instituto politécnico de gestão e tecnologia

CESQUA
Cadernos de Engenharia de Segurança, Qualidade e Ambiente

# Avaliação de riscos biológicos e implementação do plano de ação em laboratórios BSL3

Flávio Neto, Sandra Gomes Pereira, Hernâni Veloso Neto

*ISLA Gaia - Instituto Politécnico de Gestão e Tecnologia, Vila Nova de Gaia, Portugal email: flaviojcf68@gmail.com, sandra.pereira@islagaia.pt, hernani.neto@islagaia.pt*

**Resumo:** A avaliação dos riscos de exposição a agentes biológicos é uma ferramenta essencial que permite desencadear e desenvolver as medidas de proteção adequadas e que são determinados pelas características dos agentes envolvidos na atividade e pela adequação das instalações, equipamentos e práticas de trabalho. O presente estudo teve como principal objetivo efetuar uma avaliação e gestão dos riscos biológicos em compartimentos *Biosafety Level* 3 (BSL3), bem como uma valoração e hierarquização dos riscos nas atividades desenvolvidas neste laboratório. O método selecionado foi o MARAT (método de avaliação de riscos e acidentes de trabalho) e o agente biológico foi o *Mycobacterium tuberculosis* (Mtb), a bactéria responsável pela tuberculose humana. Este estudo de avaliação e ponderação dos riscos biológicos e implementação de plano de ação em BSL3 contribui, assim, para o desenvolvimento da gestão de riscos e garante a segurança e a saúde dos trabalhadores expostos nestes laboratórios.

**Palavras-chave:** Agentes biológicos, laboratório BSL3, tuberculose, avaliação de risco, MARAT.

## Biological risk assessment and development of an action plan in laboratories BSL3

**Abstract:** The risk assessment of exposure to biological agents is an essential tool to trigger and develop appropriate protective measures, which are determined by the characteristics of the agents involved in the activity and by the adequacy of the facilities, equipment and work practices. The main purpose of this work is to evaluate and manage biological risks in BSL3 facilities, as well the risk assessment and categorization in the activities developed in this laboratory. The method selected was the MARAT (method of risk assessment and work accidents) and the biological agent was *Mycobacterium tuberculosis*, the bacterium responsible for human tuberculosis. This evaluation and assessment study of biological risks and the development of an action plan in BSL3 contributes to the development of risk management and guarantees the safety and health of the workers exposed in these laboratories.

**Keywords:** Biological agents, BSL3 laboratory, tuberculosis, risk assessment, MARAT.

## 1. Introdução

A análise do risco biológico adota um papel crucial no âmbito da prevenção dos riscos profissionais. No entanto, devido à escassez de informações/publicações relativas à avaliação de risco biológico, existem limitações que levantam questões acerca da sua fiabilidade. Existem vários métodos de avaliação de riscos de natureza quantitativa, semi-quantitativa e qualitativa. Neste estudo, pretende-se realizar avaliação de risco biológico recorrendo a um método semi-quantitativo, tendo por base dados de uma instalação do tipo BSL3, bem como os procedimentos que incluem a manipulação do agente da tuberculose face ao tipo de trabalho realizado por investigadores e o perigo associado às suas atividades.

O estudo tem por base os seguintes objetivos específicos:

- Analisar e descrever as atividades e espaços a avaliar em termos de incidência de riscos profissionais de natureza biológica
- Identificar fatores de risco (ou perigos) presentes nas atividades do laboratório BSL3.
- Avaliação de riscos e danos associados às atividades (estimação do risco)
- Especificar e hierarquização dos riscos das atividades (valoração dos riscos)
- Decisão sobre a aceitabilidade dos riscos (resultado da valoração dos riscos)
- Definir de plano de ação com medidas de biossegurança nas atividades e instalações avaliadas.

O agente biológico avaliado foi o *Mycobacterium tuberculosis*, a bactéria responsável pela tuberculose humana. A tuberculose pulmonar é uma doença que afeta os pulmões e os sintomas incluem fadiga, febre, sudorese (especialmente à noite), expetoração (acompanhada, por vezes, com sangue) e dor torácica. A infeção pode progredir e afetar para outros órgãos, o sistema nervoso central, sistema linfático, sistema circulatório, sistema geniturinário, o sistema gastrointestinal, ossos, articulações e pele, sendo nestes casos designada de tuberculose extrapulmonar. Face as estas potenciais consequências, torna-se necessário determinar níveis de exposição e implementar medidas de controlo do risco.

A avaliação dos riscos requer uma análise cuidadosa. Por um lado, não se pode subestimar os riscos, já que poderá expor o pessoal de laboratório a riscos biológicos, mas, por outro lado, medidas de segurança mais rigorosas do que as realmente necessárias podem restringir a produtividade, resultar numa sobrecarga desnecessária para os trabalhadores, assim como criar custos mais elevados para conceber e manter a infraestrutura laboratorial. A avaliação de riscos deve considerar a carga bacteriana dos materiais (como amostras e culturas), a viabilidade dos bacilos, a possibilidade de o material manipulado ser propenso a gerar aerossóis durante a atividade que está a ser avaliada, o volume de trabalho do laboratório, a epidemiologia da doença e as condições de saúde do pessoal de laboratório. As avaliações devem também considerar outros fatores que possam influenciar a probabilidade ou a consequência da exposição ao agente da tuberculose.

O método selecionado para realizar a avaliação do risco foi o método de MARAT - Método de avaliação de riscos e acidentes de trabalho. Mas antes de se ter realizado esta avaliação, muitos outros procedimentos foram efetuados. De uma forma sintética, pode-se referir que o projeto desenvolvido que sustentou a elaboração do presente artigo contou com as seguintes principais etapas:

1. Recolha de informação sobre os métodos de avaliação de risco;
2. Seleção do método para apreciação do risco biológico;
3. Identificação dos agentes biológicos manipulados, presentes nas atividades de risco;
4. Caracterização dos agentes biológicos, no que respeita ao grupo de risco, efeitos adversos para a saúde e vias de inoculação;

5. Elaboração da matriz interativa;
6. Caracterização da situação de trabalho, recorrendo ao *Standard Operating Procedure* (SOP)
7. Recolha de dados;
8. Aplicação do método de avaliação;
9. Valoração dos riscos e definição dos níveis de intervenção/aceitabilidade do risco;
10. Elaboração de plano de ação.

Ao longo do artigo serão partilhados dados e resultados obtidos com as atividades realizadas. No ponto seguinte será efetuada uma breve caracterização do que são agentes biológicos e os diferentes níveis de biossegurança que lhes devem estar associados. No ponto três, será analisado como pode ser efetuada a gestão do risco ocupacional em casos de exposição a agentes biológicos, tendo em conta, nomeadamente, as exigências legais neste domínio. No ponto quatro, será explicada a abordagem metodológica utilizada, para no ponto cinco se apresentar e analisar o mapa de riscos elaborado decorrente dos procedimentos realizados. No ponto seis, efetua-se uma discussão sumária dos principais resultados obtidos em conjugação como o plano de medidas preventivas, para depois se terminar com algumas notas a título de conclusão.

## 2. Agentes biológicos e níveis de biossegurança

A Microbiologia (ramo da biologia que estuda os microrganismos) abrange um diverso grupo de seres vivos microscópicos, entre eles, bactérias, fungos, protozoários, bem como vírus e priões. Entre a diversidade de microrganismos descritos, alguns são microrganismos capazes de provocarem doença patogénicas, no entanto, este número é reduzido face ao número total de microrganismos existentes (Tabela 1). A patogenicidade pode ser traduzida como a capacidade dos microrganismos induzirem doença no seu hospedeiro (o ser humano) e que pode ser manifestada em várias formas, desde reações alérgicas atém mesmo à morte. Esta patogenicidade difere de espécie para espécie. A principal característica do agente perigoso é a capacidade de infetar e causar doença como a disponibilidade de medidas eficazes de prevenção e meios de profilaxia e terapêuticas (CDC, 2009).

**Tabela 1 - Classificação dos agentes biológicos**

| Classificação dos agentes biológicos | |
|---|---|
| **Grupo 1** | Improvável de causar doenças no ser humano; |
| **Grupo 2** | Pode causar doenças nos seres humanos e pode ser perigoso para os funcionários; É improvável que se espalhe para a comunidade e geralmente há meios de profilaxia ou tratamento disponíveis; |
| **Grupo 3** | Pode causar doença humana grave e pode ser um perigo para os trabalhadores; Pode-se espalhar para a comunidade, mas geralmente há meios de profilaxia ou tratamento eficazes disponíveis; |
| **Grupo 4** | Causa doenças graves e consiste grande risco para a população, não há meios de profilaxia ou tratamento eficazes. |

A ação dos agentes biológicos no organismo é determinada por dois aspetos fundamentais: Características específicas dos microrganismos; Mecanismo de defesa do hospedeiro contra os agentes patogénicos. Do ponto de vista da segurança e saúde do trabalho (SST), os agentes biológicos são definidos como: microrganismos, incluindo os geneticamente modificados (MGM);

as culturas celulares e os endoparasitas humanos passíveis de provocar infeções, alergias ou intoxicações, de acordo com o D.L nº 84/97, de 16 de abril. Nesta definição, incluem-se parasitas, vírus, bactérias e fungos patogénicos e que são listados nas espécies e estirpes classificadas de acordo com a sua categoria de risco na portaria 1036/98.

O anexo I do decreto-lei n.º 84/97 de 16 de abril apresenta a lista indicativa de atividades, entre os quais se encontram atividades que apresentam a manipulação dos agentes biológicos direta ou indiretamente.

### 2.1. Vias de exposição e laboratório de contenção nível 3 (BSL3)

Na libertação de um determinado agente biológico para o ar ambiente, a natureza e o grau de perigosidade é influenciada por fatores que afetam desde o tipo de agente, à quantidade que é libertada e à forma como o agente biológico é propagado. A circulação e a sua disseminação na atmosfera, o estado de proteção e a suscetibilidade do organismo das pessoas expostas também contribuem para o grau de perigosidade. Estes são fatores que influenciam a toxicidade, infecciosidade e a virulência, quer durante ou depois da sua propagação (OMS, 2004).

