

**Análises para o apoio ao planeamento e gestão
de estradas interurbanas da rede rodoviária nacional**

João Soares de Oliveira de Penha Garcia

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em

Engenharia Civil

Orientador

Professor Doutor José Manuel Coelho das Neves

Júri

Presidente: Professora Doutora Maria do Rosário Maurício Ribeiro Macário

Orientador: Professor Doutor José Manuel Coelho das Neves

Vogal: Professor Doutor Filipe Manuel Mercier Vilaça e Moura

Mai 2019

Declaração

Declaro que o presente documento é um trabalho original da minha autoria e que cumpre todos os requisitos do Código de Conduta e Boas Práticas da Universidade de Lisboa.

Agradecimentos

Em primeiro lugar, agradeço ao meu orientador, Professor José Neves, por todo o acompanhamento, apoio, voto de confiança e conhecimentos transmitidos, sem os quais o desenvolvimento deste trabalho não teria sido possível.

Agradeço também à Infraestruturas de Portugal, Ascendi e Euroscut - Sociedade Concessionária da SCUT do Algarve S.A., que me forneceram a informação relativa aos dados de tráfego, índice de qualidade e estrutura do pavimento, informação fundamental para o desenvolvimento da minha dissertação. Gostaria de salientar o apoio dado pelo Eng.º Bruno Correia, Eng.º João Morgado, Eng.ª Margarida Gonçalves e Eng.º Fernando Martins.

Gostaria também de expressar a minha gratidão aos meus pais, aos meus irmãos, Maria e Vasco, e à Filipa, pelo apoio incansável ao longo desta fase e de todo o meu percurso académico. A partilha de opiniões e os valores transmitidos com alegria foram uma fonte constante de motivação.

Resumo

O conhecimento do tráfego em circulação é de extrema importância na otimização da gestão da rede rodoviária e, em última instância, para assegurar a mobilidade e acessibilidade de pessoas e bens com eficiência, segurança, economia e sustentabilidade ambiental. Os sistemas inteligentes de transportes são fundamentais no levantamento da informação de tráfego, através duma rede rápida e fidedigna de sistemas de deteção, recolha e processamento de informação.

O objetivo principal foi a análise do tráfego e qualidade da infraestrutura em estradas interurbanas da rede rodoviária nacional (Portugal Continental). A análise da informação recolhida em postos de contagem selecionados de diversos itinerários da rede principal permitiu investigar a preponderância de veículos pesados por tipo de itinerário, a afetação do tráfego em itinerários alternativos, a influência do tráfego na qualidade do pavimento e na capacidade para o caso de estradas de duas vias.

Em geral, foi verificado que em vias interurbanas existe elevada complexidade de comportamento do tráfego. Relativamente à percentagem de veículos pesados, foi constatada uma grande variação para os vários itinerários analisados (de 3,0 % a 12,5 %). Na afetação do tráfego a itinerários alternativos, foi possível concluir que a existência de portagem e a segurança são fatores que podem ter grande influência nas escolhas, mas nem sempre com um padrão comum. Foi também possível estabelecer uma relação entre o volume de tráfego em circulação e a capacidade das vias, mas isso já não aconteceu para a qualidade do pavimento, pois outros fatores podem ser ainda mais condicionantes.

Palavras chave

Tráfego rodoviário, Estrada interurbana, ITS, Sistemas de deteção de veículos, Contagem, Nível de serviço

Abstract

The knowledge of traffic in circulation is extremely important in optimizing the management of the road network and, ultimately, to ensure the mobility and accessibility of people and goods with efficiency, safety, economy and environmental sustainability. Intelligent transport systems are fundamental in collecting traffic information, through a fast and reliable network of detection systems, collection and processing of information.

The main objective was the analysis of traffic and infrastructure quality on interurban roads of the national road network. The analysis of the information collected at selected counting stations of several routes of the main network allowed the investigation of the importance of heavy vehicles by type of route, the affectation of traffic on alternative routes, the influence of traffic on pavement quality and capacity for the case of two-lane roads.

Overall, it was found that on long-distance roads there is a high complexity of traffic behaviour. Regarding the percentage of heavy vehicles, a high variation was observed for the various routes analysed (from 3,0 % to 12,5 %). In the affectation of traffic to alternative routes, it was possible to conclude that the existence of tolls and safety are factors that may have a strong influence on choices, but not always with a common pattern. It has also been possible to establish a relationship between the volume of traffic in circulation and the capacity of the roads, but this was not the case for road quality since other factors can be even more constraining.

Keywords

Road traffic, Interurban road, ITS, Vehicle detection systems, Counting, Level of Service

Índice

Declaração	iii
Agradecimentos.....	v
Resumo	vii
Abstract.....	ix
Índice	xi
Índice de figuras	xiii
Índice de quadros	xv
Lista de siglas	xvii
1 Introdução.....	1
1.1 Enquadramento e motivação.....	1
1.2 Objetivos e metodologia	2
1.3 Estrutura	2
2 ITS e sistemas de deteção e contagem de veículos.....	5
2.1 Sistemas inteligentes de transportes	5
2.2 Sistemas de deteção de veículos.....	6
2.3 Contagem de veículos.....	16
2.4 Considerações finais	17
3 Seleção dos itinerários e informação do tráfego.....	19
3.1 Considerações iniciais.....	19
3.2 Rede rodoviária nacional e seleção dos itinerários.....	19
3.3 Tratamento da informação do tráfego	21
3.4 Descrição dos itinerários	23
3.5 Considerações finais	32
4 Análise de resultados	33
4.1 Tráfego de veículos pesados	33
4.2 Afetação do tráfego em itinerários alternativos.....	41
4.3 Influência do tráfego na qualidade do pavimento.....	47
4.4 Influência do tráfego de veículos pesados na capacidade	57
5 Conclusões e desenvolvimentos futuros.....	67
5.1 Conclusões	67
5.2 Desenvolvimentos futuros	68
Referências bibliográficas	71
Anexo A Análise da informação de tráfego.....	75
Anexo A.1 Itinerário AE_1	75

Anexo A.2	Itinerário AE_2	76
Anexo A.3	Itinerário IP_1	77
Anexo A.4	Itinerário IP_2	78
Anexo A.5	Itinerário IC_1	79
Anexo A.6	Itinerário EN_1	80
Anexo B	Análise do IRI e cavado de rodeira	81
Anexo B.1	IRI	81
Anexo B.2	Cavado de rodeira	81
Anexo B.3	% Área de fendilhamento	81
Anexo C	Evolução estrutural do pavimento	83
Anexo C.1	Itinerário IP_1 – Secção D	83
Anexo C.2	Itinerário IP_1 – Secção I	83
Anexo C.3	Itinerário IC_1 – Secção F	83
Anexo C.4	Itinerário IC_1 – Secção K	83
Anexo C.5	Itinerário EN_1 – Secção A e B	83
Anexo D	Análise da capacidade numa estrada de 2 vias	85
Anexo D.1	Volume de tráfego = 100 v/h (BFFS = 60 km/h)	85
Anexo D.2	Volume de tráfego = 200 v/h (BFFS = 60 km/h)	86
Anexo D.3	Volume de tráfego = 300 v/h (BFFS = 60 km/h)	87
Anexo D.4	Volume de tráfego = 400 v/h (BFFS = 60 km/h)	88
Anexo D.5	Volume de tráfego = 500 v/h (BFFS = 60 km/h)	89
Anexo D.6	Volume de tráfego = 100 v/h (BFFS = 80 km/h)	90
Anexo D.7	Volume de tráfego = 200 v/h (BFFS = 80 km/h)	91
Anexo D.8	Volume de tráfego = 300 v/h (BFFS = 80 km/h)	92
Anexo D.9	Volume de tráfego = 400 v/h (BFFS = 80 km/h)	93
Anexo D.10	Volume de tráfego = 500 v/h (BFFS = 80 km/h)	94
Anexo Confidencial	Identificação e localização dos itinerários	95

Índice de figuras

Figura 2.1 - Sensores de laço indutivo [17].....	9
Figura 2.2 - Sistema de vídeo para deteção de veículos [20].....	10
Figura 2.3 - Esquema do sistema de deteção através de sensores de micro-ondas (Adaptado de [15])	12
Figura 2.4 - Instalação de sensores de ultrassons [15]	13
Figura 2.5 - Esquema representativo do sistema de deteção de veículos via <i>wireless</i> (Adaptado de [27])	14
Figura 2.6 - Esquema representativo do sistema de deteção via <i>Bluetooth</i> (Adaptado de [30]).....	15
Figura 3.1 - Organização inicial da informação analisada	22
Figura 3.2 - Organização final da base de dados criada no <i>Microsoft® Office Excel</i>	22
Figura 3.3 - Evolução do TMDM de veículos ligeiros na AE_1 de 2016 a 2017.....	23
Figura 3.4 - Evolução do TMDM de veículos pesados na AE_1 de 2016 a 2017	23
Figura 3.5 - Evolução do TMDM de veículos ligeiros na AE_2 de 2014 a 2017.....	25
Figura 3.6 - Evolução do TMDM de veículos pesados na AE_2 de 2014 a 2017	25
Figura 3.7 - Evolução do TMDM de veículos ligeiros no IP_1 de 2014 a 2017	26
Figura 3.8 - Evolução do TMDM de veículos pesados no IP_1 de 2014 a 2017.....	27
Figura 3.9 - Evolução do TMDM de veículos ligeiros no IP_2 de 2014 a 2017	28
Figura 3.10 - Evolução do TMDM de veículos pesados no IP_2 de 2014 a 2017.....	28
Figura 3.11 - Evolução do TMDM de veículos ligeiros no IC_1 de 2014 a 2017.....	29
Figura 3.12 - Evolução do TMDM de veículos pesados no IC_1 de 2014 a 2017.....	30
Figura 3.13 - Evolução do TMDM de veículos ligeiros na EN_1 de 2014 a 2017	31
Figura 3.14 - Evolução do TMDM de veículos pesados na EN_1 de 2014 a 2017	31
Figura 4.1 - Tráfego médio anual nas autoestradas estudadas.....	33
Figura 4.2 - Apresentação dos 3 <i>clusters</i>	37
Figura 4.3 - Análise da tendência de percentagem de veículos pesados nas autoestradas.....	38
Figura 4.4 - Tráfego médio anual nos itinerários principais	38
Figura 4.5 - Tráfego médio anual nos itinerários complementares.....	39
Figura 4.6 - Tráfego médio anual nas estradas nacionais.....	39
Figura 4.7 - Análise da tendência de percentagem de veículos pesados nos itinerários sem portagem	41
Figura 4.8 - Efeito da conservação preventiva e de reabilitação ao longo do tempo [36]	47
Figura 4.9 - Variação dos parâmetros IRI, rodeira e do volume de tráfego na secção D.....	51
Figura 4.10 - Variação dos parâmetros IRI, rodeira e do volume de tráfego na secção I	51
Figura 4.11 - Estrutura do pavimento na secção D (à esquerda) e na secção I (à direita)	52
Figura 4.12 - Variação dos parâmetros IRI, rodeira e do volume de tráfego na secção F	52
Figura 4.13 - Variação dos parâmetros IRI, rodeira e do volume de tráfego na secção K.....	53
Figura 4.14 - Estrutura do pavimento na secção F (à esquerda) e secção K (à direita)	54
Figura 4.15 - Variação dos parâmetros IRI, rodeira e do volume de tráfego na secção A.....	54

Figura 4.16 - Variação dos parâmetros IRI, rodeira e do volume de tráfego na secção B.....	55
Figura 4.17 - Estrutura do pavimento na secção A e B	56
Figura 4.18 - Metodologia utilizada para estradas de 2 vias (Adaptado de [38]).....	58
Figura 4.19 - Representação gráfica do nível de serviço para estradas de 2 vias da Classe I [39].....	59
Figura 4.20 - Relação ATS/PTSF em função da percentagem de veículos pesados para estradas de classe I (BFFS=60 km/h).....	60
Figura 4.21 - Relação ATS/PTSF em função da percentagem de veículos pesados para estradas de classe I (BFFS=80 km/h).....	61
Figura 4.22 - Relação ATS/PTSF em função da percentagem de zonas de não-ultrapassagem para estradas de classe I (BFFS=60 km/h).....	61
Figura 4.23 - Relação ATS/PTSF em função da percentagem de zonas de não-ultrapassagem para estradas de classe I (BFFS=80 km/h).....	62
Figura 4.24 - Secção tipo do troço I do itinerário IC_1 (extraído do <i>Street View</i> do <i>Google Maps</i>).....	63
Figura 4.25 - Secção tipo do troço II do itinerário IC_1 (extraído do <i>Street View</i> do <i>Google Maps</i>)....	64
Figura 4.26 - Relação ATS/PTSF em função da percentagem de veículos pesados no IC_1.....	66
Figura 4.27 - Relação ATS/PTSF em função da percentagem de zonas de não-ultrapassagem no IC_1	66

Índice de quadros

Quadro 3.1 – Caracterização dos itinerários estudados	21
Quadro 3.2 - Variação do volume de tráfego anual na AE_1 em 2016 e 2017	24
Quadro 3.3 - Variação do volume de tráfego anual na AE_2 de 2014 a 2017	26
Quadro 3.4 - Variação do volume de tráfego anual no IP_1 de 2014 a 2017.....	27
Quadro 3.5 - Variação do volume de tráfego anual no IP_2 de 2014 a 2017.....	29
Quadro 3.6 - Variação do volume de tráfego anual no IC_1 de 2014 a 2017	30
Quadro 3.7 - Variação do volume de tráfego anual na EN_1 de 2014 a 2017	32
Quadro 4.1 - Variação do volume total, de veículos ligeiros e pesados nos itinerários com portagem analisados.....	34
Quadro 4.2 – Resultados da análise de clusters	35
Quadro 4.4 - Variação do volume total, de veículos ligeiros e pesados nos IP's analisados	39
Quadro 4.5 - Variação do volume total, de veículos ligeiros e pesados nos IC's analisados.....	40
Quadro 4.6 - Variação do volume total, de veículos ligeiros e pesados nas EN's analisadas	40
Quadro 4.7 - TMDM de ligeiros na AE_1 e IP_2 e respetiva relação	42
Quadro 4.8 - TMDM de pesados na AE_1 e IP_2 e respetiva relação	42
Quadro 4.9 - TMDA total, de ligeiros e pesados na AE_1 e IP_2 e respetiva relação	43
Quadro 4.10 - TMDM de ligeiros no IP_1 e IC_1 e respetiva relação	45
Quadro 4.11 - TMDM de pesados no IP_1 e IC_1 e respetiva relação	45
Quadro 4.12 - TMDA total, de ligeiros e pesados no IP_1 e IC_1 e respetiva relação	45
Quadro 4.13 - TMDM de ligeiros na AE_2 e EN_1 e respetiva relação	46
Quadro 4.14 - TMDM de pesados na AE_2 e EN_1 e respetiva relação	46
Quadro 4.15 - TMDA total, de ligeiros e pesados na AE_2 e EN_1 e respetiva relação	46
Quadro 4.16 - Classes do IQ consideradas pela Infraestruturas de Portugal	48
Quadro 4.17 - Índice de Qualidade no IP_1, IC_1 e EN_1 entre 2012 e 2018.....	49
Quadro 4.18 - Classes do IRI e Rodeira	50
Quadro 4.19 - Quadro síntese do estudo realizado	56
Quadro 4.20 - Níveis de serviço e sua caracterização (Adaptado de [38])	57
Quadro 4.21 - Tipos de classes de estradas com duas vias (Adaptado de [38])	58
Quadro 4.22 - Nível de Serviço para estradas de duas vias da Classe I (Adaptado de [38])	59
Quadro 4.23 - Nível de Serviço para estradas de 2 vias da Classe II (Adaptado de [38])	59
Quadro 4.24 - Constantes adotadas na análise do nível de serviço com base no IC_1	60
Quadro 4.25 - Quadro síntese dos resultados obtidos da capacidade no IC_1	65

Lista de siglas

AE	Autoestrada
ATS	<i>Average Travel Speed</i> (Velocidade média de percurso)
CCTV	<i>Closed-Circuit Television</i> (Circuito fechado de televisão)
EN	Estrada Nacional
EP	Estradas de Portugal
FMCW	<i>Frequency Modulated Continuous Wave</i>
HCM	<i>Highway Capacital Manual</i>
IC	Itinerário Complementar
IP	Infraestruturas de Portugal; Itinerário Principal
IQ	Índice de Qualidade
IRI	<i>International Roughness Index</i> (Irregularidade Longitudinal do Pavimento)
ITS	<i>Intelligent Transportation Systems</i> (Sistema Inteligentes de Transportes)
MAC	<i>Media Access Control</i> (Controlo de Acesso ao Meio)
NC	Não conhecido
PRN	Plano Rodoviário Nacional
PTSF	<i>Percent Time-Spent-Following</i> (Percentagem de Tempo do Percurso com Atraso)
REFER	Rede Ferroviária Nacional
SGPav	Sistema de Gestão de Pavimentos
TMD	Tráfego Médio Diário
TMDA	Tráfego Médio Diário Anual
TMDM	Tráfego Médio Diário Mensal
V2I	<i>Vehicle to Infrastructure</i> (Veículo para Infraestrutura)
V2V	<i>Vehicle to Vehicle</i> (Veículo para Veículo)

1 Introdução

1.1 Enquadramento e motivação

O conhecimento do volume de veículos numa determinada via é de elevada importância em diversas análises de tráfego, tais como estudos de congestionamentos, de emissões de gases produzidos por veículos motorizados, do ordenamento do território, ou do planeamento, controlo, segurança, gestão e manutenção da infraestrutura rodoviária, entre outros.

Os estudos de tráfego baseiam-se na caracterização das correntes de tráfego formadas por conglomerados de veículos, numa determinada secção e período de tempo padrão. Para a realização desses estudos é fundamental a existência de uma rede de levantamento da informação de tráfego bem definida, constituída por uma rede de recolha de dados que opere de forma eficiente e forneça dados fidedignos, cuja análise e tratamento gerem resultados com erros aceitáveis.

A interação entre os vários elementos pertencentes ao sistema rodoviário apresenta uma dinâmica complexa e imprevisível, pois o funcionamento do sistema encontra-se dependente do comportamento do ser humano. Neste sentido, é importante a implementação e modernização de elementos associados ao controlo de tráfego. As características e necessidades inerentes ao tráfego automóvel fazem apelo a constantes desenvolvimentos de novas tecnologias de sistemas inteligentes de transportes, como forma a melhorar o fluxo de veículos e a segurança de passageiros e mercadorias.

Os sistemas inteligentes de transportes, mais conhecidos na terminologia inglesa como *Intelligent Transportation Systems* (ITS), consistem na criação de aplicações tecnológicas avançadas (informática, eletrónica, automação, telecomunicações) com o objetivo de proporcionar serviços inovadores associados aos diversos modos de transporte, tornando o uso das redes de transporte "mais inteligente" do ponto de vista da segurança, qualidade e eficiência [1]. A inteligência destes sistemas reside na sua capacidade de otimização e atuação em tempo real com base na captação e processamento/modelação da informação em causa.

Os sistemas de deteção de veículos são essenciais no âmbito do ITS e têm o objetivo último de proporcionar o bom funcionamento das infraestruturas rodoviárias, nomeadamente em situações de congestionamentos, acidentes, trabalhos de manutenção e outros eventos críticos. Este tipo de sistemas é essencial para a obtenção de informação de fluxos de tráfego, sendo assim possível realizar um adequado e dinâmico controlo e gestão de tráfego e, conseqüentemente, compreender melhor a influência que o tráfego de veículos pode ter nas infraestruturas de transporte rodoviário.

A sua implementação pode ocorrer em vias quer urbanas quer interurbanas. Em Portugal e no caso de estradas interurbanas, no âmbito da obtenção da informação necessária ao desenvolvimento do presente trabalho, foi constatado que, por um lado, a implementação de sistemas de contagem de tráfego em vias interurbanas se destina principalmente à taxaço e cumprimento de objetivos contratuais (no caso de estradas concessionadas) e que, por outro lado, essa informação pode ser organizada para um melhor conhecimento das características do tráfego em circulação. Com efeito, a

informação sobre essas características pode ser útil não só na gestão do tráfego, mas também noutras aplicações, como por exemplo a conservação e beneficiação das vias.

1.2 Objetivos e metodologia

O objetivo principal da dissertação é a análise do tráfego e qualidade da infraestrutura em estradas interurbanas da rede rodoviária nacional (Portugal Continental), por tipo de via (categorias de itinerário) e tipo de veículos (ligeiros e pesados). Com esta análise pretende-se dar um contributo ao planeamento e gestão deste tipo de rede.

Complementarmente, foram estabelecidos os seguintes objetivos secundários:

- (i) Para itinerários alternativos de nível hierárquico e características distintos, em viagens com origem e destino comuns, avaliar a afetação de tráfego associada a fatores como a existência de portagem, duração da viagem e condições de segurança e conforto.
- (ii) Em caso de disfuncionalidade na utilização da rede, ou seja, de desadequação dos volumes de tráfego às características da via, avaliar a influência das condições de tráfego na qualidade da infraestrutura (pavimento) e no nível de serviço (capacidade).

O desenvolvimento do trabalho para atingir os vários objetivos estabelecidos baseou-se em informação sobre dados de tráfego fornecida por empresas de gestão da rede principal de estradas em Portugal Continental.

O estudo realizado na presente dissertação foi dividido em duas fases principais:

- (i) Numa primeira fase, efetuou-se o tratamento e processamento da informação fornecida pelas entidades a operar na rede principal de estradas nacionais, criando-se uma nova base de dados no *Microsoft® Office Excel*.
- (ii) Numa segunda fase, procedeu-se à análise de toda a informação com a finalidade de estudar a preponderância de tráfego pesado nos diferentes tipos de itinerários, a afetação de tráfego em percursos alternativos e a influência do fluxo de tráfego na qualidade do pavimento e na capacidade de uma estrada de duas vias.

1.3 Estrutura

A presente dissertação encontra-se dividida em 5 capítulos, complementados por 5 anexos.

No presente capítulo – Capítulo 1 – é realizado um breve enquadramento do tema da dissertação. Neste capítulo são ainda apresentados os objetivos, a metodologia e a estrutura da dissertação.

No Capítulo 2 procede-se à revisão atual da literatura sobre os sistemas de deteção e contagem de veículos no âmbito do ITS. É apresentada, primeiramente, uma breve introdução sobre a importância e aplicabilidade de ITS nas infraestruturas rodoviárias. Seguidamente, é feita uma revisão sobre os sistemas de deteção de veículos utilizados atualmente, subdivididos em sistemas intrusivos e não intrusivos ao pavimento. Para cada um deles, descreve-se o funcionamento, as vantagens e as

desvantagens. Em complemento, são apresentadas algumas das tendências futuras de sistemas de deteção de veículos que estão a ser desenvolvidas. Aborda-se ainda o conceito de contagem de veículos, enfatizando-se a sua importância para o planeamento, controlo, gestão e segurança do tráfego rodoviário.

No Capítulo 3 são caracterizados os itinerários considerados para a análise desta dissertação. É descrita, de forma sucinta, a evolução do plano rodoviário nacional e consequente desenvolvimento da hierarquia da rede nacional de estradas. Posteriormente, são apresentados os diversos itinerários e respetiva informação de tráfego (ligeiro e pesado) fornecida pela Infraestruturas de Portugal (IP), Ascendi e Euroscut - Sociedade Concessionária da SCUT do Algarve S.A., que foram objeto de análise no trabalho.

No Capítulo 4 é feita a análise da informação recolhida sobre o tráfego. Primeiramente, procedeu-se à caracterização do número de veículos pesados em circulação em cada tipo de itinerário. Seguidamente, analisou-se a afetação do tráfego de veículos em itinerários alternativos para a mesma rota. A terceira análise pretendeu averiguar a influência do volume de tráfego de veículos pesados nas condições do pavimento. Na quarta e última análise, foi realizada a avaliação das consequências do volume de tráfego pesado no nível de serviço de uma estrada nacional com duas vias.

No Capítulo 5 são apresentadas as principais conclusões, assim como propostas para desenvolvimentos futuros.

No que diz respeito aos anexos, o Anexo A apresenta volumes de tráfego de veículos total, ligeiros e pesados e a variação do tráfego ao longo do tempo analisado para os 6 itinerários considerados. No Anexo B apresentam-se os valores dos indicadores de estado do pavimento entre 2012 e 2018 para as diferentes secções consideradas dos itinerários IP_1, IC_1 e EN_1. Em relação ao Anexo C, é apresentada a evolução estrutural do pavimento nas diferentes secções consideradas dos itinerários IP_1, IC_1 e EN_1. No Anexo D são apresentadas as diversas análises efetuadas para o estudo da capacidade numa estrada de 2 vias. Por fim, no Anexo Confidencial apresenta-se a correspondência dos itinerários reais *versus* itinerários fictícios e a respetiva localização¹.

¹ Para eventual consulta, contactar o autor.

2 ITS e sistemas de deteção e contagem de veículos

2.1 Sistemas inteligentes de transportes

Atualmente e cada vez mais, os ITS têm uma importância significativa na obtenção e manutenção de uma mobilidade sustentável, sendo esta fundamental para a competitividade da sociedade moderna.

Os ITS surgiram em meados dos anos 30, com o objetivo de encontrar formas de aumentar a eficiência e eficácia dos transportes e reduzir o impacto ambiental devido ao aumento de tráfego nas áreas metropolitanas, tendo sofrido uma evolução inicial lenta devido ao facto da tecnologia disponível não permitir a implementação de soluções que iam sendo projetadas, no sentido de dar resposta às necessidades [2]. A sua aplicação vai desde a criação de sistemas de gestão de tráfego, de transportes públicos e de informação aos viajantes, até a aplicações de deteção automáticas de incidentes e sistemas cooperativos de *vehicle to infrastructure* (V2I) e *vehicle to vehicle* (V2V) [3].

O conceito de ITS é relativamente recente, tendo sido definido a 7 de julho de 2010, pela diretiva da União Europeia 2010/40/EU [4], como sistemas em que as tecnologias de informação e comunicação são aplicadas no campo do transporte rodoviário, incluindo a infraestrutura, veículos e utilizadores na gestão do tráfego e da mobilidade, bem como nas interfaces com outros modos de transporte.

Deste modo, estes sistemas dependem de diferentes tecnologias e dispositivos, tais como [5]: (i) detetores de veículos; (ii) painéis de mensagens variáveis; (iii) sistemas de vídeo vigilância (CCTV); e (iv) redes de telecomunicações. A utilização destas tecnologias e dispositivos conduz à melhor obtenção de informação e à maior fluidez do tráfego, o que conduz à maior previsibilidade na determinação da duração dos trajetos realizados pelos condutores, reduzindo o seu nervosismo e permitindo melhor coordenação entre os viajantes e os que aguardam a sua chegada. A redução do congestionamento implicará a redução do consumo de recursos naturais, através da utilização mais eficiente do combustível, diminuindo os custos de funcionamento e as emissões de CO₂ nocivas ao ambiente.

A utilização de tecnologias para obtenção de informação, em conjunto com as telecomunicações, o planeamento, gestão, operação e fiscalização dos transportes urbanos, tem-se mostrado uma solução viável em termos de custo/eficiência, além de introduzir uma contribuição significativa no desempenho ao nível da sustentabilidade no setor dos transportes.

Neste capítulo apresentam-se em maior detalhe os sistemas de deteção de veículos, também associados à contagem de veículos, que permitem obter informação do tráfego. É de realçar que o presente estudo incidiu sobre estradas associadas a itinerários interurbanos da rede rodoviária nacional, onde não se tem observado uma implementação significativa de soluções inovadoras, ao contrário do que se verifica nas zonas urbanas [6] [7].

2.2 Sistemas de detecção de veículos

2.2.1 Generalidades

Os sistemas de detecção de veículos são essenciais para o processo de recolha de dados rodoviários, onde cada sistema pode envolver um número variado de sensores, permitindo a recolha de diversos tipos de medidas, tais como, ocupação, quantidade, volume e velocidade.

Estes sensores podem ser incorporados no pavimento ou instalados lateralmente à faixa de rodagem, em postes ou estruturas, e devem ser instalados em intervalos regulares ao longo da via para permitir a detecção rápida de congestionamentos e incidentes e fornecer, de forma precisa e em tempo real, o fluxo ao longo de toda a estrada.

Em seguida, apresenta-se uma revisão bibliográfica sobre os sistemas de detecção de veículos existentes. Indica-se o seu modo de funcionamento e as principais vantagens e desvantagens, tendo-se procedido à separação entre os dois tipos de instalações permanentes possíveis: (i) instalação à superfície do pavimento da faixa de tráfego (sistemas intrusivos ao pavimento); e (ii) instalação a um nível superior ou lateralmente à faixa de rodagem (sistemas não intrusivos ao pavimento).

Os sistemas intrusivos ao pavimento são aqueles que consistem na instalação de sensores diretamente no pavimento. Por essa razão, no processo de instalação ou manutenção do equipamento, são provocados danos no pavimento e existe a necessidade de interromper a circulação do tráfego na via.

Por forma a responder aos constrangimentos de segurança associados aos sistemas intrusivos, a evolução tecnológica permitiu o desenvolvimento de sistemas não intrusivos que são instalados sobre ou ao lado da via. Apesar de normalmente serem mais caros, não prejudicam o tráfego local durante a sua instalação ou manutenção. No entanto, este tipo de sistemas também se encontra mais suscetível a sofrer ataques de vandalismo e danos devido à sua maior visibilidade.

2.2.2 Sistemas intrusivos ao pavimento

a) Tubo pneumático

Os sensores de tubo pneumático utilizam a pressão exercida pelos eixos de um veículo sobre o tubo de borracha para detetar a sua presença [8]. Esta pressão exercida leva ao encerramento de uma válvula, produzindo um sinal elétrico que é enviado através de circuito de condicionamento para um contador ou *software* de análise [9] [10].

Este sensor é colocado perpendicularmente à direção do fluxo de tráfego e é geralmente utilizado para a contagem de veículos e respetiva classificação através da contagem do número de eixos e do espaçamento entre os mesmos. Tem como principal objetivo o fornecimento de dados para o planeamento, estudos e pesquisas.

