



# **Abordagem de Risco Ambiental aplicada a Infraestruturas Rodoviárias**

**Carlos Filipe Nogueira Ferreira Sanches**

Dissertação para Obtenção do Grau de Mestre em  
**Engenharia do Ambiente**

Orientadores: Professor Doutor Manuel Guilherme Caras Altas Duarte Pinheiro

Professor Nuno Gonçalo Cordeiro Marques de Almeida

## **Júri**

Presidente: Professor Doutor António Jorge Gonçalves de Sousa

Orientador: Professor Doutor Manuel Guilherme Caras Altas Duarte Pinheiro

Vogal: Professor Doutor Vítor Faria e Sousa

**Julho 2015**



## Agradecimentos

Quero demonstrar a minha gratidão a todos aqueles que de forma direta ou indireta me encaminharam, ajudaram, guiaram e contribuíram para que a presente dissertação fosse possível.

Em primeiro lugar quero agradecer aos meus orientadores, o Professor Manuel Pinheiro e o Professor Nuno Almeida do Instituto Superior Técnico, pois sem o seu apoio, disponibilidade e aconselhamento fornecido teria sido muito mais difícil terminar esta tarefa.

Em seguida a todos os meus familiares pelo apoio incondicional, muita paciência, dedicação e afeto demonstrados para comigo, não só, durante esta etapa mas também, ao longo de todo o percurso académico.

Por fim, mas não menos importante, desejo agradecer a todos os meus amigos, especialmente à Vanessa Leonardo, ao Eduardo Amaro, à Cláudia Gabriel, à Ana Arronches e ao Hugo Belo que me apoiaram, incentivaram e proporcionaram momentos de tranquilidade permitindo atingir mais este objetivo na minha vida.

O meu muito obrigado a todos.

## Resumo

Esta dissertação aborda a temática do risco ambiental associado a empreitadas em infraestruturas rodoviárias culminando na procura da redução do seu impacte ambiental. Como tal, o presente trabalho tem como objetivo a implementação da metodologia da gestão do risco a riscos ambientais minimizando o impacte negativo daí proveniente.

Procura-se assim seguir uma abordagem da gestão do risco decompondo-o em probabilidade e significância para demonstrar não só a sua aplicabilidade, mas que este modelo pode desempenhar uma forte colaboração na busca por melhores desempenhos ambientais. Desta forma aplica-se a metodologia a uma empreitada de reabilitação, numa infraestruturas rodoviária considerada rural, sob o desígnio da Câmara Municipal de Coruche. A aplicação ao caso em estudo evidencia que a obra de reabilitação pode melhorar os seus procedimentos e desempenho ambiental, além disso, permite obter resultados categorizados dos riscos identificados bem como sugestões de tratamento.

Em conclusão, é possível verificar a utilidade da metodologia da gestão de risco pois permite hierarquizar e classificar o risco revelando antecipadamente os possíveis fatores ambientais e as suas vulnerabilidades. A partir dos quais é possível definir prioridades, implementar medidas de prevenção, tratamento e mitigação, criando assim a base para uma possível aplicação a projetos de maior dimensão.

**Palavras-chave:** Risco ambiental, Modelo de gestão do risco, Infraestruturas rodoviárias, Desempenho ambiental

## Abstract

This paper addresses the issue of environmental risk associated with the development and contracts in road infrastructures culminating with the quest for reducing their environmental impact. As such, this dissertation aims to implement the risk management approach to environmental risks, minimizing the negative impact from them.

Therefore, it is sought to follow a risk management approach breaking it down into probability and significance to demonstrate not only its applicability, but that this model might play a strong assistance in the search for a better environmental performance. Thereby the methodology is applied to a rehabilitation contract in a road infrastructure considered rural under the charge of the Municipality of Coruche. The application to the case study shows that the work of rehabilitation can improve its procedures and environmental performance, moreover, it yields categorized risks results as well as suggested treatments.

In conclusion, it is possible to verify the usefulness of risk management methodology for it allows the rank and classification of risk revealing the possible environmental factors and their vulnerabilities. From which you can set priorities, implement prevention, treatment and mitigation measures thus creating the basis for a possible application to larger projects.

**Keywords:** Environmental risk, Model of risk management, Road infrastructures, Environmental Performance

# Índice Geral

Agradecimentos.....	iii
Resumo.....	iv
Abstract.....	v
Índice de Tabelas .....	vii
Índice de Figuras .....	viii
Índice de Equações.....	ix
Acrónimos e Siglas.....	ix
1. Introdução.....	1
1.1. Enquadramento.....	1
1.2. Objetivos .....	2
1.3. Metodologia de investigação e Organização da Dissertação.....	3
2. Revisão de Conhecimentos .....	4
2.1. Conceito de Risco.....	4
2.1.1. Publicações Científicas .....	5
2.1.2. Publicações Técnicas.....	9
2.1.3. Discussão dos conceitos .....	12
2.2. Risco Ambiental .....	13
2.3. Infraestruturas Rodoviárias .....	16
2.4. Principais Riscos Rodoviários e Características .....	23
3. Desenvolvimento do Modelo de Avaliação do Risco.....	30
3.1. Estrutura do Modelo .....	30
3.2. Estabelecer o contexto e critérios .....	30
3.3. Identificação de riscos.....	38
3.4. Análise do risco.....	38
3.4.1. Extração e Transporte de Materiais .....	39
3.4.2. Fragmentação e Criação de efeito Barreira .....	42
3.4.3. Contaminação de Aquíferos e Perturbação de Linhas de Água .....	45
3.4.4. Destruição da Paisagem Natural e Criação de Estaleiro .....	46
3.4.5. Geração de Resíduos .....	49
3.5. Avaliação do risco.....	50
3.5.1. Classificação de significância.....	50

3.5.2.	Classificação de probabilidade .....	56
3.5.3.	Grelha classificativa dos riscos .....	57
3.6.	Tratamento do risco.....	58
4.	Aplicação do Modelo .....	64
4.1.	Metodologia de aplicação do modelo .....	64
4.2.	Contexto da abordagem do risco .....	65
4.3.	Caracterização do caso de estudo .....	66
4.4.	Identificação .....	69
4.5.	Análise.....	71
4.6.	Avaliação .....	75
4.7.	Tratamento .....	77
5.	Discussão .....	79
5.1.	Discussão do modelo .....	79
5.2.	Discussão da aplicação do modelo .....	79
6.	Conclusões e trabalho futuro .....	81
	Referências Bibliográficas.....	83

## Índice de Tabelas

Tabela 1- Diferentes definições de risco e incerteza, adaptado de (Ropel and Gajewska 2011).....	5
Tabela 2 - Comparação de tipos de sociedade, adaptado (Matten 2004; Beck 1992)....	6
Tabela 3 - Diferenciação da origem da informação consultada.....	8
Tabela 4 - Diferentes fases do Ciclo de vida de uma estrutura rodoviária.....	19
Tabela 5 -Etapas no processo de prevenção de acidentes em estrada, adaptado de (Road Safety at Work e Justice Institue of British Columbia) .....	22
Tabela 6 - Impactes de infraestruturas rodoviárias nos processos ecológicos e na biodiversidade, adaptado de (Karlson, Mörtberg, and Balfors 2014) .....	24
Tabela 7- Fatores responsáveis pelas colisões entre veículos e animais, baseado em (Seiler 2003).....	27
Tabela 8 - Quadro síntese dos principais riscos ambientais em infraestruturas rodoviárias .....	29
Tabela 9 - Grelha classificativa dos riscos.....	32
Tabela 10 - Classificação de significância geral de riscos ambientais .....	32
Tabela 11 - Classificação de Probabilidade de Ocorrências.....	33
Tabela 12 - Definição dos intervalos de significância para a ocupação de solo .....	33
Tabela 13 - Definição dos intervalos de significância para a exploração da matéria-prima .....	34
Tabela 14 - Definição dos intervalos de significância para a ocupação de solo através da densidade.....	35

Tabela 15 - Definição dos intervalos de significância para a contaminação de linhas de água .....	36
Tabela 16 - Definição dos intervalos de significância para a contaminação de linhas de água balnear .....	37
Tabela 17 – Definição dos intervalos de significância para a análise do ruído .....	37
Tabela 12 - Definição dos intervalos de significância para a ocupação de solo .....	51
Tabela 13 - Definição dos intervalos de significância para a exploração da matéria-prima .....	52
Tabela 14 - Definição dos intervalos de significância para a ocupação de solo através da densidade.....	53
Tabela 15 - Definição dos intervalos de significância para a contaminação de linhas de água .....	53
Tabela 16 - Definição dos intervalos de significância para a contaminação de linhas de água balnear .....	54
Tabela 17 – Definição dos intervalos de significância para a análise do ruído .....	55
Tabela 18 - Classificação de significância geral de riscos ambientais .....	56
Tabela 19 - Classificação de Probabilidade de Ocorrências.....	57
Tabela 20 - Grelha classificativa geral dos riscos.....	58
Tabela 21 – Suporte de apreciação do risco, designado de registo do risco .....	76

## Índice de Figuras

Figura 1- Interação entre os princípios, o enquadramento e o processo de gestão de risco .....	10
Figura 2 - Adaptação do ciclo de Deming (PDCA) para Português .....	11
Figura 3 - Raciocínio na construção de uma análise “pathway” baseada em (“Night Noise Guidelines for Europe” 2009).....	13
Figura 4 – Interação entre AIA para a vida útil e a declaração ambiental adaptado de (Petkovic et al. 2004) .....	16
Figura 5 - Fronteira do sistema proposta para os estudos de ACV em projetos rodoviários, adaptado de (N. Santero, Masanet, and Horvath 2010) .....	20
Figura 6 – Representação das implicações para o Ambiente da Extração e Transporte de Materiais.....	39
Figura 7 - Representação das implicações para o Ambiente da Fragmentação e Criação de efeito barreira .....	42
Figura 8 - Registo de atropelamentos de fauna, por distrito, referente a 2011, 2012, 2013, adaptado de Relatório de Síntese de 2013 .....	43
Figura 9 - Representação das implicações para o Ambiente da Contaminação e perturbações dos aquíferos .....	45
Figura 10 - Representação das implicações para o Ambiente da Destruição da paisagem e criação de estaleiro.....	46
Figura 11 - Representação das implicações para o Ambiente da Geração de Resíduos .....	49
Figura 12 – Processo cíclico de tratamento dos riscos.....	58
Figura 13 - Exemplos de transporte com cobertura e lavagem de rodados, retirados de (Mascus 2015; Transprimo 2015) .....	59



Figura 14- Exemplo de Passagem Hidráulica adaptada para a passagem de fauna, retirado de (Garcia 2014) .....	61
Figura 15- Exemplos de técnicas minimizadoras do ruído, adaptado de (Kotzen e English 2009) .....	63
Figura 16 - Mapa com localização da zona onde se insere o caso de estudo, retirado de (“Google Maps” 2015a).....	66
Figura 17 - Ampliação e identificação da localização do caso de estudo retirado de (“Google Maps” 2015b).....	67
Figura 18 – Estado atual da infraestrutura rodoviária. ....	68
Figura 19 - Classificação dos solos retirado de (Panagos et al. 2011).....	68
Figura 20 – Resíduos de manutenção e reabilitação da infraestrutura rodoviária .....	69
Figura 21- Vista da entrada do estaleiro de apoio à obra.....	70
Figura 22 - Representação das implicações para o Ambiente da Destruição da paisagem natural.....	71
Figura 23 - Representação das implicações para o Ambiente da Contaminação e Perturbação das linhas de água e aquíferos .....	72
Figura 24- Representação das implicações para o Ambiente do Aumento do tráfego Rodoviário e da Presença humana.....	73
Figura 25- Representação das implicações para o Ambiente da Geração de resíduos de asfalto e alcatrão.....	74

## Índice de Equações

Equação 1- Quantificação da fragmentação do ecossistema adaptada de (Jaarsma e Willems 2002) .....	44
Equação 2 - Indicador de ruído, em dB(A), referido no Decreto-lei nº9/2007.....	47
Equação 3 – Risco definido como função de probabilidade e significância de acordo com (Birkmann 2006).....	50

## Acrónimos e Siglas

ACV – Análise de ciclo de Vida

AIA – Avaliação de Impacte Ambiental

APA – Agência Portuguesa do Ambiente

ARA – Avaliação de Risco Ambiental

CO - Monóxido de carbono

CO<sub>2</sub> - Dióxido de carbono

ETAR – estação de tratamento de águas residuais

FMEA (Failure Modes e Effects Analysis)

ISO – International Organization for Standardization

Hg – Mercúrio

NO<sub>x</sub> - Óxidos de azoto)

Pb - Chumbo

PIB – Produto interno bruto

PROTOVT - Plano Regional de Ordenamento do Território do Oeste e Vale do Tejo

SMAS - Serviços municipalizados de água e saneamento

SO<sub>2</sub> - Dióxido de enxofre)

TCRA - *Traffic calming rural areas*

USEPA – *United States Environmental Protection Agency* – Agência de Proteção ambiental dos Estados Unidos

# 1. Introdução

A temática do risco está muitas vezes associada à realização de eventos que, de alguma forma, são prejudiciais quer para uma organização, quer para o indivíduo. Hoje em dia, fala-se em risco financeiro, em risco de cheia, em risco de saúde, em risco de segurança, em risco geológico, etc. O conceito em si tem-se difundido por diversas áreas de estudo e adquirindo diferentes especializações e cuidados em cada uma delas (Almeida 2011).

O presente trabalho trata os riscos para o ambiente e o processo da sua gestão. A introdução desta dissertação encontra-se dividida em vários subcapítulos, 1.1 Enquadramento, onde é abordado o contexto, 1.2 Objetivos, onde é referido o que se pretende atingir com este trabalho e, por fim, 1.3 Metodologia de investigação e Organização da Dissertação, onde são explicadas a organização da literatura consultada e os restantes capítulos deste trabalho.

## 1.1. Enquadramento

Desde os primórdios da civilização humana que o Homem procura segurança e prosperidade (Johan Rockstrom et al. 2014). Primeiro com o aproveitamento de estruturas naturais, permitindo obter proteção das condições ambientais adversas e, posteriormente, com o desenvolvimento ele próprio de métodos à resolução de diferentes condições hostis, como a construção de estruturas artificiais. Exemplos práticos desta evolução são a construção de uma habitação, de uma estrada, uma ponte, uma barragem ou qualquer outra variedade de obras de engenharia. Isto possibilitou uma melhoria da qualidade de vida do ser humano e um aumento da esperança média de vida nas cidades ocidentais (Edward Mcnall Burns 1975).

Nessa busca de prosperidade, auxiliada pelo avanço da capacidade cerebral do ser humano, este percebe que deve tomar certas atitudes em detrimento de outras. Surgindo assim, o conceito de incerteza associado a acontecimentos. Com ele veio a noção de risco e as implicações desta para o desenvolvimento da civilização são cruciais (Peter L. Bernstein 1999). A partir destes desenvolvimentos científicos, a civilização humana tem procurado caracterizar, conhecer e compreender melhor o mundo em que vivemos, na tentativa de aumentar a previsibilidade da realidade e, conseqüentemente, a sua plenitude. Contudo, esse objetivo nem sempre é atingido. Desta forma, surge a gestão do risco como um processo, associada à procura do sucesso e à garantia de que este se concretiza.

A necessidade de criar uma rede de comunicação para um transporte mais fácil, rápido e eficaz de bens, indivíduos e informação tem sido uma preocupação constante no desenvolvimento de qualquer civilização no nosso planeta. Como tal, estudar e perceber esta temática é extremamente importante não só para as sociedades contemporâneas mas também para as futuras gerações envolvendo outras abordagens e seguindo portanto um modelo de desenvolvimento sustentável (Francisco Fernandes et al 2007)

Nesta dissertação é dado enfoque às obras de engenharia rodoviária, nomeadamente a estradas e a rodovias em território nacional, visto que, estas infraestruturas são de extrema importância para o deslocamento de pessoas e de mercadorias bem como para a segurança de uma região, com implicações a diferentes níveis, quer a nível social, económico e ambiental. Estas obras de engenharia permitem uma comunicação mais rápida entre diferentes aglomerados populacionais, aproximam parceiros de negócio mas também podem ser a origem de problemas ambientais, como o ruído ou a fragmentação de habitats. Este aspeto é abordado, neste trabalho, sob o desígnio de risco ambiental em infraestruturas rodoviárias. De modo a diferenciar a maneira como estas devem ser tratadas e como os veículos nelas se devem deslocar, existem diferentes designações para as rodovias dentro do plano rodoviário nacional. Nomeadamente, itinerários principais (IP/ Autoestradas), Itinerários complementares (IC), estradas nacionais (EN) e estradas regionais (ER).

Como na maioria de obras de engenharia, existem diferentes fases que conduzem à sua elaboração. O presente trabalho visa dar atenção a uma abordagem geral relativamente às diferentes fases de fabrico de uma estrada e, às implicações que dessas possam advir não só para o ambiente mas, também, consequentemente para a saúde humana.

## 1.2. Objetivos

Nesta dissertação, o desenvolvimento e aplicação de modelo de risco ambiental apresenta como objetivo avaliar, validar e melhorar a metodologia utilizada, tendo em conta os resultados obtidos, aquando da sua utilização. Sendo que, os seus principais objetivos são:

- Minimizar o impacto negativo proveniente de riscos;
- Ajudar a prever possíveis futuros riscos, aumentando a probabilidade de atingir os objetivos;
- Fornecer um ponto de partida para o estudo de um projeto semelhante e encorajar uma gestão mais proactiva;
- Aumentar a resiliência do processo, o desempenho ambiental e a segurança;
- Maximizar as possíveis oportunidades, isto é, os impactes positivos oriundos dos riscos identificados;
- Procurar uniformizar a linguagem utilizada, para facilitar o diálogo, entre profissionais de diferentes áreas – segurança, ambiente, arquitetura, engenharia e gestão.

Procura-se assim, contribuir para uma melhor gestão ambiental e combater a dificuldade em associar diferentes aspetos ambientais, à linguagem do risco e às ferramentas de gerência.

De modo, a dar resposta, a fomentar um maior conhecimento sobre a temática e a uniformizar a linguagem já utilizada por diferentes áreas de estudo, relativamente à gestão do risco, desenvolve-se uma metodologia de apreciação e avaliação do risco ambiental. Metodologia

essa, que é posteriormente aplicada a um caso de estudo procurando assim obter uma melhoria de práticas ambientais aplicadas às infraestruturas rodoviárias.

### 1.3. Metodologia de investigação e Organização da Dissertação

No decorrer desta dissertação, realiza-se uma investigação do conhecimento já existente sobre o tema. Essa investigação está organizada na forma de conceitos, isto é, cada tema é desenvolvido segundo a sua origem – 2.1.1. Publicações Científicas ou 2.1.2. Publicações Técnicas - antes de integrar as noções de forma a transmitir um conhecimento mais abrangente. A pesquisa referente ao tema necessita de consultas a artigos científicos, dissertações realizadas anteriormente, métodos e ferramentas de apreciação, avaliação e/ou de identificação do risco, de modo a que seja possível, desenvolver um modelo mais abrangente e completo. Para tal são consultadas, não só normas internacionais, como as ISO 31000, 31010, 9000, 14001 mas também, informações provenientes da APA, das Estradas de Portugal S.A. e da USEPA e diversos decretos-lei.

O presente trabalho está organizado em 6 capítulos principais. No primeiro capítulo, 1. Introdução é feita referência às temáticas abordadas, à metodologia da pesquisa utilizada e à motivação para a dissertação. No segundo capítulo, 2. Revisão de Conhecimentos é tratada a revisão de ideias que foi efetuada sobre o conceito de risco e risco ambiental em obras de engenharia, mais concretamente, sobre infraestruturas rodoviárias.

De seguida no terceiro capítulo, 3. Desenvolvimento do Modelo de Avaliação do Risco é abordado o modelo que foi desenvolvido e são explicados os seus passos em maior detalhe, à semelhança do defendido pela ISO 31000. Já no quarto capítulo, 4. Aplicação do Modelo procura-se analisar a aplicação do modelo a um caso de estudo escolhido. No quinto capítulo, 5. Discussão é realizada a discussão dos resultados obtidos aquando da aplicação do modelo desenvolvido no capítulo anterior. Por fim no capítulo 6. Conclusões e trabalho futuro são apresentadas as conclusões e as limitações do presente trabalho, bem como, possíveis trabalhos futuros a serem realizados.

## 2. Revisão de Conhecimentos

Nesta secção é apresentada a investigação sobre as temáticas de risco e infraestruturas rodoviárias, ambos os temas centrais desta dissertação. De início, faz-se uma abordagem sobre os conceitos considerados mais importantes, sua evolução, perspectivas de diferentes autores e suas definições. Posteriormente elaboram-se várias reflexões sobre os mesmos.

Este capítulo encontra-se dividido em subcapítulos de forma a tornar a leitura mais fácil, permitindo identificar mais rapidamente os subtemas específicos.

Começa-se com o conceito de risco 2.1 e consequente divisão, entre 2.1.1 Publicações Científicas e 2.1.2 Publicações Técnicas, de seguida, aborda-se a noção de risco ambiental 2.2. Faz-se uma breve referência a obras de engenharia sendo que posteriormente aborda-se as infraestruturas rodoviárias 2.3. e, por fim, de modo a integrar os conceitos estudados, apresenta-se o quadro síntese dos principais riscos rodoviários identificados, segundo cada sector ambiental 2.4. Esses elementos são elaborados em maior detalhe nos primeiros pontos do capítulo 3. Desenvolvimento do Modelo de Avaliação do Risco.

### 2.1. Conceito de Risco

O conceito de risco, a sua gestão e avaliação, são aplicados em diversas áreas (David Hyett 2010) e apresentam uma clara evolução ao longo dos tempos. Talvez o mais difícil seja mesmo aceitar uma definição padrão para risco, visto esta se ter difundido bastante e ser muitas vezes trocada por outro conceito também ele importante – a incerteza.

A temática do risco tem sido alvo de várias investigações e tema de estudo durante um longo período de tempo. Adquiriu maior destaque na sociedade segundo (Dickinson 2001) após a rutura de várias empresas notórias e, de os planos estratégicos começarem a integrar noções de risco no planeamento. Risco e incerteza estão intimamente relacionados, mas muitos autores apresentam definições diferentes (Samson, Reneke, and Wiecek 2009; Ropel and Gajewska 2011). Através da sua investigação (Matten 2004) afirma que o risco em si, não é um fenómeno novo e pode ser diferenciado da noção de perigo que sempre existiu desde muito cedo, como potenciais ameaças à saúde e a existência de catástrofes naturais. Já o risco provém de decisões tomadas pelo Homem. O risco como a possibilidade de acidentes em fábricas ou no tráfego já fazia parte do conhecimento em sociedades industriais clássicas e esses riscos eram cobertos por outro conceito institucional - o seguro.

### 2.1.1. Publicações Científicas

Por apresentar esse carácter evolutivo, a definição de risco nem sempre é a mais consensual, de tal forma que vários investigadores e autores de investigações, projetos, críticas e revisões apresentam definições que divergem entre si. Desta forma, através da consulta de literatura, apresenta-se a seguir um possível quadro resumo das definições, Tabela 1, atribuídas ao risco e à incerteza, consultado aquando da investigação para esta dissertação.

Tabela 1- Diferentes definições de risco e incerteza, adaptado de (Ropel and Gajewska 2011)

<b>Autor</b>	<b>Definição risco</b>	<b>Definição incerteza</b>
(Winch 2002)	Uma fase onde existe falta de informação, mas ao consultar o passado torna-se mais fácil prever o futuro (eventos onde o resultado é conhecido e esperado)	É parte da informação necessária para se tomar uma decisão. O nível de incerteza vai diminuir à medida que um projeto avança ao longo do seu ciclo de vida
(David Cleden 2009)	É a confirmação do que pode surgir da falta de conhecimento. São as falhas no conhecimento que pensamos constituir uma ameaça ao projeto	É a medida intangível daquilo que não sabemos. É o que fica para trás quando todos os riscos foram identificados. São as falhas no conhecimento que não nos apercebemos
(Smith, Merna, and Jobling 2009)	Riscos ocorrem onde existe algum conhecimento sobre o evento	Pode não existir informação suficiente sobre a ocorrência de um evento, mas sabe-se que pode ocorrer
(Webb 2003)	É a situação na qual se possui alguma informação do resultado dos objetivos. Exposição ao risco pode ser negativa ou positiva	É uma situação com um resultado que uma pessoa não tem conhecimento
(Darnall and Preston 2010)	É a possibilidade de perda ou lesão	-
(Cooper et al. 2005)	É a exposição às consequências da incerteza	-

O conceito de “sociedade de risco” surge, segundo Ulrich Beck (Beck 1992) de dois desenvolvimentos distintos – o aumento do empenho em melhores políticas ambientais na Europa (a meio da década de 1980) e os desenvolvimentos de teorias sociológicas. A prática mais comum era reduzir danos ambientais indesejados mantendo inalterada a economia dos ditos países industrializados. No entanto, essa atitude não estava a ter sucesso, apesar de as regulações terem sido eficazes em gerir consequências nocivas materiais e concretas. (Beck 1992) defende que as consequências imateriais e só perceptíveis psicologicamente foram negligenciadas. As distinções entre a sociedade moderna “tradicional” ou “clássica” e a sociedade de risco tornam-se evidentes através da observação – as sociedades são expostas a riscos que já não estão cobertos por qualquer tipo de seguro. Como exemplos disso, a geração de energia nuclear, resultados da engenharia genética e as alterações climáticas, ultrapassam a capacidade de soluções convencionais de seguro. Estes riscos podem ser melhor compreendidos pelo que se pode observar na Tabela 2, contrapondo ao que se passava na sociedade dita “clássica”.

Tabela 2 - Comparação de tipos de sociedade, adaptado (Matten 2004; Beck 1992)

	<b>Sociedade industrial (clássica)</b>	<b>Sociedade de risco (modernidade reflexiva)</b>
<b>Tipos de risco</b>	Riscos no local de trabalho e acidentes	Ambivalência da decisão sobre estes riscos (autoimpostos, catástrofes artificiais)
<b>Escala</b>	Limitado ao espaço, fronteira temporal e espacial	Não são limitados pelas fronteiras tradicionais das sociedades industriais
<b>Cálculo do dano</b>	Nível de destruição conhecido, compensação disponível através de seguros	Valor económico tradicional de seguro incalculável, pois não se conhece a probabilidade de ocorrência
<b>Responsabilidade</b>	Atribuída através de regras	As instituições políticas não são capazes de lidar com estes novos riscos ambientais – Irresponsabilidade organizada

No ano da primeira publicação da tese de Beck, era já evidente o adensar de catástrofes como o que aconteceu em Seveso, a destruição da camada de ozono e o fenómeno *El Niño*. Estes acontecimentos contribuíram para trazer à consciência da sociedade o risco global das alterações climáticas e, desta forma, observa-se a proliferação destes riscos e de se tornarem num padrão dominante do comportamento da sociedade e do seu estilo de vida moderno, algo não observado nas ditas sociedades industriais clássicas. Nas últimas décadas do séc. XX, destacam-se, portanto, os estudos realizados na sua tese “The Risk Society” (Beck 1992)



editado pela primeira vez em 1986. Como tal, foi consultado (Matten 2004) para melhor compreender as implicações do que foi abordado, das conclusões e para se ter noção do trabalho mais recente de Beck. Desta forma, (Matten 2004) tenta mostrar que *risco* e *globalização* são ambos manifestações do mesmo fenómeno social que é a modernização. O primeiro erode o poder político dos governos nacionais por dentro, ao passo que o segundo, a globalização, enfraquece os governos a partir de fora pois aumenta a capacidade da ação social para além do seu alcance. Como tal, procura-se maximizar a ausência da comodidade indesejável – o risco. Este torna-se uma preocupação dominante destas sociedades pós industriais, mas ao contrário do que se passava anteriormente, os governos já não estão adequados para combater o problema do risco. Assim que a globalização modifica a sociedade em algo que acontece para além destas fronteiras nacionais, o controlo do governo sob a sociedade diminui gradualmente também.

Segundo (Beck 1992; Matten 2004), isto deve-se maioritariamente a cinco aspetos: à incerteza e falta de conhecimento científico, à obscuridade das responsabilidades, ao fato de os governos dependerem do consentimento democrático, à confusão em torno do objeto de estudo – risco – e à falta de mecanismos institucionais para gerir o risco. (Matten 2004) refere ainda que, um problema particular em regular o risco é que a maioria destes requerem cortes severos no padrão de vida, das sociedades ditas industrializadas.

O impulso fornecido pela tese da sociedade de risco é importante e relevante pois originou novos conceitos e permitiu aos agentes políticos compreenderem melhor que atitudes devem tomar. Já numa perspetiva empresarial, deixa de considerar as empresas e as organizações apenas como produtoras de riscos, mas sim, cada vez mais como poderosos agentes económicos e políticos da sociedade global. Fomentadas por esse impulso, certas empresas tomam cada vez mais a consciência que devem gerir melhor o seu património, os seus ativos financeiros e físicos. Para uma organização, a prática de gerir os seus ativos físicos pode ser encarado como um processo de gestão de risco, porque, de modo a se atingir uma boa administração em gestão de ativos, uma das estratégias utilizadas para identificar e executar as atividades necessárias é a gestão do risco.

Duas ferramentas importantes que a auxiliam e devem estar incorporadas no processo de gestão de risco são a previsão de eventos e a formação dos colaboradores. Segundo a análise que foi consultada em (Schoeman and Vlok 2014) deve ser dada maior atenção à gestão de risco, cerca de 60% do orçamento disponível, de seguida à formação de pessoal com 25% e os finais 15% à previsão de eventos. As suas justificações são que o campo da previsão ainda pode ser considerado um pouco imaturo e subjetivo e, aos benefícios ganhos através da formação de pessoal são difíceis de se lhes atribuir um valor, apesar de admitirem que ele existe.

De modo a compreender a possível influência dos meios de comunicação, na sociedade sobre a temática dos riscos ambientais, foi consultado um estudo realizado por (Serra 2009). Este

permitiu perceber que a programação mediática dos temas ambientais e a sua relevância dependem quase sempre, da importância que é atribuída aos eventos e à notoriedade política, económica ou social dos principais agentes intervenientes desses eventos. Exemplos concretos disso no estudo são as notícias referentes às Alterações Climáticas, à Conferência de Bali e à contribuição sobre os sacos plásticos leves, por estar ligada a um projeto-lei governamental. Como tal, outros temas, relacionados a eventos ou acontecimentos que envolvam protagonistas menos célebres ou menos conhecidos apresentam muito menor probabilidade de surgir com algum destaque em toda a agenda mediática. Desta forma, os meios de comunicação social, para tentarem preservar os seus valores de imparcialidade e objetividade, acabam por conferir um peso maior à informação dos riscos ambientais que à partida já têm mais voz. Ao mesmo tempo, acabam por obrigar aqueles que não têm essa voz tão sonante a conquistarem-na e a impô-la, através de manifestações, protestos, ações judiciais e denúncias para se tornarem assim mais visíveis, exemplo disso tem sido o caso do manuseamento de petcoke no porto de Aveiro (Luís Miguel Loureiro e José Luís Carvalho 2015). No entanto, deve-se destacar iniciativas como a (“Um Planeta Plastificado” 2015) da Visão que recorrentemente publica edições onde procura trazer as questões ambientais para os assuntos da atualidade e para a realidade da sociedade atual.