A exposição e subsequente infeção de um indivíduo por um determinado agente biológico, pode acontecer por várias vias de transmissão, tais como: Respiratória; parenteral; dérmica; oral e ocular. A via respiratória - através da inalação, constitui a principal via de entrada dos agentes biológicos, que seja na forma de bioaerossóis ou gotículas, variando a sua localização no trato respiratório de acordo com o seu tamanho. Os agentes infeciosos podem ser propagados através de partículas inaláveis pela dispersão de pó, *sprays* mesmo geradores de partículas concebidos para produzirem partículas na fração inalável (OMS, 2004).

As consequências da exposição aos agentes biológicos e o desencadeamento de doença refletem complexidade nas suas interações (OMS, 2004). Os agentes biológicos são comumente classificados de acordo com a sua taxonomia, a taxa mais importante são os fungos, bactérias e vírus. Tal classificação é importante devido às suas implicações para a deteção, identificação, profilaxia e tratamento biológico (OMS, 2004). São também organizados de acordo com propriedades que determinam a sua utilidade para fins hostis, tais como facilidade de produção ou resistência às medidas de profilaxia e terapias. Geralmente os agentes biológicos podem ser qualificados por essas outras características como a infecciosidade, a virulência, período de incubação, a mortalidade, contagiosidade e mecanismos de transmissão e a estabilidade, às quais influenciam o seu potencial.

### 2.2. Procedimentos de trabalho com o agente da tuberculose

Atualmente, o Mtb existe em diversos países, provocando uma doença grave que tem como órgão alvo principalmente os pulmões, mas também pode afetar outras partes do corpo humano tais como: o cérebro, os nódulos linfáticos e os ossos. Contudo as estirpes de Mtb multirresistentes aos antibióticos tendem a aumentar o que dificulta o seu tratamento de forma eficaz.

A Mtb é um patogénico do ar e costuma ser transmitida de pessoa para pessoa através do ar circundante, principalmente quando, por exemplo, pessoas infetadas com este microrganismo tossem ou espirram. Num ambiente laboratorial, a geração mecânica de aerossóis também pode levar à liberação de partículas que podem causar infeção se inalado. A maioria das pessoas expostas a *Mycobacterium tuberculosis* não desenvolve doença de TB. Em alguns casos, o sistema imunológico da pessoa é capaz de matar o Mtb. Quando isso não acontece, as bactérias podem permanecer vivas, mas inativas no corpo, e isso é chamado de infeção por TB. Os sintomas da tuberculose nos pulmões podem incluir uma tosse grave que dura mais de duas semanas, dor no

peito, tosse sangue ou fleuma, fraqueza ou sensação muito cansada, perda de peso, falta de apetite, calafrios, febre e suores noturnos.

Um teste cutâneo PPD pode determinar se você tem infeção por TB. Se você fizer isso, é importante proteger seu sistema imunológico de ficar fraco. O tratamento da infeção por TB com antibióticos ajudará seu sistema imunológico a combater a bactéria da TB e prevenir o desenvolvimento da doença da tuberculose.

A vacina BCG ainda é administrada a muitas crianças em todo o mundo, apesar da eficácia duvidosa para prevenir a TB em adultos. A vacinação com BCG leva a reatividade contra PPD e, portanto, pode levar a testes cutâneos falsos positivos. As pessoas que se sabe serem vacinadas com BCG não devem fazer exame da pele e devem receber uma radiografia de tórax para excluir a doença ativa. Na Tabela 2 encontrar-se-á diversos fatores que são considerados quando é efetuado uma avaliação de riscos processual, que determinam as precauções necessárias no BSL3.

**Tabela 2 - Fatores a considerar quando se efetua uma avaliação de riscos processual, para determinar as precauções necessárias nos laboratórios que recebem amostras para testes de TB**

| Fatores relevantes em todos os laboratórios com a utilização de Mtb | Considerações |
|---|---|
| Patogenicidade | A TB não tratada tem uma taxa de mortalidade de 30–50%; cerca de 30% das pessoas com exposição prolongada a um caso infecioso de TB contraem a infeção; 5–10% das pessoas infetadas desenvolvem TB |
| Via de transmissão primária | Inalação de gotículas nucleadas infeciosas |
| Via de transmissão secundária | Ingestão, inoculação direta |
| Estabilidade | Bacilo da tuberculose pode permanecer viável no ambiente por longos períodos de tempo |
| Dose infeciosa | Estimada em 10 bacilos por inalação em humanos; em estudos com animais, as doses infeciosas vão de 1 organismo a 1000 organismos, conforme a sensibilidade das espécies |
| Suscetibilidade individual (imunocompetente) | 5–10% das pessoas imunocompetentes infetadas desenvolvem TB durante toda a vida |
| Suscetibilidade individual (imunocomprometida) | 5–10% das pessoas imunodeprimidos infetadas desenvolvem TB por ano |
| Risco de TB em locais de alta incidência | Alto |
| Vacinação disponível | Sim, BCG (com limitações na eficácia) |
| Tratamento eficaz para estirpes suscetíveis a diferentes medicamentos | Sim |
| Tratamento eficaz para estirpe MR | Sim, mas mais difícil de tratar do que estirpes suscetíveis |
| Tratamento eficaz para estirpes UR | Poucas opções de tratamento |

*Fonte: Adaptado do Manual de biossegurança TB, OMS, 2013.*

## 3. Gestão do risco ocupacional

A segurança e saúde ocupacional juntamente com a legislação aplicável além de constituir uma obrigação legal e social, articula com questões ligadas como a prevenção de lesões/acidentes e doenças profissionais resultantes do trabalho e que compreendem situações de promoção das condições e ambiente de trabalho seguro e saudáveis, constituindo assim um elemento fundamental para o êxito das empresas (OIT, 2011).

A necessidade de prevenir os riscos profissionais associados ao manuseamento de equipamentos perigosos, à exposição a agentes infeciosos, a fatores de natureza física, entre outros,

é a razão determinante para que sejam desenvolvidos todos os esforços com vista a garantir ambientes mais seguros nos postos de trabalho e assegurar que o trabalho possa ser desenvolvido em condições mais saudáveis e mais seguras (DGS, 2013). A prevenção de riscos assente numa adequada e permanente avaliação do risco nos locais de trabalho é a atividade central dos serviços de SST. A vigilância da saúde dos trabalhadores visa não só identificar o estado de saúde do trabalhador, mas também relaciona-lo com os fatores de risco a que está exposto, tendo em perspetiva um completo apuramento do risco profissional real.

O Decreto-Lei n.º 84/97, de 16 de abril, determina prescrições mínimas de proteção da segurança e da saúde dos trabalhadores contra os riscos biológicos profissionais. As empresas/instituições onde a atividade envolve risco biológico devem organizar serviços de saúde e segurança do trabalho, tal como qualquer outra atividade profissional. No entanto, sempre que num dado estabelecimento existam 30 ou mais trabalhadores expostos a agentes biológicos do grupo 3 ou 4, é obrigatório a organização de serviços internos de saúde do trabalho (DGS, 2006).

Para além da gestão do risco, é obrigação das empresas efetuarem a notificação da atividade inicial ou outra que envolva agentes biológicos dos níveis 2,3 e 4, de acordo com o artigo 5.º do DL n.º 84/97, seguindo as instruções do número II e anexo dessa informação. É dever da entidade patronal notificar a Direção-Geral da Saúde (DGS) e a Autoridade para as Condições de Trabalho (ACT) (Portaria n.º 1036/98, de 15 de dezembro), através do modelo anexo disponível nesse documento e no micro site da Saúde Ocupacional da página da DGS.

A entidade patronal também deve informar a DGS de qualquer acidente ou incidente que possa ter incitado a propagação de um agente biológico suscetível de causar infeção ou outra doença grave no ser humano. Os protocolos de vigilância de saúde, não só devem incluir os riscos biológicos, como também devem englobar a totalidade dos riscos profissionais a que os trabalhadores estão sujeitos.

Esta notificação deve conter para além dos elementos identificativos da empresa ou estabelecimento, o nome, a habilitação e a qualificação do responsável pelo serviço de saúde e segurança no local de trabalho e, se for alguém diferente, do médico de trabalho. Da mesma forma, deve ser comunicado a identificação e classificação do agente biológico, a avaliação do risco profissional e as medidas preventivas e de proteção previstas (DGS, 2013).

Os agentes biológicos são classificados pela diretiva 2000/54/CE transposta para direito interno, em quatro grupos de risco, conforme o nível de risco infecioso que deles origina e as possibilidades de prevenção e tratamento. A sua classificação é baseada nos efeitos que produzem e as medidas disponíveis para o combater, ou seja, tratamento e meios de profilaxia.

O risco de exposição a agentes biológicos pode existir numa variedade de atividades com um elevado número de trabalhadores. Esta exposição pode ser deliberada, como o exemplo das atividades desenvolvias na indústria farmacêutica, nomeadamente nos laboratórios de microbiologia e de investigação, ou pode ocorrer em atividades com exposição inerente ao processo produtivo, classificada como exposição não intencional (OSHA, 2003; HSA, 2014).

### 3.1. Identificação dos perigos

A identificação dos perigos e avaliação dos riscos do local de trabalho deve ser realizada tendo em conta:

- O envolvimento dos trabalhadores, para que a perceção dos perigos e efeitos adversos seja proativa;
- Examinar todos os aspetos do trabalho, através da observação, as atividades de rotina e as esporádicas.

- Recolha da informação de forma completa e concisa dos locais de trabalho, para que possa ser identificado as situações com maior risco, o tempo dedicado às tarefas, o número de trabalhadores que estão expostos, as características desses trabalhadores, as equipas de trabalho entre outras informações.

No que refere à avaliação da exposição dos trabalhadores ao risco biológico, a identificação dos perigos, consiste na identificação das espécies dos agentes biológicos às quais os trabalhadores se encontram expostos. Quando a atividade laboral pertence ao grupo em que existe intenção deliberada de manipular os agentes biológicos, a identificação de perigos pela exposição a estes agentes é imediata. Nestes casos, isso acontece porque há um conhecimento dos agentes biológicos a serem utilizados no processo. Para além disso, tendo em conta o tipo e as características da atividade laboral, podem ainda existir processos que ocorrem sem a intenção deliberada de utilização destes agentes ou em que se suspeita a possibilidade de existir o risco de exposição a estes.