A simplicidade associada ao custo reduzido, fizeram com que este sistema fosse utilizado durante mais de oito décadas [9] [11].

As principais vantagens da utilização do tubo pneumático são [8] [10]:

- Instalação rápida.
- Instalação para uso permanente ou temporário.
- Consumo de energia por tempo de uso reduzido.
- Custo baixo e manutenção simples.
- Fornecimento por parte dos fabricantes do *software* destinado à análise dos dados capturados.

Em relação às desvantagens apresentadas por este tipo de sensores, podem ser identificadas as seguintes [8] [10]:

- Sensibilidade à temperatura.
- Suscetibilidade ao vandalismo (os tubos do sensor podem ser cortados).
- Desgaste do tubo à passagem de veículos pesados.
- Baixa fiabilidade na contagem de eixos quando o volume de veículos pesados é elevado.

b) Sensores piezoelétricos

Um material piezoelétrico é um material capaz de converter energia cinética em energia elétrica. Os sensores piezoelétricos geram um campo elétrico proporcional à pressão exercida quando submetidos a uma força mecânica. Isso faz com que este tipo de sensores seja adequado para aplicações de classificação baseadas no peso em movimento e no eixo do veículo [8].

Os materiais piezoelétricos mais utilizados são os monocristais, como o quartzo, o gálio ortofosfato ou a turmalina, os materiais cerâmicos obtidos a partir de misturas de pó dos monocristais e os polímeros piezoelétricos [12].

As vantagens na utilização dos sensores piezoelétricos podem ser [8]:

- Diferenciam eixos individuais com grande precisão.
- Classificam os veículos com base no seu peso por eixo.
- Não necessitam de fonte externa.
- São fáceis de utilizar.
- São bastante fiáveis.

Como principais desvantagens, são consideradas as seguintes [8]:

- Não são úteis para medir pressões estáticas.
- Necessitam de cabos de alta impedância e amplificadores de sinal.
- São sensíveis à temperatura do pavimento e à velocidade do veículo.
- A sua precisão depende do estado e da regularidade do pavimento.

c) Sensores magnéticos

Os sensores magnéticos são dispositivos passivos que indicam a presença de um objeto metálico por meio da variação ou perturbação no campo magnético da Terra aquando da presença do referido objeto

[13]. A anomalia magnética é produzida pelos dipolos magnéticos que existem em qualquer veículo de metal quando ele entra na zona de detecção do equipamento que mede o campo magnético (magnetómetro), ou seja, esta anomalia é causada pela distorção induzida no campo magnético da Terra, sempre que um veículo passa através da zona de detecção do sensor magnético [14]. Estes sensores estão conectados a um circuito elétrico que armazena os dados que depois vão ser analisados, sendo adequados para medir a velocidade do veículo, classificação por comprimento e aplicações de contagem. É possível classificar estes sensores em magnetómetros de indução e magnetómetros de eixo duplo [13] [15].

Os magnetómetros de indução medem as alterações nas linhas de fluxo magnético provocadas pela modificação nos valores do campo produzidos por veículos em movimento, não permitindo detetar veículos parados na via, mas apenas detetar veículos com velocidade aproximadamente acima de 16 km/h.

No caso dos magnetómetros de eixo duplo, estes permitem identificar alterações nos componentes horizontais e verticais do campo magnético terrestre, provocado pela passagem de um veículo, podendo ser utilizados para detetar veículos parados ou em movimento.

As vantagens que os sensores magnéticos apresentam são as seguintes [13]:

- Facilidade de instalação.
- Insensíveis às condições climáticas.
- Podem ser instalados sob a estrada (não intrusivos).
- Podem ser instalados em pontes e viadutos.

As principais desvantagens apresentadas pelos sensores magnéticos são [13]:

- A instalação pode provocar danos no pavimento.
- Geralmente não detetam veículos parados.
- Alguns sensores possuem pequenas zonas de detecção.

d) Sensores de laço indutivo

Este tipo de sensores são provavelmente os mais utilizados para recolher dados sobre veículos para aplicações de ITS. Os sensores de laço indutivo são formados por uma bobina, composta por voltas de um cabo isolado que é posteriormente enrolado e possui uma indutância que, ao variar, regista a passagem de veículos [16].

De forma mais pormenorizada, o seu funcionamento baseia-se na diminuição da indutância do laço após a passagem de um veículo. Essa diminuição faz com que a frequência e oscilação do excitador do laço aumente e essa variação na frequência de oscilação leva a que o circuito de detecção do laço indutivo envie um sinal para a estação de controle, indicando a presença ou passagem de um veículo [16]. A Figura 2.1 ilustra um exemplo do correto posicionamento na estrada dos sensores de laço indutivo.



Figura 2.1 - Sensores de laço indutivo [17]

Fazendo uma análise dos seus principais benefícios, os sensores de laço indutivo apresentam [10] [13] [18]:

- Boa relação custo/benefício.
- Boa sensibilidade do sensor.
- Vida útil elevada.

Os principais problemas que este tipo de sensores apresenta são [10] [13] [18]:

- Instalação requer cortes no pavimento e a interrupção do tráfego.
- Difícil instalação em caso de tráfego elevado.
- Baixa sensibilidade para deteção de motociclos.
- A variação de indutância depende das dimensões da bobina e da extensão do veículo, exigindo mais de uma estrutura de laço indutivo para detetar uma frota heterogénea.

e) Sensores de fibra ótica

Os sensores de fibra ótica utilizam propriedades que podem ser medidas pela luz com a finalidade de avaliar parâmetros desejados, como tensão, pressão, temperatura, entre outros [19].

O seu funcionamento tem como base o princípio de que a luz de um laser (ou qualquer fonte superluminescente) é transmitida por uma fibra ótica que sofre alterações nos seus parâmetros, sendo que, esta mesma fonte de luz, é transmitida para um detetor que mede essas alterações [9].

Os principais aspetos positivos a considerar na utilização dos sistemas de fibra ótica são [9]:

- Reduzido custo do sensor.
- Alta precisão.
- Resistência a altas temperaturas.
- Imunidade a interferência eletromagnética.

Em contrapartida, os principais aspetos negativos a considerar são [16]:

- Instalação provoca danos no pavimento.
- Vida útil limitada.

2.2.3 Sistemas não intrusivos ao pavimento

a) Imagens de vídeo

Os sistemas de deteção por imagem de vídeo consistem na utilização de uma ou mais câmaras, um computador para digitalização e processamento de imagens e um *software* para interpretação e conversão das imagens em dados de fluxo de tráfego [8].

Este sistema é utilizado para fiscalização e controlo de tráfego, tendo, por isso, como principal objetivo recolher dados relativos à contagem e classificação de veículos, velocidade, ocupação, volume, densidade, mudança de via, classificação, entre outros. É de destacar que a utilização de sistemas de imagem de vídeo nas áreas urbanas é aplicada como instrumento de monitorização das condições de tráfego e de gestão de incidentes, como se pode observar, por exemplo, na Figura 2.2.

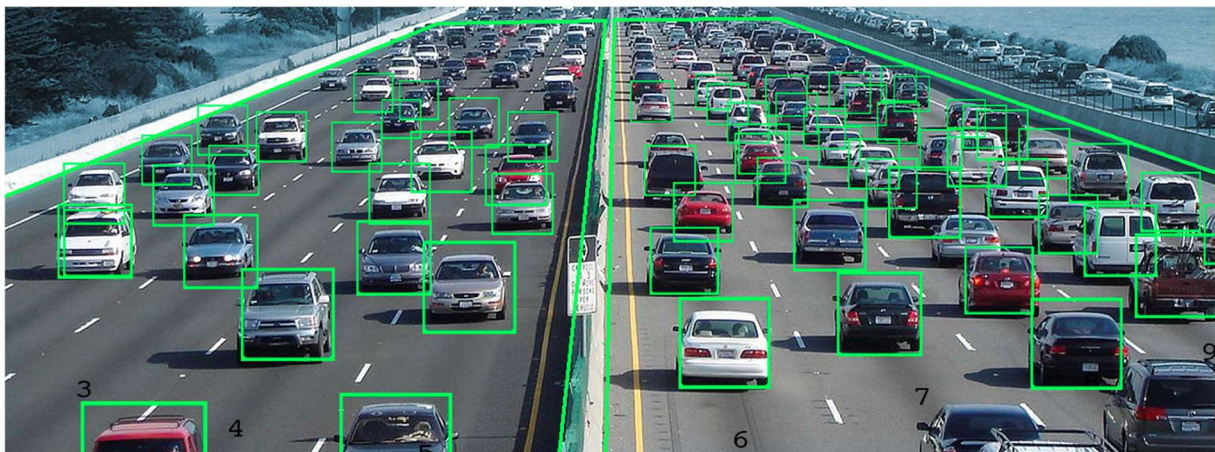


Figura 2.2 - Sistema de vídeo para deteção de veículos [20]

Este tipo de equipamento apresenta como principais aspetos positivos [8] [10] [13]:

- Elevada fiabilidade e precisão dos dados.
- Suporta elevadas horas de gravação.
- Possibilidade de registar vários dados de tráfego, a título de exemplo.
- Possibilidade de abranger múltiplas vias de tráfego.

No que diz respeito aos inconvenientes destes equipamentos, os principais são os seguintes [8] [10] [13]:

- Influenciáveis pelas condições climáticas, sombras e reflexos da superfície da estrada e/ou veículos.
- Suscetíveis à ação do vento e/ou vibrações.

- Necessidade de iluminação pública para recolha de dados fiáveis durante a noite.

b) Sensores de infravermelhos

Os sensores de infravermelhos são sistemas que podem ser instalados sobre ou ao lado da via, permitindo a deteção de veículos na proximidade.

Este tipo de sensores deteta radiação num intervalo de frequência de 100 a 105 GHz, transformando a energia recebida através dessa radiação em sinais elétricos, o que torna possível a deteção da presença de veículos [21].

Os sensores de infravermelho podem ser de dois tipos [10]:

- (i) Os sensores do tipo ativo utilizam díodo laser para emitir energia com frequência no intervalo do espectro eletromagnético do infravermelho para uma área específica do pavimento. Ao ser refletida, parte da energia retorna para o sensor, tornando possível a deteção através da medição do tempo de retorno do sinal emitido.
- (ii) Os sensores do tipo passivo comparam a energia infravermelho medida na via na presença de veículos, com a energia medida com a via vazia. Dessa forma, o sensor passivo pode detetar a presença de veículos sem emitir infravermelho.

Em relação aos principais benefícios, os sensores de infravermelho apresentam [8] [10] [13]:

- Instalação sem modificações do pavimento.
- Transmissão com vários feixes de energia para determinar com maior precisão a posição, a velocidade e a classificação do veículo (no caso do sensor ativo).
- Deteção de veículos em estradas com múltiplas vias, caso o sensor seja instalado ao lado da estrada.

No que diz respeito aos problemas que apresentam, é de destacar [8] [10] [13]:

- Sinais indesejados provocados pela luz do sol.
- Interferência de forma negativa no funcionamento do sensor por parte das adversidades climáticas.

c) Sensores de micro-ondas

Os detetores de micro-ondas, tal como o nome indica, transmitem radiação de micro-ondas de baixa energia sobre uma área de pavimento a partir de uma antena e analisam o sinal que é refletido para o detetor (Figura 2.3).

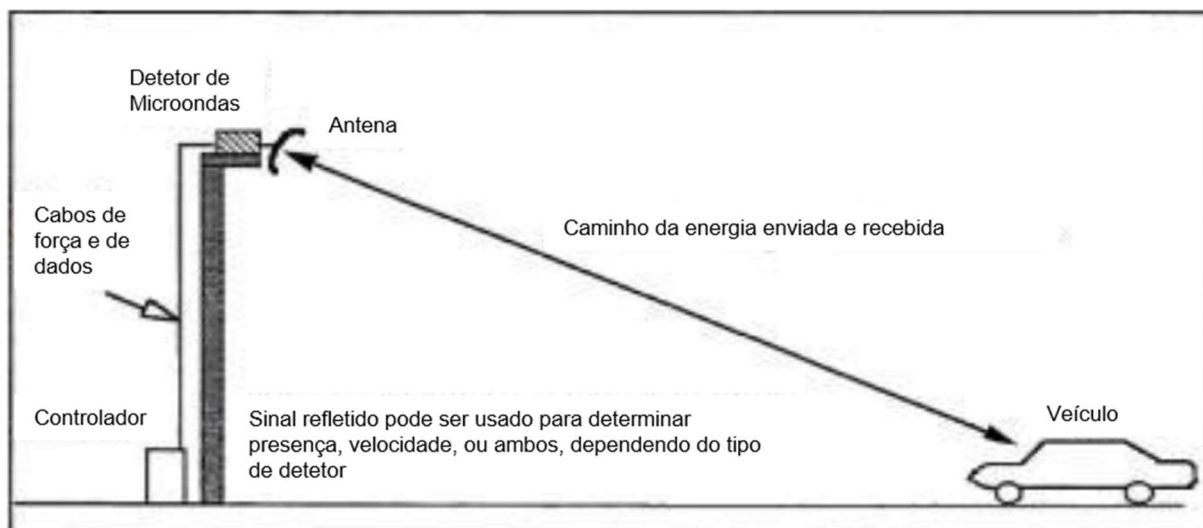


Figura 2.3 - Esquema do sistema de detecção através de sensores de micro-ondas (Adaptado de [15])

Existem dois tipos de sistemas baseados nos sensores de micro-ondas:

- (i) Os sistemas de radar de onda contínua (*Doppler*) que identificam a presença de um veículo em função do movimento relativo de uma fonte sonora e do seu recetor, provocando uma mudança na frequência recebida de volta. São também capazes de detetar a velocidade de um veículo.
- (ii) Os sistemas de radar em frequência modelada (FMCW Radar) que utilizam um sinal de frequência modelada para determinar o atraso de tempo da onda refletida, obtendo, desta forma, a distância a que se encontra o veículo. Como tal, para além de medir velocidade, pode ser utilizado para monitorizar filas e ocupação.

No que diz respeito aos principais benefícios que apresentam, é de destacar [10] [13] [22] [23]:

- Estrutura leve e compacta.
- Insensíveis às condições climáticas severas.
- Baixo consumo de energia.
- Medição instantânea da velocidade de veículos.
- Capacidade de monitorização de múltiplas vias de tráfego.

Em contrapartida, os principais problemas que este tipo de sensores apresentam são [10] [13] [22] [23]:

- A largura de banda da antena e a forma de onda transmitida devem ser adequadas para a aplicação.
- Os Sensores *Doppler* não detetam veículos parados.

d) Sensores de ultrassons

Os sensores de ultrassons funcionam através da transmissão de ondas de pressão de energia sonora acima da frequência audível pelo ser humano [8]. Os sons transmitidos são refletidos no pavimento ou no veículo, captados pelo recetor e processados com o objetivo de fornecer dados de passagem e de

presença de veículos [13]. Como pode ser observado na Figura 2.4, os sensores de ultrassons podem ser instalados sobre ou à margem da faixa de rodagem.

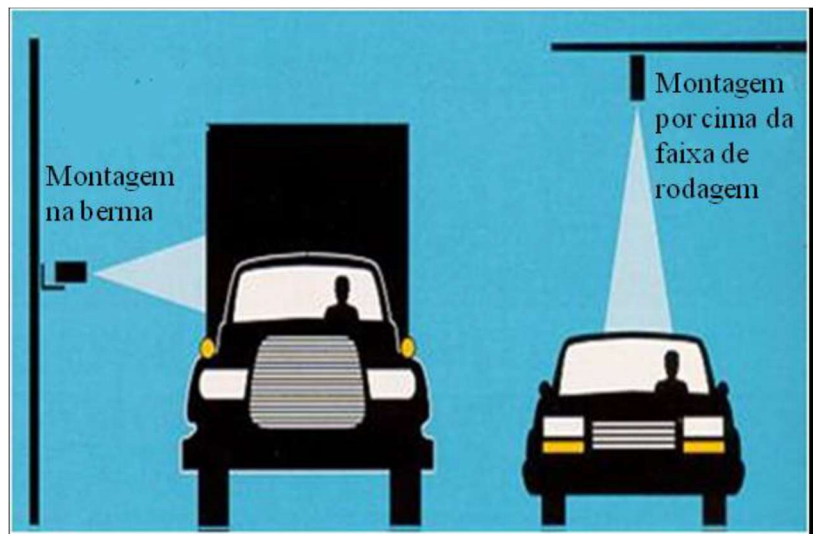


Figura 2.4 - Instalação de sensores de ultrassons [15]

No que diz respeito às vantagens apresentadas pelos sensores de ultrassons, é de salientar [8] [10] [13]:

- Não são afetados pela cor ou refletividade dos veículos.
- Fiáveis em ambientes de alto brilho.
- Bom desempenho em ambientes húmidos.
- Possibilidade de operação em casos de múltiplas vias.

Em relação às suas principais desvantagens [8] [10] [13]:

- Funcionamento afetado pela flutuação da temperatura ou vento.
- Desempenho prejudicado por ruídos de alta frequência.

e) Sensores acústicos passivos

Os sensores acústicos efetuam a medição física das alterações de energia do som irradiado pela faixa de rodagem quando um veículo entra na sua área de deteção. É verificado o aumento da energia do som quando um veículo é detetado, gerando-se automaticamente um sinal indicador da sua presença e, quando o veículo deixa a zona de deteção, o nível de som diminui e o sinal de presença do veículo termina [10] [24].

Este tipo de sensores consiste num conjunto de microfones dirigidos para a corrente de tráfego que detetam o ruído gerado pela interação dos rodados com o pavimento, pelos ventos gerados por parte dos veículos que passam nas vias de circulação ou pelo funcionamento do motor dos veículos que se aproximam do detetor. Através da utilização dos sensores acústicos é possível medir o volume, a presença e a velocidade dos veículos [11] [24].

É importante referir que o ruído gerado pelo contato do rodado com a superfície do pavimento é o mecanismo primário através do qual os veículos a elevada velocidade são detetados e, no caso de veículos a baixa velocidade, a fonte primária para a deteção de veículos é o ruído do motor [11] [24].

Em relação aos principais benefícios apresentados pelos sensores acústicos passivos, destacam-se [10] [13] [25]:

- Instalação sem modificações do pavimento.
- Insensibilidade à presença de chuva.

Em contrapartida, as principais desvantagens que apresentam são [10] [13] [16]:

- Precisão da medição afetada por temperaturas baixas.
- Alguns modelos não são recomendados para tráfego lento ou parado.

2.2.4 Tendências futuras de sistemas de deteção de veículos

a) Sensores *wireless*

Os sensores *wireless* para a deteção de veículos utilizam sensores magnéticos com o objetivo de realizar a medição do campo magnético natural da Terra e detetar desvios dessa referência quando um veículo passa por cima dos mesmos. O sensor comunica via *wireless* utilizando um protocolo exclusivo de rádio e permite obter informação relativa a volume, velocidade, ocupação, entre outros [26].

Na Figura 2.5 é possível observar um esquema da aplicação e modo de funcionamento deste tipo de tecnologia.

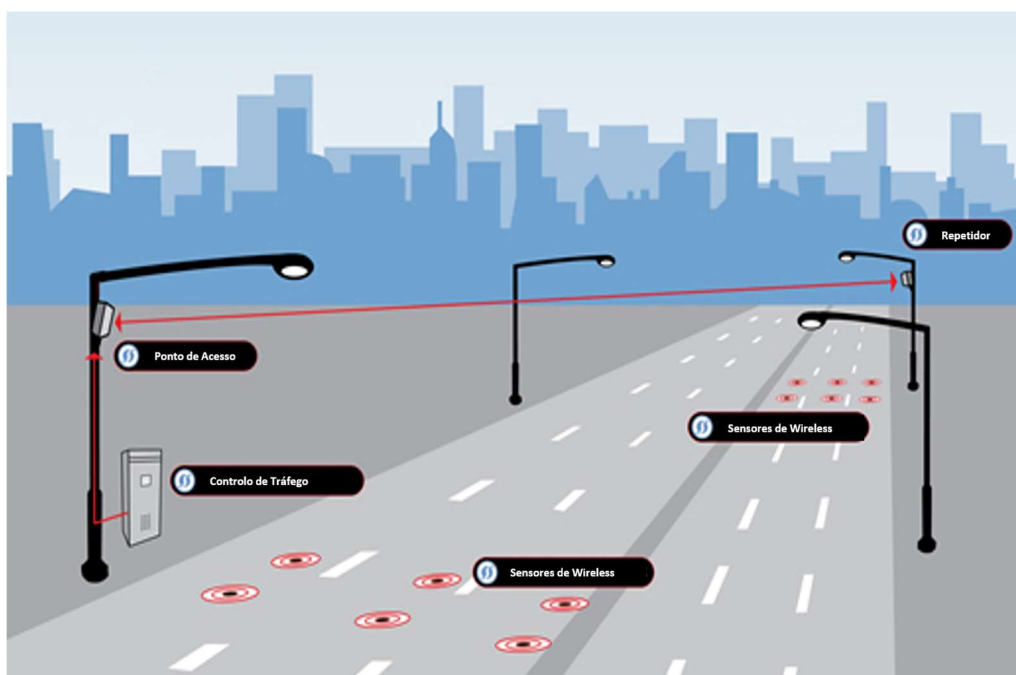


Figura 2.5 - Esquema representativo do sistema de deteção de veículos via *wireless* (Adaptado de [27])

No que diz respeito aos principais benefícios da utilização dos sensores *wireless* [26], salienta-se, em primeiro lugar, o facto de apresentarem tamanho reduzido e de não necessitarem de fios para efetuar a comunicação dos dados recolhidos. De facto, não é necessário executar grandes ranhuras no pavimento para a colocação dos fios que ligam os sensores à estação de recolha de dados, reduzindo, desta forma, o tempo necessário de instalação e, conseqüentemente, o congestionamento ou mesmo a interrupção do tráfego durante a sua instalação. Como tal, este tipo de sensores apresenta um custo mais baixo e instalação mais rápida, exigindo uma menor manutenção do que os sensores tradicionais (*loops* indutivos). Os custos associados à infraestruturas também podem ser reduzidos, pois é possível alojar diversas estações externas num único gabinete para um número maior de locais de deteção. Também é de salientar que os sensores *wireless* são completamente autónomos, contendo a sua própria bateria, o que permite uma vida útil do sistema maior e um melhor desempenho contínuo por vários anos.

b) Sensores *Bluetooth*

Os sensores *Bluetooth* detetam, encriptam e armazenam o endereço MAC (código de identificação exclusivo) de veículos e dispositivos transportados ou utilizados por peões. É então possível, através da combinação dos endereços MAC entre os sensores, construir uma compreensão profunda das características da viagem entre a origem e o destino, tempos e padrões repetidos de viagem [28].

No que diz respeito ao seu funcionamento, à medida que os veículos que têm incorporado o sistema de *Bluetooth* ou os dispositivos móveis pertencentes aos passageiros se movem pelo raio de deteção do sensor (cerca de 50 metros), este identifica o seu respetivo endereço MAC [29]. Os subsequentes tempos de deteções determinam o tempo de viagem entre a distância conhecida de detetores consecutivos. O sistema de tratamento de dados calcula, a partir da informação recolhida pelos detetores, o tempo/velocidade de deslocamento dos veículos na distância conhecida entre detetores, sendo assim possível fazer a análise do tráfego na rede rodoviária [28].

Na Figura 2.6 observa-se um esquema da aplicação e modo de funcionamento deste tipo de tecnologia.

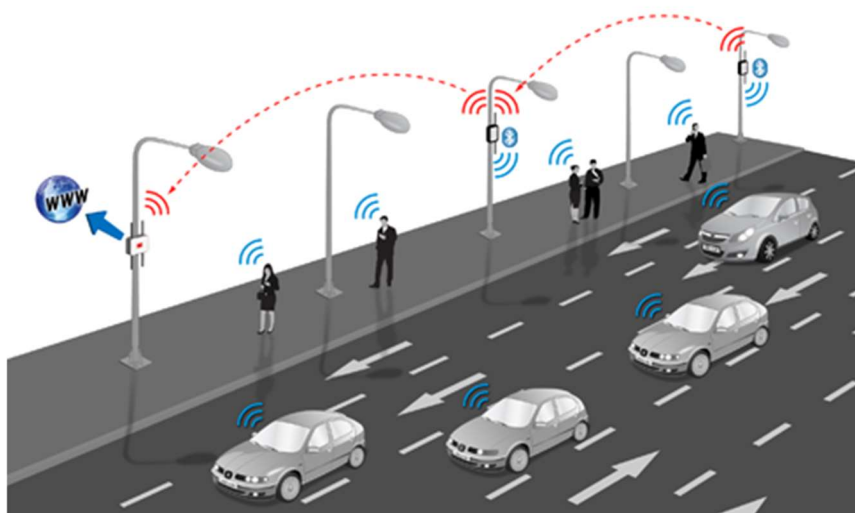


Figura 2.6 - Esquema representativo do sistema de deteção via *Bluetooth* (Adaptado de [30])

No que diz respeito às principais vantagens que este tipo de sensores apresenta, muitas delas são semelhantes às apresentadas pelos sensores *wireless*. Este tipo de sensores apresenta uma tecnologia não intrusiva, ou seja, não são necessárias ranhuras no pavimento para a sua colocação. Apresentam uma instalação fácil e rápida, possibilitando a disponibilidade de informação a baixo custo. Por fim, é de salientar que este tipo de tecnologia possibilita a deteção de veículos em várias vias em simultâneo [28].

2.3 Contagem de veículos

Com o crescimento significativo das sociedades e a mudança constante dos seus padrões de mobilidade, é necessário realizar estudos detalhados que visam, entre outros objetivos: compreender as condições de tráfego existentes e previsíveis; melhorar as condições das infraestruturas existentes; e efetuar o correto dimensionamento de toda a rede rodoviária. Por conseguinte, os estudos de tráfego apresentam uma elevada importância e são um dos principais instrumentos da engenharia de tráfego que permitem agir em diversas áreas. Destacam-se os casos do planeamento e projeto de infraestruturas de transportes, da gestão e controlo de tráfego e da segurança rodoviária.

Nos estudos de tráfego é desejável obter a máxima quantidade de informação possível, através de uma recolha de dados conveniente e eficaz. Essa obtenção pode ser feita através de sistemas de contagem manuais ou automáticos realizados em diferentes locais ao longo da rede.

As contagens de veículos são uma ferramenta fundamental para o controlo e gestão de tráfego, medindo o número de veículos que atravessam um ponto ou um posto de medição (no caso das contagens automáticas) durante um certo período de tempo [31]. Através desta contagem, é possível determinar diferentes características de tráfego, tais como o tráfego médio diário (TMD), o tráfego médio diário mensal (TMDM), o tráfego médio diário anual (TMDA), entre outras.

Em relação às contagens manuais, é importante referir que são realizadas no local por observadores, sendo esta a técnica de contagem mais simples, pois não exige a utilização de qualquer tipo de equipamento de deteção. Pode ser considerada como benéfica a possibilidade de contar com a capacidade humana de observação, no caso de ser necessário determinar a ocupação dos veículos ligeiros, ou no caso da própria contagem requerer que a trajetória dos veículos seja seguida (caso dos movimentos direcionais nos cruzamentos). Caso os volumes de tráfego e/ou o período de observação sejam elevados, a contagem manual não é recomendável pelos elevados recursos humanos e financeiros necessários.

Relativamente às contagens automáticas, estas requerem a instalação de equipamentos de deteção no terreno, o que pode conduzir à interrupção do tráfego. Estas são especialmente recomendadas para contagens com períodos de tempo de observação elevados que justifiquem o custo da sua aquisição, instalação e manutenção. De uma forma geral, a precisão dos resultados obtidos com os contadores automáticos é boa, sendo simples o tratamento da informação recolhida através de *softwares* de análise de dados. Estes sistemas de contagem baseiam-se na deteção de veículos, utilizando diferentes tipos de sensores e podem efetuar a contagem tanto da passagem dos veículos, como do número de eixos.

Os sistemas de contagem de veículos podem ser de três tipos [11]:

- (i) **Contagem global** – cálculo do número de veículos que circulam numa secção de via, independentemente do seu sentido, dividindo-os geralmente pelas diversas classes. É utilizada, por exemplo, para a determinação do tráfego médio diário, determinação de tendências de tráfego e criação de mapas de fluxo.
- (ii) **Contagem direcional** – cálculo do número de veículos por sentido de fluxo de tráfego. É utilizada para cálculos de capacidade, determinação de tempos de ciclo de semáforos, estudos de acidentes, entre outros.
- (iii) **Contagem por classes** – cálculo dos volumes de veículos para as diferentes classes. É utilizada para o dimensionamento estrutural dos pavimentos e projeto geométrico das estradas, cálculo da capacidade, entre outros.

Em conclusão, dependendo da finalidade pretendida, as contagens manuais e automáticas possibilitam a obtenção de volumes de tráfego que circulam nas várias secções de tráfego, a classe dos veículos que circulam, os tempos de viagem, os locais onde se concentram um maior número de acidentes, os itinerários mais solicitados e os locais de origem e destino do tráfego, sendo assim possível determinar as tendências do transporte de passageiros e de mercadorias [32]. Com o conhecimento da informação do tráfego real e de um modelo de geração e distribuição desse mesmo tráfego, é exequível a obtenção do prognóstico da procura de tráfego no futuro, o que representa um aspeto essencial no planeamento da rede [33].

2.4 Considerações finais

Neste capítulo apresentaram-se os sistemas de deteção de veículos existentes, bem como algumas das novas tendências futuras a serem desenvolvidas, e a sua importância para a obtenção da informação relativa a fluxos de tráfego de veículos.

Através da revisão bibliográfica efetuada, pretendeu-se salientar a importância do conhecimento do tráfego de veículos na rede rodoviária, possibilitando assim a caracterização das correntes de tráfego formadas por conjuntos de veículos, numa determinada secção e período de tempo padrão. Com a utilização de forma correta dos sistemas de deteção, é possível formar uma rede de recolha de dados de tráfego que opere de forma eficiente e que gere dados fidedignos, cuja análise e tratamento, gerará resultados com erros aceitáveis.

