Vialonga é, de longe, a fábrica com maior significado na estrutura da SCC.

Localiza-se a Norte de Lisboa, na margem direita do rio Tejo (ver figura [110]), numa zona altamente industrializada, com uma longa tradição de indústrias de grande dimensão e, como tal, dotada de uma rede de acessos rodoviários, ferroviários e fluviais eficaz, embora a SCC utilize, prioritariamente, o transporte por estrada.

Figura [110] – Fábrica de Vialonga – acessos e localização (*Google Earth*, Julho de 2010)

Situa-se numa zona densamente povoada, entre as localidades de Vialonga e Alverca do Ribatejo, na qual existem infraestruturas municipais, nomeadamente de abastecimento de água e de saneamento básico.

Esta fábrica começou a laborar em Junho de 1968 sendo, na altura, considerada a mais moderna fábrica de cerveja da Europa.

Hoje em dia é, ainda, a maior unidade industrial do sector, em Portugal, ocupando 33 ha dos quais 7 ha são de área coberta.

Na realidade, consiste em duas unidades fabris complementares implantadas no mesmo terreno¹¹²: a *malteria* e a *fábrica de cerveja*, apoiadas por um conjunto de sectores auxiliares, desde os serviços administrativos e de gestão (incluindo a Saúde Ocupacional, a Segurança, o Ambiente e a Qualidade) até aos parques de estacionamento de viaturas de transporte e distribuição dos produtos, passando pelas áreas de manutenção, pela central de cogeração (gerida por uma empresa associada) e pela instalação de frio industrial (com utilização de NH₃ como fluido frigorífico).

10.3. OBJECTIVO

Como referido pretende-se, apenas, realizar um exercício exemplificativo que permita pôr em evidência o procedimento de aplicação da metodologia proposta.

Assim, o aprofundamento do estudo centrar-se-á nas *segunda*, *terceira* e *quarta* fases do processo, referindo-se a *primeira* fase apenas de uma forma simplificada.

De qualquer modo e considerando as possíveis anomalias verificáveis na tarefa escolhida, o nível de significância das causas com origem nos subsistemas envolventes ou mesmo no subsistema unidade fabril, bem como o das

¹¹² Situação que, não sendo única, não é norma na indústria cervejeira.

consequências com efeitos nesses mesmos subsistemas é suficientemente baixo para implicar coeficientes de ponderação negligenciáveis.

Tal pressuposto não quer dizer que causas ou consequências situadas na zona mais larga das respectivas árvores sejam, sempre, de menor importância.

De uma forma geral, tal é verdade. No entanto, só uma análise sistémica poderá confirmar ou infirmar essa situação.

10.4. APLICAÇÃO DA METODOLOGIA

10.4.1. Primeira fase [*Empresa/Unidade fabril*]

10.4.1.1. Informação sobre a SCC

Com o objectivo de simplificar o exemplo e tendo em conta as razões apontadas no ponto anterior, optou-se por remeter para o **ANEXO 1** um enquadramento da Sociedade Central de Cervejas e Bebidas, da fábrica de Vialonga e do respectivo processo de fabrico, em termos gerais.

Neste **ANEXO** desenvolvem-se as principais características desta Empresa com relevância para a determinação de eventuais riscos sistémicos.

10.4.1.2. Interacção operação/decisão (sequência funcional)

Como ficou dito, a aplicação exemplificativa irá incidir, apenas, sobre uma tarefa específica, na sequência operacional da linha de enchimento de garrafas (tara perdida) – **Linha 1** – cujo esquema processual é o que se apresenta, no **ANEXO 1**, na figura [A1-8].

Concretamente, a operação analisada é a *produção de caixas com 24 garrafas de 0,25 l, sem envolvimento em filme plástico retráctil*, realizada numa embaladora *Kirsters* (figura [111]) e, dentro desta, a suboperação *formação e colagem de caixas*.

Figura [111] – Esquema da operação analisada na embaladora *Kisters*

Utilizando a modelização de Quinot e Moyon adaptada, pode esquematizar-se o funcionamento desta unidade com o auxílio dos grafos legendados que se apresentam no **ANEXO 2**.

A embaladora/envolvedora *Kisters* é uma máquina multifunções integrada que recebe garrafas de diferentes capacidades – de acordo com as compatibilidades de enchimento da **Linha 1**¹¹³ – as agrupa de acordo com o produto final desejado e as embala em caixas ou tabuleiros de cartão com ou sem envolvimento em filme retráctil. Pode ainda embalar “*packs*” produzidos pela embaladora *Mead*.

O processo é sequencial, sendo as diferentes fases realizadas sobre um conjunto de transportadores, dentro de uma estrutura fechada, acessível através de portas de correr.

Estas portas dispõem de dispositivos de segurança que impedem o funcionamento da máquina em caso de abertura.

A figura [112] mostra duas perspectivas da máquina. À esquerda a zona de entrada com o transportador de garrafas. A alimentação de caixas de cartão planificadas encontra-se por baixo deste. À direita a zona de saída de caixas.

¹¹³ Garrafas de tara perdida com capacidades de 0,33l, ou 0,25l, em caixas ou tabuleiros de cartão com 24 garrafas e “*packs*” de cartão com 4 ou 6 garrafas, eventualmente envolvidos em filme retráctil. Estes produtos são, posteriormente paletizados e as paletes envolvidas com filme estirável.

Figura [112] – Fotografias da máquina Kisters

Na figura [113] pode ver-se a parte lateral da máquina com acessos à área de trabalho, fechados com portas com sistemas de segurança na abertura.

Figura [113] – Fotografias da máquina Kisters

A figura [114] mostra a área de alimentação de caixas planificadas de cartão e a figura [115], a zona onde se separam as garrafas longitudinalmente, em 4 filas, podendo ver-se os sensores de detecção da ocorrência de garrafas tombadas ou partidas.

Figura [114] – Fotografias da máquina *Kisters*

Figura [115] – Fotografias da máquina *Kisters*

Na figura [116] representa-se a implantação desta máquina e a figura [117] é o esquema simplificado de funcionamento, tendo em consideração o caso analisado (caixas de cartão com 24 garrafas de 0,25l, sem filme retráctil).

Figura [116] – “Lay out” da máquina Kisters

Figura [117] – Esquema de funcionamento da máquina Kisters

O primeiro passo necessário para analisar esta operação será dividi-la em operações elementares e determinar o relacionamento funcional entre essas operações e as decisões que lhes estão associadas nas diversas etapas, de acordo com o modelo de Quinot e Moyen adaptado.

O grafo de modelização do embalamento é o que se reproduz na figura [118], legendado na tabela [28] (ver, também, o **ANEXO 2**).

Figura [118] – Grafo das etapas de embalamento

Operação		Decisão	
V.2	Conforme	v.2	Controlo do transporte de garrafas conformes
N	Formação de 4 filas	n	Passagem ao agrupamento
O	Separação longitudinal (4 filas)	o	Controlo do posicionamento
P	Separação transversal (6 garrafas x 4 filas)	p	Controlo do posicionamento e número de garrafas
Q	Formação da caixa	q	Controlo
Q.1	Transporte de cartão	q.1	Verificação de quantidades
Q.2	Alimentação de cartão	q.2	Controlo
R	Colagem da caixa	r	Controlo
R.1	Abastecimento de cola	r.1	Verificação de quantidades
R.2	Alimentação de cola	r.2	Controlo

Tabela [28] – Legenda do grafo das etapas de embalagem

Para além destas operações elementares básicas, pode considerar-se o transporte de garrafas agrupadas (secções 2, 3 e 4 da figura [117]), de caixas de cartão planificadas (secção 8), de caixas com garrafas em fase de formação (secção 5) e de caixas fechadas (secções 6 e 7), além de um posto de rotação da caixa (90°) entre a secção 5 e a secção 6.

Este transporte é feito em telas ou correias com velocidade sincronizada ou em mesas fixas com utilização de barras de arrastamento. A cola é fundida e transportada por tubagens aquecidas até aos injectores (secção 9).

10.4.1.3. Sistemas de monitorização, comando e controlo

O embalagem é uma operação incluída numa linha de produção extensa (ver ANEXO 2). Tal significa que, como qualquer outra operação da linha, uma paragem só não afecta todas as operações a montante e a jusante na medida em que os diversos pontos de acumulação ("buffers") sejam capazes de lidar com tais interrupções. Ou seja, implica a necessidade de ter em con-

ta tempos máximos de paragem e, portanto, a existência de uma capacidade de actuação rápida e eficiente.