A sua identificação pode ser sustentada com técnicas de amostragem ou tendo como base as características dos agentes que podem constituir risco, face às suas características de desenvolvimento e exposição. Citados por Guimarães (2016), em situações em que se desconhece a natureza dos agentes biológicos, há indicadores globais como indicadores de grupo, específicos e individuais que, de forma geral, permitem evidenciar essa exposição. Uma vez identificados os perigos, procede-se à respetiva avaliação de riscos em função dos critérios definidos, segundo os conhecimentos técnicos existentes (Guimarães, 2016).

### 3.2. Análise do risco

Este processo consiste em compreender a natureza e especificidades da exposição ao risco. A sua estimativa reflete a frequência de um evento não desejado para a saúde e fornece orientação para o resultado da avaliação do risco e as decisões sobre o tratamento do mesmo. Nesta etapa, é realizada tendo em conta a informação sobre a natureza dos agentes biológicos, recomendações existentes, informação sobre doenças, potenciais efeitos alérgicos, tóxicos e conhecimento das características dos trabalhadores envolvidos.

A sua análise pode ser realizada com graus de detalhe variável, o que mediante o risco, irá depender da finalidade da análise, da informação e dos dados e recursos disponíveis. A análise pode ser qualitativa, semi-quantitativa ou quantitativa, ou uma combinação destas.

A probabilidade de ocorrência do dano está diretamente relacionada com a possibilidade de exposição aos agentes biológicos e, por sua vez, condicionada pela presença desses mesmos agentes no meio laboral. A aplicação de medidas de controlo reduz a probabilidade de ocorrência do dano. A gravidade do dano, está relacionada com o grupo de risco em que o agente biológico esta classificado, de acordo com a portaria n.º1036/98 de 15 de dezembro. O resultado da análise é traduzido num risco potencial que necessita de ser avaliado com base em critérios predefinidos (Guimarães, 2016).

### 3.3. Avaliação do risco

Esta fase tem como objetivo apoiar a tomada de decisões, tendo por base os resultados da análise do risco, sobre quais os riscos que requerem ser tratados e a prioridade na implementação do tratamento. A valoração é feita através da comparação do nível do risco identificado no processo em análise com os critérios do risco e que refletem a possibilidade da necessidade de tratamento.

A avaliação dos riscos biológicos encontrados em cada posto de trabalho é realizada a partir da estimativa do potencial de dano e por outro lado a probabilidade do dano se materializar (ISO

31000:2009). A combinação entre as características do posto de trabalho, as características do trabalhador e características dos agentes biológicos compõem a pirâmide com as informações fulcrais para uma avaliação de risco completa (Guimarães, 2016).

### 3.4. Enquadramento legal

A avaliação de riscos constitui a base da abordagem comunitária para prevenir acidentes e doenças profissionais, contribuindo para que os empregadores tomem as medidas essenciais para proteger a segurança e a saúde dos trabalhadores. A Lei n.º 102/2009, de 10 de setembro, alterada pela Lei n.º 3 de 2014, de 28 de janeiro, considera o Regime Jurídico da Promoção da Segurança e da Saúde no Trabalho, indicando no seu artigo 73.ºB, alínea b), que a "realização da avaliação de riscos como atividade da segurança no trabalho". A presente lei é transversal a todos os setores de atividade e nesse âmbito, as empresas às quais as atividades envolvem exposição ao risco biológico, devem organizar os serviços de Segurança e Saúde do Trabalho, tal como qualquer outra atividade profissional. No que respeita aos agentes biológicos está em vigor o decreto-lei n.º 84/1997 de 16 de abril que estabelece "(...) as prescrições mínimas de proteção da segurança e saúde dos trabalhadores contra os riscos da exposição a agentes biológicos durante o trabalho"; aplicável "(...) sobre a utilização confinada e a libertação liberada no ambiente de organismos e microrganismos geneticamente modificados".

No entanto, com a publicação da nova diretiva europeia - Diretiva2000/54/CE, de 18 de Setembro - o atual decreto-lei n. º 84/97 de 16 de abril encontra-se desatualizado. Na Tabela 3 encontra-se especificado, de forma sucinta, as legislações e sua aplicabilidade.

**Tabela 3 - Descrição dos principais diplomas orientadores das atividades com risco biológico**

| Diploma | Descrição |
|---|---|
| Decreto-Lei nº84/97, de 16 de abril | Estabelece as prescrições mínimas de proteção da segurança e da saúde dos trabalhadores contra os riscos da exposição a agentes biológicos no trabalho |
| Portaria nº 405/98, de 11 de julho | Aprova a classificação dos agentes biológicos |
| Portaria nº 1036/98, de 15 de dezembro | Altera a Lista dos agentes biológicos classificados, constante do anexo apresentado pela portaria n.º 408/98 de 11 de julho |
| Decreto-Lei nº2/2001, de 4 de janeiro | Regula a utilização confinada de microrganismos geneticamente modificados, tendo em vista a proteção da saúde humana e do ambiente |
| Diretiva 2000/54/CE, de 18 de setembro | Relativa à proteção dos trabalhadores contra riscos ligados à exposição a agentes biológicos durante o trabalho |
| Diretiva 98/81/CE, de 26 de outubro | Altera a Diretiva 90/219/CEE, relativa à utilização confinada de organismos geneticamente modificados |
| Diretiva 90/219/CEE, de 23 de abril | Relativa à utilização confinada de microrganismos geneticamente modificados |
| Diretiva 95/30/CE, de 30 de junho | Adapta ao progresso técnico a Diretiva 90/679/CEE do Conselho, relativa à proteção dos trabalhadores contra os riscos ligados à exposição a agentes biológicos durante o trabalho |
| Diretiva 93/88/CEE, de 12 de outubro | Altera a Diretiva 90/679/CEE, relativa à proteção dos trabalhadores contra os riscos ligados à exposição a agentes biológicos durante o trabalho |
| Diretiva 90/679/CEE, de 26 de novembro | Relativa à proteção dos trabalhadores contra os riscos ligados à exposição a agentes biológicos durante o trabalho |

Avaliação de riscos (84/97, artº 6)

Nas atividades suscetíveis de apresentar um risco de exposição a agentes biológicos, dever-se-á proceder à avaliação dos riscos de acordo com as orientações apresentadas no artigo 6.º do DL 84/97 de 16 de abril, mediante a determinação da natureza e do grupo do agente biológico, bem como do tempo de exposição dos trabalhadores a esse agente. Com a avaliação dos riscos da exposição a agentes biológico, será possível identificar os agentes biológicos, a possibilidade da sua propagação na coletividade e o tempo de exposição efetiva ou potencial para os trabalhadores. Paralelamente, a avaliação de riscos permite formular orientações para a aplicação de medidas de proteção dos trabalhadores a agentes biológicos perigosos.

De acordo com o ponto 3, do artigo 6.º, a avaliação dos riscos deve ter em conta:

a) *"A classificação dos agentes biológicos que apresentam ou podem apresentar riscos para a saúde humana;*
b) *O risco suplementar que os agentes biológicos podem constituir para os trabalhadores cuja sensibilidade possa ser afetada, nomeadamente por doença anterior, medicação, deficiência imunitária, gravidez ou aleitamento;*
c) *As recomendações da Direção-Geral da Saúde sobre as medidas de controlo de agentes biológicos nocivos à saúde do trabalhador;*
d) *As informações técnicas existentes sobre doenças relacionadas com a natureza do trabalho;*
e) *Os potenciais efeitos alérgicos ou tóxicos resultantes do trabalho;*
f) *O conhecimento de doença verificada num trabalhador que esteja diretamente relacionada com o seu trabalho."*

Notificação do início da atividade (artº 5)

De igual forma, deve ser efetuada uma notificação, sempre que ocorrer modificações substâncias nos processos ou procedimentos com a possibilidade de haver repercussão para a saúde e segurança do trabalhador:

1) *O empregador deve notificar o instituto de desenvolvimento e Inspeção das Condições de Trabalho e a Direção-Geral da Saúde com, pelo menos 30 dias de antecedência, do início de atividades em que sejam utilizados, pela primeira vez, agentes biológicos dos grupos 2, 3 ou 4.*
**2)** *Nas atividades já existentes em que os trabalhadores estão ou podem estar expostos a agentes biológicos dos grupos 2, 3 ou 4, o empregador deve proceder à notificação prevista ni número anterior nos 60 dias subsequentes À entrada em vigor do presente diploma.*

### 3.5. Fluxograma de gestão dos riscos biológicos

Tendo em conta todas as exigências conceptuais e normativas da gestão de riscos biológicos, elaborou-se um fluxograma que se sintetiza as diferentes fases e orienta nas decisões e procedimentos que devem ser preconizados. A Figura 1 contempla esse *workflow* associado à gestão deste tipo de riscos. O fluxo segue o regime tradicional da identificação de perigos, avaliação e controlo de riscos. Numa primeira fase, foca-se na caracterização das atividades em apreço, para depois se focalizar na identificação dos perigos existentes e tipos de exposição existentes (fase 2). Numa terceira fase procura-se avaliar o risco, determinar níveis de aceitabilidade da exposição e níveis de intervenção, para, em função disso, se especificar o tipo de estratégias de controlo do risco que é necessário implementar.