No que diz respeito às novas tendências, é de referir que novos tipos de sensores estão a ganhar maior importância no campo da deteção de veículos, à medida que a complexidade das alternativas de transportes integradas aumenta. Este crescimento é esperado que continue à medida que vão surgindo novas soluções inteligentes de comunicação V2V e V2I. Esta situação, associada ao aumento da eficiência proporcionada, possibilitará um aumento no fornecimento de informação aos gestores de tráfego e impulsionará a adoção destas novas tecnologias no mercado dos transportes. Desta forma, os gestores de tráfego poderão concentrar-se mais no valor e aplicação dos dados e consumir menos tempo em deslocações até aos locais de recolha de informação.

3 Seleção dos itinerários e informação do tráfego

3.1 Considerações iniciais

No âmbito dos sistemas de contagem de tráfego implementados na rede rodoviária nacional do continente, procedeu-se à seleção de itinerários interurbanos para análise das características do tráfego em circulação nos anos mais recentes, nomeadamente em relação à afetação do tráfego de veículos ligeiros e pesados, e as suas implicações na capacidade e qualidade dessas mesmas vias. Sabendo que as características da rede rodoviária, nomeadamente da rede interurbana, são muito diversas e de elevada complexidade, bem como do tráfego circulante, o processo de seleção dos itinerários interurbanos a estudar na presente dissertação teve em conta os seguintes critérios principais:

- (i) Itinerários com sistemas automáticos de contagem implementados e disponibilidade da informação (contagens de veículos ligeiros e pesados).
- (ii) Itinerários de diferentes categorias das redes nacionais fundamental, complementar e de autoestradas, assim como estradas nacionais.
- (iii) Itinerários comparáveis e associados a rotas comuns.

Neste processo de seleção e recolha de informação foram consultadas a empresa IP e as concessionárias Ascendi e Euroscut - Sociedade Concessionária da SCUT do Algarve S.A., para tentar obter dados sobre contagens de veículos em diversos itinerários sob a sua tutela.

A IP é a empresa pública que surgiu da fusão entre a Rede Ferroviária Nacional (REFER) e a Estradas de Portugal (EP) em junho de 2015. Esta empresa faz a gestão das infraestruturas rodoviárias e ferroviárias nacionais, tendo como único acionista o Estado Português.

A Ascendi e a Euroscut são empresas especialmente orientadas para a gestão de ativos e para a prestação de serviços de operação e manutenção de infraestruturas rodoviárias.

As três entidades procedem, de forma geral, à contagem automática e sistemática de veículos através de sensores de laço indutivo instalados no pavimento e localizados em diferentes secções dos itinerários.

Atendendo a que informação sobre os volumes de tráfego dos itinerários selecionados foi fornecida em formatos muito diversos, procedeu-se ao prévio processamento de toda a informação e à criação de uma base de dados em *Microsoft® Office Excel*. Neste capítulo são apresentados os itinerários selecionados para análise, bem como se procede à descrição do tráfego de veículos ligeiros e pesados nesses itinerários no período de 2012 a 2017.

3.2 Rede rodoviária nacional e seleção dos itinerários

Para uma melhor compreensão da rede rodoviária nacional e para ser possível estabelecer uma harmoniosa política de ordenamento do território, é fundamental definir o modo como se encontra

organizada a rede nacional de estradas. Um Plano Rodoviário Nacional (PRN) serve de instrumento regulador das infraestruturas rodoviárias nacionais com o objetivo de otimizar as condições de ocupação do solo e do ordenamento do território, sempre tendo em vista a minimização dos impactos ambientais, o interesse público e o das populações em particular [34].

O primeiro PRN em Portugal foi criado em 1945, tendo em vista reduzir as falhas existentes na rede de estradas, considerando novas características técnicas e hierarquizando a rede rodoviária em 3 classes (1ª, 2ª e 3ª classe) e estabelecendo as larguras mínimas da plataforma para cada uma das classes [34].

Em 1985 foi publicado o segundo PRN para ser capaz de responder à elevada expansão e desenvolvimento tecnológico do automóvel e às novas técnicas de desenvolvimento com base em previsões de tráfego que se difundiram nos anos sessenta. Neste plano manteve-se a mesma hierarquização do primeiro PRN em 3 classes.

O último plano a ser desenvolvido até aos dias de hoje é vulgarmente conhecido por PRN2000. Foi criado em 1998 com a finalidade de dar resposta ao desenvolvimento socioeconómico resultante da adesão de Portugal à União Europeia. Neste plano foi estabelecida uma nova hierarquia da rede, sendo considerados os seguintes níveis [35]:

- (i) Rede Nacional Fundamental, constituída pelos itinerários principais (IP) que garantem a ligação entre centros urbanos de influência supradistrital e entre estes centros com os principais portos, aeroportos e fronteiras.
- (ii) Rede Nacional Complementar, constituída pelos itinerários complementares (IC) e pelas estradas nacionais (EN), que estabelecem a ligação entre os centros urbanos de influência concelhia ou supraconcelhia, mas infradistrital.

Estes dois tipos de rede definidos podem apresentar troços com diferentes tipologias, podendo ser do tipo autoestrada, via rápida ou estrada. As estradas com características de autoestrada passam a assumir um estatuto de rede própria (Rede Nacional de Autoestradas), sobreposta às Redes Fundamental e Complementar.

A Rede Rodoviária Nacional em exploração compreende, segundo dados de junho de 2016, uma extensão de cerca de 17874 km, apresentando uma elevada cobertura de todo o território nacional.

Para o desenvolvimento da dissertação, foram considerados 27 itinerários, com especial destaque para os 6 itinerários apresentados no Quadro 3.1: duas autoestradas (AE_1 e AE_2), dois itinerários principais (IP_1 e IP_2), um itinerário complementar (IC_1) e uma estrada nacional (EN_1). Por motivos de confidencialidade, a informação relativa aos nomes reais dos itinerários e respetiva localização encontra-se presente no Anexo Confidencial.

Quadro 3.1 – Caracterização dos itinerários estudados

Itinerários	Classificação	Extensão estimada (km)	Tempo de viagem estimado (min)
Itinerário AE_1	Autoestrada	13	4
Itinerário AE_2	Autoestrada	130	70
Itinerário IP_1	Itinerário Principal	50	32
Itinerário IP_2	Itinerário Principal	15	10
Itinerário IC_1	Itinerário Complementar	165	112
Itinerário EN_1	Estrada Nacional	157	165

3.3 Tratamento da informação do tráfego

Como já foi referido anteriormente, toda a informação recolhida foi fornecida pela IP, Ascendi e Euroscut, contendo, no total, contagens de veículos respeitantes a 27 itinerários.

Após a recolha, foi realizado o processamento da informação com o objetivo de criar uma base de dados única com toda a informação num só formato e uniformizando os dados disponíveis como forma a facilitar a sua correta análise.

A ferramenta adotada para o tratamento e processamento da informação foi o *Microsoft® Office Excel*. Numa fase inicial, a principal preocupação foi a uniformização de todos os dados necessários para a análise de tráfego. Tal fato ocorreu por ter-se verificado que, de empresa para empresa e de itinerário para itinerário, a informação disponibilizada encontrava-se em formatos distintos. Utilizando um exemplo, num determinado itinerário encontrava-se presente a informação relativa ao TMDM total de veículos e o TMDM de veículos ligeiros e num outro itinerário encontrava-se disponível o TMDM total de veículos e a percentagem de veículos pesados.

O período temporal analisado foi de 2014 até 2017, pois foi a partir de 2014 que se passou a utilizar sistemas automáticos de contagem de veículos. De salientar que durante este período houve uma mudança generalizada do comportamento do tráfego associado à atenuação da crise económica, ou seja, os registos de tráfego mostram que no início do período houve, na generalidade, menos volume de veículos e que, a partir de 2015/2016, a rede rodoviária passou a ser mais solicitada.

De seguida foram selecionados os itinerários mais relevantes para o desenvolvimento do presente estudo, tendo em consideração os critérios já referidos anteriormente, e desenvolveram-se estudos de tráfego a partir da informação disponibilizada, para alcançar as conclusões pretendidas na presente dissertação.

Apresenta-se nas Figura 3.1 e Figura 3.2 algumas imagens exemplificativas do trabalho desenvolvido para a elaboração da base de dados no *Microsoft® Office Excel*, tendo sido criadas *Macros* de apoio à organização e análise de toda a informação. O trabalho despendido na criação deste documento *Excel* teve também como objetivo apresentar uma solução às empresas contactadas para resolver alguns dos problemas observados na organização da informação e demonstrar o potencial da recolha das contagens de tráfego.

2014																	
			Janeiro			Fevereiro			Março			Abril			Maio		
ITIN	DAF		Ext	TMDM	%Pes	TMDM	%Pes	TMDM	%Pes	TMDM	%Pes	TMDM	%Pes	TMDM	%Pes		
4,2	3221	0,139	3419	0,149	3741	0,142	4185	11,8%	3855	13,3%							
3	3757	0,111	3943	0,119	4234	0,113	4759	9,7%	4414	10,9%							
3,6	3970	0,106	4177	0,114	4404	0,11	4955	9,0%	4501	10,4%							
3,1	8691	0,084	8993	0,09	9202	0,083	9987	6,9%	9276	7,7%							
3,8	8108	0,096	8370	0,103	8623	0,095	9329	7,4%	8628	8,3%							
9,3	7547	0,096	7808	0,101	8084	0,095	8863	7,8%	8171	8,9%							
6,7	5508	0,104	5646	0,111	5779	0,11	6340	8,8%	5927	9,8%							
3,9	4466	0,121	4620	0,127	4779	0,126	5305	10,1%	4896	11,4%							
6,4	4498	0,122	4658	0,127	4800	0,122	5334	10,0%	4914	11,3%							
5	4672	0,119	4834	0,125	4941	0,124	5427	10,0%	5018	11,3%							

2015																												
		Janeiro		Fevereiro		Março		Abril		Maio		Junho		Julho		Agosto		Setembro		Outubro		Novembro		Dezembro		TMDA		
		TMDM	Pesados	TMDM	Pesados	TMDM	Pesados	TMDM	Pesados	TMDM	Pesados	TMDM	Pesados	TMDM	Pesados	TMDM	Pesados	TMDM	Pesados	TMDM	Pesados	TMDM	Pesados	TMDM	Pesados	TMDM	Pesados	
		5447	684	5709	735	6039	821	6512	844	6755	843	7218	933	8588	1055	9791	939	7481	852	5957	819	5819	781	5672	517	6757	22509	3,2%
		19038	562	20097	604	21355	706	23020	712	22817	764	24228	844	26251	871	28434	807	25154	773	19240	657	21270	630	19083	526	22509	3,2%	
		34220	910	36729	1012	38661	1062	43117	1186	44128	1240	47129	1374	51366	1431	52602	1310	48899	1362	46086	1339	39102	1172	33204	1074	42970	2,8%	
		12566	370	13528	419	14328	440	15260	432	14944	409	17211	419	22197	436	26640	422	18389	413	14560	384	13366	364	12687	295	16332	2,5%	

2015																				
			Abril			Maio			Junho			Julho			Agosto			Sete		
LIGEIOS	PESADOS	TMDM	LIGEIOS	PESADOS	TMDM	LIGEIOS	PESADOS	TMDM	LIGEIOS	PESADOS	TMDM	LIGEIOS	PESADOS	TMDM	LIGEIOS	PESADOS	TMDM	LIGEIOS	PESADOS	TMDM
13195	745	13940	12819	707	13526	13217	808	14025	14375	853	15228	18180	871	18990	13552					
12264	534	12798	11853	667	12520	12109	706	12815	13131	779	13910	16456	711	17227	11991					
11983	1721	13704	12221	1129	13350	12162	1711	13873	12038	2187	14225	14517	1822	16339	11450					

2016																				
			Abril			Maio			Junho			Julho			Agosto			Sete		
LIGEIOS	PESADOS	TMDM	LIGEIOS	PESADOS	TMDM	LIGEIOS	PESADOS	TMDM	LIGEIOS	PESADOS	TMDM	LIGEIOS	PESADOS	TMDM	LIGEIOS	PESADOS	TMDM	LIGEIOS	PESADOS	TMDM
12881	810	13691	12107	793	12900	13774	942	14716	14023	933	14956	16705	1003	17708	13331					
11763	647	12410	11481	668	12149	13185	777	13962	14309	837	15146	16521	941	17462	13468					
11372	1953	13325	10786	1831	12617	11991	2136	14127	12252	1975	14227	14873	1920	16793	11390					

Figura 3.1 - Organização inicial da informação analisada

The image shows a screenshot of Microsoft Excel with a complex data organization. On the left side, there is a 'Menu Principal' (Main Menu) with several categories: IP_2, AE_1, IC_1, IP_1, EN_1, AE_2, % Pesados, and Índice Qualidade. Each category has sub-items for 'Dados' (Data), 'Gráficos' (Charts), and 'Estudo' (Study). The main area of the spreadsheet contains several data tables. The top table shows data for 2015, organized by month (January to December) and categorized by 'LIGEIOS' (Light) and 'PESADOS' (Heavy). Below this, there are tables for 2016, also organized by month and category. The bottom part of the spreadsheet shows a detailed comparison of data for November and December 2015, with columns for 'LIGEIOS', 'PESADOS', and '%Pesados' across different 'TMDM' (TMDM) categories. The interface includes standard Excel toolbars like 'Cortar', 'Copiar', 'Colar', and 'Formatação', as well as a 'Vista Geral' (Overview) pane on the left.

Figura 3.2 - Organização final da base de dados criada no Microsoft® Office Excel

3.4 Descrição dos itinerários

3.4.1 Itinerário AE_1

O Itinerário AE_1 é uma autoestrada com geometria de duas vias em cada sentido e separador central, com cobrança de portagem em toda a sua extensão. O troço escolhido para análise é percorrido em toda a sua extensão por túnel. Na Figura 3.3 e Figura 3.4 apresentam-se o TMDM das classes de veículos ligeiros e pesados, respetivamente, para 2016 e 2017. No Anexo A.1 está resumida toda a informação relativa ao TMDM e respetiva variação entre anos consecutivos, discretizada pelas diferentes classes.

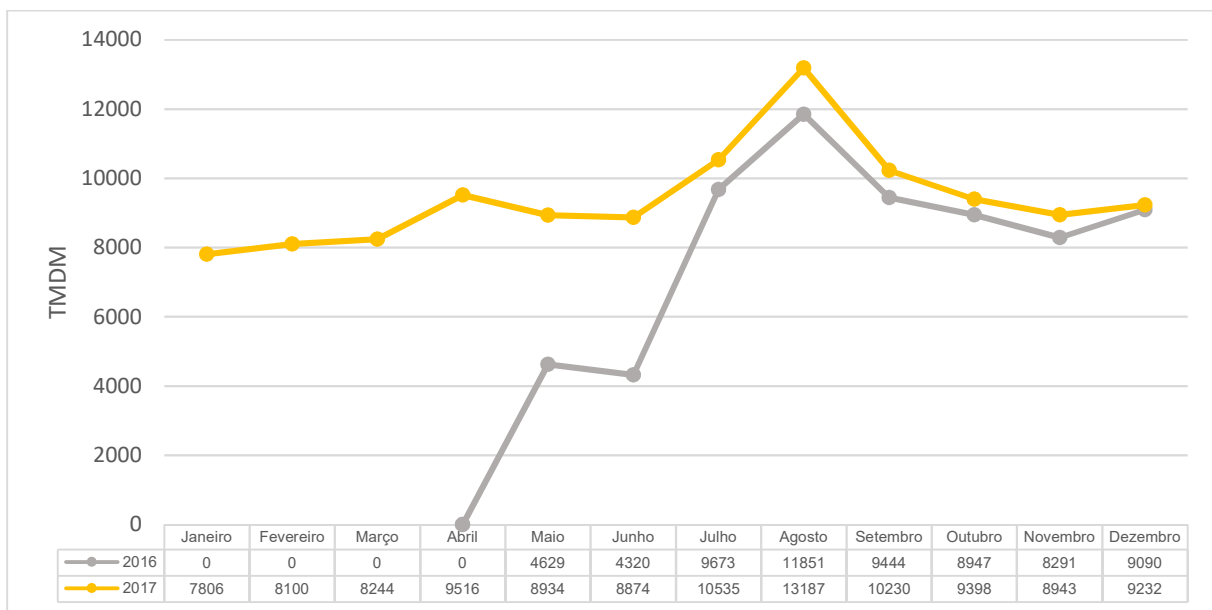


Figura 3.3 - Evolução do TMDM de veículos ligeiros na AE_1 de 2016 a 2017

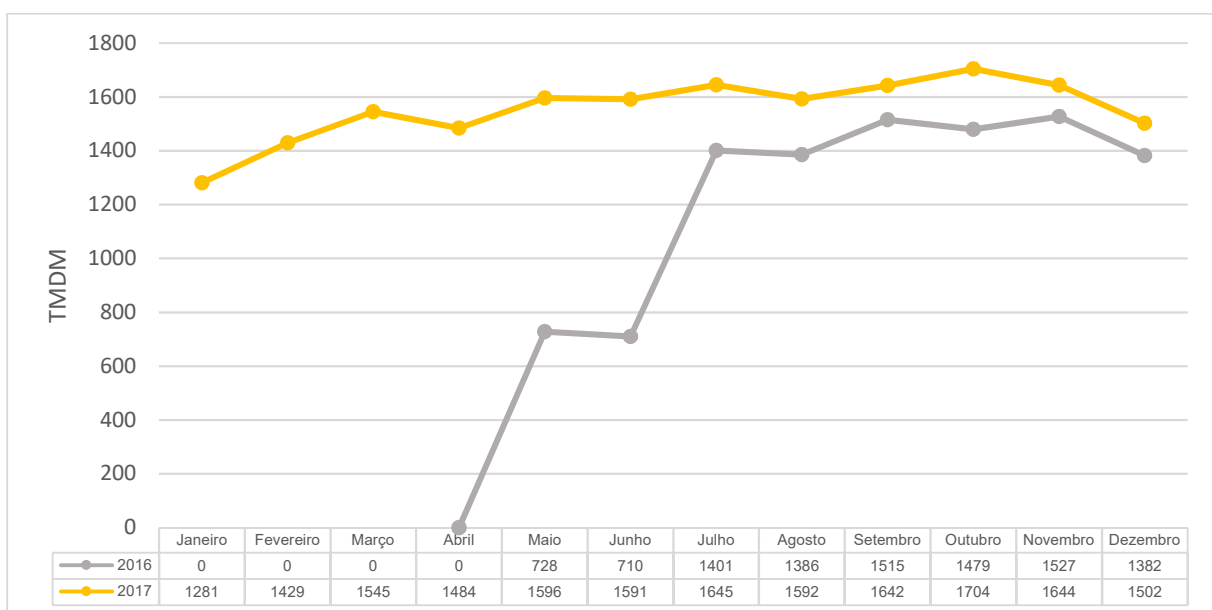


Figura 3.4 - Evolução do TMDM de veículos pesados na AE_1 de 2016 a 2017

Numa primeira análise dos dados obtidos das contagens de tráfego no Itinerário AE_1, é possível observar a existência do fator sazonalidade neste troço para os veículos ligeiros, pois verificou-se um aumento em julho e agosto, atingindo o valor máximo do TMDM em agosto. No que diz respeito aos veículos pesados, observa-se que o TMDM ao longo dos meses foi constante, com pequenas oscilações de mês para mês, estando compreendido entre os valores de 1281 e 1704 veículos (janeiro de 2017 e outubro de 2017, respetivamente). É de destacar que o valor nulo da TMDM para os meses de janeiro a abril de 2016 se deveu ao facto do túnel se ter encontrado encerrado neste período. É também de salientar a ligeira descontinuidade observada no ano de 2016 entre maio e junho, em ambas as classes, verificando-se uma ligeira diminuição do tráfego. Este facto pode ser explicado pela circulação mais elevada de veículos no mês de abertura do túnel para o reconhecimento da nova solução por parte dos utentes da autoestrada.

No que diz respeito à variação observada entre cada ano analisado, é possível observar um aumento entre os mesmos meses de anos consecutivos, com especial aumento do TMDM entre os meses de maio e junho de 2016 e 2017. Este aumento pode ser justificado pelo fato de maio e junho de 2016 serem os primeiros meses de funcionamento desta infraestrutura.

Para facilitar a análise da variação do volume de tráfego no troço analisado, no Quadro 3.2 está resumida toda a informação relativa aos volumes de tráfego e respetiva variação entre anos consecutivos, discretizados pelas diferentes classes. É de salientar o aumento significativo do tráfego no troço analisado, para ambas as classes de veículos, com variação acima de 70 %.

Quadro 3.2 - Variação do volume de tráfego anual na AE_1 em 2016 e 2017

	2016	2017	Variação
Total	2 341 648	4 008 582	71,2%
Ligeiros	2 031 479	3 440 985	69,4%
Pesados	310 170	567 597	83,0%

3.4.2 Itinerário AE_2

O Itinerário AE_2 é uma autoestrada com perfil transversal de duas vias em cada sentido com separador central, com portagem em toda a sua extensão. A Figura 3.5 e Figura 3.6 apresentam o TMDM das classes de veículos ligeiros e pesados, respetivamente, para os anos de 2014 a 2017. No Anexo A.2 está resumida toda a informação relativa ao TMDM e respetiva variação entre anos consecutivos, discretizada pelas diferentes classes.

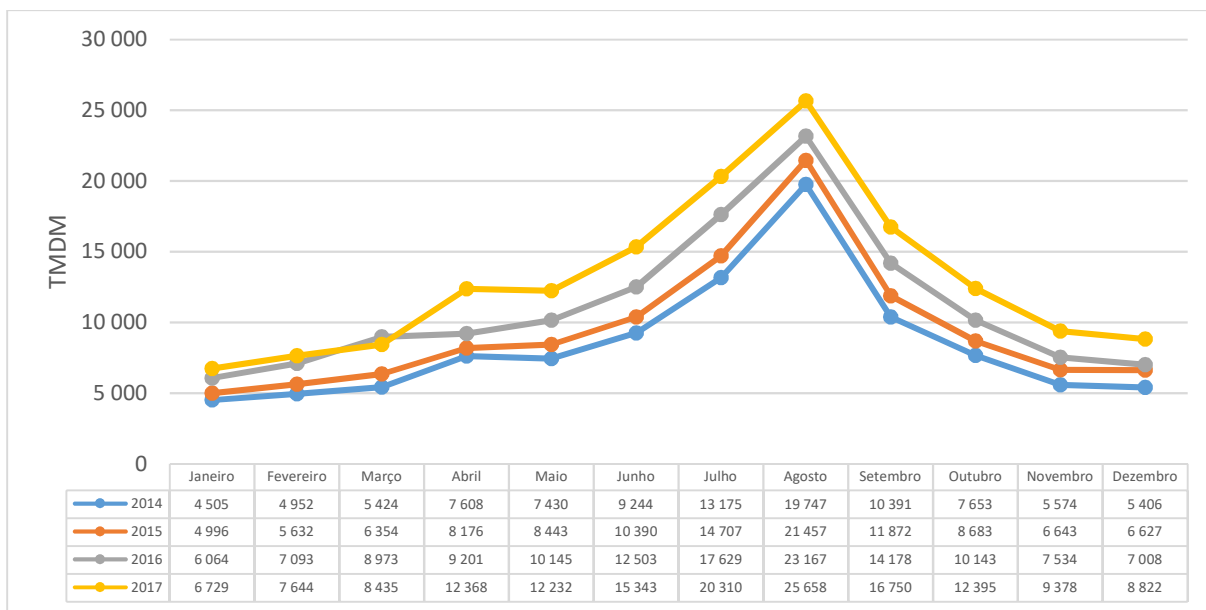


Figura 3.5 - Evolução do TMDM de veículos ligeiros na AE_2 de 2014 a 2017

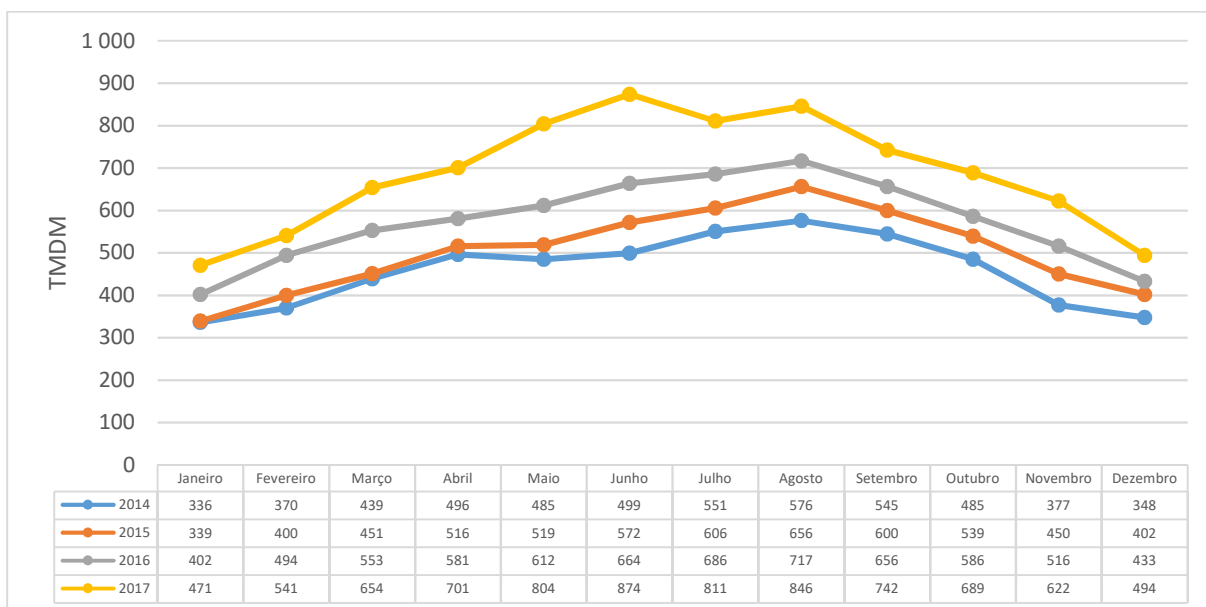


Figura 3.6 - Evolução do TMDM de veículos pesados na AE_2 de 2014 a 2017

A partir da análise dos dados obtidos dos volumes de tráfego mensais entre 2014 e 2017 no Itinerário AE_2, observa-se um aumento do tráfego de veículos ligeiros ao longo do ano até atingir o seu valor máximo no mês de agosto, invertendo-se depois essa tendência, ou seja, passou a verificar-se uma diminuição gradual até ao mês de dezembro. Em relação aos veículos pesados, é possível observar idêntica tendência, existindo também um pico no mês de agosto, com exceção de 2017, em que o volume máximo de pesados ocorre no mês de junho. Este facto pode ser justificado, para ambos os casos, pelo efeito da sazonalidade neste itinerário durante o Verão.

Ao efetuar uma análise da variação mensal entre o mesmo mês de anos consecutivos, verificou-se sempre um aumento para ambas as classes de veículos, tendo-se observado uma variação entre 10 % e 35 % para os veículos ligeiros, com exceção da variação verificada entre o mês de março de 2016 e

2017, com decréscimo de 6 %, e variação entre 1 % e 32 % para o caso dos veículos pesados e para o intervalo de tempo considerado.

O Quadro 3.3 apresenta o resumo do volume de tráfego no Itinerário AE_2 para ambas as classes de veículos. É de salientar a variação positiva do tráfego de ligeiros e pesados de 50 % entre os anos de 2014 e 2017.

Quadro 3.3 - Variação do volume de tráfego anual na AE_2 de 2014 a 2017

	2014	2015	Varição	2015	2016	Varição	2016	2017	Varição	Total
Total	3 254 401	3 663 548	12,6%	3 663 548	4 295 739	17,3%	4 295 739	5 012 419	16,7%	54,0%
Ligeiros	3 086 697	3 479 350	12,7%	3 479 350	4 085 230	17,4%	4 085 230	4 761 193	16,6%	54,3%
Pesados	167 704	184 198	9,8%	184 198	210 509	14,3%	210 509	251 225	19,3%	49,8%

3.4.3 Itinerário IP_1

O Itinerário IP_1 é um itinerário principal com a função de via rápida que apresenta troços com uma via e troços com duas vias em cada sentido, sem a existência de separador central e portagem. São apresentados na Figura 3.7 e Figura 3.8 os gráficos com o TMDM de veículos ligeiros e pesados, respetivamente, entre os anos de 2014 e 2017. No Anexo A.3 está resumida toda a informação relativa ao TMDM e respetiva variação entre anos consecutivos, discretizados pelas diferentes classes.

