



**PLANEAMENTO,
CONSTRUÇÃO E GESTÃO
DE INFRAESTRUTURAS DE
TRANSPORTE**

MÓDULO 2 – TRANSPORTES

GESTÃO DA SEGURANÇA RODOVIÁRIA
EM ÁREAS URBANAS

Sandra Vieira Gomes



Temas

1. Aplicação de sistemas de informação geográfica (SIG)
2. Modelação matemática da frequência de acidentes
3. Identificação de zonas de acumulação de acidentes
4. Diagnóstico de segurança e seleção de medidas correctivas
5. Gestão de velocidades e acalmia de tráfego

1. Aplicação de sistemas de informação geográfica (SIG)

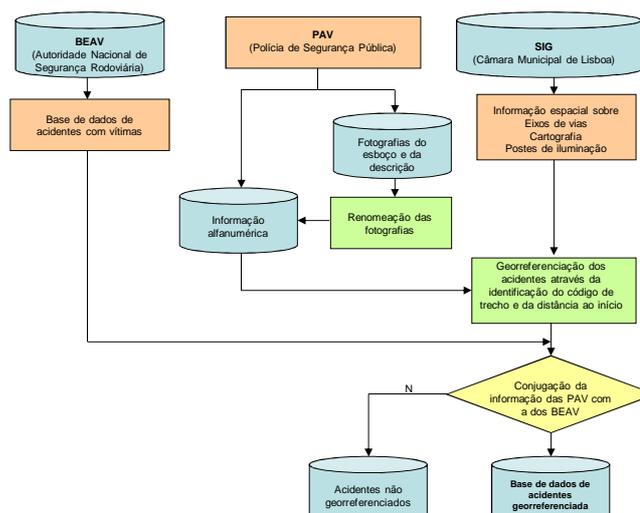
As tarefas de gestão da infraestrutura rodoviária urbana direccionadas para a melhoria da segurança rodoviária devem ser feitas de forma racional, através da utilização de ferramentas especificamente vocacionadas para a mitigação da sinistralidade e que permitam fundamentar as decisões de intervenções na mesma:

- SIG sobre acidentes em meio urbano e sobre factores relacionados com a infraestrutura rodoviária influentes na sinistralidade, susceptíveis de serem usados para conhecer o fenómeno.



1. Aplicação de sistemas de informação geográfica (SIG)

Fluxograma do processo de recolha e tratamento de dados até obtenção da base de dados de acidentes georreferenciados



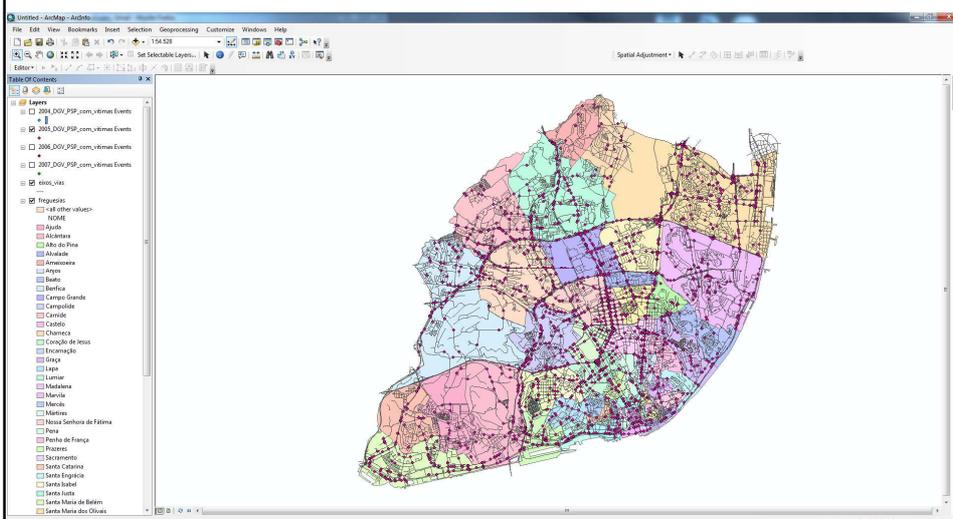
1. Aplicação de sistemas de informação geográfica (SIG)