Além destas publicações são examinadas outras fontes, sintetizadas na Tabela 3.

Tabela 3 - Diferenciação da origem da informação consultada

<b>Artigos Científicos</b>	<b>Artigos discutidos em conferências</b>	<b>Publicações Consultadas</b>	<b>Dissertações de Mestrado</b>	<b>Artigo de Discussão</b>
(Assmuth e Hildén 2008) (Alam, Kumar, e Dawes 2013) (Bruinderink e Hazebroek 1996) (Chowdhury, Apul, e Fry 2010) (Forman e Alexander 1998) (Hagenzieker, Commandeur, e Bijleveld 2014) (Jaarsma e Willems 2002) (Karlson, Mörtberg, e Balfors 2014) (N. J. Santero e Horvath 2009) (N. Santero, Masanet, e Horvath 2010) (Petkovic et al. 2004) (Shaw et al. 2012)	(Andreas Seiler e Inga-Maj Eriksson 1995) (Carpenter et al. 2007) (Soderlund et al. 2008)	(Ferrão 2012) (Forman, Richard TT et al. 2003)	(Deublein 2013) (Seiler 2003)	(Daigle 2010)

Apesar de a informação provir de diferentes fontes, através da observação desta tabela, percebe-se que a maioria da literatura consultada são artigos científicos, analisados de diferentes jornais técnicos. Todas estas fontes de informação são integradas numa análise mais profunda nos subcapítulos 2.2. Risco Ambiental, 2.3. Infraestruturas Rodoviárias e 2.4. Principais Riscos Rodoviários e Características.

### 2.1.2. Publicações Técnicas

Neste subcapítulo são incorporadas as publicações técnicas consultadas no âmbito desta dissertação, como as normas internacionais ISO por exemplo, visto estas também desempenharem um papel importante, são elaboradas algumas elações das mesmas.

Assim, qualquer tipo e tamanho de organização enfrenta fatores internos e externos que fazem com que seja incerto saber quando e, se os seus objetivos irão ser atingidos. É importante referir que, a maioria das atividades de uma organização envolvem risco.

Um dos objetivos da norma internacional ISO 31000:2009 é, o de descrever de forma sistemática e lógica todo o processo de gestão do risco, através da sua identificação, análise e consequente avaliação para se averiguar se o risco deve, ou não, ser modificado pelo tratamento do mesmo. A disposição desta está distribuída em cinco secções distintas, mas complementares, de forma a harmonizar a integração destes conceitos e ferramentas na estrutura de qualquer empresa, organização ou na maneira de operar de um utilizador particular.

Na primeira secção, é explicado o âmbito da ISO 31000, o que se pode obter aplicando a presente norma, o carácter não certificável da mesma e, que o seu principal objetivo é o de ajustar o processo de apreciação e gestão do risco em normas existentes e futuras.

Na secção seguinte, são apresentadas algumas definições e conceitos fundamentais para o tratamento do objeto de estudo. Isto é, a norma define o risco como o efeito das incertezas nos objetivos, sendo esse efeito um desvio (positivo e/ou negativo) do que seria expectável. Estes objetivos podem ter diferentes aspetos, como por exemplo: ambientais, financeiros, saúde, segurança e energéticos. Podem, também, ser aplicados a diferentes níveis, como estratégico, a nível do projeto, do produto e do processo ou por toda a organização. A incerteza referida é definida como o estado de deficiência de informação, ou de conhecimento de um evento, as suas consequências e a hipótese de este ocorrer. Normalmente, o risco é expresso em termos de uma combinação de consequência de um evento e a probabilidade associada da sua ocorrência. Deste modo, o dono do risco é a pessoa ou entidade com a autoridade e responsabilidade de gerir um risco. A gestão do risco deve ser vista como a arquitetura entre os princípios, *principles* do inglês, o enquadramento, *framework* e o processo de gerir o risco,

process. Este último concretiza-se, aplicando essa arquitetura a riscos particulares e contém as etapas de identificação, análise, avaliação e tratamento do risco. Defende-se também a existência de uma etapa de monitorização e revisão, de modo, a se contribuir para uma melhoria contínua de todo o processo. A interação entre os princípios, o enquadramento e o processo é observável consultando a Figura 1.

Na terceira secção, são enumerados os princípios base para a gestão do risco ser eficaz. Princípios como o de que a gestão do risco deve fazer parte do processo de tomada de

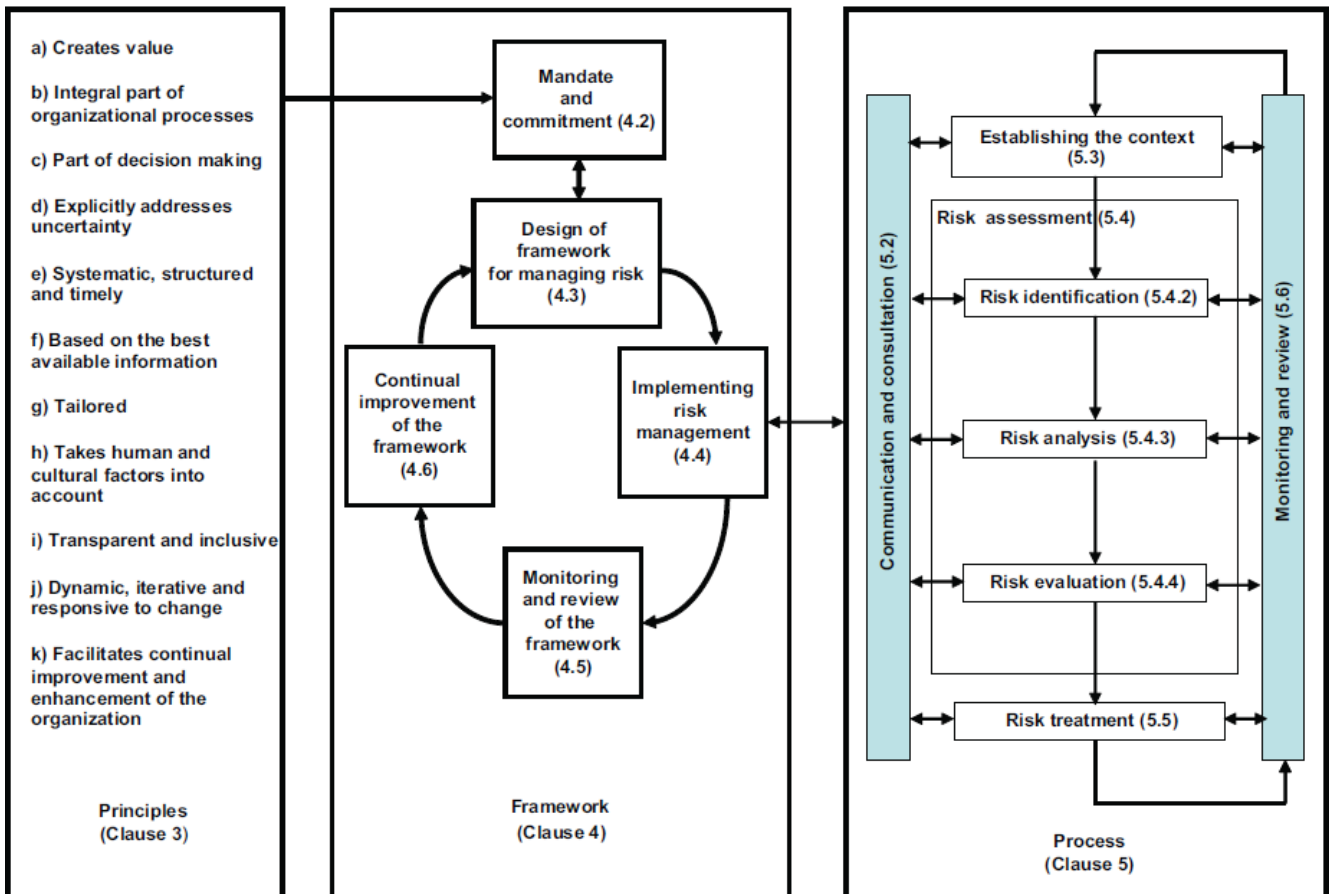


Figura 1- Interação entre os princípios, o enquadramento e o processo de gestão de risco

decisão e, que essa gestão deve fazer parte de todos os processos organizacionais.

Na secção seguinte, são explicadas as componentes do enquadramento. Como perceber a organização, o seu contexto, estabelecer a política de gestão de risco, responsabilidades, estabelecer comunicações internas e externas e seus mecanismos para relatar. Assegurando que a informação, procedente do processo de gestão do risco, é reportada adequadamente e aproveitada como base para a tomada de decisão e responsabilidades, a todos os níveis da organização.

Por fim, na última secção, amplia-se o processo de gestão do risco. Este aplica-se a cada risco da organização, na medida em que deve integrar a cultura, as suas práticas e os seus processos, isto é, deve ser adaptado a cada organização. Devem existir fases de

estabelecimento do contexto, de monitorização e revisão, além da já referida anteriormente, apreciação do risco.

Posteriormente, foram também consultados os quadros dos anexos A e B da ISO 31010:2009, onde são aconselhadas diversas metodologias e ferramentas, úteis no processo de gestão de risco, consoante, as fases do processo, a complexidade indispensável, se é possível obter resultados quantitativos e ainda, os recursos necessários como tempo, conhecimento e dados.

A metodologia, que segundo a ISO 31010, melhor se aplica a riscos ambientais é designada como apreciação de riscos ambientais - do inglês “*environmental risk assessment*” – aplicável em todas as fases do processo e, tratando-se de uma técnica de análise de cenários, toma o nome de avaliação de toxicologia – do inglês “*toxicity assessment*”. Remete para a análise de risco, para a fauna, flora e seres humanos como resultado de exposição a um perigo ambiental, como um composto químico, micro-organismos ou mesmo outras espécies.

Observando com mais atenção, facilmente se consegue identificar, a influência da metodologia do ciclo de Deming, PDCA, (“Plan-Do-Check-Act (PDCA): Implementing New Ideas in a Controlled Way” 2015) adaptado da ISO 9001, Figura 2 - através da identificação das fases de P-planear; D-executar; C-verificar; A-corrir -, nas diferentes componentes desta arquitetura.

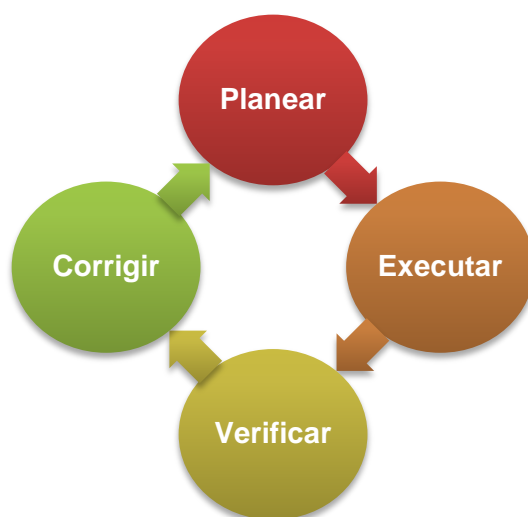


Figura 2 - Adaptação do ciclo de Deming (PDCA) para Português

Em que o “planear”, diz respeito ao desenvolvimento das políticas e do enquadramento para a gestão do risco. O “executar”, à implementação da gestão do risco, o “verificar” ao processo de monitorização e revisão desse enquadramento e por fim, o “corrigir” à melhoria contínua de todo este ciclo. Integrando assim, no desenvolvimento das políticas e do compromisso, o que se aprendeu anteriormente e o que pode ser melhorado.

Portanto, com o objetivo de manter uma ótima articulação destes 3 pilares – princípios, enquadramento e processo – consegue-se atingir a aplicação de uma metodologia lógica e sistemática para a temática dos riscos.

Por outro lado, no seguimento deste movimento para abranger o risco na sociedade, o Decreto-lei nº257/2007, de 12 de Julho que transpõe para o direito interno a Diretiva 2003/105/CE (que altera a Diretiva 96/82/CE do Conselho, de 9 de Dezembro), e modifica o regime de prevenção e controlo de acidentes graves que envolvem substâncias perigosas e das suas consequências para o homem e o ambiente, revogando o Decreto-lei n.º 164/2001, de 23 de Maio e a Portaria n.º 193/2002, de 4 de Março. Pode ser encarado como a concretização da compreensão por parte dos agentes políticos que atitudes devem tomar. Nele são contempladas substâncias que apresentam prejuízos e danos imediatos no ambiente. Não só em habitat terrestre, mas também em ecossistema marinho ou de água de superfície.

### 2.1.3. Discussão dos conceitos

No seguimento da consulta das diferentes publicações, e em jeito de procurar os conceitos abordados que são passíveis de conflito, realiza-se uma pequena reflexão.

Após ponderação, decide-se que devido às diversas definições e posições de diferentes autores, para o intuito desta dissertação a noção de risco e gestão de risco utilizadas são as presentes na norma internacional ISO 31000, com influência da definição em (EPA 2015).

Assim, o objetivo que pode sofrer desvios, devido à incerteza, é a preservação da qualidade do ambiente e ecossistema, onde se insere a infraestrutura rodoviária, independentemente da fase do ciclo de vida, em que se encontre.

Tendo por base diversos métodos de mapeamento e análise mental, referidos pela ISO 31010, utilizam-se, primeiramente, diagramas em árvore como forma de estabelecer um percurso, desde as ações causadoras de risco, até às suas consequências e efeitos nefastos para a envolvente. Numa fase mais avançada é recomendado para o estudo de riscos ambientais e para a saúde, realizar uma análise toxicológica. Como na maioria dos casos, não foi possível associar esse tipo de análise aos ditos efeitos causadores dos desvios, recorre-se a certas unidades de apreciação do risco, que permitem compreender em que medida a possibilidade desses riscos acontecerem impacta o ambiente e naturalmente a saúde humana. Seguiu-se as fases do processo de gestão do risco, recomendadas.

De igual modo, a fórmula utilizada para a construção da função risco, em estudo nesta tese pode ser observada no ponto 3.5. Tendo por base a literatura revista e os parâmetros recomendados das metodologias ambientais, consegue-se reduzir a apenas dois fatores – a significância (dano) e a probabilidade do risco. Na segunda metade do capítulo 3 esses fatores são analisados em maior detalhe.

## 2.2. Risco Ambiental

Como foi observado anteriormente, a temática do risco pode ser aplicada a uma grande amplitude de áreas e setores.

Numa primeira instância foi realizada uma investigação com intuito de perceber qual a posição de órgãos governamentais como a APA e a USEPA que utilizam a informação da avaliação do risco com o objetivo de criar prioridades regulatórias e de investigação, bem como para desenvolver regulações de poluição (Vandenberg 1995). Posteriormente, apresenta-se o exemplo da integração da gestão de risco ambiental na avaliação de impacto ambiental.

A avaliação integrada de riscos ambientais tem sido estudada e desenvolvida em vários contextos, desde nível local a global. Como consequência, a avaliação integrada de risco tem sido definida também de diferentes formas. Exigências a estas avaliações integradas e ao desenvolvimento de políticas apresentam interesse pois podem afetar tanto o desenvolvimento como a aplicação de métodos de avaliação de risco (Assmuth e Hildén 2008).

A USEPA (EPA 2015) considera o risco ambiental como sendo a hipótese de um agente de *stress* ambiental causar danos na saúde humana ou em sistemas ecológicos (“Basic Information | Risk Assessment Portal | US EPA” 2014). Estes agentes podem ser entidades químicas, biológicas ou físicas que originam uma resposta adversa nos organismos, nos recursos naturais ou em ecossistemas. Segundo este raciocínio, um agente de *stress* ambiental pode ser originado por diversos tipos de impulsionadores, Figura 3, de acordo com o modelo DPSIR adotado pela Agência Europeia do Ambiente (“The DPSIR Framework Used by the EEA | Knowledge Sharing e Developments” 2014). Em sentido mais lato, pode-se referir como o risco de destruição do meio natural por parte de certa atividade (“Environmental Risk” 2015). Um exemplo normalmente mencionado e facilmente perceptível é a descoberta de reservas de petróleo num parque nacional, é claro que existe o risco ambiental de que explorar essas reservas poderá prejudicar ou destruir a fauna e flora do parque. Um aspeto que diferencia os riscos ambientais é o fato destes envolverem questões morais e de reputação além das ditas “normais” consequências económicas – políticas como poluidor-pagador e de responsabilidade de limpeza e restituição do ambiente.

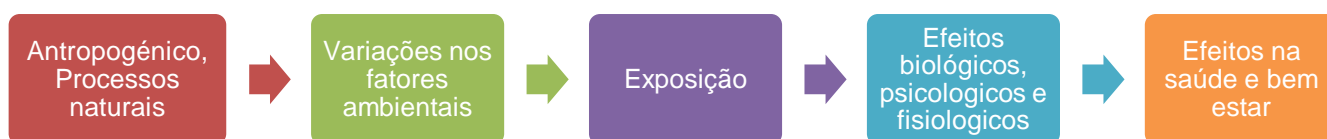


Figura 3 - Raciocínio na construção de uma análise “pathway” baseada em (“Night Noise Guidelines for Europe” 2009).

De forma semelhante, pode-se considerar esta metodologia como uma análise *pathway*, pois este procedimento envolve não só, a busca pela origem do dano mas também, pelos possíveis caminhos ou vetores pelos quais a população alvo é suscetível ao fator de risco (Committee on an Assessment of CDC Radiation Studies, National Research Council 1995). A sua grande vantagem é providenciar, uma compreensão mais detalhada do problema e dos fatores que levam ao aumento de risco, permitindo identificar, como e onde pode ser possível melhorar, mecanismos de monitorização.

As Estradas de Portugal S.A. juntamente com a Agência Portuguesa do Ambiente, o Instituto Superior Técnico e a empresa COBA procuraram criar um documento, que conseguisse abranger os diversos aspetos ambientais, relacionados com as estruturas rodoviárias. Essa colaboração culminou no Guia Técnico para a Avaliação de Impacte Ambiental de Infraestruturas Rodoviárias (Estradas de Portugal S.A., Agência Portuguesa do Ambiente, e Instituto Superior Técnico 2012). Além de defender a não existência de uma probabilidade nula de ocorrência de risco - por mais reduzida que seja, esta, existe sempre – ainda aconselha aspetos de como calcular o risco ambiental – FMEA (Failure Modes e Effects Analysis) -. No final deste, deve-se conseguir atribuir um valor relativo, a cada uma das falhas identificadas, os efeitos dessas falhas nas diferentes componentes do sistema e identificar as principais possíveis falhas que perturbem a segurança e fiabilidade do sistema em estudo. Deste modo, a avaliação da análise de riscos rodoviários, deve ter em conta, a probabilidade de ocorrência desse risco e a sua gravidade, não só para o ser humano diretamente, mas também para o ambiente.

Anteriormente, os processos de ARA eram apenas usados em procedimentos de estudos de impacte ambiental onde os riscos eram identificados tendo por base um campo particular. Mas, mais recentemente tem-se criado uma tendência para um uso mais abrangente da ARA como parte do processo de estudos de impacte ambiental, como por exemplo, a criação de *pathways* (caminhos de risco) entre as atividades do possível projeto e os potenciais impactes ecológicos, sociais e económicos (David Hyett 2010). O governo Australiano suportou este uso mais abrangente através de legislação concordante em alguns dos estados, New South Wales, Queensland e Victoria. De modo geral, segundo (David Hyett 2010) a utilização de ARA como parte do processo de AIA na Austrália tem sido desigual e os seus benefícios nem sempre são atingidos na sua totalidade. Através do estudo de Hyett, é possível encontrar vários benefícios em aplicar ARA dentro de AIA tais como: melhorias na gestão de incertezas, estabelecer prioridades para o processo de AIA – adquire especial importância se aplicado na fase de *scoping*, separando os riscos prioritários e significativos para um estudo mais detalhado -, reconhecer regularmente perigos de um possível projeto e quão detalhadas devem ser as averiguações para o processo de AIA.

No entanto, as limitações dos métodos de ARA devem também ser reconhecidas: interpretações distintas dos termos e conceitos por parte dos intervenientes, a subjetividade do *input* dos peritos, a simplicidade dos modelos de interações e a negligência de impactes



cumulativos e/ou sinérgicos. Uma sugestão proposta para melhorar a situação é a criação de diretivas por parte dos governos para clarear o papel expectável e mais adequado dos procedimentos de ARA (David Hyett 2010) , garantindo desta forma, uma mais-valia para os processos de AIA e não um aumento de encargos. Além disso, a ferramenta ARA, tem capacidade para fazer a passagem para uma economia verde, considerando que as alterações feitas aos métodos de ARA podem considerar as ligações que as propostas têm com o aumento da sustentabilidade.

O estudo de (Petkovic et al. 2004) sugere alguns pontos para a avaliação de riscos de locais contaminados na Noruega e apresenta 3 patamares distintos. Na Figura 4 exemplifica-se a adaptação do procedimento de AIA e, conseqüente declaração ambiental na avaliação de riscos. O caminho recomendado inicia com a identificação da fonte, segue-se a avaliação da via de transporte “*pathway*” e por fim a avaliação da exposição dos organismos alvo.

Numa primeira análise, deve-se comparar a composição do material com os critérios de qualidade do solo para áreas de utilização sensível de solo. Se a composição do material exceder esses critérios deve ser feita uma avaliação mais exigente, de segundo patamar. Neste segundo patamar – avaliação de risco quantitativa genérica – são determinados os critérios de qualidade para a exposição real do cenário e comparados com a composição do material. Neste patamar já se tem em conta as condições locais, uso do solo (atual e futuro) e condições de transporte e exposição. Caso se exceda estes critérios, requer ações corretivas ou uma avaliação ainda mais detalhada – de terceiro patamar. Nesta análise de terceiro patamar – avaliação de risco adaptada, quantitativa – são tidos em conta efeitos ambientais *in situ*, obtidos através de estudos mais aprofundados, de monitorização e observações, fatores como a carga total e a função, segunda a qual o lixiviado se liberta ao longo do tempo são parâmetros importantes neste contexto, além disso, são incluídos nos patamares 2 e 3 os efeitos de longo prazo.

Por hábito, nestes casos de avaliação de riscos estima-se a concentração na água ou no solo originando assim a base para a exposição aos seres humanos. No caso das infraestruturas rodoviárias, no entanto, a quantidade total libertada para o ambiente será mais relevante que concentrações nas várias matrizes.

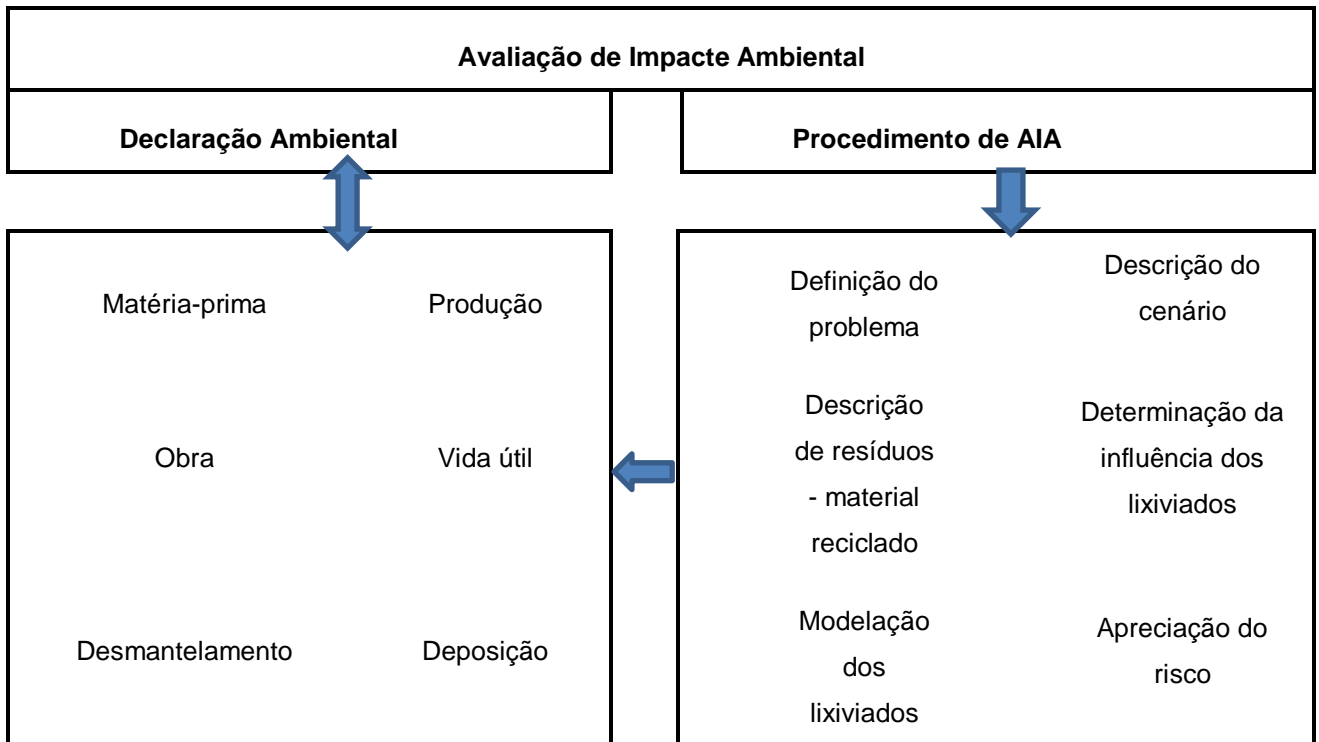


Figura 4 – Interação entre AIA para a vida útil e a declaração ambiental adaptado de (Petkovic et al. 2004)

Deste modo, é esperado um impulso de alta concentração após a primeira fase de construção mas este irá reduzir rapidamente. Numa análise a longo prazo, a baixa concentração irá contribuir mais substancialmente para a carga ambiental geral que os picos de concentração iniciais. Os autores (Petkovic et al. 2004) criticam a política nacional de resíduos na Noruega, argumentam que são necessárias soluções que reduzam a quantidade de resíduos encaminhada para aterro e que o uso de materiais secundários deve aumentar. Em contrapartida, devido à abundância de recursos naturais e aos baixos volumes de resíduos, não existe um incentivo aos empreiteiros na Noruega, apesar de existirem vários impostos sobre a deposição de resíduos em aterros.

### 2.3. Infraestruturas Rodoviárias

Hoje em dia, existem diferentes tipologias de empreitadas que são consideradas obras de engenharia. Desde a construção de uma grande barragem para produção de energia hidroelétrica, passando pela reparação de uma ponte e a repavimentação de uma rodovia. De modo geral, são criações artificiais do Homem para resolver ou dar resposta a algum problema da sociedade humana, facilitando a sua prosperidade no planeta. Por isso, e apesar de todas elas apresentarem fatores em comum, cada obra em si deve ser tratada como única para garantir que se atinge o objetivo pelo qual foi planeada.

Estradas e rodovias são um dos meios de transporte mais usados atualmente, estão intimamente relacionadas com conceitos como a facilidade de acesso, o rápido deslocamento de materiais e o nível de desenvolvimento da região. Na sua concepção existem diferentes fases de implementação, a construção, a operação/manutenção e a sua desativação ou fim de vida.

Num documento de discussão (Daigle 2010) aborda um pouco da evolução da mentalidade e dos cuidados na construção dessas obras de engenharia que são as estradas, sendo que a sua investigação se baseia nos trabalhos desenvolvidos, maioritariamente, na província canadiana da Colômbia Britânica. Ele defende que, em alguns casos, podem existir também benefícios ambientais, como por exemplo a criação de rotas de migração para algumas espécies (por exemplo lobos) e a formação desses corredores pode também ser vantajosa não só para a flora mas também para a fauna (por exemplo gaios e corvos). Além disso, as infraestruturas podem também originar habitats, exemplo disso são pontes que se podem tornar locais de nidificação para aves e refúgio para algumas espécies de morcegos. Isto é, as estradas podem fornecer oportunidades económicas e sociais se planeadas a ir de encontro às necessidades dos seus utilizadores, o mais evidente é o melhoramento ou a criação de acessos para aumentar a mobilidade do Homem.

Apesar disso, é reconhecido que as artificializações dos cursos de água têm afetado negativamente diversas espécies de peixes e o ecossistema aquático em si. Um exemplo prático disso são algumas espécies de anfíbios, que têm necessidades sazonais no seu ciclo de vida, requerendo habitats aquático e terrestre para satisfazer essas carências.

Esta construção – infraestrutura rodoviária - criada pelo homem adquiriu vários melhoramentos e desenvolvimentos ao longo do tempo, sempre com o objetivo de aumentar a sua eficiência. Não existe um consenso global em relação às origens das primeiras estradas pavimentadas, no entanto, a maioria refere que ocorreu em 4000 A.C. aproximadamente, na Mesopotâmia (Abrams 2015; “Pavement History | Pavement Interactive” 2015). Esses foram os primeiros seres humanos a servirem-se destas construções para o deslocamento de mercadorias e bens entre diferentes agregados populacionais da época. Apesar disso, é normalmente aos Romanos e ao seu engenho – (27 A.C – 476 D.C.) (“Roman Empire” 2015) que se atribui a grande proliferação de estradas nas civilizações ocidentais.

Atualmente, a construção destas infraestruturas de transportes, tão vital, é realizada com técnicas mais sofisticadas e com outras preocupações mais modernas, como a sustentabilidade compondo as três dimensões, ambiental, bem-estar social e económica (Shaw et al. 2012). Portanto, uma questão à qual é importante responder é: Por que fases passa um projeto rodoviário?

Inicialmente, deve ocorrer uma primeira fase de planeamento que engloba, não só, o programa base, mas também, o estudo prévio onde é realizada uma análise de viabilidade onde se deve realizar um estudo preliminar de avaliação de impactes. Direcionado para uma integração no território de acordo com as regras e instrumentos de ordenamento de território em vigor, como

a legislação aplicada ao setor rodoviário nomeadamente ao Plano Rodoviário Nacional (PRN 2000) e às normas rodoviárias, quer operacionais, quer de segurança, estabelecidas. Segue-se depois o ante projeto ou projeto base onde se desenvolve a solução aprovada pelo estudo prévio. Tende esse projeto sido desenvolvido, na fase de execução, os elementos especiais são discutidos e abordados entre o dono de obra e o projetista concluindo assim as fases de um projeto rodoviário, de acordo com as recomendações do Guia Técnico das Estradas de Portugal S.A.

