



**1<sup>as</sup> Jornadas de Sinalização  
Segurança Rodoviária e  
Dano Corporal**

**06 DE NOVEMBRO DE 2014**

Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de Ciências e Tecnologia  
da Universidade de Coimbra - Auditório Laginha Serafim

AFESP PCTUC DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL U C Apadac

**AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DA INFRAESTRUTURA  
NA SEGURANÇA RODOVIÁRIA EM MEIO URBANO**

Sandra Vieira Gomes

LNEC

**1<sup>as</sup> Jornadas de Sinalização  
Segurança Rodoviária e  
Dano Corporal**

AFESP PCTUC DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA UNIVERSIDADE DE COIMBRA U C Apadac

## 1 - Introdução

2

O conhecimento dos fatores que afetam a probabilidade de ocorrência de um acidente é uma área de investigação relevante de há muitas décadas devido aos enormes custos para a sociedade dos acidentes rodoviários.

3

Em Portugal, os desenvolvimentos nesta matéria centraram-se essencialmente nas estradas interurbanas.

4

As zonas urbanas, caracterizadas por elevadas percentagens de acidentes corporais, requerem uma atenção prioritária.

5

6

1ª Jornadas de Sinalização  
Segurança Rodoviária e  
Dano Corporal

AFESP



FCTUC DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL  
FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
UNIVERSIDADE DE COIMBRA



Apadac



## 1 - Introdução

2

Segundo as estatísticas nacionais, uma elevada percentagem de acidentes e vítimas ocorre em zonas urbanas: entre 2004 e 2013, 72% dos acidentes com vítimas ocorreram nestas áreas.

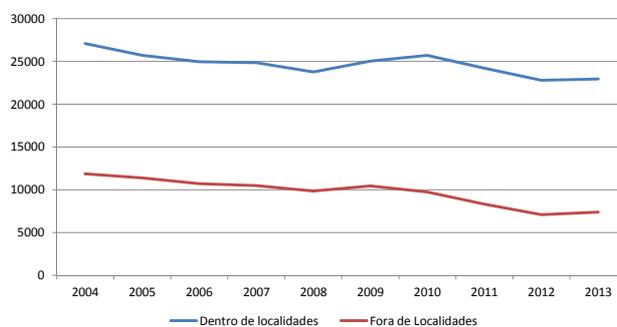
3

4

5

6

Acidentes com vítimas em Portugal



1ª Jornadas de Sinalização  
Segurança Rodoviária e  
Dano Corporal

AFESP

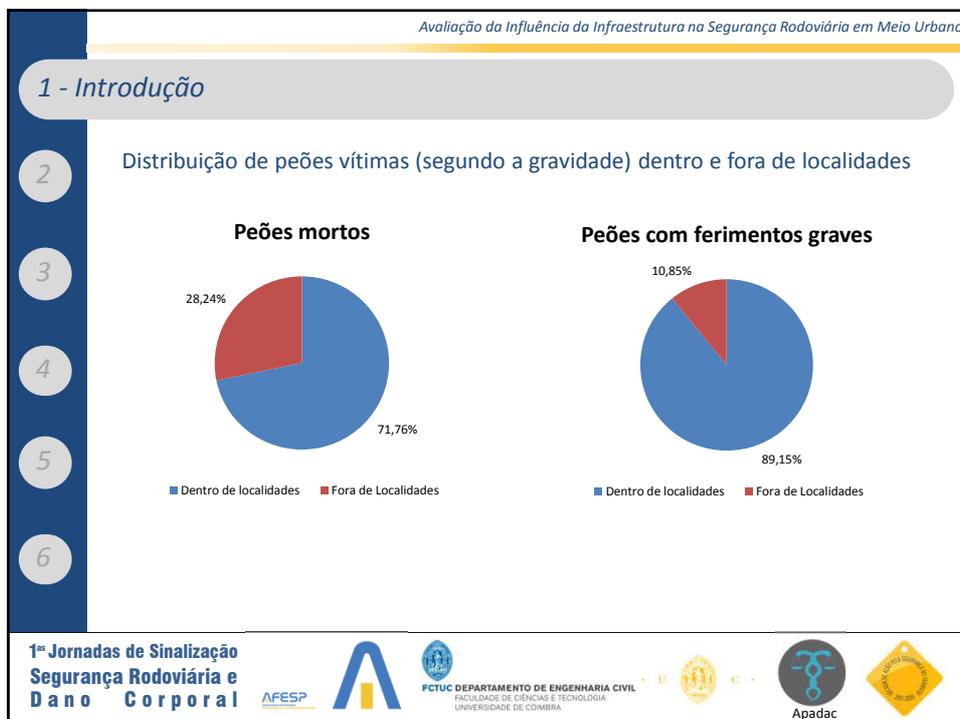
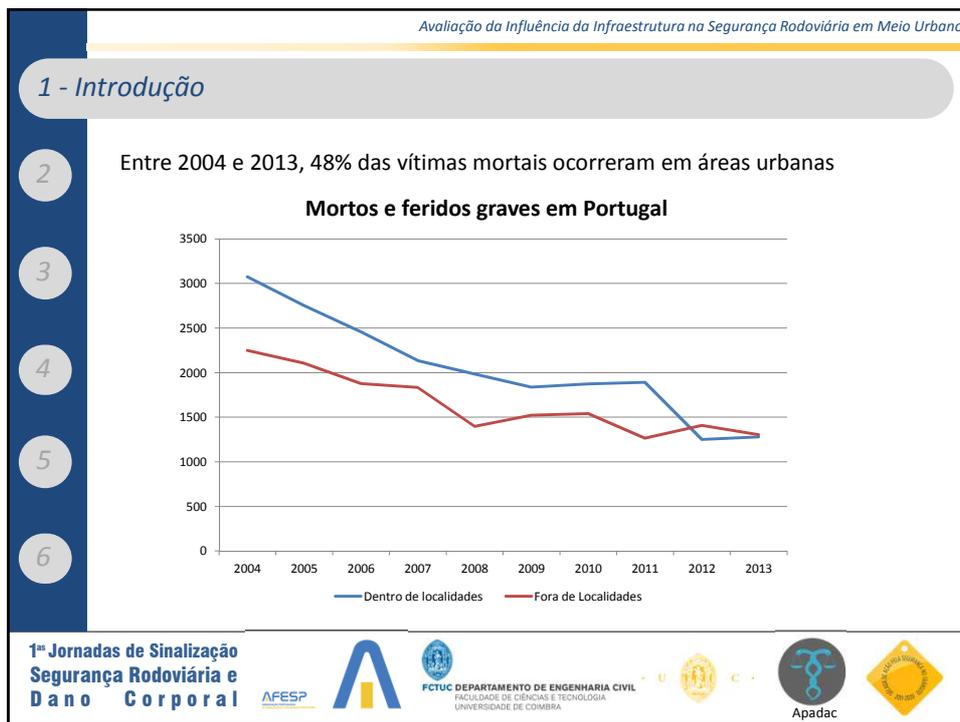