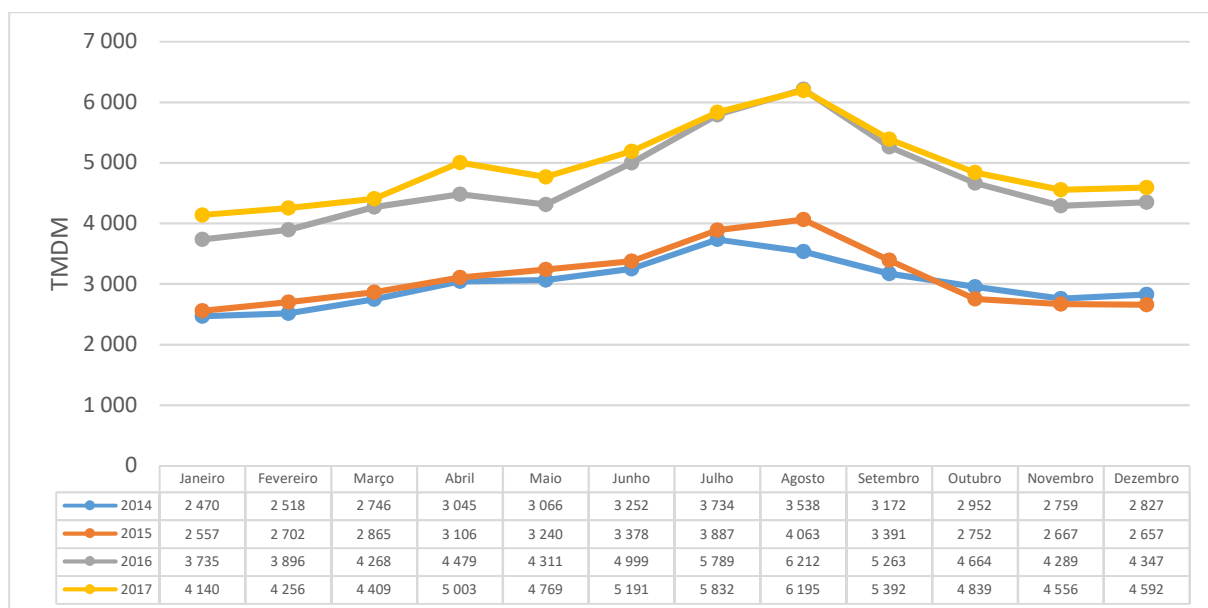


Figura 3.7 - Evolução do TMDM de veículos ligeiros no IP_1 de 2014 a 2017

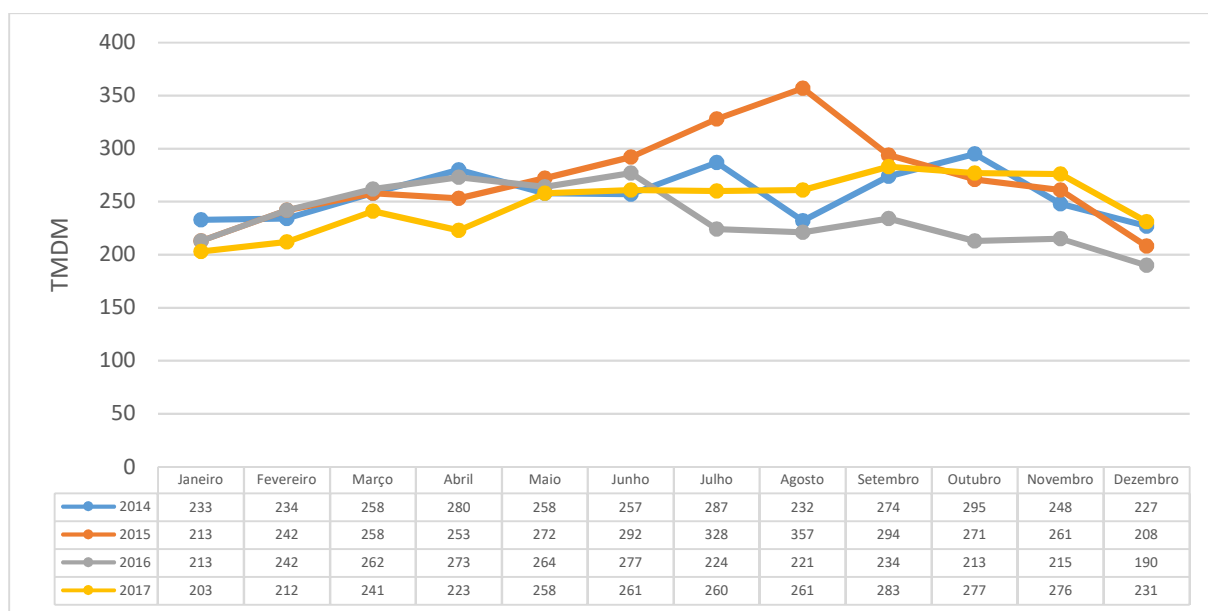


Figura 3.8 - Evolução do TMDM de veículos pesados no IP_1 de 2014 a 2017

Através da análise da informação do volume de tráfego mensal nos anos observados, verificou-se um aumento gradual do volume desde o início de cada ano até atingir o valor máximo no mês de agosto (exceção para o ano de 2014 onde o pico se verifica em julho), passando depois a observar-se uma diminuição do tráfego até ao final do ano. Este aumento constatado nos meses de verão é justificado pelo efeito da sazonalidade na estação de veraneio.

No que diz respeito à variação observada entre cada ano analisado, verificou-se, de uma forma geral, um ligeiro aumento do volume total entre os mesmos meses de anos consecutivos, com exceção para os meses de outubro a dezembro entre 2014 e 2015, onde se observou uma ligeira variação negativa. Analisando o volume por classes, para o caso dos veículos ligeiros verificou-se uma variação semelhante à apresentada pelo volume total de veículos, salientando-se um aumento mais significativo do volume de ligeiros entre os anos de 2015 e 2016, acontecimento esse que pode estar diretamente relacionado com a atenuação da crise económica. No caso dos veículos pesados constata-se um cenário distinto, pois não existe uma situação constante ao longo dos anos. De destacar que nos meses de maio a dezembro entre os anos de 2015 e 2016 e os meses de janeiro a junho de 2016 e 2017 se constatou um decréscimo do volume de pesados.

O Quadro 3.4 resume os volumes de tráfego anuais e a respetiva variação entre anos consecutivos, discretizados pelas diferentes classes.

Quadro 3.4 - Variação do volume de tráfego anual no IP_1 de 2014 a 2017

	2014	2015	Variação	2015	2016	Variação	2016	2017	Variação	Total
Total	1 192 296	1 233 339	3,4%	1 233 339	1 803 154	46,2%	1 803 154	1 892 264	4,94%	58,7%
Ligeiros	1 098 606	1 134 492	3,3%	1 134 492	1 716 974	51,3%	1 716 974	1 801 426	4,92%	64,0%
Pesados	93 690	98 847	5,5%	98 847	86 180	-12,8%	86 180	90 838	5,40%	-3,0%

3.4.4 Itinerário IP_2

O Itinerário IP_2 é um itinerário alternativo ao Itinerário AE_1 apresentado anteriormente. O troço estudado não tem cobrança de portagem e apresenta separação física dos dois sentidos através da presença de pilaretes e um perfil transversal de uma via em cada sentido com a existência de zonas de duas vias para facilitar as manobras de ultrapassagem (via de lentos). A Figura 3.9 e Figura 3.10 mostram o TMDM para as classes de ligeiros e pesados, respetivamente, entre os anos de 2014 e 2017. No Anexo A.4 está resumida toda a informação relativa ao TMDM e respetiva variação entre anos consecutivos, discretizada pelas diferentes classes.

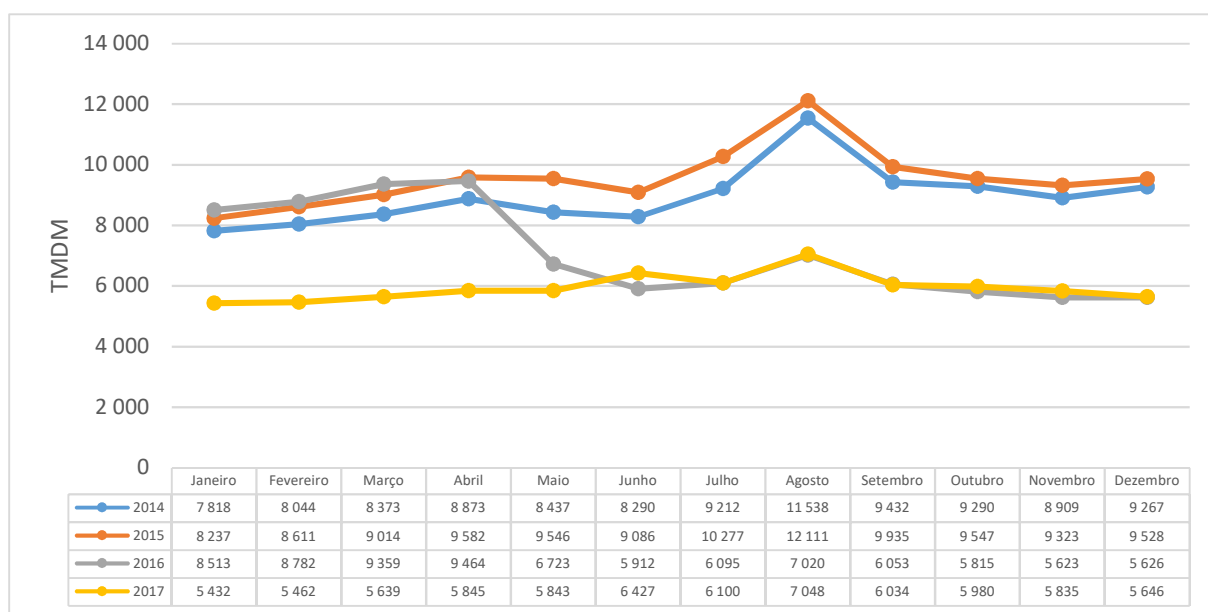


Figura 3.9 - Evolução do TMDM de veículos ligeiros no IP_2 de 2014 a 2017

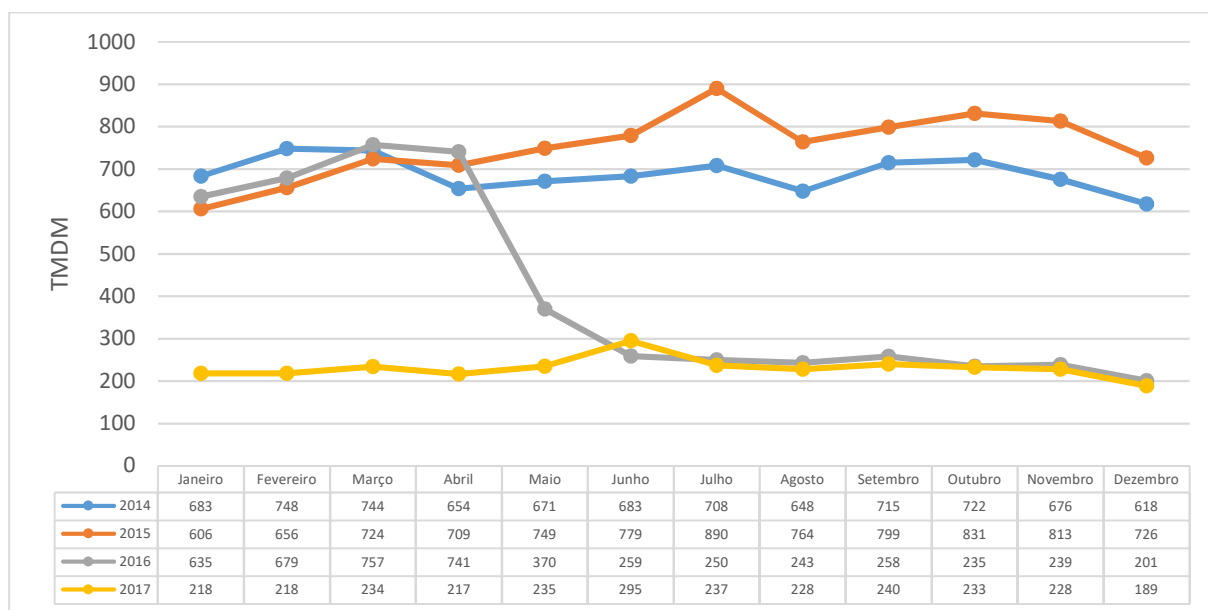


Figura 3.10 - Evolução do TMDM de veículos pesados no IP_2 de 2014 a 2017

No Itinerário IP_2 é possível verificar um decréscimo acentuado do valor do TMDM do mês de abril para o mês de maio de 2016, não voltando a recuperar dessa perda de tráfego até ao final do ano de 2017. Essa redução pode ser explicada pela abertura do túnel do Itinerário AE_1 que teve a capacidade de atrair tráfego pelas melhores condições de circulação proporcionadas (segurança, conforto e tempo de viagem). Destaca-se que esta influência teve maior impacto nos veículos pesados.

O Quadro 3.5 resume as variações de tráfego anual nos anos analisados, salientando-se a diminuição do número de veículos, tanto ligeiros como pesados, a partir do ano de 2016, com maior relevância para o caso dos veículos pesados.

Quadro 3.5 - Variação do volume de tráfego anual no IP_2 de 2014 a 2017

	2014	2015	Variação	2015	2016	Variação	2016	2017	Variação	Total
Total	3 523 676	3 770 225	7,0%	3 770 225	2 737 846	-27,4%	2 737 846	2 253 656	-17,7%	-36,0%
Ligeiros	3 272 300	3 494 893	6,8%	3 494 893	2 589 864	-25,9%	2 589 864	2 169 398	-16,2%	-33,7%
Pesados	251 376	275 332	9,5%	275 332	147 982	-46,3%	147 982	84 259	-43,1%	-66,5%

3.4.5 Itinerário IC_1

O Itinerário IC_1 é um itinerário pertencente à Rede Complementar da Rede Rodoviária Nacional de Portugal – Itinerário Complementar – e apresenta uma via em cada sentido, sem a existência de separador central e portagens. A Figura 3.11 e Figura 3.12 apresentam o TMDM para as classes de ligeiros e pesados, respetivamente, entre os anos de 2014 e 2017. No Anexo A.5 está resumida toda a informação relativa ao TMDM e respetiva variação entre anos consecutivos, discretizada pelas diferentes classes.

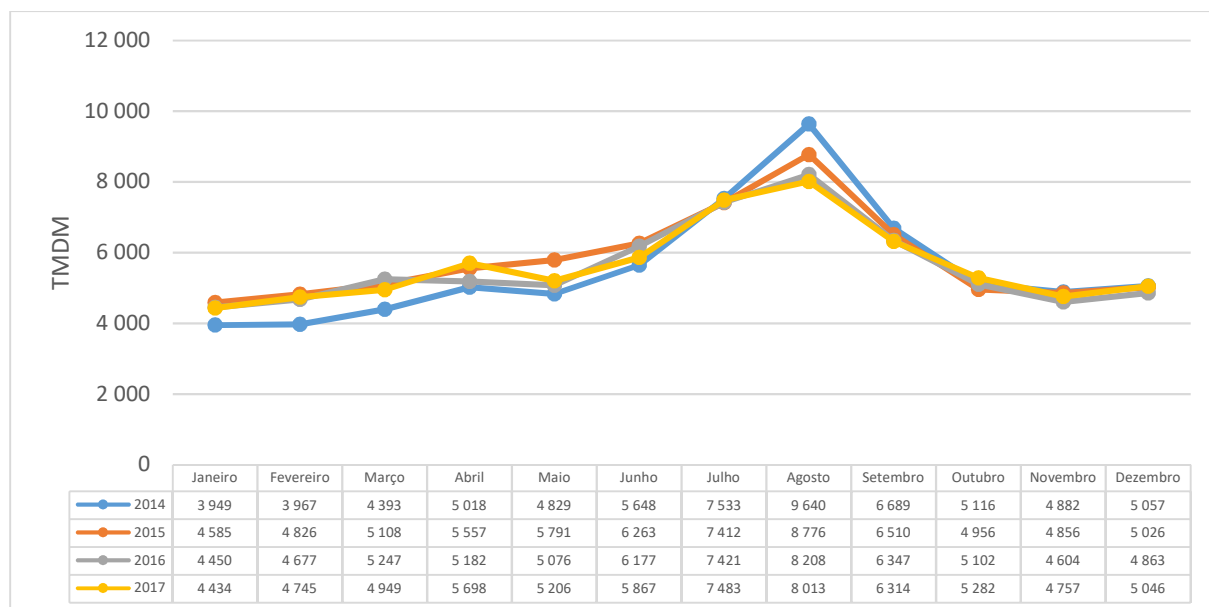


Figura 3.11 - Evolução do TMDM de veículos ligeiros no IC_1 de 2014 a 2017

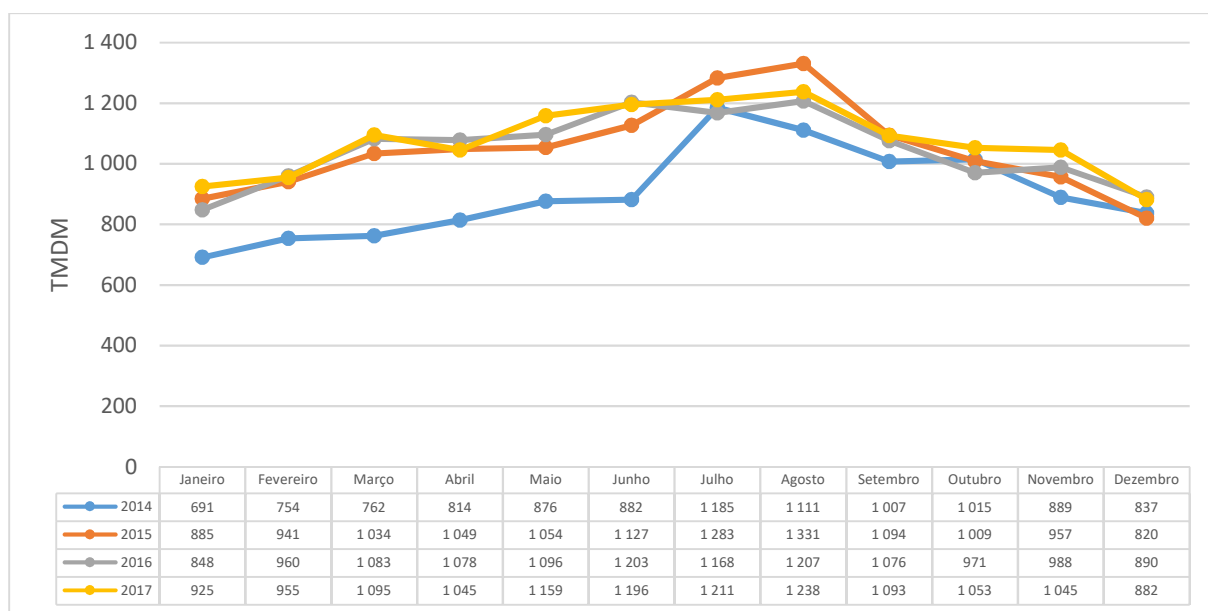


Figura 3.12 - Evolução do TMDM de veículos pesados no IC_1 de 2014 a 2017

Da análise das figuras constata-se, mais uma vez, o efeito da sazonalidade, mais acentuado no tráfego de veículos ligeiros. No que diz respeito ao tráfego de ligeiros, verificou-se um ligeiro decréscimo da TMDM nos meses de Verão (meses de maior circulação de veículos). Em relação ao tráfego de veículos pesados, é possível observar que ocorreu o aumento da circulação de veículos pesados após o mês de junho de 2014, relacionado com a atenuação do impacto da crise económica.

O Quadro 3.6 resume o volume de tráfego anual entre 2014 e 2017 e a respetiva variação entre anos consecutivos.

Quadro 3.6 - Variação do volume de tráfego anual no IC_1 de 2014 a 2017

	2014	2015	Variação	2015	2016	Variação	2016	2017	Variação	Total
Total	2 035 953	2 505 128	23,0%	2 505 128	2 439 654	-2,6%	2 439 654	2 457 295	0,7%	20,7%
Ligeiros	1 754 367	2 122 033	21,0%	2 122 033	2 056 320	-3,1%	2 056 320	2 064 734	0,4%	17,7%
Pesados	281 586	383 095	36,1%	383 095	383 334	0,1%	383 334	392 562	2,4%	39,4%

3.4.6 Itinerário EN_1

O Itinerário EN_1 é uma estrada nacional, alternativa ao Itinerário AE_2, e que apresenta uma via em cada sentido, sem a existência de separador central e portagem. Na Figura 3.13 e Figura 3.14 são apresentados os gráficos do TMDM de veículos ligeiros e pesados, respetivamente, entre os anos de 2014 e 2017. No Anexo A.6 está resumida toda a informação relativa ao TMDM e respetiva variação entre anos consecutivos, discretizada pelas diferentes classes.

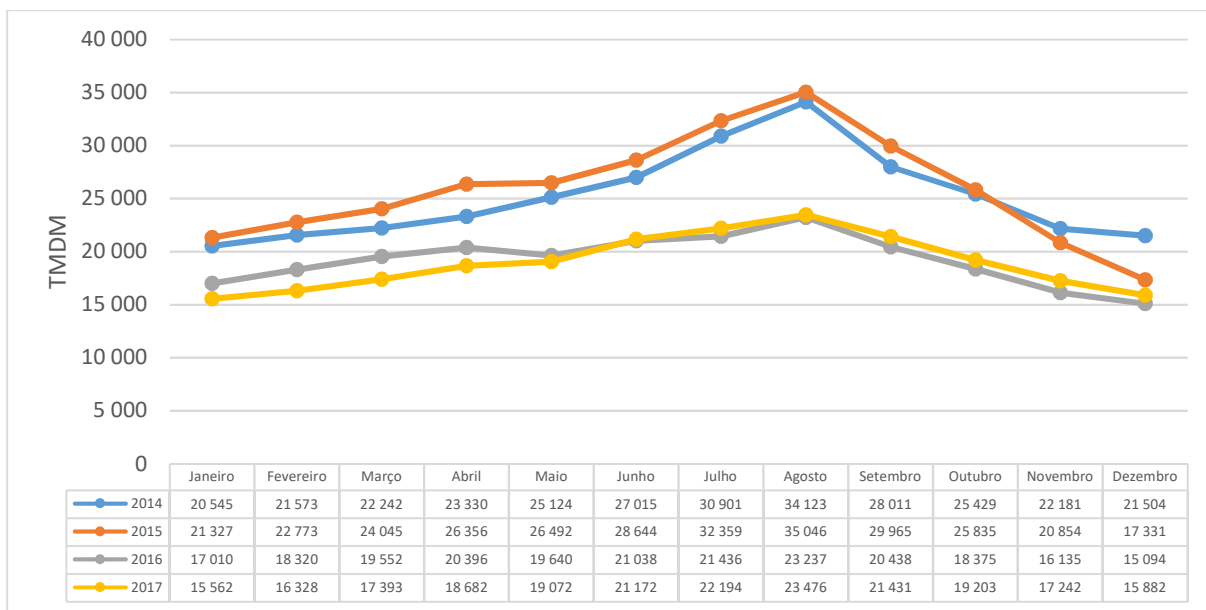


Figura 3.13 - Evolução do TMDM de veículos ligeiros na EN_1 de 2014 a 2017

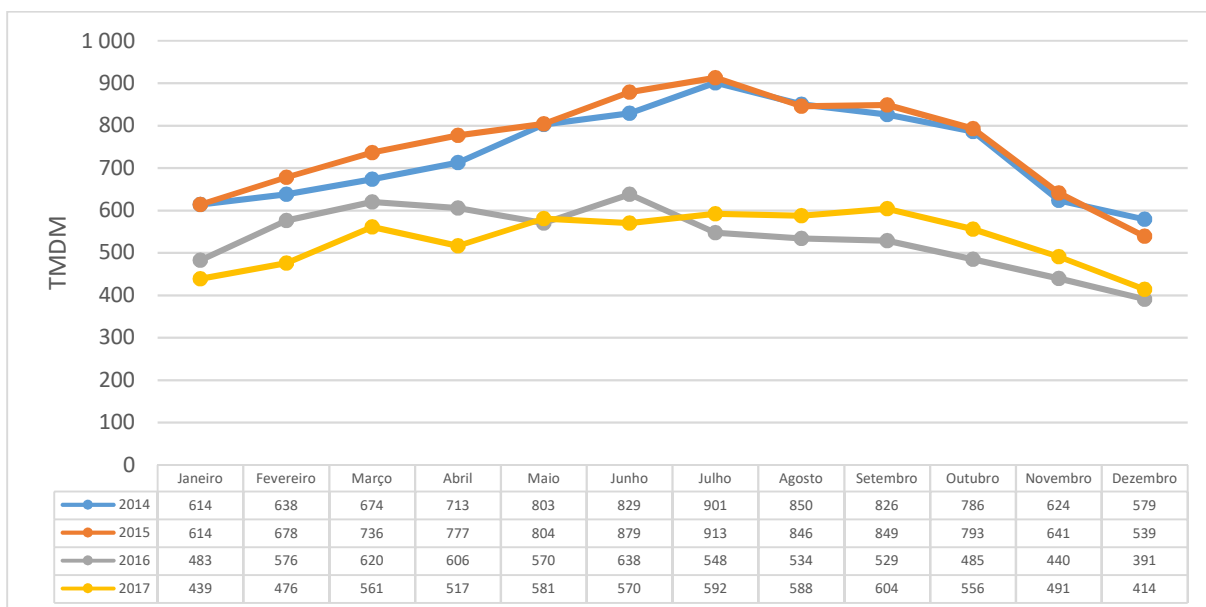


Figura 3.14 - Evolução do TMDM de veículos pesados na EN_1 de 2014 a 2017

Da análise dos gráficos é possível concluir que, para o caso dos veículos ligeiros, mais uma vez se verificou a existência do fator sazonalidade na variação do tráfego ao longo do ano, com o valor máximo a ser atingido no mês de agosto para todos os anos analisados. No caso dos veículos pesados, a situação foi ligeiramente diferente: em 2014 e 2015 constata-se uma tendência para o aumento gradual do volume de veículos pesados até julho, passando depois a ocorrer uma diminuição do tráfego; em 2016 e 2017 observa-se uma pequena variação ao longo do ano.

No que diz respeito à variação observada entre cada ano analisado, verifica-se um decréscimo generalizado do tráfego a partir do final do ano de 2015, cerca de 34 % para os veículos ligeiros e de 40 % para os veículos pesados.

O Quadro 3.7 apresenta a síntese do volume de tráfego anual entre 2014 e 2017, com a segregação em veículos ligeiros e pesados, bem como a respetiva variação entre anos consecutivos.

Quadro 3.7 - Variação do volume de tráfego anual na EN_1 de 2014 a 2017

	2014	2015	Variação	2015	2016	Variação	2016	2017	Variação	Total
Total	9 465 124	9 953 631	5,2%	9 953 631	6 379 187	-35,9%	6 379 187	4 939 285	-22,6%	-47,8%
Ligeiros	9 196 052	9 672 336	5,2%	9 672 336	6 208 510	-35,8%	6 208 510	4 806 553	-22,6%	-47,7%
Pesados	269 073	281 295	4,5%	281 295	170 677	-39,3%	170 677	132 733	-22,2%	-50,7%

3.5 Considerações finais

Para além de uma breve descrição da rede rodoviária nacional e do procedimento criado para tratamento da informação dos sistemas de contagem de tráfego a que se teve acesso, neste capítulo pretendeu-se apresentar principalmente os itinerários selecionados para análise, os critérios tidos em consideração na sua escolha e o tráfego de veículos ligeiros e pesados nesses itinerários no período de 2014 a 2017.

Em relação ao volume total de veículos, verifica-se que a EN_1 apresentou o volume mais elevado de veículos ligeiros ao longo do tempo analisado, com valor máximo de 9 672 336 veículos em 2015. No que diz respeito ao volume total de veículos pesados, constata-se a existência de uma elevada circulação na AE_1, com valor máximo de 567 597 veículos em 2017.

É importante referir que o período de análise coincidiu com um tempo de recuperação da crise económica vivida em Portugal desde o ano de 2009, o que se refletiu numa certa instabilidade na variação do tráfego ao longo do tempo estudado. No que diz respeito aos itinerários sem a existência de portagem (IP's, IC's e EN's), essa instabilidade foi verificada ao longo do período de tempo analisado. Já no caso das autoestradas a situação foi diferente pois, verificou-se a tendência natural para o aumento do tráfego de veículos em simultâneo com a recuperação económica do país (maior disponibilidade por parte dos condutores para pagar), com especial aumento entre 2015 e 2016.

4 Análise de resultados

4.1 Tráfego de veículos pesados

O tráfego de veículos pesados tem grande influência não só na fase de projeto, mas também na fase de exploração da infraestrutura rodoviária, como é disso exemplo o traçado (vias de lentos), o dimensionamento de pavimentos e a sua degradação ao longo do ciclo de vida, bem como as condições de circulação em termos do nível de serviço. Considera-se veículos pesados aqueles que têm peso bruto igual ou superior a 300 kN. Pretendeu-se neste estudo conhecer, para os tipos de itinerários selecionados, qual a percentagem de veículos pesados em relação ao volume total de tráfego.

Atendendo a que foi possível obter das contagens de tráfego dos postos de contagem pertencentes aos itinerários selecionados o TMDA de veículos ligeiros e pesados, pretendeu-se conhecer a percentagem de veículos pesados por tipo de itinerário. Foram consideradas não só as leituras de todos os postos de contagem pertencentes aos itinerários selecionados, mas também leituras de postos relativos a outros itinerários com características semelhantes, com o objetivo de alargar a base de dados em análise.

A percentagem de veículos pesados foi estabelecida para itinerários com portagem (caso de autoestradas) e itinerários sem portagem. Apresenta-se em seguida essa análise.

(i) Itinerários com portagem

Dos itinerários com portagem, foram consideradas quatro autoestradas com características semelhantes com tráfego médio anual (de veículos ligeiros, pesados e total) apresentados na Figura 4.1. No Quadro 4.1 apresenta-se a variação (limite máximo e mínimo) do tráfego de veículos total, ligeiros e pesados nas diferentes autoestradas consideradas para o estudo.