Como a linha está preparada para a produção de uma gama diversificada de produtos – garrafas de diferentes capacidades embaladas em suportes diferentes – o sector do embalamento tem que ser suficientemente flexível para se ajustar às diversas condicionantes impostas pelo processo. Tal implica operações de mudança de ferramentas e de ajuste sempre que são alterados os formatos.

A embaladora *Kisters*, sendo uma máquina que integra um certo número de operações sequenciais, está equipada com um conjunto de sensores com uma dupla função:

- Sincronizar fases de confluência de materiais (garrafas agrupadas com caixas planificadas, por exemplo);
- Detectar anomalias no funcionamento da máquina.

Neste último caso, isto significa que a intervenção de correcção é, no essencial, humana, sendo desencadeada por um sistema de alarme com informação visual (figura [119]) e, nalguns casos, sonora.

Figura [119] – Indicador luminoso de anomalias/disfuncionamentos

Toda a operação da máquina ou, pelo menos, a montante do local da avaria é suspensa – nomeadamente o transporte – até que a resolução do problema seja, manualmente, confirmada.

Referenciando, apenas, os sensores com maior significado neste processo, apresenta-se na tabela [29] uma lista de sequências alternativas de correcção.

Secção Figura [117]	Sensor	Acção	Sequência de correcção	
			Actuação	Retoma
Zona fechada da máquina	Portas abertas	Paragem da máquina	Intervenção do operador	Arranque automático após o fecho da porta
2	Garrafas tombadas ou partidas	Paragem do transporte local e a montante	Intervenção do operador	Comando manual
3	Número errado de garrafas	Paragem do transporte local e a montante	Intervenção do operador	Comando manual
8	Falta de cartão	Paragem do transporte a jusante	Intervenção do operador	Comando manual
	Cartão danificado	Paragem do transporte a jusante	Intervenção do operador	Comando manual
4/8	Sincronismo	Ajuste caixa/grupo de garrafas	Paragem do transporte a jusante	Arranque automático
5	Defeitos na formação/colagem	Paragem da máquina	Intervenção do operador	Comando manual
9	Falta de cola	Paragem da máquina	Intervenção do operador	Comando manual

Tabela [29] – Sensores de controlo

10.4.1.4. Análise das consequências (para o processo) das sequências alternativas

Considerando o que anteriormente foi exposto, pode concluir-se que a generalidade das sequências de desvio conduzem a sequências de correcção, embora não automática, isto é, exigindo uma intervenção humana.

Como o funcionamento de toda a linha se caracteriza por uma acentuada diferença de velocidades (de produção) nas diversas operações – o que im-

plica a existência de zonas de “*buffer*”¹¹⁴ – eventuais paragens com duração reduzida são facilmente absorvidas, não influenciando significativamente a produtividade global da linha.

Os grafos correspondentes às sequências alternativas resultantes de anomalias com eventual ocorrência nos pontos de controlo identificados na tabela [29] apresentam-se no **ANEXO 3**.

As sequências de correcção induzidas por estas anomalias podem, no entanto, falhar, evoluindo para sequências de falha, podendo estar, eventualmente, na origem de ocorrências profissionais danosas.

Este tema será desenvolvido, de acordo com a aplicação da metodologia, após a definição de nós críticos, no ponto **10.4.2.3**. a seguir.

10.4.1.5. Análise das consequências (para o sistema) das sequências alternativas

No caso concreto em estudo constata-se que a influência de subsistemas de nível superior ao “ambiente de trabalho” é muito pouco significativa.

Isto porque existem diversas linhas de enchimento capazes de produzir o mesmo tipo de embalagem pelo que, alterações significativas na procura, por exemplo – é o que acontece, nomeadamente, com a distribuição tipicamente sazonal do consumo – podem ser compensadas por ajustamentos nas produções das diferentes linhas.

Do mesmo modo, uma paragem prolongada de uma das linhas de enchimento é, normalmente, compensada com a produção de outras linhas e/ou com o “*buffer*” que representa o armazenamento e distribuição do produto.

¹¹⁴ Zonas essas que se concretizam na possibilidade de acumulação de garrafas e, conseqüentemente, na alteração da velocidade pontual de transporte, aumentando ou diminuindo o número de filas paralelas de garrafas em trânsito.

10.4.2. Segunda fase [*Instalação/Processo*]

10.4.2.1. Análise da rede processual

A operação de formação/colagem de caixas – que será o aspecto específico a aprofundar – é constituída por uma série de operações elementares com um desenvolvimento em rede.

Isto porque a fase de formação e a fase de colagem não são totalmente sequenciais, havendo uma certa sobreposição operacional.

Desenhando o grafo mais pormenorizado desta operação (figura [120]), pode constatar-se a seguinte sequência processual:

Figura [120] – Modelo da operação de formação/colagem de caixas

- Das etapas [P;p] e [Q.2;q.2] resulta a informação de sincronismo entre a chegada de um agrupamento de garrafas e de uma caixa de cartão planificada ao ponto de encontro e, conseqüentemente, a decisão de prosseguimento do processo (q.2.1).
- As etapas [Q;q] e [R;r] correspondem à fase de dobragem das diversas partes pré-vincadas da caixa planificada e à colagem das abas.

Esta colagem é feita por pontos de cola fundida, injectada por dispositivos doseadores (injectores) nos locais adequados.

A figura [121] representa (sem preocupações de escala) estas operações.

Figura [121] – Esquema da formação/colagem de caixas

- De uma forma integrada com a prossecução das etapas anteriores, um conjunto de sensores verifica a integridade da caixa formada.
- A etapa [Z.1;v.3/x.3] corresponde a esta verificação. Caso **NÃO** sejam detectadas anomalias, o processo avança de acordo com a sequência normal. Se desta verificação resultar um **SIM**, o processo segue uma sequência de desvio que, em princípio, resultará numa sequência de correcção:

[$\mathcal{E}_{\text{alarme}}$ $\rightarrow$ $\mathcal{E}_{\text{correção}}$: Z.1' (paragem da máquina); z.1' (intervenção do operador) $\rightarrow$ Z.1'' (remoção da caixa defeituosa); z.1''' (reposição das condições – fecho da porta – arranque da máquina)].

- No entanto, uma anomalia do tipo A_e^s pode ocorrer na etapa [Z.1'';z.1'''], caracterizada pela não utilização dos equipamento de protecção individual – no caso, luvas adequadas – disponibilizado para essa tarefa.

Esta anomalia pode estar na origem de uma sequência de falha ($\mathcal{E}_{\text{falha } 1}$) que resulte numa ocorrência profissional danosa, cujas consequências mais prováveis são lesões incisivas nas mãos provocadas pelos frag-

mentos de vidro partido, como se descreve, com mais pormenor, no ponto **10.4.2.3.** a seguir.

- Mas, nessa mesma etapa [Z.1'';z.1''], pode ocorrer uma anomalia, desta vez do tipo **A_e^q** que implica numa sequência de falha ($\epsilon_{falha\ 2}$), que resulta na queda e quebra (ou rebentamento) de uma ou mais garrafas, projectando fragmentos que podem atingir o operador.

10.4.2.2. Detecção dos nós críticos

Observando o funcionamento da embaladora *Kisters*, podem verificar-se certas características que são relevantes para uma avaliação dos riscos que lhe estão associados.

Nomeadamente:

- É uma máquina de grande flexibilidade. De facto, pode ser preparada e programada para produzir embalagens de diversas dimensões e capacidades – caixas e tabuleiros de cartão com 24 garrafas de 0,25 l ou 0,33 l¹¹⁵ ou com “*packs*” de 4 ou 6 garrafas – o que implica a necessidade de alterar formatos e substituir peças sempre que ocorra uma mudança na gama de produtos, com os riscos que estão associados a este tipo de operações.

De notar que, inserida na **Linha 1**, em conjunto com a máquina *Kisters*, existe outra embaladora (*Mead*) capaz de produzir “*n-packs*” – com *n* igual a 4 ou 6 garrafas de diferentes capacidades – o que aumenta, significativamente, a flexibilidade global desta linha de enchimento.

- Sendo uma máquina fechada, o acesso a peças móveis, quentes ou cortantes está reduzido, constituindo as portas de correr com segurança de fecho barreiras de prevenção bastante eficazes.

¹¹⁵ Esporadicamente, a *Kisters* pode produzir embalagens com 15 ou 16 garrafas.