FCTUC DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL  
FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
UNIVERSIDADE DE COIMBRA



Apadac





## 2 – Ferramentas de apoio à gestão segurança da infraestrutura

3 Para apoiar a gestão da segurança da infraestrutura e a investigação sobre acidentes em meio urbano, foi construído um sistema de informação geográfica contendo dados acerca dos acidentes rodoviários ocorridos no município de Lisboa entre 2004 e 2011 e foram desenvolvidos modelos de estimativa de frequência de acidentes.

4 Esta é informação fundamental para apoiar a intervenção em segurança rodoviária, no que se refere:

- 5 • à decisão acerca dos locais a interencionar,
- à caracterização da sinistralidade em cada local e dos respetivos problemas de segurança,
- 6 • à seleção das intervenções corretivas a fazer,
- à avaliação dos efeitos obtidos com as intervenções realizadas.

1ª Jornadas de Sinalização  
Segurança Rodoviária e  
Dano Corporal

AFESP



FCTUC DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL  
FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
UNIVERSIDADE DE COIMBRA



Apadac



## 2 – Ferramentas de apoio à gestão segurança da infraestrutura

### Modelos de estimativa da frequência de acidentes

3 Funções matemáticas que descrevem a relação entre a segurança rodoviária e variáveis explicativas, como sejam o tráfego, a largura da via, o número de intersecções

$$A = \alpha \times T_1^\beta \times T_2^\beta \times e^{\sum V_i \cdot X_i}$$

4 Variáveis mais comuns

5 Intersecções: volumes de tráfego intercetantes, e para atropelamentos, a distância média de atravessamento ou a largura da via

6 Secção corrente: volume de tráfego, largura da via, velocidade e comprimento do trecho em análise

1ª Jornadas de Sinalização  
Segurança Rodoviária e  
Dano Corporal

AFESP



FCTUC DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL  
FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
UNIVERSIDADE DE COIMBRA



Apadac



## 2 – Ferramentas de apoio à gestão segurança da infraestrutura

O desenvolvimento dos MEFA requer uma série de cuidados especiais, para que os resultados e as interpretações que lhes estão associadas sejam os mais corretos:

- 3 • escolha das variáveis explicativas e do tipo do modelo;
- 4 • especificação das relações funcionais;
- 5 • avaliação do ajustamento (validação);
- 6 • interpretação causal das relações encontradas;
- avaliação do desempenho do modelo na estimativa;
- avaliação de potenciais causas de erros de estimativa.

1ª Jornadas de Sinalização  
Segurança Rodoviária e  
Dano Corporal

AFESP



FCTUC DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL  
FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
UNIVERSIDADE DE COIMBRA



Apadac



## 3 – Informação necessária

- 2 Foram recolhidos dados de diversas naturezas, necessários à concretização das duas tarefas (base de dados de acidentes georreferenciados e desenvolvimento de MEFA):
- 3 - Acidentes rodoviários;
- 4 - Características do ambiente rodoviário;
- 5 - Tráfego de veículos e de peões.
- 6

1ª Jornadas de Sinalização  
Segurança Rodoviária e  
Dano Corporal

AFESP



FCTUC DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL  
FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
UNIVERSIDADE DE COIMBRA



Apadac



3 – Informação necessária

2

Base de dados geográfica sobre acidentes rodoviários

A georreferenciação de acidentes compreende tarefas distintas, consoante o formato do registo da informação sobre acidentes :

4

1. Registos de acidentes em papel, **sem identificação das coordenadas geográficas** do local de ocorrência do acidente.

5

Consulta da Participação de Acidente para identificar o local de ocorrência do mesmo e registo dessa posição no Sistema de Informação Geográfica através do registo do código do trecho de arruamento e da distância ao início do mesmo.