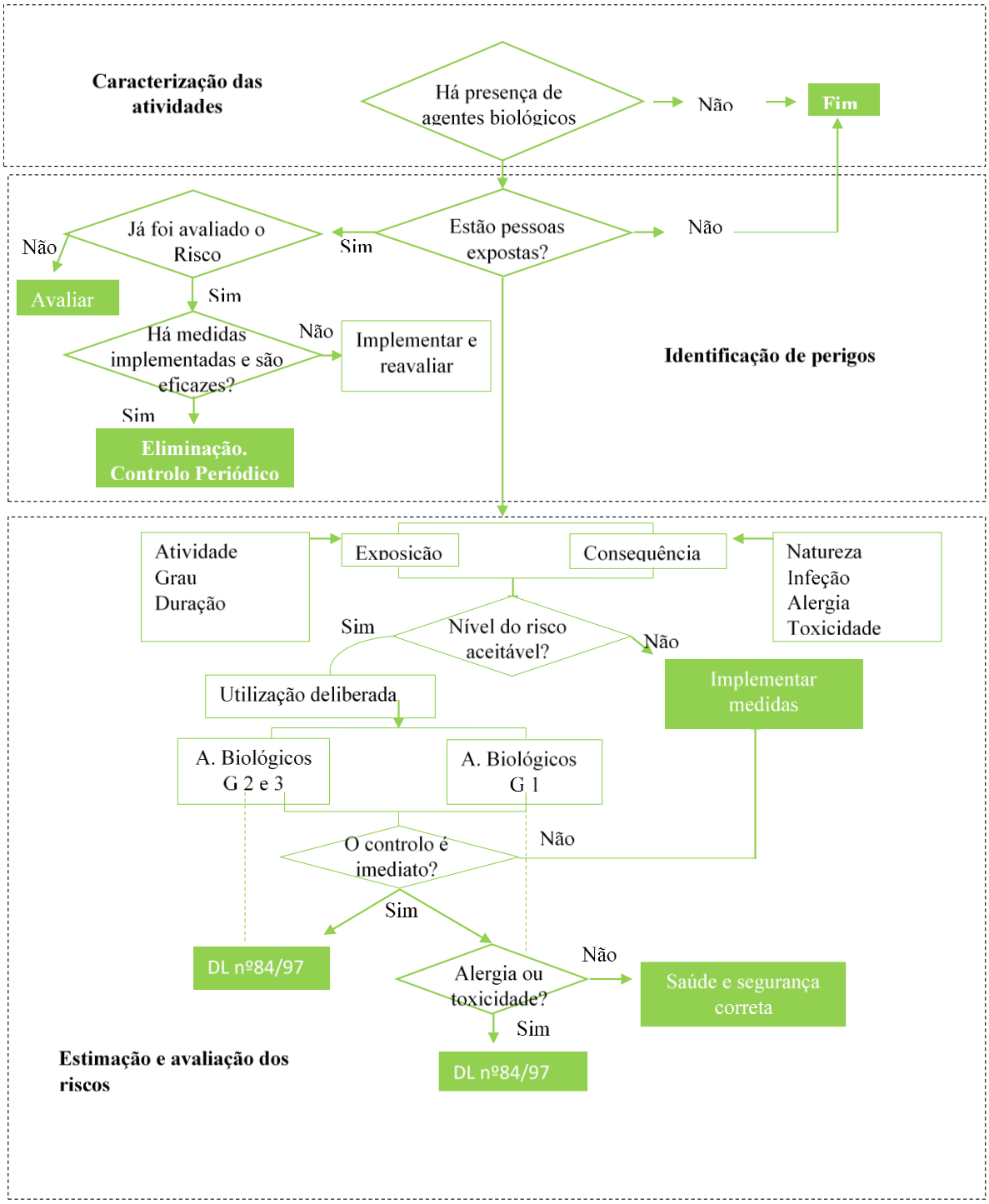


***Figura 1 - Fluxograma orientador da gestão dos riscos biológicos***

## 4. Abordagem metodológica

Como referido na introdução, um dos principais intuitos do projeto desenvolvido passava por realizar avaliação de riscos biológico numa instalação do tipo BSL3, recorrendo a um método semi-quantitativo. Para concretizar esse objetivo, foram realizadas diversas atividades prévias como, por exemplo, a caracterização do laboratório e das condições existentes, a identificação dos agentes

biológicos manipulados e a sua caracterização, no que respeita ao grupo de risco e efeitos adversos para a saúde e vias de inoculação, a caracterização das atividades de trabalho, recorrendo aos procedimentos internos em vigor no laboratório, e a recolha de informação sobre os métodos de avaliação de risco. Nos subpontos seguintes serão analisados alguns elementos relativos a essas atividades, ajudando a especificar os métodos, técnicas e instrumentos mobilizados no projeto e no artigo (abordagem metodológica).

### 4.1. Caracterização da unidade laboratorial e procedimentos base realizados

O projeto que serviu de base ao presente artigo foi realizado num laboratório de uma instituição de investigação de referência em Portugal. Inicialmente, teve como objetivo a avaliação do risco biológico associado à manipulação de quatro agentes: *Mycobacterium tuberculosis; Trypanosoma cruzi; Leishmania brasiliensis e Leishmania donovani*; contudo, devido a algumas limitações de tempo e meios, acabou por se cingir a avaliação ao agente da tuberculose.

Como foram aplicados vários procedimentos de recolha de dados, foi possível efetuar uma análise mais rigorosa dos aspetos transversais aos agentes biológicos e às instalações em que os agentes são manipulados. Foram recolhidos dados internos da instituição relacionados com a caracterização do laboratório e das condições existentes, com as atividades de SST (exemplo: avaliações de risco existentes, intervenções de segurança, equipamentos de proteção, formações de segurança), com as características do agente biológico e os procedimentos existentes de especificação da forma de o manusear e realizar as operações e com os profissionais que trabalhavam com o agente biológico em análise.

Posteriormente, foi aplicada uma lista de verificação (disponível em Anexo), com perguntas específicas sobre as instalações do BSL3, câmaras de segurança biológica (CSB), autoclave, boas práticas laborais e práticas especiais. Através da mesma foram detetadas algumas oportunidades de melhoria como, por exemplo: a falta de contentores selados inquebráveis e estanques para o transporte de material contaminado; a falta de geradores de energia para aparelhos críticos, havendo porém, um UPS para as CSB. Outros fatores preocupantes, foram a falta/pouca ventilação na área de descargas do autoclave, bem como alguns problemas técnicos com o equipamento.

Posteriormente, foi efetuado um questionário sobre a perceção de risco biológico para uma equipa de 10 investigadores que trabalham com frequência no BSL3, contudo, devido à falta de respostas no inquérito realizado (apenas se obteve quatro respostas), não foi possível realizar um tratamento estatístico abrangente dos dados para se retirar conclusões claras, daí que não vá ser mobilizado na apresentação e discussão de resultados. De qualquer modo, as quatro respostas obtidas foram unânimes em quase todo o questionário, denotando-se que esses investigadores possuem uma perceção adequada do risco biológico, tendo em conta o trabalho efetuado.

Também foi efetuada uma avaliação de riscos biológicos, tendo por base o Método MARAT. No ponto seguinte será explicado as características desse método. Para a sua aplicação foram utilizados os dados dos procedimentos anteriormente mencionados.

### 4.2. Método MARAT

O Método MARAT é definido como sendo uma matriz composta que tem como base o Sistema Simplificado de Avaliação de Risco de Acidentes de Trabalho, inserido na nota técnica NTP330 (Moura, 2013), desenvolvido pelo *Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo* de Espanha. Este método permite identificar perigos, avaliar e quantificar a magnitude dos riscos associados às atividades operacionais, estabelecendo uma classificação dos mesmos (Braz, 2014).

Este método indica-nos o Nível de Risco (NR) da atividade em estudo. Este resultado é obtido através de uma fórmula específica em que o NR provém do produto entre o Nível de Probabilidade (NP) e o Nível de Severidade ou consequência (NS). Por sua vez o valor do NP é adquirido através do produto entre o Nível de Deficiência (ND) e o Nível de Exposição (NE). Dando, portanto, origem à seguinte fórmula (Marques, 2011):

$$NR = NP * NS \quad em\ que\ NP = ND * NE \qquad (1)$$

O NP é adquirido através do estudo do local de trabalho e/ou atividade tendo em conta as suas deficiências (ND), bem como o tempo de exposição (NE) de cada trabalhador a este local e/ou atividade. Após a apreciação da probabilidade (NP), calcula-se o NS através do estudo de precedentes. Este método procura ordenar os riscos através da observação de factos reais e de pressupostos predefinidos, de modo a adquirir resultados fiáveis (Marques, 2011).
O método MARAT obedece aos seguintes pressupostos:

- O ND na tabela 4 classifica o indicador que representa a ausência de medidas preventivas

**Tabela 4 - Nível de deficiência**

| Nível de Deficiência | ND | Significado |
|---|---|---|
| Muito aceitável | 1 | Não foram detetadas anomalias. O perigo está controlado. |
| Aceitável | 2 | Foram detetados fatores de risco de menor importância. É de admitir que o dano possa ocorrer algumas vezes, mas existem medidas preventivas implementadas para atenuar os efeitos da exposição. |
| Deficiente | 6 | Foram detetados fatores de riscos significativos, existem medidas preventivas, mas não estão totalmente implementadas ou a sua eficácia não é completa. |
| Muito Deficiente | 10 | Foram detetados fatores de riscos significativos. As medidas preventivas existentes são insuficientes e/ou fortemente ineficazes. O dano ocorrerá na maior parte das circunstâncias. |
| Deficiência total | 14 | Foram detetados fatores de riscos significativos. Medidas preventivas inexistentes ou inadequadas. São esperados danos na maior parte das situações |

*Fonte: Marques 2011.*

Relativamente aos critérios de avaliação que encontram-se na matriz original como medidas de controlo, são transversais a todos os procedimentos e, por conseguinte, a todos os fatores de riscos na tabela apresentados:

- Boas práticas, informação e formação intensiva, medidas de higiene;
- Utilização de EPI's (bata, luvas, óculos, mascara de proteção);
- Manipulação dos agentes biológicos em condições de segurança (p.e. em CSB, utilização de EPI's como óculos, mascara de proteção.);
- Lavagem e desinfeção dos materiais de trabalho bem como as bancadas;
- Ações de "Sensibilização regras de segurança a cumprir no laboratório" para os utilizadores dos laboratórios;
- Medidas para o transporte, manipulação e receção dos agentes biológicos em segurança.
- Vacinação e vigilância médica dos trabalhadores;
- Descartar os resíduos corto-perfurantes no respetivo contentor específico;
- Comprimento dos critérios de confinamento nível 3.