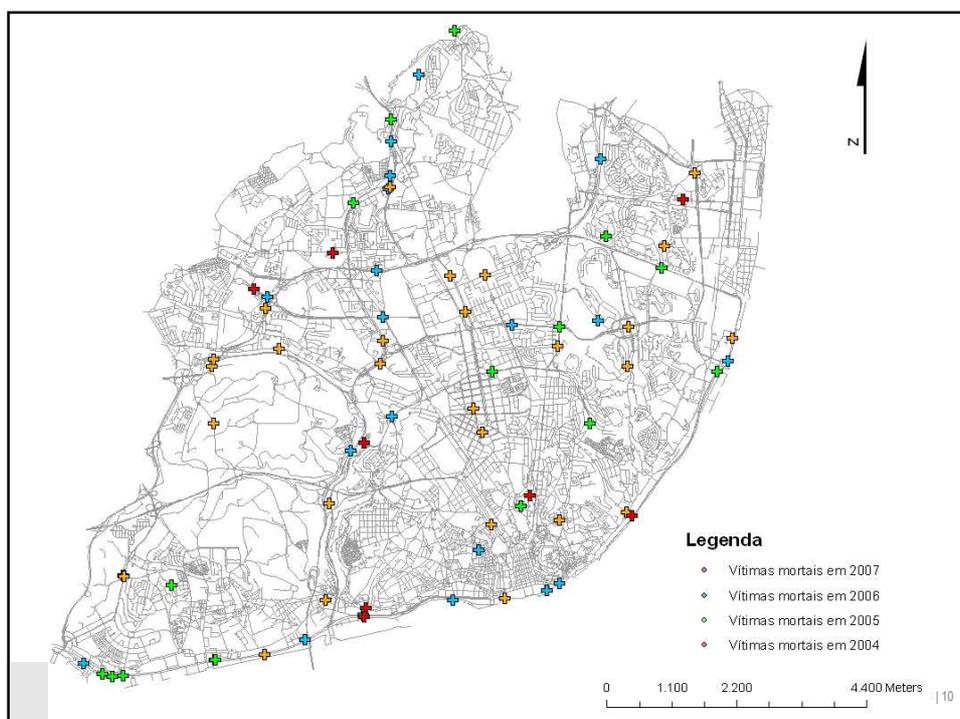
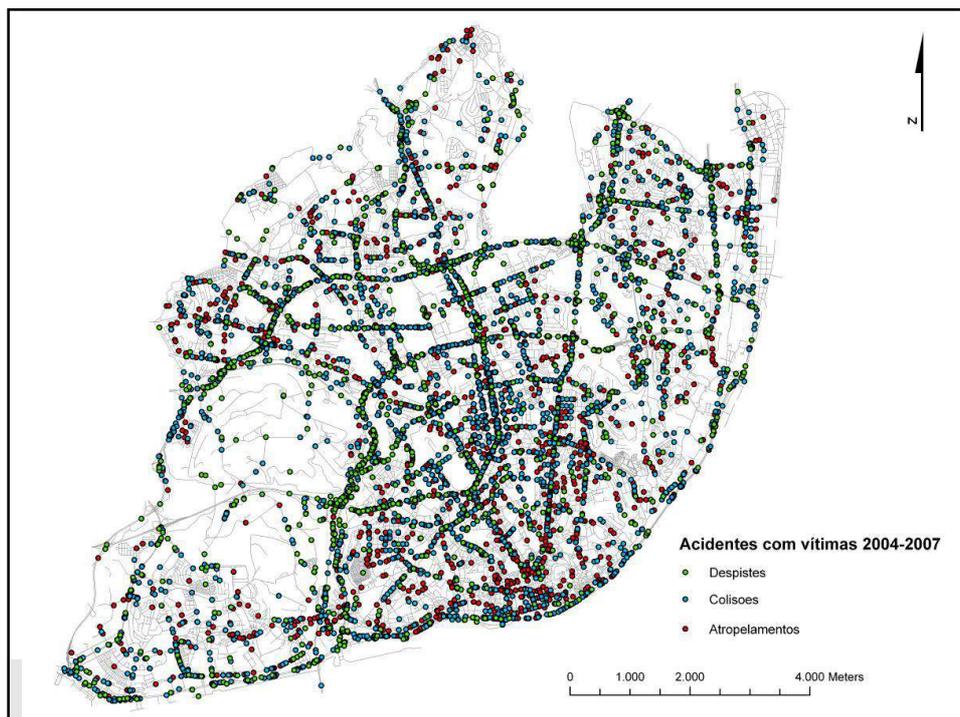
Base de dados de acidentes