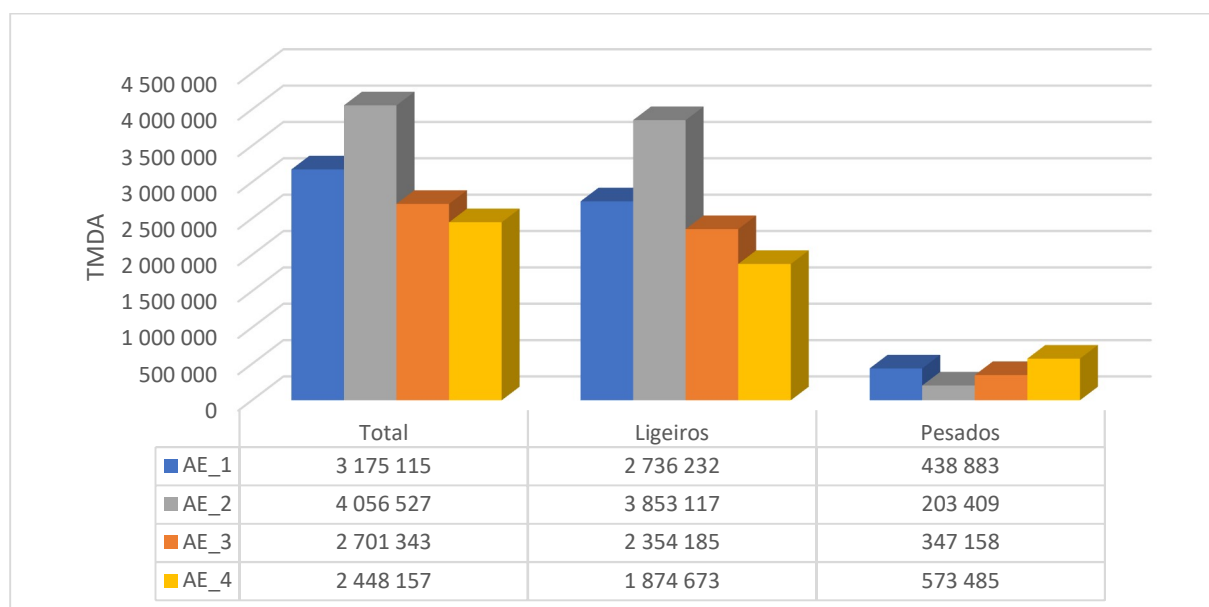


Figura 4.1 - Tráfego médio anual nas autoestradas estudadas

Quadro 4.1 - Variação do volume total, de veículos ligeiros e pesados nos itinerários com portagem analisados

Límites	Total	Ligeiros	Pesados
AE_1			
Mínimo	1 974 329	1 725 134	249 195
Máximo	4 057 479	3 444 888	612 591
AE_2			
Mínimo	1 132 001	1 097 323	34 678
Máximo	9 546 082	8 926 130	619 952
AE_3			
Mínimo	2 698 494	2 346 492	342 313
Máximo	2 704 191	2 361 878	352 002
AE_4			
Mínimo	1 929 700	1 551 435	367 129
Máximo	2 802 512	2 153 787	770 474

Como é possível observar na Figura 4.1 e como seria expectável, o volume de veículos pesados que circula nas autoestradas é bastante inferior ao de veículos ligeiros. Em termos de percentagem de veículos pesados, observam-se valores de 5,0 %, 13,8 %, 12,9 % e 23,4 % para a AE_1, AE_2, AE_3 e AE_4, respetivamente. Para o caso da AE_4, observou-se uma percentagem mais elevada que se considera ser devida ao facto desta autoestrada atravessar zonas de elevada ocupação industrial.

Com os valores das contagens, realizou-se uma análise de *clusters* de forma a compreender melhor os fatores com maior influência nos valores observados: tráfego total e usos do solo. O método de análise de *clusters* é comumente aplicado na análise estatística, já que permite identificar grupos num vasto conjunto de dados de forma a ser possível interpretar as características dos vários elementos de cada subgrupo. Esta análise tem como objetivo dividir uma série de entidades, indivíduos ou objetos em diferentes grupos (*clusters*). O foco desta análise centra-se em definir *clusters* que contenham entidades semelhantes entre si, mas onde cada *cluster* é o mais heterogéneo possível dos restantes. Por simplificação, no presente trabalho foi utilizado o método não hierárquico “*K-means*”, que pretende medir a proximidade entre grupos através da distância euclideana entre os centroides dos vários grupos. Para o desenvolvimento desta análise estatística, recorreu-se ao *software Statistica* e foram tidas em conta 3 variáveis: o TMDA total de veículos, a respetiva percentagem de veículos pesados e a localização do posto de contagem, caracterizada por se encontrar, ou não, numa zona comercial/industrial. Para o caso da terceira variável, apresentando as autoestradas, na sua grande generalidade, baixos valores de tráfego de veículos pesados em comparação com o tráfego de veículos ligeiros, foi considerada como zona comercial/industrial postos que apresentassem valores superiores a 12 % de veículos pesados.

Após terem sido analisados os resultados para os casos de 2, 3 e 4 *clusters* em função do TMDA e da percentagem de veículos pesados, foi possível concluir que a melhor solução foi obtida com a formação de 3 *clusters*, tal como pode ser observado pelos resultados finais presentes no Quadro 4.2 e na Figura 4.2.

Quadro 4.2 - Resultados da análise de clusters

Posto de Contagem	Industrial	TMDA	% Pesados	Cluster
AE_1_1	1	10 730	12,62%	3
AE_1_2	1	10 848	13,20%	3
AE_1_3	1	11 057	13,70%	3
AE_1_4	1	11 116	15,10%	3
AE_2_1	0	4 607	2,58%	2
AE_2_2	0	4 704	2,59%	2
AE_2_3	0	6 243	2,61%	2
AE_2_4	0	7 780	2,67%	2
AE_2_5	0	5 398	2,80%	2
AE_2_6	0	5 514	2,94%	2
AE_2_7	0	4 043	2,94%	2
AE_2_8	0	4 466	3,00%	2
AE_2_9	0	11 022	3,02%	2
AE_2_10	0	9 226	3,02%	2
AE_2_11	0	5 023	3,03%	2
AE_2_12	0	7 759	3,05%	2
AE_2_13	0	3 101	3,06%	2
AE_2_14	0	7 826	3,07%	2
AE_2_15	0	9 154	3,08%	2
AE_2_16	0	6 499	3,14%	2
AE_2_17	0	7 097	3,18%	2
AE_2_18	0	5 907	3,20%	2
AE_2_19	0	8 311	3,24%	2
AE_2_20	0	9 023	3,41%	2
AE_2_21	0	12 725	3,50%	1
AE_2_22	0	13 802	3,55%	1
AE_2_23	0	6 501	3,58%	2
AE_2_24	0	11 699	3,60%	2
AE_2_25	0	10 235	3,86%	2
AE_2_26	0	16 480	4,03%	1
AE_2_27	0	15 392	4,07%	1
AE_2_28	0	12 949	4,09%	1
AE_2_29	0	17 881	4,09%	1
AE_2_30	0	17 988	4,11%	1
AE_2_31	0	11 424	4,17%	2
AE_2_32	0	3 577	4,19%	2
AE_2_33	0	16 171	4,51%	1
AE_2_34	0	15 155	4,61%	1
AE_2_35	0	14 386	4,64%	1
AE_2_36	0	19 314	4,80%	1
AE_2_37	0	5 385	4,81%	2
AE_2_38	0	22 386	4,81%	1
AE_2_39	0	12 791	5,00%	1
AE_2_40	0	11 272	5,36%	2
AE_2_41	0	8 156	5,39%	2
AE_2_42	0	14 355	5,41%	1
AE_2_43	0	16 857	5,50%	1
AE_2_44	0	22 715	5,60%	1
AE_2_45	0	7 268	5,60%	2
AE_2_46	0	19 283	5,63%	1
AE_2_47	0	18 960	5,69%	1
AE_2_48	0	16 124	5,71%	1
AE_2_49	0	22 584	5,77%	1
AE_2_50	0	8 914	5,82%	2
AE_2_51	0	9 083	6,07%	2
AE_2_52	0	8 005	6,11%	2
AE_2_53	0	10 745	6,15%	2
AE_2_54	0	22 074	6,16%	1
AE_2_55	0	16 469	6,21%	1
AE_2_56	0	10 496	6,28%	2
AE_2_57	0	6 780	6,30%	2

Quadro 4.2 - Resultados da análise de clusters (continuação)

Posto de Contagem	Industrial	TMDA	% Pesados	Cluster
AE_2_58	0	19 078	6,35%	1
AE_2_59	0	12 836	6,36%	1
AE_2_60	0	9 264	6,41%	2
AE_2_61	0	8 346	6,47%	2
AE_2_62	0	26 154	6,49%	1
AE_2_63	0	11 050	6,54%	2
AE_2_64	0	5 526	6,64%	2
AE_2_65	0	6 307	6,68%	2
AE_2_66	0	7 358	6,71%	2
AE_2_67	0	14 690	6,72%	1
AE_2_68	0	7 696	6,73%	2
AE_2_69	0	10 366	6,81%	2
AE_2_70	0	7 191	7,12%	2
AE_2_71	0	5 097	7,47%	2
AE_2_72	0	9 566	7,61%	2
AE_3_1	1	7 378	12,68%	3
AE_3_2	1	8 062	13,07%	3
AE_4_1	0	2 772	2,83%	2
AE_4_2	0	2 382	3,18%	2
AE_4_3	0	4 765	8,73%	2
AE_4_4	0	5 595	9,01%	2
AE_4_5	0	2 389	9,44%	2
AE_4_6	0	4 352	9,54%	2
AE_4_7	0	2 789	9,76%	2
AE_4_8	0	5 062	9,99%	2
AE_4_9	0	4 192	10,41%	2
AE_4_10	0	4 836	10,83%	2
AE_4_11	0	2 331	11,34%	2
AE_4_12	0	2 342	11,45%	2
AE_4_13	0	2 697	11,52%	2
AE_4_14	0	2 724	11,67%	2
AE_4_15	0	2 325	11,70%	2
AE_4_16	0	2 681	11,87%	2
AE_4_17	1	5 676	12,02%	3
AE_4_18	1	6 192	12,06%	3
AE_4_19	1	5 422	12,50%	3
AE_4_20	1	5 916	12,55%	3
AE_4_21	1	7 790	12,67%	3
AE_4_22	1	7 314	12,81%	3
AE_4_23	1	2 795	12,83%	3
AE_4_24	1	2 695	13,15%	3
AE_4_25	1	3 276	13,48%	3
AE_4_26	1	3 162	13,84%	3
AE_4_27	1	3 653	14,53%	3
AE_4_28	1	4 051	14,57%	3
AE_4_29	1	6 025	15,59%	3
AE_4_30	1	5 581	15,73%	3
AE_4_31	1	4 737	18,98%	3
AE_4_32	1	4 363	19,13%	3
AE_4_33	1	7 143	14,71%	3
AE_4_34	1	7 513	15,65%	3
AE_4_35	1	5 392	18,61%	3
AE_4_36	1	5 764	19,64%	3
AE_4_37	1	7 645	23,20%	3
AE_4_38	1	7 645	23,20%	3
AE_4_39	1	8 124	23,69%	3
AE_4_40	1	8 128	24,04%	3
AE_4_41	1	7 926	24,69%	3
AE_4_42	1	7 251	24,98%	3

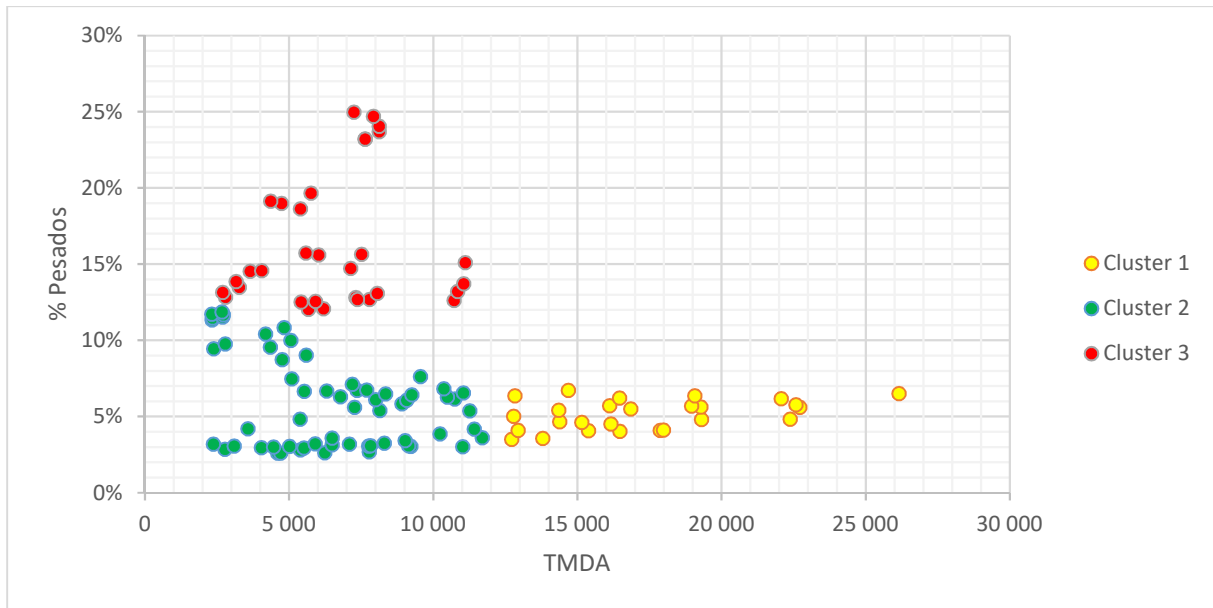


Figura 4.2 - Apresentação dos 3 *clusters*

Aos *clusters* apresentados na Figura 4.2 estão associados 3 grupos: um primeiro grupo correspondente a troços com tráfego mais elevado (TMDA superior a 12700) e com reduzida percentagem de pesados; o segundo grupo está associado a níveis de tráfego menores e a uma baixa percentagem de veículos pesados (inferior a 12 %); o terceiro grupo corresponde a autoestradas inseridas em zonas com maior densidade comercial/industrial, onde a percentagem de veículos pesados varia de 12 % a 25 %.

Desta análise e do ponto de vista da percentagem de tráfego de veículos pesados, foram considerados três grupos finais, como é possível observar na Figura 4.3: o primeiro grupo formado pela associação do *cluster 1* e 2; o segundo grupo associado a valores de percentagem de veículos pesados superiores a 8%, pertencentes ao *cluster 2* e *cluster 3*; o terceiro grupo correspondente aos casos com percentagem de veículos pesados mais elevada, entre os 18 % e os 25 %, e associado a parte do *cluster 3*. Associados a estes 3 grupos, considera-se a existência de duas tendências para a percentagem de veículos pesados nas autoestradas: uma primeira, no primeiro grupo, correspondente 4,75 % e, uma segunda, no segundo grupo, correspondente a 12,5 %. Para o caso do terceiro grupo, considera-se que não é possível retirar conclusões sobre uma tendência devido ao reduzido número de contagens com percentagem de veículos pesados acima dos 18 %.

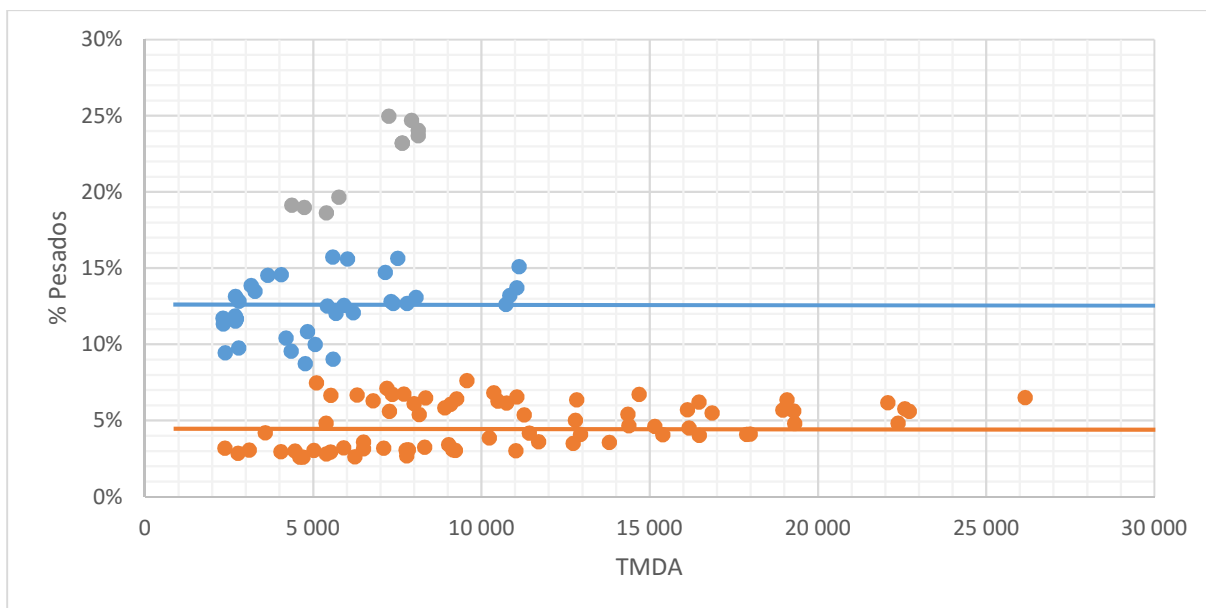


Figura 4.3 - Análise da tendência de percentagem de veículos pesados nas autoestradas

(ii) Itinerários sem portagem

Abordando agora o caso dos itinerários sem portagem (IP's, IC's e EN's), não foi possível obter informação de um número elevado de diferentes itinerários. Como tal, foi efetuada uma análise mais simplificada dos valores médios de tráfego, as respetivas percentagens de pesados e averiguar alguma tendência nas contagens realizadas.

Para a análise da percentagem de pesados, foram então considerados dois itinerários principais (IP_1 e IP_2), dois itinerários complementares (IC_1 e IC_2) e duas estradas nacionais (EN_1 e EN_2) com níveis de tráfego médio anual total apresentados nas Figura 4.4 a 4.6. Nos Quadros 4.3 a 4.5 apresenta-se a variação (limite máximo e mínimo) do tráfego de veículos total, ligeiros e pesados nos diferentes itinerários considerados para o estudo.

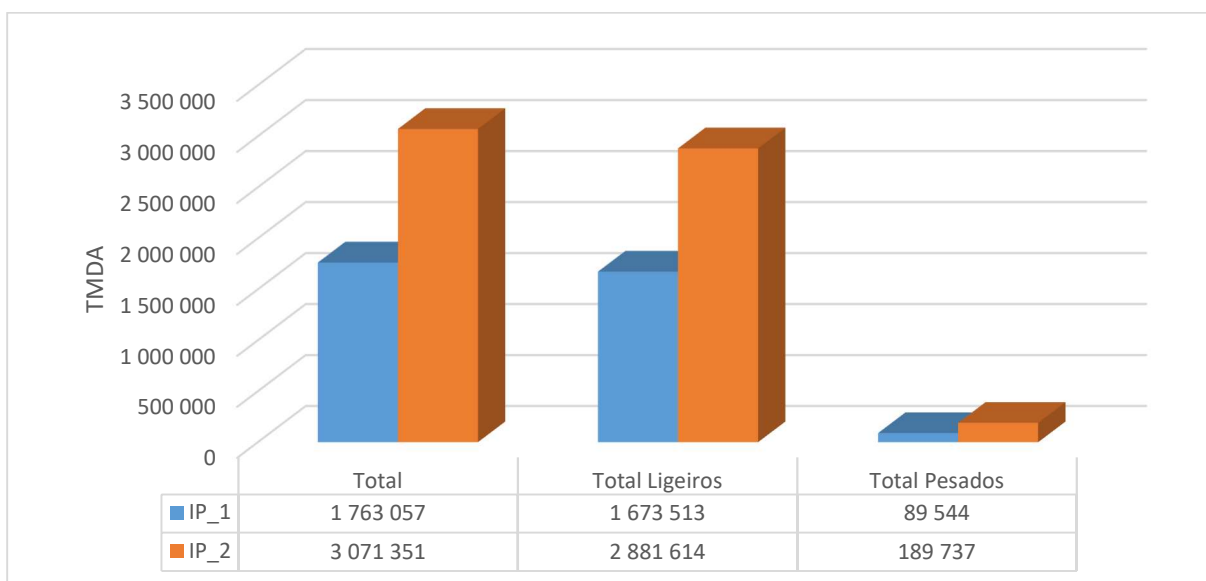


Figura 4.4 - Tráfego médio anual nos itinerários principais

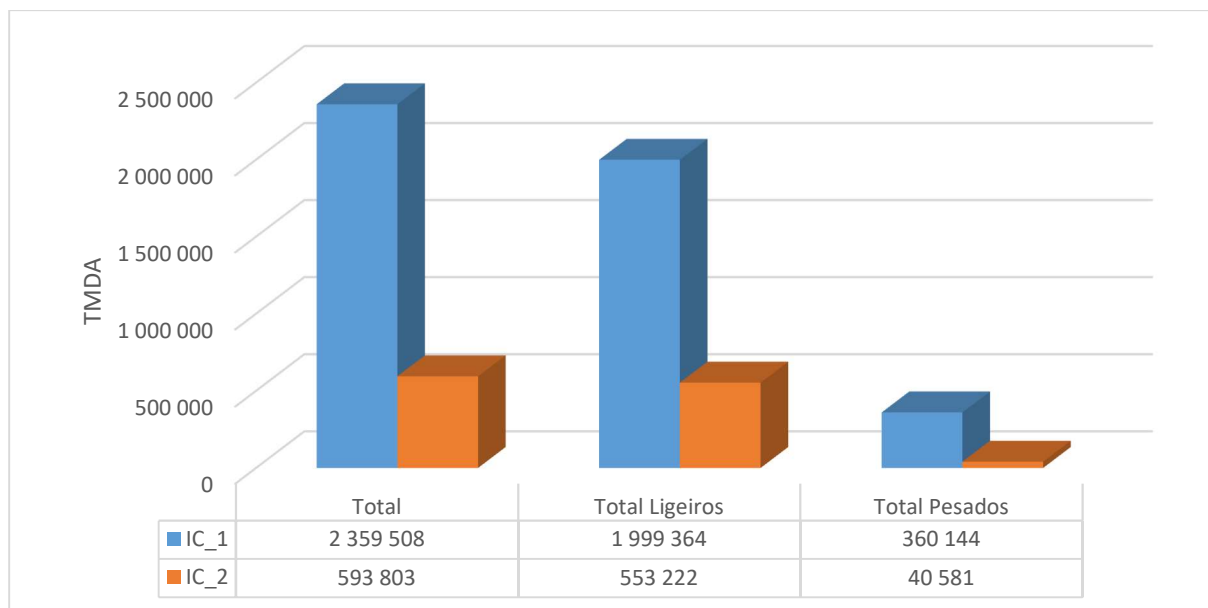


Figura 4.5 - Tráfego médio anual nos itinerários complementares

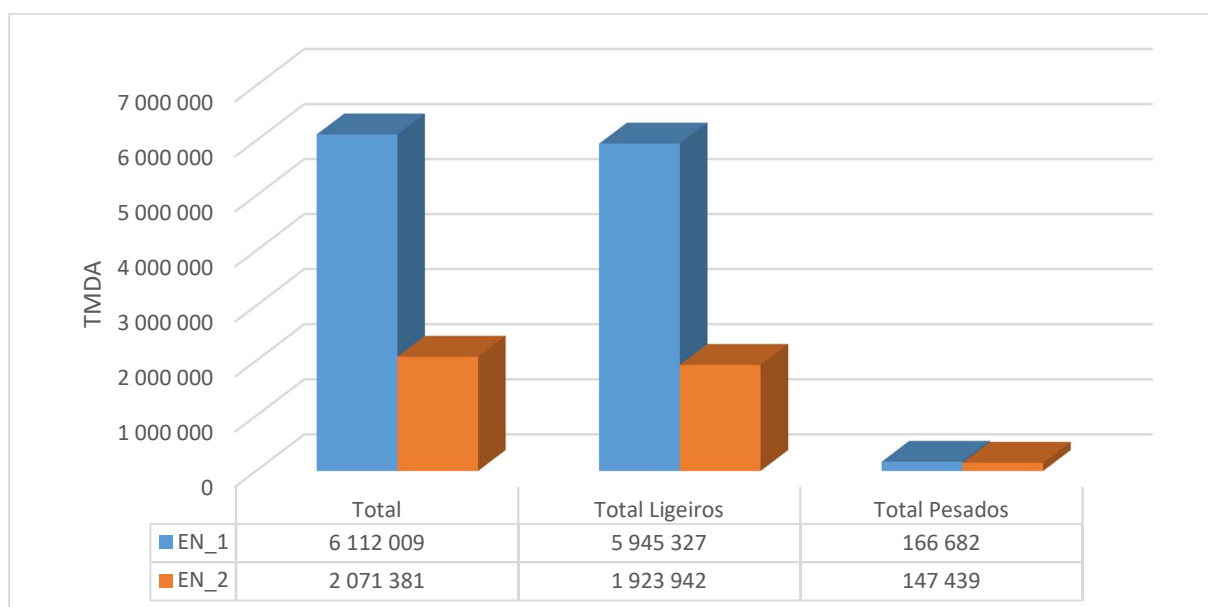


Figura 4.6 - Tráfego médio anual nas estradas nacionais

Quadro 4.3 - Variação do volume total, de veículos ligeiros e pesados nos IP's analisados

Límites	Total	Ligeiros	Pesados
IP_1			
Mínimo	1 061 646	1 005 020	56 626
Máximo	4 699 301	4 536 675	162 626
IP_2			
Mínimo	748 184	701 175	47 009
Máximo	4 579 563	2 496 877	401 770

Quadro 4.4 - Variação do volume total, de veículos ligeiros e pesados nos IC's analisados

Limites	Total	Ligeiros	Pesados
IC_1			
Mínimo	1 643 112	1 398 854	244 258
Máximo	2 975 744	2 461 995	513 749
IC_2			
Mínimo	271 687	256 253	15 434
Máximo	1 510 993	1 398 016	112 977

Quadro 4.5 - Variação do volume total, de veículos ligeiros e pesados nas EN's analisadas

Limites	Total	Ligeiros	Pesados
EN_1			
Mínimo	1 500 581	1 481 942	18 639
Máximo	16 142 210	15 670 225	471 985
EN_2			
Mínimo	1 474 077	1 398 240	59 595
Máximo	2 528 760	2 411 074	336 639

A partir da Figura 4.4 é possível observar novamente que o volume de tráfego de pesados a circular nos itinerários principais analisados é bastante reduzido em comparação com o volume de veículos ligeiros. Esta constatação é justificada pelo valor médio de percentagem de pesados em cada um dos itinerários ser bastante semelhante e igual a 5,08 % e 6,18 % no IP_1 e IP_2, respetivamente.

Observa-se na Figura 4.5 que, para o caso do IC_2, o volume de tráfego de pesados a circular neste itinerário complementar é bastante reduzido em comparação com o volume de veículos ligeiros, com um valor médio de 6,83 %. Já para o caso do IC_1, é possível constatar um nível de percentagem de pesados superior a todos os itinerários que foram estudados nesta análise, com valor médio de 15,26 %, que é justificado pelo fato deste itinerário servir diversas áreas com elevada concentração de infraestruturas comerciais/industriais.

Através da análise dos valores registados nas duas estradas nacionais, apresentados na Figura 4.6, é possível verificar que a EN_1 apresenta um volume de tráfego total bastante superior ao da EN_2, com uma diferença de aproximadamente 4 000 000 de veículos. É interessante de destacar o fato de esta diferença ser causada apenas pelo tráfego de veículos ligeiros, pois no caso do tráfego de pesados o valor médio observado é bastante semelhante. No que diz respeito à percentagem de pesados a circular nos itinerários considerados, é perceptível que a EN_1 apresenta um valor médio inferior ao da EN_2, provocado pela diferença de tráfego de ligeiros já referida, com valores de 2,73 % e 7,12 %, respetivamente.

Na análise de tendência foram considerados três grupos, um para cada tipo de itinerário, como é possível observar na Figura 4.7.

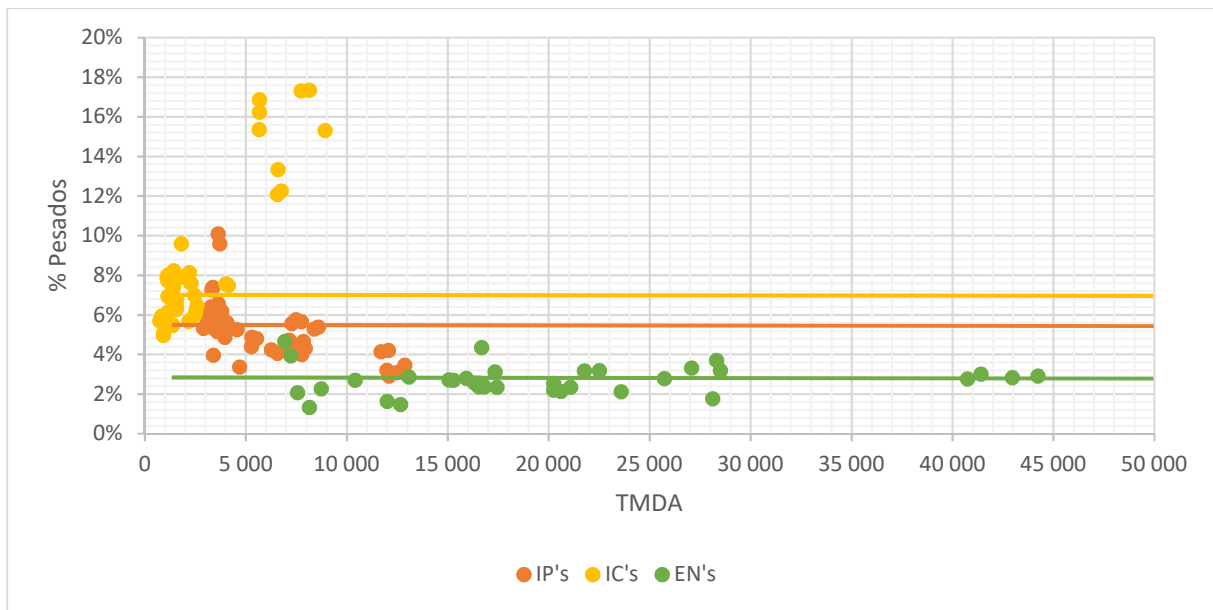


Figura 4.7 - Análise da tendência de porcentagem de veículos pesados nos itinerários sem portagem

Para o caso dos itinerários principais, a linha de tendência abrange todos os postos de contagem dos itinerários IP_1 e IP_2, com exceção dos postos que apresentam um valor de porcentagem de pesados superior a 8 % e para os que apresentam valores de tráfego acima dos 10000 veículos, fora da grande generalidade das contagens efetuadas (*outliers*). Através da observação da linha tendência, estimou-se que o valor médio de porcentagem de pesados é de aproximadamente 5,5 %.

Para a análise da tendência que se verifica no caso dos itinerários complementares, foi considerado apenas o grupo que abrange os postos de contagem com porcentagem de pesados inferior a 10 %. Através da observação deste grupo, é possível constatar uma tendência para um valor médio de aproximadamente 7 % de pesados, até ao valor de cerca de 4000 veículos da TMDA, representado pela reta na Figura 4.7. De salientar que, para o grupo formado pelos postos de contagem que apresentam um valor superior a 10 % de pesados, não foi possível extrair nenhuma conclusão devido ao menor número de dados.