6

1ª Jornadas de Sinalização  
Segurança Rodoviária e  
Dano Corporal



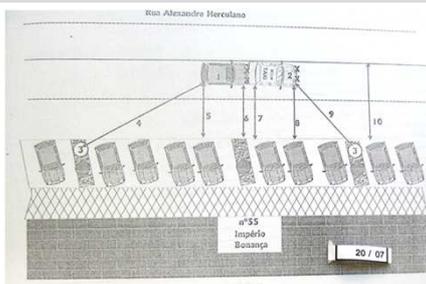
FCTUC DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL  
FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
UNIVERSIDADE DE COIMBRA



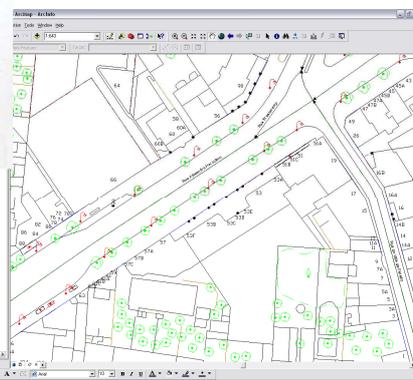
Apadac

3 – Informação necessária

2



4



5

6

1ª Jornadas de Sinalização  
Segurança Rodoviária e  
Dano Corporal



FCTUC DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL  
FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
UNIVERSIDADE DE COIMBRA



Apadac

Avaliação da Influência da Infraestrutura na Segurança Rodoviária em Meio Urbano

### 3 – Informação necessária

2

**1ª Jornadas de Sinalização  
Segurança Rodoviária e  
Dano Corporal**

Avaliação da Influência da Infraestrutura na Segurança Rodoviária em Meio Urbano

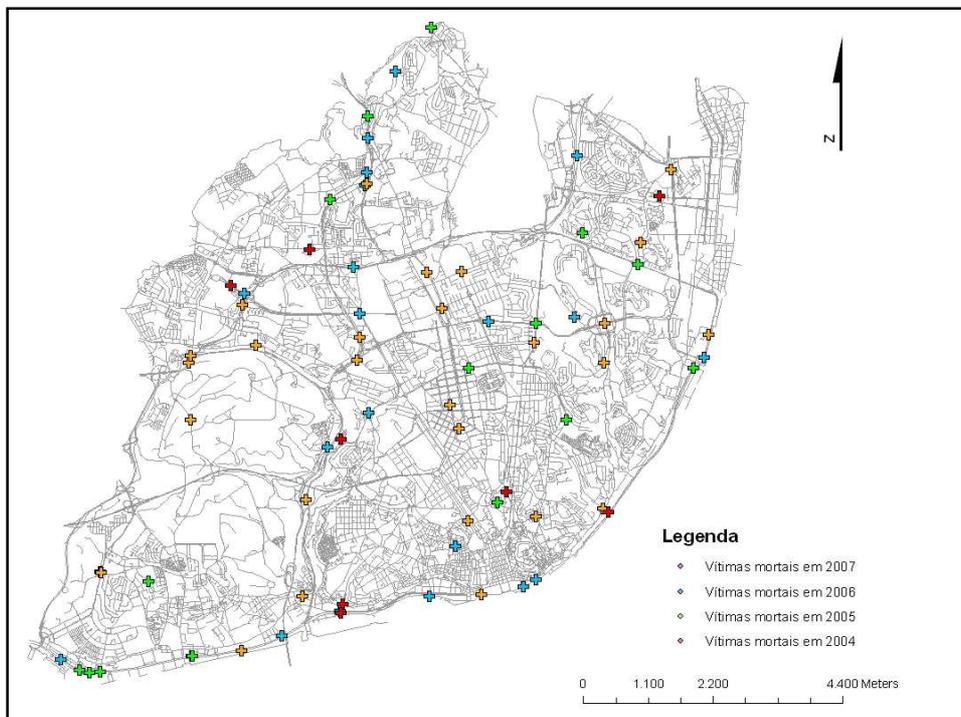
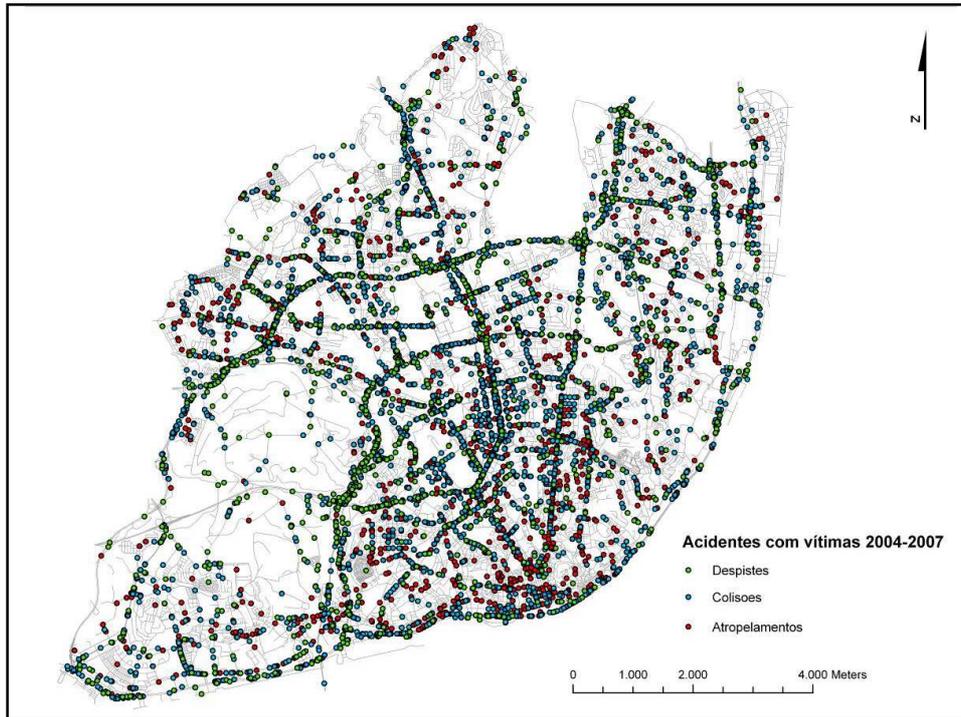
### 3 – Informação necessária