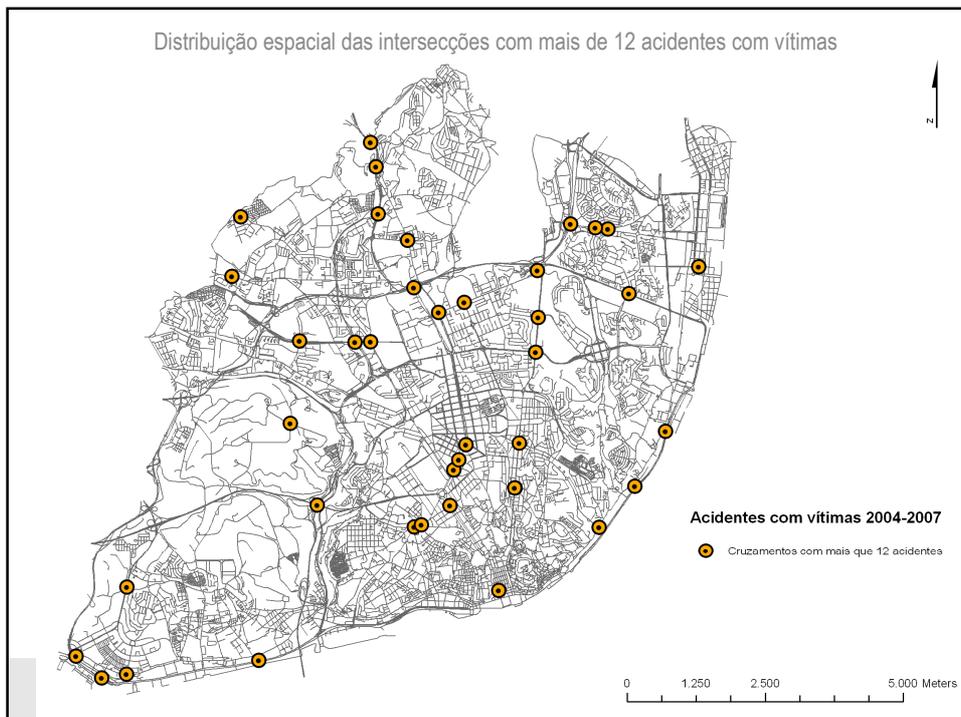
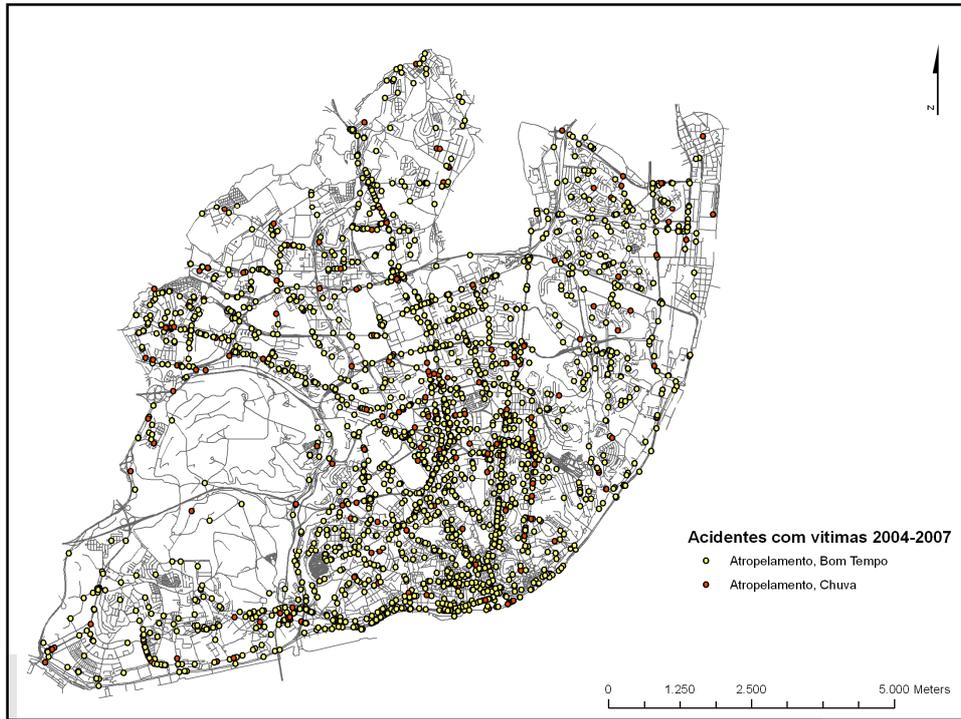
ID	Datahora	Freguesia	Núm.avenida	Nome_avenimento	Em	Naturaleza	Iluminosidade	Num_veic	Num_les	Num_2
1	2007-2007-02-08 08:00:00	Marvila	200722476	AV CARLOS PINAÑO		Despiste simples		Aurora ou crepusculo	0	0
2	2007-2007-02-08 22:00:00	Marvila	200722475	AV ANILINO TEIXEIRA MOTA		Despiste com colisão com veiculo imobil. ou obstaculo		Noite, sem iluminação	0	0
3	2007-2007-02-08 07:00:00	São Domingos de Benfica	200722382	AV 28 JULHO		Colisão lateral com outro veiculo em movimento		Em pleno dia	0	0
4	2007-2007-02-08 12:15:00	Santa Maria de Belem	200722383	AV 28 JULHO		Colisão traseira com outro veiculo em movimento		Em pleno dia	0	0
5	2007-2007-02-08 13:10:00	Santa Justa	200722385	R ALGAREDES BREGALHA		Colisão lateral com outro veiculo em movimento		Em pleno dia	0	0
6	2007-2007-02-08 09:00:00	Santa Maria de Belem	200722382	R FREDERICO J GONCALO ZARCO		Atropelamento de peões		Em pleno dia	0	0
7	2007-2007-02-08 19:20:00	Lumiar	200722381	AV FERNÃO D'ALMEIDA		Atropelamento de peões		Noite, sem iluminação	0	0
8	2007-2007-02-08 20:40:00	Pracetas	200722438	R SARRAGA		Atropelamento de peões		Noite, sem iluminação	0	0
9	2007-2007-02-08 14:20:00	Marvila	200722435	AV FLO COMESTREVEL		Despiste simples		Em pleno dia	0	0
10	2007-2007-02-08 02:00:00	Campolide	200722435	AV MIGUEL TORRES		Atropelamento com fuga		Noite, sem iluminação	0	0
11	2007-2007-02-08 14:00:00	Campo Grande	200722434	AV VIEIRA		Atropelamento de peões		Em pleno dia	0	0
12	2007-2007-02-08 22:00:00	São Marçalde	200722385	R ROSA S MARCELO		Colisão lateral com outro veiculo em movimento		Em pleno dia	0	0
13	2007-2007-02-08 23:30:00	São João de Deus	200722384	AV ROMA		Colisão com outros situaões		Noite, sem iluminação	0	0
14	2007-2007-02-08 18:30:00	Ponte de França	200722386	CC FERREIRA BOCANHAS		Despiste sem dispositivo de retenção		Noite, sem iluminação	0	0
15	2007-2007-02-08 11:25:00	Alvalade	200722389	AV BRAGA AV MARC CRAVEIRO LOPES		Colisão lateral com outro veiculo em movimento		Em pleno dia	0	0
16	2007-2007-02-08 14:20:00	Lumiar	200722388	CC CARLOS		Colisão lateral com outro veiculo em movimento		Em pleno dia	0	0
17	2007-2007-02-08 13:35:00	Santa Maria dos Olivais	200722387	AV MAR CRAVEIRO LOPES		Despiste com transposição do dispositivo de retenção lateral		Em pleno dia	0	0