Obviamente que a eficácia destas barreiras está muito relacionada com o correcto funcionamento dos sensores de fecho das portas.

É importante notar que a **SCC** utiliza um sistema de auditorias de segurança, programado, periódico e com registos escritos, sendo verificados diversos pontos-chave, nomeadamente na *Kisters*, assinalados com o símbolo que se pode ver na figura [122].

Figura [122] – Sinalização de pontos de verificação de condições de segurança

- Qualquer anomalia relevante no funcionamento implica a paragem do transporte (de garrafas, de caixas planificadas e/ou de caixas em fase de formação/colagem ou acabadas) quer em toda a extensão da máquina, quer apenas a montante do local onde ela ocorre. Tais paragens, se relativamente curtas como acontece, normalmente, numa produção normal, são facilmente absorvidas no conjunto de toda a linha de enchimento.
- Em princípio e salvo algumas excepções, a reposição das condições normais implica a intervenção do(s) operador(es) e o arranque manual do procedimento.

Desta situação – e, essencialmente, durante as tarefas necessárias à resolução do problema – resulta uma exposição acrescida a riscos.

Deste modo, em termos de criticidade, é possível definir duas vertentes essenciais:

- Do ponto de vista da sensibilidade ao dano do processo, as sequências de falha críticas são as que conduzem a ocorrências profissionais da-

nosas com lesões, dado que a vulnerabilidade da linha – e, por maioria de razões, do próprio sector de enchimento – à ocorrência de paragens¹¹⁶ é relativamente baixa.

- Face ao automatismo do funcionamento da *Kisters*, as situações de risco ocorrem, normalmente, durante a execução de tarefas de reposição das condições após paragem da máquina.

10.4.2.3. Relação de anomalias previsíveis

No espírito definido de exemplificação da aplicabilidade, considerou-se apenas, para efeitos de desenvolvimento, a situação de risco a seguir descrita e que corresponde ao grafo apresentado anteriormente na figura [120]:

Por falha num dos grupos de injectores de cola, uma das caixas pode ficar com as abas de topo descoladas. Esse facto seria detectado na etapa [Z.1 ; v.3/x.3] e o transporte, na máquina, pararia, dando um sinal de localização da avaria. O operador deverá, então, remover a caixa defeituosa mas, como esta tem uma das faces aberta, as garrafas podem cair, eventualmente partindo-se.

Nestas circunstâncias, é possível a ocorrência de cortes nas mãos do operador, caso este não utilize correctamente os equipamentos de protecção individual (luvas adequadas). É, ainda, de considerar a possibilidade de fragmentos de vidro virem a atingir o operador, causando-lhe ferimentos.

Obviamente que poderão ocorrer outras anomalias, nomeadamente as indicadas no **ANEXO 3**. No entanto é com base neste caso específico que será desenvolvido o estudo.

¹¹⁶ Naturalmente que existe, sempre, um TMPS – *tempo máximo de paragem suportável* – que constitui um limite que pode ser assumido e que depende, ele próprio, da sazonalidade do consumo.

10.4.2.4. Árvore de causas

Para desenhar a árvore de causas da anomalia em análise há, primeiro, que determinar as causas – e o seu nível de significância – o que implica identificar os **perigos** e as **condições de trabalho** que as definem.

Identificação dos perigos

Na tarefa em análise podem ser identificados os seguintes perigos que se consideram com um nível de significância importante:

- Utilização de cola, fundida a 150°C/170°C, aplicada por injectores em pontos específicos das abas da caixa de cartão. Forno de fusão da cola.
- Temperatura das tubagens (rígidas e flexíveis) de transporte da cola.
- Sistema mecânico móvel de pressores para manter unidas as partes coladas da caixa até ao endurecimento da cola.
- Transporte mecânico das caixas em fase de formação/colagem.
- Postura do operador:

A zona de trabalho da *Kisters* situa-se a um nível superior ao normal alcance dos braços do operador.

Como o acesso tem que ser, sempre, feito pelo lado da máquina que possui portas¹¹⁷, qualquer actuação implica a subida a um degrau ou a um estrado e, em certos casos, ao apoio em partes fixas da própria máquina (ver figura [123]).

¹¹⁷ Utilizando uma metáfora náutica, do lado de bombordo, ou seja, do lado esquerdo relativamente ao sentido do movimento do produto dentro da máquina.

Figura [123] – Postura do operador (actuação em caso de paragem)

- Processamento de materiais sólidos com propriedades abrasivas ou irritantes (cartão, cola).
- Processamento de materiais sólidos passíveis de se fracturarem, com produção de fragmentos cortantes (garrafas de vidro).
- Processamento de materiais líquidos embora não combustíveis, não corrosivos e não tóxicos (cerveja).

Identificação das condições de trabalho

Para a referida tarefa, e tendo em conta o tipo de funcionamento da máquina, o seu automatismo e o papel desempenhado pelo operador aquando da ocorrência de uma avaria, é de salientar:

- Operação complexa de dobragem, aplicação de cola (não em simultâneo nas diferentes abas) e pressionamento das áreas de colagem, realizada durante um transporte da caixa com as garrafas no interior (cerca de 3m).
- Sincronização de cinco transportadores (ver esquema na figura [124]).

Figura [124] – Esquema do transporte

- Utilização de sensores para detectar situações anómalas (caixas defeituosas, por exemplo) ou de falta de segurança (abertura/fecho das portas, nomeadamente).
- Intervenção do operador no caso de detecção de uma caixa mal formada e/ou mal colada que implica:
 - Abrir a porta da zona correspondente à localização da avaria;
 - Aceder ao local onde se encontra a caixa danificada, o que implica um movimento para um nível mais elevado;
 - Retirá-la do interior da máquina e colocá-la em lugar adequado, descendo e subindo para o apoio (degrau, estrado ou peça) de acesso à zona de operação;
 - Remover e limpar pedaços de vidro e a cerveja derramada, no caso de se ter partido alguma garrafa;
 - Verificar se as condições após resolução da avaria são as normais;
 - Fechar a porta e proceder ao arranque da máquina.
- Intervenções de manutenção da máquina (programadas ou de emergência).

Árvore de causas potenciais

Centrando a análise na anomalia $(A_e^s)_1$ referida na figura [120] podem elencar-se, na tabela [30], os pares [perigo/condição de trabalho] que definem as

causas que podem estar na sua origem e, a partir delas, construir uma árvore de causas potenciais.

Par		Causa	
Perigo	Condição de trabalho		
Postura do operador	Remoção da caixa danificada	C01	Escorregamento. Apoio das mãos sobre fragmentos
Postura do operador	Limpeza de garrafas partidas	C02	Contacto fortuito com objectos cortantes
Postura do operador	Remoção de fragmentos de vidro	C03	Contacto deliberado com objectos cortantes
Fragmentos de vidro	Necessidade de utilização de EPI's adequados	C04	Não utilização de luvas
Cola quente	Remoção da caixa danificada	C05	Reacção brusca à queimadura

Tabela [30] – Causas

Relacionando, em termos de níveis de significância, estas causas, pode desenhar-se (figura [125]) a respectiva árvore.

Figura [125] – Árvore de causas potenciais

10.4.2.5. Árvore de efeitos

A situação de risco descrita no ponto 10.4.2.3. está ligada a uma árvore de efeitos possíveis que apresenta, como todas as árvores deste tipo, dois ramos de primeiro nível de significância (ver figura [126]).

Há efeitos que serão certos (probabilidade igual a 1) e há efeitos que poderão ou não ocorrer (probabilidade menor que 1), nomeadamente o *efeito nulo* (**E00**) ou seja, não acontecer nada.

No ramo dos efeitos certos poder-se-ão encontrar, no nível de significância imediatamente a seguir, as feridas nas mãos do operador (**E01**) e a perda de produto (**E02**).

O primeiro destes efeitos pode estar na origem da necessidade de um simples tratamento com retoma do trabalho (**E03**) ou de absentismo (**E04**) com eventual substituição temporária do operador (**E05**).

Já no ramo dos efeitos prováveis, podem caracterizar-se consequências relacionadas, ainda, com lesões resultantes de uma eventual queda a nível diferente (**E06**) ou com um possível dano na própria máquina (**E07**).

Figura [126] – Árvore de efeitos possíveis

Naturalmente que esta árvore (bem como a árvore de causas) poderia ser desenvolvida para níveis de significância superiores.

Mas, como ficou dito anteriormente, estes limites são impostos por uma análise – embora, neste caso, muito genérica e não quantificada – da relação custo/benefício.