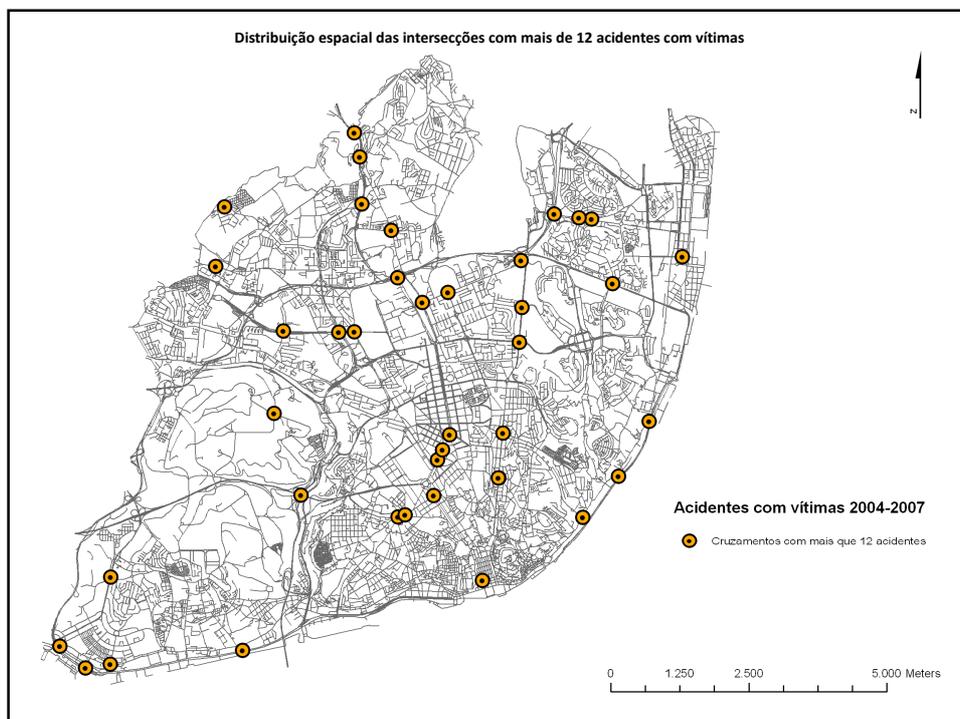
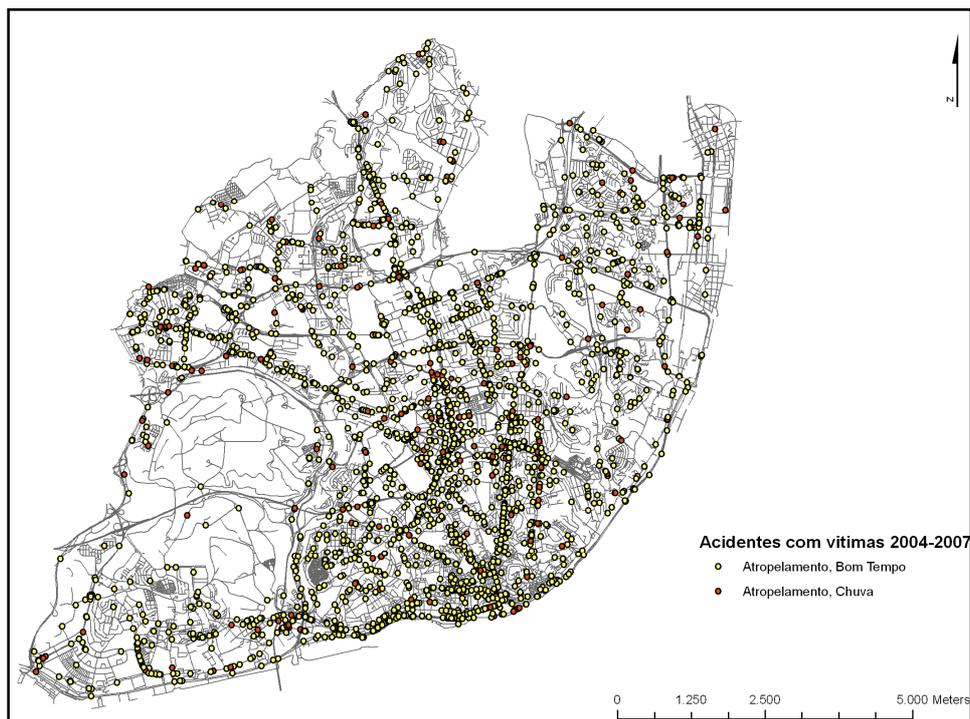
2