No entanto, a maioria das apreensões ambientais em projetos de estradas e rodovias estão geralmente relacionadas com a questão do consumo de recursos, o aquecimento global, a destruição da camada estratosférica de ozono, a acidificação e o impacto que isso pode ter na economia (Alam, Kumar, e Dawes 2013). O desenvolvimento sustentável de ativos como estradas tem sido uma preocupação crescente internacional (Soderlund et al. 2008).

A investigação nesta área não é recente, como tal, foram consultados diferentes estudos realizados até à data para melhor se compreender quais as principais ideias de pensamento e caminhos de atuação. Um dos métodos que tem sido muito utilizado é a ACV.

Este método tem como objetivo, a avaliação do impacto ambiental, associado a um produto ou serviço, ao longo de todo o seu ciclo de vida (Ferrão 2012). A noção no cerne desta metodologia é a que, qualquer produto, processo ou atividade origina impactes no ambiente. Desde a remoção da matéria-prima, necessária à sua existência, até que, após a sua vida útil, são devolvidas à natureza. É importante referir que a ACV tem por base as leis da termodinâmica. O princípio da conservação da energia - esta não pode ser criada nem destruída, apenas convertida de uma forma para outra – e o princípio da degradação da energia e, conseqüentemente, inexistência de processos verdadeiramente reversíveis. No entanto, a análise energética pode tornar-se ambígua, sem a definição de uma clara fronteira do sistema em estudo. Daí a importância de definir, à partida, a fronteira do sistema e a unidade funcional – referência em relação à qual se determinarão os dados de entrada e de saída, que descreve uma função mensurável relacionada com o uso.

Desta forma, recolhem-se 15 estudos desde 1996 a 2010 de regiões como, Austrália, Canadá, Finlândia, Coreia, Suécia, Estados Unidos da América e Reino Unido, de forma a identificar os níveis de fronteira do sistema. Apesar de alguns melhoramentos, a maioria dos estudos recentes de ACV de estradas não considera as fases de uso, manutenção e de fim de vida. Consideram apenas a energia primária para avaliar os níveis de impacte das componentes do ciclo de vida – excluem a avaliação da energia da matéria-prima. (Alam, Kumar, e Dawes 2013) baseiam-se em (N. J. Santero e Horvath 2009) para referenciar o período de análise do ciclo de vida em 50 anos como o mais aconselhável, pois permite que o impacte de cada componente se materialize. Estes definem o ciclo de vida de uma estrada em 5 fases distintas, mas interligadas. As mesmas podem ser observadas na Tabela 4, juntamente com os aspetos ambientais, considerados mais importantes, correspondentes.

Tabela 4 - Diferentes fases do Ciclo de vida de uma estrutura rodoviária

Fases	Materiais	Construção	Uso	Manutenção	Fim de Vida
Aspetos Ambientais	Extração e Produção Transporte	Equipamento no local Congestão de tráfego	Resistência à rodagem Albedo Sinalética e luminosidade Drenagem Lixiviados	Reciclagem de material Transporte Equipamento no local Congestão de tráfego	Reciclagem de material Transporte Equipamento no Local

Os resultados encontrados destas investigações identificam extração e produção, congestão de tráfego, albedo e resistência à rodagem como componentes de elevado impacte, ao passo que, transporte e equipamento de construção são identificados como sendo componentes de baixo impacte no ambiente. A fronteira de sistema para o estudo de ACV de estradas proposta, torna-se mais fácil de observar quando ilustrada pela representação da Figura 5, contendo apenas componentes ambientais de elevado impacte.

A investigação (N. Santero, Masanet, e Horvath 2010) na área de ACV de pavimento refere que apesar de a informação ter crescido, as ferramentas ao nosso dispor muitas vezes só nos dão uma imagem estreita dos problemas e das suas potenciais soluções. Esta análise defende que os estudos apresentam, geralmente, problemas nas abordagens escolhidas que impedem a sua utilização de forma mais eficaz por parte dos agentes responsáveis pelas políticas e pelos engenheiros competentes, conforme discutido na secção 2 desta referência.

Portanto, são identificadas quatro debilitações gerais na investigação de ACV: unidade funcional inconsistente; fronteiras do sistema impróprias; dados desequilibrados para a temática dos betuminosos e cimento; categorias de inventário e avaliação de impacte limitadas.

Desta forma, na secção 3 desta investigação, referida anteriormente, são também, sugeridas áreas que podem beneficiar de uma melhoria da qualidade da ACV do pavimento: a fase de uso (resistência ao rolamento, albedo, carbonatação, luminosidade, escorrências, desgaste de pneu e emissões); fumos do asfalto; a energia da matéria-prima do betuminoso, atrasos no tráfego; fase de manutenção e fase de fim de vida.

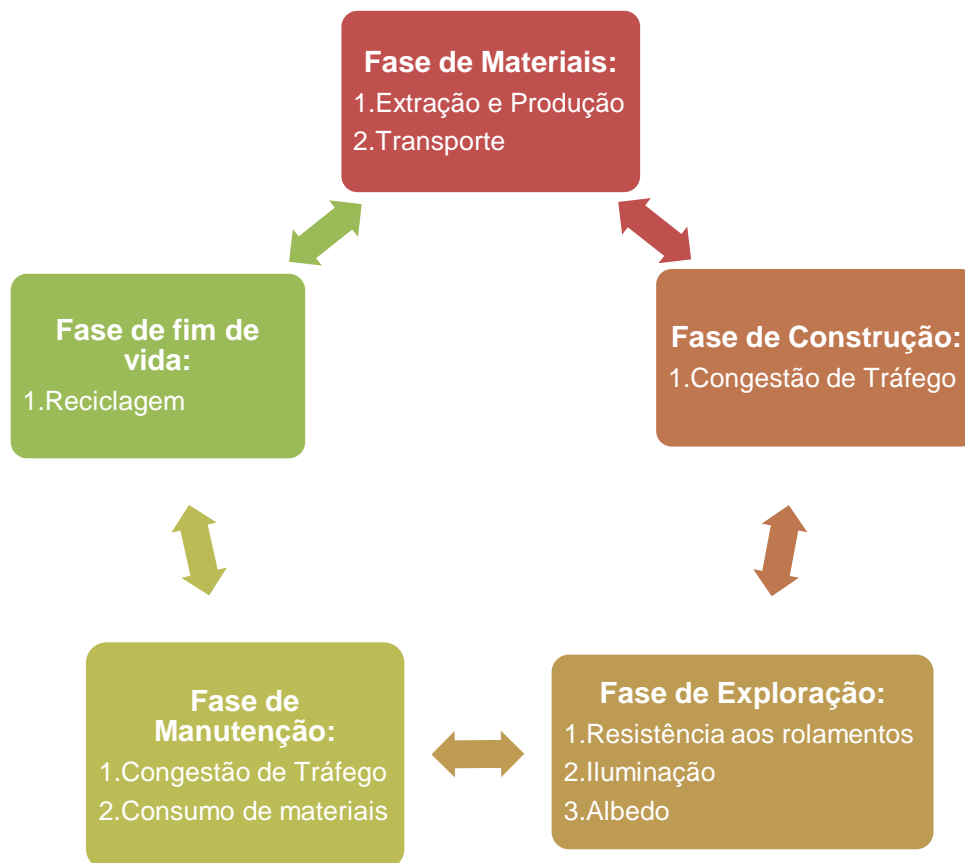


Figura 5 - Fronteira do sistema proposta para os estudos de ACV em projetos rodoviários, adaptado de (N. Santero, Masanet, and Horvath 2010)

Esse estudo examina cada um destes tópicos em detalhe para melhor perceber o estado atual da investigação e determinar como estes podem ser melhor assimilados na metodologia de ACV dos diversos tipos de pavimento. Alguns destes tópicos (albedo, resistência ao rolamento) ainda são áreas de pesquisa que se encontram em períodos de maturação e cujos dados e conclusões beneficiariam de clarificação. Outras, como atrasos no tráfego e a fase de manutenção são áreas de pesquisa já mais estabelecidas que oferecem a oportunidade de melhoramentos imediatos em ACV. São feitas recomendações, na secção 4 dessa referência, que evidenciam onde as melhorias no conhecimento podem ser feitas de forma a melhorar a precisão e a compreensão de ACV de pavimentos. Cada fase do ciclo de vida contém áreas que podem progredir através de investigação focalizada. Procurar dar resposta a estas áreas irá ajudar a criar um conhecimento mais compreensivo do ciclo de vida do pavimento e, por sua vez, irá desenvolver melhores ferramentas de tomada de decisão, para a construção de pavimentos mais sustentáveis.

Uma hipótese que tem sido considerada, para a fase de construção e/ou reabilitação das estradas, é o uso de cinzas da queima de carvão. O estudo (Chowdhury, Apul, e Fry 2010) dedicou-se à análise dos resultados da aplicação da metodologia de ACV à utilização de, cinzas volantes e de fundo do carvão e de pavimento de cimento reciclado para serem aproveitados como pavimento, na construção de estradas. Estas cinzas são atrativas em

termos de custo, acidificação e potencial de aquecimento global, no entanto essa atratividade depende de uma outra categoria de análise – a distância de transporte. Já o pavimento de cimento reciclado apresenta um maior potencial de aquecimento global e de acidificação quando comparado com os agregados naturais. Novamente, a categoria da distância de transporte é importante para se tornar mais atrativo em termos de consumo de energia, potencial de aquecimento global e todas as categorias de toxicidade.

Apesar disso, os autores referem que não se deve menosprezar as limitações deste estudo, como o contexto e as incertezas nos dados relacionados com lixiviação e concentração de emissões. Estudos como este demonstram, que as categorias de análise não devem ser estudadas em separado mas sim como fazendo parte de um estudo global, pois categorias como a distância de transporte, conseqüentemente a origem dos recursos, afetam bastante os resultados obtidos e, como tal, as conclusões que daí se retiram podem originar influências incorretas no processo de tomada de decisão para a prática de ações mais sustentáveis na construção de estradas.

A questão do uso de materiais reciclados na reabilitação/construção de infraestruturas rodoviárias apesar de muito apelativa, conceptualmente, pode muitas vezes não ser a mais acertada, (Carpenter et al. 2007), recorrem à metodologia de ACV para comparar o uso de agregados virgens com o uso de materiais reciclados na construção de rodovias. Os resultados do estudo indicam que utilizar cinzas de fundo em vez de pedra virgem britada, numa escala regional ou nacional iria resultar numa redução, do consumo de energia e água, de emissões de CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, Hg, Pb e no potencial tóxico não cancerígeno para o Homem. No entanto, isso iria também resultar num aumento no potencial tóxico cancerígeno para o Homem devido aos contaminantes que percolam das cinzas de fundo para possíveis aquíferos e águas subterrâneas.

Porém, simulações feitas por outro programa indicam que os contaminantes lixiviados de materiais reciclados podem nunca atingir o aquífero ou águas subterrâneas em níveis significativos, sugerindo portanto que o risco associado a este particular uso é pequeno, a partir deste caminho de exposição. No caso de estudo, um aumento no potencial tóxico cancerígeno humano pode ser visto como um “*trade-off*” para uma redução no consumo de energia, água, nas emissões de mercúrio, chumbo e no potencial tóxico não cancerígeno humano. Os autores referem que esse “*trade-off*” significativo pode ser atingido, através de uma decisão que proíba o uso de materiais reciclados, em favor de agregados virgens. Como crítica a esta investigação, não foram considerados os custos desse balanço de compromissos, como o custo de colocar materiais reciclados em aterros, nem o do uso de materiais reciclados, que permite economizar recursos não renováveis.

O Canadá é um dos países que mais investe na proteção dos seus ativos, físicos e não só. No estado da Colômbia Britânica, foi criada, em 2009, uma parceria - O *Occupational Road Safety Partnership*. Este documento apresenta as práticas recomendadas para a segurança rodoviária

ocupacional e tem como objetivo de reduzir o número de colisões de veículos ocupacionais com base na prevenção (Road Safety at Work e Justice Institute of British Columbia). As principais etapas do processo sugerido podem ser observadas através da consulta da Tabela 5.

Tabela 5 -Etapas no processo de prevenção de acidentes em estrada, adaptado de (Road Safety at Work e Justice Institute of British Columbia)

<b>Etapas do processo</b>	<b>Envolver a gestão e o seu empenho</b>	<b>Rever o estado do programa de segurança</b>	<b>Identificar riscos, perigos e problemas</b>	<b>Desenvolver Estratégias para atuar</b>	<b>Planear para a Ação</b>
<b>Aspetos mais importantes a considerar</b>	Recursos e Comunicações	Auditorias de segurança, Coletar e analisar dados	Listar riscos, perigos e problemas mais significativos	Veículos	Priorizar os riscos, perigos e problemas antes de atuar
	Estrutura e política da organização	Consulta de funcionários	Definir a frequência da identificação	Viagens	Rever os resultados da revisão de estado
	Estilo de gestão eficiente	Avaliação do risco	Rever os resultados	Condutores	

A temática do desenvolvimento sustentável de ativos, como estradas, é uma preocupação que despoletou o aparecimento de conceitos como o do “*GreenRoads*”, (Alam, Kumar, e Dawes 2013) iniciando o desenvolvimento de diversos esquemas ou ferramentas de sustentabilidade em diferentes partes do globo. Exemplos disso são, o *GreenLITES* (Nova Iorque) e o *GreenRoads* (Washington), ambos nos Estados Unidos da América e o *Ceequal* no Reino Unido.

Recentemente, a cidade de Vancouver, Canadá, decidiu adotar uma técnica de repavimentação diferente do comum. Com o objetivo de se tornar a “cidade mais verde do mundo até 2020” e com a ajuda de profissionais de uma empresa transformadora de ceras, passaram a misturar plástico reciclado com o asfalto tradicional (“Ruas Pavimentadas Com Plástico Reciclado: O Exemplo de Vancouver” 2015). Não só evita a deposição desses materiais em aterro, como reduz o consumo em combustível necessário para a mistura de asfalto. Além disso reduz também os custos de manutenção, visto a camada de cera de plástico contribuir para diminuir o envelhecimento dos óleos presentes na mistura de asfalto.



## 2.4. Principais Riscos Rodoviários e Características

Neste subcapítulo é dado enfoque aos principais riscos em infraestruturas rodoviárias, através de estudos consultados. No fim, pode ser observada uma tabela síntese contendo a principal informação resumida.

A investigação de (Hagenzieker, Commandeur, e Bijleveld 2014) explora a possibilidade de encontrar tendências históricas nos tópicos de investigação na segurança rodoviária. Estes resultados permitem concluir que, as variações das tendências nos tópicos de investigação seguem direções que são, maioritariamente, consistentes com as alterações dos paradigmas da segurança rodoviária.

É possível verificar um aumento no número de publicações no decorrer dos últimos 12 anos. Sendo a segurança rodoviária um campo multidisciplinar (Hagenzieker, Commandeur, e Bijleveld 2014) tem origens na medicina, engenharia, ciências sociais e psicológicas. Contraindo-se a essa multidisciplinariedade, um fato interessante é o de que uma parte substancial de todos os artigos e publicações no tema são publicados num jornal apenas – *Journal Accident Analysis and Prevention*. Onde é dada maior importância a temas como veículos, estradas, condutores e velocidade.

A dissertação de doutoramento (Deublein 2013) propõe uma metodologia para determinar modelos que podem, posteriormente, ser usados para prever tanto o número de acidentes causadores de lesões como a sua gravidade para os utilizadores das estradas onde existem poucos dados. Como os modelos são genéricos, a sua adaptação a diferentes estradas torna-se mais fácil, bem como a inclusão de variáveis adicionais de risco. As variáveis de indicação de risco são selecionadas tendo em conta as características do trânsito e, os parâmetros de *design* da estrada, como o volume de tráfego, a sua composição, velocidade, curvatura e o número de faixas de rodagem.

Os autores (Karlson, Mörtberg, e Balfors 2014) procuraram analisar e discutir como é que o tratamento de impactes ecológicos, em estudos de impacte ambiental e, em avaliações ambientais estratégicas têm sido desenvolvidos, desde a diretiva de Estudo de Impacte Ambiental. Foi dada uma atenção especial ao tratamento de impacte das infraestruturas de transportes. São apresentadas na Tabela 6 as principais áreas de interação entre as infraestruturas dos transportes e os processos ecológicos, usando a terminologia de avaliação ambiental. Uma das conclusões dessa tabela é que apenas uma pequena parte dos impactes conhecidos gerados pelas infraestruturas de transporte está relacionada com a fase de construção. A maioria dos impactes são indiretos e resultam, da construção e do *design* da estrutura física em si, da sua utilização e da sua gestão.

Tabela 6 - Impactes de infraestruturas rodoviárias nos processos ecológicos e na biodiversidade, adaptado de (Karlson, Mörtberg, and Balfors 2014)

Ação	Efeito	Impacte			
Construção	Perda de Habitat	Conversão do habitat em rodovia	Impactes nas populações locais	Aumenta a subdivisão da paisagem	Risco elevado de perda de biodiversidade
	Novos Habitat	Favoráveis a espécies generalistas e tolerantes	Desfavoráveis a espécies com necessidades específicas	Rodovias funcionam como dispersores	Aumenta taxa e o alcance da colonização de espécies invasoras
Estrutura física na paisagem	Elementos da paisagem	Alteração do tamanho do habitat, aumento da fragmentação	Alteração na conectividade implica adaptação ou isolamento das espécies	Efeito barreira origina isolamento e reduz a mobilidade das populações	Consequência negativa na biodiversidade
	Mudança nos padrões hidrológicos	Modificação do processo hidrológico	Alteração das condições de microclima	Efeito cumulativo do impacte	Risco elevado de deteriorar a longo prazo ecossistemas aquáticos e a biodiversidade
	Mudança no uso do solo	Proporciona incentivos socio-económicos a diversos tipos de uso de solo	Indiretamente conduz a perda de habitat e à fragmentação	Aumenta o risco de perda de biodiversidade	
Utilização e Gestão	Mortalidade Rodoviária	Reduz a densidade das populações	Funciona como sumidouro para algumas espécies		
	Perturbações	Modificação do nível de ruído	Perturbação visual	Aumento do acesso e atividades humanas	Regime de gestão é crucial para componentes da biodiversidade
	Contaminação química	Contaminação local de metais pesados e químicos para o ar, água e solo	Bioacumulação dos poluentes no ecossistema	Contaminação regional através de poeiras e precipitação	

Os autores afirmam que, as infraestruturas de transportes podem também funcionar como dispersores para algumas espécies. Locais onde algumas espécies não nativas tem conseguido espalhar-se ao longo de corredores de transporte podem originar consequências negativas. Como tal, as estradas e as ferrovias são uma barreira ao movimento, de um modo geral, para todas as espécies sem a capacidade de voar e mesmo para algumas que têm essa capacidade. Além disso, estas infraestruturas físicas, novas na paisagem, têm também efeitos na hidrologia, alterando por sua vez fenómenos como a sedimentação e a fixação de nutrientes e a presença de contaminantes que vão afetar a biota a jusante, sem esquecer do impacto visual da presença das infraestruturas no ambiente. No entanto, esse efeito barreira pode ser mitigado ou compensado usando por exemplo, passagens adequadas. Um outro aspeto, de que as infraestruturas de transporte têm sido implicadas é o de conduzirem a uma perda de biodiversidade porque permitem o aumento, do acesso humano a locais remotos, da extração de recursos e por incentivarem atividades para diferentes usos do terreno – atividades essas que por sua vez têm consequências negativas para a biodiversidade. Concluindo, (Karlson, Mörtberg, e Balfors 2014) permite dizer que as infraestruturas de transporte têm impacto direto e indireto nos processos ecológicos, com fenómenos de perda, fragmentação, degradação e criação de habitat e com o aumento da mortalidade. Os impactos ecológicos provenientes destas infraestruturas podem ser associados a 3 fases distintas do seu ciclo de vida: a sua construção, a sua utilização e a sua manutenção. Os problemas com o tratamento de impactos ecológicos podem ser estruturados em 3 principais categorias: conteúdos de declarações de impacto ambiental e relatórios ambientais, o conhecimento ecológico dos ecossistemas e os métodos utilizados. Como proposta de melhoria, os autores sugerem a uniformização das escalas espacial e temporal usadas na preparação, monitorização e avaliação dos impactos ecológicos.

A questão das colisões entre veículos e animais, que origina ferimentos ou morte a milhões de animais e centenas de seres humanos todos os anos, é estudada mais aprofundadamente em (Seiler 2003).

Este problema pode ser facilmente monitorizado e pode ser avaliado de forma quantitativa, como tal, foi utilizado o método DPSIR para primeira abordagem ao problema. Sendo o caso de estudo realizado na Suécia, as espécies estudadas com maior detalhe são os texugos, os alces e outras espécies de mamíferos com cascos. No decorrer do estudo, são feitas análises, avaliações e previsões das colisões com respeito à sua extensão e ao seu efeito nas populações. A avaliação das colisões deve ser feita de diferentes perspetivas incluindo, ecológica, económica, ética, social, técnica e política, sendo que neste trabalho é dado maior foco na perspetiva ecológica, concluindo que as preocupações com a segurança rodoviária e económica são mais rigorosas e conservativas. Nesse âmbito realiza-se um questionário aos condutores, por serem uma boa fonte em termos de custo-benefício, de informação das mortes de animais de grande porte nas estradas.

A presença física de infraestruturas de transporte como estradas, ferrovias e canais na paisagem divide os habitats, perturba os processos naturais, altera o microclima e o escoamento superficial, mas também introduz novos e potenciais habitats. Atividades de manutenção e operação contaminam o ambiente circundante com uma variedade de compostos químicos e ruído. Por exemplo, as colisões podem ser menos significantes para a conservação de herbívoros de maiores dimensões, mas podem ainda, gerar conflitos com a gestão de colheitas ou até ser inaceitáveis para a segurança rodoviária. Por outro lado, colisões com espécies mais pequenas, como anfíbios, podem ser substanciais para a sobrevivência das populações locais mas, normalmente recebem menor atenção do Homem que os acidentes com as espécies de maior porte. À escala nacional, as estimativas de mortalidade da vida selvagem pode parecer negligenciável mas, pode ter um impacte local considerável. Existe uma relação clara entre a seriedade da colisão com animais e o tamanho do animal envolvido. Quanto maior a espécie, maior é o risco para danos materiais e de lesões humanas.

O número de fatalidades aparenta estar a crescer constantemente à medida que o tráfego aumenta e as redes de infraestruturas se expandem. Na sua revisão (Forman e Alexander 1998) concluem que, algures durante as últimas três décadas, as estradas com a circulação de veículos, ultrapassaram provavelmente a caça, como a principal causa humana direta de mortalidade de vertebrados em terra. No entanto, o efeito do tráfego nas colisões entre veículos e animais não é necessariamente linear e pode muitas vezes ser confundido pela dinâmica das populações, pelo comportamento animal, por fatores temporais e espaciais bem como pela escala de observação como refere (Bruinderink e Hazebroek 1996).

Uma crítica que é feita às avaliações económicas é a de que, estas, normalmente incluem custos com danos materiais e com lesões e mortes humanas, mas raramente incluem os custos externos, como a perda de carne ou oportunidade de caça e os custos de se ter de recorrer à polícia, às ambulâncias, aos vigilantes de vida selvagem ou o custo para a sociedade de congestionamento de tráfego. Desta forma, é recomendado que as avaliações de significância das colisões entre animais e veículos façam parte da avaliação de impactes ambiental (Andreas Seiler e Inga-Maj Eriksson 1995).

Fatores responsáveis pela ocorrência de colisões entre animais e veículos podem ser agrupados em 3 grandes categorias: a) animal, a sua ecologia e comportamento, b) tráfego, a sua densidade e velocidade, c) ambiente incluindo a estrada e a paisagem envolvente. A divisão destes três conjuntos de fatores é melhor observada na Tabela 7.

Tabela 7- Fatores responsáveis pelas colisões entre veículos e animais, baseado em (Seiler 2003)

<b>Fatores Comportamentais dos Animais</b>	<b>Fatores de Tráfego</b>	<b>Fatores Ambientais</b>
Idade, sexo e comportamento	Velocidade de circulação, visibilidade e tempo de reação	Largura da rodovia, o tipo de habitat na envolvente
Dispersão espacial e hábitos de alimentação	Densidade do tráfego e superfície da estrada	Pontes e tuneis e iluminação
Abundancia, necessidades de área, movimentos migratórios	Padrão sazonal de noite / dia	Topografia, microclima e composição da paisagem

As colisões são mais prováveis de acontecer em estradas com tráfego que atravessem áreas ou habitats preferíveis dos animais ou onde estas proporcionem recursos atrativos para a vida selvagem. O modelo utilizado neste estudo na Suécia, prevê que um aumento de 100m de distância até à floresta mais próxima consegue reduzir o risco de colisão em 15%.

A maioria das medidas implementadas para contrariar as colisões são medidas que ou previnem os animais de atravessar a estrada, quer seja através de cercas, valas ou repelentes, ou são medidas que reduzem a sua presença no corredor da estrada através da libertação dos terrenos à sua volta, do controlo da população, ou com a criação de depósitos de minerais, onde os animais em ecossistemas com baixo nível de nutrientes os podem obter. Medidas que aumentam a atenção e a sensibilidade dos condutores ou da educação do público em geral também são usadas, mas a maioria diz respeito a animais maiores.

Desta forma, pode-se dizer que as responsabilidades em contrariar e/ou minimizar as colisões são em parte da autoridade das infraestruturas rodoviárias (que decide sobre a localização da estrada, *design* e velocidade do tráfego), em parte do condutor (que determina a velocidade atual de circulação e que pode evitar colidir com os animais) e em parte o responsável pelo terreno quer seja o dono ou o gestor de vida selvagem (que influencia a sua distribuição em relação a estrada e como tal afeta os seus movimentos e abundância).

Normalmente, as medidas de mitigação têm como objetivo aumentar a segurança rodoviária para o Homem e não reduzir a mortalidade da vida selvagem. É necessário fazer a transição

deste paradigma para um que não veja o animal como o intruso na estrada, quando na verdade é a estrada e o seu tráfego que estão a perturbar o seu habitat (Forman, Richard TT et al. 2003).

Mais recentemente, é recomendado juntar às cercas a criação de passagens adaptadas à vida selvagem em localizações onde as colisões são mais frequentes ou onde a necessidade de deslocações, por parte desses seres vivos, se justifique. Outra medida que pode resultar, mas pouco discutida, é a redução da população animal nas proximidades das rodovias. No entanto é difícil encontrar apoio político e público para essas ações mesmo que a espécie seja abundante e bem distribuída. Reduções locais são mais facilmente obtidas apesar de não originar necessariamente o resultado pretendido. É a atividade e a mobilidade dos animais que influencia o risco de colisão e não a sua densidade. Esta é uma das conclusões da investigação de (Seiler 2003).

Assim, após a consulta e análise dos estudos e investigações expostos anteriormente, exhibe-se um quadro síntese que ilustra os principais riscos ambientais identificados em infraestruturas rodoviárias, Tabela 8. À frente desta designação estão as fases da empreitada que se considera mais relevante(s), isto é, onde faz mais sentido ter esse resultado em conta. Desta forma torna-se mais fácil a visualização dos riscos contemplados nesta dissertação - encontram-se destacados na tabela - e proceder à sua explicação e medição, que são contempladas no capítulo seguinte, 3. Desenvolvimento do Modelo de Avaliação do Risco.

Tabela 8 - Quadro síntese dos principais riscos ambientais em infraestruturas rodoviárias

<b>Principais Fatores Ambientais</b>						
<b>Atmosfera</b>	<b>Ecossistema e Biodiversidade</b>	<b>Recursos Hídricos</b>	<b>Paisagem/Solo</b>	<b>Efeito Social e Economico</b>	<b>Património Cultural</b>	<b>Geração de Resíduos</b>
Emissões de gases de escape, (C), (OM)	Fragmentação e/ou Efeito barreira (C), (OM)	Drenagem (C), (OM)	Destruição da paisagem natural, criação de estaleiro (C), (OM), (DF)	Facilidade de acesso a zonas anteriormente mais isoladas (C), (OM)	Degradação de monumentos, edifícios e património cultural (C), (OM)	Geração de resíduos de construção e manutenção (C), (OM)
Efeito estufa (OM)	Destruição de recursos naturais com a extração de matéria-prima (C)	Contaminação/perturbação de aquíferos, linhas de água (C), (OM)	Impacte visual /barreiras (OM), (DF)	Origem da mão-de-obra (transporte e construção) (C), (OM)	Vibrações podem provocar alterações estruturais nos edifícios (C), (OM), (DF)	Óleos ou lubrificantes de equipamento e maquinaria (C), (OM)
Transporte e extração dos materiais até ao local de construção (C)	Importância habitats/espécies protegidas e (potencial do genoma) (C), (OM)	Problemas de Impermeabilização e Infiltração (C), (OM), (DF)	Alteração do relevo natural, alteração da composição do solo - erosão antropogénica (C), (OM)	Danos graves na saúde humana (C), (OM)	Maior divulgação ou interesse pelo património (OM)	Resíduos resultantes de passagem de veículos e da mão-de-obra (C), (OM)
	Problemas de atravessamento para a Fauna, colisões – Mortalidade (OM)	Salinização (caso neve) (OM)	Extração de materiais (C)	Aumento do tráfego a alta velocidade (OM)		
	Alteração do ciclo de vida (C), (OM)		Mau uso do solo (com boas capacidades agrícolas/outras) (C), (OM)			

Legenda:

(OM) Fase de Operação / Manutenção

(C) Fase de construção

(DF) Fase de Desmantelamento / Fim de vida

## 3. Desenvolvimento do Modelo de Avaliação do Risco

Neste capítulo é explicado em maior detalhe o modelo conceptual desenvolvido bem como as suas diferentes fases. Esta parte encontra-se organizada e dividida em vários subcapítulos de modo a ser mais elucidativa e fácil compreensão. Centra-se no processo operacional da gestão do risco em si, não abordando a comunicação e consulta, nem a revisão e monitorização.

### 3.1. Estrutura do Modelo

Este modelo de apreciação do risco aqui apresentado segue, de modo geral, a sequência de fases do processo (estabelecimento do contexto, identificação, análise, avaliação e tratamento), já ilustrada anteriormente da norma da gestão do risco, ISO 31000:2009, como se pode constatar na Figura 1- Interação entre os princípios, o enquadramento e o processo de gestão de risco, e da norma dos métodos de análise de risco, ISO 31010:2009.