10.4.2.6. Árvore de falhas e árvore de decisões

Aplicando o conceito de **Gestão de Causas, Decisões, Efeitos e Falhas (CDEF)** definido anteriormente, torna-se necessário procurar e desenhar árvores de falhas e árvores de decisões aplicáveis à operação e à decisão crítica da anomalia estudada.

A operação condicionante desta sequência de falha é a referenciada na figura [120] como Z.1 (verificação da integridade da caixa formada e colada).

A falha desta operação é condicionada pela árvore de falhas que se representa na figura [127].

Figura [127] – Árvore de falhas

Já quanto à decisão condicionante da sequência de falha, será aquela onde se verifica a anomalia $(A_e^s)_1$, ou seja, a decisão z.1' indicada na figura [120] e que corresponde à intervenção do operador para remover a caixa defeituosa e limpar os fragmentos de vidro eventualmente existentes na área de trabalho da máquina.

Associada a z.1' pode ser desenhada uma árvore de decisões como a apresentada na figura [128].

De notar que algumas das opções, na árvore reproduzida, não têm seguimento. Tal acontece porque, de facto, elas conduziriam a decisões sem con-

sequências danosas no processo produtivo e, em particular, sem lesões no operador.

Figura [128] – Árvore de decisões

10.4.2.7. Conclusão

As quatro árvores propostas caracterizam, de uma forma sistémica, a anomalia considerada.

O seu conjunto constitui uma avaliação qualitativa (*valorização*) do risco detectado, em particular tipificando e caracterizando as eventuais causas da situação de risco e, portanto, fornecendo os dados fundamentais para a concretização da fase seguinte do processo de gestão de riscos, ou seja, para a formulação, especificação e implementação das medidas de segurança necessárias a um efectivo e eficaz controlo dos riscos.

10.4.3. Terceira fase [*Posto de trabalho/Equipamento*]

No caso concreto em estudo, dado que se optou por analisar apenas uma operação elementar e, dentro desta, apenas uma anomalia específica, não tem cabimento o estudo e aplicação de critérios de criticidade comparativos e, naturalmente, não há lugar a uma seriação de situações de risco.

10.4.4. Quarta fase [Operação/Tarefa]

10.4.4.1. Selecção da metodologia a aplicar

A utilização de um método de valoração do tipo matricial parece ser a mais consentânea com os dados existentes e com a abordagem que foi adoptada nos pontos anteriores.

Assim, procurar-se-á estabelecer uma matriz de risco a partir da definição e do escalonamento de factores de formação detectáveis na situação de risco proposta.

A partir desta matriz valorar-se-á o risco específico correspondente à situação de risco/ocorrência profissional danosa *“ferida na mão do operador resultante de contacto com fragmentos de vidro provenientes de uma garrafa partida”*.

10.4.4.2. Identificação do nó de estudo

Obviamente, a valoração aplicar-se-á à etapa do processo que foi estudada anteriormente e que pode ser definida por:

[(...); Linha de enchimento 1; Sector de embalamento; Embaladora Kisters; Formação/colagem de caixas]

Nesta etapa podem ser identificadas várias situações de risco – nomeadamente as indicadas nos pontos anteriores – associadas a anomalias previsíveis no processo.

10.4.4.3. Definição dos factores de formação da probabilidade e do dano

Factores de formação da probabilidade f_{pi}

Tendo em atenção o processo produtivo e a sua modelização, a tipificação das possíveis causas e a caracterização dos pares [perigo/condição de trabalho] que as definem, as falhas que podem estar na origem de um disfuncionamento ou de um desvio e o alcance das decisões que devem ser toma-

das, podem resumir-se na tabela [31] os factores de formação da probabilidade mais significativos.

Factor	Descrição
f_{p1}	Frequência de ocorrência de, pelo menos, uma garrafa partida.
f_{p2}	Formação específica dos operadores. Experiência na tarefa.

Tabela [31] – Factores de formação da probabilidade

Não foram considerados factores ligados à exposição dos operadores à situação de risco dado que esta acontece, obrigatoriamente, sempre que é detectada uma caixa danificada (haja ou não garrafas partidas).

Factores de formação do dano f_{dj}

No que diz respeito às eventuais consequências originadas pela situação que serve de exemplo, podem ser definidos os dois factores de formação do dano indicados na tabela [32].

Factor	Descrição
f_{d1}	Consequências de um corte na(s) mão(s) do operador.
f_{d2}	Utilização inadequada dos EPI's disponibilizados.

Tabela [32] – Factores de formação do dano

10.4.4.4. Elaboração das escalas de valoração dos factores

Considerando, em conjunto, as estatísticas referentes às duas máquinas *Kisters* instaladas na Linha 1 e na Linha 6, verifica-se a ocorrência de poucos acidentes (sete, entre Janeiro de 2008 e Agosto de 2010), todos sem baixa, com lesões leves do tipo corte ou queimadura.

Dado o tipo de risco presente nesta operação e face aos dados disponíveis, optou-se por elaborar escalas regulares, todas elas com três degraus, valoradas com ponderação.

As escalas propostas constam das tabelas [33], [34], [35] e [36].

f_{p1}	Valoração	Descrição
	6	Mais que 10 vezes por dia.
	4	Entre 1 e 10 vezes por dia.
	2	Menos que 1 vez por dia.

Tabela [33] – Escala de valoração de f_{p1}

f_{p2}	Valoração	Descrição
	3	Sem formação específica.
	2	Formação programada.
	1	Formação contínua.

Tabela [34] – Escala de valoração de f_{p2}

f_{d1}	Valoração	Descrição
	25	Lesão com baixa.
	5	Lesão sem baixa. Trabalho temporariamente condicionado.
	1	Tratamento local.

Tabela [35] – Escala de valoração de f_{d1}

f_{d2}	Valoração	Descrição
	5	Não utilização do EPI.
	3	Utilização inadequada ou insuficiente do EPI.
	1	Utilização normal do EPI.

Tabela [36] – Escala de valoração de f_{d2}

10.4.4.5. Matriz de risco

Neste caso, as equações [3] anteriormente definidas tomarão a seguinte forma:

$$p = f_{p1} \cdot f_{p2}$$

$$d = f_{d1} \cdot f_{d2}$$

Equações [3]

A partir destas equações podem obter-se as matrizes de probabilidade $\{p\}$ e de dano $\{d\}$, representadas na figura [129]. Os níveis de p e de d foram considerados em relação aos seguintes valores de p e de d constantes (tabelas [37] e [38]):

p	Valoração	Descrição
≥ 12	3	Probabilidade alta.
$\geq 5 < 12$	2	Probabilidade média.
< 5	1	Probabilidade baixa.

 Tabela [37] – Escala de valoração de p

d	Valoração	Descrição
≥ 75	4	Grave.
$\geq 15 < 75$	3	Pouco grave.
$\geq 5 < 15$	2	Significativo.
< 5	1	Pouco significativo.

 Tabela [38] – Escala de valoração de d

 Figura [129] – Matrizes de p e de d

A partir destas valorações pode, então, construir-se a matriz de risco $\{R\}$ representada na figura [130] que conduz a três níveis de risco caracterizados na tabela [39].

 Figura [130] – Matriz de R

R	Nível
≥ 9	3
$\geq 4 < 9$	2
< 4	1

Tabela [39] – Níveis de risco

10.5. RESULTADOS

10.5.1. Notas de enquadramento

No ponto 10.4. analisou-se, de uma forma centrípeta, o sistema no qual se enquadra a operação à qual se aplicou a metodologia de avaliação de riscos proposta. Concretamente, nesse ponto estabeleceu-se uma matriz de risco partindo das escalas de valoração dos diversos factores de formação identificados. É utilizando estas escalas e esta matriz que se proporá um nível de risco para a situação descrita anteriormente.

10.5.2. Aplicação ao nó seleccionado

Recordando, a situação de risco em estudo corresponde à verificação da anomalia $(A_e^s)_1$ referenciada na figura [120]. Neste caso, usando as escalas de valoração anteriores, os factores de formação da probabilidade, do dano e do risco têm as seguintes valorações:

$$f_{p1} = 4 \quad (\text{ocorrência entre 1 e 10 vezes por dia}^{118})$$

$$f_{p2} = 2 \quad (\text{formação programada})$$

$$p = 2 \quad (\text{tabela [37]})$$

$$f_{d1} = 5 \quad (\text{trabalho temporariamente condicionado})$$

$$f_{d2} = 5 \quad (\text{não utilização do EPI})$$

$$d = 3 \quad (\text{tabela [38]})$$

¹¹⁸ Em Agosto de 2010 verificaram-se 103 ocorrências “caixa aberta” em 2222 pequenas paragens (4,6%), tendo a máquina trabalhado cerca de 14 dias.