18	2007-2007-02-08 12:20:00	Campolide	200722436	EXO N/S		Colisão com fuga		Em pleno dia	0	0
19	2007-2007-02-08 14:00:00	São Jorge do Amaro	200722445	AV ALBARRATE RES		Atropelamento de peões		Em pleno dia	0	0
20	2007-2007-02-08 09:28:00	Campolide	200722442	CC ESTACÃO		Atropelamento com fuga		Noite, sem iluminação	0	0
21	2007-2007-02-08 20:40:00	Alvalade	200722441	R RIBASCO CORREIA AV RIO JAISERO		Atropelamento de peões		Noite, sem iluminação	0	0
22	2007-2007-02-08 07:45:00	Campo Grande	200722440	CAMPO GRANDE		Atropelamento de peões		Em pleno dia	0	0
23	2007-2007-02-08 09:00:00	São João de Deus	200722389	AV D'ALONCH HORTIQUE		Atropelamento de peões		Em pleno dia	0	0
24	2007-2007-02-08 14:15:00	Nossa Senhora de Fátima	200722438	R PORTAS		Atropelamento de peões		Em pleno dia	0	0
25	2007-2007-02-08 18:30:00	Campolide	200722387	R FROD ALMEIDA LIMA		Atropelamento de peões		Noite, sem iluminação	0	0
26	2007-2007-02-08 08:10:00	Campolide	200722389	AV VASCO GOMES BARREIRO		Despiste com dispositivo de retenção		Em pleno dia	0	0
27	2007-2007-02-08 15:20:00	Nossa Senhora de Fátima	200722380	CAMPO PRESIDENTE		Atropelamento de animais		Em pleno dia	0	0
28	2007-2007-02-08 19:00:00	Campolide	200722384	CC ESTACÃO		Colisão frontal		Noite, sem iluminação	0	0
29	2007-2007-02-08 09:35:00	Alcátara	200722311	AV CERTEJA		Colisão com outros situaões		Em pleno dia	0	0
30	2007-2007-02-08 19:00:00	Marvila	200722385	AV FERNAO BRATILIANA		Colisão lateral com outro veiculo em movimento		Em pleno dia	0	0
31	2007-2007-02-08 18:30:00	Campolide	200722439	AV NAÇÕES UNIDAS		Colisão frontal		Noite, sem iluminação	0	0
32	2007-2007-02-08 18:30:00	Marvila	200722386	AV CARLOS PINAÑO		Colisão lateral com outro veiculo em movimento		Noite, sem iluminação	0	0
33	2007-2007-02-08 15:30:00	Campo Grande	200722380	CAMPO PRESIDENTE		Atropelamento de peões		Noite, sem iluminação	0	0
34	2007-2007-02-08 15:40:00	Marvila	200722380	PC FERNANDES PALHA		Colisão lateral com outro veiculo em movimento		Em pleno dia	0	0
35	2007-2007-02-08 18:40:00	Lumiar	200722379	AV LUIS FREITAS		Atropelamento de peões		Aurora ou crepusculo	0	0
36	2007-2007-02-08 07:20:00	São Domingos de Benfica	200722388	AV GEN NORTON MATOS		Despiste simples		Noite, sem iluminação	0	0
37	2007-2007-02-08 09:20:00	Campolide	200722380	CC ESTACÃO		Atropelamento de peões		Em pleno dia	0	0