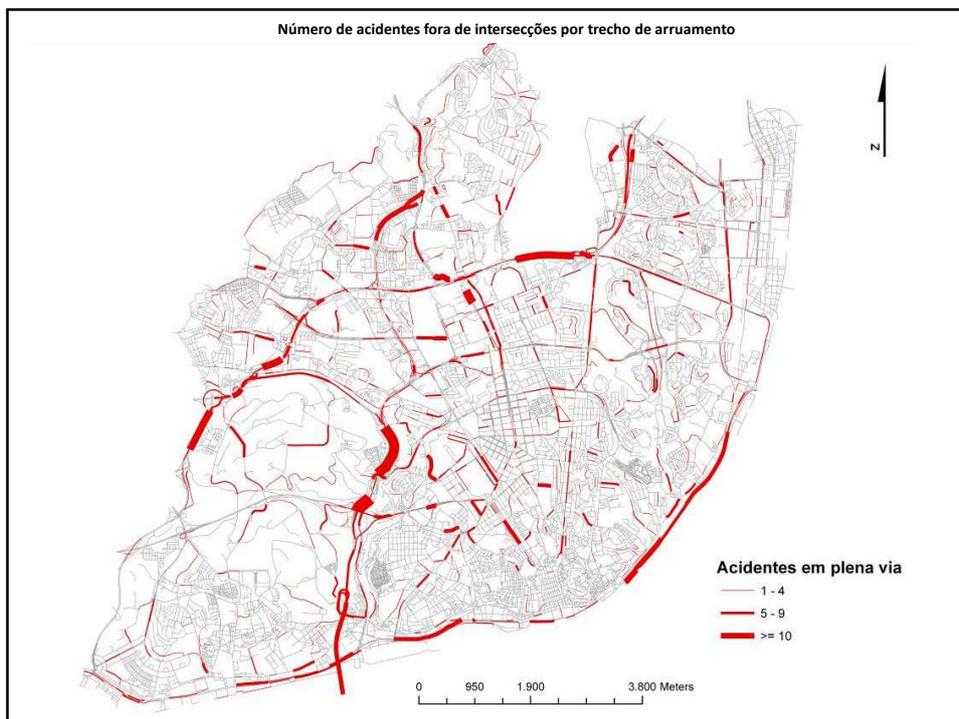
**2. Registos de acidentes em formato digital com coordenadas geográficas recolhidas.**

Os registos de acidentes que já incluíam as coordenadas geográficas do local de ocorrência foram objeto de verificação para garantir que o local assinalado coincide com um eixo de via.

**1ª Jornadas de Sinalização  
Segurança Rodoviária e  
Dano Corporal**







3 – Informação necessária

2

Dados necessários ao desenvolvimento de modelos de estimativa de frequência de acidentes

1. Tráfego rodoviário e pedonal

Recolhidos através de dois métodos: contagens (manuais ou automáticas) e estimativas obtidas a partir de um modelo de afetação de tráfego.

4



5

6

1ª Jornadas de Sinalização  
Segurança Rodoviária e  
Dano Corporal



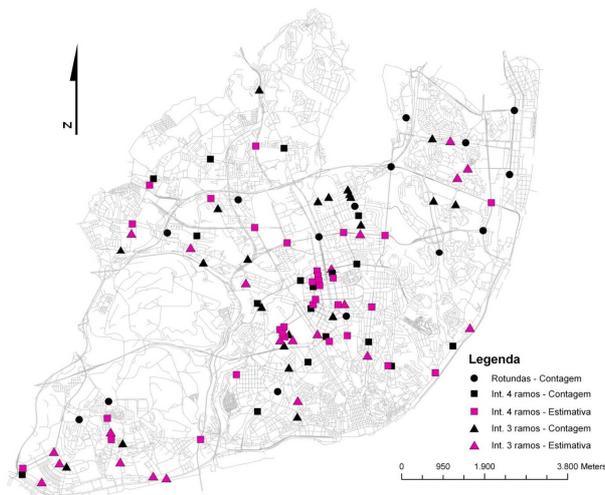
FCTUC DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL  
FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
UNIVERSIDADE DE COIMBRA



Apadac

3 – Informação necessária

2



4

5

6

1ª Jornadas de Sinalização  
Segurança Rodoviária e  
Dano Corporal



FCTUC DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL  
FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
UNIVERSIDADE DE COIMBRA