Aplicando a matriz de risco, obtém-se o nível de risco:

$$R = 2 \quad (\text{tabela [39]})$$

O valor encontrado corresponde a um **risco médio**, suficientemente significativo para que sejam tomadas as *medidas necessárias* para o controlar, programando a sua implementação de acordo com uma análise custo/benefício.

Como adiante se refere, pode dizer-se que o nível de risco calculado (*risco médio* numa escala de três níveis) corresponde, com as devidas adaptações, ao que foi encontrado pela aplicação do método de avaliação de riscos em vigor na SCC.

10.5.3. Conclusão

Analisando os valores atribuídos aos diversos factores de formação, pode constatar-se que a mais alta valoração foi atribuída ao factor f_{d2} (5 num máximo de 5) o que corresponde à não utilização das luvas adequadas à tarefa a realizar.

Será, portanto, sobre este aspecto que deverão incidir as actuações prioritárias de controlo do risco, nomeadamente (ordenadas por prioridade de acção):

- Garantia de disponibilidade dos EPI's adequados (luvas resistentes a contacto com objectos cortantes), tendo sempre em conta, para além da sua eficácia – factor essencial – a comodidade de uso;
- Sensibilização dos operadores para a necessidade de utilização destes equipamentos;
- Programação das operações de resolução de avarias de forma a permitir a sua realização de um modo adequado e seguro, evitando, em particular, pressões relativamente ao tempo necessário à intervenção.

- Formação específica dos trabalhadores sobre as características operacionais – incluindo, naturalmente, as questões da segurança – da embaladora *Kisters*, com a necessária periodicidade e tendo, no seu planeamento, especial atenção à integração no posto de trabalho de operadores sem experiência.

11. DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

11.1. SÍNTESE DOS RESULTADOS – PARTE III

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 exaustiva 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.

Tendo em conta estes factos, optou-se por abordar o problema segundo duas vertentes complementares:

Na perspectiva 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 [40].

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 – <i>Método de Avaliação de Riscos de Acidentes de Trabalho</i>	ND ; NE	f_{p1} ; f_{p2}
		NP	p
		NS	f_{d1} ; d

Tipo	Método		Variáveis	Correspondência
Semiquantitativo matricial	William T. Fine		E ; P	f_{p1} ; f_{p2}
			C	f_{d1} ; d
	Matriz complexa	Steel	frequência ; probabilidade	f_{p1} ; f_{p2}
			perda máxima provável ; pessoas expostas	f_{d1} ; f_{d2}
		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)	Factores correspondentes aos do Gretener, com as necessárias adaptações		

Tabela [40] – Enquadramento de métodos de avaliação. Resumo

- A aplicação a um caso, muito particular e concreto, das regras e procedimentos que relevam da metodologia proposta pode constituir um processo de exemplificação da exequibilidade dessa metodologia.

A selecção da operação alvo da avaliação obedeceu a critérios, nomeadamente os indicados no ponto **10.1.**

Optou-se por incluir, como **ANEXOS**, as informações e desenvolvimentos que, não sendo essenciais ao objectivo assumido, se consideram de interesse para complemento da análise efectuada.

É importante realçar que esta aplicação não pretende ser, de modo algum, uma validação formal da metodologia apresentada, mas apenas um exemplo da viabilidade e da aplicabilidade de tal metodologia.

11.2. CONCLUSÕES DA PARTE III

Do que ficou anteriormente exposto, podem tirar-se algumas conclusões de carácter genérico:

- Os métodos de avaliação de riscos profissionais analisados, especificamente adaptados a situações concretas diversas, enquadram-se facilmente, 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 aplicação¹¹⁹, pensa-se que, da amostra utilizada, se podem retirar conclusões sobre a justeza dos conceitos.
- O caso de estudo permitiu chegar a resultados que, *a posteriori*, se vieram a mostrar suficientemente próximos dos da avaliação de riscos feita pela SCC utilizando um método próprio, desenvolvido pela organização.

¹¹⁹ 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 ambientais, riscos alimentares, riscos financeiros, riscos de gestão...

O tipo de operação escolhida, o grau de pormenorização a que se levou a avaliação do risco e a característica, assumida, de exemplo implicou que uma apreciação mais marcadamente sistémica não pudesse ser realizada.

CONCLUSÕES

12. 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 [131].

Figura [131] – Prever; Prevenir; Proteger

Mas significa, também, que só uma correcta e fiável avaliação de riscos permitirá o seu eficaz controlo¹²⁰.

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 reproduzíveis.

Tal implicou uma cedência no que diz respeito à comparabilidade dos “*outputs*” obtidos.

¹²⁰ Controlo que é, obviamente, o objectivo primeiro e essencial de qualquer processo de gestão de riscos.

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 vários factores de formação do risco que fossem equivalentes¹²¹, 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 factores de formação do risco privilegia a reprodutibilidade 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 meios¹²² 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

¹²¹ Podendo, nestes casos, ser aplicável o conceito de ponderação como elemento diferenciador.

¹²² Dados fiáveis, equipa competente, compromisso de gestão, nomeadamente.

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 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.

13. CONCLUSÕES

Os resultados do estudo efectuado, em particular os conceitos definidos e a metodologia proposta, permitem assumir como pertinente a verificação das hipóteses consideradas no ponto **1.2.2.**

De facto, foi possível encontrar uma definição conceptual de risco profissional¹²³, 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, propôs-se uma metodologia integrada¹²⁴ 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.

¹²³ Hipótese [H₁].

¹²⁴ Hipótese [H₂].

- 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 factores primários de formação de risco e de factores 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 tolerância, 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 Willey, 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 extractiva**, *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 factores humanos nos acidentes industriais**, Produção, jan/abr 2007, vol. 17, nº 1, p. 186-198.

de CLERCK, J., **Cours de Brasserie**, 2ème ed., vol. 1, Université de Louvaine, Belgique, 1962.

de CICCIO, Francesco M. G. A. F. e FANTAZZINI, Mario Luiz, **Os riscos empresariais e a gerência de riscos**, Protecção – 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^{er} 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^e 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, 4ª 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, 2nd 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*, 10th 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.

KUNZE, Wolfgang, **Technology Brewing and Malting**, WAINWRIGHT, Trevor (trad.), VLB, Berlin, 1996.

LARANÉ, André, **Défis de l'Évaluation des Risques**, Travail et Sécurité, INRS, n° 610, sep., p. 19-33, 2001.

LEMOS, 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, **Factores 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 – 3rd 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^a 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**, 8^a 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.

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 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**, 17th 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.

PRESTES, Gabriela e CORDEIRO, Adriana Rute, Tecnologia da Fabricação de Cerveja, VI Semana de Tecnologia em Alimentos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2008.

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 n° 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^{as} 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.

TRIOLET, Jérôme e HÉRY, Michel, **Les méthodes d'évaluation des risques chimiques – Une analyse critique**, INRS, Hygiène et Sécurité du Travail, n° 216 3º 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^{me} Trimestre, 2004.

VOSE, David, **Risk Analysis: A Quantitative Guide**, 3rd 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.

BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

ADAMS, J., **Risk**, UCL Press, London, 1995.

AGUIAR, Hugo e FUJÃO, Carlos, **Contributos da Ergonomia para o Sector 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, **Introducción 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^{ème} 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, 3rd 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, P. L. e MOHR, R. R., Concepts in Risk Management, Jacobs Sverdrup, 2002.

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. ; LICTENSTEIN, 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 Doutoramento 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?.

KUMAMOTO, Hiromitsu e HENLEY, Ernest J., Probabilistic risk assessment and management for Engineers and Scientists, 2nd ed., IEEE Press, New York, 1996.

LAHERA MARTÍN, Matilde e GÓNGORA YERRO, Juan José, Factores psicosociales – Identificación de situaciones de riesgo, INSL – Instituto Navarro de Salud Laboral, 2002.

LEONARDO, Azália e BRÁS, Isabel, Avaliação de Riscos Profissionais em Actividade 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 Projecto 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, Eessor 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^e Congrès Annuel de l'AQTR, Canadá, 2005.