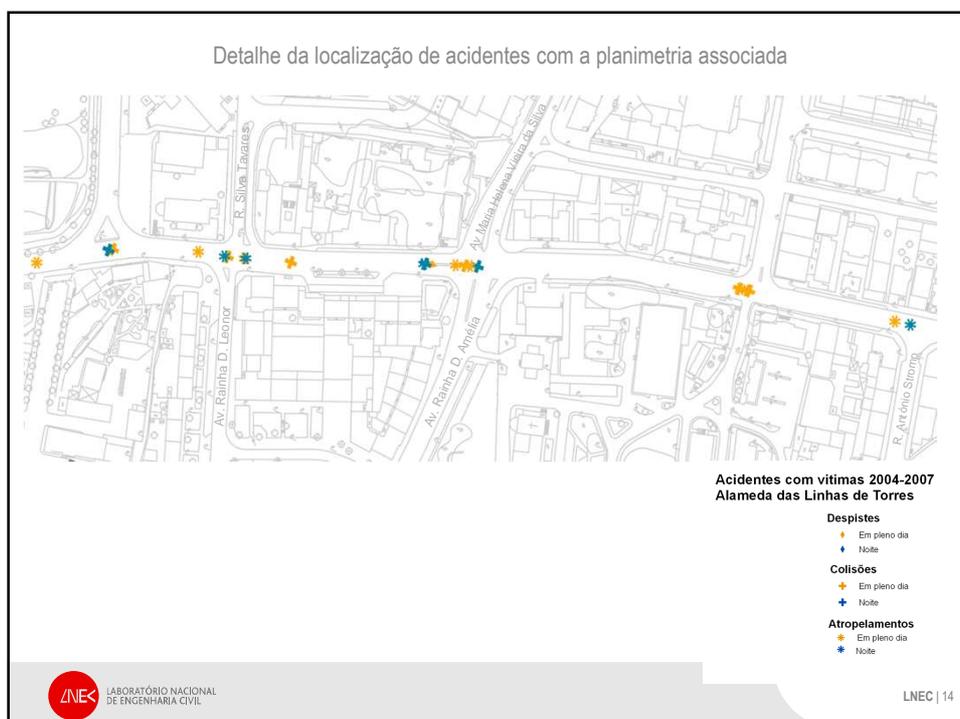
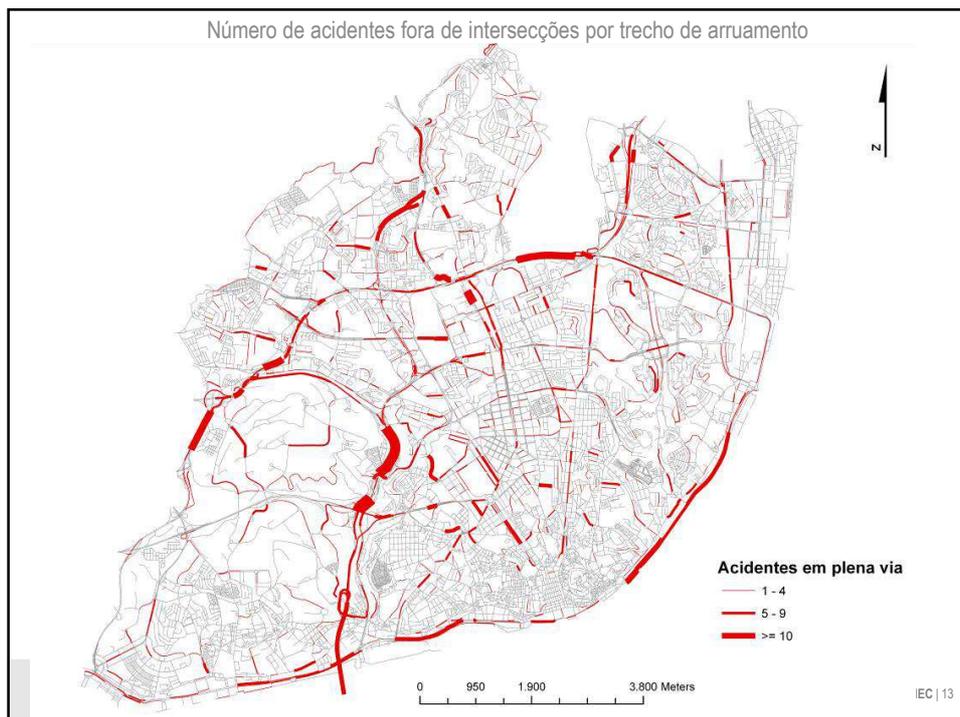
1. Aplicação de sistemas de informação geográfica (SIG)