Apadac

Avaliação da Influência da Infraestrutura na Segurança Rodoviária em Meio Urbano

### 3 – Informação necessária

2



Rede de estradas utilizada por Martinez no modelo de afectação de tráfego

**1ª Jornadas de Sinalização  
Segurança Rodoviária e  
Dano Corporal**




**FCTUC DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**  
FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
UNIVERSIDADE DE COIMBRA




Avaliação da Influência da Infraestrutura na Segurança Rodoviária em Meio Urbano

### 3 – Informação necessária

2

**2. Características do ambiente rodoviário nos locais a modelar**

MEFAT

- Comprimento médio do atravessamento (por peões)
- Número médio e largura de ilhas no atravessamento
- Número de passagens de peões
- Número de ramos da intersecção;
- Largura de estacionamento;

4

MEFNAT

- Número e largura média das vias
- Presença de separador central

5

- Presença de vias exclusivas para viragem à esquerda ou à direita

6

- Número de ramos com sentido único
- Sistemas de controlo de tráfego
- Número de sentidos de circulação.

6

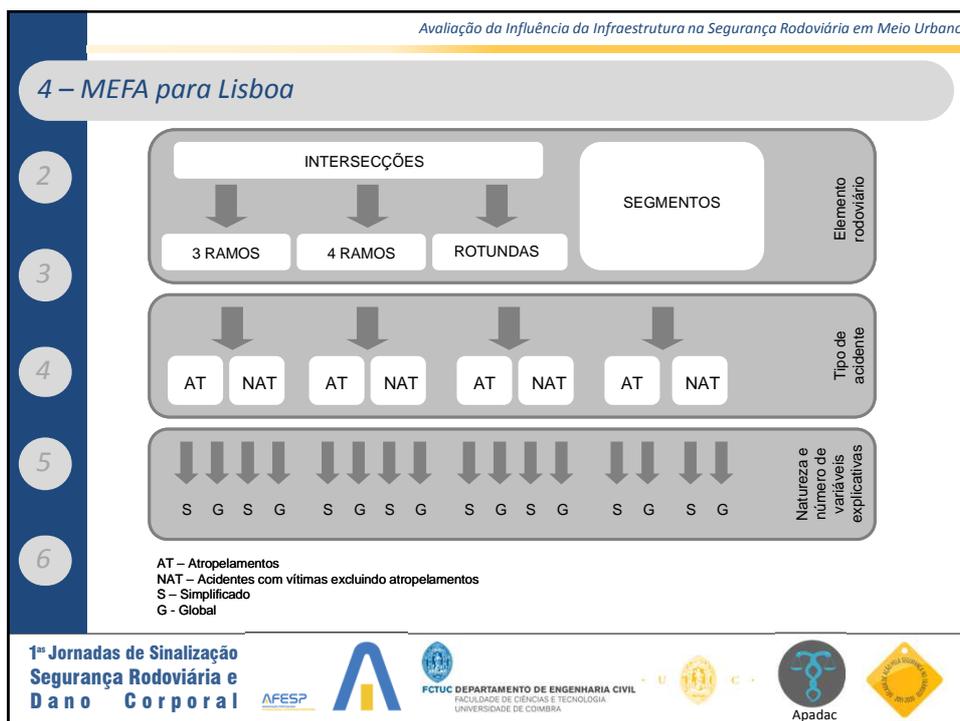
- Comprimento do segmento e largura dos separadores centrais ou ilhas
- Número de ramos da intersecção
- Número de vias do anel

**1ª Jornadas de Sinalização  
Segurança Rodoviária e  
Dano Corporal**




**FCTUC DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**  
FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
UNIVERSIDADE DE COIMBRA



Avaliação da Influência da Infraestrutura na Segurança Rodoviária em Meio Urbano

### 4 – MEFA para Lisboa

#### Resumo dos modelos de estimativa da frequência de atropelamentos

Aplicação	Versão*	Equação	Qualidade do ajuste	$\alpha^c$
Intersecções de três ramos	S	$Y_i = 2,7856 \times 10^{-8} \times FT^{1.1475} \times PT^{0.5746}$	0.484 <sup>a</sup>	0.00027
	G	Não ajustado	-	-
Intersecções de quatro ramos	S	$Y_i = 6,3831 \times 10^{-10} \times FVP^{1.9624}$	0.559 <sup>b</sup>	0.43300
	G	Não ajustado	-	-
Intersecções de três e quatro ramos	S	$Y_i = 4.6776 \times 10^{-8} \times FT^{1.0785} \times PT^{0.5942}$	0.859 <sup>b</sup>	0.18200
	G	Não ajustado	-	-
Rotundas	S	$Y_i = 8,0494 \times 10^{-7} \times FVP^{1.2289}$	0.397 <sup>a</sup>	0.000053
	G	Não ajustado	-	-

(\*) – S: Simplificada; G: Global  
 a – R<sup>2</sup> ajustado; b – Índice de Elvik; c – Parâmetro de dispersão

1ª Jornadas de Sinalização Segurança Rodoviária e Dano Corporal

AFESP, FCTUC DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL, FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA, UNIVERSIDADE DE COIMBRA, Apadac