Primeiramente, é feita uma explicação do contexto 3.2 onde se relaciona o âmbito da aplicação do modelo com os resultados esperados e os critérios do risco. Em segundo lugar, em relação à fase de identificação dos principais riscos, 3.3, esta pode ser condensada à consulta do quadro síntese, Tabela 8, que sofre uma análise mais cuidada nos subcapítulos do ponto 3.4. Análise do risco, onde é possível encontrar em maior detalhe os riscos destacados e, a respetiva análise. De seguida, no ponto 3.5. Avaliação do risco são apresentadas propostas para avaliar estes riscos que culminam no ponto final, 3.6 Tratamento do risco, com alguns exemplos de possíveis técnicas e recomendações a tomar para mitigar ou minimizar o seu efeito no ambiente.

### 3.2. Estabelecer o contexto e critérios

Estabelecer o contexto de qualquer processo de gestão é da maior importância, pois não só permite perceber melhor a que tipo de projetos ou atividades este processo em particular se pode aplicar, como também o que se consegue obter aquando dessa aplicação. Na explicação dos principais riscos e mesmo para a elaboração da tabela síntese são tidas em conta todas as fases do ciclo de vida de uma estrutura rodoviária. A análise realiza-se procurando, desta maneira, dar uma perspetiva mais geral de todo o processo envolvido e não apenas uma fase em especial. Contribuindo assim para manter ou melhorar uma boa qualidade ambiental.

O contexto externo do desenvolvimento deste modelo de apreciação de risco inclui a inserção no panorama da União Europeia, o seu regime jurídico e a consequente transposição para o



Português, nomeadamente a nível do Ambiente. Além disso, a crescente preocupação com a política 2020 (Comissão Europeia 2010) em incentivar e ditar a redução das emissões de gases com efeito estufa em 20%, relativamente a 1990 e o aumento do compromisso em 3% do PIB para investigação e desenvolvimento tem impulsionado diferentes formas de resolver problemas ambientais, desta forma e, numa envolvência da possível saída da crise financeira dos últimos anos, esta metodologia, pode ajudar a justificar/modificar diferentes tipos de investimentos numa ótica do desenvolvimento sustentável. Em relação ao contexto interno do processo de gestão do risco é aconselhável o alinhamento deste com a cultura, a estrutura e a estratégia organizacional onde será integrado. Pelo que devem ser identificados fatores internos da organização que de alguma forma possam influenciar esta metodologia de apreciação, aspetos como o tipo de estrutura hierárquica, de responsabilidades ou de informação, o número de colaboradores ou mão-de-obra qualificada, capital e tecnologias disponíveis. No âmbito desta dissertação é considerada a utilização do modelo por parte de uma empresa construtora/gestora de infraestruturas rodoviárias responsável pela empreitada. Após um período de introspeção e de mapeamento mental das possíveis consequências, seguem-se as recomendações e metodologias, consideradas mais adequadas para estabelecer o contexto do processo de gestão de risco. Tanto pela extensa bibliografia, como pelas normas internacionais consultadas, como o método FMEA - construindo a sua árvore de raciocínio, colocando no topo o acontecimento indesejável e partindo desse para as diversas implicações, isto é, consequências e efeitos -, o processo seguido pela USEPA, e as recomendações do Guia Técnico Ambiental das Estradas de Portugal S.A.

Para decompor o risco foram conjugados dois fatores defendidos por diversos autores e métodos, como (Birkmann 2006) e a ISO 31000, – a significância do dano causado e a probabilidade de ocorrência do mesmo -. Desta forma, procura-se aproximar as possíveis vertentes já existentes de classificação de risco, assim, constrói-se dois quadros classificativos para estes dois fatores, onde são definidos diferentes patamares para uma análise qualitativa de 1 a 5, Tabela 10 e Tabela 11 respetivamente. A classificação de significância é realizada, sempre que possível, seguindo diretrizes quer legislativas, quer da bibliografia examinada. Esses critérios do risco a contemplar podem ser visualizados nas Tabelas 12 à 17. É estipulado que o nível 3 das escalas deve ser considerado “grave”, ou provável nas classificações atribuídas, logo, quanto maior for o valor maior é a gravidade ou a probabilidade de ocorrência, sendo que, a atribuição deste nível é da responsabilidade do examinador(a) ou apreciador(a) encarregado(a) pelo projeto de infraestrutura rodoviária. Agrupando estes aspetos, sugere-se o desenvolvimento de uma grelha classificativa crítica, Tabela 9. É observável um conjunto de células, a cinza na Tabela 9, às quais correspondem riscos que devem receber uma maior prioridade no tratamento ou mitigação. De acordo com as recomendações e aliando a estas um juízo mais crítico, recomenda-se que os riscos devidamente destacados e classificados como 3 5; 4 5; 5 5; 4 4; 4 5 e 5 3, (na zona cinzenta), de acordo com a grelha classificativa, por terem uma maior significância conjugada com probabilidade tenham um tratamento e um cuidado prioritário face aos demais identificados.

Tabela 9 - Grelha classificativa dos riscos



<b>Significância</b>					
					
<b>Probabilidade</b> 	1 5	2 5	3 5	4 5	5 5
	1 4	2 4	3 4	4 4	5 4
	1 3	2 3	3 3	4 3	5 3
	1 2	2 2	3 2	4 2	5 2
	1 1	2 1	3 1	4 1	5 1

Tabela 10 - Classificação de significância geral de riscos ambientais

<b>Dano</b>	<b>Nível</b>	<b>Classificação</b>
Não conduz a danos ambientais.	1	Insignificante
Pode ser preciso aplicar medidas corretivas ou de mitigação para não originar danos ambientais graves.	2	Pouco Grave
São necessárias medidas imediatas de mitigação e correção para que a vida não seja posta em perigo.	3	Grave
Conduz a acidentes graves que podem originar não só, danos humanos, limitados a uma área, mas também ambientais.	4	Muito grave
Conduz a acidentes muito graves que originam danos ambientais que ultrapassam a zona envolvente.	5	Catastrófico

Tabela 11 - Classificação de Probabilidade de Ocorrências

Ocorrência	Nível	Classificação
Quase de certeza que não ocorre um evento	1	Muito raro
Pequena probabilidade de ocorrência	2	Raro
Possibilidade de ocorrência	3	Possível ou Provável
Grande probabilidade de ocorrer um evento	4	Frequente
Probabilidade de ocorrência do evento quase certa	5	Bastante frequente

A avaliação de significância apresentada na Tabela 10 engloba todos os riscos, isto é, permite a sua aplicação aos quais não é sugerida uma classificação específica, bem como, a comparação com os que tem propostas de classificação. No caso da avaliação de probabilidade, devido ao seu carácter dinâmico espacial e temporal não são apresentadas classificações específicas, pelo que apenas se aplica a escala qualitativa da Tabela 11.

Alguns critérios específicos que devem ser analisados e conseqüentemente avaliados são apresentados de seguida:

- (A) É proposta uma avaliação para a ocupação de solo. De acordo com a Tabela 18 e após consulta dos valores para a regulamentação de projetos e a aplicação de procedimentos de AIA.

Tabela 12 - Definição dos intervalos de significância para a ocupação de solo

Avaliação da ocupação de solo		
Intervalo (ha <sup>1</sup> )	Nível	Classificação
Ocupação ≤ 1ha	1	Insignificante
1 ha < Ocupação < 5 ha	2	Pouco grave (“ocupação normal”)
5 ha ≤ Ocupação ≤ 10 ha	3	Grave
10 ha < Ocupação ≤ 20 ha	4	Muito grave
Ocupação > 20 ha	5	Catastrófico

<sup>1</sup>1ha = 10 000 m<sup>2</sup>

Enquanto chegar ao intervalo da classificação referida como grave, limita-se a seguir os níveis a partir dos quais o projeto necessita de uma análise de AIA, já os intervalos seguintes seguem uma progressão para o dobro do limite correspondente, no intervalo anterior. Assim, considera-se uma ocupação de solo muito grave se esta se enquadrar entre 10 e 20 (ha) e uma catastrófica se for superior a 20 (ha).

**(B)** É proposta uma avaliação para a extração e exploração de matéria-prima, de acordo com a Tabela 19. Para o nível inicial, são consideradas as 12 500 toneladas por ser a quantidade necessária, calculada para 1km de rodovia. No patamar seguinte considera-se que a empreitada se estende por um comprimento que pode ir até ao quántuplo do anterior, isto é, até 5 km.

Considera-se “grave” se o comprimento da rodovia estiver compreendido entre 5 e 10 km (125 000 t) de extensão. Para o intervalo superior, considera-se uma extensão entre 10 e 50 km, sendo o patamar “catastrófico” para valores superiores de comprimento de rodovia.

Tabela 13 - Definição dos intervalos de significância para a exploração da matéria-prima

<b>Avaliação da exploração de matéria-prima</b>		
<b>Intervalo de toneladas (t)</b>	<b>Nível</b>	<b>Classificação</b>
Quantidade explorada $\leq$ 12 500 <sup>(1)</sup>	1	Insignificante
12 500 <sup>(1)</sup> < Quantidade explorada < 62 500 <sup>(2)</sup>	2	Pouco grave
62 500 <sup>(2)</sup> $\leq$ Quantidade explorada $\leq$ 125 000 <sup>(3)</sup>	3	Grave
125 000 <sup>(3)</sup> < Quantidade explorada $\leq$ 625 000 <sup>(4)</sup>	4	Muito grave
Quantidade explorada > 625 000 <sup>(4)</sup>	5	Catastrófico

(1)- 1 250 t (2)- 6 250 t (3)- 12 500 t (4)- 62 500 t

Se o evento se tratar de um processo de reabilitação ou beneficiação e não de implementação de uma infraestrutura nova, as necessidades de matéria-prima não devem apresentar valores tão elevados. Como tal, à frente de cada intervalo está uma chamada de atenção para o valor correspondente caso se trate de um evento desse género.

(C) É proposta uma avaliação da fragmentação e criação de efeito barreira. No entanto, é improvável conseguir chegar a um consenso, sobre a partir de que valor o dano causado ao ambiente é grave, muito grave ou catastrófico, visto um ecossistema poder apresentar os mais diversos valores de área e de densidade de rodovias. Ainda assim, é apresentada, na Tabela 20 uma sugestão de avaliação recorrendo a esta medida de densidade.

Tabela 14 - Definição dos intervalos de significância para a ocupação de solo através da densidade

<b>Avaliação da ocupação de solo através da densidade</b>		
<b>Intervalo <math>d</math> (km/km<sup>2</sup>)<sup>1</sup></b>	<b>Nível</b>	<b>Classificação</b>
Densidade $\leq$ 0,4	1	Insignificante
0,4 < Densidade < 0,6	2	Pouco grave
0,6 $\leq$ Densidade $\leq$ 3	3	Grave
3 < Densidade $\leq$ 5	4	Muito grave
Densidade > 5	5	Catastrófico

<sup>1</sup> de acordo com a Equação 1 desenvolvida na fase de análise

(D) Do mesmo modo que para os casos anteriores, são propostas avaliações da contaminação de linhas de água, Tabela 21 e Tabela 22, possivelmente, afetados pela estrutura rodoviária. Na base da construção dos intervalos na Tabela 21 está o pressuposto que os efluentes contaminados são identificados e encaminhados para a rede de drenagem pública, de modo a serem efetuados processos de tratamento, numa ETAR por exemplo. Consulta-se a regulação de águas residuais industriais dos SMAS de Sintra e consegue-se assim, criar o intervalo correspondente a uma classificação, “grave”, sendo este o patamar máximo recomendado – valor limite de emissão 100mg/l - para manter boas condições de tratamento da água nas estações da rede pública. Nos níveis superiores a esse, os limites superiores do intervalo são multiplicados por um fator de 10, para o caso de “catastrófico”, já no nível inferior, de forma a exercer um maior controlo sobre os contaminantes, multiplica-se o limite inferior por um fator de 0,1.

Os presentes intervalos são construídos partindo do pressuposto que os principais contaminantes dos cursos de água, provenientes de uma empreitada numa infraestrutura rodoviária, seriam óleos e gorduras solúveis em éter.

Tabela 15 - Definição dos intervalos de significância para a contaminação de linhas de água

<b>Avaliação da contaminação de linhas de água</b>		
<b>Intervalo (mg/l de água descarregada)</b>	<b>Nível</b>	<b>Classificação</b>
Concentração ≤ 0,5	1	Insignificante
0,5 < Concentração ≤ 50	2	Pouco grave
50 < Concentração ≤ 100	3	Grave
100 < Concentração ≤ 500	4	Muito grave
500 < Concentração ≤ 1000	5	Catastrófico

Relativamente à Tabela 22 assume-se que acontece um derrame ou a contaminação de uma linha de água, com fins balneares. Assim, os critérios de avaliação devem ser mais restritos, como tal, consulta-se o decreto-lei nº 236/ 1998 de 1 de Agosto, onde se encontram diversos parâmetros a analisar. De acordo com as normas de qualidade presentes no anexo I do decreto-lei nº 113/2012 de 23 de Maio, a classificação das águas balneares divide-se em aceitável, boa e excelente.

**(E)** É posposta uma avaliação de ruído tendo por base a legislação em vigor para valores diurnos apenas, dado que, transpondo para limites noturnos, os intervalos decrescem em 10 dB(A) dos apresentados na Tabela 23. Desta forma, entre níveis de 55 a 65 dB (A) começa a ser considerado um valor de ruído grave para o ser humano. Estes valores correspondem, normalmente e aproximadamente, a níveis de ruído de um escritório e de um restaurante muito barulhento respetivamente. A consulta de mapas estratégicos de ruído da cidade de Lisboa e concelhos envolventes, remete para a criação do intervalo seguinte, em que no limite superior, surge o valor de 75 dB(A).

Devem ser tidas em conta as ações e os respetivos intervalos numa escala de ruído, que varia desde o nível 0 dB (A) até ao nível 140 dB (A). Onde, ao nível 0 dB(A) corresponde o limiar da audição e ao nível 140 dB(A) – motor de um avião, em funcionamento - o muito doloroso.

Tabela 16 - Definição dos intervalos de significância para a contaminação de linhas de água balnear

<b>Avaliação da contaminação de águas balneares interiores</b>			
<b>Enterococos e <i>Escherichia coli</i> em (ufc/100ml)<sup>1</sup></b>	<b>Nível</b>	<b>Classificação</b>	
Enterococos intestinais ≤ 100 <i>Escherichia coli</i> ≤ 250	1	Insignificante	Excelente
100 < Enterococos intestinais ≤ 200 250 < <i>Escherichia coli</i> ≤ 500	2	Pouco grave	
200 < Enterococos intestinais ≤ 400 <sup>(2)</sup> 500 < <i>Escherichia coli</i> ≤ 1000 <sup>(2)</sup>	3	Grave	Boa
Enterococos intestinais ≤ 330 <i>Escherichia coli</i> ≤ 900	4	Muito grave	Aceitável
Enterococos intestinais > 330 <i>Escherichia coli</i> > 900	5	Catastrófico	Má

<sup>1</sup>unidades formadoras de colónias <sup>(2)</sup> apresentar uma poluição de curta duração

Tabela 17 – Definição dos intervalos de significância para a análise do ruído

<b>Avaliação do ruído</b>		
<b>Intervalo (zonas mistas) dB (A)</b>	<b>Nível</b>	<b>Classificação</b>
Ruído emitido ≤ 35	1	Insignificante
35 < Ruído emitido < 55 <sup>(1)</sup>	2	Pouco grave
55 <sup>(1)</sup> ≤ Ruído emitido ≤ 65 <sup>(2)</sup>	3	Grave
65 <sup>(2)</sup> < Ruído emitido ≤ 75	4	Muito Grave
Ruído emitido > 75	5	Catastrófico

Caso a infraestrutura rodoviária se localize numa zona sensível, <sup>(1)</sup>- 40, <sup>(2)</sup>- 45 expresso pelo indicador  $L_n$  e 55 expresso pelo indicador  $L_{den}$ .

### 3.3. Identificação de riscos

A fase de identificação neste modelo visa a dar ênfase a uma etapa crucial no processo de gestão do risco, o equivalente à fase de definição de âmbito em AIA. Realiza-se portanto, uma fase inicial de reconhecimento dos riscos ambientais, que de alguma forma são importantes, ou estão relacionados com o contexto, quer interno quer externo da aplicação do presente modelo a um projeto de infraestrutura rodoviária. Esta identificação resulta da combinação dos principais riscos examinados no capítulo 2. Revisão de Conhecimentos, com preocupações pessoais aquando da reflexão sobre a temática em estudo. Assim, de forma a sumariar, chega-se ao quadro síntese já apresentado anteriormente, Tabela 8 de onde se parte para as seguintes fases do processo de apreciação do risco. Importa referir que os riscos não considerados nesta fase não serão contabilizados na análise e etapas seguintes, portanto, é de extrema relevância despender algum tempo a contemplar diversas possibilidades. Neste trabalho, a identificação é limitada a um espectro ambiental.

Dentro das atividades que podem originar ou, levar à criação de situações perigosas estão: atividades de manutenção de equipamento e maquinaria necessária à obra, má execução dos procedimentos de acondicionamento das diversas substâncias químicas, reagentes e inertes indispensáveis, extração de matéria-prima e o seu transporte, utilização de ferramentas que emitem níveis elevados de ruído e/ou poluentes, transformação no uso do solo como a desflorestação, modificações do curso natural de linhas de água e alterações das características dos ecossistemas. Além destas, eventos de precipitação intensa, queda de neve e, fiscalidade insuficiente ou inadequada relativamente ao projeto podem também despoletar situações perigosas e percussoras de riscos para o ambiente.

Portanto, fazendo a ponte com a Tabela 8, as repercussões destas atividades conseguem ser variadas e dispersas, desde consequências a nível da biodiversidade, como o agravamento da ameaça a espécies protegidas ou em perigo de extinção contribuindo para a mortalidade animal através do isolamento ou fragmentação do ecossistema, passando pela geração de problemas graves para a saúde humana provenientes da utilização de recursos hídricos contaminados ou da exposição a um ruído elevado.

De seguida, são analisadas em maior pormenor 5 figuras contendo as ações escolhidas.

### 3.4. Análise do risco

Tendo por base a elaboração do quadro síntese, Tabela 8, no final do capítulo anterior, são desenvolvidos em maior pormenor os riscos ambientais destacados nela. Sempre que apropriado, estabelece-se ligações bem como implicações para as diferentes componentes do



ambiente e saúde humana. O estudo de (Daigle 2010) afirma que os efeitos ambientais das estradas são muito diversos e incluem as dimensões espacial, temporal e as componentes biótica e abiótica. Ele defende que este efeito-estrada altera também as condições de luminosidade e perturba o solo, criando assim condições favoráveis para a proliferação de espécies invasoras.

Os efeitos espaciais das estradas variam porque os requisitos e as características dos ecossistemas são diversos. Já a dimensão temporal, dos efeitos negativos das estradas, remete-nos para as diferentes fases do seu ciclo de vida. Como já foi referido anteriormente, uma das principais etapas na criação de uma infraestrutura rodoviária é a fase de construção. Para se dar o início propriamente dito desta fase, é necessário existir uma disponibilidade prévia de vários elementos: materiais de construção, mão-de-obra, financiamento e local apropriado (Cooper et al. 2005). Para não correr o risco de tornar este subcapítulo demasiado extenso tentou-se abranger o maior número possível de implicações para o ambiente, cobrindo apenas 5 riscos ambientais: a extração de matéria-prima e seu transporte, a fragmentação do ecossistema, a contaminação de aquíferos e linhas de água, a destruição da paisagem natural e por fim a geração de resíduos.

Partindo destes, criam-se esquemas onde na primeira coluna estão os setores ambientais afetados, na segunda os efeitos causados e por fim na terceira representam-se as seus possíveis danos ou consequências. No entanto, cada empreitada apresenta as suas necessidades específicas e deve ser estudada em concordância.

### 3.4.1. Extração e Transporte de Materiais

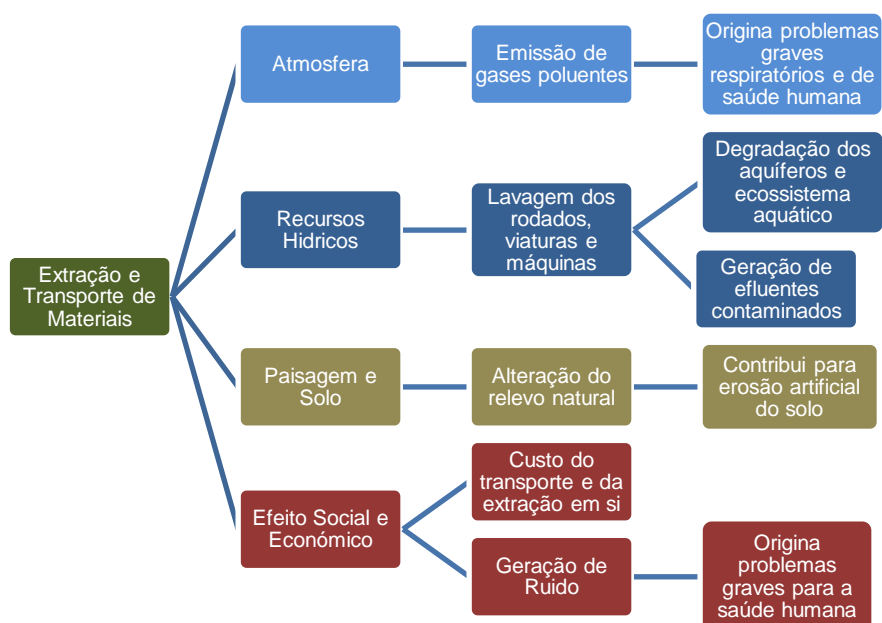


Figura 6 – Representação das implicações para o Ambiente da Extração e Transporte de Materiais

A origem dos materiais de construção é de extrema importância para tentar manter o projeto com um reduzido impacto ambiental e um baixo nível de geração de risco ambiental. Além disso, não só nas fases iniciais mas também em empreitadas de reabilitação ou desativação de rodovias é importante dar atenção ao aspeto de transporte. Através do esquema na Figura 6, consegue-se perceber melhor a dimensão e a importância da escolha do local de extração, bem como dos materiais para o projeto como sendo fatores relevantes de risco. Noções como: a distância do transporte da matéria-prima, as emissões daí provenientes, a lavagem dos rodados desses mesmos veículos, a alteração do relevo natural e o custo desse transporte, são de extrema importância para se preservar uma boa qualidade ambiental.

Associado à transferência da matéria-prima, encontra-se um veículo que normalmente se desloca recorrendo a combustíveis fósseis e seus derivados - a gasolina ou o gasóleo -, emitindo desta forma, além de um nível considerável de ruído, diversos gases com efeito estufa, perigosos para o ambiente e para a saúde humana, nomeadamente o CO<sub>2</sub>, o CO e compostos SO<sub>x</sub> e NO<sub>x</sub>. Os valores constantes do Decreto-lei nº 111/2002 de 16 de Abril referem como valores limite legislados para a proteção da saúde humana, 350 e 125 µg/m<sup>3</sup> de SO<sub>2</sub>, com exposição de 1 e 24 horas respetivamente, 10 mg/m<sup>3</sup> de CO com exposição de 8 horas, 200 µg/m<sup>3</sup> de NO<sub>2</sub> com exposição de 1 hora, 50 µg/m<sup>3</sup> de PM<sub>10</sub> – partículas com diâmetro ≤ 10 micrómetros - com exposição de 24 horas, 0,5 µg/m<sup>3</sup> de Pb, média anual. Pelo que, é paradigmático referir que, apesar de existir uma legislação sobre os níveis de emissão dos contaminantes atmosféricos, esta recai maioritariamente sobre os malefícios para a saúde humana, isto é, níveis inferiores aos legislados podem conceber efeitos, igualmente nefastos, em organismos ou componentes mais sensíveis dos ecossistemas como a vegetação (Estradas de Portugal S.A., Agencia Portuguesa do Ambiente, e Manuel Pinheiro 2009).

Outro aspeto relevante é a poeira levantada por esses veículos na sua deslocação. De modo a manter as estradas limpas e livres de detritos, ou outro material que possa comprometer a boa circulação de todos os veículos que nelas circulam, é aconselhável lavar os rodados dos veículos de transporte, tanto à saída dos estaleiros como dos locais de recolha da matéria-prima. Esses efluentes devem ser recolhidos e devidamente encaminhados, porque associada a essa lavagem, podem estar também outros compostos que, se descarregados nos aquíferos, conseguem alterar a sua qualidade e/ou composição natural.

Deste modo, a questão que se pretende resolver de seguida é uma questão base de qualquer ciência da engenharia - Como quantificar ou avaliar estes riscos?-. Por forma a manter o modelo simples, a sugestão mais evidente é recorrer à distância a percorrer pelos meios de transporte. Sendo os km a percorrer a unidade de medida sugerida. Esta deverá ser, sempre que possível, a menor exequível para a realização do projeto.

No que diz respeito à atividade de extração propriamente dita, tanto a área da exploração (ha) como a quantidade extraída (t/ano) são bons indicadores. Visto serem essas as medidas propostas pela legislação de Avaliação de Impacte Ambiental (AIA), consoante o presente no

Anexo II do Decreto-lei nº 69/2000, de 3 de Maio relativamente à AIA. É necessária AIA se tiver 150 000 t/ano ou se a área da exploração for 5 ha, caso seja em zona sensível, necessita sempre de AIA. Esses limiares são tidos em conta na construção da metodologia de avaliação.

Relativamente à extração e exploração de matéria-prima, para definir estes níveis, consulta-se novamente a legislação de AIA mas neste caso referente aos processos da indústria extrativa, mais concretamente pedreiras, minas e atividades de dragagem, sendo que no caso de o projeto apresentar uma extração no limiar de 150 000 t/ano, devem ser aplicados procedimentos de AIA.

É, no entanto, importante referir que o local de extração da matéria-prima em si é também ele muito relevante. Pelo que a envolvente ou a possível envolvente desse projeto de indústria extrativa devem ser alvo de uma análise cuidada. Como sugerido na legislação, essa atividade de exploração pode estar limitada também a um valor limite de área que pode utilizar, restringindo assim de alguma forma o espaço disponível da indústria.

### 3.4.2. Fragmentação e Criação de efeito Barreira

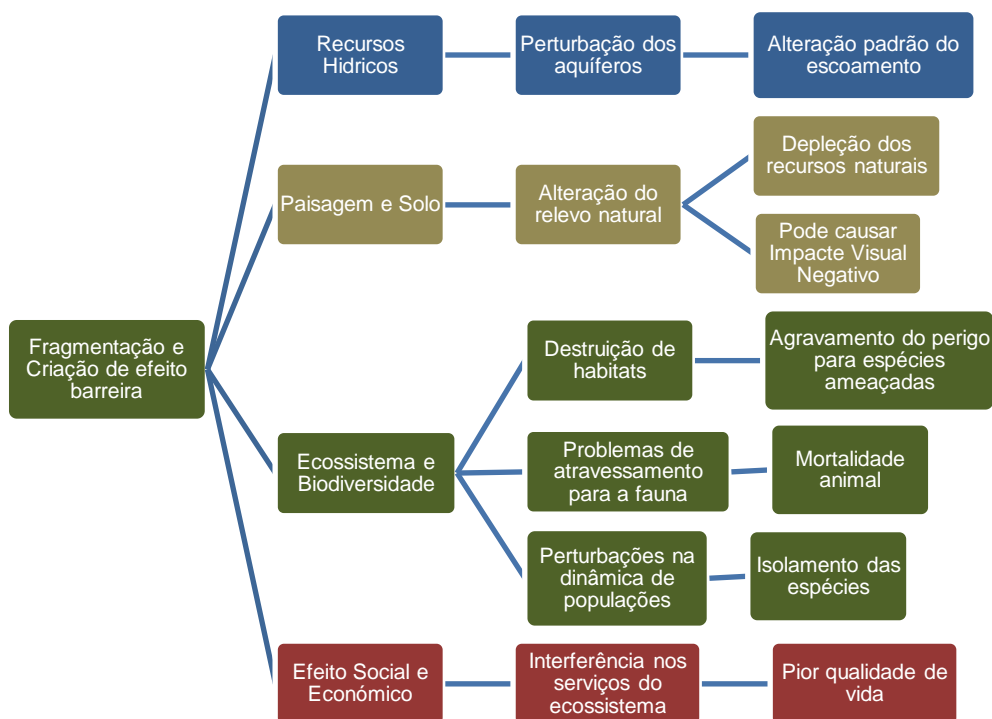


Figura 7 - Representação das implicações para o Ambiente da Fragmentação e Criação de efeito barreira

Da mesma forma, desenvolveu-se um esquema semelhante para o risco de fragmentação do ecossistema e/ou para a criação de um efeito barreira.

Este é, muito provavelmente, um dos riscos ambientais mais importantes de estudar e de compreender aquando da implementação de um projeto de infraestruturas rodoviárias, visto que as implicações podem ser muito diversas e dispersas nos vários setores do ambiente (Andreas Seiler and Inga-Maj Eriksson 1995). Associado a ele estão: a criação de problemas de atravessamento para a fauna, alterações no ciclo de vida dos seres-vivos – com danos na dinâmica de populações -, destruição irreparável de habitat ou de corredores verdes – ameaçando espécies protegidas -, perturbações de aquíferos e degradação da qualidade de vida – relacionando o contributo dos serviços do ecossistema para a saúde e bem-estar da população humana. A título de exemplo de um projeto de grande envergadura, pode-se pensar na grande muralha da China, esta, é uma das maiores construções feitas pelo Homem e, provoca a fragmentação do ecossistema (Galvin et al. 2008) ao longo da sua extensão.

Um exemplo, onde é perfeitamente visível o grau de impacte de uma estrutura rodoviária no ecossistema, são os números obtidos na realização do relatório de mortalidade das Estradas de Portugal S.A (EP). Foram registados durante o ano de 2013, 2678 atropelamentos de animais, aumentando em aproximadamente 10% o valor registado em 2012 (2441). A principal razão apontada para este aumento deve-se ao incremento da rede viária sob gestão direta da

EP, nomeadamente em cerca de 94 km, uma vez que se dá o retorno das autoestradas integradas na Concessão do Douro Litoral para a Estradas de Portugal no início de 2013.

Consegue-se ter uma perspetiva global destes valores através da consulta da Figura 8, esta permite evidenciar que os distritos com maior número de registos de mortalidade foram Lisboa, Évora, Setúbal e Porto. Os distritos de Santarém, Castelo Branco e Viana do Castelo apresentam uma redução face ao ano anterior, 2012.