Sistema de informação geográfica









1. Aplicação de sistemas de informação geográfica (SIG)

Dados sobre tráfego rodoviário e pedonal

Os dados de tráfego pedonal foram obtidos exclusivamente mediante contagens.

Os dados de tráfego de veículos motorizados utilizados neste trabalho foram recolhidos através de dois métodos: contagens (manuais ou automáticas) e estimativas obtidas a partir de um modelo de afectação de tráfego.



1. Aplicação de sistemas de informação geográfica (SIG)

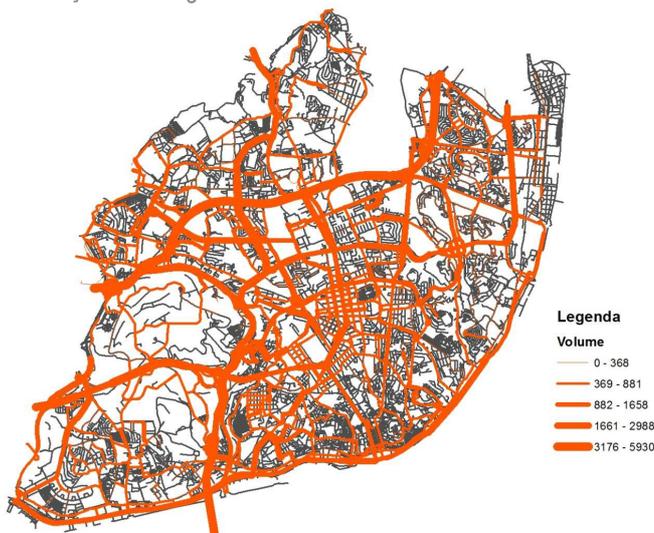


1. Aplicação de sistemas de informação geográfica (SIG)



1. Aplicação de sistemas de informação geográfica (SIG)

Modelo de afectação de tráfego



2. Modelação matemática da frequência de acidentes

Devido aos enormes custos para as sociedades dos acidentes rodoviários, a compreensão dos factores que afectam a frequência de acidentes ocorrida em determinado local constitui uma área de investigação muito vasta.

A forma mais comum para obter este conhecimento consiste no desenvolvimento de modelos matemáticos da frequência de acidentes, que consistem em funções que descrevem a relação entre a segurança rodoviária e variáveis explicativas, como sejam:

- tráfego,
- comprimento da estrada em análise,
- largura,
- número de intersecções,
- etc

A ocorrência de acidentes é habitualmente modelada através de modelos generalizados considerando distribuições de Poisson ou Binomial Negativa.

2. Modelação matemática da frequência de acidentes

São modelos de contagens de dados, pois a variável de resposta é um inteiro não negativo. Têm sido constatados bons ajustes destas distribuições às frequências observadas de acidentes.

A escolha da distribuição depende da existência de sobre-dispersão. Caso esta se comprove, a utilização da distribuição Binomial Negativa é preferencial

No caso dos modelos matemáticos desenvolvidos para a cidade de Lisboa, foram utilizadas técnicas de Modelação Linear Generalizada com uma componente de erro Binomial Negativa.

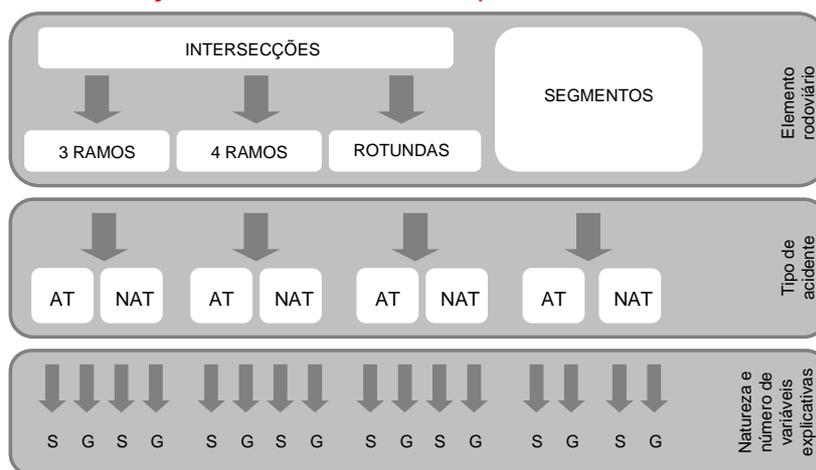
$$A = \alpha \times T_1^\beta \times T_2^\beta \times e^{-\sum y_i \cdot x_i}$$

2. Modelação matemática da frequência de acidentes

O desenvolvimento dos MEFA requer uma série de cuidados especiais, para que os resultados e as interpretações que lhes estão associadas sejam os mais correctos. Neste sentido, são relevantes os aspectos relativos:

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

2. Modelação matemática da frequência de acidentes



AT – Atropelamentos
 NAT – Acidentes com vítimas excluindo atropelamentos
 S – Simplificado
 G – Global

2. Modelação matemática da frequência de acidentes

Características do ambiente rodoviário incluídas nos modelos

Modelos para atropelamentos

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;

Modelos para restantes acidentes com vítimas

Número e largura média das vias
 Presença de separador central
 Presença de vias exclusivas para viragem à esquerda ou à direita
 Número de ramos com sentido único
 Sistemas de controlo de tráfego
 Número de sentidos de circulação.
 Comprimento do segmento e largura dos separadores centrais ou ilhas
 Número de ramos da intersecção
 Número de vias do anel