MELHEM, Georges A., Conduct Effective Risk Assessment (QRA) Studies, ioMosaic, 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, 2º 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, 4th 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**, 4ª ed., Butterworth-Heinemann, 2008.

RIDLEY, John R. e CHANNING, John, **Safety at Work**, 7ª 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 Doutoramento 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 GARCÍAS, *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: Factores 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**, Societé 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.

Fabrico de cerveja (palestra), http://www.eel.usp.br/julio/prod_cerveja.pdf, acedido em Julho 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/ENESEP1999_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, acessado 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/maryfim1.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, 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>, acedido em Novembro 2009.

Metodología para la Evaluación de Riesgos Laborales, Ergolaboris,

http://www.ergolaboris.com/docs/Documents_tecnics/Metodologia_Evaluacion_Riesgos_Laborales.pdf, acedido 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>, acedido 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, 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, 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, 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.

SCC – Sociedade Central de Cervejas e Bebidas, **O nosso compromisso – Responsabilidade Corporativa SCC**, Indicadores-Chave 2009, 2010,

http://www.centralcervejas.pt/ficheiros/Apresentacao_Final_ONC_KPIs_2009.pdf, acedido em Agosto 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_Shahrokhi.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, acedido em Abril 2009.

UVA, António de Sousa e GRAÇA, Luis, **Glossário – Termos Técnicos de Saúde e Segurança do Trabalho**, Sociedade Portuguesa de Medicina do Trabalho, Edição online,

<http://ifactory.no-ip.org/spmtglossario/glossario.html>, acedido em Agosto 2009.

WIERMANN, Gustavo Garcia, **Riscos em Projetos: aprenda a conviver com eles**

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, acessado em Dezembro 2009.

ANEXOS

LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1 – ENQUADRAMENTO GERAL DA SOCIEDADE CENTRAL DE CERVEJAS E BEBIDAS

ANEXO 2 – MODELIZAÇÃO DO PROCESSO DE ENCHIMENTO

ANEXO 3 – MODELIZAÇÃO DE SEQUÊNCIAS ALTERNATIVAS NA OPERAÇÃO DE EMBALAMENTO

ANEXO 4 – POLÍTICA DE GESTÃO DA QUALIDADE, AMBIENTE, SAÚDE E SEGURANÇA DA SOCIEDADE CENTRAL DE CERVEJAS E BEBIDAS

ANEXO 1 – ENQUADRAMENTO GERAL DA SOCIEDADE CENTRAL DE CERVEJAS E BEBIDAS

A1 - 1. Dados gerais

A SCC produz e comercializa malte, cervejas, águas minerais naturais e de nascente e refrigerantes sendo que, desde Novembro de 2009, a produção de refrigerantes foi descontinuada.

Importa e distribui, ainda, algumas marcas de cerveja produzidas pelos seus accionistas (*Grupo Heineken*).

Na fábrica de Vialonga são produzidas diversas cervejas:

gama Sagres, que inclui desde cervejas sem álcool até cervejas especiais (Boémia), passando pelas cervejas brancas e pretas, disponíveis em garrafa, lata ou barril;

cerveja Imperial;

cerveja Cergal;

e anidrido carbónico como subproduto da fermentação.

O malte fabricado na malteria anexa é utilizado internamente na produção das cervejas sendo o excedente vendido como produto final.

Em 2009 a produção de Vialonga foi de 3 142 800 hl de cerveja, 32 830 t de malte e 17 390 hl de refrigerantes (até Novembro de 2009). Acessoriamente, houve uma produção de 6 972 t de CO₂, além de 36 462 t de *dreches* (subprodutos resultantes do descasque e da eliminação das radículas dos grãos de cevada germinada e dos sólidos obtidos na operação de clarificação por decantação dos mostos) utilizados em alimentação animal.

A produção de cerveja tem, nitidamente, características sazonais, o que é patente no gráfico da figura [A1-1] que, referindo-se ao ano de 2009, revela uma distribuição típica, já verificada nos anos anteriores.

Figura [A1-1] – Produção mensal de cervejas em hl (dados da Empresa, 2010)

Em termos de mercado, a SCC exporta 13% da sua produção (dados de 2009).

A produção nacional corresponde a cerca de 90% do total do mercado, ou seja, a importação é marginal.

O consumo de cervejas em Portugal é assegurado, maioritariamente, por duas marcas: a Sagres branca da SCC e a Super Bock fabricada pela Unicer-Bebidas de Portugal, SGPS, S. A. Neste panorama, a quota da SCC, em termos de produção, corresponde a cerca de metade deste mercado.

Sendo, especificamente, um produto de consumo com prazo de validade relativamente curto, a cerveja tem que ser produzida de acordo com as necessidades dos clientes (daí a sazonalidade do fabrico) e distribuída, através de uma rede complexa, flexível, estruturada e, essencialmente, rápida.

Essa distribuição é feita por entidades prestadoras de serviços, seleccionadas, formadas e apoiadas pela SCC que actuam a diversos níveis (ver figura [A1-2]).

Figura [A1-2] – Distribuição de cervejas

A fábrica de Vialonga empregava, em Setembro de 2010 (dados da Empresa), 655 trabalhadores dos quais 168 (25,6%) com vínculo de trabalho temporário, o que revela uma sazonalidade na mão-de-obra coincidente com a sazonalidade verificada na produção.

A unidade fabril labora em contínuo (em certos sectores) sendo que cerca de 38,2% do pessoal trabalha em horário de turnos.

Caracterizando a mão-de-obra,

- 28,2% são do género feminino e 71,8% do género masculino;
- A média etária é de 41,9 anos;
- A antiguidade média na Empresa é de 15,5 anos.

É norma da Empresa a formação contínua dos seus colaboradores, quer na vertente profissional quer, especificamente, na vertente da Segurança, Ambiente e Saúde.

Em 2009 realizaram-se 103 acções de formação (num total de 8440 h) das quais 13 acções (correspondentes a 2512 h) foram, especificamente, na área da Segurança e Saúde no Trabalho.

Nesta última área (SAS), é notório o esforço de sensibilização, concretizado por informações, cartazes, folhetos e acções específicas, esforço esse que se pode constatar nas fotografias das figuras [A1-3] e [A1-4].

Figura [A1-3] – Informação no local de trabalho

Figura [A1-4] – Acções de sensibilização para a SAS

A1 - 2. Consumos e política ambiental

Consumos

Os consumos indicados a seguir referem-se ao ano de 2009 e – com excepção da energia eléctrica, vapor e combustíveis – dizem apenas respeito ao fabrico de cervejas (dados fornecidos pela Empresa).

- Água: 1248550 m³ (consumo específico: 0,41 m³/hl de cerveja) dos quais 31,7% correspondem a captações próprias e os restantes são provenientes da rede municipal.
- Energia eléctrica: 40626462 kWh ou 11782 tep (consumo específico: 9,4 kWh/hl de cerveja).
- Vapor: 166239 t ou 11313 tep (consumo específico 37,2 kg/hl de cerveja).
- Combustíveis (gasóleo + gás natural): 300,41 tep.
- Matérias-primas principais:
 - Cevada: 56638,5 t;
 - *Gritz* de milho: 15807 t;
 - Lúpulo: 27,0 t.
- Materiais auxiliares:
 - HCl: 258400 kg;
 - H₃PO₄ (80/85%): 3469 kg;
 - H₂SO₄ (98%): 49134 kg;
 - NaOH (50%): 2329460 kg;
 - Terras de filtração: 470135 kg.

Resíduos

Referem-se, apenas, os dados relativos à ETAR da Fábrica de Vialonga.

Isto porque todos os resíduos sólidos são tratados e/ou reciclados, normalmente por entidades externas à SCC, sendo que o fabrico de cervejas é responsável, no essencial, pela produção de desperdícios de cartão e de vidro.

Assim, a ETAR recebeu, em 2009, 1009482 m³ de águas residuais das quais 929335 m³ foram devidamente tratados (92% de taxa de tratamento) o que equivale a uma produção específica de 0,32 m³/hl de cerveja.

A fábrica de Vialonga tem uma produção muito reduzida de efluentes gasosos. Os silos e os transportadores estão equipados com filtros de poeiras e os gases de queima de gás natural nas unidades de secagem e torrefacção de malte são lavados e filtrados antes de serem lançados na atmosfera.

Este perfil de consumo/produção de resíduos não apresenta riscos sistémicos significativos, seja pela perigosidade própria das matérias-primas ou dos materiais auxiliares, seja pelo tipo dos efluentes produzidos.