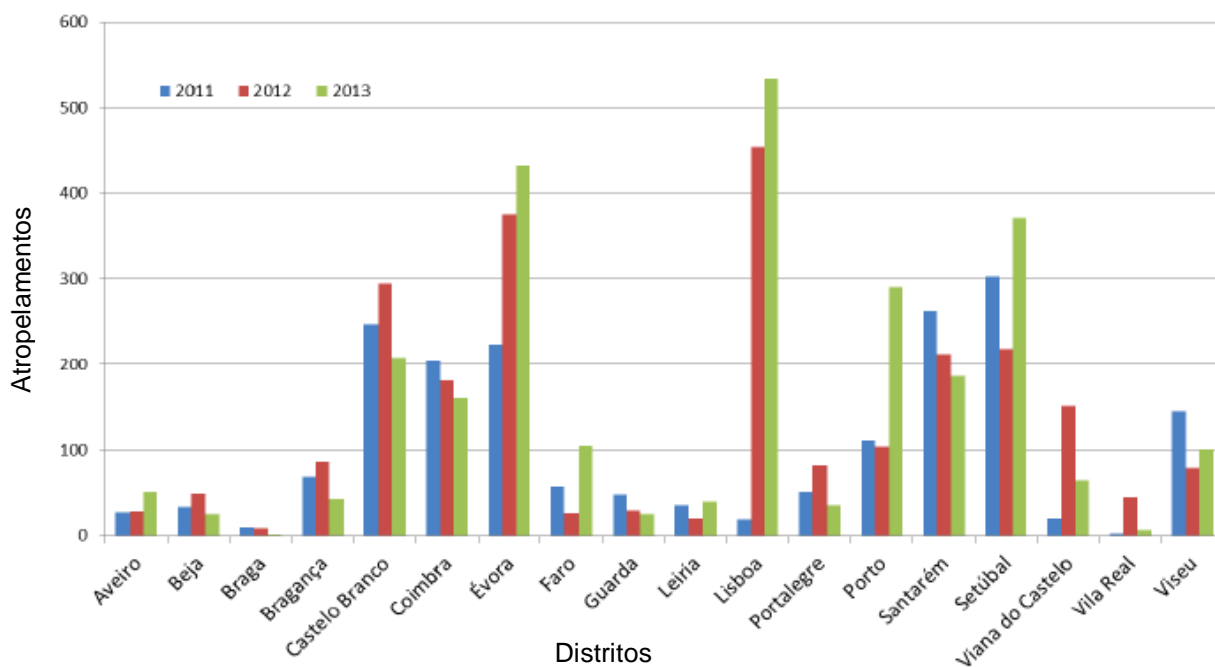


Figura 8 - Registo de atropelamentos de fauna, por distrito, referente a 2011, 2012, 2013, adaptado de Relatório de Síntese de 2013

O relatório indica que, os mamíferos apresentam uma percentagem significativa dos registos de atropelamento obtidos 33%. Tal fato deve-se à sua fácil deteção junto da estrada, ao seu tamanho e a uma taxa de degradação e remoção da estrada menores. Sendo que os mamíferos domésticos, nomeadamente na sua maioria, cães e gatos, constituem o grupo com maior valor, 45%, respetivamente 1209 registos, seguido dos carnívoros com 577 registos (dos quais 206 registos raposas, 94 registos fuinhas, 93 registos texugos e 86 registos saca-rabos), os lagomorfos, coelhos e lebres, com 151 registos e os insectívoros – maioritariamente o ouriço-cacheiro – com 130 registos (Garcia 2014). Uma das possíveis explicações para números elevados de colisões é a velocidade de circulação do tráfego rodoviário nas estradas aliada a uma intensificação do volume de tráfego em diversos locais.

Semelhante à extração de materiais e transporte, a escolha de unidade de medida deve ser simples, fácil de medir e evidente. Como tal, a escolha mais óbvia para isso é uma medida de área (ha), originando uma proposta de avaliação semelhante à referida anteriormente que

permite assim, comparar a área afetada após a implementação da infraestrutura com a área inicial num cenário de “alternativa zero”, sem a existência do projeto. Ainda assim, no seu caso ideal, o lógico seria uma medida de densidade, dada neste caso pela Equação 1 onde  $d$  é a densidade das infraestruturas rodoviárias (km/km<sup>2</sup>),  $c$  o comprimento dessas infraestruturas (km) e  $a$  a área de superfície.

$$d = \frac{c}{a}$$

Equação 1- Quantificação da fragmentação do ecossistema adaptada de (Jaarsma e Willems 2002)

Criticando esta proposta de avaliação aqui sugerida, ela não pode ser aplicada de igual forma para diferentes tipos de ecossistemas, urbano, natural ou agrícola. No caso de a infraestrutura rodoviária se situar em meio urbano, este risco ambiental surge em aspetos como o atravessamento de zonas verdes, como parques e jardins. Este torna-se muito relevante devido ao carácter artificial do ecossistema e ao número reduzido que em média estes espaços apresentam dentro de uma cidade. Deve-se portanto salvaguardar essas zonas e evitar a sua fragmentação a todo o custo. De igual modo e não desprezando uma zona de reserva natural, área protegida ou pertencente à rede Natura 2000, questões como a capacidade de resiliência, as espécies nativas ou migratórias que atravessem a região devem ser tidas em conta no momento da análise e do estudo prévio.

A implementação de uma estrutura de transporte pode manipular o ecossistema, impactando em diferentes serviços fornecidos por este, de acordo com (Milenium Ecosystem Assessment 2005). A alteração do relevo natural, impermeabilização do solo e a destruição de recursos naturais pode afetar a capacidade de regulação do ecossistema, como a regulação climática, a polinização e a regulação dos recursos hídricos, além de interferir na capacidade de suporte – formação de solo e ciclo de nutrientes -, contribuindo também para a modificação de aspetos culturais ao alterar a paisagem natural. Apesar disso, pode, no entanto, ajudar a criar um melhor aproveitamento do provisionamento gerado pelo ecossistema, quando não sobre explorados esses recursos.

### 3.4.3. Contaminação de Aquíferos e Perturbação de Linhas de Água



Figura 9 - Representação das implicações para o Ambiente da Contaminação e perturbações dos aquíferos

O risco de contaminação de aquíferos e de gerar perturbações nas linhas de água é também ele, um dos riscos ambientais com maior número de interligações com os diferentes setores ambientais, basta pensar no ciclo da água. Tal fato pode ser ilustrado na Figura 9. Associada a este está a alteração das características dos habitats, não só o aquático, mas também as implicações que daí podem provir para todos os outros, bem como a criação de problemas provenientes da infiltração ou impermeabilização dos solos.

Assume-se, que a contaminação da qual faz mais sentido refletir é aquela realizada por um derrame ou mau acondicionamento de óleos e gorduras relacionadas com a empreitada. Essa contaminação pode alterar imenso as características do ecossistema, visto que o óleo é menos denso e não se mistura com a água, formando desta forma uma camada à superfície. Impede assim, não só o atravessamento dos raios solares na coluna de água, reduzindo a capacidade de algas e outras espécies fotossintéticas de realizarem a fotossíntese, mas também a dissolução do oxigénio do ar para o meio aquático, dificultando ou diminuindo a produção de

energia primária e comprometendo desta forma toda a cadeia trófica. Estas alterações podem condicionar e influenciar a dinâmica de populações de diversas espécies (Akatsu 2007), mesmo aquelas que não sejam de zonas próximas, isto é, o curso de água pode propagar o problema para jusante, afetando assim uma área muito maior. Além disso, é evidente que se existirem captações desses recursos hídricos, para consumo, para produções agrícolas ou para aquacultura, essa perturbação pode originar problemas graves de saúde humana. Considera-se portanto o mg/l a unidade de medida tida como referência para avaliação, neste caso. Nesta trabalho apenas se contemplam a avaliação da contaminação de águas balneares interiores e escoamento para a rede de drenagem.

### 3.4.4. Destruição da Paisagem Natural e Criação de Estaleiro

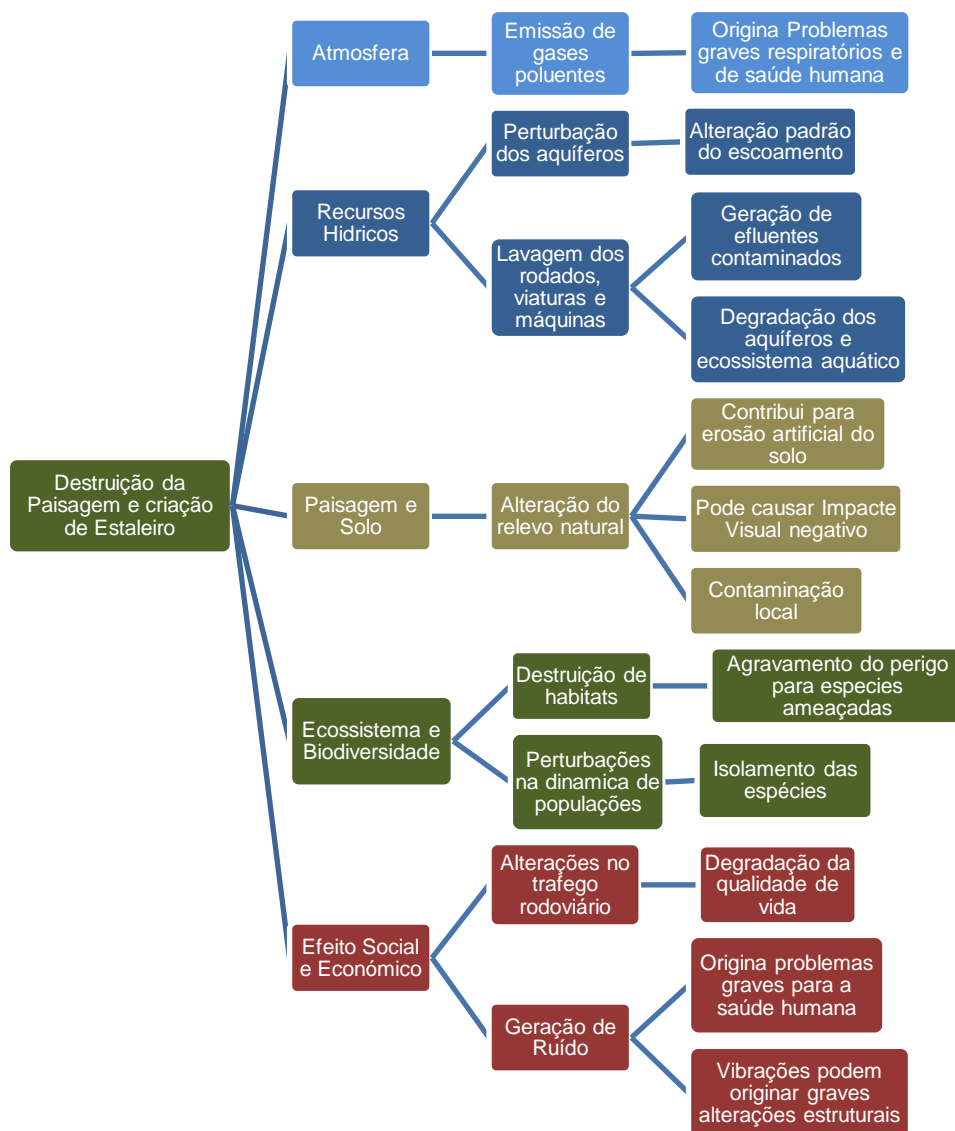


Figura 10 - Representação das implicações para o Ambiente da Destruição da paisagem e criação de estaleiro



A destruição da paisagem e património natural, quer para a extração de materiais, quer para a criação de estaleiros de apoio à realização da obra, além do seu evidente impacto visual negativo, apresenta muitas outras consequências, Figura 10. Não só para a saúde humana, mas também para todo o ecossistema envolvente, como a perturbação na dinâmica das populações - levando ao isolamento de espécies e o possível agravamento do perigo para espécies ameaçadas, a geração de ruído, a criação de efluentes provenientes da lavagem de equipamentos e manutenção e a impermeabilização dos solos. Aspetos como a fragilidade paisagística e a frequência humana devem ser tidos em conta, esteja ou não a empreitada a ser realizada num ambiente urbano, o possível dano tanto no património natural como, eventualmente, no cultural é importante e não deve ser desprezado devido a aspetos como a vibração, ou geração de ruído em valores elevados e/ou durante longos períodos de tempo que pode originar problemas de saúde para os seres humanos.

No caso da geração de ruído, esta, pode estar presente e interagir na cadeia de acontecimentos de vários riscos ambientais e originar diversos problemas. Não é de todo necessário, um ruído demasiado elevado para originar dificuldades no local de trabalho. Por exemplo: aumentando o risco de acidente na obra / atividade de manutenção ao impedir que sinais de aviso sejam ouvidos, pode catalisar a perda de audição ou ainda ser um agente causador de *stress* (Work 2015).

Portanto, após consulta da legislação em vigor, nomeadamente o Decreto-lei nº 9/2007, de 17 Janeiro retificado pela Declaração de Retificação nº 18/2007, de 16 de Março e alterado pelo Decreto-lei nº 278/2007, de 1 de Agosto são estabelecidos valores limite de exposição ao ruído.

O indicador de ruído, expresso em dB(A), associado ao incómodo global, dado pela expressão:

$$L_{den} = 10 \times \text{Log} \frac{1}{24} \left[ 13 \times 10^{\frac{L_d}{10}} + 3 \times 10^{\frac{L_e+5}{10}} + 8 \times 10^{\frac{L_n+10}{10}} \right]$$

Equação 2 - Indicador de ruído, em dB(A), referido no Decreto-lei nº9/2007

Em que:

$L_{den}$  - Indicador de ruído diurno-entardecer-noturno

$L_d$  - Indicador de ruído diurno, cujo período é das 7 às 20 horas,

$L_e$  - Indicador de ruído do entardecer, das 20 as 23 horas,

$L_n$  - Indicador de ruído noturno, cujo período é das 23 as 7 horas.

Torna-se importante referir, as seguintes definições para diferentes tipologias de zonas e os limites a elas atribuídos por lei. A diferenciação separa em zonas mistas, zonas sensíveis e zonas sensíveis na proximidade de uma grande infraestrutura de transporte.

- As zonas mistas não devem ficar expostas a ruído ambiente exterior superior a 65 dB(A), expresso pelo indicador  $L_{den}$ , e superior a 55 dB(A), expresso pelo indicador  $L_n$ ;
- As zonas sensíveis não devem ficar expostas a ruído ambiente exterior superior a 55 dB(A), expresso pelo indicador  $L_{den}$ , e superior a 45 dB(A), expresso pelo indicador  $L_n$ ;
- As zonas sensíveis em cuja proximidade exista em exploração, à data da entrada em vigor do referido decreto-lei, uma grande infraestrutura de transporte não devem ficar expostas a ruído ambiente exterior superior a 65 dB(A), expresso pelo indicador  $L_{den}$ , e superior a 55 dB(A), expresso pelo indicador  $L_n$ ;
- As zonas sensíveis em cuja proximidade esteja projetada, à data de elaboração ou revisão do plano municipal de ordenamento do território, uma grande infraestrutura de transporte que não aéreo, não devem ficar expostas a ruído ambiente exterior superior a 60 dB(A), expresso pelo indicador  $L_{den}$ , e superior a 50 dB(A), expresso pelo indicador  $L_n$ .

A criação deste espaço temporário e artificial pode, ainda, apresentar outras pressões no meio envolvente. Facilitando acesso à zona e aumentando a pressão humana devido à frequência da mão-de-obra necessária para a empreitada. Como tal, as unidades de medida escolhidas para estudar este possível risco ambiental, são a área ocupada, (ha), pelo estaleiro ou afetada neste caso pela destruição do património e, o nível de ruído emitido em dB(A). De forma semelhante ao que foi referido aquando da Fragmentação e Criação de efeito Barreira, atribuir um nível a partir do qual o dano (área) causado ao ambiente é grave, muito grave ou catastrófico, pode não ser aceite por toda a comunidade científica e peritos no tema, dado o aspeto subjetivo que nela pode estar.

### 3.4.5. Geração de Resíduos

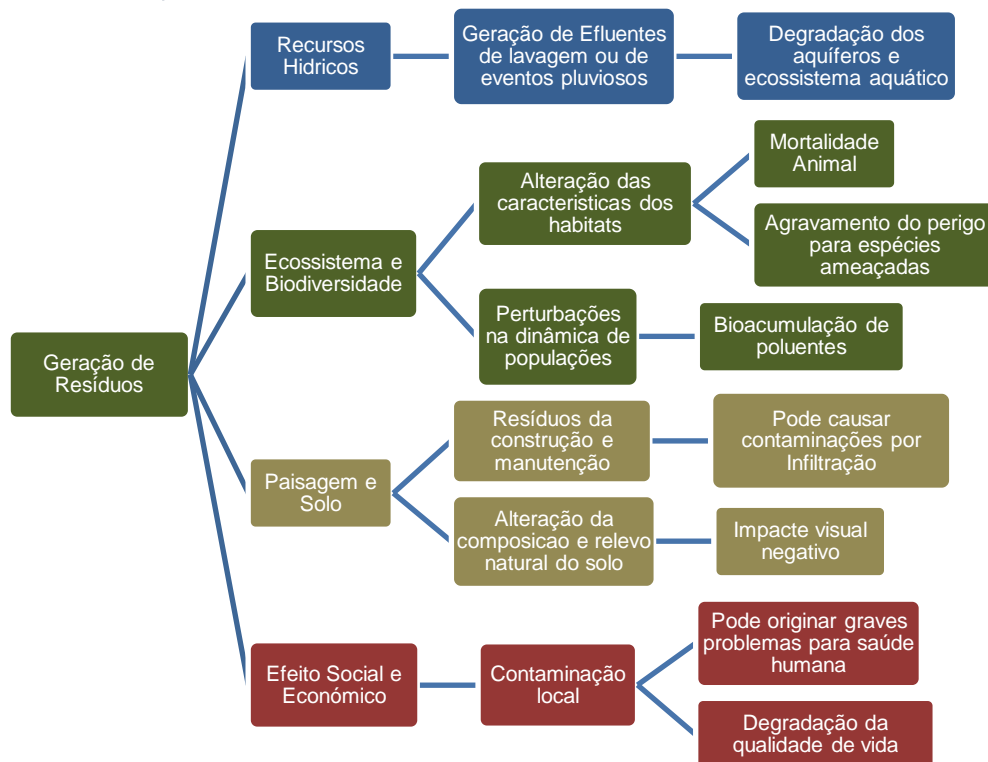


Figura 11 - Representação das implicações para o Ambiente da Geração de Resíduos

A geração de resíduos, Figura 11 numa infraestrutura rodoviária, pode acontecer em diferentes fases do seu ciclo de vida. Quer seja, aquando da fase de construção ou de fim de vida com resíduos de construção e de pavimentação, quer seja, aquando da fase de operação e manutenção, com recuperação de pavimentos, beneficiação, sinalética e outras infraestruturas de apoio, ou até mesmo, da passagem de veículos nas estradas.

As implicações para preservação da biodiversidade e ecossistema são importantes, pois ao alterarem as características do habitat, como modificando o regime de infiltração no solo (Petkovic et al. 2004) podem afetar também o ciclo de vida de diversas espécies e impactar na dinâmica dessas populações. Caso ocorra um evento pluvioso extremo, este além de contribuir para a infiltração e contaminação local do solo pode formar escorrências e arrastar consigo grande parte dos resíduos para um aquífero ou linha de água próxima, pondo em causa esse ecossistema aquático. Outro aspeto relevante é compreender a natureza desses resíduos, visto estes poderem ser de diferentes tipologias – resíduos perigosos ou resíduos não perigosos, como resíduos sólidos municipais -, variam com a sazonalidade e geograficamente. Como tal, na escolha de uma unidade de medida para a geração de resíduos sugere-se utilizar o kg.

Neste trabalho assumiu-se que a maioria dos resíduos considerados devem estar associados a atividades de construção e demolição, sem terem associados a si uma sazonalidade

específica. No entanto, compreende-se que devido às melhores condições atmosféricas para a realização de empreitadas, estes podem apresentar valores superiores de Maio a Setembro.

Posto isto, após a elaboração mais detalhada dos principais riscos considerados e a sua análise, no próximo subcapítulo são apresentadas formas de avaliar e quantificar, utilizadas aquando da avaliação de significância e, probabilidade dos riscos ambientais.

### 3.5. Avaliação do risco

Após ser feita a escolha das unidades de medida a utilizar, na fase anterior de análise, prosseguiu-se de forma a avaliar e os principais parâmetros de risco atribuindo-lhes uma classificação. Pois, posteriormente será mais fácil tomar uma decisão sobre o tratamento e/ou a necessidade do mesmo, por parte desse risco, assim, são aplicadas as classificações tanto de probabilidade como de significância de risco, sugeridas e de acordo com a Equação 3:

$$\text{Risco} = F (\text{Probabilidade, Significância} )$$

Equação 3 – Risco definido como função de probabilidade e significância de acordo com (Birkmann 2006)

Sendo que primeiramente estas análises são realizadas em separado, 3.5.1 Classificação de significância e de seguida 3.5.2 Classificação de probabilidade para posteriormente, serem agrupadas na já referida grelha classificativa de riscos.

#### 3.5.1. Classificação de significância

Relembrando, são observáveis as seis tabelas contendo os intervalos de significância sugeridos. Como em alguns casos é possível que não seja exequível chegar a um consenso em relação a uma unidade de medida a utilizar no processo de análise do risco, essas situações podem ser observadas como investigações mais profundas no tema. Nesses casos especiais, recomenda-se a utilização do bom senso e a consulta da opinião de peritos na matéria culminando, portanto, na atribuição de um nível ilustrado na Tabela 10. De modo geral, são criados cinco níveis diferentes, de 1 a 5 como referido anteriormente.

A classificação de significância segue a ordem temática da análise do risco e dos critérios a analisar definidos e propostos no subcapítulo 3.2.

Tabela 18 - Definição dos intervalos de significância para a ocupação de solo

<b>Avaliação da ocupação de solo</b>		
<b>Intervalo (ha<sup>1</sup>)</b>	<b>Nível</b>	<b>Classificação</b>
Ocupação ≤ 1ha	1	Insignificante
1 ha < Ocupação < 5 ha	2	Pouco grave (“ocupação normal”)
5 ha ≤ Ocupação ≤ 10 ha	3	Grave
10 ha < Ocupação ≤ 20 ha	4	Muito grave
Ocupação > 20 ha	5	Catastrófico

<sup>1</sup>1ha = 10 000 m<sup>2</sup>

Apesar de uma base legislativa sustentada para a construção destes níveis, o fator cumulativo dessas possíveis ocupações de solo não é contemplado aquando da decisão do nível de risco.

Relativamente à avaliação proposta para a extração e exploração de matéria-prima, recapitulando a Tabela 19 e tendo essa análise como ponto de partida, constroem-se intervalos de significância partindo de outros pressupostos. Nessas conjeturas assume-se uma largura e uma altura de estrada com 10 e 0,5 metros respetivamente, partindo do pressuposto que a infraestrutura rodoviária terá 1000 metros (1km de comprimento) são necessários 5000 m<sup>3</sup> de material para implementar essa rodovia. Se, se tomar como referencia o valor 2500kg de material/m<sup>3</sup> são necessários extrair 12 500 000 kg ou 12 500 toneladas de matéria-prima.

Os novos intervalos, no caso de uma empreitada de reabilitação, são calculados partindo do pressuposto que a rodovia a ser trabalhada apresenta uma extensão até 100 metros no primeiro caso, no segundo, entre 100 a 500 metros, no terceiro de 500 a 1000 metros e, por fim, no nível final entre 1000 a 5000 metros de comprimento.

Tabela 19 - Definição dos intervalos de significância para a exploração da matéria-prima

<b>Avaliação da exploração de matéria-prima</b>		
<b>Intervalo de toneladas (t)</b>	<b>Nível</b>	<b>Classificação</b>
Quantidade explorada $\leq$ 12 500 <sup>(1)</sup>	1	Insignificante
12 500 <sup>(1)</sup> < Quantidade explorada < 62 500 <sup>(2)</sup>	2	Pouco grave
62 500 <sup>(2)</sup> $\leq$ Quantidade explorada $\leq$ 125 000 <sup>(3)</sup>	3	Grave
125 000 <sup>(3)</sup> < Quantidade explorada $\leq$ 625 000 <sup>(4)</sup>	4	Muito grave
Quantidade explorada > 625 000 <sup>(4)</sup>	5	Catastrófico

(1)- 1 250 t (2)- 6 250 t (3)- 12 500 t (4)- 62 500 t

Para a proposta de avaliação da fragmentação e criação de efeito barreira recorre-se à Equação 1 e de acordo com vários estudos, um d de 0,6 km/km<sup>2</sup> é atribuído ao valor máximo para um ecossistema natural funcional, contendo populações sustentáveis de grandes predadores (Forman e Alexander 1998). No entanto, o Ministério Dinamarquês da Agricultura e Pescas (Dutch Ministry of Agriculture and Fisheries 1969) considera valores de 2,0 – 2,5 km/km<sup>2</sup> como sendo normais para zonas com práticas agrícolas.

De forma complementar, atribuir a mesma importância a toda essa dimensão de área nem sempre é algo que seja de fácil aceitação. Salvaguardando a preservação e importância das espécies afetadas por uma empreitada de infraestrutura rodoviária, deve acrescer uma classificação desse âmbito à avaliação de fragmentação já referida anteriormente. Desta forma, após consulta de (“Livro Vermelho dos Vertebrados de Portugal — ICNF” 2015) e dos critérios de avaliação utilizados no mesmo (“Categorias e Critérios — ICNF” 2015), são sugeridos os seguintes intervalos classificativos: “catastrófico” se a infraestrutura rodoviária contribuir de algum modo para a destruição de uma espécie que se encontre em vias de extinção ou criticamente ameaçada; “grave” ou “muito grave” no caso de a infraestrutura contribuir para a degradação da população de uma espécie que se encontre quase ameaçada ou vulnerável, respetivamente; e finalmente “pouco grave” ou “insignificante” se existirem provas que a rodovia afetará apenas espécies que se encontrem numa classificação pouco preocupante.

Tabela 20 - Definição dos intervalos de significância para a ocupação de solo através da densidade

<b>Avaliação da ocupação de solo através da densidade</b>		
<b>Intervalo <math>d</math> (km/km<sup>2</sup>)<sup>1</sup></b>	<b>Nível</b>	<b>Classificação</b>
Densidade $\leq$ 0,4	1	Insignificante
0,4 < Densidade < 0,6	2	Pouco grave
0,6 $\leq$ Densidade $\leq$ 3	3	Grave
3 < Densidade $\leq$ 5	4	Muito grave
Densidade > 5	5	Catastrófico

<sup>1</sup> de acordo com a Equação 1

Recordando os intervalos sugeridos para a avaliação da contaminação de linhas de água, Tabela 21 e Tabela 22, afetados pela estrutura rodoviária, considera-se a avaliação de significância grave caso a contaminação diga respeito ao intervalo de nível 3 nas respectivas tabelas.

Tabela 21 - Definição dos intervalos de significância para a contaminação de linhas de água

<b>Avaliação da contaminação de linhas de água</b>		
<b>Intervalo (mg/l de água descarregada)</b>	<b>Nível</b>	<b>Classificação</b>
Concentração $\leq$ 0,5	1	Insignificante
0,5 < Concentração $\leq$ 50	2	Pouco grave
50 < Concentração $\leq$ 100	3	Grave
100 < Concentração $\leq$ 500	4	Muito grave
500 < Concentração $\leq$ 1000	5	Catastrófico

Em concordância com o que foi dito anteriormente, no caso da proposta Tabela 22, destacam-se a análise dos óleos minerais, parâmetros microbiológicos - os coliformes fecais e

enterococos - e outros tipos de contaminantes como resíduos de alcatrão, matérias flutuantes, tais como madeira, plástico, garrafas, recipientes de vidro, de plástico, de borracha ou de outro material. A alguns destes parâmetros a amostragem passa por uma inspeção visual e olfativa da existência de manchas à superfície ou de aspetos como a cor, o cheiro e a turbidez mas para outros são necessárias análises mais cuidadosas.

Tabela 22 - Definição dos intervalos de significância para a contaminação de linhas de água balnear

<b>Avaliação da contaminação de águas balneares interiores</b>			
<b>Enterococos e <i>Escherichia coli</i> em (ufc/100ml)<sup>1</sup></b>	<b>Nível</b>	<b>Classificação</b>	
Enterococos intestinais ≤ 100 <i>Escherichia coli</i> ≤ 250	1	Insignificante	Excelente
100 < Enterococos intestinais ≤ 200 250 < <i>Escherichia coli</i> ≤ 500	2	Pouco grave	
200 < Enterococos intestinais ≤ 400 <sup>(2)</sup> 500 < <i>Escherichia coli</i> ≤ 1000 <sup>(2)</sup>	3	Grave	Boa
Enterococos intestinais ≤ 330 <i>Escherichia coli</i> ≤ 900	4	Muito grave	Aceitável
Enterococos intestinais > 330 <i>Escherichia coli</i> > 900	5	Catastrófico	Má

<sup>1</sup>unidades formadoras de colónias <sup>(2)</sup> apresentar uma poluição de curta duração

Após uma adaptação dos critérios sugeridos para a escala de classificação de significância, utilizada neste modelo, consegue-se sugerir diferentes níveis para analisar estes dois parâmetros microbiológicos. De salientar que são aceitáveis valores superiores para o terceiro patamar, pois contempla-se a hipótese da poluição dessa água balnear interior ser de curta duração e além disso, que estejam a ser tomadas medidas de gestão como monitorização e vigilância do local para prevenir e reduzir ou eliminar as causas dessa poluição. A presença desses microrganismos na água indica que podem ter existido contaminações fecais recentemente, (Apda 2012), o que pode originar desconforto e problemas gastrointestinais, náuseas, vômitos e diarreias.



No caso da proposta de avaliação de ruído, reavivando a Tabela 23, um valor entre níveis de 55 a 65 dB (A) começa a ser considerado um valor de ruído grave para o ser humano. Não só pelo seu perfil invasor ou por uma questão de precaução com a saúde humana, mas também com os efeitos que este nível de ruído pode trazer para a fauna envolvente e respetivo ecossistema, considera-se que acima do patamar de 75 dB(A) o dano causado ao ambiente é catastrófico.

Tabela 23 – Definição dos intervalos de significância para a análise do ruído

<b>Avaliação do ruído</b>		
<b>Intervalo (zonas mistas) dB (A)</b>	<b>Nível</b>	<b>Classificação</b>
Ruído emitido $\leq 35$	1	Insignificante
$35 < \text{Ruído emitido} < 55^{(1)}$	2	Pouco grave
$55^{(1)} \leq \text{Ruído emitido} \leq 65^{(2)}$	3	Grave
$65^{(2)} < \text{Ruído emitido} \leq 75$	4	Muito Grave
Ruído emitido $> 75$	5	Catastrófico

Caso a infraestrutura rodoviária se localize numa zona sensível, <sup>(1)</sup>- 40, <sup>(2)</sup>- 45 expresso pelo indicador  $L_n$  e 55 expresso pelo indicador  $L_{den}$ .