2. Modelação matemática da frequência de acidentes

Resumo dos Modelos

Aplicação	Versão(*)	Equação	Qualidade do ajuste	α^c
Intersecções de três ramos	S	$Y_i = 4,7078 \times 10^{-6} \times FT^{1,1884}$	0,549 ^b	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 ^b	0,364
Intersecções de quatro ramos	S	$Y_i = 3,8765 \times 10^{-5} \times FT^{1,167}$	0,641 ^b	0,390
	G	$Y_i = 4,6355 \times 10^{-4} \times FT^{0,5106} \times e^{0,7820 \times LB + 1,0614 \times LMAJ + 0,4847 \times LWMIN + 0,4616 \times RTPMIN - 0,6775 \times LOW}$	0,704 ^b	0,307
Intersecções de três e quatro ramos	S	$Y_i = 2,5333 \times 10^{-5} \times FT^{1,0592}$	0,508 ^b	0,695
	G	$Y_i = 5,2579 \times 10^{-5} \times FT^{0,8228} \times e^{0,4928 \times LMAJ + 0,2702 \times LWMAJ - 0,4365 \times MMAJ + 0,4922 \times RTPMAJ + 0,6815 \times LEG}$	0,640 ^b	0,509
Rotundas	S	$Y_i = 1,9488 \times 10^{-7} \times FT^{1,4985}$	0,636 ^b	0,424
	G	$Y_i = 2,3845 \times 10^{-8} \times FT^{1,5084} \times e^{0,5248 \times LEG}$	0,870 ^a	0,00003
Segmentos	S	$Y_i = 1,7411 \times 10^{-6} \times FT^{0,6230} \times L^{1,1979}$	0,903 ^b	0,207
	G	$Y_i = 3,8103 \times 10^{-6} \times FT^{0,4937} \times L^{1,2398} \times e^{0,4934 \times NLAVES - 4}$	0,912 ^b	0,187

(*) – S: Simplificada; G: Global
 a - R² ajustado; b – Índice de Elvik; c – Parâmetro de dispersão

2. Modelação matemática da frequência de acidentes

Variáveis explicativas relacionadas com o ambiente rodoviário estatisticamente significantes e respectivo sinal identificadas nos vários modelos de estimativa da frequência de acidentes com vítimas

Variável	Intersecções				Segmentos
	3 Ramos	4 Ramos	3 e 4 Ramos	Rotundas	
Equilíbrio da intersecção em nº de vias	+	+			
Largura de via na direcção principal	+		+		
Largura de via na direcção secundária			+		
Presença de via de viragem à direita na direcção principal	+		+		
Presença de via de viragem à direita na direcção principal		+			
Presença de sinalização semafórica	+				
Presença de três ou mais vias de entrada na direcção principal		+	+		
Presença de quatro ou mais vias em ambos os sentidos					+
Número de ramos com sentido único		-			
Presença de separador central nos dois ramos da direcção principal			-		
Número de ramos da intersecção			+	+	

3. Identificação de zonas de acumulação de acidentes

Aplicação do Método Empírico de Bayes (MEB) multivariado na estimativa de frequências esperadas de acidentes, para análise quantitativa da sinistralidade (identificação de ZAA, estudos antes-depois, estimativa previsional de benefícios para selecção das medidas correctivas, mapas de risco, etc.).

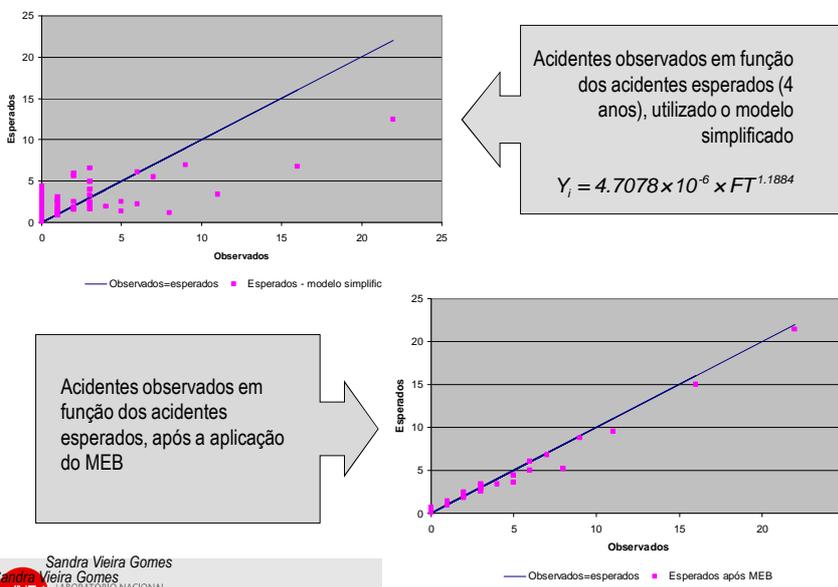
Consiste num procedimento de estimativa da segurança que combina a frequência observada de acidentes com o número esperado de acidentes em entidades similares, o que permite melhorar a precisão das estimativas em presença de poucos dados de acidentes e eliminar o efeito de regresso à média.