Por fim, para o caso das estradas nacionais a tendência abrangeu todos os postos de contagem dos dois itinerários considerados, apesar de se verificar uma dispersão dos valores do TMDM, e apresenta um valor médio de porcentagem de pesados de aproximadamente 3 %.

4.2 Afetação do tráfego em itinerários alternativos

Pretendeu-se igualmente estudar a afetação de tráfego em itinerários alternativos para rotas equivalentes. Considera-se que a tomada de decisão por parte dos condutores que está subjacente a esta afetação é muito complexa mas, entre outros fatores, pode estar associada à segurança, conforto, tempo e custo das viagens.

Com este objetivo, foram realizadas análises comparativas entre diferentes tipos de itinerários que servem rotas consideradas equivalentes:

- Autoestrada *versus* Itinerário Principal
- Itinerário Principal *versus* Itinerário Complementar
- Autoestrada *versus* Estrada Nacional

(i) Autoestrada *versus* Itinerário Principal

No primeiro caso analisado foi estudada a influência da implementação de uma solução alternativa a um itinerário principal sem portagem por uma solução com portagem. Foram considerados os itinerários AE_1 e IP_2. O troço do itinerário AE_1 em estudo é caracterizado por se desenvolver em túnel numa zona em que o itinerário IP_2 se desenvolve em região montanhosa.

Para uma melhor análise do impacto do túnel da AE_1 na escolha dos viajantes, apresenta-se no Quadro 4.6 e no Quadro 4.7 o TMDM associado ao tráfego de ligeiros e pesados, respetivamente. A abertura do túnel da AE_1 ocorreu em maio de 2016.

Quadro 4.6 - TMDM de ligeiros na AE_1 e IP_2 e respetiva relação

	2016		Relação (AE_1 / IP_2)		2017		Relação (AE_1 / IP_2)	
	AE_1	IP_2	Nº veículos	Percentual	AE_1	IP_2	Nº veículos	Percentual
Janeiro		8 513			7 806	5 432	2 374	30,4%
Fevereiro		8 782			8 100	5 462	2 638	32,6%
Março		9 359			8 244	5 639	2 605	31,6%
Abril		9 464			9 516	5 845	3 671	38,6%
Maio	4 629	6 723	-2 094	-45,2%	8 934	5 843	3 091	34,60%
Junho	4 320	5 912	-1 592	-36,9%	8 874	6 427	2 447	27,6%
Julho	9 673	6 095	3 578	37,0%	10 535	6 100	4 435	42,1%
Agosto	11 851	7 020	4 831	40,8%	13 187	7 048	6 139	46,6%
Setembro	9 444	6 053	3 391	35,9%	10 230	6 034	4 196	41,0%
Outubro	8 947	5 815	3 132	35,0%	9 398	5 980	3 418	36,4%
Novembro	8 291	5 623	2 668	32,2%	8 943	5 835	3 108	34,8%
Dezembro	9 090	5 626	3 464	38,1%	9 232	5 646	3 586	38,8%

Quadro 4.7 - TMDM de pesados na AE_1 e IP_2 e respetiva relação

	2016		Relação (AE_1 / IP_2)		2017		Relação (AE_1 / IP_2)	
	AE_1	IP_2	Nº veículos	Percentual	AE_1	IP_2	Nº veículos	Percentual
Janeiro		635			1 281	218	1 063	83,0%
Fevereiro		679			1 429	218	1 211	84,7%
Março		757			1 545	234	1 311	84,9%
Abril		741			1 484	217	1 267	85,4%
Maio	728	370	358	49,2%	1 596	235	1 361	85,3%
Junho	710	259	451	63,5%	1 591	295	1 296	81,5%
Julho	1 401	250	1 151	82,2%	1 645	237	1 408	85,6%
Agosto	1 386	243	1 143	82,5%	1 592	228	1 364	85,7%
Setembro	1 515	258	1 257	83,0%	1 642	240	1 402	85,4%
Outubro	1 479	235	1 244	84,1%	1 704	233	1 471	86,3%
Novembro	1 527	239	1 288	84,4%	1 644	228	1 416	86,1%
Dezembro	1 382	201	1 181	85,5%	1 502	189	1 313	87,4%

Da análise dos quadros constata-se uma inversão da tendência do aumento de tráfego no IP_2 desde a abertura do túnel na AE_1, ou seja, uma diminuição e respetiva transferência do tráfego de veículos ligeiros do IP_2 para a AE_1 (menos 2741 veículos). No restante período de análise, verificou-se a consolidação da transferência do tráfego de veículos ligeiros do IP_2 para a AE_1, tornando-se

praticamente as relações entre os 27,6 % (2447 veículos em junho de 2017) e os 46,6 % (6139 veículos em agosto 2017), com um valor médio de 43,1 %.

Relativamente aos veículos pesados, observou-se um grande impacto com a abertura do túnel. Constatou-se uma diminuição acentuada do tráfego de pesados no IP_2, em cerca 25,5 %, e o consequente aumento significativo na AE_1 em cerca de 48,5 %.

O Quadro 4.8 apresenta a comparação dos TMDA de veículos ligeiros e pesados na AE_1 e no IP_2, onde são compiladas sinteticamente as conclusões descritas anteriormente.

Quadro 4.8 - TMDA total, de ligeiros e pesados na AE_1 e IP_2 e respetiva relação

	2016		Relação (AE_1 / IP_2)		2017		Relação (AE_1 / IP_2)	
	AE_1	IP_2	Nº veículos	Percentual	AE_1	IP_2	Nº veículos	Percentual
Total	2 341 648	2 737 846	-396 198	-16,9%	4 008 582	2 253 656	1 754 926	43,8%
Ligeiros	2 031 479	2 589 864	-558 385	-27,5%	3 440 985	2 169 398	1 271 587	37,0%
Pesados	310 170	147 982	162 188	52,3%	567 597	84 259	483 338	85,2%

Este foi um caso particular em que os condutores manifestam preferência por utilizar um itinerário com portagem. Tal facto deveu-se aos condutores estarem dispostos a pagar para terem um maior conforto e segurança na viagem pois, como foi referido anteriormente, a região destes itinerários desenvolve-se em zona bastante montanhosa e sujeita a condições climáticas adversas em determinadas estações do ano. A alternativa de circulação em túnel apresenta-se mais confortável e segura, para além da diminuição do tempo de viagem.

(ii) Itinerário Principal versus Itinerário Complementar

O Itinerário Principal IP_1 e o Itinerário Complementar IC_1 foram selecionados para esta análise como soluções alternativas e não sujeitos a portagem. Considerou-se importante analisar dois itinerários alternativos com hierarquia rodoviária diferente e com características da geometria da estrada distintas em alguns lanços e a inexistência de portagens em ambos os itinerários.

Apresenta-se no Quadro 4.9 e no Quadro 4.10 o TMDM de ambos os itinerários durante o tempo de análise, para o caso do tráfego de veículos ligeiros e pesados.

Para o tráfego de veículos ligeiros, verificou-se um volume de veículos mais elevado no IC_1 ao longo do tempo de análise, em média cerca de 40 % superior ao IP_1 nos primeiros dois anos, caindo para cerca de 15 % nos dois anos seguintes. Essa queda foi provavelmente consequência do abrandamento do aumento de tráfego de ligeiros no IC_1 e de um aumento significativo do tráfego no IP_1 no ano de 2016.

Relativamente ao tráfego de veículos pesados, constatou-se que o itinerário IC_1 apresentou um volume de tráfego bastante superior ao IP_1, que nos meses de maior tráfego (julho e agosto) chegou a ser quatro vezes superior. Foi também possível observar uma ligeira diminuição do volume de tráfego no ano de 2016 para ambos os itinerários, mas no que diz respeito à diferença de afetação de tráfego, esta manteve-se constante ao longo de todo o tempo de análise com valor médio da ordem de grandeza

de 75 % para o itinerário IC_1. Esta diferença pode ser explicada pelo fato do itinerário IC_1 atravessar zonas com maior ocupação de indústrias e servir áreas urbanas de maiores dimensões.

O Quadro 4.11 apresenta o TMDA de veículos ligeiros e pesados no IC_1 e no IP_1, onde se pode observar a estabilização do crescimento do tráfego no itinerário IC_1 em 2016, mais evidente no caso dos veículos ligeiros.

A análise da afetação do tráfego a estes itinerários permite concluir que, no que se pode associar à segurança e conforto da viagem, ambos os itinerários são semelhantes pois apresentam infraestruturas idênticas (geometria e elementos de segurança rodoviária). Em relação ao tempo de viagem, o itinerário IC_1 é menos vantajoso devido ao elevado tráfego, especialmente de veículos pesados, com tendência para maiores e mais frequentes congestionamentos, o que conduz a maiores tempos de viagem.

(iii) Autoestrada versus Estrada Nacional

Neste âmbito foram seleccionados os itinerários AE_2 (Autoestrada) e EN_1 (Estrada Nacional), para os quais se pretendeu analisar dois itinerários de nível de importância significativamente diferente, de estudar a influência da geometria da estrada ao nível do conforto e segurança e do facto de se tratar de um itinerário com e sem portagem, respetivamente. O Quadro 4.12 e Quadro 4.13 apresentam o TMDM de todos os meses entre 2014 e 2017 para o tráfego de veículos ligeiros e pesados, respetivamente.

Analisando o tráfego de veículos ligeiros, verificou-se uma tendência de tráfego na EN_1 sempre superior, com uma afetação acima dos 60 % na maioria dos meses. Esta diferença diminuiu entre meses consecutivos ao longo do período de análise, chegando mesmo a verificar-se no mês de agosto de 2016 valores de tráfego semelhantes entre os dois itinerários e, no mês de agosto de 2017, chega mesmo a existir uma inversão da tendência, com a presença de maior volume de tráfego na AE_2 em relação à EN_1 (relação EN_1/AE_2 negativa de 9,29 %).

No caso dos veículos pesados, constatou-se uma tendência idêntica, ou seja, mais elevada na EN_1. De salientar a ocorrência da alteração da preferência dos condutores de veículos pesados nos dois itinerários a partir de 2016, com o decréscimo de volume de tráfego na EN_1 e consequente aumento na AE_2, verificando-se pela primeira vez níveis superiores de tráfego na AE_2 no mês de maio de 2016, mantendo-se a tendência até ao final de 2017. Foi possível associar este comportamento particular à simultaneidade da redução das tarifas da portagem na autoestrada e à realização de obras de beneficiação na estrada nacional. No Quadro 4.14 são apresentados os volumes totais anuais de tráfego de ligeiros e pesados na EN_1 e na AE_2, onde se pode comprovar a diminuição do tráfego total na EN_1 em relação à AE_2, provocado principalmente pela diminuição do tráfego pesado.

Os resultados obtidos nestes itinerários permitem evidenciar que a diferença de volumes de tráfego entre a estrada nacional e a autoestrada pode estar intimamente associada, tal como expectável, ao custo da portagem.

Quadro 4.9 - TMDM de ligeiros no IP_1 e IC_1 e respetiva relação

	2014		Relação (IC_1/IP_1)		2015		Relação (IC_1/IP_1)		2016		Relação (IC_1/IP_1)		2017		Relação (IC_1/IP_1)	
	IC_1	IP_1	Nº veículos	Percentual	IC_1	IP_1	Nº veículos	Percentual	IC_1	IP_1	Nº veículos	Percentual	IC_1	IP_1	Nº veículos	Percentual
Janeiro	3 949	2 470	1 479	37,5%	4 585	2 557	2 028	44,2%	4 450	3 735	715	16,1%	4 434	4 140	294	6,6%
Fevereiro	3 967	2 518	1 449	36,5%	4 826	2 702	2 124	44,0%	4 677	3 896	781	16,7%	4 745	4 256	489	10,3%
Março	4 393	2 746	1 647	37,5%	5 108	2 865	2 243	43,9%	5 247	4 268	979	18,7%	4 949	4 409	540	10,9%
Abril	5 018	3 045	1 973	39,3%	5 557	3 106	2 451	44,1%	5 182	4 479	703	13,6%	5 698	5 003	695	12,2%
Maio	4 829	3 066	1 763	36,5%	5 791	3 240	2 551	44,1%	5 076	4 311	765	15,1%	5 206	4 769	437	8,4%
Junho	5 648	3 252	2 396	42,4%	6 263	3 378	2 885	46,1%	6 177	4 999	1 178	19,1%	5 867	5 191	676	11,5%
Julho	7 533	3 734	3 799	50,4%	7 412	3 887	3 525	47,6%	7 421	5 789	1 632	22,0%	7 483	5 832	1 651	22,1%
Agosto	9 640	3 538	6 102	63,3%	8 776	4 063	4 713	53,7%	8 208	6 212	1 996	24,3%	8 013	6 195	1 818	22,7%
Setembro	6 689	3 172	3 517	52,6%	6 510	3 391	3 119	47,9%	6 347	5 263	1 084	17,1%	6 314	5 392	922	14,6%
Outubro	5 116	2 952	2 164	42,3%	4 956	2 752	2 204	44,5%	5 102	4 664	438	8,6%	5 282	4 839	443	8,4%
Novembro	4 882	2 759	2 123	43,5%	4 856	2 667	2 189	45,1%	4 604	4 289	315	6,8%	4 757	4 556	201	4,2%
Dezembro	5 057	2 827	2 230	44,1%	5 026	2 657	2 369	47,1%	4 863	4 347	516	10,6%	5 046	4 592	454	9,0%

Quadro 4.10 - TMDM de pesados no IP_1 e IC_1 e respetiva relação

	2014		Relação (IC_1/IP_1)		2015		Relação (IC_1/IP_1)		2016		Relação (IC_1/IP_1)		2017		Relação (IC_1/IP_1)	
	IC_1	IP_1	Nº veículos	Percentual	IC_1	IP_1	Nº veículos	Percentual	IC_1	IP_1	Nº veículos	Percentual	IC_1	IP_1	Nº veículos	Percentual
Janeiro	691	233	458	66,3%	885	213	672	75,9%	848	213	635	74,9%	925	203	722	78,1%
Fevereiro	754	234	520	69,0%	941	242	699	74,3%	960	242	718	74,8%	955	212	743	77,8%
Março	762	258	504	66,1%	1 034	258	776	75,1%	1 083	262	821	75,8%	1 095	241	854	78,0%
Abril	814	280	534	65,6%	1 049	253	796	75,9%	1 078	273	805	74,7%	1 045	223	822	78,7%
Maio	876	258	618	70,6%	1 054	272	782	74,2%	1 096	264	832	75,9%	1 159	258	901	77,74%
Junho	882	257	625	70,9%	1 127	292	835	74,1%	1 203	277	926	77,0%	1 196	261	935	78,2%
Julho	1 185	287	898	75,8%	1 283	328	955	74,4%	1 168	224	944	80,8%	1 211	260	951	78,5%
Agosto	1 111	232	879	79,1%	1 331	357	974	73,2%	1 207	221	986	81,7%	1 238	261	977	78,9%
Setembro	1 007	274	733	72,8%	1 094	294	800	73,1%	1 076	234	842	78,3%	1 093	283	810	74,1%
Outubro	1 015	295	720	70,9%	1 009	271	738	73,1%	971	213	758	78,1%	1 053	277	776	73,7%
Novembro	889	248	641	72,1%	957	261	696	72,7%	988	215	773	78,2%	1 045	276	769	73,6%
Dezembro	837	227	610	72,9%	820	208	612	74,6%	890	190	700	78,7%	882	231	651	73,8%

Quadro 4.11 - TMDA total, de ligeiros e pesados no IP_1 e IC_1 e respetiva relação

	2014		Relação (IC_1/IP_1)		2015		Relação (IC_1/IP_1)		2016		Relação (IC_1/IP_1)		2017		Relação (IC_1/IP_1)	
	IC_1	IP_1	Nº veículos	Percentual	IC_1	IP_1	Nº veículos	Percentual	IC_1	IP_1	Nº veículos	Percentual	IC_1	IP_1	Nº veículos	Percentual
Total	2 035 953	1 192 296	843 657	41,4%	2 505 128	1 233 339	1 271 789	50,8%	2 439 654	1 803 154	636 500	26,1%	2 457 295	1 892 264	565 031	23,0%
Ligeiros	1 754 367	1 098 606	655 761	37,4%	2 122 033	1 134 492	987 541	46,5%	2 056 320	1 716 974	339 346	16,5%	2 064 734	1 801 426	263 308	12,8%
Pesados	281 586	93 690	187 896	66,7%	383 095	98 847	284 248	74,2%	383 334	86 180	297 154	77,5%	392 562	90 838	301 724	76,9%

Quadro 4.12 - TMDM de ligeiros na AE_2 e EN_1 e respetiva relação

	2014		Relação (EN_1/AE_2)		2015		Relação (EN_1/AE_2)		2016		Relação (EN_1/AE_2)		2017		Relação (EN_1/AE_2)	
	EN_1	AE_2	Nº veículos	Percentual	EN_1	AE_2	Nº veículos	Percentual	EN_1	AE_2	Nº veículos	Percentual	EN_1	AE_2	Nº veículos	Percentual
Janeiro	20 545	4 505	16 040	78,1%	21 327	4 996	16 331	76,6%	17 010	6 064	10 946	64,4%	15 562	6 729	8 833	56,8%
Fevereiro	21 573	4 952	16 621	77,1%	22 773	5 632	17 141	75,3%	18 320	7 093	11 227	61,3%	16 328	7 644	8 684	53,2%
Março	22 242	5 424	16 818	75,6%	24 045	6 354	17 691	73,6%	19 552	8 973	10 579	54,1%	17 393	8 435	8 958	51,5%
Abril	23 330	7 608	15 722	67,4%	26 356	8 176	18 180	69,0%	20 396	9 201	11 195	54,9%	18 682	12 368	6 314	33,8%
Maio	25 124	7 430	17 694	70,4%	26 492	8 443	18 049	68,1%	19 640	10 145	9 495	48,4%	19 072	12 232	6 840	35,9%
Junho	27 015	9 244	17 771	65,8%	28 644	10 390	18 254	63,7%	21 038	12 503	8 535	40,6%	21 172	15 343	5 829	27,5%
Julho	30 901	13 175	17 726	57,4%	32 359	14 707	17 652	54,6%	21 436	17 629	3 807	17,8%	22 194	20 310	1 884	8,5%
Agosto	34 123	19 747	14 376	42,1%	35 046	21 457	13 589	38,8%	23 237	23 167	70	0,3%	23 476	25 658	-2 182	-9,3%
Setembro	28 011	10 391	17 620	62,9%	29 965	11 872	18 093	60,4%	20 438	14 178	6 260	30,6%	21 431	16 750	4 681	21,8%
Outubro	25 429	7 653	17 776	69,9%	25 835	8 683	17 152	66,4%	18 375	10 143	8 232	44,8%	19 203	12 395	6 808	35,5%
Novembro	22 181	5 574	16 607	74,9%	20 854	6 643	14 211	68,2%	16 135	7 534	8 601	53,3%	17 242	9 378	7 864	45,6%
Dezembro	21 504	5 406	16 098	74,9%	17 331	6 627	10 704	61,8%	15 094	7 008	8 086	53,6%	15 882	8 822	7 060	44,5%

Quadro 4.13 - TMDM de pesados na AE_2 e EN_1 e respetiva relação

	2014		Relação (EN_1/AE_2)		2015		Relação (EN_1/AE_2)		2016		Relação (EN_1/AE_2)		2017		Relação (EN_1/AE_2)	
	EN_1	AE_2	Nº veículos	Percentual	EN_1	AE_2	Nº veículos	Percentual	EN_1	AE_2	Nº veículos	Percentual	EN_1	AE_2	Nº veículos	Percentual
Janeiro	614	336	278	45,3%	614	339	275	44,8%	483	402	81	16,8%	439	471	-32	-7,3%
Fevereiro	638	370	268	42,0%	678	400	278	41,0%	576	494	82	14,2%	476	541	-65	-13,7%
Março	674	439	235	34,9%	736	451	285	38,7%	620	553	67	10,8%	561	654	-93	-16,6%
Abril	713	496	217	30,4%	777	516	261	33,6%	606	581	25	4,1%	517	701	-184	-35,6%
Maio	803	485	318	39,6%	804	519	285	35,5%	570	612	-42	-7,4%	581	804	-223	-38,4%
Junho	829	499	330	39,8%	879	572	307	34,9%	638	664	-26	-4,1%	570	874	-304	-53,3%
Julho	901	551	350	38,9%	913	606	307	33,6%	548	686	-138	-25,2%	592	811	-219	-37,0%
Agosto	850	576	274	32,2%	846	656	190	22,5%	534	717	-183	-34,3%	588	846	-258	-43,9%
Setembro	826	545	281	34,0%	849	600	249	29,3%	529	656	-127	-24,0%	604	742	-138	-22,9%
Outubro	786	485	301	38,3%	793	539	254	32,0%	485	586	-101	-20,8%	556	689	-133	-23,9%
Novembro	624	377	247	39,6%	641	450	191	29,8%	440	516	-76	-17,3%	491	622	-131	-26,7%
Dezembro	579	348	231	39,9%	539	402	137	25,4%	391	433	-42	-10,7%	414	494	-80	-19,3%

Quadro 4.14 - TMDA total, de ligeiros e pesados na AE_2 e EN_1 e respetiva relação

	2014		Relação (EN_1/AE_2)		2015		Relação (EN_1/AE_2)		2016		Relação (EN_1/AE_2)		2017		Relação (EN_1/AE_2)	
	EN_1	AE_2	Nº veículos	Percentual	EN_1	AE_2	Nº veículos	Percentual	EN_1	AE_2	Nº veículos	Percentual	EN_1	AE_2	Nº veículos	Percentual
Total	9 465 124	3 254 401	6 210 723	65,6%	9 953 631	3 663 548	6 290 083	63,2%	6 379 187	4 295 739	2 083 448	32,7%	4 939 285	5 012 419	-73 134	-1,5%
Ligeiros	9 196 052	3 086 697	6 109 355	66,4%	9 672 336	3 479 350	6 192 986	64,0%	6 208 510	4 085 230	2 123 280	34,2%	4 806 553	4 761 193	45 360	0,9%
Pesados	269 073	167 704	101 369	37,7%	281 295	184 198	97 097	34,5%	170 677	210 509	-39 832	-23,3%	132 733	251 225	-118 492	-89,3%

4.3 Influência do tráfego na qualidade do pavimento

É bem conhecido que a passagem do tráfego, sobretudo de veículos pesados, ao longo do tempo, é um dos fatores principais que origina a degradação do pavimento e, conseqüentemente, influencia a diminuição da sua qualidade. A Figura 4.8 mostra as possíveis evoluções do estado do pavimento em função do tipo de ações de manutenção e/ou reabilitação adotadas ao longo do ciclo de vida da infraestrutura.

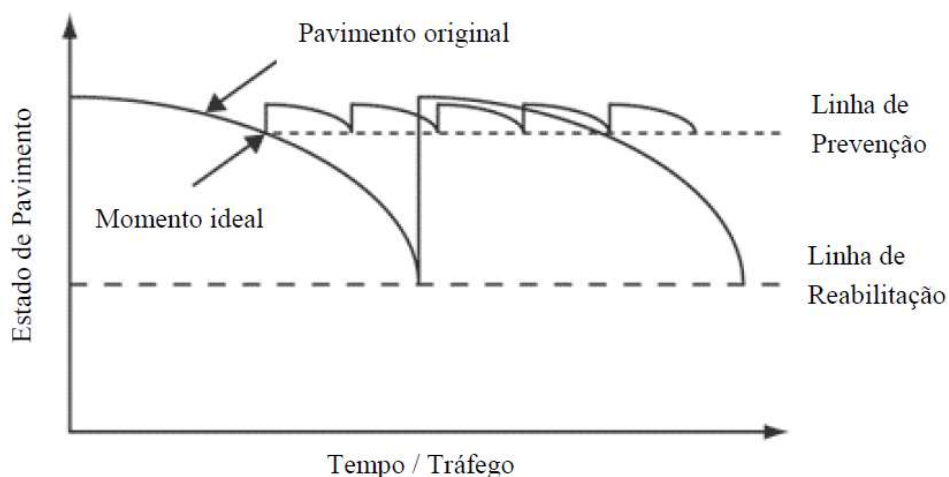


Figura 4.8 - Efeito da conservação preventiva e de reabilitação ao longo do tempo [36]

No presente estudo pretendeu-se analisar a influência do volume de tráfego de veículos pesados nas condições do estado do pavimento. Para tal, foram analisados dados fornecidos pela IP relativos a diversas secções de três itinerários já analisados anteriormente (IP_1, IC_1 e EN_1), entre os anos de 2014 e 2017 para o volume de veículos e 2012 a 2018 para o Índice de Qualidade dos pavimentos (IQ) e estruturas de pavimento, com base na informação do Sistema de Gestão de Pavimentos (SGPav).

A fórmula adotada no cálculo do IQ foi a relativa a pavimentos flexíveis e que tem em conta três parâmetros de avaliação do estado do pavimento, como é possível ver na equação 4.1 e 4.2 [37]:

$$IQ = 5 \times e^{-0,0002099 \times IRI} - 0,002139 \times R^2 - 0,03 \times (C3)^{0,5} \quad (4.1)$$

Em que,

$$C3 = \frac{\text{largura da secção} \times \text{extensão total afetada com fendilhamen de gravidade 3}}{\text{largura da secção} \times \text{extensão tota}} \times 100 \quad (4.2)$$

O primeiro parâmetro é o Índice de Irregularidade Longitudinal do pavimento, designado por IRI (*Internacional Roughness Index*), que pretende traduzir a regularidade do perfil longitudinal da estrada e representa o movimento total do sistema utilizado para a análise (massa do veículo + mola/amortecedor + massa do eixo + pneu) dividido pela distância percorrida (m/km). O segundo parâmetro é o cavado de rodeira (R) que representa a deformação provocada pelos rodados do veículo no pavimento, sendo essa deformação quantificada através da medição do seu perfil transversal em milímetros. O terceiro parâmetro é a percentagem de área de fendilhamento (C3) que corresponde à

área de fendilhamento em pele de crocodilo (nível mais grave deste tipo de patologia) num determinado troço de estrada.

O IQ varia quantitativamente entre os valores 0 e 5 e qualitativamente entre “muito mau estado” a “muito bom estado”, respetivamente. A IP considera a divisão em 3 classes de qualidade conforme apresentado no Quadro 4.15.

Quadro 4.15 - Classes do IQ consideradas pela Infraestruturas de Portugal

Classes	Índice de Qualidade
I - Bom	$\geq 3,5$
II - Razoável	$2,5 \leq 3,5$
III - Mediocre	$< 2,5$

O Quadro 4.16 apresenta os IQ obtidos para as diferentes secções dos três itinerários estudados, entre os anos de 2012 e 2018.

No que diz respeito à variação do IQ observada entre os diferentes anos de cada secção de estrada para cada itinerário, não é possível concluir a existência de degradação ou melhoria (obras de reabilitação) das condições do pavimento ao longo do tempo, pois as variações registadas são bastante pequenas e podem estar associadas a erros inerentes ao processo de avaliação dos diferentes parâmetros considerados para o cálculo do IQ.

Da análise do comportamento do IQ em cada itinerário, é possível observar no Quadro 4.16 que relativamente ao itinerário IP_1, constata-se a falta de informação sobre a qualidade do pavimento no intervalo de tempo definido para a análise, observando-se oscilações pouco significativas entre as diferentes secções, apresentando um valor máximo e mínimo de 3,98 (secção D no ano de 2015) e 3,24 (secção K no ano de 2017), respetivamente. Para o itinerário IC_1, verificaram-se oscilações da qualidade do pavimento ao longo das diferentes secções estudadas, com valores máximos e mínimos do IQ de 3,97 (secção N no ano de 2014) e 1,59 (secção F no ano de 2015), respetivamente. A existência de secções com valor reduzido de IQ neste itinerário deve-se, sobretudo, à existência de árvores na zona adjacente à faixa de rodagem (levantamento do pavimento pelas raízes das árvores). Para o caso da EN_1, o número de secções disponibilizadas e o número de anos em que foi recolhida informação para o cálculo do IQ foram menores, com apenas dois troços e dois anos disponibilizados, com uma extensão total de 10,64 km, sendo por isso justificadas as pequenas oscilações verificadas, com um valor máximo e mínimo do IQ de 3,25 (secção A no ano de 2017) e 2,88 (secção B no ano de 2014), respetivamente.