A consulta de (“Night Noise Guidelines for Europe” 2009) ajuda a estabelecer estes intervalos e estabelecer uma comparação com níveis noturnos, bem como evidenciar o efeito do ruído no sono e, conseqüentemente, na saúde humana. Onde até 30 dB(A) não são registados efeitos biológicos substanciais, no entanto, de 30 a 40 dB (A), começam a ser observáveis comportamentos elucidativos do distúrbio do sono, como movimentos, despertar, e relatos de distúrbios, sendo que os grupos mais frágeis são crianças, idosos e doentes crónicos. Já de 45 a 55 dB(A), são observados efeitos adversos dentro diversos grupos expostos, obrigando a maioria da população a adotar medidas para lidar com o ruído, novamente, os grupos mais frágeis são os mais afetados. Acima desse valor, (55dB(A)), a situação torna-se cada vez mais perigosa para a saúde e bem estar humano, visto ocorrerem com frequência efeitos adversos podendo aumentar o risco de doenças cardiovasculares (“Burden of Disease from Environmental Noise. Quantification of Healthy Life Years Lost in Europe” 2011).

Por fim, relativamente à geração de resíduos e devido à falta de um regulamento com o qual se possa fazer comparação, recomenda-se a utilização da classificação mais geral da Tabela 24 aliada a uma inspeção visual mais cuidada do local em estudo.

Tabela 24 - Classificação de significância geral de riscos ambientais

<b>Dano</b>	<b>Nível</b>	<b>Classificação</b>
Não conduz a danos ambientais.	1	Insignificante
Pode ser preciso aplicar medidas corretivas ou de mitigação para não originar danos ambientais graves.	2	Pouco Grave
São necessárias medidas imediatas de mitigação e correção para que a vida não seja posta em perigo.	3	Grave
Conduz a acidentes graves que podem originar não só, danos humanos, limitados a uma área, mas também ambientais.	4	Muito grave
Conduz a acidentes muito graves que originam danos ambientais que ultrapassam a zona envolvente.	5	Catastrófico

### 3.5.2. Classificação de probabilidade

A classificação de probabilidade hierarquiza em 5 níveis distintos as possíveis ocorrências. Sendo que a de nível 1 é aquela que representa a probabilidade de ocorrência menor, isto é, quase de certeza que não ocorre um evento, aumentando até ao nível 5 que representa uma ocorrência do evento quase certa. Dado o carácter subjetivo e as diferentes características espaciais, temporais e comportamentais, não é apresentada uma análise detalhada como para a análise de significância.

Tabela 25 - Classificação de Probabilidade de Ocorrências

Ocorrência	Nível	Classificação
Quase de certeza que não ocorre um evento	1	Muito raro
Pequena probabilidade de ocorrência	2	Raro
Possibilidade de ocorrência	3	Possível ou Provável
Grande probabilidade de ocorrer um evento	4	Frequente
Probabilidade de ocorrência do evento quase certa	5	Bastante frequente

### 3.5.3. Grelha classificativa dos riscos

Tendo as escalas de classificações de significância e probabilidade definidas é vantajoso encontrar uma forma de as agrupar para a transmissão assertiva de resultados mais concisos. Deste modo, na Tabela 26, é observável uma tabela de dupla entrada contendo ambas as escalas. Torna-se portanto mais fácil identificar as áreas que devem receber: tratamento prioritário englobando uma atenção mais cuidada; tratamento não prioritário; análise adicional caso não exista consenso ou se desconfie que a situação carece de uma investigação mais aprofundada que pode alterar os resultados da avaliação; não tratamento - risco tolerável.

Os valores de significância aumentam da esquerda para a direita numa escala de 1 a 5, isto é, no quadro classificativo, correspondem ao primeiro algarismo de cada célula. A escala de probabilidade varia também de 1 a 5 e aumenta no sentido ascendente, isto é, aumenta da base para o topo das colunas, corresponde ao segundo algarismo de cada célula.

Claro que, ao aplicar esta metodologia deve-se ter em atenção também mas não só, a área envolvente. Como tal, não se deve retirar daqui dogmas para todas as aplicações a possíveis “semelhantes” situações de projeto. Assim, previamente à fase final de avaliação deve ser encorajada uma compreensão extensiva sobre a obra de engenharia a realizar.

Tabela 26 - Grelha classificativa geral dos riscos

		Significância →				
↑ Probabilidade		1 5	2 5	3 5	4 5	5 5
		1 4	2 4	3 4	4 4	5 4
		1 3	2 3	3 3	4 3	5 3
		1 2	2 2	3 2	4 2	5 2
		1 1	2 1	3 1	4 1	5 1

Para finalizar a estrutura do modelo de apreciação do risco, no seguinte ponto 3.4, são apresentados algumas medidas de mitigação ou tratamento de possíveis riscos ambientais considerados no decorrer de uma infraestrutura rodoviária.

### 3.6. Tratamento do risco

Neste subcapítulo procura-se dar exemplos de práticas utilizadas, ou, fomentar a criação de novas ideias e possíveis procedimentos que, de alguma forma, modifiquem os riscos, diminuindo ou mitigando o impacte proveniente de riscos ambientais. Esse tratamento deve fazer parte de um processo cíclico como o ilustrado na Figura 12.



Figura 12 – Processo cíclico de tratamento dos riscos

Após ser acordado um procedimento de tratamento, este deve ser apreciado de forma a compreender se os riscos residuais que permaneçam são toleráveis ou não. Em caso negativo, é necessário criar um novo tratamento do risco e efetuar a sua apreciação, pois o caminho

mais proveitoso a tomar pela gestão pode nem sempre ser o mesmo, (ISO 31000:2009). Medidas como a partilha do risco com outras partes intervenientes no projeto, a redução da probabilidade de ocorrência e/ou da significância, intensificar os mesmos com vista a criar uma possível oportunidade ou optar pela remoção total da fonte de risco, são todas opções válidas a considerar, variando com o risco em causa e as circunstâncias a que se aplicam. Portanto o tratamento proposto deve ser registado e monitorizado regularmente.

De modo geral, segue-se a mesma ordem temática enunciada nos subcapítulos do ponto 3.4. Assim, começando pela extração, transporte de matérias-primas e materiais de construção, este deve ser realizado em veículos com cobertura, de modo a reduzir as emissões de partículas e poeiras. O processo de lavagem dos rodados, já referido anteriormente, é aconselhável para evitar tanto a degradação das vias de acesso ao local da obra, como para não prejudicar a segurança rodoviária dos outros condutores e utilizadores, Figura 13. Além disso, também a zona de circulação de maquinaria deve ser revestida com uma cobertura rígida, por exemplo asfalto, com o objetivo de impedir a ressuspensão de partículas por ação do vento.



Figura 13 - Exemplos de transporte com cobertura e lavagem de rodados, retirados de (Mascus 2015; Transprimo 2015)

De modo semelhante, os locais de deposição e acondicionamento desses inertes e materiais de construção pulverulentos, devem ser cobertos e corretamente acondicionados para assim ser possível minimizar o efeito de arraste, por parte do vento e/ou da precipitação que se façam sentir. Finalmente, o outro aspeto relevante a controlar, que visa diminuir ou, a manter no nível mínimo as emissões de gases poluentes é a distância a percorrer pelos veículos de carga. Torna-se então fácil perceber que é mais proveitoso, para a manutenção da boa qualidade do ambiente, os veículos realizarem percursos mais curtos.

Seguindo para a fragmentação do ecossistema e a criação do efeito barreira, que são provavelmente os riscos mais difíceis de mitigar e/ou tratar, pois existe uma porção daquele habitat que se transforma por ação do Homem e adquire formas e usos completamente distintos dos que apresentava anteriormente. Existe muito desacordo na comunidade científica

para a resolução deste problema (Environment 2010) visto que, se se decidir que o objetivo principal é o de minimizar as colisões e a mortalidade de seres vivos na rodovia, optar por aumentar o efeito barreira e isolar quase por completo essa porção do ecossistema das restantes, pode ser considerada uma melhor opção. Por outro lado, se o objetivo for o de minimizar a fragmentação dessa porção do ecossistema, implementar uma infraestrutura rodoviária com menor largura e menos abrasiva para os diferentes setores ambientais, pode ser considerada uma melhor opção. No entanto, ao implementar o projeto dessa forma, diminui o real efeito barreira, contribuindo para um maior atravessamento da rodovia por parte da fauna, o que leva muito provavelmente, a um maior número de colisões e mortalidade por atropelamento. A consulta do Decreto-lei nº 142/ 2008 de 24 de Julho ajuda na definição de conceitos e na classificação de áreas protegidas.

Características como, a largura da infraestrutura, o tipo de pavimento, o tráfego circulante (a velocidade e a sua composição), o tipo de uso de solo na zona abrangente e a dinâmica de populações das espécies que frequentam o local, são apenas alguns exemplos de quão abrangentes devem ser as medidas de mitigação. Além disso, consultando (“Fatores de ameaça | Medidas de conservação — ICNF” 2015) são sugeridas medidas que podem contribuir para a recuperação das populações de espécies consideradas ameaçadas tais como, a manutenção de técnicas agrícolas tradicionais, o controlo das espécies invasoras não indígenas, o restabelecimento do regime hidrológico natural, a conservação de zonas húmidas como charcos lagoas e pauis e a implementação de uma política de sensibilização ambiental para fomentar o benefício da conservação do património natural.

Uma medida adotada com sucesso na Dinamarca, referente a zonas mais rurais e/ou industriais, visa a implementação do atenuar do tráfego das zonas rurais, do inglês – *traffic calming rural areas*, TCRA. Isto é, esta medida propõe a criação de rodovias centrais com capacidade para maior volume e com melhores acessos, criando assim zonas residências dentro da região, permitindo às restantes infraestruturas rodoviárias existentes adotarem um carácter menos impactante no ecossistema e atuando como membranas permeáveis aos movimentos da fauna (Jaarsma and Willems 2002).

Em todas as operações/trabalhos com risco de derrame de poluentes nos estaleiros ou na própria obra, por exemplo, na manutenção e conseqüente mudança de óleos usados das máquinas e equipamentos, É aconselhável serem adotados os cuidados e precauções necessárias. Isto é, garantir que esse derrame não acontece mas, caso aconteça, providenciar que existam não só procedimentos de limpeza adequados, mas também de segurança, para os intervenientes no projeto e o meio envolvente. Como tal, as ações de limpeza da maquinaria, abastecimento de veículos de transporte, quer de material quer de mão-de-obra, devem ser realizadas em locais devidamente controlados e impermeabilizados.

Para perturbar o mínimo possível os cursos de água, é imperativa a recolha de todos os efluentes gerados, bem como o seu encaminhamento para estações de tratamento adequadas

antes da reintrodução dessa água no meio natural. Caso seja realmente necessário realizar alterações ou prolongamentos das atuais passagens hidráulicas nas linhas de água, estas devem ser realizadas num período de Junho a Setembro, demorando o mínimo tempo possível e alterando o mínimo possível do curso natural da linha de água. Desta forma, evita-se, a alteração nos padrões normais de caudal e a criação de possíveis obstruções ao normal escoamento (Tiago Silva e Anabela de Sousa 2006). Adquirindo uma visão mais abrangente, essas passagens hidráulicas podem ser adaptadas para reduzir a impermeabilidade gerada pela infraestrutura de transporte no local, permitindo deste modo a passagem de fauna, como no exemplo da Figura 14. Além disso, após a finalização da execução do projeto num determinado local, devem ser limpas todas as linhas de água e órgãos de drenagem que possam conter resíduos resultantes da obra com vista a evitar-se problemas de obstrução e alagamento das zonas adjacentes.

A destruição da paisagem natural pode se expressar de diversas formas, com a criação de um estaleiro de obra, com alterações visuais no padrão natural da região e com a geração de ruído e vibrações. Um exemplo aplicado às infraestruturas rodoviárias é por exemplo a utilização de matérias de construção idênticos aos disponíveis localmente, isto é, minimizar a perturbação visual do local ao imitar, dentro do possível, os padrões locais (V&V LLC Presents: *How To Build A Road* 2013). No caso de uma área urbana, torna-se mais difícil identificar estas componentes, pois o local encontra-se já bastante modificado pela ação antropogénica.

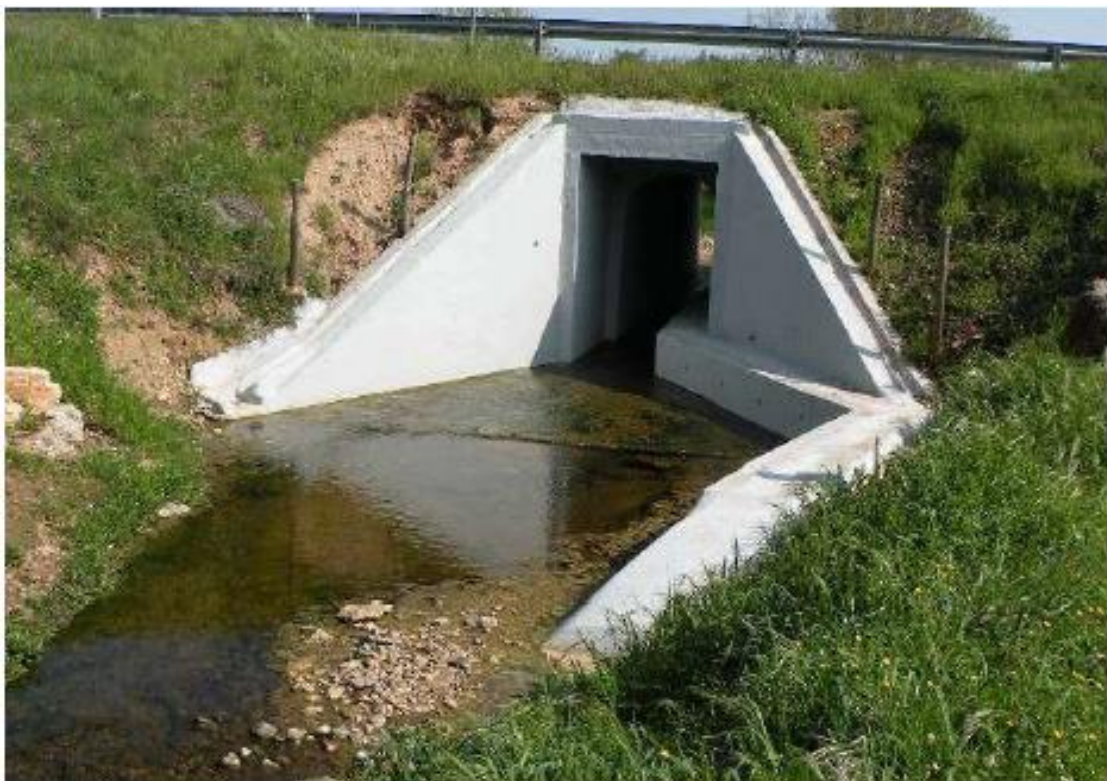


Figura 14- Exemplo de Passagem Hidráulica adaptada para a passagem de fauna, retirado de (Garcia 2014)



No caso da criação de estaleiro deve-se ter em atenção alguns fatores, além dos já referidos como a produção de efluentes, de modo a mitigar a pressão colocada no ambiente. Inicialmente, a escolha do local a implementar estas instalações de apoio à obra é de extrema importância visto que aspetos como o uso do solo, a distância ao local do projeto e área a explorar irão ter repercussões para todo o ecossistema envolvente. De seguida, a própria organização espacial dentro do estaleiro, deve ser orientada de forma a minimizar a exposição dos colaboradores a riscos.

A entidade patronal tem o dever legal de salvaguardar a saúde e a segurança dos seus colaboradores face aos riscos no trabalho relacionados com o ruído. Desta forma, são aconselháveis medidas de controlo e medição do ruído emitido não só por maquinaria mas de todas as atividades, no sentido de minimizar potenciais riscos que daí possam advir, como a perda de audição e acidentes. O modo de atuar deve dar prioridade ao coletivo e só posteriormente o individual, pelo que, é desejável o desenvolvimento de um programa de medidas cujos objetivos, sempre que possível sejam: a eliminação da fonte do ruído, permita efetuar o controlo do ruído na fonte, reduzir a exposição dos trabalhadores a níveis de ruído superiores aos 85 dB(A), ao empregar medidas sinalização, restrição e de organização do trabalho e da localização das instalações. Em última análise, devem ser fornecidos equipamentos individuais de proteção, bem como, a informação da sua correta utilização e manuseamento (Work 2015).

Ao nível de mitigar o ruído para os demais afetados que não sejam trabalhadores do projeto, normalmente, o método mais utilizado envolve a criação e implementação de barreiras sonoras. Como o próprio nome indica, esta tecnologia apesar de ser a mais eficaz aumenta a criação do efeito barreira criado pela infraestrutura rodoviária. Atualmente existem diversas técnicas e tipos de materiais utilizados, desde painéis alocados até 20 metros de altura, a pequenos corredores de árvores e/ou vegetação que, além de mitigar a poluição sonora, permitem absorver as vibrações e uma parte das emissões de gases dos veículos que aí se deslocam. Outro aspeto que contribui para a atenuação dos níveis elevados de ruído é o material do pavimento sendo que, a sua agregação aquando da implementação torna-se muito importante.

Alguns exemplos das diversas opções existentes podem ser consultados através da Figura 15, adaptada de (Kotzen e English 2009). Em casos onde as limitações espaciais não são relevantes pode-se optar pelo caso 1 na figura, deslocando assim a infraestrutura rodoviária da zona habitacional. No entanto, quando tal não acontece, opções como a construção de um túnel, caso 2, rebaixamento da rodovia, caso 3, criação de pequenas colinas com vegetação, caso 4, elaboração de barreiras biológicas, caso 5, ou, uma combinação destas, caso 6, tornam-se mais pertinentes.



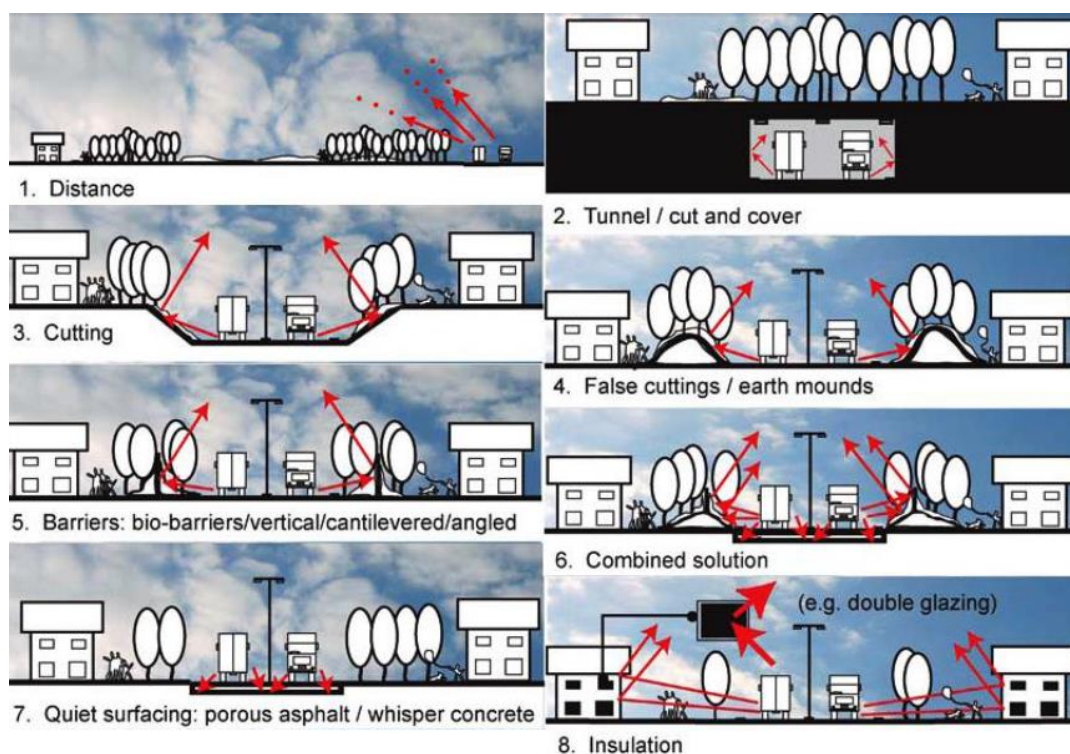


Figura 15- Exemplos de técnicas minimizadoras do ruído, adaptado de (Kotzen e English 2009)

A vermelho são observáveis vetores com direção correspondente ao percurso do som proveniente dos veículos ao circularem. Não existe uma solução ideal universal, pelo que, consoante o projeto, o local e o orçamento disponível deve-se chegar a uma solução sustentável.

Mitigar a facilidade de acesso e conseqüente aumento da pressão humana na região não é simples, visto que, uma das razões principais pela qual se criam e implementam projetos de infraestruturas rodoviárias visam isso mesmo – proporcionar melhor qualidade e facilidade de acesso a um determinado local. Uma das medidas, bastante polémica, que tem sido implementadas em diversos centros urbanos é a circulação condicionada de veículos, isto é, só é permitida a circulação de veículos em certos dias cujas matrículas terminem em números pares ou ímpares, por exemplo. Similar a esta, é a utilização de zonas de emissão reduzida (“Trânsito. Lisboa Tem Novas Restrições a Carros Poluentes - Expresso.pt” 2015) que a câmara municipal de Lisboa adaptou. Contemplando a aplicação das normas EURO de emissões de veículos, isto é, fica interdita a circulação, entre as 7 e as 21h nos dias úteis, a veículos pré-Euro 3 (anteriores ao ano 2000) na zona 1 da cidade e a veículos pré-Euro 2 (anteriores a 1996) na zona 2.

Relativamente aos resíduos que possam ser derramados/despejados por veículos que circulem nas rodovias, as formas mais significantes de mitigar o impacto desses partem pelo aumento

do controlo à deslocação de substâncias perigosas, o aumento da sensibilização dos condutores e medidas eficazes de sinalização na estrada. Para isso também podem contribuir diretivas e legislação que visem apertar essa monitorização do transporte de mercadorias.

Para finalizar, os novos aterros devem ser devidamente compactados, drenados e revestidos, a fim de se evitarem fenómenos erosivos relacionados com a dificuldade de estabilização de taludes que levarão a possíveis situações de rutura. Como com qualquer atividade de construção, ao desenvolver um projeto de uma infraestrutura rodoviária existe a possibilidade de sobrar material de construção que não foi utilizado. Preferencialmente e sempre que possível, antes de ser requisitado novo material deve-se recorrer a este de forma a não só, minimizar custos como atingir melhores níveis de sustentabilidade e mitigar a geração de resíduos provenientes da atividade de construção/manutenção.

Assim, torna-se essencial garantir o desenvolvimento e a consequente execução de um Plano de Monitorização do Ambiente. Plano esse, que deve integrar as variáveis, qualidade da água, níveis de ruído e qualidade do ar além das demais consideradas pertinentes, caso a caso.

## 4. Aplicação do Modelo

Após a construção de uma metodologia de apreciação do risco, procura-se aplicar essa ferramenta não só para a validar mas também para estudar aspetos a melhorar ou possíveis limitações encontradas.

### 4.1. Metodologia de aplicação do modelo

A aplicação faz-se em concordância com a estrutura do modelo descrita anteriormente no ponto 3.1. Estrutura do Modelo. Como tal, primeiramente refere-se o contexto e a motivação desta abordagem do risco, de seguida, realiza-se uma breve caracterização geral do local onde se insere o caso de estudo escolhido. Posteriormente e seguindo o modelo conceptual desenvolvido aplica-se o processo de gestão do risco, 4.4 Identificação, 4.5 Análise, 4.6 Avaliação e 4.7 Tratamento.

A caracterização do local inicia-se com uma investigação breve previamente à deslocação ao terreno e consequente levantamento de atividades percursoras de risco. Assim, permite-se ao apreciador criar um mapeamento mental das questões e aspetos mais relevantes a estudar no local. Tornando a fase de identificação mais fácil e aumentando a sua executabilidade. Por outro lado, nas fases de análise, avaliação e tratamento procura-se aproximar o mais possível

a casos abordados tanto na análise como nas propostas de avaliação e na conformidade de propostas de tratamento sugeridas nos pontos 3.4, 3.5 e 3.6 do modelo.

## 4.2. Contexto da abordagem do risco

A Resolução do concelho de ministros nº 64-A/2009 que diz respeito ao Plano Regional de Ordenamento do Território do Oeste e Vale do Tejo (PROTOVT) salienta a importância cénica desempenhada pelo conjunto da paisagem do vale do Sorraia. Reforçando esse aspeto, verifica-se que existe uma forte relação física e utilitária desta zona com a região do Alentejo. No entanto, devido ao seu regime e à geologia dos solos, este território está, de modo geral, exposto a um elevado risco de cheias progressivas e risco sísmico.

Ao aplicar o modelo desenvolvido, espera-se conseguir não só identificar riscos ambientais no âmbito deste projeto de reabilitação rodoviária como propor medidas de tratamento eficazes, reduzindo assim a avaliação final do risco.

Portanto, pretende-se com esta aplicação trazer mais um elemento avaliativo e fornecer ajuda na tomada de decisões por parte das entidades reguladoras e gestoras da área bem como para a empresa responsável pela empreitada nesta infraestrutura rodoviária. Este local é escolhido pois apresenta uma importância a nível económico e encontra-se perto de uma zona agrícola relevante, além disso, é uma via acesso a um lugar turístico de alguma afluência durante os meses de verão, a albufeira de Montargil.

Referente aos critérios a considerar e a analisar segue-se as sugestões fornecidas aquando do desenvolvimento do modelo de avaliação do risco. Deste modo fazem parte destes:

- A ocupação de solo, com unidades de área, recorrendo à Tabela 12;
- A quantidade de material necessário e extraído para a empreitada, com unidades de massa - Tabela 13;
- A concentração de poluentes, como óleos e gorduras e/ou de agentes microbiológicos apelando às Tabela 21 e Tabela 22;
- O possível aumento de tráfego e presença humana e a quantidade de resíduos gerados nesta obra de reabilitação, com unidades de massa.

Para estes últimos pode ser utilizada a proposta de medição do nível de ruído em dB(A), ou a de ocupação de solo através da densidade, Tabela 20 e Tabela 23 respetivamente. Além disso,



a análise de probabilidade a efetuar deve estar de acordo com a escala de 5 níveis já apresentada.

Assim, contendo estas duas vertentes, a atribuição de uma decisão na etapa de avaliação do risco torna-se possível, culminando na sugestão de uma ação a tomar, quer seja de tratamento prioritário, análise adicional, ou de tratamento não prioritário.

### 4.3. Caracterização do caso de estudo

Escolhe-se como caso de estudo exploratório, a reabilitação de uma estrada municipal entre as localidades do Couço e Montargil. A rodovia apresenta cerca de 13 quilómetros de comprimento e 10 metros de largura na maioria do seu tabuleiro de rodagem, com exceção da Ponte de Santa Justa que tem apenas 6 metros de largura, aproximadamente. Através da visualização das Figura 16 e Figura 17, consegue-se compreender geograficamente a sua localização dentro da bacia hidrográfica do rio Tejo e do território Português.

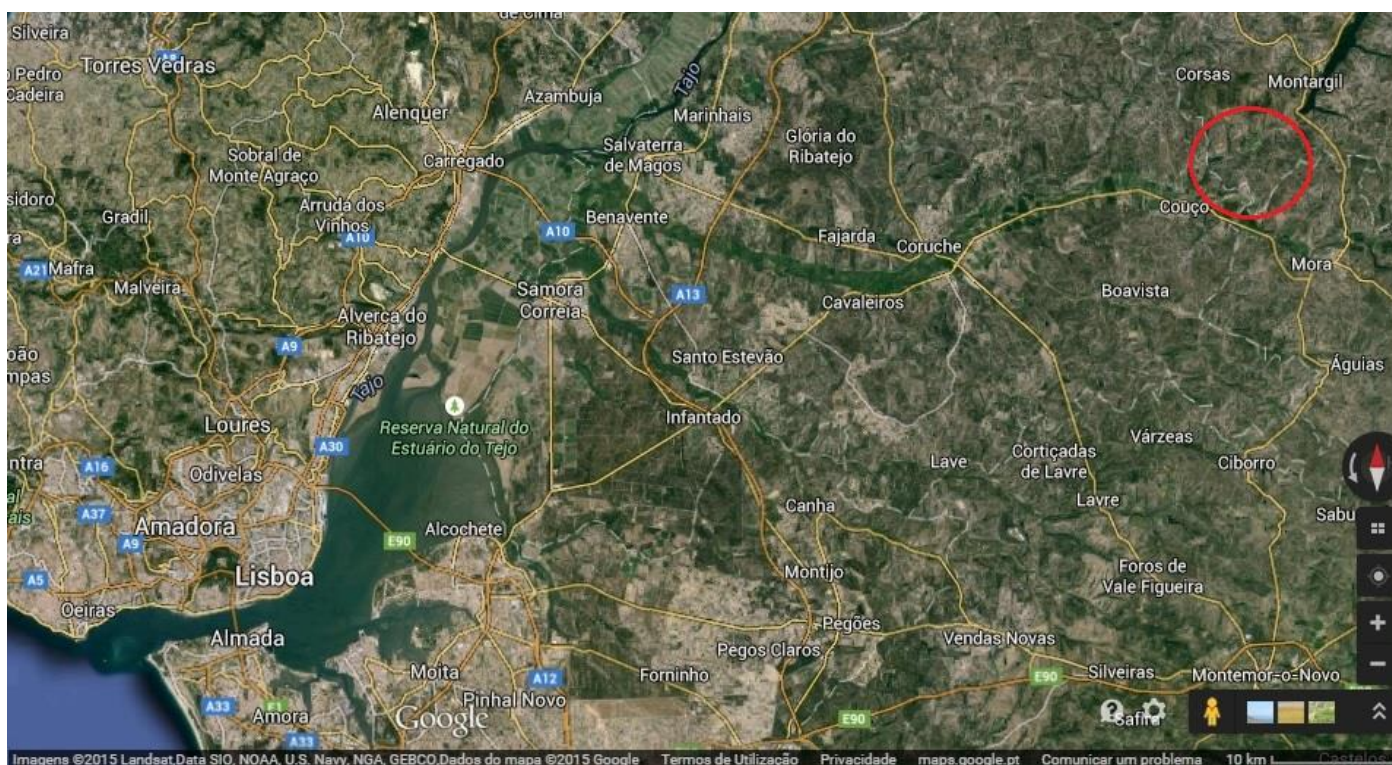


Figura 16 - Mapa com localização da zona onde se insere o caso de estudo, retirado de ("Google Maps" 2015a)

Parte da infraestrutura rodoviária está ao cuidado do município de Coruche e a outra parte esta sob a alçada da câmara de Ponte de Sôr. Esta divisão de gestão é, provavelmente, uma das razões pelas quais, parte da rodovia se encontra em piores condições que a outra, isto é, a precisar de intervenções de reabilitação e recuperação de asfalto, ver figuras 17 e 18. Outra possibilidade é o tráfego de veículos pesados ou agrícolas aliados às condições precárias do pavimento que pode não ter considerado o aumento da circulação rodoviária, apesar de existir

uma proibição para veículos cuja tara ultrapasse as 1,5 toneladas, na travessia da ponte, e 10 toneladas na restante rodovia. Este caso de estudo encontra-se inserido numa área onde as principais atividades económicas são: a agricultura - principais culturas milho, arroz e vinha - e uma pequena indústria extrativa de inertes fluviais. Na sua extensão, a rodovia não atravessa nenhum grande centro urbano, tratando-se portanto de uma zona maioritariamente rural no



Figura 17 - Ampliação e identificação da localização do caso de estudo retirado de ("Google Maps" 2015b)

vale do Sorraia. Esses aspetos podem ser observados na Figura 17.