- O NE presente na tabela 5, traduz a frequência a que se esta exposto ao risco;

**Tabela 5 - Nível de exposição**

| Nível de exposição | NE | Significado |
|---|---|---|
| Esporádica | 1 | Exposição mensal ou superior. |
| Pouco frequente | 2 | Algumas vezes por mês |
| Ocasional | 3 | Algumas vezes por semana |
| Frequente | 4 | Várias vezes durante o período laboral, ainda que com períodos de tempo curtos. |
| Continuada/Rotina | 5 | Várias vezes por dia com tempo prolongado ou continuado. |

*Fonte: Marques 2011.*

- O NP na tabela 6 é o resultado do produto entre o ND e o NE e é expresso nos seguintes resultados:

**Tabela 6 - Nível de probabilidade**

| Nível de probabilidade | NP | Significado |
|---|---|---|
| Muito Baixo | [1,3] | Não é de esperar que a situação perigosa se materialize, ainda que possa ser concebida. |
| Baixo | [4,6] | A materialização da situação perigosa pode acontecer |
| Médio | [8,20] | A materialização da situação perigosa é possível de acontecer pelo menos uma vez. |
| Alto | [24,30] | A materialização da situação perigosa é possível de ocorrer várias vezes durante o período de trabalho. |
| Muito Alto | [40,70] | A materialização da situação perigosa ocorre com frequência. |

*Fonte: Marques 2011.*

- Para o NS são definidos 5 níveis categorizados em danos pessoais e danos materiais, os quais devem ser considerados independentemente, dando sempre maior importância aos pessoais, (tabela 7).

**Tabela 7 - Nível de severidade**

| Nível de severidade | NS | Significado | |
|---|---|---|---|
| | | Danos pessoais | Danos Materiais |
| Insignificante | 10 | Não existem danos pessoais. | Pequenas perdas materiais. |
| Leve | 25 | Pequenas lesões que não requerem hospitalizações, apenas primeiros socorros. | Reparação, sem paragem do trabalho. |
| Moderado | 60 | Lesões com incapacidade laboral transitória, que requerem tratamento médico. | Requer o encerramento do processo produtivo para reparação do equipamento. |
| Grave | 90 | Lesões graves passíveis de serem irreparáveis. | Destruição parcial do equipamento (reparação complexa e onerosa). |
| Mortal/catastrófico | 155 | Incapacidade total ou permanente. Um ou mais mortos. | Destruição de um ou mais equipamentos (difícil reparação). |

*Fonte: Marques 2011.*

Através do NR chega-se ao Nível de controlo ou intervenção (NC) que pretende estabelecer linhas de orientação para a eliminação ou redução do risco atendendo à avaliação do custo – eficácia, (tabela 8). A Intervenção deve ser feita ao abrigo da legislação.

**Tabela 8 - Nível de controlo**

| | Nível de controlo | NC | Significado |
|---|---|---|---|
| **Riscos inaceitáveis** | I | [3600;10850] | Situação crítica; Intervenção Imediata; Eventual paragem das atividades. |
| | II | [1240;3100] | Situação a corrigir; Adotar medidas de controlo enquanto a situação não for eliminada ou reduzida. |
| | III | [360;1200] | Situação a melhorar; Deverão ser elaborados plano ou programas de intervenção. |
| **Riscos aceitáveis** | IV | [90;300) | Melhorar se possível, justificando a intervenção. |
| | V | [10;80] | Intervir apenas se uma análise mais pormenorizada o justificar. |

*Fonte: Marques 2011.*

- Por fim, obteve-se NR (tabela 9), resultante do produto entre o NP por NS.

**Tabela 9 - Nível de risco**

| Nível de severidade | | | Nível de probabilidade | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | **Não é esperar que o risco se materialize** | | **A materialização do risco pode ocorrer** | | **A materialização do risco é possível de ocorrer** | | **A materialização do risco pode ocorrer várias vezes durante o período de trabalho** | | **A materialização da situação perigosa ocorre com frequência** | |
| **Danos pessoais** | **Danos Materiais** | | [1,3] | | [4,6] | | [8,20] | | [24,30] | | [40,70 | |
| Não existem danos pessoais. | Pequenas perdas materiais. | 10 | 10 | 30 | 40 | 60 | 80 | 200 | 240 | 300 | 400 | 700 |
| Pequenas lesões que não requerem hospitalizações, apenas primeiros socorros. | Reparação, sem paragem do trabalho. | 25 | 25 | 75 | 100 | 150 | 200 | 500 | 600 | 700 | 1000 | 1750 |
| Lesões com incapacidade laboral transitória, que requerem tratamento médico. | Requer o encerramento do processo produtivo para reparação do equipamento. | 60 | 60 | 180 | 240 | 360 | 480 | 1200 | 1440 | 1800 | 2400 | 4200 |
| Lesões graves passíveis de serem irreparáveis. | Destruição parcial do equipamento (reparação complexa e onerosa). | 90 | 90 | 270 | 360 | 540 | 720 | 1800 | 2160 | 2700 | 3600 | 6300 |
| Incapacidade total ou permanente. Um ou mais mortos. | Destruição de um ou mais equipamentos (difícil reparação). | 155 | 155 | 465 | 620 | 930 | 1240 | 3100 | 3270 | 4650 | 6200 | 10850 |

*Fonte: Marques 2011.*

## 5. Apresentação de resultados - Valoração e Hierarquização dos riscos

O Mapa funcional de avaliação de riscos que se apresenta a seguir, relativo ao procedimento de autópsia a animais (murganhos), permite esquematizar a base procedimental que foi analisada na avaliação de riscos realizada. Esta lógica e coerência pode ser aplicada a outros procedimentos, daí que tenha sido o mapa funcional usado na avaliação.

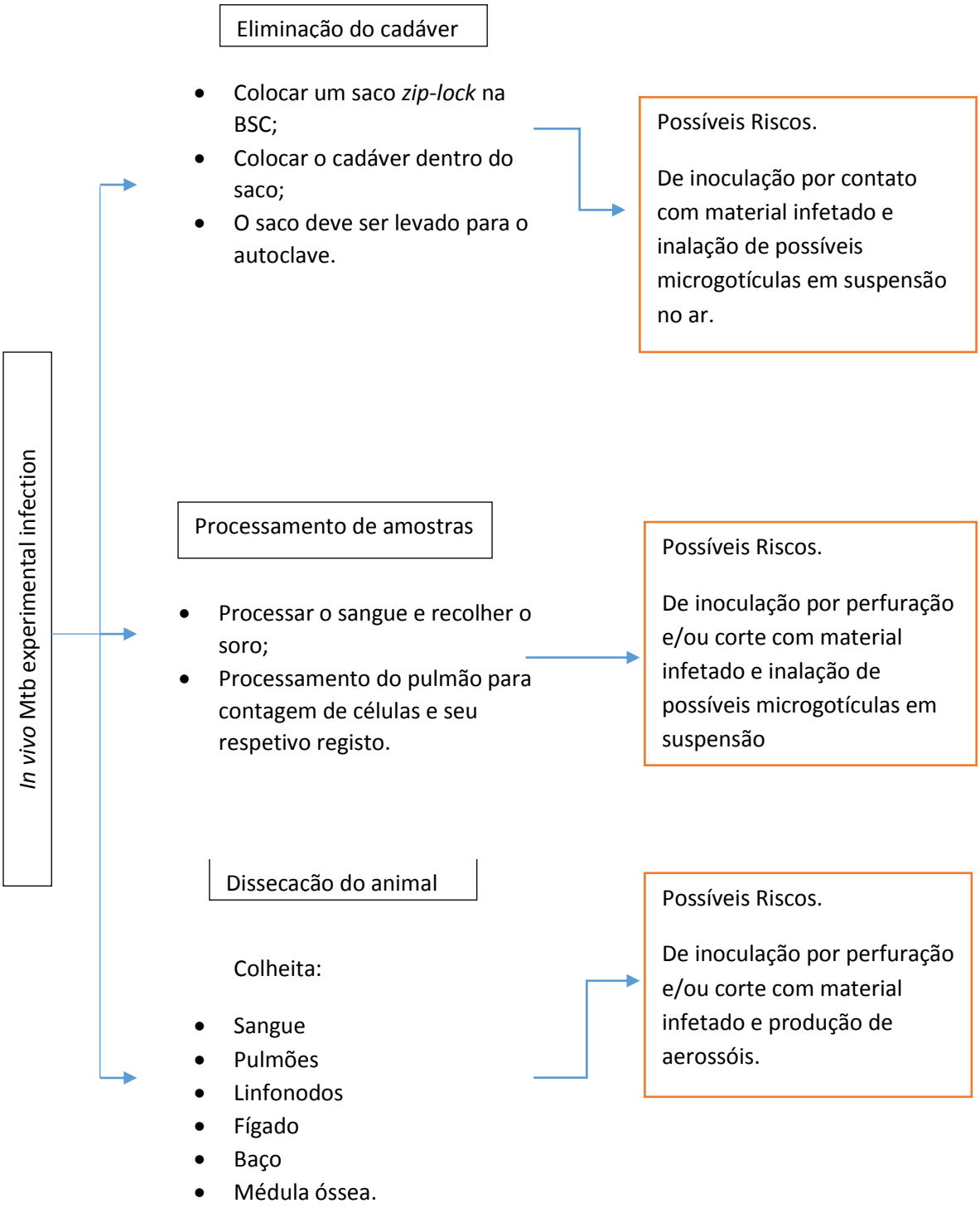


***Figura 2 – Mapa funcional de avaliação de riscos***

Após se efetuar a sistematização de dados e os cálculos necessários ao método de avaliação usado, foi possível efetuar uma hierarquização dos riscos de forma que ficasse evidente a prioridade de tratamento. Como se pode observar na Tabela 10, foram três os fatores de risco classificados com um nível inaceitável. Como todos os fatores de risco estão presentes em todas as atividades, sendo, assim, transversais a todos os procedimentos com Mtb, o mesmo só foi hierarquizado uma vez, para criar medidas corretivas.

**Tabela 10 - Hierarquização dos riscos a serem tratados**

| | **Nível de risco** | **Classificação** |
|---|---|---|
| Perfuração cutânea com exposição a material biológico contaminado | 720/1080 | Inaceitáveis |
| Exposição a bioaerossóis com agente infecioso | 360 | |
| Contacto com a pele não íntegra ou mucosas com gotículas contaminadas com o agente infecioso. | 360 | |

Como observado no mapa de riscos (Tabela 11), a grande maioria dos perigos tem associado um nível de risco aceitável. Todavia, existe um conjunto de fatores de risco que atingiram níveis inaceitáveis. O fator de risco: perfuração cutânea com exposição a material biológico contaminado alcançou os níveis de risco mais elevados, sendo que os diferentes valores obtidos resultaram apenas de frequências de exposição distintas, para procedimentos e medidas preventivas equivalentes. Nas atividades em que existe este fator de risco, são utilizados EPI's, neste caso luvas e bata, mas que são ineficazes tendo em conta o potencial perfurante/cortante dos materiais utilizados, agulhas e lâminas de bisturi, para os quais não existe ainda alternativa de substituição. Deste modo, o cumprimento das medidas preventivas de boas práticas de utilização e descarte deste material representa um importante fator na redução do nível de risco.