Quadro 4.16 - Índice de Qualidade no IP_1, IC_1 e EN_1 entre 2012 e 2018

Itinerário	Secções	Extensão (Km)	IQ 2012	IQ 2013	IQ 2014	IQ 2015	IQ 2016	IQ 2017	IQ 2018
IP_1	A	0,38	3,15	3,40	3,42	3,56	-	3,35	-
	B	14,00	3,82	3,80	3,77	3,73	-	3,67	-
	C	23,85	-	3,74	-	-	-	3,66	-
	D	8,91	3,85	3,81	-	3,98	-	3,94	-
	E	5,67	3,47	3,41	-	3,75	-	3,82	-
	F	10,84	2,98	2,93	-	3,26	-	3,75	-
	G	11,01	3,18	3,21	-	3,75	-	3,70	-
	H	1,89	-	2,10	-	-	-	3,41	-
	I	12,05	-	2,54	-	-	-	3,72	-
	J	30,16	3,34	3,32	-	-	-	3,83	-
	K	2,19	3,41	3,40	-	-	-	3,24	-
	L	5,65	3,71	3,71	3,62	3,43	-	3,57	-
IC_1	A	1,38	2,94	3,19	3,13	3,03	-	2,95	-
	B	14,52	-	3,63	3,63	3,60	-	3,51	-
	C	11,32	-	2,55	2,47	2,45	-	2,29	-
	D	4,82	-	2,61	2,50	2,45	-	2,34	-
	E	1,57	-	2,01	1,91	1,88	-	1,61	-
	F	16,27	-	1,83	1,62	1,59	-	1,91	-
	G	2,12	-	2,53	2,52	2,40	-	2,37	-
	H	1,51	-	3,69	3,47	3,43	-	3,08	-
	I	16,40	-	3,45	3,40	3,32	-	3,22	-
	J	11,68	3,36	3,33	3,22	3,17	-	3,2	-
	K	1,34	2,78	2,78	2,61	2,61	-	3,57	-
	L	7,51	3,04	3,05	2,91	2,94	-	3,02	-
	M	2,47	3,23	3,18	3,17	3,18	-	3,03	-
	N	9,12	3,18	3,19	3,97	3,88	-	3,91	-
	O	8,56	3,13	3,32	3,30	3,38	-	3,17	-
	P	11,21	3,22	3,22	3,58	3,62	-	3,46	-
	Q	8,55	3,00	3,01	2,90	3,06	-	2,82	-
	R	2,01	3,33	3,40	3,14	3,25	-	3,06	-
	S	11,19	3,69	3,65	3,61	3,43	3,31	-	-
	T	8,42	3,01	2,97	2,90	2,83	2,81	-	-
U	8,43	2,93	2,92	2,88	2,82	2,77	-	-	
V	10,37	2,92	2,90	2,88	2,83	2,81	-	-	
X	14,03	3,05	3,02	2,94	2,90	-	-	3,04	
Y	0,52	3,23	3,26	3,11	3,19	3,09	-	-	
Z	14,00	3,45	3,34	3,35	3,35	3,27	-	-	
AA	0,97	-	3,23	3,26	3,17	3,17	3,19	3,16	
AB	0,97	-	2,97	2,97	2,86	2,87	2,82	2,73	
EN_1	A	5,32	3,21	3,14	3,17	-	-	3,25	-
	B	5,32	3,05	2,89	2,88	-	-	3,03	-

Analisando os dados de forma mais pormenorizada, obteve-se informação detalhada dos diferentes parâmetros considerados para o cálculo do IQ entre os anos de 2012 a 2018, assim como da evolução da estrutura do pavimento ao longo do tempo de algumas secções de cada um dos itinerários selecionados para a análise. Na apresentação das estruturas de pavimento das várias secções analisadas utilizou-se a designação genérica de camada (camada granular e camada betuminosa), sabendo que essa designação foi atribuída no sentido lato, pois por vezes poderá corresponder à construção de duas ou mais camadas desse mesmo tipo. Toda a informação disponibilizada relativa aos parâmetros considerados para a definição do IQ encontra-se no Anexo B. Para auxiliar a análise dos dados, definiram-se diversas classes para categorizar os valores medidos do IRI e das rodeiras consoante o seu nível de gravidade, que se descrevem no Quadro 4.17.

Quadro 4.17 - Classes do IRI e Rodeira

Classes	IRI (m/km)	Rodeira (mm)
I	$\leq 1,5$	≤ 10
II	$1,5 \leq 2,0$	$10 \leq 15$
III	$2,0 \leq 3,0$	$15 \leq 20$
IV	$3,0 \leq 4,0$	$20 \leq 30$
V	> 4	> 30

De seguida, para o desenvolvimento do presente estudo, foram consideradas 2 secções de cada um dos três itinerários analisados, como forma a estudar os parâmetros de qualidade associados à sua estrutura do pavimento.

No que diz respeito ao itinerário IP_1, para a secção D constata-se existir dois intervalos de valores de IRI e rodeira ao longo do período temporal estudado. Um primeiro caso entre os anos de 2012 e 2013, em que os dados registados relativamente à rodeira mantêm-se constantes e iguais a 3,14 mm (classe I) e, no caso do IRI, observa-se uma pequena degradação do pavimento com uma variação de 1,270 m/km para 1,310 m/km (classe I). Um segundo caso, entre os anos de 2015 e 2017, em que se verificou uma melhoria do pavimento relativamente às rodeiras, com um decréscimo dos valores registados em cerca de 2 mm. No que diz respeito ao IRI, verifica-se também um decréscimo nesta secção, com uma variação de cerca de 0,200 m/km. A razão para esta redução não foi possível ser justificada, nem através do contacto com a IP, nem através dos dados acerca da evolução histórica da estrutura do pavimento. Ainda relativamente ao segundo caso considerado, constatou-se um ligeiro aumento dos valores registados dos dois parâmetros analisados em simultâneo com o aumento de tráfego, mais significativo no caso do volume de veículos ligeiros.

Observa-se na Figura 4.9 a variação dos parâmetros IRI, rodeira e volume de tráfego de veículos ligeiros e pesados na secção D, no intervalo de tempo analisado.

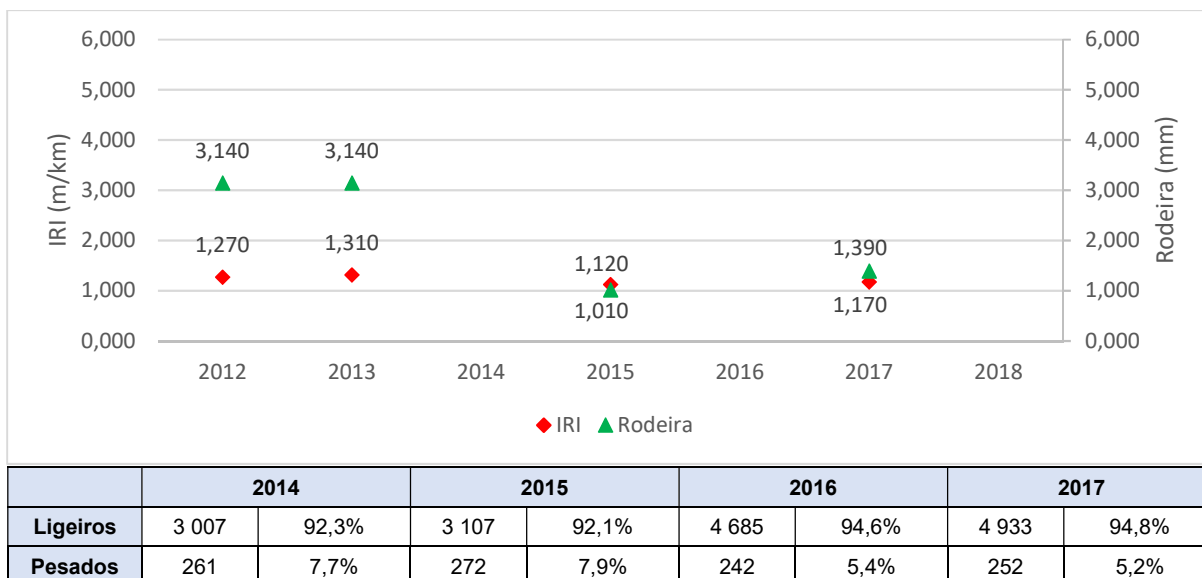


Figura 4.9 - Variação dos parâmetros IRI, rodeira e do volume de tráfego na secção D

Acerca da secção I do itinerário IP_1, a informação disponível em relação aos parâmetros IRI e rodeira foi mais escassa. Foi possível observar um decréscimo do valor do IRI entre os anos de 2013 e 2017, com uma variação de classe III (2,830 m/km) para classe I (1,450 m/km). Em relação ao comportamento da rodeira, constatou-se que, entre os anos de 2012 e 2013, não existiu alteração deste parâmetro, sofrendo uma melhoria significativa no ano de 2017, com uma redução do seu valor de 5,13 mm para 1,38 mm (ambos de classe I).

No que diz respeito à influência que o tráfego de veículos ligeiros e pesados tem na qualidade do pavimento, considera-se não ser possível retirar conclusões por falta de informação dos parâmetros IRI e rodeira entre os anos de 2014 e 2017.

Na Figura 4.10 observa-se a variação dos parâmetros IRI, rodeira e volume de tráfego de veículos ligeiros e pesados na secção I, no intervalo de tempo analisado.

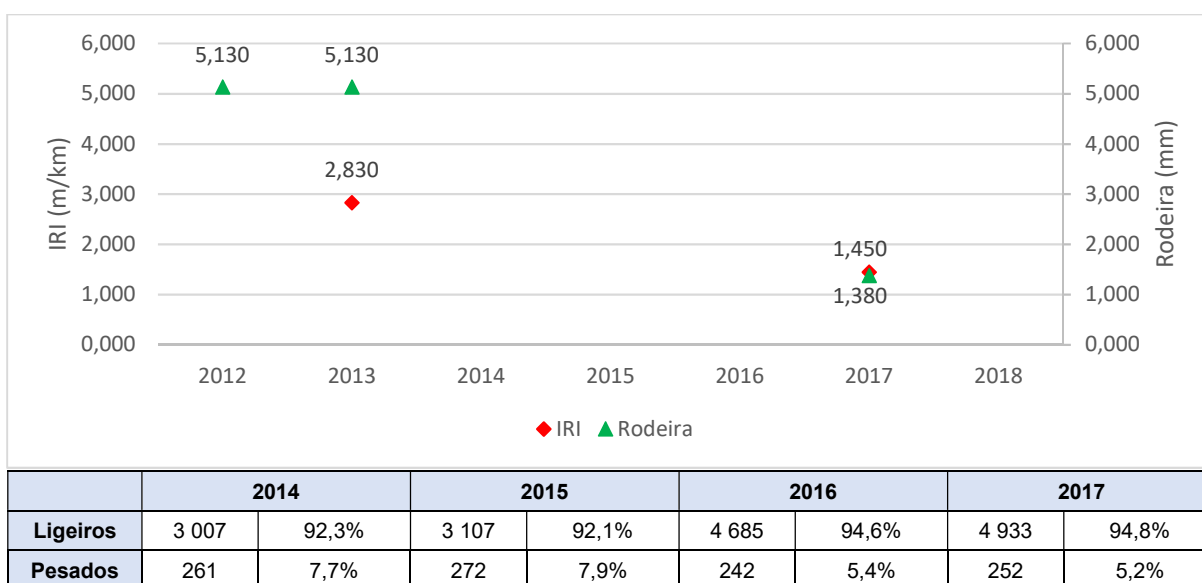


Figura 4.10 - Variação dos parâmetros IRI, rodeira e do volume de tráfego na secção I

Através do estudo da evolução da estrutura do pavimento nas secções D e I do IP_1 ao longo do tempo, com base na informação presente nos Anexos C.1 e C.2, até ao início do ano de 2012, o pavimento apresenta uma estrutura com uma espessura, das diferentes camadas, mais elevada na secção D do que na secção I, formado por uma camada granular com 35 cm de espessura, uma camada betuminosa com 14 cm de espessura e uma camada betuminosa de desgaste com 5 cm de espessura. No caso da secção I, o pavimento é constituído por camada granular com 20 cm, camada betuminosa com 7 cm e, camada betuminosa de desgaste com 5 cm. É possível observar na Figura 4.11 um esquema da estrutura do pavimento na secção D e I, à data do ano de 2012.

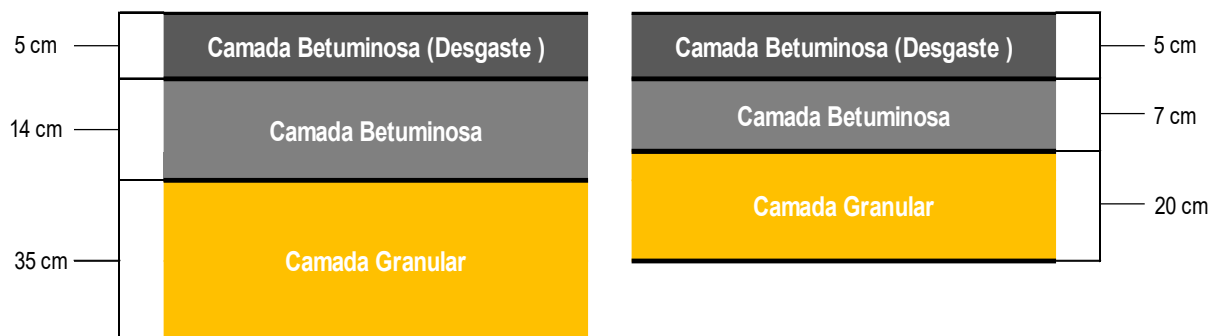


Figura 4.11 - Estrutura do pavimento na secção D (à esquerda) e na secção I (à direita)

Para o itinerário IC_1, é possível concluir que, para a secção F, o IRI e o cavado de rodeira sofreram pequenas oscilações ao longo do período de tempo em que se realizou o estudo. Essas variações foram mais acentuadas no caso do cavado de rodeira. Para o caso do IRI, os valores registados mostram gravidade alta, com valores dentro das classes IV e V. As rodeiras apresentam valores inferiores e de menor grau de degradação de classe I e II. Esta tendência foi invertida no ano de 2017 com a observação de decréscimo do valor do cavado de rodeira, não tendo sido possível apurar a razão para tal acontecimento.

A variação dos parâmetros IRI, rodeira e volume de tráfego de veículos ligeiros e pesados na secção F, no intervalo de tempo analisado, é possível observar na Figura 4.12.

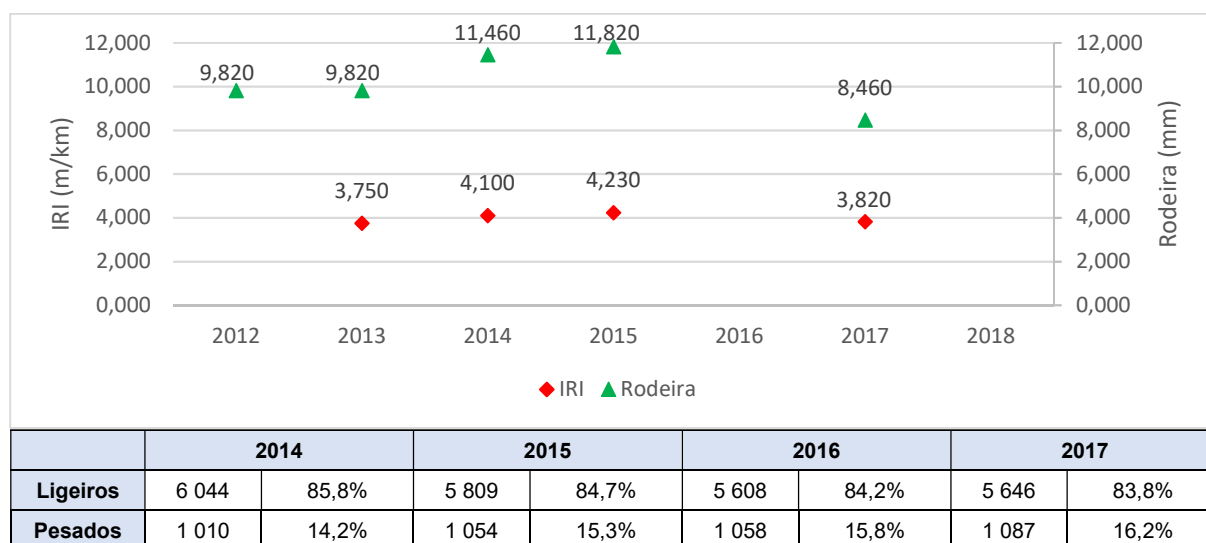


Figura 4.12 - Variação dos parâmetros IRI, rodeira e do volume de tráfego na secção F

Ainda no decorrer da análise efetuada relativa ao itinerário IC_1, mas agora para o caso da secção K, foi possível verificar o aumento gradual dos parâmetros IRI e rodeira entre os anos de 2012 e 2015 e, por consequência, a degradação das condições do pavimento, em simultâneo com o aumento do tráfego médio de pesados. Foi possível constatar que todos os valores do IRI, entre 2012 e 2015, são de classe III e os valores da rodeira, no mesmo período de tempo, são de classe I, o que revela um estado razoável do pavimento nesta secção ao nível da irregularidade longitudinal. Esta tendência foi invertida no ano de 2017, com a observação de um decréscimo do valor de ambos os parâmetros, mais significativo no caso do IRI e, conseqüentemente, aumento de qualidade, justificado pela execução de uma obra de reabilitação do pavimento.

Na Figura 4.13 observa-se a variação dos parâmetros IRI, rodeira e volume de tráfego de veículos ligeiros e pesados na secção K, no intervalo de tempo analisado.

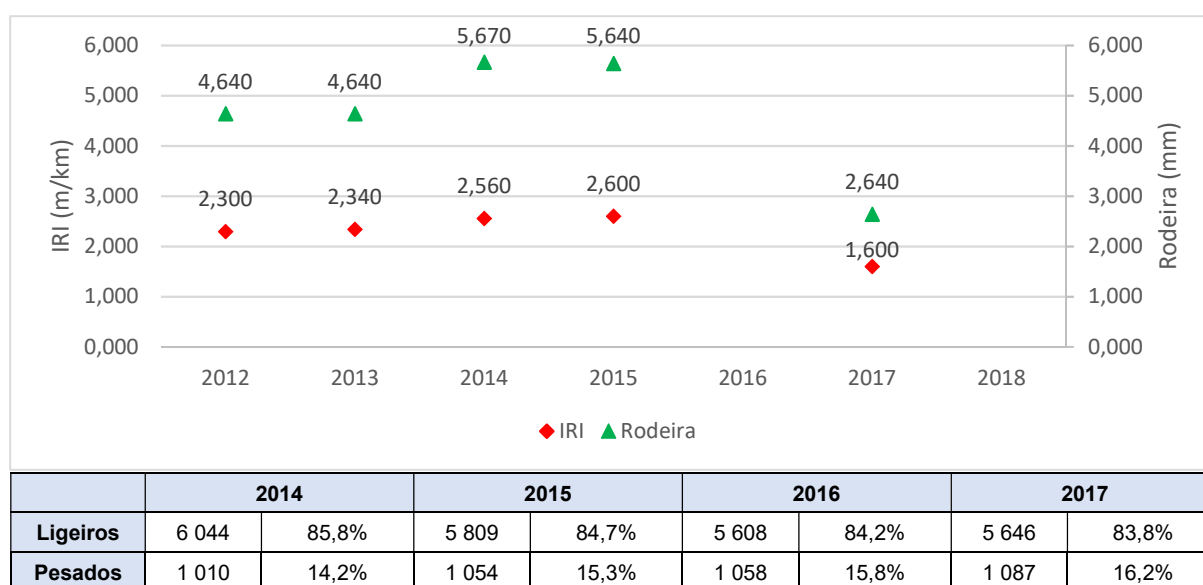


Figura 4.13 - Variação dos parâmetros IRI, rodeira e do volume de tráfego na secção K

No que diz respeito à evolução da estrutura do pavimento nas secções F e K do IC_1 ao longo do tempo, com base na informação presente nos Anexos C.3 e C.4, conclui-se que, no início do ano de 2012 e ao longo de toda a sua extensão, o pavimento apresenta uma estrutura de camadas betuminosas semelhante em ambas as secções. No que diz respeito às camadas granulares, a secção K apresenta uma espessura de 35 cm e, para o caso da secção F, não foi possível obter informação sobre a sua espessura. O pavimento da secção F é formado por camada granular de espessura não conhecida, camada betuminosa com 18 cm de espessura e camada betuminosa de desgaste com 5 cm de espessura. No caso da secção K, o pavimento é constituído por camada granular com 35 cm de espessura, camada betuminosa com 18 cm de espessura e camada betuminosa de desgaste com 5 cm de espessura. Na Figura 4.14 é possível observar um esquema da estrutura do pavimento na secção F e K. De salientar que, no ano de 2015, se realizou uma obra de reabilitação do pavimento na secção K, com a execução da fresagem e conseqüente substituição da camada de desgaste.



Figura 4.14 - Estrutura do pavimento na secção F (à esquerda) e secção K (à direita)

Analisando agora o itinerário EN_1 relativamente à secção A, constata-se que os valores do IRI e das rodeiras mantêm-se praticamente constantes ao longo do período temporal estudado. No caso do IRI, os dados registados encontram-se no limiar entre a classe I e II, com valores entre 1,960 m/km e 2,040 m/km. Para o caso da rodeira, todos os valores se encontram no intervalo correspondente à classe I, variando entre 2,10 mm e os 3,43 mm. De destacar que existe uma ligeira melhoria das condições do pavimento no ano de 2017, não tendo sido possível encontrar uma justificação para tal acontecimento nos dados relativamente à evolução da estrutura do pavimento, mas foi dada a informação para a existência de obras de reabilitação do pavimento ao longo de todo o itinerário EN_1, com início em maio de 2016.

No que diz respeito à variação do tráfego, verifica-se pequenas oscilações entre os anos de 2014 e 2017, o que pode ser um dos principais fatores que justifica a reduzida degradação do pavimento ao longo do tempo.

Na Figura 4.15 observa-se a variação dos parâmetros IRI, rodeira e volume de tráfego de veículos ligeiros e pesados na secção A, no intervalo de tempo analisado.

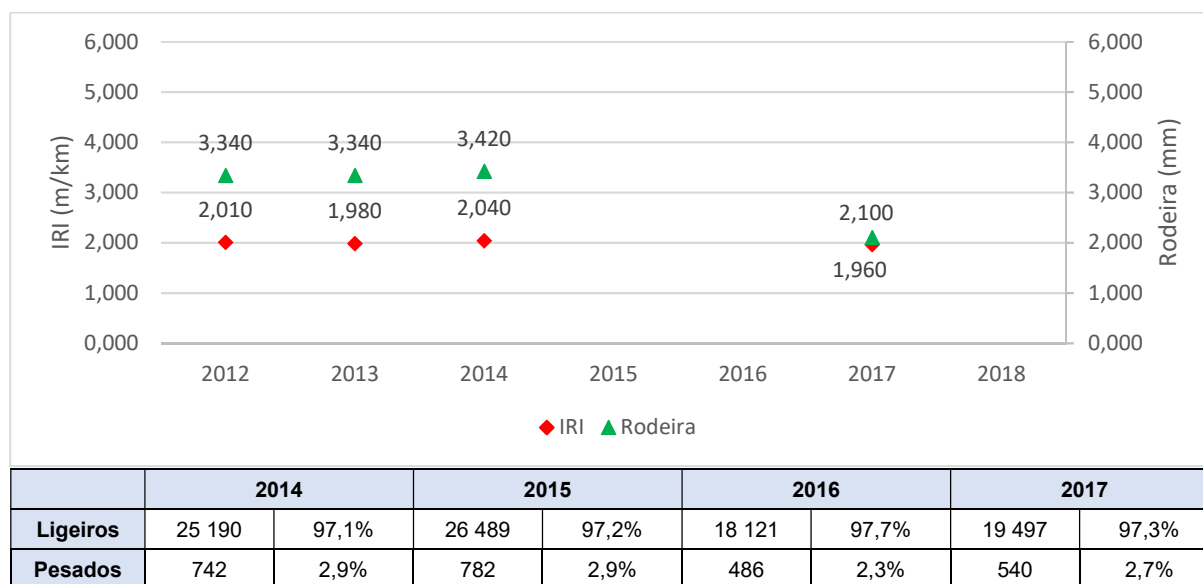


Figura 4.15 - Variação dos parâmetros IRI, rodeira e do volume de tráfego na secção A

Relativamente à secção B da EN_1, verificou-se mais uma vez que existem pequenas oscilações dos valores do IRI e da rodeira entre os anos de 2012 e 2014. Relativamente ao IRI, os dados registados pertencem à classe II, com valores entre 2,170 m/km e 2,320 m/km. No caso da rodeira, todos os valores se encontram no intervalo correspondente à classe I, variando entre 3,01 mm e os 4,36 mm. É possível verificar novamente uma ligeira melhoria das condições do pavimento no ano de 2017, razão essa idêntica à da secção apresentada anteriormente.

No que diz respeito à variação do tráfego, tal como no caso da secção B, as pequenas oscilações entre os anos de 2014 e 2017 podem ser um dos principais fatores que justifica a reduzida degradação do pavimento ao longo do tempo.

A variação dos parâmetros IRI, rodeira e volume de tráfego de veículos ligeiros e pesados na secção B, no intervalo de tempo analisado, é possível observar na Figura 4.16.

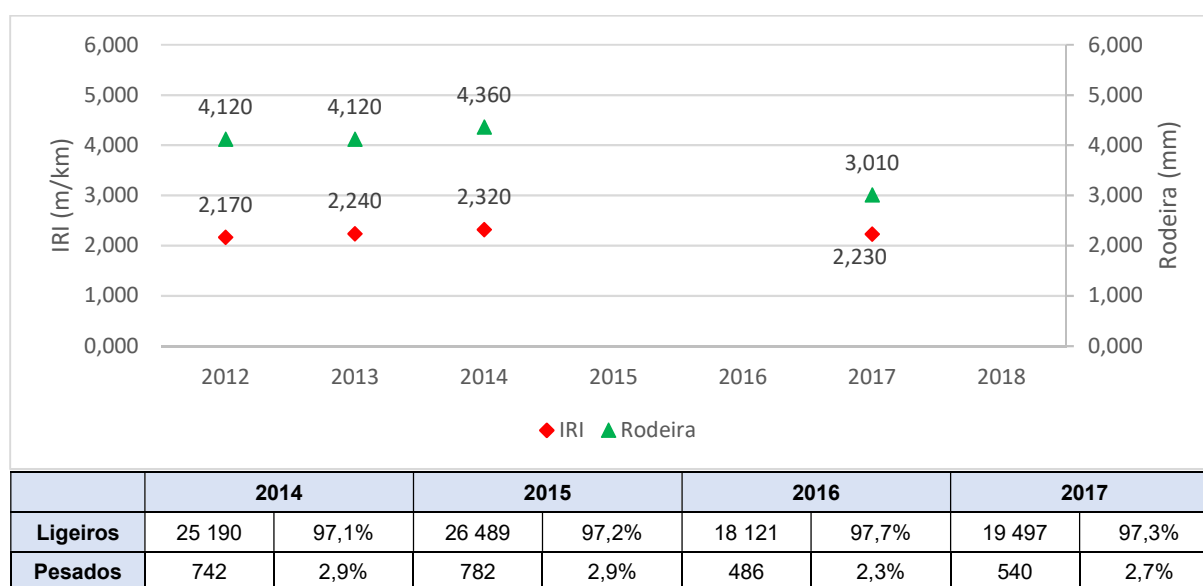


Figura 4.16 - Variação dos parâmetros IRI, rodeira e do volume de tráfego na secção B

No que diz respeito à evolução da estrutura do pavimento em ambas as secções estudadas da EN_1 ao longo do tempo, constata-se que, em função da informação presente no Anexo C.5, para a existência de três camadas distintas no início de 2012. Uma camada granular de 18 cm de espessura com a execução de uma semipenetração betuminosa à taxa de 5,2 kg/m² ao longo de 10 cm de espessura, uma camada betuminosa com 18 cm e uma camada de desgaste com 5 cm. Tal como foi referido anteriormente, apesar de não estar descrita no Anexo C.5, foi dada a informação para a existência de obras de reabilitação do pavimento ao longo de todo o itinerário EN_1, com início em maio de 2016. É possível observar na Figura 4.17 um esquema da estrutura do pavimento na secção A e B.

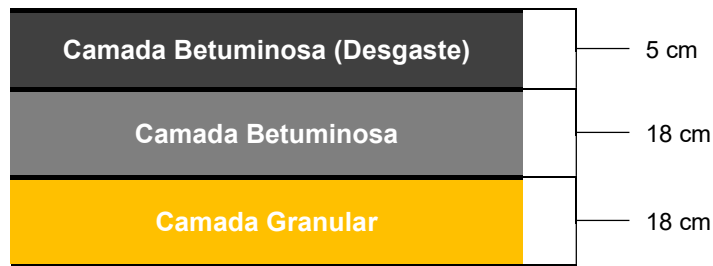


Figura 4.17 - Estrutura do pavimento na secção A e B

De forma a sintetizar toda a informação analisada, apresenta-se no Quadro 4.18 os valores médios de tráfego, IQ, IRI, rodeira e a relação de camadas betuminosas/total de cada secção.

Quadro 4.18 - Quadro síntese do estudo realizado

	IP_1		IC_1		EN_1	
	Secção D	Secção I	Secção F	Secção K	Secção A	Secção B
Volume de veículos ligeiros (v/d)	3 933		5 777		22 324	
Volume de veículos pesados (v/d)	257		1 052		638	
Volume de veículos pesados (%)	6,5		15,4		2,7	
IQ	3,90	3,13	1,74	2,87	3,19	2,96
IRI (mm/km)	1,22	2,14	3,98	2,28	2,00	2,24
Rodeira (mm)	2,17	3,88	10,28	4,65	3,05	3,90
Relação de camadas betuminosas/total (%)	35,2	37,5	NC ^(*)	39,7	56,1	

^(*)NC – Não Conhecido

Após analisar as diversas secções dos diferentes itinerários, as conclusões a retirar deste estudo podem ser divididas em duas relações. Uma primeira relação entre o impacto que a variação do tráfego de veículos (especialmente pesados) apresenta sobre o estado do pavimento, caracterizado pelo IQ. Uma segunda relação entre o estado do pavimento (índice de qualidade) e a qualidade estrutural do pavimento.

No que toca à possível influência que a variação do tráfego de veículos (particularmente pesados) apresenta sobre o estado do pavimento, caracterizado pelo IQ, conclui-se que não é possível constatar tal relação. Este fato pode ser justificado por não existir informação suficiente no referido intervalo de tempo sobre todos os parâmetros considerados para a análise. No caso do tráfego de veículos, a informação recolhida diz respeito aos anos de 2014 a 2017, que pertence ao período temporal da informação obtida para o IQ (2012 a 2018). O problema que se põe para o caso do IQ em algumas das secções analisadas, é o fato de não existir informação suficiente para possibilitar a comparação.

Em relação ao estudo da qualidade do pavimento em função da sua qualidade estrutural nas secções estudadas, com exceção da secção K do itinerário IC_1, só foi disponibilizada informação acerca da evolução histórica da estrutura do pavimento até ao final dos anos 90 (intervalo de mais de 15 anos sem informação). Tal fato induz uma incerteza bastante elevada, o que leva a uma análise que foge

um pouco da realidade do comportamento do pavimento ao longo período de tempo analisado (2012 a 2018).

4.4 Influência do tráfego de veículos pesados na capacidade

Com base na informação de tráfego associada ao itinerário IC_1, pretendeu-se analisar a influência do tráfego de veículos pesados na capacidade da via. Procedeu-se a uma análise simplificada com base na metodologia estabelecida no *Highway Capacital Manual* (HCM) para vias interurbanas.