O aglomerado populacional relevante mais próximo é a vila do Couço com aproximadamente 2700 pessoas ("Couço" 2014). A rodovia acompanha, de modo geral, o percurso do rio Sôr a jusante da albufeira de Montargil onde é feita uma separação e é criado um canal de irrigação. A albufeira foi construída em 1958 com capacidade para armazenar  $164,3 \times 10^6 \text{ m}^3$  e estende-se por uma área de  $1186 \text{ km}^2$ , Decreto-regulamentar nº18/2001 de 7 de Dezembro. Esse canal que garante o abastecimento hídrico de diversas culturas não só nesta área de lezíria mas que se estende até à zona de Samora Correia, onde em junção com o formado rio Sorraia – confluência dos rios Sôr e Raia -, acaba por desaguar no estuário do Tejo sendo um dos seus principais afluentes na margem esquerda, com uma área de bacia hidrográfica de  $7652 \text{ km}^2$ .





Figura 18 – Estado atual da infraestrutura rodoviária.

Adicionalmente, consulta-se a carta de classificação dos solos de Portugal, excerto visível na Figura 19, e percebe-se que a infraestrutura está numa região de podzol órtico, associado a cambissolos éútricos. Neste solo considera-se que existiu uma evolução que o conduziu até às características que hoje apresenta, cor clara, fértil, horizonte eluvial com alguma abundância de areias e arenitos diversos e uma camada podendo conter alumínio e ferro, (Departamento de produção agrícola e animal; Direção Geral de Agricultura e Desenvolvimento Rural), (“Podzol | FAO Soil Group” 2015).

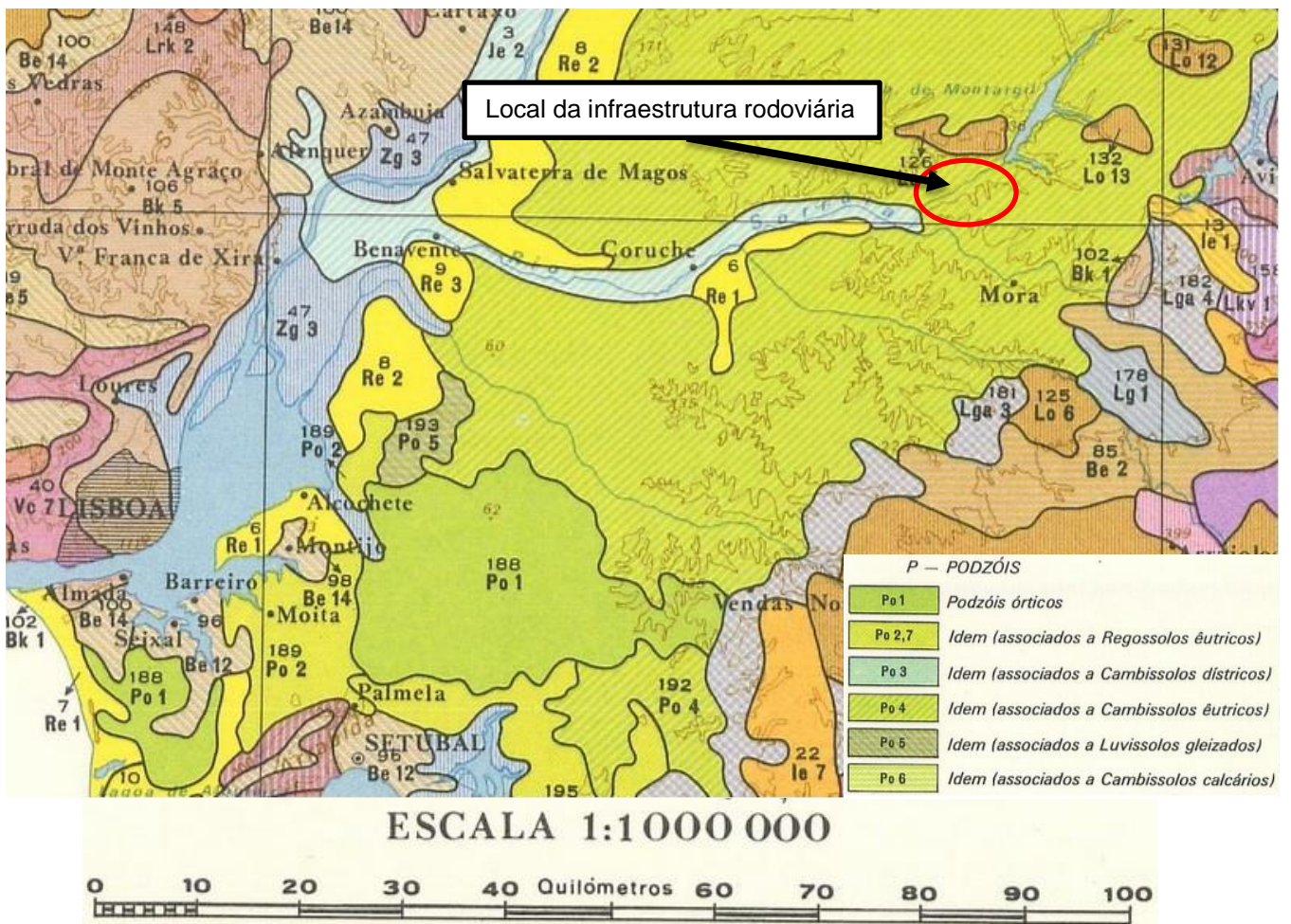


Figura 19 - Classificação dos solos retirado de (Panagos et al. 2011)

Após uma breve caracterização do local onde se insere o caso de estudo, segue-se para a fase inicial da aplicação do modelo desenvolvido, a identificação de riscos.

#### 4.4. Identificação

Partindo da caracterização do caso de estudo, inicia-se a fase de identificação de riscos ambientais pertinentes. Sempre que possível, tenta-se encontrar semelhanças com a Tabela 8, pois a sua análise conseqüentes avaliações e tratamentos tornam-se mais familiares. Partindo das observações no local, elabora-se um conjunto de riscos ambientais para o ambiente e para a manutenção de uma boa qualidade ambiental. À semelhança do que é referido anteriormente, são identificáveis atividades que podem originar ou levar à criação de situações perigosas. Tais como: operações de manutenção do equipamento e maquinaria necessária à obra em conjunto com má execução dos procedimentos de acondicionamento das diversas substâncias químicas e reagente podem acontecer derrames ou vazamentos descontrolados de químicos e/ou compostos poluentes, modificações no uso do solo - neste caso o estaleiro está a ocupar um local que pode ser aproveitado para o desenvolvimento de atividade agrícola, modificações do curso natural de linhas de água associado a lavagens de equipamento e dos rodados de veículos aliado a um aumento da pressão humana no local possibilitam a degradação das linhas de água e do ecossistema aquático, contribuindo deste modo para uma mortalidade animal e podendo mesmo originar problemas graves de saúde humana - visto que esses recursos hídricos são utilizados para rega. Adicionalmente, o aumento de tráfego rodoviário e da presença humana no local pode ampliar o alcance da colonização de espécies invasoras na zona e a degradação das populações locais quer através de atropelamentos quer através de contaminações e fenómenos de bioacumulação.

Visto o caso de estudo selecionado ser uma empreitada de reabilitação, muito certamente que são geradas quantidades significativas de resíduos, ver Figura 20.



Figura 20 – Resíduos de manutenção e reabilitação da infraestrutura rodoviária



Relacionando este fato com a possibilidade de um evento pluvioso extremo ou uma cheia progressiva e caso não sejam tomadas as devidas precauções existe uma grande possibilidade de ocorrer não só a infiltração de poluentes no solo como também a contaminação dos terrenos agrícolas nas proximidades. A localização do estaleiro de apoio à obra é também ela



Figura 21- Vista da entrada do estaleiro de apoio à obra

muito importante ver Figura 17 e Figura 21. Identificando a proximidade desta com as faixas de rodagem a serem reabilitadas é uma mais-valia ambiental e económica para o projeto.

Posto isto, são escolhidos os que se pensam ser riscos mais relevantes para a análise:

- Destruição da paisagem natural, com a modificação no uso do solo e depleção de recursos naturais para a reabilitação da infraestrutura;
- Contaminação das linhas de água e aquíferos que são usados para rega e parte integrante na manutenção do ecossistema;
- Aumento do tráfego rodoviário e presença humana na zona com intensificação da possibilidade de introdução de espécies exóticas e degradação das populações locais;
- Geração de resíduos de asfalto e alcatrão retirados da infraestrutura aquando da sua reabilitação;

Tendo definido quais são os riscos ambientais considerados, prossegue-se para a próxima fase da metodologia desenvolvida, a análise.



## 4.5. Análise

Após identificação daqueles que são considerados os riscos ambientais mais pertinentes, no subcapítulo anterior, parte-se para a sua análise em maior pormenor. Seguindo pela ordem que foram enumerados e, começando pela destruição da paisagem natural, constrói-se um esquema para elucidar as ramificações deste risco, Figura 22.



Figura 22 - Representação das implicações para o Ambiente da Destruição da paisagem natural

O efeito no ecossistema bem como as suas consequências não estão representados na figura apresentada pois, neste caso, trata-se de um projeto de reabilitação rodoviária e não uma implementação de uma infraestrutura rodoviária nova. Pelo que, não são expectáveis grandes mudanças na fragmentação do ecossistema já existentes. Por outro lado, a depleção de recursos naturais, a alteração do relevo natural e do uso do solo assim como a possível contaminação das zonas envolventes e consequentemente as linhas de água e aquíferos são efeitos e consequências mais adequadas de se analisar e avaliar. De acordo com os intervalos sugeridos anteriormente para análise, as grandezas relevantes a quantificar passam pela área ocupada e a quantidade de material extraído para o projeto de reabilitação. Assume-se que apenas 5 quilómetros de rodovia com altura de 0,25 metros necessitam de reabilitação. Tendo este pressuposto como base, consegue-se assumir que é necessário extrair cerca de 31250 toneladas de matéria-prima. O estaleiro no local encontra-se a cerca de 200 metros do centro da infraestrutura rodoviária a ser trabalhada, com uma ocupação de solo útil de aproximadamente 500 m<sup>2</sup>, sendo a restante área para deposição de material, veículos e de inertes - cerca de 2,5 hectares.

De seguida, contempla-se a possível contaminação das linhas de água e aquíferos do local. Como já foi referido, estes são de grande importância para manter a boa qualidade dos recursos hídricos e devido à sua utilização em atividades de rega, para o cultivo de diversas culturas. Assim, elabora-se um esquema para exemplificar as possíveis ramificações deste risco, Figura 23.

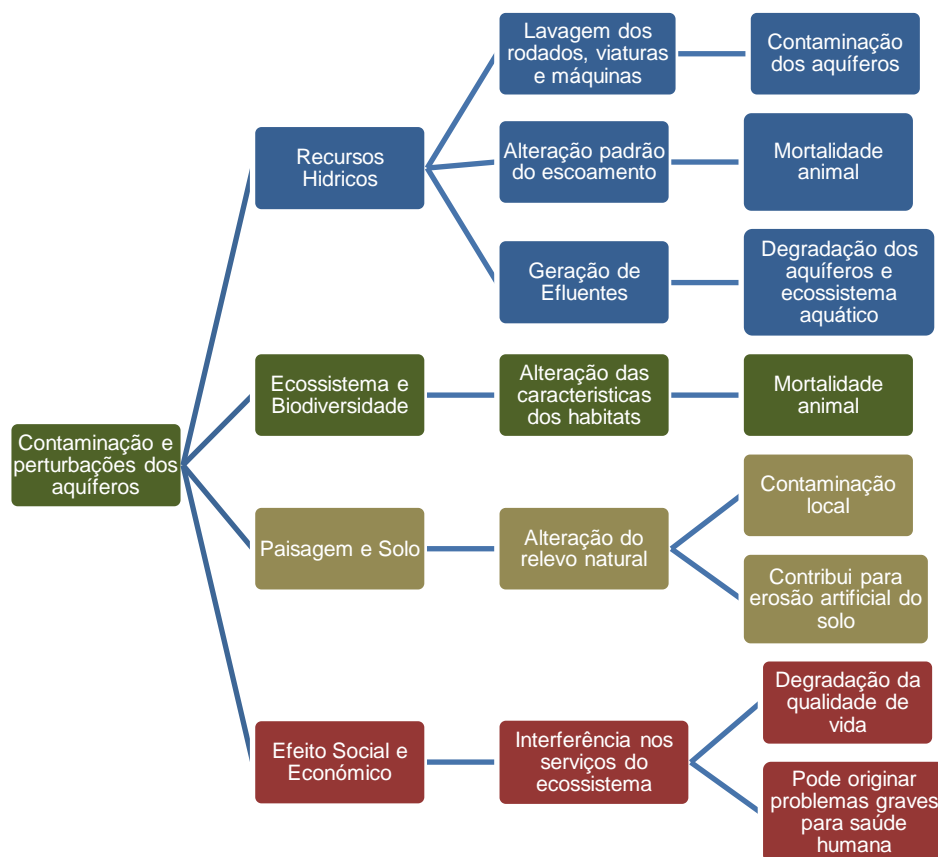


Figura 23 - Representação das implicações para o Ambiente da Contaminação e Perturbação das linhas de água e aquíferos

Aspetos como a lavagem dos rodados dos veículos que entram e abandonam o local, alterações do relevo natural – impermeabilizações ou infiltrações artificiais - e até deposições de resíduos de obra, aliados a eventos pluviosos, podem originar perturbações na qualidade das linhas de água se não forem tomadas precauções e medidas para prevenir os possíveis impactes. Seguindo as análises sugeridas é necessário realizar amostragens à concentração de poluentes, como óleos e gorduras, que possam estar presentes no percurso hídrico. No entanto, não é possível, comprovar essa presença nem a de indicadores microbiológicos de má qualidade dos recursos hídricos devido à falta de equipamento especializado. Como tal, recomenda-se uma inspeção visual e olfativa mais minuciosa numa proximidade do estaleiro e do local do projeto de reabilitação.

Assim, de forma semelhante, desenvolve-se o esquema presente na Figura 24, referente ao aumento do tráfego rodoviário e da presença humana na zona. Estes acontecimentos podem originar, direta ou indiretamente, uma degradação de nichos ecológicos ou das populações locais de diversas espécies bem como a proliferação da introdução de espécies invasoras e exóticas a esse ecossistema.

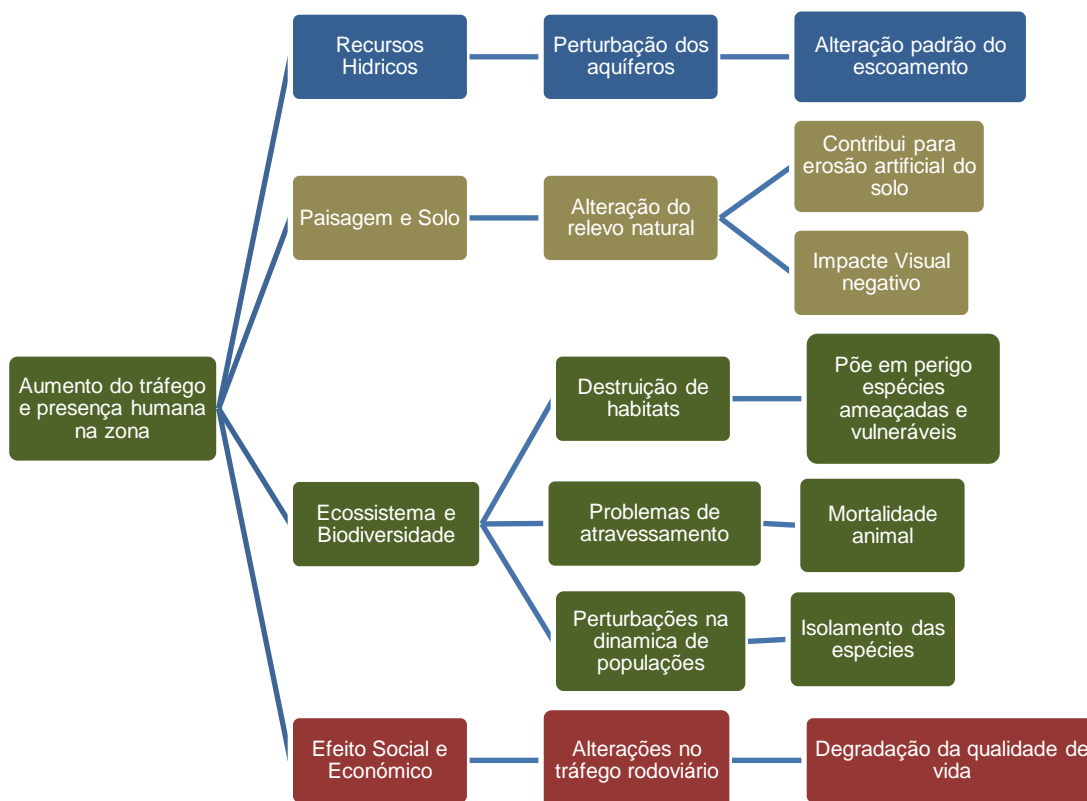


Figura 24- Representação das implicações para o Ambiente do Aumento do tráfego Rodoviário e da Presença humana

Consequências como a alteração no padrão do escoamento tem implicações não só locais mas para jusante desse curso de água. O ganho em acessos ao local traz consigo a possibilidade e a facilidade de geração de poder económico e valorização da região a nível turístico, mas também, o aumento da pressão humana no ecossistema como o aumento do tráfego rodoviário e todas as implicações que daí possam advir como o aumento de mortalidade animal e a criação de problemas de atravessamento.

Com este risco, apesar de importante, não foi possível ajustar uma sugestão de análise que seja referida anteriormente. A que se encontra mais próxima disso é o método da avaliação de ocupação de solo pela densidade, Tabela 20, juntamente com o seu impacte na biodiversidade, isto é, número de espécies afetadas, a sua classificação – pouco afetada, vulnerável e em perigo de extinção -. Possivelmente esta será uma área em que é necessário recorrer, ou desenvolver, uma solução de análise mais robusta.

Por fim, constrói-se o esquema presente na Figura 25 referente à geração de resíduos de asfalto e alcatrão da infraestrutura aquando da sua reabilitação. Estes resíduos podem originar uma degradação e contaminação do ecossistema envolvente, desde contribuir para contaminar os cursos de água, passando pelo impacte visual negativo transmitido originando problemas de saúde humana quando não tratados ou encaminhados/reaproveitados para os locais adequados.

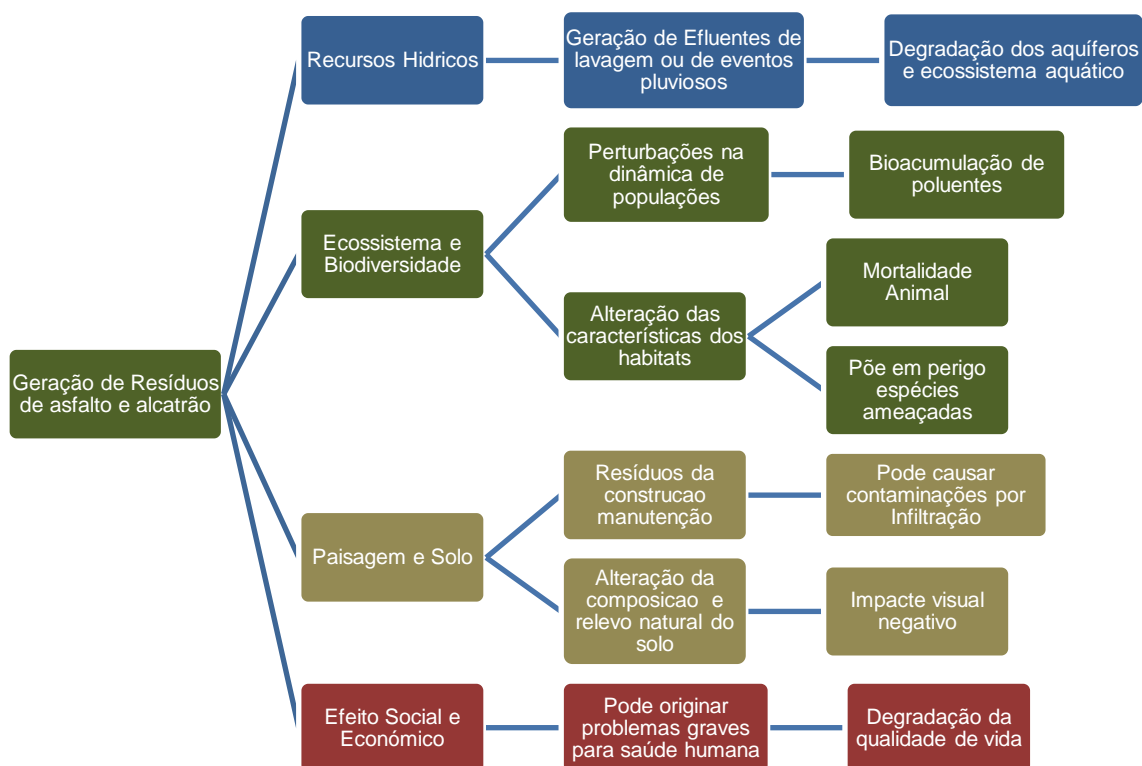


Figura 25- Representação das implicações para o Ambiente da Geração de resíduos de asfalto e alcatrão

Desta forma, seguindo inspeções e medições no local estima-se que a quantidade de resíduos de alcatrão e pavimento já retirados da infraestrutura sejam de aproximadamente 200 toneladas. Assumindo que a empreitada está cerca de 65 % da sua conclusão os restantes 35% correspondem a umas adicionais 107 toneladas que serão geradas antes do seu desfecho. No entanto, não se consegue à partida estabelecer uma comparação com qual intervalo de análise este valor corresponde. De acordo com a informação encontrada e devido ao facto de pertencer ao concelho de Coruche o aterro mais próximo é o aterro sanitário da raposa perto de Almeirim, a aproximadamente 44 km de distância do local da obra, (“Recolha de Resíduos - Câmara Municipal de Coruche” 2015).

Em síntese, os riscos analisados são:

- Destruição da paisagem natural, com a modificação no uso do solo e depleção de recursos naturais para a reabilitação da infraestrutura; (R1)
- Contaminação das linhas de água e aquíferos que são usados para rega e parte integrante na manutenção do ecossistema; (R2)
- Aumento do tráfego rodoviário e presença humana na zona com possibilidade de intensificação de introdução de espécies exóticas e degradação das populações locais; (R3)
- Geração de resíduos de asfalto e alcatrão retirados da infraestrutura aquando da sua reabilitação; (R4)

Deste modo, faz-se associar a cada um dos riscos identificados uma letra para facilitar a leitura do registo do risco adaptado à fase de avaliação.

#### 4.6. Avaliação

Depois de analisados os principais riscos identificados, procede-se à avaliação dos mesmos. A qual irá culminar na atribuição de uma classificação de significância e probabilidade tendo por base os patamares de avaliação sugeridos pelo modelo permitindo assim identificar se o risco deve ou não receber tratamento e, se sim, se este deverá ser prioritário em detrimento de outros.

No caso do risco (R1) opta-se por realizar um cálculo da média dos valores de significância atribuídos aquando da comparação dos intervalos sugeridos previamente na fase de análise do modelo, extração e ocupação do solo, assim chega-se ao valor 3. Referente à análise de probabilidade parte-se do pressuposto que não são utilizados materiais reciclados ou que não é feito qualquer reaproveitamento de matéria-prima, como tal, é um acontecimento quase certo a depleção dos mesmos e a sua extração. Daí ser atribuído o valor mais elevado da análise de probabilidade, 5. Portanto, relembrando a grelha classificativa dos riscos, o caso (R1) insere-se no grupo dos que deve receber tratamento prioritário.

Para a avaliação do caso (R2) sugere-se tratamento não prioritário, no entanto, recomenda-se uma análise adicional, visto que, de acordo com os intervalos sugeridos, as análises não foram efetuadas corretamente, ainda assim, são realizadas inspeções visuais e olfativas em diversas zonas próximas do local da empreitada, a cerca de 30 metros. Estas demonstram que as linhas de água não apresentam cheiro nem cor anormal ou distintiva. Apesar disso, justifica-se uma classificação de probabilidade com o valor 3 dada a proximidade da empreitada com as linhas de água e porque existe a possibilidade de um evento pluvioso repentino favorecer este

acontecimento. Relativamente à análise de significância e devido ao seu carácter extremamente importante desses cursos de água, é atribuído o valor 3.

Relativamente ao caso (R3) atribui-se uma classificação de significância de valor 2 visto este evento poder originar a toma de medidas corretivas ou mitigadoras para evitar a sua propagação. No entanto, associado à análise de probabilidade e tendo em conta que esta infraestrutura rodoviária após término da empreitada ficará em melhores condições que muitas outras alternativas na zona, muito provavelmente, ela irá receber uma maior afluência de veículos. Daí, ser sugerido o tratamento não prioritário com valor de classificação de probabilidade 4. Além disso, recomenda-se uma análise adicional para averiguar se existe de fato a proliferação de espécies invasoras no local.

Finalmente, no caso do risco (R4) e visto se tratar de uma obra de reabilitação, existem sempre resíduos de asfalto e alcatrão retirados da infraestrutura, como tal é atribuída uma classificação de probabilidade de valor 5. Relativamente à classificação de significância sugere-se o valor 2, visto poder ser preciso aplicar medidas corretivas ou de mitigação para não originar danos ambientais graves. Assim recomenda-se o devido acompanhamento e tratamento não prioritário.

Assim, com o objetivo de ir ao local e registar o observado desenvolve-se um suporte de apreciação, fácil de transportar e que permite reter a informação considerada mais relevante, é exibido na Tabela 27.

Tabela 27 – Suporte de apreciação do risco, designado de registo do risco

### REGISTO DO RISCO

Identificação	Análise			Avaliação
	Significância	Probabilidade	Nível de risco	
Risco 1 (R1)	3	5	3 5	Tratamento prioritário
Risco 2 (R2)	3	3	3 3	Análise adicional
Risco 3 (R3)	2	4	2 4	Tratamento não prioritário
Risco 4 (R4)	2	5	2 5	Tratamento não prioritário

Esse apresenta a forma de uma lista preenchível, contendo espaços para a designação do risco encontrado, de sugestões para o seu tratamento e colunas para a análise e avaliação do mesmo que culminam na forma de tratamento a efetuar, caso necessário.

## 4.7. Tratamento

No seguimento da fase de avaliação são contempladas algumas possíveis sugestões de tratamento dos riscos identificados. Além dessas e de acordo com a ISO 31000 e a Figura 12 deve ser efetuada uma avaliação dos riscos residuais, após o tratamento sugerido, para averiguar se esses que permanecem são toleráveis. Nesta dissertação esta operação não é executada na totalidade, visto que apenas se constata o nível de risco que o tratamento permite obter.

Para o (R1), é sugerida a redução da probabilidade de ocorrência, como tal, em jeito de alternativa, a utilização de cinzas de fundo ou a reutilização de outros tipos de enchimento que não sejam agregados virgens é recomendável. Desta forma consegue-se também reduzir a quantidade extraída, reduzindo portanto o valor atribuído aquando da análise de significância e consequentemente a prioridade de tratamento. Como medidas mitigadoras, a recuperação do solo utilizado de volta à sua paisagem natural, a manutenção da vegetação ripícola enquanto elemento importante para funções de proteção do solo, da fauna e valorização da paisagem devem ser asseguradas.

Com estas propostas de tratamento e mitigação espera-se uma redução da classificação de probabilidade e de significância para 4 e 2 respetivamente, de acordo com o contexto definido deixa de ser um caso de tratamento prioritário.

Para o caso (R2) é imperativa a realização de uma análise adicional mais completa e abrangendo um maior leque de indicadores de qualidade, para assim se compreender melhor as consequências desse possível risco para o ecossistema. Uma medida preventiva passa pelo acondicionamento controlado de todos os efluentes gerados pela empreitada, garantindo assim o seu encaminhamento e consequente tratamento antes de devolver ao rio essa água. Com estas medidas prevê-se que seja mais fácil conseguir chegar a classificações de significância e probabilidade mais próximas da realidade. Aplicando esta medida preventiva espera-se uma redução da classificação de probabilidade do nível 3 para o nível 2.

Portanto o risco com estas medidas fica com níveis de significância e probabilidade de 3 e 2 respetivamente.

No caso (R3) é proposta uma redução da classificação da probabilidade. Para tal, medidas que limitem os acessos ao local são provavelmente as que podem surtir mais efeito, no entanto, essa medida levanta a questão da reabilitação em primeiro lugar, não faz sentido recuperar-se a infraestrutura rodoviária para depois se impedir a sua utilização. Assim, de modo a limitar as perturbações e o possível aumento da fragmentação do habitat, devem ser favorecidas as culturas locais de forma menos abrasiva, isto é, tradicional. Elaborar juntamente com o ICNF, uma lista de espécies mais ameaçadas ou suscetíveis de sofrerem danos nas suas populações, devido ao aumento da pressão humana e transmitir essa informação à população

através de sensibilizações. É uma medida que pode ser considerada no combate à perda de biodiversidade local bem como de partilha do risco.

Com estas propostas espera-se uma redução da classificação de probabilidade de 4 para 3, no entanto, a nível de significância medidas extra a adotar devem ser encontradas. Assim, o risco fica com níveis de significância 2 e probabilidade 3.