Avaliação da Influência da Infraestrutura na Segurança Rodoviária em Meio Urbano

### 4 – MEFA para Lisboa

#### Resumo dos MEFNAT

Aplicação	Versão(*)	Equação	Qualidade do ajuste	$\alpha^c$
Intersecções de três ramos	S	$Y_i = 4,7078 \times 10^{-6} \times FT^{1,1881}$	0,549 <sup>b</sup>	0,779
	G	$Y_i = 6,1021 \times 10^{-5} \times FT^{-0,6346} \times e^{1,3004 \times LB - 0,7437 \times LWMAJ - 0,4882 \times RTPMAJ - 0,8482 \times TCD}$	0,790 <sup>b</sup>	0,364
Intersecções de quatro ramos	S	$Y_i = 3,8765 \times 10^{-5} \times FT^{1,107}$	0,641 <sup>b</sup>	0,390
	G	$Y_i = 4,6355 \times 10^{-4} \times FT^{-0,5106} \times e^{5,7820 \times LB + 1,0614 \times LMAJT7 - 0,4847 \times LPMIN - 0,4816 \times RTPMAJ - 0,6773 \times LOW}$	0,704 <sup>b</sup>	0,307
Intersecções de três e quatro ramos	S	$Y_i = 2,5333 \times 10^{-5} \times FT^{1,0592}$	0,508 <sup>b</sup>	0,695
	G	$Y_i = 5,2579 \times 10^{-5} \times FT^{-0,8258} \times e^{3,4828 \times LMAJT7 + 0,2702 \times LWMAJ - 0,4385 \times LMAJ7 + 0,4922 \times RTPMAJ + 0,8113 \times LEG}$	0,640 <sup>b</sup>	0,509
Rotundas	S	$Y_i = 1,9488 \times 10^{-7} \times FT^{1,4985}$	0,636 <sup>b</sup>	0,424
	G	$Y_i = 2,3845 \times 10^{-8} \times FT^{-1,5084} \times e^{0,5248 \times LEG}$	0,870 <sup>a</sup>	0,00003
Segmentos	S	$Y_i = 1,7411 \times 10^{-6} \times FT^{0,4230} \times L^{1,1979}$	0,903 <sup>b</sup>	0,207
	G	$Y_i = 3,8103 \times 10^{-6} \times FT^{-0,4937} \times L^{1,2398} \times e^{0,4934 \times NLANES4}$	0,912 <sup>b</sup>	0,187

1<sup>ª</sup> Jornadas de Sinalização Segurança Rodoviária e Dano Corporal  
 (\*) S - Simples; G - Global  
 a - R<sup>2</sup> ajustado; b - Índice de Elvik; c - Parâmetro de dispersão

Avaliação da Influência da Infraestrutura na Segurança Rodoviária em Meio Urbano

### 4 – MEFA para Lisboa

#### Resumo dos MEFNAT

Variáveis explicativas relacionadas com o ambiente rodoviário estatisticamente significantes e respetivo sinal identificadas nos vários modelos de estimativa da frequência de NAT

Variável	Intersecções				Segmentos
	3 Ramos	4 Ramos	3 e 4 Ramos	Rotundas	
LB	+	+			
LWMAJ	+		+		
LWMIN			+		
RTPMAJ	+		+		
RTPMIN		+			
TCD	+				
LMAJT7		+	+		
NLANES4					+
LOW		-			
MMAJ			-		
LEG			+	+	

1<sup>ª</sup> Jornadas de Sinalização Segurança Rodoviária e Dano Corporal  
 AFESP FEUC FEUC DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA UNIVERSIDADE DE COIMBRA Apadac

## 5 – Aplicações do trabalho desenvolvido

## 2 Aplicações do trabalho desenvolvido

Exploração da base de dados de acidentes georreferenciados:

- 3 • distribuições espaciais desagregadas por todas as variáveis descritoras dos acidentes,
- 4 • identificação de zonas de maior número de acidentes observados,
- 5 • esquemas pormenorizados das manobras associadas a acidentes, etc.

Aplicação do Método Empírico de Bayes (MEB) na estimativa de frequências esperadas de acidentes para análise quantitativa da sinistralidade :

- 5 • identificação de ZAA,
- 6 • estudos antes-depois,
- estimativa previsional de benefícios para seleção das medidas corretivas,
- mapas de risco, etc

1ª Jornadas de Sinalização  
Segurança Rodoviária e  
Dano Corporal

AFESP



FCTUC DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL  
FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
UNIVERSIDADE DE COIMBRA



Apadac



## 5 – Aplicações do trabalho desenvolvido

## 2 Método Empírico de Bayes (MEB)

3 consiste num procedimento de estimativa da segurança que combina a frequência observada de acidentes com o número esperado de acidentes em entidades similares, o que permite melhorar a precisão das estimativas em presença de poucos dados de acidentes e eliminar o efeito de regresso à média.

$$\text{Estimativa da frequência esperada de acidentes para uma entidade} = \text{fator} \times \text{acidentes esperados em entidades similares} + (1 - \text{fator}) \times \text{acidentes observados nesta entidade}$$

4 O fator referido na expressão é calculado por:

$$\text{Factor} = \frac{1}{1 + \frac{\mu \times Y}{\phi}}$$

6 Em que:

$\mu$  – Número acidentes esperados em entidades similares (por aplicação de um modelo de estimativa de frequência de acidentes);

$Y$  – Número de anos;

$\phi$  – Parâmetro de dispersão.