No caso de inoculação do agente biológico, neste caso, *M. tuberculosis*, a rápida notificação do superior hierárquico da ocorrência do acidente, seguida da intervenção do médico com prescrição de antibiótico adequado, e posterior vigilância e acompanhamento médico, serão críticas para o não desenvolvimento de infeção e doença. Para os outros fatores de risco, estes apresentam o mesmo nível de risco em todos os outros procedimentos. Este nível é atingido devido ao tempo de exposição que cada investigador passar dentro do laboratório, sendo apenas necessário que ocorra uma redução no tempo de exposição ou até mesmo uma alteração da equipa de investigadores a realizar a tarefa, caso seja possível (entretanto no ponto a seguir, encontra-se um plano de ação detalhado de forma transversal a todos os procedimentos e aos fatores de risco encontrados.)

A matriz que apresentada, não é a versão completa, mas sim uma versão adaptada de modo que a mesma pudesse ser inserida neste artigo.

**Tabela 11 – Matriz de avaliação de riscos biológicos no BSL3**

| Matriz de avaliação de riscos biológicos | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Lab | Procedimento | Atividade | Fatores de Risco | Risco | Avaliação dos riscos | | | Classificação do nível de probabilidade | Valoração dos riscos | | Classificação do risco |
| | | | | | ND | NE | NP | | NS | NR | |
| BSL3 | In vivo Mtb experimental infection | Dissecação do animal | Perfuração cutânea com exposição a material biológico contaminado. | Corte/Inoculação | 6 | 2 | 12 | Médio | 60 | 720 | Inaceitável |
| | | | Contacto com a pele não integra ou mucosas com gotículas contaminadas com o agente infecioso. | Inoculação/Infeção | 2 | 2 | 4 | Baixo | 60 | 240 | Aceitável |
| | | | Exposição a bioaerossóis com agente infecioso | Inalação | 2 | 2 | 4 | Baixo | 60 | 240 | Aceitável |
| | | Colheita e processamento de amostra. | Contacto com a pele não integra ou mucosas com gotículas contaminadas com o agente infecioso. | Inoculação/Infeção | 2 | 2 | 4 | Baixo | 60 | 240 | Aceitável |
| | | | Exposição a bioaerossóis com agente infecioso | Inalação | 2 | 2 | 4 | Baixo | 60 | 240 | Aceitável |
| | | Elininação do cadáver | Contacto com a pele não integra ou mucosas com gotículas contaminadas com o agente infecioso. | Inoculação/Infeção | 2 | 2 | 4 | Baixo | 60 | 240 | Aceitável |
| | | | Exposição a bioaerossóis com agente infecioso | Inalação | 2 | 2 | 4 | Baixo | 60 | 240 | Aceitável |
| | Preparation of Mtb inocula | Preparação de inóculos de Mtb | Perfuração cutânea com exposição a material biológico contaminado | Corte/Inoculação | 6 | 3 | 18 | Médio | 60 | 1080 | Inaceitável |
| | | | Exposição a bioaerossóis com agente infecioso | Inalação | 2 | 3 | 6 | Baixo | 60 | 360 | Inaceitável |
| | | | Contacto com a pele não integra ou mucosas com gotículas contaminadas com o agente infecioso. | Inoculação/Infeção | 2 | 3 | 6 | Baixo | 60 | 360 | Inaceitável |
| | Mtb DNA extraction | Extração do DNA da Mtb | Exposição a bioaerossóis com agente infecioso | Inalação | 2 | 1 | 2 | Muito Baixo | 60 | 120 | Aceitável |
| | | | Contacto com a pele não integra ou mucosas com gotículas contaminadas com o agente infecioso. | Inoculação/Infeção | 2 | 1 | 2 | Muito Baixo | 60 | 120 | Aceitável |
| | Determination of Mtb colony forming units upon | Determinação de CFU | Exposição a bioaerossóis com agente infecioso | Inalação | 2 | 3 | 6 | Baixo | 60 | 360 | Inaceitável |
| | | | Contacto com a pele não integra ou mucosas com gotículas contaminadas com o agente infecioso. | Inoculação/Infeção | 2 | 3 | 6 | Baixo | 60 | 360 | Inaceitável |

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Grouth of clinical isolates of Mtb | Isolamento de Mtb do estoque original | Exposição a bioaerossóis com agente infecioso | Inalação | 2 | 3 | 6 | Baixo | 60 | 360 | Inaceitável |
| | Crescimento do inóculo de Mtb | Perfuração cutânea com exposição a material biológico contaminado. | Corte/Inoculação | 6 | 3 | 18 | Médio | 60 | 1080 | Inaceitável |
| | | Contacto com a pele não integra ou mucosas com gotículas contaminadas com o agente infecioso. | Inoculação/Infeção | 2 | 3 | 6 | Baixo | 60 | 360 | Inaceitável |
| In vitro infection with Mtb | Preparação de inóculos de Mtb | Perfuração cutânea com exposição a material biológico contaminado. | Corte/Inoculação | 6 | 2 | 12 | Médio | 60 | 720 | Inaceitável |
| | | Exposição a bioaerossóis com agente infecioso | Inalação | 2 | 2 | 4 | Baixo | 60 | 240 | Aceitável |
| | | Contacto com a pele não integra ou mucosas com gotículas contaminadas com o agente infecioso. | Inoculação/Infeção | 2 | 2 | 4 | Baixo | 60 | 240 | Aceitável |
| | Infecção de células primárias de ratos para quantificação de RNA ou proteína | Exposição a bioaerossóis com agente infecioso | Inalação | 2 | 2 | 4 | Baixo | 60 | 240 | Aceitável |
| | Infecção de células mononucleares de sangue periférico humano (PBMCs) | | | 2 | 2 | 4 | Baixo | 60 | 240 | Aceitável |
| | Quantificação de CFU de culturas de células primárias de rato infetadas | Contacto com a pele não integra ou mucosas com gotículas contaminadas com o agente infecioso. | Inoculação/Infeção | 2 | 2 | 4 | Baixo | 60 | 240 | Aceitável |
| | Preparação de amostra de citologia a partir de culturas de células primárias de rato infetadas | Exposição a bioaerossóis com agente infecioso | Inalação | 2 | 2 | 4 | Baixo | 60 | 240 | Aceitável |
| // | // | Falha de energia | Disseminação do A.B. | 1 | 1 | 1 | Muito Baixo | 60 | 60 | Aceitável |
| | | Inundação do espaço de trabalho | | 1 | 1 | 1 | Muito Baixo | 60 | 60 | Aceitável |
| | | Inexistência de contentores inquebráveis e instaques | | 2 | 2 | 4 | Baixo | 60 | 240 | Aceitável |
| | | Propagação de um incêndio para as àreas circundantes do BSL3 | Disseminação do A.B./Animal infetado | 1 | 1 | 1 | Muito Baixo | 60 | 60 | Aceitável |

## 6. Discussão de resultados e Plano de Ação

### 6.1. Redução dos riscos de exposição - Medidas gerais

Após avaliação do risco, se existir um risco para os trabalhadores, tal como se verificou no caso apresentado, este deve ser eliminado, se possível, ou reduzir-se ao mais baixo nível. A entidade patronal deve proceder, sempre que possível à substituição de agentes perigosos por outros agentes que, em função das condições de utilização e no estado atual dos conhecimentos, não sejam perigosos ou causem menos perigo para a segurança ou saúde dos trabalhadores. Neste caso tratando-se de um laboratório de investigação de agentes biológicos não é possível a sua substituição. Se tal não for viável, deve ser implementado medidas de prevenção, tal como as indicadas na tabela seguinte.

**Tabela 12 - Medidas gerais**

| | |
|---|---|
| **A** | Estabelecer procedimentos de trabalho adequados e utilizar medidas técnicas apropriadas para evitar ou minimizar a libertação de agentes biológicos. Exemplo: minimizar a formação de bioaerossóis utilizando cabines de segurança biológica ou extração localizada |
| **B** | Reduzir ao mínimo possível o número de trabalhadores expostos |
| **C** | Adotar medidas de proteção coletiva complementadas com medidas de proteção individual quando a exposição não puder ser evitada por outros meios, salientando que os equipamentos de proteção individual (EPI) podem constituir eles próprios uma fonte de contaminação. No caso das luvas, por exemplo, devem ser utilizadas para determinadas tarefas de risco e imediatamente descartadas, substituindo-as por novas, pois podem contribuir para disseminação de agentes infeciosos. |
| **D** | Adotar medidas seguras para a receção, manipulação e transporte de agentes biológicos. |
| **E** | Utilizar meios seguros para a recolha, armazenamento e evacuação de resíduos, incluindo recipientes seguros e identificados e o seu tratamento prévio |
| **F** | Sinalizar adequadamente os locais (perigo biológico, proibição de fumar, etc.) |
| **G** | Estabelecer planos de emergência para fazer face à libertação acidental de agentes biológicos, especialmente no caso dos grupos 3 e 4. |

### 6.2. Redução dos riscos de exposição - Medidas higiénicas

Em complemento às medidas gerais, podem ser utilizadas medidas de higiene que evitem ou dificultem a dispersão de agentes biológicos fora do local de trabalho, tal como se explicita na tabela seguinte.

**Tabela 13 - Medidas higiénicas**

| | |
|---|---|
| **A** | Proibição de comer, beber ou fumar nos locais de trabalho |
| **B** | Fornecimento de vestuário de proteção adequado |
| **C** | Instalações sanitárias e vestiários adequados |
| **D** | Existência de antissépticos |
| **E** | Correta armazenagem, verificação e limpeza/lavagem para reutilização dos EPI |
| **F** | Destruição, se necessário, do vestuário de proteção e EPI contaminados |
| **G** | Interdição de levar para casa vestuário de proteção e EPI contaminados |
| **H** | Definição de procedimentos para recolha, manipulação e tratamento de amostras de origem humana ou animal |
| **I** | Descontaminação e limpeza de instalações |

### 6.3. Vigilância médica

A periodicidade mínima dos exames de vigilância médica dos trabalhadores é estabelecida pela legislação e deve constar do plano mínimo de vigilância médica (Decreto-Lei no 102/2009), todavia, no caso em que estejam envolvidos agentes biológicos, esta periodicidade pode ser alterada

pelo médico do trabalho, sendo realizado o exame antes de qualquer exposição possível é particularmente relevante.
Os procedimentos mais importantes são os seguintes:

- Registo da história clinica e profissional do trabalhador;
- Avaliação individual do estado de saúde do trabalhador;
- Vigilância biológica sempre que seja necessária;
- Rastreio de efeitos precoces e reversíveis.