Há, no entanto, que realçar a utilização de ácidos e bases fortes e, muito particularmente, a instalação de arrefecimento de processo que utiliza, como fluido de arrefecimento, o amoníaco.

A1 - 3. Organização espacial (“*lay out*”)

O fabrico de cerveja é, do ponto de vista histórico, um processo muito antigo que, recorrendo naturalmente a tecnologias pontuais evoluídas, mantém uma base produtiva estável há bastante tempo.

É por isso que uma fábrica construída de raiz em 1968 está ainda hoje bem estruturada, com vias de circulação de produtos coerentes e um “*lay out*” geral adequado às funções produtivas.

Obviamente que a ocupação de uma área coberta tão significativa implica alguns problemas, em particular no que respeita ao transporte de produtos intermédios e à distribuição de fluidos auxiliares, nomeadamente água (quente, em particular), vapor e fluido de arrefecimento (NH₃). A figura [A1-5] mostra o esquema geral de implantação das instalações.

Figura [A1-5] – Implantação das principais unidades produtivas

A1 - 4. Organização temporal (sequência processual)

Dado que em Vialonga se produz o malte necessário ao fabrico da cerveja, considera-se que essa produção faz parte integrante do processo de fabrico em estudo. Entende-se, também, que devem ser incluídos e identificados os procedimentos e operações que, sendo essenciais ao processo, não fazem, no entanto, parte da cadeia directa de fabrico, nomeadamente armazenamentos (de matérias-primas, de produtos intermédios de produtos auxiliares e de produtos finais), transportes internos, produção de energia e disponibilização de resíduos (sólidos, líquidos e gasosos).

De uma forma muito simplificada, este processo, esquematizado nas figuras [A1-6], [A1-7] e [A1-8], desenvolve-se nas seguintes etapas:

• **Fabrico do malte:**

- Ensilagem da cevada;
- Limpeza e classificação do grão de cevada;
- Molha da cevada;
- Germinação controlada;
- Interrupção da germinação por secagem;
- Separação de resíduos (nomeadamente radículas);
- Torrefacção do malte;
- Ensilagem do malte.

Figura [A1-6] – Esquema do processo produtivo do malte

• **Fabrico de cerveja:**

- Ensilagem do *gritz* de milho;
- Moagem do *gritz* de milho;
- Moagem do malte;
- Brassagem – produção do mosto por sacarificação enzimática dos amidos do malte e do *gritz* de milho a temperaturas controladas;
- Filtragem;

- Fervura com adição de lúpulo (flor, extracto ou granulado);
- Clarificação por decantação e arrefecimento;
- Fermentação baixa (12°C a 14°C) com utilização de leveduras de estirpes controladas durante 7 dias; Nesta fase é produzido CO₂;
- Interrupção da fermentação por “golpe de frio” (4°C a 6°C) com recuperação das leveduras activas;
- Guarda em depósito, para estabilização e apuramento das características organolépticas, durante cerca de 15 dias;
- Filtragem da cerveja.

Figura [A1-7] – Esquema do processo produtivo da cerveja

- **Enchimento e embalamento:**

- Enchimento de cilindros de CO₂;
- Lavagem de garrafas (linhas de tara recuperável);
- 3 linhas de enchimento de garrafas (tara recuperável);
 - Linha 2 (0,20l);
 - Linha 3 (0,20l e 0,33l);
 - Linha 5 (0,33l);
- Despaletização de vasilhame (linhas de tara perdida);
- 2 linhas de enchimento de garrafas (tara perdida);
 - Linha 1 (0,25l e 0,33l);
 - Linha 6 (0,20l, 0,25l e 0,33l);
- 1 linha de enchimento de garrafas (mista);
 - Linha R (1,00l e 0,25l tara perdida, e 0,33l tara recuperável);
- 1 linha de enchimento de latas;
 - Linha 4 (0,25l, 0,33l e 0,50l);
- Pasteurização da cerveja engarrafada e enlatada;
- Lavagem e esterilização de barris;
- 1 linha de enchimento de barris;
 - Linha BC (20,0l, 30,0l e 50,0l);
- Embalamento em grades, caixas de cartão e “*n-packs*”, com ou sem tabuleiro e com ou sem envolvimento em filme retáctil;
- Paletização;
- Envolvimento em filme estirável;
- Transporte.

Figura [A1-8] – Esquema do processo de enchimento – Linha 1

- **Armazenamento e preparação para expedição/distribuição:**
 - Armazenamento de grades, paletes, barris e cilindros de CO₂;
 - Carregamento nas viaturas de transporte e distribuição.
- **Sistemas de apoio à produção:**
 - Postos de transformação e distribuição de energia eléctrica;
 - Produção e distribuição de ar comprimido;
 - Central de cogeração (vapor/electricidade) gerida por uma subsidiária: Powercer – Sociedade de Cogeração de Vialonga, S.A. e distribuição de vapor e de água quente;
 - Central de frio e distribuição de fluido de arrefecimento (NH₃).

- **Armazenamentos intermediários**, nomeadamente,
 - silos de malte, “gritZ” de milho, levedura;
 - tanques de mosto, cervejas, produtos auxiliares;
 - depósitos de CO₂, gases industriais, combustíveis;
 - armazéns de embalagens, cartão, filme, nomeadamente armazéns de gestão automatizada.
- **Transportadores** de matérias-primas, produtos intermédios, produtos auxiliares e produtos finais, por exemplo,
 - noras;
 - transportadores pneumáticos;
 - transportadores de parafuso;
 - telas;
 - transportadores de banda metálica;
 - transportadores de correntes;
 - transportadores de rolos;
 - transportadores de rodado, específicos (transportadores de bobinas de filme, por exemplo);
 - empilhadores e tractores.

ANEXO 2 – MODELIZAÇÃO DO PROCESSO DE ENCHIMENTO

Figura [A2-1] – “Lay out” da Linha 1

Operação		Decisão	
A	Armazenamento de cerveja	a	Início da trasfega
B	Alimentação à linha de enchimento	b	Decisão da linha a utilizar

Figura [A2-2] – Modelo – Selecção da linha de enchimento

Operação		Decisão	
C	Abastecimento com paletes de vasilhame	c	Início da despaletização
D	Despaletização	d	Controlo do transporte de garrafas vazias
E	Transporte de garrafas vazias	e	Passagem ao enxaguamento
E.1	Alimentação de água	e.1	Controlo
F	Enxaguamento	f	Controlo do transporte de garrafas enxaguadas

Figura [A2-3] – Modelo – Despaletização e preparação das garrafas

Operação		Decisão	
F	Enxaguamento	f	Controlo do transporte de garrafas enxaguadas
G	Enchimento	g	Passagem ao encapsulamento
H	Encapsulamento	h	Controlo do transporte de garrafas cheias
G.1	Alimentação de CO ₂	g.1	Controlo
G.2	Alimentação de cerveja	g.2	Controlo
H.1	Alimentação de cápsulas	h.1	Controlo

Figura [A2-4] – Modelo – Enchimento

Operação		Decisão	
H	Encapsulamento	h	Controlo do transporte de garrafas cheias
I	Inspeção do enchimento	i	Verificação da conformidade
V.1	Conforme	v.1	Controlo do transporte de garrafas conformes
X.1	Não conforme	x.1	Rejeição de garrafas não conformes

Figura [A2-5] – Modelo – Inspeção do enchimento

Operação		Decisão	
V.1	Conforme	v.1	Controlo do transporte de garrafas conformes
J	Pasteurização (em túnel)	j	Controlo do transporte de garrafas pasteurizadas
J.1	Abastecimento de vapor	j.1	Controlo

Figura [A2-6] – Modelo – Pasteurização

Operação		Decisão	
J	Pasteurização (em túnel)	j	Controlo do transporte de garrafas pasteurizadas
K	Rotulagem	k	Passagem à marcação de garrafas
K.1	Alimentação de rótulos/cola	k.1	Controlo
L	Marcação de garrafas	l	Controlo do transporte de garrafas rotuladas e marcadas
M	Inspecção do rótulo	m	Verificação da conformidade
V.2	Conforme	v.2	Controlo do transporte de garrafas conformes
X.2	Não conforme	x.2	Reciclagem de garrafas sem rótulo