$$\text{Estimativa da frequência esperada de acidentes para uma entidade} =$$

$$\text{factor } x \text{ acidentes esperados em entidades similares} + (1 - \text{factor})$$

$$x \text{ acidentes observados nesta entidade}$$

3. Identificação de zonas de acumulação de acidentes

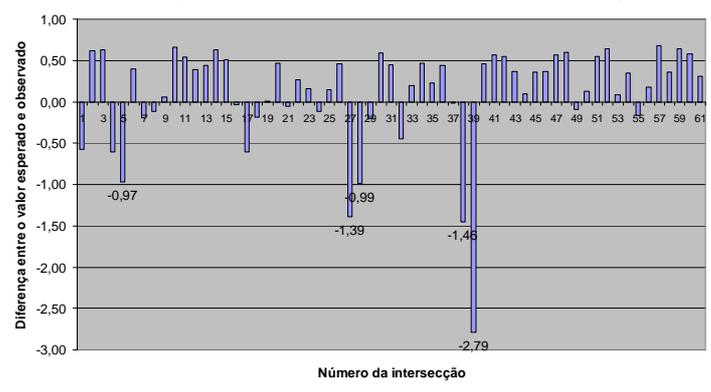


Sandra Vieira Gomes
LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL

LNEC | 27

3. Identificação de zonas de acumulação de acidentes

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

LNEC LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL

LNEC | 28

3. Diagnóstico de segurança e seleção de medidas correctivas

MÉTODOS DE DIAGNÓSTICO DE SEGURANÇA

- 1 – Análise de dados estatísticos da sinistralidade
- 2 – Análise pormenorizada de acidentes por equipas multidisciplinares
- 3 – Observação sistemática do comportamento dos utentes rodoviários
- 4 – Avaliação da sensação de segurança dos utentes (inquéritos acerca do risco subjectivo)

3. Diagnóstico de segurança e seleção de medidas correctivas

Análise de dados estatísticos sobre a sinistralidade (1)

- + Disponibilidade dos dados
- + Amostras de dimensão média
- + Séries temporais
- Informação incompleta e orientada para as necessidades de dados genéricos
 - a) Informação recolhida por não especialistas
 - b) Não há informação sobre circunstâncias do acidente
 - c) Informação direccionada para o apuramento da responsabilidade civil
 - d) Taxa de cobertura variável no tempo e espaço

3. Diagnóstico de segurança e seleção de medidas correctivas

Análise de dados estatísticos sobre a sinistralidade (2)

Ocorrência de acidentes é fenómeno estatisticamente raro, com distribuição espacial e temporal com componente aleatória importante

- a) Número de acidentes é mau estimador do número expectável
- b) Número de acidentes em ZAA é um estimador tendencioso
- c) Períodos longos de observação estão associados a alterações nas condições prevalentes

Elementos para a definição de factores de exposição

- a) Nem sempre disponíveis
- b) Dificuldade de recolha em zona urbana
- c) Indefinição na relação risco/exposição mais conveniente

3. Diagnóstico de segurança e seleção de medidas correctivas

Análise pormenorizada de acidentes por equipas multidisciplinares

- Reconstituição da fase pré-acidente
- Caracter multicausal tomado em consideração
- Observação, recolha de dados e análise feitas por pessoal especializado
- Custos muito elevados
- Investimento avultado para obter representatividade estatística
- Amostra muito pequena não permitindo generalização dos resultados

3. Diagnóstico de segurança e seleção de medidas correctivas

Observação sistemática do comportamento dos utentes rodoviários

- Universo alargado de acontecimentos em estudo
- Diminuição do tempo que medeia entre o diagnóstico e a avaliação
- Observação de acontecimentos na sua totalidade, desde a génese à conclusão
- Observação de manobras bem e mal sucedidas
- Uso de pessoal especializado na observação
- Investimento em meios humanos

3. Diagnóstico de segurança e seleção de medidas correctivas

Seleção das MEBC

A seleção do conjunto de MEBC a aplicar numa determinada situação, ou numa ZAA específica, depende:

- do tipo de acidentes predominantes, cuja frequência ou gravidade se pretende diminuir;
- da garantia de que essa aplicação não terá efeitos indesejáveis graves noutros aspectos da segurança rodoviária, da eficiência da operação do tráfego ou de cariz ambiental.

3. Diagnóstico de segurança e seleção de medidas correctivas

Medidas aplicáveis a meio urbano – centradas nos utentes vulneráveis

Segregação

Criação de vias próprias
 Separação física do tráfego motorizado
 Alteração de textura e cor do pavimento



Partilha do espaço

Criação de áreas comuns a peões, ciclistas e tráfego motorizado que partilham um espaço com um pavimento menos fácil para automóveis onde os condutores destes têm imediatamente a percepção de que devem circular com baixas velocidades.

3. Diagnóstico de segurança e seleção de medidas correctivas

Ciclovias

Dever-se-á garantir a individualização da pista através de separadores físicos que podem ser pilares, ou pedras, ou qualquer outro tipo de separador que se enquadre no espaço em questão e que normalmente aumentam consideravelmente a sensação de segurança por parte dos ciclistas. Ao mesmo tempo devem ser colocadas marcas rodoviárias no pavimento que demarquem a pista. As pistas cicláveis podem funcionar para um ou dois sentidos e devem ter cerca de 1,5m de largura.