É de referir a necessidade do médico emitir a ficha de aptidão (ficha de aptidão - Portaria 71/2015, de 10 de março) sempre que se realizarem exames de admissão, periódicos e ocasionais com cópia ao responsável dos recursos humanos da empresa, devendo ser indicado que outras funções poderia ser desempenhada pelo trabalhador caso exista inaptidão.

O responsável pelos serviços de Segurança e Saúde do Trabalho deve ser informado pelo médico do trabalho – se não forem a mesma pessoa - sempre que as condições de trabalho tenham efeitos prejudiciais sobre o estado de saúde dos trabalhadores.

Em caso de necessidade, o médico do trabalho pode solicitar o acompanhamento pelo médico assistente do centro de saúde a que pertence ou por outro médico indicado pelo trabalhador. Deve ser dado especial relevo à atualização do plano individual de vacinação, nomeadamente no que toca às vacinas incluídas no Plano Nacional de Vacinação[1], sem prejuízo de outra vacinação ou imunização específica tornada necessária pelo tipo de agente existente. A vacinação é gratuita para o trabalhador, incumbindo ao empregador informar os trabalhadores em relação às vantagens e aos inconvenientes da vacinação e da falta de vacinação.

Se um trabalhador sofrer uma infeção ou outra doença que possa ter sido provocada pela exposição a agentes biológicos no local de trabalho, o médico do trabalho ou a entidade responsável pela vigilância da saúde dos trabalhadores proporá a todos os trabalhadores sujeitos a exposição idêntica a avaliação do seu estado de saúde; neste caso, deve ser repetida a avaliação dos riscos de exposição[2].

### 6.4. Síntese de resultados e notas finais

A avaliação dos riscos é uma abordagem fundamental para a segurança e saúde dos trabalhadores (OSHA, 2008). Os métodos utilizados são ferramentas essenciais que condicionam a concretização da avaliação, nomeadamente associados aos riscos biológicos tendo em conta aos escassos estudos nesta temática. No presente artigo explorou-se a gestão dos riscos biológicos na atividade de investigação num BSL3.

Com a elaboração da matriz de avaliação de riscos biológicos, verificou-se a presença de níveis de risco inaceitável. A maior parte dos riscos obtiveram esta valoração devido ao tempo de exposição, sendo apenas necessário uma redução no mesmo para que ocorra um declínio no valor do risco, tornando-os desta forma riscos de caráter aceitáveis. Contudo, foi observado um fator de risco com uma classificação mais elevada, resultante da natureza corto-perfurante da atividade exercida. Como todas as medidas de controlo já estão implementadas, não há medidas atualmente que possam ser implementadas para reduzir este risco, e portanto é dever da organização aceitar o

[1] *Ver Plano Nacional de Vacinação em www.sns.gov.pt*

[2] *Exposições de que possam resultar infeções causadas por agentes biológicos suscetíveis de produzir infeções persistentes ou latentes, ou que, de acordo com os conhecimentos atuais, só sejam diagnosticáveis muitos anos depois com o aparecimento da doença, ou que tenham períodos de incubação muito longos, ou que provoquem doenças com crises de recrudescências, apesar do tratamento, ou com graves sequelas a longo prazo (Decreto-Lei 84/97).*

caráter elevado deste risco. O que poderá ser feito mediante alguns procedimentos que implicam um tempo de exposição mais prologando dos investigadores, será a redução no período de exposição, caso contrário o risco manter-se-á com mesmo nível.

O método MARAT teve uma boa aplicação nesta área de estudo sem haver limitações no procedimento, este contabilizou várias variáveis relacionadas com as medidas de prevenção implementadas, condições de trabalho e as práticas dos trabalhadores que permite uma avaliação de risco mais completa e mais real, tendo em conta à natureza da exposição dos riscos que são avaliados.

Em resumo, pode concluir-se que os objetivos propostos para o presente projeto foram alcançados, apesar de não ter sido efetuado a avaliação dos quatro agentes biológicos inicialmente propostos. O método MARAT com a adaptação proposta para os agentes biológicos é o um método indicado para avaliar os riscos de exposição a agentes biológicos em laboratórios de confinamento nível 3, uma vez que apresenta resultados claros e objetivos, sem limitações. Para uma maior uniformidade nos resultados obtidos torna-se necessário a realização do estudo em mais procedimentos e com agentes biológicos distintos, para verificar se os mesmos riscos apresentam níveis de risco semelhantes ou não e um questionário com maior "população" para uma análise estatística completa. Além da perceção do risco, a experiência profissional dos investigadores influenciam a avaliação dos riscos, ou seja, a atribuição de um valor ou classificação das variáveis carece de uma apreciação e que resulta quase sempre em subjetividade. Atuar neste ponto é essencial para a fiabilidade dos resultados.

Em suma, pode concluir-se que as instalações do BSL3 avaliadas apresentam boas condições de segurança e higiene em relação a exposição aos agentes biológicos, como a *M. tuberculosis*, o que é traduzido numa baixa probabilidade de ocorrer a disseminação dos agentes, devido as medidas de controlo implementadas nesta instalação, para além dos equipamentos de trabalho utilizados, estando apto para trabalhar com microrganismos que podem ser transmitidos por via aérea, tal como o agente estudado.

**Bibliografia**

Braz, F. V. (2014). Metodologia de Avaliação de Riscos em Equipamentos de Energias Renováveis: Solar e Biomassa. Instituto Politécnico de Setúbal, Escola Superior de Tecnologia, Setúbal.

Centers for Disease Control and Prevention and National Institutes of Health (2009). Primary Containment or Biohazards: Selection, Installation and use of Biological Safety Cabinets, 5th edição. Retirado de https://www.cdc.gov/biosafety/publications/bmbl5/

Costa, Y. (2007). Manual de Biossegurança (Ficha técnica). Laboratório Central de Saúde Publica - LANCEN/SC, Florianópolis. Retirado de http://lacen.saude.sc.gov.br/arquivos/MBS01.pdf

DGS (2004). Medidas de Controlo de Agentes Biológicos Nocivos a Saúde dos Trabalhadores. Módulo 1 - Recomendações gerais, Lisboa.

DGS (2006). Medidas de Controlo de Agentes Biológicos Nocivos a Saúde dos Trabalhadores. Módulo 2 - Recomendações para Laboratórios e Serviços de Saúde, Lisboa.

DGS, (2013). Gestão do Risco Biológico e a Notificação com o Decreto-Lei n.º 84/97 de 16 de abril. 006/13.Programa Nacional de Saúde Ocupacional 2013/2017. Direção Geral de Saúde. PNSOC 2013/2017

Germano, A (2010). Avaliação de Riscos Ambientais e Ocupacionais (Dissertação de mestrado). FEUP, Porto.

Guimarães, H. (2016). Avaliação do Risco de Exposição a Agentes Biológicos: Reprodutibilidade dos Métodos DGS, NTP 833 e MIAR(Bio) em Matadouros (Dissertação de mestrado). FEUP, Porto.

HSA. (2014). Guidelines to the Safety, Health and Welfare at Work (Biological Agents) Regulations 2013. Heatl and Safety Autoritiy. The Metropolitan Building James Joyce Street, Dublin.

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT) (2012) – Ficha de dados de segurança: M.tuberculosis, L. donavani e L. spp. Retirado de:

ttp://www.insht.es/RiesgosBiologicos/Contenidos/Fichas%20de%20agentes%20biologicos/Fichas/Bacterias/Mycobacterium%20tuberculosis.pdf

Marques, S. (2011). Higiene e Segurança no Trabalho: Método Simplificado quantitativo de Avaliação de Riscos de Acidentes de Trabalho –MARAT.

Ministério da Saúde (2010). Classificação de Riscos dos Agentes Biológicos. Retirado de http://www.fiocruz.br/biosseguranca/Bis/manuais/classificacaoderiscodosagentesbiologicos.pdf

Moura, C. d. (2013). Metodologia de Avaliação Ambiental e Quantificação de Custos no Âmbito da Responsabilidade Ambiental. Universidade do Porto, Faculdade de Economia, Porto.

Neto, H. (2015). Sebenta da UC - Legislação de Segurança e Saúde no Trabalho. ISLA, Vila Nova de Gaia

NP ISO 31000:2013 - Gestão de risco - princípios e linhas orientação, Lisboa: Instituto Português da Qualidade

Núncio, S. Perelito, A. & Cordeiro, R. (2012). Workshop biossegurança: Situação em Portugal. Lisboa: Instituto Nacional de Saúde Doutor Ricardo Jorge (INSA, IP).

OIT (2011). Sistemas de Gestão da Segurança e Saúde no Trabalho: Um instrumento para uma Melhoria Contínua. Organização Internacional do Trabalho. (1.ª Edição) Ciência Gráfica. ACT

OMS (2004). Manual de Segurança Biológica em Laboratório (MSBL), terceira edição, Organização Mundial da Saúde, Genebra.

OMS (2013). Manual de Biossegurança para Laboratório da Tuberculose (MBLT), Organização Mundial de Saúde. Retirado de http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/77949/10/9789248504631_por.pdf

OSHA - Agência Europeia para a Segurança e a Saúde no Trabalho Agentes Biológicos. FACTS 41. Bélgica: OSHA

Prach, L. (2010). Hildebrand BSL3 Biosafety Manual (dissertação). Berkeley: Universidade da Califórnia.

República de Portugal (1997). DL n.º 84/97, de 16 de abril - estabelece as prescrições mínimas de proteção da segurança e da saúde dos trabalhadores contra os riscos da exposição a agentes biológicos durante o trabalho. *Diário da Republica*, Série I-A, N.º 89, p. 1702 - 1709.