1ª Jornadas de Sinalização  
Segurança Rodoviária e  
Dano Corporal

AFESP



FCTUC DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL  
FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
UNIVERSIDADE DE COIMBRA



Apadac



5 – Aplicações do trabalho desenvolvido

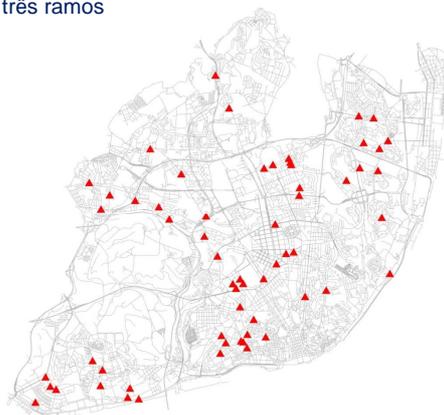
2

**Exemplo:**  
Estimativa de frequências de acidentes com vítimas excluindo atropelamentos em intersecções de três ramos

3

4

6



1ª Jornadas de Sinalização  
Segurança Rodoviária e  
Dano Corporal



FCTUC DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL  
FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
UNIVERSIDADE DE COIMBRA



Apadac



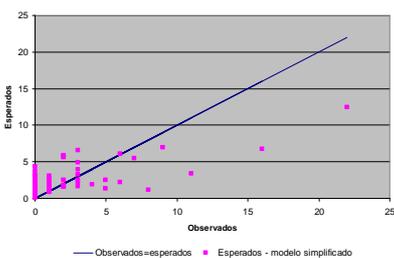
5 – Aplicações do trabalho desenvolvido

2

3

4

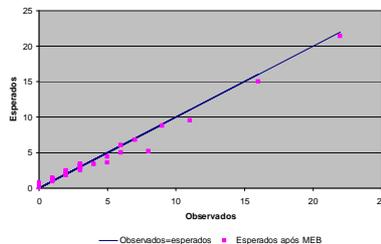
6



Acidentes observados em função dos acidentes esperados (4 anos), utilizado o modelo simplificado

$$Y_i = 4.7078 \times 10^{-6} \times FT^{1.1884}$$

Acidentes observados em função dos acidentes esperados, após a aplicação do MEB



1ª Jornadas de Sinalização  
Segurança Rodoviária e  
Dano Corporal



FCTUC DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL  
FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
UNIVERSIDADE DE COIMBRA

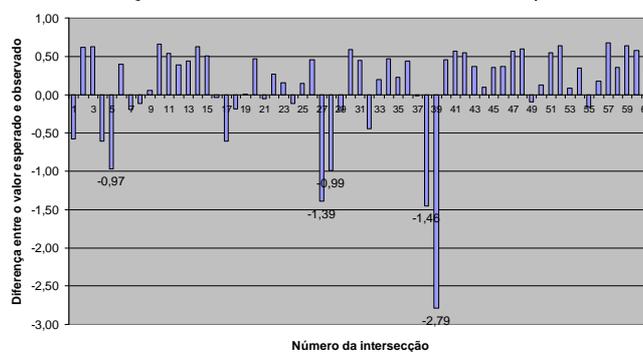


Apadac



## 5 – Aplicações do trabalho desenvolvido

## Identificação dos locais com acidentes acima do esperado



Nº	Local	Δ
39	R Marques de Suberra x R Castilho	-2,79
5	Av. de Berlim X Av. Cidade Lourenco Marques	-0,97
28	Av Restelo x Av Descobertas	-0,99
38	Av India x R Mécia Mouzinho de Albuquerque	-1,46
27	Av de Berlim x Av Cidade de Gabela	-1,39

1ª Jornadas de Sinalização  
Segurança Rodoviária e  
Dano Corporal

AFESP



FCTUC DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL  
FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
UNIVERSIDADE DE COIMBRA



Apadac



## 6 – Conclusões

- 2 Os estudos no domínio da sinistralidade rodoviária saem claramente beneficiados com a disponibilidade destas ferramentas.
- 3 A utilização de mapas digitais que contenham a informação sobre a localização exata dos acidentes rodoviários e a consideração explícita dos aspetos da segurança nas tarefas de planeamento e gestão das redes viárias criam condições para melhorar a eficiência da intervenção em segurança rodoviária nas cidades.
- 4 A sua utilização na fase de planeamento permite fundamentar as decisões sobre os investimentos dos fundos públicos na gestão das infraestruturas rodoviárias e ao mesmo tempo contribuir para uma melhoria global do sistema rodoviário.

1ª Jornadas de Sinalização  
Segurança Rodoviária e  
Dano Corporal

AFESP



FCTUC DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL  
FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
UNIVERSIDADE DE COIMBRA



Apadac



Obrigado.

sandravieira@Inec.pt

1ª Jornadas de Sinalização  
Segurança Rodoviária e  
Dano Corporal

AFESP



FCTUC DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL  
FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
UNIVERSIDADE DE COIMBRA



Apadac