Figura [A2-7] – Modelo – Rotulagem e inspeção do rótulo

Operação		Decisão	
V.2	Conforme	v.2	Controlo do transporte de garrafas conformes
N	Formação de 4 filas	n	Passagem ao agrupamento
O	Separação longitudinal (4 filas)	o	Controlo do posicionamento
P	Separação transversal (6 garrafas x 4 filas)	p	Controlo do posicionamento e número de garrafas
Q	Formação da caixa	q	Controlo
Q.1	Transporte de cartão	q.1	Verificação de quantidades
Q.2	Alimentação de cartão	q.2	Controlo
R	Colagem da caixa	r	Controlo
R.1	Abastecimento de cola	r.1	Verificação de quantidades
R.2	Alimentação de cola	r.2	Controlo

Figura [A2-8] – Modelo – Embalamento

Operação		Decisão	
R	Colagem da caixa	r	Controlo
S	Marcação das caixas	s	Definição da marca
S.1	Alimentação de tinta	s.1	Controlo
T	Separação (2 linhas)	t	Controlo do transporte de caixas marcadas
U	Paletização (paletizadora 1)	u	Controlo
W	Paletização (paletizadora 2)	w	Controlo
Y	Envolvimento em filme estirável	y	Controlo

Figura [A2-9] – Modelo – Marcação de caixas e paletização

ANEXO 3 – MODELIZAÇÃO DE SEQUÊNCIAS ALTERNATIVAS NA OPERAÇÃO DE EMBALAMENTO

Os grafos das sequências alternativas relativos aos pontos de controlo identificados anteriormente na tabela [29] do ponto 10.4.1.3., excluindo, naturalmente, as seguranças nas portas (porta aberta) e os sistemas de sincronização de fluxos, apresentam-se nas figuras seguintes.

Operação		Decisão	
N	Formação de 4 filas	n	Passagem ao agrupamento
O	Separação longitudinal (4 filas)	o	Controlo do posicionamento
(A_e^q)₁	Detecção de garrafa tombada ou partida		
P	Separação transversal (6 x 4)	p	Controlo do número de garrafas
O'	Paragem do transporte a montante	o'	Intervenção do operador
O''	Reposição das condições normais	o''	Arranque do transporte

Figura [A3-1] – Anomalia A_e^q – garrafa tombada ou partida

Operação		Decisão	
O	Separação longitudinal (4 filas)	o	Controlo do posicionamento
P	Separação transversal (6 x 4)	p	Controlo do número de garrafas
(A_e^q)₂	<i>Deteção de um número de garrafas anormal</i>		
Q	Formação da caixa	q	Controlo
P'	Paragem do transporte a montante	p'	Intervenção do operador
P''	Reposição das condições normais	p''	Arranque do transporte

Figura [A3-2] – Anomalia A_e^q – número errado de garrafas no agrupamento

Operação		Decisão	
Q.1	Transporte de cartão	q.1	Verificação de quantidades
(A_e^q)₃	<i>Falta de cartão</i>		
Q.2	Alimentação de cartão	q.2	Controlo
Q.1'	Reabastecimento de cartão	q.1'	Intervenção do operador
Q.1''	Reposição das condições normais	q.1''	Arranque da máquina

Figura [A3-3] – Anomalia A_e^q – falta de cartão

Operação		Decisão	
Q.2	Alimentação de cartão	q.2	Controlo
(A _e ^q) ₄	Caixa planificada danificada		
Q	Formação da caixa	q	Controlo
Q.2'	Retirada da caixa danificada	q.2'	Intervenção do operador
Q.2''	Reposição das condições normais	q.2''	Arranque da máquina

 Figura [A3-4] – Anomalia A_e^q – cartão danificado

Operação		Decisão	
Q	Formação da caixa	q	Controlo
R	Colagem da caixa	r	Controlo
(A _e ^q) ₅	Falha na formação/colagem da caixa		
Q'	Paragem da máquina	q'	Intervenção do operador
R'	Reposição das condições normais	r'	Arranque da máquina

 Figura [A3-5] – Anomalia A_e^q – defeito na formação/colagem

Operação		Decisão	
R.1	Abastecimento de cola	r.1	Verificação de quantidades
(A _e ^q) ₆	Falta de cola		
R.2	Alimentação de cola	r.2	Controlo
R.1'	Reabastecimento de cola	r.1'	Intervenção do operador
R.1''	Reposição das condições normais	r.1''	Arranque da máquina

Figura [A3-6] – Anomalia A_e^q – falta de cola

ANEXO 4 – POLÍTICA DE GESTÃO DA QUALIDADE, AMBIENTE, SAÚDE E SEGURANÇA DA SOCIEDADE CENTRAL DE CERVEJAS E BEBIDAS

A **SCC**, como ficou dito anteriormente, assume uma política de Gestão na qual as vertentes **Qualidade, Ambiente, Saúde e Segurança** são essenciais.

Essa política é expressa no documento que a seguir se apresenta (figura [A4-1]) cujo texto faz parte integrante do Manual de Gestão da Empresa.

A SCC - Sociedade Central de Cervejas e Bebidas, SA é uma Empresa à qual estão associados produtos de elevado prestígio nacional e internacional, alta tecnologia, "Know how" na produção e comercialização de bebidas e uma dinâmica empresarial de desenvolvimento e permanente satisfação de todas as partes interessadas.

Com uma visão estratégica integrada e consciente das suas responsabilidades em matéria da Qualidade, Ambiente, Saúde e Segurança, a SCC está empenhada numa abordagem pró-activa e responsável, centrando-se em onze compromissos essenciais, que são neste documento formalmente assumidos pela Gestão de Topo:

- ✓ Ultrapassar as expectativas do **cliente/consumidor**, quanto à qualidade dos produtos e dos serviços associados, em parceria com fornecedores e distribuidores e estabelecer diálogo activo com os nossos colaboradores, clientes, sociedade envolvente e restantes partes interessadas;
- ✓ Promover **programas de formação e treino** para os colaboradores e prestadores de serviços, como meio de conhecimento das suas responsabilidades individuais no compromisso de evitar que as nossas actividades causem dano às pessoas e/ou ao ambiente e assegurar que os sistemas de gestão respectivos, promovam e garantam a prevenção de riscos para a saúde, segurança e ambiente;
- ✓ Promover o desenvolvimento dos **processos**, exigindo cada vez maior produtividade e rentabilidade de forma a alcançar a maximização dos resultados da Empresa;
- ✓ Cumprir os **requisitos legais** aplicáveis e outros requisitos que possa subscrever, incluindo os relativos ao cliente e à higiene e segurança alimentar;
- ✓ Minimizar os impactes ambientais que resultem, directa ou indirectamente, das suas actividades, produtos e serviços, privilegiando medidas de **prevenção da poluição e da ocorrência de incidentes e acidentes graves**;
- ✓ Assegurar a **utilização eficiente dos recursos** energéticos, da água e restantes matérias primas, minimizando os desperdícios e a produção de resíduos e garantindo a sua correcta eliminação, incorporando sempre que possível tecnologias de produção mais limpas;
- ✓ Assegurar a **minimização do volume e carga do efluente líquido**, e a descarga controlada das águas residuais provenientes das várias áreas operacionais;
- ✓ **Melhorar continuamente** o desempenho do sistema, através de revisões periódicas, comunicar os progressos e informar os resultados, consultar pessoas interna ou externamente para melhorar o nosso conhecimento, definir e controlar objectivos e metas, utilizar as melhores tecnologias disponíveis economicamente viáveis e adequadas práticas de gestão;
- ✓ Assegurar que os princípios de base patentes nesta política sejam do **conhecimento** de todas as pessoas, que trabalham para a Empresa ou em seu nome, e estejam subjacentes nas suas tarefas diárias;
- ✓ Garantir que a política seja **facultada** sempre que solicitada, ao exterior, às partes interessadas, entidades oficiais, clientes, fornecedores, organismos não governamentais e público em geral;
- ✓ Garantir que através da **consulta interna e envolvimento dos colaboradores e seus representantes**, todos se empenham nesta política, no entendimento das suas responsabilidades.

Os nossos directores, gestores, restantes colaboradores e prestadores de serviços têm a responsabilidade de trabalhar com qualidade e garantir que quaisquer riscos resultantes das nossas actividades, ou presentes no nosso ambiente de trabalho, sejam eliminados ou eficazmente controlados, reconhecendo que nenhuma actividade é tão importante que não possa ser feita com segurança.

Presidente da Comissão Executiva

Alberto da Ponte

Figura [A4-1] – Política de Gestão da Qualidade, Ambiente, Saúde e Segurança da SCC