E finalmente no caso (R4) recomenda-se de igual modo a (R1) uma redução da classificação de probabilidade. Desta forma, evita-se a deposição em aterro e deve-se colocar esses resíduos em locais devidamente isolados, controlados e impermeabilizados. Preferencialmente, pode-se também recorrer a esse material para realizar preenchimento de terreno ou realizar aterros e nivelamento de terras quando devidamente isolado para impedir formação de lixiviados no evento de um acontecimento pluvioso.

Desta forma, espera-se uma redução acentuada da classificação de probabilidade de 5 para 3 devido à minimização da possibilidade de contaminação e/ou infiltração local. Modificando o risco para níveis de probabilidade 3. Por outro lado o valor de significância mantém-se inalterado com valor 2.

Portanto, como defendido anteriormente, de modo a garantir o correto funcionamento do ciclo e o seu melhoramento constante o tratamento proposto deve ser registado, monitorizado regularmente e comunicado aos órgãos de gestão responsáveis.



## 5. Discussão

Tendo aplicado o modelo desenvolvido a um caso de estudo exploratório, elabora-se uma breve discussão deste modelo, da sua aplicação e dos resultados obtidos.

### 5.1. Discussão do modelo

A abordagem à metodologia de apreciação do risco, desenvolvida nesta dissertação, permite obter resultados aquando do seu emprego numa situação real no terreno. Ainda que nem todos os seus objetivos sejam cumpridos, possibilita, não só um auxílio na tomada de decisão relativamente ao risco ambiental encontrado, como estabelece um processo de registo dos possíveis eventos. Apesar de ser elaborado para abranger todas as fases do ciclo de vida, não é possível constatar a sua aplicação a uma infraestrutura em fase de construção ou desmantelamento, devido ao caso de estudo escolhido ser uma obra de reabilitação/manutenção em meio considerado rural. Comprova-se que o modelo conceptual no seu cerne é funcional, apesar de se encontrar algumas limitações aquando da sua aplicação este destaca-se pela sua aplicabilidade mas a generalidade torna-se um obstáculo quando existem casos concretos a estudar.

### 5.2. Discussão da aplicação do modelo

De modo geral, consegue-se obter bons resultados na medida em que, de acordo com a sua colocação na grelha classificativa de riscos a sua prioridade de tratamento é evidenciada, atribuindo-lhe um peso e notoriedade mais elevadas. Além disso, permitem validar a metodologia e compreender que esta realça a importância da existência de uma etapa de apreciação do risco, integrada ou separada, da avaliação de impacte ambiental numa empreitada de infraestruturas rodoviárias.

No entanto, a qualidade dos resultados obtidos pode ser contestada em certos aspetos, visto que, esses são em alguns casos filtrados pelo examinador ou pela pessoa que executa esta apreciação, adquirindo assim uma certa subjetividade. O que contribui para essa subjetividade de seleção e atribuição de valor nas hierarquias de significância e probabilidade é o fato de muitos dos possíveis riscos encontrados poderem não apresentar esses intervalos bem definidos, como tal, remete-se para uma segmentação geral e ao cuidado de quem inspeciona. Este aspeto torna-se ainda mais agravante no caso da hierarquia de probabilidade de ocorrência pois, ao contrário da análise de significância, não é utilizada qualquer comparação com legislação ou regulamentação. Isto deve-se à dificuldade em localizar uma boa base de dados estatística que possibilite identificar a probabilidade de ocorrência dita “normal” de um

evento, estabelecendo um parâmetro com o qual se consegue construir uma hierarquia semelhante a algumas sugeridas na análise de significância. Esta é claramente uma limitação e um ponto a melhorar no modelo desenvolvido.

Relativamente à análise do risco, este modelo apenas se refere a cinco exemplos dos apresentados no quadro síntese, Tabela 8, porque esses foram considerados os mais abrangentes e integradores de todos identificados, limitando à partida a consequente fase de análise, a esses exemplos. No entanto, comprovam-se algumas limitações, por exemplo, referente à análise de ruído, aquando da destruição da paisagem natural e criação de estaleiro, a escala que se sugere não contempla o fator temporal de exposição, isto é, apenas são considerados os valores de emissão do ruído e não o tempo a que as pessoas estão expostas aos mesmos. Referente à fragmentação e criação de efeito barreira, a sugestão de análise através da densidade não é fácil de transpor para escalas superiores, pois torna-se um trabalho mais moroso e, além disso não se encontra um consenso para valores padrão. Ainda assim, esta proposta é mais complexa e mais pertinente que uma simples análise de ocupação de solo recorrendo à área ocupada. Concretamente em respeito a colisões e mortalidade animal na rodovia, aquando da aplicação não são encontrados animais. No entanto, estudos como (Seiler 2003) trazem questões que o modelo apenas responde de forma limitada, tais como: quando é que a mortalidade na rodovia se torna uma ameaça para a sobrevivência da espécie; faz sentido assumir os custos de mitigação e/ou tratamento para reduzir a mortalidade animal; e quanta dessa perda de biodiversidade pode/deve ser tolerada ecológica e politicamente. Deste modo, chegar a um consenso em relação à melhor medida de tratamento pode nem sempre ser fácil dentro de todos os intervenientes e partes afetadas pela empreitada da infraestrutura rodoviária.

Posto isto, constata-se que o modelo apresenta alguma adaptabilidade em termos de aplicação em meio considerado rural, visto que as dificuldades existentes são na ordem da falta de equipamento de medição, como no caso do ruído e da verificação de contaminação das linhas de água de acordo com os parâmetros microbiológicos. Tendo aspetos mais relevantes para meio urbano, como a análise de ruído, prevê-se que neste tipo de ecossistema a sua aplicabilidade conseguirá gerar resultados na apreciação de riscos ambientais identificados. A sua aplicação a escala local é bem-sucedida, no entanto, pensa-se que também é possível de ser realizada a uma escala regional, no entanto, com algumas adaptações ao nível das unidades de estudo utilizadas aquando da fase de análise do risco. Relativamente a infraestruturas rodoviárias que se desenvolvem em áreas consideradas protegidas ou de carácter especial, como reservas ou parques naturais, é expectável que os melhores resultados passam por uma integração desta metodologia com a necessária em AIA.

De seguida é elaborado um capítulo de conclusões, recomendações, hipóteses de trabalho futuro e oportunidades de melhoria do modelo conceptual de apreciação do risco.

## 6. Conclusões e trabalho futuro

Neste capítulo, após o desenvolvimento e a aplicação de um modelo abrangente e uniforme de apreciação do risco ambiental, são apresentadas as principais conclusões deste trabalho, algumas recomendações e possíveis investigações futuras ou melhoramentos.

Após a leitura da investigação realizada no âmbito deste trabalho, é possível perceber que por mais pequena que seja a empreitada, esta, terá sempre associada a si, uma pressão no ambiente, quer seja de forma direta, quer seja de forma indireta.

A aplicação do mesmo, a um caso de estudo concreto permite ter noção das dificuldades da temática e da adaptação desta às diferentes áreas de estudo que a gestão do risco abrange. Sendo que ter o risco como objeto de estudo pode ser confuso em alguns aspetos, como pode ser observável através da extensa documentação consultada, no entanto, publicações técnicas como a norma ISO 31000:2009 contribuem imenso pois harmonizam a forma como este conceito difícil de tratar pode ser integrado num sistema de gestão. Concordando com investigações consultadas este tipo de modelo permite assim adquirir uma abordagem estratégica diferente - devido à sua adaptabilidade - e implementar técnicas de mitigação ou mesmo identificar que a desativação da infraestrutura é a melhor opção quando são evidentes implicações ambientais de extrema relevância. No entanto, é necessário reconhecer que os métodos de apreciação de risco ambiental apresentam, por vezes, interpretações distintas de termos e conceitos e à semelhança deste caso, subjetividade na criação dos riscos identificados pelo apreciador/analizador e a negligência de impactes cumulativos. Por outro lado, assumindo uma visão diferente e discordando de (Matten 2004), se a integração destas noções e procedimentos da metodologia desenvolvida, for bem-sucedida, podem originar reduções de custos e/ou também oportunidades de negócio.

Avaliando o desenvolvimento desta ferramenta de gestão, existem aspetos que podem ser aperfeiçoados na perspetiva de trabalho futuro a ser desenvolvido. Tais como, a análise de ruído, pode ser melhorada, isto é, realizar-se amostragem e ter em conta o tempo de exposição, bem como, o seu efeito. Além desse aspeto, ações como, integrar na análise e, consequentemente na avaliação de significância, a destruição e a contabilização do capital de atividades económicas, como por exemplo o cultivo de culturas lucrativas como a vinha, oportunidade de caça, os custos de se ter de recorrer à polícia, às ambulâncias aos vigilantes de vida selvagem – no caso de colisão com seres vivos -, ou o custo para a sociedade de congestionamento de tráfego contribuem para uma metodologia mais robusta e abrangente. De igual modo, já referida anteriormente foi a subjetividade da aplicação da hierarquia de probabilidades, assim, um grande avanço nesta metodologia passa por desenvolver uma base estatística sustentada, sobre a qual seja possível comparar e aproximar ao caso em estudo. Dois dados que podem auxiliar nesta tarefa passam por contabilizar o tráfego rodoviário e a existência de espécies ameaçadas ou em perigo de extinção no local. Por outro lado, uma

mais-valia para a metodologia aqui implementada seria a integração, no decorrer do processo, de uma perspectiva de riscos positivos, isto é, desvios positivos aos objetivos ambicionados criando oportunidades ou simplificações na obtenção desses objetivos.

Um passo importante que pode contribuir para melhorar futuros resultados provenientes da aplicação desta metodologia, passa por diversificar a tipologia de infraestruturas rodoviárias estudadas, isto é, por oposição a efetuar diversas análises a infraestruturas sempre semelhantes, contemplar uma empreitada de uma estrada com maior volume de tráfego, em escala regional ou até examinar desde fase de projeto a possível construção de uma infraestrutura de maior envergadura como uma autoestrada de carácter internacional.

Concluindo e concordando com a revisão de conhecimentos, as medidas de mitigação e prevenção da segurança rodoviária, maioritariamente, têm como objetivo aumentar essa mesma segurança para o Homem e não, reduzir a taxa de mortalidade e degradação da fauna e flora. Como tal, é importante manter os condutores esclarecidos relativamente à questão da velocidade de circulação e os efeitos desta. Com melhor conhecimento dos possíveis perigos, fatores de risco e uma atitude adequada muitas colisões podem ser evitadas. Assim, para se atingir uma mitigação eficaz deve-se incluir a gestão, das paisagens ou terrenos nas proximidades, das estradas, das populações animais e um melhor conhecimento do comportamento do condutor.

Pode-se afirmar que esta abordagem adotada cumpre quase na totalidade os objetivos propostos, visto que contribui para aumentar a resiliência, o desempenho ambiental e a segurança do desenvolvimento de infraestruturas rodoviárias, auxilia na previsão de possíveis futuros riscos, providencia uma base para o estudo de projetos semelhantes e fornece um contributo importante na integração e no diálogo entre profissionais de todas as áreas que tem como objeto de estudo o risco.

## Referências Bibliográficas

- Abrams, Steve. 2015. "The Unseen History of Our Roads." *Road & Track*. Accessed January 7. [http://www.roadandtrack.com/the\\_road\\_ahead/The-Road-Ahead-Road-Evolution](http://www.roadandtrack.com/the_road_ahead/The-Road-Ahead-Road-Evolution).
- Akatu. 2007. "Akatu - Temas - Resíduos - Óleo de Cozinha Usado Pode Contaminar Água, Solo E Atmosfera." <http://www.akatu.org.br/Temas/Residuos/Posts/oleo-de-cozinha-usado-pode-contaminar-agua-solo-e-atmosfera>.
- Alam, Shafiqul, Arun Kumar, and Les Dawes. 2013. "Life Cycle Analysis for Sustainability Assessment of Road Projects." In *Proceedings of the 19th CIB World Building Congress, Brisbane 2013 : Construction and Society*, edited by Stephen L. Kajewski and Karen Manley. Brisbane, QLD: Queensland University of Technology. [http://www.conference.net.au/cibwbc13/papers/cibwbc2013\\_submission\\_175.pdf](http://www.conference.net.au/cibwbc13/papers/cibwbc2013_submission_175.pdf).
- Almeida, António Betamio. 2011. "Gestão Da Água - Incertezas E Riscos." <http://www.wook.pt/ficha/gestao-da-agua-incertezas-e-riscos/a/id/11449837>.
- Andreas Seiler, and Inga-Maj Eriksson. 1995. "'New Approaches for Ecological Consideration in Swedish Road Planning.' Habitat Fragmentation & Infrastructure. Proceedings of the International Conference 'Habitat Fragmentation, Infrastructure and the Role of Ecological Engineering' (17-21 September 1995,," Maastricht)-Delft (DWW Publication) S. 1995. [http://wildlifeandtraffic.se/en/Reports\\_files/Seiler%26Eriksson1997.pdf](http://wildlifeandtraffic.se/en/Reports_files/Seiler%26Eriksson1997.pdf).
- Apda. 2012. "Enterococos Intestinais." [http://www.apda.pt/site/ficheiros\\_eventos/201212041543-ft\\_mb\\_04\\_\\_enterococos\\_intestinais.pdf](http://www.apda.pt/site/ficheiros_eventos/201212041543-ft_mb_04__enterococos_intestinais.pdf).
- Assmuth, Timo, and Mikael Hildén. 2008. "The Significance of Information Frameworks in Integrated Risk Assessment and Management." *Environmental Science & Policy* 11 (1): 71–86. doi:10.1016/j.envsci.2007.07.006.
- "Basic Information | Risk Assessment Portal | US EPA." 2014. Accessed October 3. <http://epa.gov/riskassessment/basicinformation.htm#risk>.
- Beck, Ulrich. 1992. *Risk Society: Towards a New Modernity*. SAGE Publications.
- Birkmann, Jorn. 2006. "Measuring Vulnerability to Natural Hazards: Toward Disaster Resilient Societies - United Nations University." <http://unu.edu/publications/books/measuring-vulnerability-to-natural-hazards.html#overview>.
- Bruinderink, G.W.T.A. Groot, and E. Hazebroek. 1996. "Ungulate Traffic Collisions in Europe." *Conservation Biology* 10 (4): 1059–67. doi:10.1046/j.1523-1739.1996.10041059.x.
- "Burden of Disease from Environmental Noise. Quantification of Healthy Life Years Lost in Europe." 2011. <http://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/noise/publications/2011/burden-of-disease-from-environmental-noise.-quantification-of-healthy-life-years-lost-in-europe>.
- Carpenter, A. C., K. H. Gardner, J. Fopiano, C. H. Benson, and T. B. Edil. 2007. "Life Cycle Based Risk Assessment of Recycled Materials in Roadway Construction." *Waste Management, Wascon 2006 6th International Conference: Developments in the re-use of mineral waste*, 27 (10): 1458–64. doi:10.1016/j.wasman.2007.03.007.
- "Categorias e Critérios — ICNF." 2015. Página. Accessed June 4. <http://www.icnf.pt/portal/naturaclas/patrinatur/lvv/cat>.
- Chowdhury, Raja, Defne Apul, and Tim Fry. 2010. "A Life Cycle Based Environmental Impacts Assessment of Construction Materials Used in Road Construction." *Resources, Conservation and Recycling* 54 (4): 250–55. doi:10.1016/j.resconrec.2009.08.007.
- Comissão Europeia. 2010. "Europa 2020." [http://ec.europa.eu/europe2020/europe-2020-in-a-nutshell/targets/index\\_pt.htm](http://ec.europa.eu/europe2020/europe-2020-in-a-nutshell/targets/index_pt.htm).

- Committee on an Assessment of CDC Radiation Studies, National Research Council. 1995. "Radiation Dose Reconstruction for Epidemiologic Uses." [http://www.nap.edu/openbook.php?record\\_id=4760&page=27](http://www.nap.edu/openbook.php?record_id=4760&page=27).
- Cooper, Dale, Stephen Grey, Geoffrey Raymond, and Phil Walker. 2005. "Project Risk Management Guidelines: Managing Risk in Large Projects and Complex Procurements - Dale Cooper, Stephen Grey, Geoffrey Raymond, et Al." <http://eu.wiley.com/WileyCDA/WileyTitle/productCd-1119951275.html>.
- "Couço." 2014. *Wikipédia, a enciclopédia livre*. <http://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=Cou%C3%A7o&oldid=39498161>.
- Daigle, Patrick. 2010. "A Summary of the Environmental Impacts of Roads, Management Responses, and Research Gaps: A Literature Review." *Journal of Ecosystems and Management* 10 (3). <http://jem.forrex.org/index.php/jem/article/view/38>.
- Darnall, Russell, and John M. Preston. 2010. *Project Management: From Simple to Complex*. <http://catalog.flatworldknowledge.com/bookhub/16?e=fwk-38087-chpr#>.
- David Cleden. 2009. "Managing Project Uncertainty." *Www.ashgate.com*. [/default.aspx?page=637&calcTitle=1&isbn=9780566088407](http://default.aspx?page=637&calcTitle=1&isbn=9780566088407).
- David Hyett. 2010. "Environmental Risk Assessment in EIA." [http://www.iaia.org/iaia10/documents/reviewed\\_papers/Environmental%20Risk%20Assessment%20in%20EIA.pdf](http://www.iaia.org/iaia10/documents/reviewed_papers/Environmental%20Risk%20Assessment%20in%20EIA.pdf).
- Departamento de produção agrícola e animal. n.d. *Secção de Agricultura - Podzóis*. [http://agricultura.isa.utl.pt/agribase\\_temp/solos/podzis.htm](http://agricultura.isa.utl.pt/agribase_temp/solos/podzis.htm).
- Deublein, Markus Klaus, ed. 2013. *Roadway Accident Risk Prediction Based on Bayesian Probabilistic Networks*. Zürich: ETH.
- Dickinson, Gerry. 2001. "Enterprise Risk Management: Its Origins and Conceptual Foundation." *The Geneva Papers on Risk and Insurance. Issues and Practice* 26 (3): 360–66.
- Direção Geral de Agricultura e Desenvolvimento Rural. n.d. "Nota Explicativa Da Carta Dos Solos de Portugal." <http://www.dgadr.mamaot.pt/nota-explicativa>.
- Dutch Ministry of Agriculture and Fisheries. 1969. "Rural Roads Notes." Hague, Staatsuitgeverij.
- Edward Mcnall Burns. 1975. "Historia Da Civilizacao Ocidental." *Estante Virtual*. <http://www.estantevirtual.com.br/b/edward-mcnall-burns/historia-da-civilizacao-ocidental/3007468159>.
- "Environmental Risk." 2015. *TheFreeDictionary.com*. Accessed February 24. <http://financial-dictionary.thefreedictionary.com/Environmental+Risk>.
- Environment, Department of the. 2010. "Review of Mitigation Measures Used to Deal with the Issues of Habitat Fragmentation." Text. June 25. <http://www.environment.gov.au/resource/review-mitigation-measures-used-deal-issues-habitat-fragmentation>.
- EPA, US. 2015. "US Environmental Protection Agency." Collections and Lists. Accessed March 20. <http://www.epa.gov/>.
- Estradas de Portugal S.A., Agencia Portuguesa do Ambiente, and Manuel Pinheiro. 2009. *Guia Técnico para a elaboração de Estudos no âmbito da Avaliação de Impacte Ambiental de Infraestruturas Rodoviárias*. <http://www.estradasdeportugal.pt/index.php/informacoes/publicacoes/710-guia-tecnico-para-a-elaboracao-de-estudos-no-ambito-da-avaliacao-de-impacte-ambiental-de-infraestruturas-rodoviaras>.
- "Fatores de ameaça | Medidas de conservação — ICNF." 2015. Página. Accessed June 4. <http://www.icnf.pt/portal/naturaclas/patrinatur/ivv/ameac-cons>.
- Ferrão, Paulo Cadete. 2012. "Ecologia Industrial: Princípios E Ferramentas." *Engenharia Sanitaria E Ambiental* 17 (1): IV – V. doi:10.1590/S1413-41522012000100002.

- Forman, Richard T. T., and Lauren E. Alexander. 1998. "Roads and Their Major Ecological Effects." *Annual Review of Ecology and Systematics* 29 (1): 207–31. doi:10.1146/annurev.ecolsys.29.1.207.
- Forman, Richard TT, Daniel Sperling, John A. Bissonette, Anthony P. Clevenger, Carol D. Cutshall, Virginia H. Dale, Lenore Fahrig, et al. 2003. "Road Ecology." Island Press. <http://islandpress.org/road-ecology>.
- Francisco Fernandes, João Figueira de Sousa, and André Fernandes. 2007. "Os Efeitos Das Infraestruturas Rodoviárias No Ordenamento E Desenvolvimento Do Território: O Caso Da Ilha de Santiago, Cabo Verde." <http://www.apdr.pt/congresso/2009/pdf/Sess%C3%A3o%2024/88A.pdf>.
- Galvin, Kathleen A., Robin S. Reid, Roy H. Behnke Jr, and N. Thompson Hobbs, eds. 2008. *Fragmentation in Semi-Arid and Arid Landscapes*. Dordrecht: Springer Netherlands. <http://link.springer.com/10.1007/978-1-4020-4906-4>.
- Garcia, Graça. 2014. "Monitorização da Mortalidade da Fauna nas Estradas, Relatório síntese 2013." <http://www.estradasdeportugal.pt/index.php/pt/biodiversidade/monitorizacao-da-mortalidade-da-fauna-nas-estradas>.
- Hagenzieker, Marjan P., Jacques J. F. Commandeur, and Frits D. Bijleveld. 2014. "The History of Road Safety Research: A Quantitative Approach." *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, Special Issue: The history of road safety research and the role of traffic psychology, 25, Part B (July): 150–62. doi:10.1016/j.trf.2013.10.004.
- Jaarsma, Catharinus F., and Geert P. A. Willems. 2002. "Reducing Habitat Fragmentation by Minor Rural Roads through Traffic Calming." *Landscape and Urban Planning, Fragmentation and Land Use Planning: Analysis and beyond?*, 58 (2–4): 125–35. doi:10.1016/S0169-2046(01)00215-8.
- Johan Rockstrom, Malin Falkenmark, Carl Folke, Mats Lannerstad, Jennie Barron, Elin Enfors, Line Gordon, and Jens Heinke. 2014. "Water Resilience for Human Prosperity." *Cambridge University Press*. <http://www.cambridge.org/us/academic/subjects/earth-and-environmental-science/hydrology-hydrogeology-and-water-resources/water-resilience-human-prosperity>.
- Karlson, Mårten, Ulla Mörtberg, and Berit Balfors. 2014. "Road Ecology in Environmental Impact Assessment." *Environmental Impact Assessment Review* 48 (September): 10–19. doi:10.1016/j.eiar.2014.04.002.
- Kotzen, Benz, and Colin English. 2009. *Environmental Noise Barriers: A Guide To Their Acoustic and Visual Design, Second Edition*. CRC Press.
- "Livro Vermelho dos Vertebrados de Portugal — ICNF." 2015. Pasta. Accessed June 4. <http://www.icnf.pt/portal/naturaclas/patrinatur/lvv>.
- Luís Miguel Loureiro, and José Luís Carvalho. 2015. "RTP." Accessed February 12. <http://www.rtp.pt/noticias/index.php?article=801156&tm=8&layout=122&visual=61>.
- Matten, Dirk. 2004. "The Impact of the Risk Society Thesis on Environmental Politics and Management in a Globalizing Economy - Principles, Proficiency, Perspectives." SSRN Scholarly Paper ID 1699278. Rochester, NY: Social Science Research Network. <http://papers.ssrn.com/abstract=1699278>.
- Milenium Ecosystem Assessment. 2005. "Ecosystems and Their Services." <http://www.unep.org/maweb/documents/document.300.aspx.pdf>.
- "Night Noise Guidelines for Europe." 2009. <http://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/noise/publications/2009/night-noise-guidelines-for-europe>.
- "Pavement History | Pavement Interactive." 2015. Accessed January 7. <http://www.pavementinteractive.org/article/pavement-history/>.

- Peter L. Bernstein. 1999. Review of *Against the Gods: The Remarkable Story of Risk*, by S. L. Zabell. John Wiley and Sons. <http://www.ams.org/notices/199901/rev-zabell.pdf>.
- Petkovic, Gordana, Christian J. Engelsen, Arnt-Olav Håøya, and Gijs Breedveld. 2004. "Environmental Impact from the Use of Recycled Materials in Road Construction: Method for Decision-Making in Norway." *Resources, Conservation and Recycling, Recycled Materials in Highway Infrastructure*, 42 (3): 249–64. doi:10.1016/j.resconrec.2004.04.004.
- "Plan-Do-Check-Act (PDCA): Implementing New Ideas in a Controlled Way." 2015. Accessed March 20. [http://www.mindtools.com/pages/article/newPPM\\_89.htm](http://www.mindtools.com/pages/article/newPPM_89.htm).
- "Podzol | FAO Soil Group." 2015. *Encyclopedia Britannica*. Accessed June 16. <http://www.britannica.com/science/Podzol>.
- "Recolha de Resíduos - Câmara Municipal de Coruche." 2015. Accessed June 15. [http://www.cm-coruche.pt/index.php?option=com\\_k2&view=item&layout=item&id=233&Itemid=443](http://www.cm-coruche.pt/index.php?option=com_k2&view=item&layout=item&id=233&Itemid=443).
- Road Safety at Work, and Justice Institute of British Columbia. n.d. "Road Safety at Work - Preferred Practices Report." <http://roadsafetyatwork.ca/wp-content/uploads/2011/10/ORS-Preferred-Practices-Report.pdf>.
- "Roman Empire." 2015. *Wikipedia, the Free Encyclopedia*. [http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Roman\\_Empire&oldid=650691078](http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Roman_Empire&oldid=650691078).
- Ropel, Mikaela, and Ewelina Gajewska. 2011. "Risk Management Practices in a Construction Project—a Case Study." <http://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/144253.pdf>.
- "Ruas Pavimentadas Com Plástico Reciclado: O Exemplo de Vancouver." 2015. *ArchDaily Brasil*. Accessed March 21. <http://www.archdaily.com.br/br/01-89387/ruas-pavimentadas-com-plastico-reciclado-o-exemplo-de-vancouver>.
- Samson, Sundeep, James A. Reneke, and Margaret M. Wiecek. 2009. "A Review of Different Perspectives on Uncertainty and Risk and an Alternative Modeling Paradigm." *Reliability Engineering & System Safety* 94 (2): 558–67. doi:10.1016/j.res.2008.06.004.
- Santero, Nicholas J., and Arpad Horvath. 2009. "Global Warming Potential of Pavements." *Environmental Research Letters* 4 (3): 034011. doi:10.1088/1748-9326/4/3/034011.
- Santero, Nicholas, Eric Masanet, and Arpad Horvath. 2010. "Life Cycle Assessment of Pavements: A Critical Review of Existing Literature and Research - LBNL-3703E." Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley, CA US ; Sponsoring Organization: Environmental Energy Technologies Division.
- Schoeman, Jacobus Smit, and Pieter-Jan Vlok. 2014. "THE POSSIBLE INFLUENCE OF RISK MANAGEMENT, FORECASTING, AND PERSONNEL TRAINING IN PHYSICAL ASSET MANAGEMENT." *The South African Journal of Industrial Engineering* 25 (2): 96–104. doi:10.7166/25-2-740.
- Seiler, A. 2003. "THE TOLL OF THE AUTOMOBILE: WILDLIFE AND ROADS IN SWEDEN." *SILVESTRIA*, no. 295. <http://trid.trb.org/view.aspx?id=749139>.
- Serra, Paulo. 2009. "A Mediatização Dos Riscos: O Caso Dos Riscos Ambientais." *Biblioteca Online de Ciências Da Comunicação*. <http://www.bocc.uff.br/pag/bocc-serra-mediatizacao.pdf>.
- Shaw, G., J. Kenny, A. Kumar, and D. Hood. 2012. "Sustainable Infrastructure Operations: A Review of Assessment Schemes and Decision Support." In . <http://trid.trb.org/view.aspx?id=1224049>.
- Smith, Nigel J., Tony Merna, and Paul Jobling. 2009. *Managing Risk: In Construction Projects*. John Wiley & Sons.
- Soderlund, Martina, Stephen T. Muench, Kim A. Willoughby, Jeffrey S. Uhlmeyer, and Jim Weston. 2008. "Green Roads: Sustainability Rating System for Roadways." In . <http://trid.trb.org/view.aspx?id=847679>.



- “The DPSIR Framework Used by the EEA | Knowledge Sharing and Developments.” 2014. Accessed October 3. [http://root-devel.ew.eea.europa.eu/ia2dec/knowledge\\_base/Frameworks/doc101182/#](http://root-devel.ew.eea.europa.eu/ia2dec/knowledge_base/Frameworks/doc101182/#).
- Tiago Silva, and Anabela de Sousa. 2006. “Estudo de Impacte Ambiental Da A2-Auto-Estrada Do Sul, Alargamento E Beneficiação.” <http://siaia.apambiente.pt/AIADOC/AIA1576/RNT1576.pdf>.
- “Trânsito. Lisboa Tem Novas Restrições a Carros Poluentes - Expresso.pt.” 2015. *Jornal Expresso*. Accessed May 8. <http://expresso.sapo.pt/sociedade/transito-lisboa-tem-novas-restricoes-a-carros-poluentes=f906351>.
- “Um Planeta Plastificado.” 2015. *Visão*. February 16. <http://visao.sapo.pt/um-planeta-plastificado=f810220>.
- Vandenberg, John J. 1995. “Risk Assessment and Research: An Essential Link.” *Toxicology Letters, Decision Substances Methodologies for Human Health Risk Assessment of Toxic Substances*, 79 (1–3): 17–22. doi:10.1016/0378-4274(95)03352-L.
- V&V LLC Presents: *How To Build A Road*. 2013. [https://www.youtube.com/watch?v=t4qhgl9WqM&feature=youtube\\_gdata\\_player](https://www.youtube.com/watch?v=t4qhgl9WqM&feature=youtube_gdata_player).
- Webb, Alan. 2003. “The Project Manager’s Guide to Handling Risk.” *Www.ashgate.com*. [/default.aspx?page=637&calcTitle=1&isbn=9780566085710](http://www.ashgate.com/default.aspx?page=637&calcTitle=1&isbn=9780566085710).
- Winch, Graham. 2002. *Managing Construction Projects: An Information Processing Approach*. Wiley.
- Work, European Agency for Safety and Health at. 2015. “Que problemas pode o ruído causar?” Rich document. Accessed April 2. [https://osha.europa.eu/pt/topics/noise/problems\\_noise\\_cause\\_html](https://osha.europa.eu/pt/topics/noise/problems_noise_cause_html).