República de Portugal (1998). Portaria n.º 1036/98 de 15 de dezembro - Altera a lista dos agentes biológicos classificados para efeitos da prevenção de riscos profissionais, aprovada pela Portaria n.º 405/98 de 11 de Julho.

República de Portugal (2009). DL n.º 102/2009, alterada pela lei n.º 3/2014 - Procede à segunda alteração à Lei n.º 102/2009, de 10 de setembro, que aprova o regime jurídico da promoção da segurança e saúde no trabalho, e à segunda alteração ao Decreto-Lei n.º 116/97, de 12 de maio, que transpõe para a ordem jurídica interna a Diretiva n.º 93/103/CE, do Conselho, de 23 de novembro, relativa às prescrições mínimas de segurança e de saúde no trabalho a bordo dos navios de pesca. *Diário da República*, Série I, N.º 176, 6167 – 6192.

República de Portugal (2015). Portaria n.º 71/2015, de 10 de março - Aprova o modelo de ficha de aptidão para o trabalho e revoga a Portaria n.º 299/2007, de 16 de março. *Diário da Republica*, N.º 48/2015, Série I de 2015-03-10.

Silveira, A. (2016). Sebenta da UC - Identificação de Perigos, Avaliação e Controlo de Riscos. ISLA, Vila Nova de Gaia.

## Anexo - Lista de Verificação Aplicada

| | *Lista de verificação* | *Sim* | *Não* | *N.A.* |
|---|---|---|---|---|
| *Instalações BSL3* | Existe um responsável técnico pelo laboratório? | X | | |
| | Existe um manual de procedimentos? | X | | |
| | Existe um manual de segurança? | X | | |
| | O acesso de pessoal estranho ao laboratório é estritamente controlado? | X | | |
| | O laboratório está separado das restantes áreas de trabalho? | X | | |
| | É utilizado o sistema de recurso da filtragem do ar HEPA? | X | | |
| | O ar filtrado é recirculado? | | | |
| | A descarga de ar é feita por dispersão, longe das entradas de ar e de zonas habitadas? | | | |
| | O BLS3 encontra-se a pressão negativa? | X | | |
| | Há diferença de pressão entre os compartimentos que dão acesso a entrada do BLS3? | X | | |
| | As câmaras de segurança biológica estão instaladas de forma que o balanço do ar, dentro da sala ou da câmara, não seja alterado? | X | | |
| | Se os resíduos contaminados tiverem que ser transportados para fora do laboratório existem para o efeito contentores selados inquebráveis e estanques? | | X | |
| | Todos os orifícios de entrada para eletricidade, água, etc. existentes no chão, paredes ou teto estão selados? | X | | |
| | A alimentação/exaustão de ar está equipada com grelhas de insuflação/extração com a possibilidade de encerramento para descontaminação gasosa? | | | |
| | A alimentação de água deve possui dispositivos que previnam o seu retorno devido a baixas de pressão? | | | X |
| | Existem filtros HEPA, ou equivalentes, em todas as saídas de ar? | X | | |
| | As janelas do laboratório tem vidros inquebráveis e são seladas? | | | X |
| | Há geradores de emergência para equipamentos críticos tais como, câmaras de segurança, autoclaves, hottes químicas ou campânulas de exaustão, congeladores, etc? | X | | |
| | O símbolo e o sinal internacionais de risco biológico estão expostos nas portas das salas onde se estão a manusear microrganismos do Grupo de Risco 2 ou acima? | X | | |
| | Existe informação sobre perigos e riscos de exposição? | X | | |
| | Há vestuário de proteção a entrada dos Lab. BSL3? | X | | |
| | Há verificação do confinamento do laboratório? | X[3] | | |
| | Há um sistema de registo de acidentes e incidentes ocorridos? | X | | |
| | As bancadas são impermeáveis à água e resistentes aos ácidos, alcalinos, solventes orgânicos e calor moderado? | X | | |
| | Todas as superfícies são facilmente laváveis? | X | | |
| | Os móveis de laboratório são adequadamente concebidos e higienizáveis? | X | | |
| | Existem lavatórios para lavagem de mãos com torneiras não acionáveis manualmente? | | | X |
| | Todos os resíduos do laboratório estão devidamente acondicionados e catalogados (despacho nº242/96)? | X | | |
| | Todos os lixos são convenientemente tratados (autoclavagem, tratamento químico, incineração) antes de serem eliminados? | X | | |
| | Existe um autoclave no laboratório para esterilização de lixos e material contaminado? | X | | |
| | Existem medidas de controlo de vetores? | X | | |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| *CSB Classe II* | As câmaras de segurança biológica são adequadas ao nível de confinamento exigido pelos agentes manipulados? | X | | |
| | As indicações do fabricante das câmaras de segurança biológica foram escrupulosamente cumpridas quer na instalação quer na utilização? | | | |
| | O funcionamento das câmaras de segurança biológica foi inspecionado por técnico competente aquando da instalação? | X | | |
| | Existe um plano de manutenção destes equipamentos, com registo das verificações efetuado por técnico competente e em dia? | X | | |
| | Todas as manipulações que envolvam a produção de aerossóis são executadas na câmara de segurança biológica (salvo se outros equipamentos como centrífugas, liofilizadores, etc. puderem ser utilizados para este efeito)? | X | | |
| | A passagem integrada com portas de encravamento permite que materiais e equipamentos sejam facilmente passados para a câmara principal sem o risco de contaminação ambiental. | | | |
| | O medidor de pressão montado na parede traseira da zona de trabalho permite a monitorização contínua da pressão negativa da zona de trabalho? | X | | |
| | Os filtros ou HEPA de escape duplos extraem os aerossóis gerados na área de trabalho da sala fornecendo proteção pessoal e ambiental? | X | | |
| | O *design* de dupla ventoinha garante a contenção do gabinete e a segurança do operador no caso de uma única falha do ventilador. | | | |
| | Todas as superfícies da CSB são metálicas o que torna a limpeza/desinfeção/esterilização mais fácil e eficaz? | X | | |
| | O alarme da corrente de ar pode ser ativado ou desativado dependendo da preferência o utilizador? | X | | |
| *Autoclave* | Existe um procedimento escrito sobre o processo de esterilização? | X | | |
| | O autoclave encontra-se num local apropriado? | X | | |
| | A área de esterilização é limpa e organizada? | X | | |
| | A área do autoclave é bem ventilada? | | X | |
| | Autoclave é livre de vazamentos (pode ser indicado por água ou manchas de água no chão, manchas de água em torno de juntas e vedações)? | | X | |
| | A vedação da porta encontra-se em bom estado? | X | | |
| | A equipa de trabalho conhece os procedimentos operacionais e de segurança? | X | | |
| | Cada esterilização é controlada com um marcador químico? | X | | |
| | Se existir mais do que uma autoclave, os materiais esterilizados referem a autoclave de origem? | | | X |
| | É executado um controlo biológico? | X | | |
| | É verificado se os resíduos estão a ser devidamente desinfetados? | X | | |
| | A manutenção do autoclave é feita devidamente? | | | |
| | Antes da utilização é verificado se os sistemas de segurança estão em ordem? | X | | |
| | É verificado se todos os incidentes foram registrados e investigados, que as ações foram tomadas para evitar uma recorrência e que eles foram relatados em termos de requisitos legais e organizacionais? | X | | |
| | Há um registo de manutenções do autoclave? | X | | |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| *Boas Práticas* | Cumprimento da Regra das Duas Pessoas: é proibida a laboração isolada de um único trabalhador | X | | |
| | Todo o pessoal teve formação adequada? | X | | |
| | Os procedimentos de emergência estão bem estabelecidos e são do conhecimento de todos os funcionários? | X | | |
| | As portas entre os compartimentos dentro do laboratório estão sempre fechadas? | X | | |
| | É efetuado a descontaminação antes e depois da utilização das bancadas? | X | | |
| | Todos os materiais contaminados são descontaminados antes de serem lavados ou eliminados? | X | | |
| | É estritamente proibido utilizar artefactos, comer ou se maquilhar | X | | |
| | As instalações dos laboratórios são sempre mantidas em condições de bom estado de conservação e de limpeza? | X | | |
| | Há vigilância médica do pessoal de investigação? | X | | |
| | É administrado vacina sempre que houver, mediante o tipo de agente a ser utilizado em laboratório (portaria 1036/98) | | | X |
| | Todas as superfícies de trabalho são descontaminadas pelo menos uma vez por dia e sempre após derramamento ou salpicos de material | X | | |
| | Todas as manipulações que envolvam exposição potencial da pele e mucosas devem ser convenientemente protegidas mediante o uso de luvas de borracha, óculos de proteção ou viseiras, ou máscaras | X | | |
| | Existe material de primeiros socorros adequado aos acidentes previsíveis, colocado em local acessível e do conhecimento de todos os trabalhadores? | X | | |
| | Todas as manipulações de agentes com exigências de menor nível de segurança potencial do que aquele para qual o laboratório foi concebido, são executados numa área bem demarcada e separada das outras? | | X | |
| | É obrigatória a utilização, dentro das instalações do laboratório, de roupas e acessórios de proteção adequados (batas fechadas atrás, sapatos fechados antiderrapante, por ex.)? | X | | |
| ***Práticas especiais*** | É permitido o acesso ao laboratório apenas a pessoas que foram informadas em relação aos riscos potenciais? | X | | |
| | Todos os frigoríficos e demais equipamento utilizado para armazenamento de agentes biológicos estão assinalados, de forma visível, com o símbolo de perigo biológico? | X | | |
| | Não é permitido usar as roupas de proteção do laboratório fora das respetivas instalações? | X | | |
| | As roupas de proteção do laboratório são enviadas devidamente acondicionadas para lavagem ou esterilização e acompanhadas das indicações sobre contaminações eventualmente perigosas? | X | | |
| | Foram colhidas e armazenadas amostras-base de soro dos funcionários em risco? | | X | |
| | Todos os acidentes ocorridos no laboratório, incluindo derramamentos ou salpicos de material, são notificados ao responsável do laboratório de forma detalhada e constam num livro de ocorrências? | X | | |
| | As recomendações sobre prevenção e profilaxia em relações a exposições laborais a produtos "biológicos humanos" potencialmente infetantes da DGS são o conhecimento de todo o pessoal e estão a ser cumpridas | X | | |