A capacidade de uma estrada é definida pela taxa horária de fluxo de tráfego máxima que pode ser esperada num troço da via, por sentido ou nos dois sentidos para o caso de vias de sentidos opostos, durante um dado período de tempo, nas condições prevaletentes da via e do tráfego [38]. Como condições prevaletentes da via para a definição de capacidade, consideram-se as que são definidas pelas suas características físicas (por exemplo, largura) ou as que são dependentes da natureza do tráfego (por exemplo, percentagem de veículos pesados). O indicador capacidade é, por isso, bastante importante para compreender as condições de circulação de veículos numa determinada secção de estrada, fundamentalmente no que diz respeito à sua velocidade e densidade.

A avaliação da capacidade baseia-se no nível de serviço de uma estrada. O nível de serviço tem como objetivo categorizar de uma forma qualitativa a influência de diversos fatores nas condições de funcionamento de uma estrada, afetada por vários volumes de tráfego, como por exemplo, a velocidade, tempo de percurso, congestionamento do tráfego, liberdade de ultrapassagem, etc. Considerando a abordagem utilizada no HCM, existem 6 níveis de serviço, de A a F, sendo cada um apresentado e sumariamente caracterizado no Quadro 4.19.

Quadro 4.19 - Níveis de serviço e sua caracterização (Adaptado de [38])

Nível de Serviço	Caracterização
A	Fluxo livre, velocidade de circulação elevada, somente limitada pelas condições da via.
B	Fluxo razoavelmente livre, velocidade de circulação razoável, não se produzem mudanças bruscas na velocidade.
C	Fluxo estável, velocidade de circulação e manobrabilidade consideravelmente condicionadas pelo resto do tráfego.
D	Fluxo aproximadamente instável, alterações bruscas e imprevistas na velocidade, manobrabilidade muito restringida pelo resto do tráfego.
E	Fluxo instável e próximo da capacidade, velocidade de circulação baixa, formação de filas forçando as condições de circulação
F	Fluxo forçado, velocidade de circulação baixa e formação de filas constantes, levando no extremo ao absoluto congestionamento.

À medida que os volumes e restrições geométricas aumentam, a capacidade de efetuar ultrapassagens diminui e, conseqüentemente, ocorre a formação de pelotões. Assim sendo, em estradas com uma via por sentido, a circulação normal do tráfego num sentido influencia a circulação do sentido oposto, tendo os condutores que reduzir a velocidade a que circulam à medida que o volume de tráfego aumenta e a possibilidade de ultrapassagem diminui.

Este tipo de itinerários é utilizado para fazer a ligação entre os principais geradores de tráfego (cidades) e tendem a servir longas distâncias, contendo troços dentro e fora das localidades. Tal fato é de extrema

relevância para a análise realizada pois, segundo a metodologia do *HCM* para estradas com duas vias (uma por sentido), é necessário identificar a localização e respetiva função do troço analisado como forma a definir quais os critérios a ter em conta para a determinação do nível de serviço e da capacidade. Apresentam-se no Quadro 4.20 as duas classes consideradas para este estudo.

Quadro 4.20 - Tipos de classes de estradas com duas vias (Adaptado de [38])

Classe	Caracterização
I	Velocidade de circulação relativamente elevada, função de mobilidade, principais rotas entre cidades, artérias primárias que ligam os principais geradores de tráfego.
II	Velocidade de circulação reduzida, função de acessibilidade, servem de rotas recreacionais que não são artérias primárias.

No que diz respeito a troços de classe I, para o cálculo do nível de serviço, é necessário ter em conta a determinação de duas variáveis: uma em função da velocidade média de percurso (*Average Travel Speed*, ou *ATS*); outra em função da percentagem de tempo de percurso com atraso (*Percent Time-Spent-Following*, ou *PTSF*). Já em relação a troços de classe II, é apenas necessário analisar a percentagem de tempo do percurso com atraso. Na Figura 4.18, apresenta-se a metodologia adotada na obtenção do nível de serviço, tendo em conta o cálculo da *ATS* e/ou da *PTSF*.

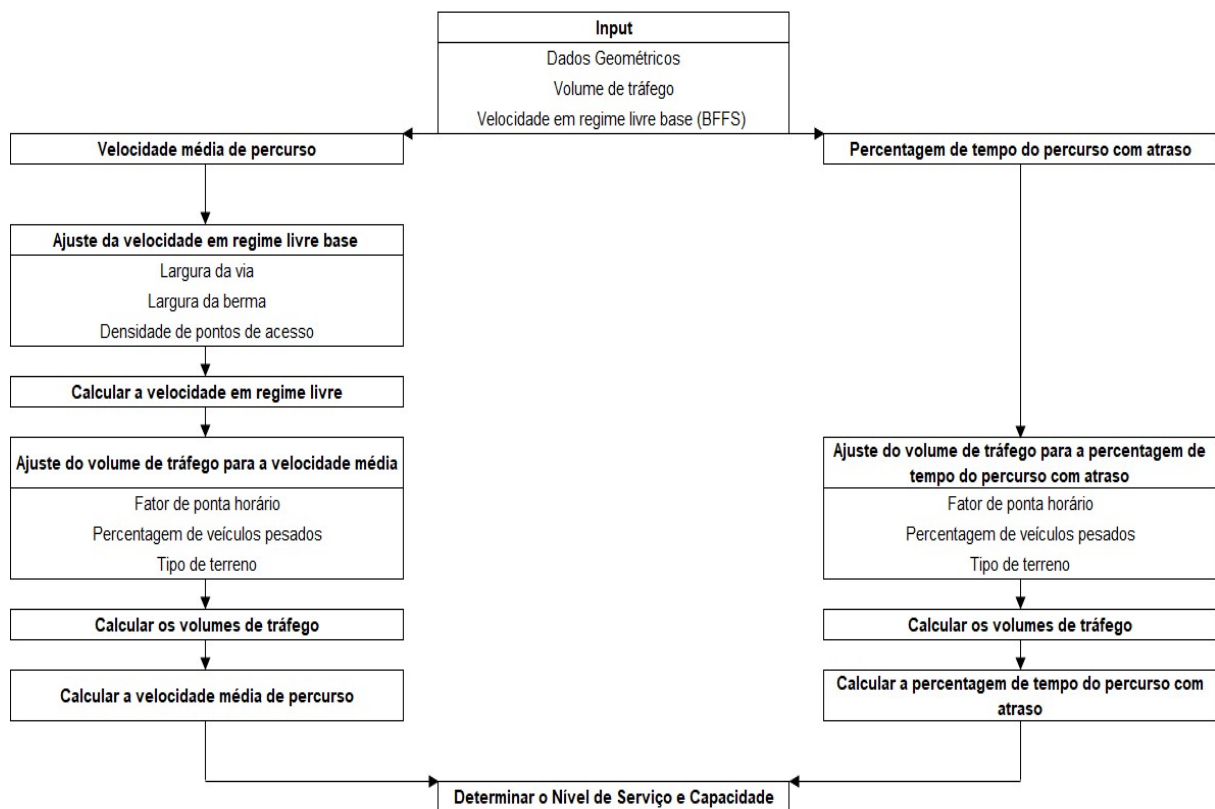


Figura 4.18 - Metodologia utilizada para estradas de 2 vias (Adaptado de [38])

No Quadro 4.21, no Quadro 4.22 e na Figura 4.19 são apresentados os intervalos dos diferentes níveis de serviço para o caso de um troço de classe I e de classe II.

Quadro 4.21 - Nível de Serviço para estradas de duas vias da Classe I (Adaptado de [38])

Nível de Serviço	Tempo de percurso com atraso (%)	Velocidade média de viagem (km/h)
A	< 35	> 90
B	> 35 - 50	> 80 - 90
C	> 50 - 65	> 70 - 80
D	> 65 - 80	> 60 - 70
E	> 80	< 60

Quadro 4.22 - Nível de Serviço para estradas de 2 vias da Classe II (Adaptado de [38])

Nível de Serviço	Tempo de percurso com atraso (%)
A	< 40
B	> 40 - 55
C	> 55 - 70
D	> 70 - 85
E	> 85

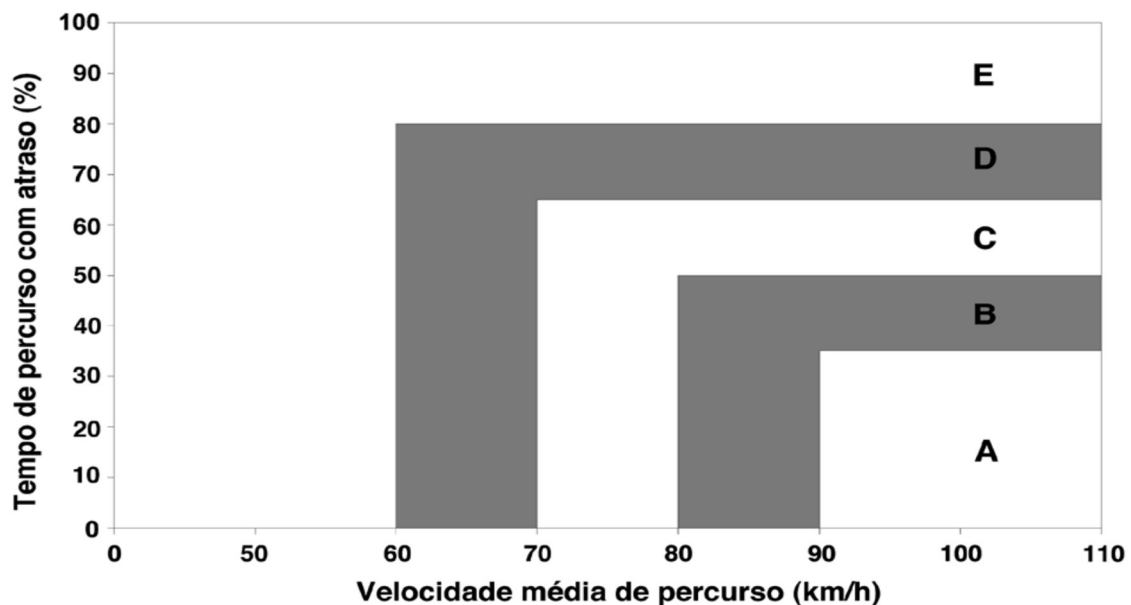


Figura 4.19 - Representação gráfica do nível de serviço para estradas de 2 vias da Classe I [39]

É importante referir que o nível de serviço F é atingido quando se ultrapassa o limite da capacidade, que para o caso de estradas com duas vias é de 1700 unidades de veículos ligeiros por hora para cada sentido de tráfego e, geralmente, de 3200 unidades de veículos ligeiros por hora para o conjunto das duas vias.

O principal objetivo da realização desta análise é o estudo dos fatores que apresentam maior influência na variação da ATS, da PTSF e, conseqüentemente, do nível de serviço de uma estrada com duas vias. Com o intuito de simplificar o caso de estudo, definiram-se como constantes, ao longo das diversas análises iterativas efetuadas, determinados parâmetros com base nas características observadas no IC_1, cujos valores são de seguida apresentados no Quadro 4.23.

Quadro 4.23 - Constantes adotadas na análise do nível de serviço com base no IC_1

Fator de Ponta Horário	0,95
Largura da Via (m)	3,5
Largura da Berma (m)	2,25
Pontos de Acesso	0
Divisão direcional do volume	50/50

Os fatores que foram considerados como objeto de maior relevância para este estudo foram o volume de tráfego, a percentagem de pesados, o tipo de terreno, a percentagem de zonas de não-ultrapassagem e a velocidade em regime livre base (*base free-flow speed*, ou BFFS). Como tal, foram adotadas diversas hipóteses, tendo em conta a variação de cada um destes parâmetros, com o propósito de, como já foi referido, verificar a influência que cada parâmetro apresenta no resultado final do nível de serviço (ATS e PTSF). Deste modo, foram considerados dois troços localizados em zonas distintas, sendo um de classe I e outro de classe II, sujeitos a 5 diferentes fluxos de tráfego por sentido de circulação (100, 200, 300, 400 e 500 veículos por hora) sujeitos aos diferentes tipos de terreno, plano e ondulado, às percentagens de zonas de não-ultrapassagem, 20 % e 80 %, e às BFFS, 60 km/h e 80 km/h. A discretização de todos os resultados obtidos da ATS, PTSF e nível de serviço para cada uma das hipóteses encontra-se no Anexo D. A título de exemplo e com o fim de complementar a análise dos resultados, apresentam-se na Figura 4.20 a Figura 4.23 os gráficos da relação ATS/PTSF para estradas de classe I, correspondentes aos casos em que se considerou a BFFS de 60 km/h e 80 km/h, em função da percentagem das zonas de não-ultrapassagem e da percentagem de pesados, para a determinação do nível de serviço.

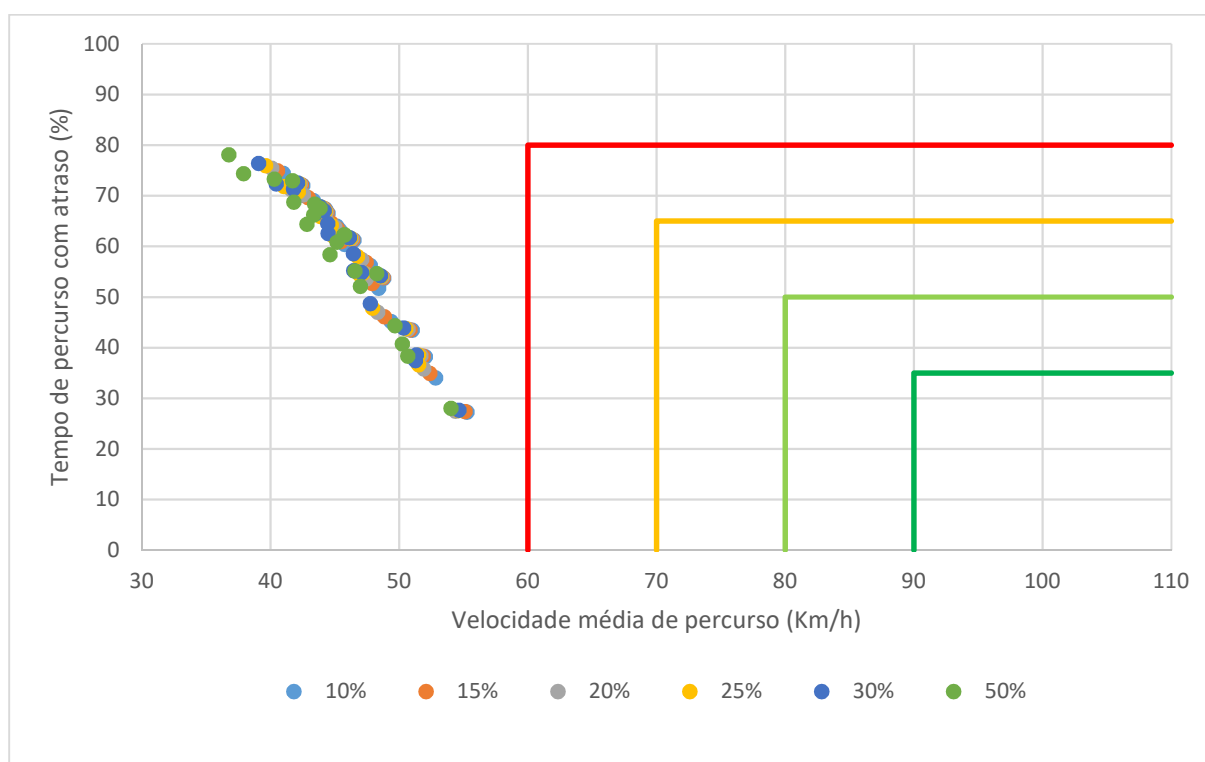


Figura 4.20 - Relação ATS/PTSF em função da percentagem de veículos pesados para estradas de classe I (BFFS=60 km/h)

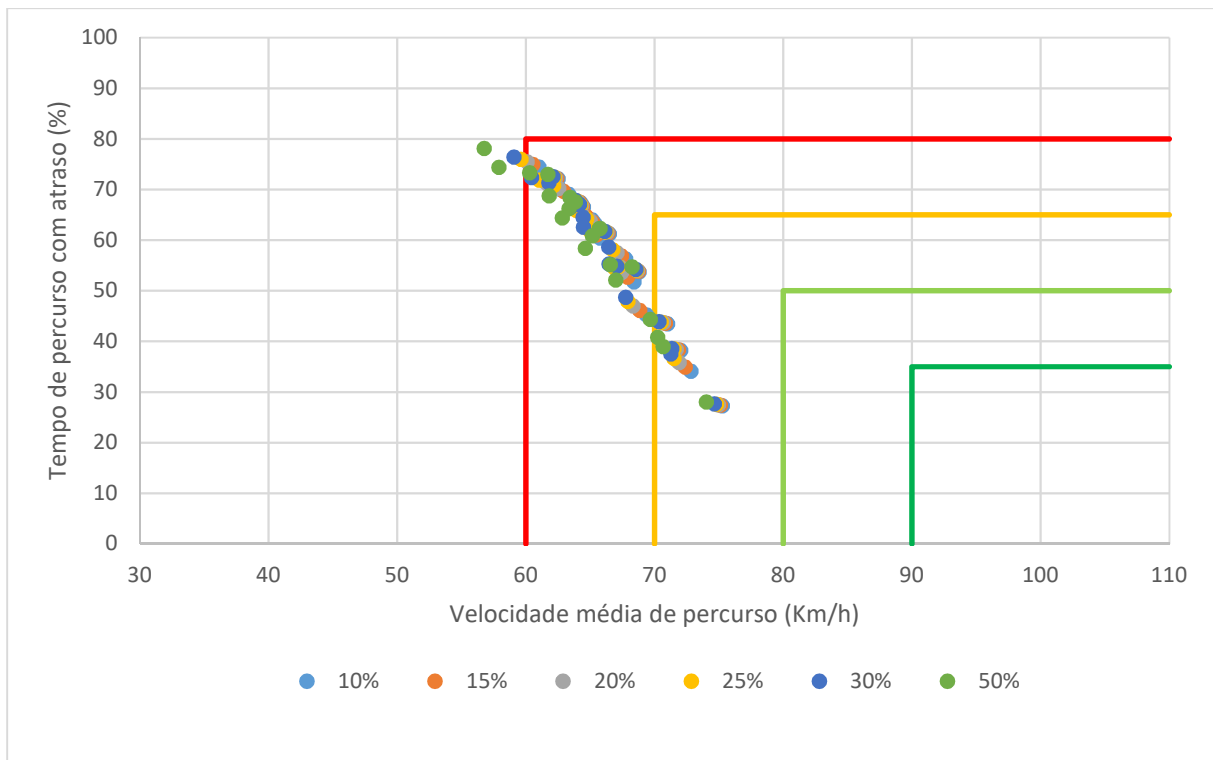


Figura 4.21 - Relação ATS/PTSF em função da percentagem de veículos pesados para estradas de classe I (BFFS=80 km/h)

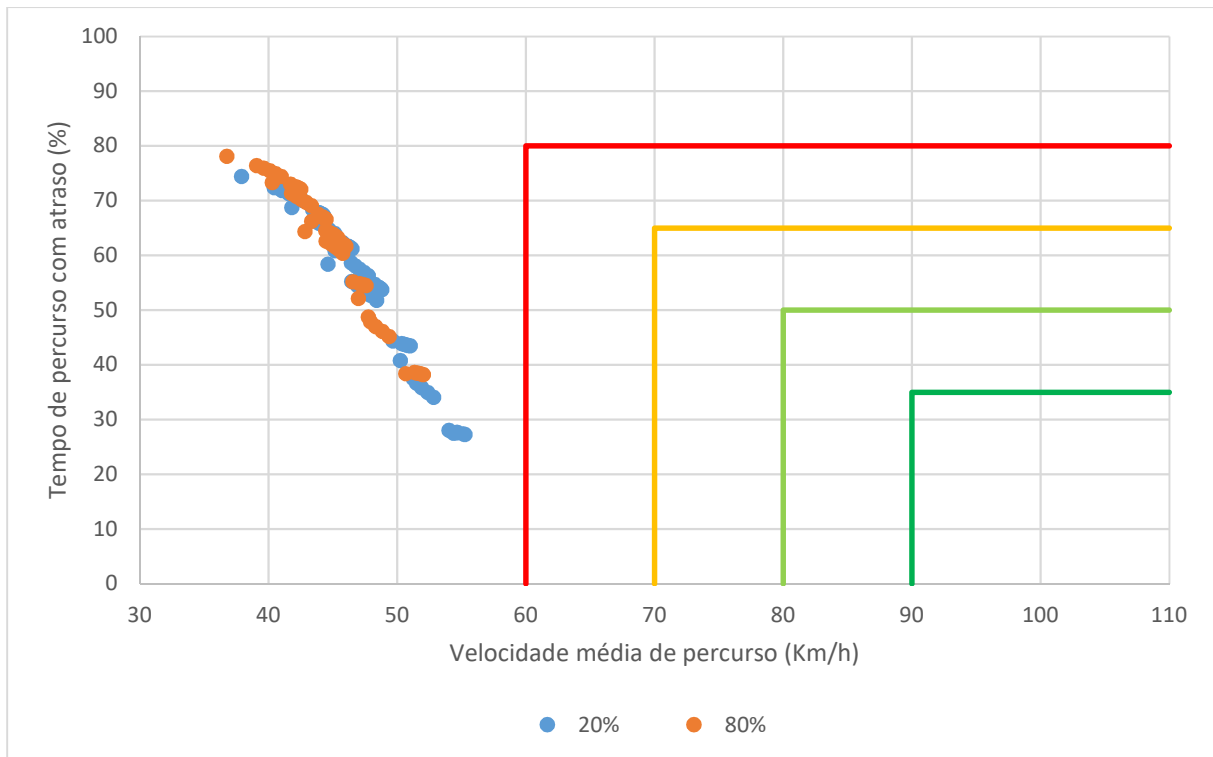


Figura 4.22 - Relação ATS/PTSF em função da percentagem de zonas de não-ultrapassagem para estradas de classe I (BFFS=60 km/h)

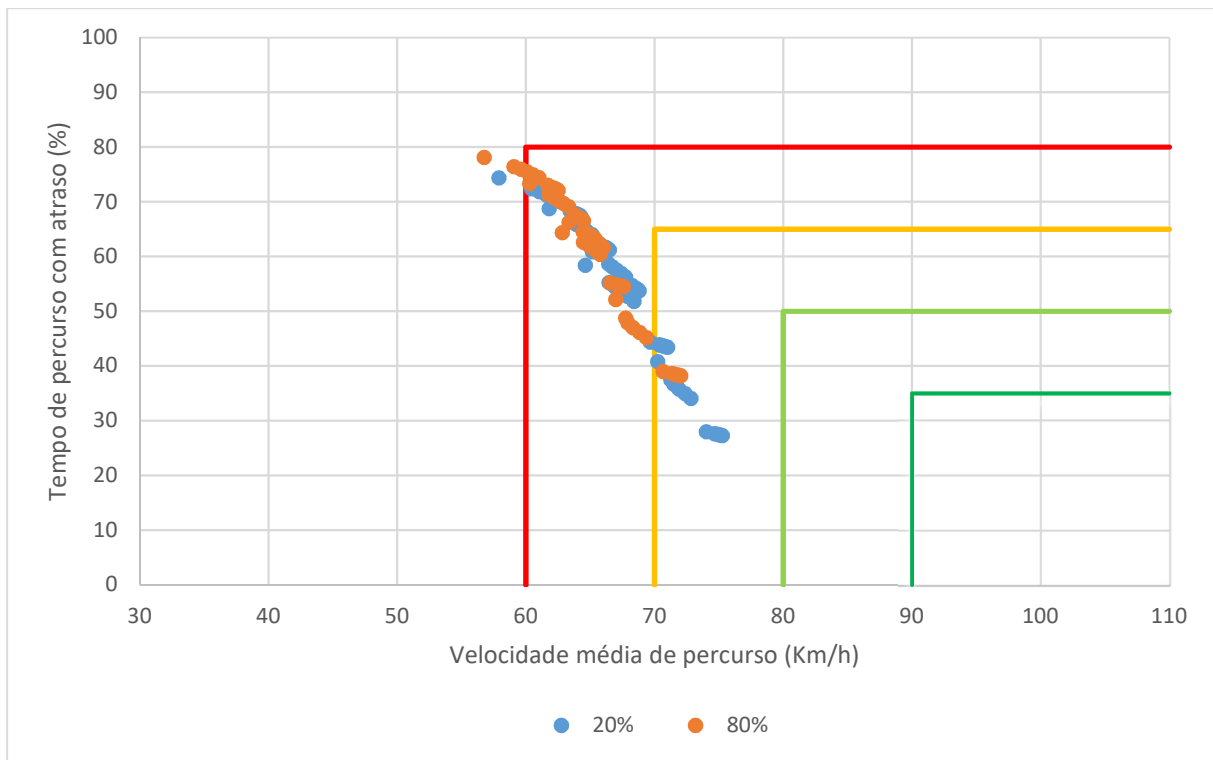


Figura 4.23 - Relação ATS/PTSF em função da percentagem de zonas de não-ultrapassagem para estradas de classe I (BFFS=80 km/h)

Através da observação dos resultados obtidos, tal como esperado, foi possível constatar que as condições da circulação de tráfego se deterioraram com o aumento do volume de tráfego, o aumento das zonas de não-ultrapassagem, a diminuição da BFFS e/ou com a alteração do tipo de terreno de plano para ondulado, o que se traduziu no agravamento do nível de serviço.

Analisando de forma mais pormenorizada os valores obtidos da ATS para as diferentes percentagens de pesados consideradas nesta análise, foi possível concluir que o fator com maior influência foi a BFFS. De uma alteração de 20 km/h, resultou uma variação do nível de serviço de um ou dois patamares. O impacto desta variação é visível nas Figura 4.20 a Figura 4.23, onde se observa uma deslocação dos resultados do gráfico para a esquerda. Esta deslocação deveu-se à redução da BFFS de 80 km/h para 60 km/h, verificando-se a alteração do nível de serviço de D e, em alguns casos, de C para E. No que diz respeito ao valor médio total de todas as ATS consideradas no estudo, é possível constatar esta diferença de 20 km/h através da variação da velocidade média de 66,2 km/h (BFFS igual a 80 km/h) para 46,2 km/h (BFFS igual a 60 km/h), ou vice-versa. Em relação ao impacto verificado pela variação da percentagem de zonas de não-ultrapassagem de 20 % para 80 %, constata-se um decréscimo da ATS, com um valor médio de aproximadamente 2,6 km/h e 2,2 km/h para o tipo de terreno plano e ondulado, respetivamente, para ambos os casos em que se considerou a BFFS de 60 km/h e 80 km/h. Por último, no que diz respeito à influência que a alteração do tipo de terreno de plano para ondulado apresenta sobre a ATS, observa-se a redução média de 2,7 km/h e 2,3 km/h para o caso de existirem 20 % e 80 % de zonas de não-ultrapassagem, respetivamente.

Para o caso dos valores obtidos da PTSF para as diferentes percentagens de pesados consideradas neste estudo, constatou-se que a variação das zonas de não-ultrapassagem apresentaram o impacto mais relevante e prejudicial, com o aumento médio da PTSF na ordem dos 8 % e 7 % para o tipo de terreno plano e ondulado, respetivamente. No que diz respeito à variação do tipo de terreno de plano para ondulado, verificou-se que o valor da PTSF reduziu, em média, aproximadamente 6,4 % e 5,3 % para o caso de se considerar 20 % e 80 % de zonas de não-ultrapassagem, respetivamente. De salientar que para o caso da análise da PTSF, a BFFS não apresentou qualquer tipo de influência no seu resultado final.

Após a realização do estudo paramétrico respeitante ao itinerário IC_1, segundo o método do HCM, analisou-se o nível de serviço de dois troços distintos (troço I e troço II). Ambos os troços são de classe I, com volumes de tráfego e percentagem de pesados que foram registados nas contagens realizadas entre os anos de 2014 e 2017, já apresentados anteriormente, como forma a analisar os resultados obtidos das ATS e PTSF em situações reais de tráfego. Na Figura 4.24 e Figura 4.25 é possível observar os dois troços selecionados para a análise que respeitam as características tidas em conta nesta metodologia. É de salientar o fato de terem sido consideradas as mesmas características geométricas e ordens de grandeza das variáveis tidas em conta no estudo paramétrico apresentado anteriormente, presentes no Quadro 4.23.



Figura 4.24 - Secção tipo do troço I do itinerário IC_1 (extraído do *Street View* do *Google Maps*)



Figura 4.25 - Secção tipo do troço II do itinerário IC_1 (extraído do *Street View* do *Google Maps*)

A BFFS considerada, para ambos os troços analisados, foi de 80 km/h, em virtude de se tratarem de secções que não atravessam localidades, com a possibilidade de circulação a velocidades mais elevadas (limite de velocidade de 90 km/h) e sem grandes constrangimentos. No que diz respeito às variáveis zonas de não-ultrapassagem e tipo de terreno, o primeiro troço representa uma estrada com 20 % de zonas de não-ultrapassagem, enquanto o segundo apresenta 80 %, tendo sido consideradas as duas possibilidades de tipo de terreno (plano e ondulado) em ambos os casos, como forma a abranger uma maior variedade de situações possíveis ao longo de toda a extensão do itinerário IC_1.

Em relação ao volume de tráfego considerado para a realização da análise, seleccionaram-se os postos de contagem com os valores de percentagem de veículos pesados mais elevados, com o intuito de se aferir, uma vez mais, qual a sua influência no nível de serviço e, conseqüentemente, na capacidade do itinerário IC_1. Foram consideradas 4 contagens de tráfego, sendo a primeira relativa ao ano de 2014, com um valor de TMDM de 7653 veículos por dia, a segunda e terceira relativamente ao ano de 2017, com valores de TMDM de 5647 e 8930 veículos por dia, respetivamente, e, por fim, a quarta contagem diz respeito à média de todos os valores de tráfego recolhidos ao longo do ano de 2017, apresentando uma TMDM de 6732 veículos por dia. As percentagens de pesados correspondentes a cada caso estudado e todos os resultados obtidos desta análise podem ser observados no Quadro 4.24.

Através da observação dos resultados obtidos para os quatro volumes de tráfego considerados, é possível constatar que, independentemente da variação do tipo de terreno e/ou da percentagem de zonas de não-ultrapassagem, o nível de serviço mantém-se D em todos os casos, apesar das variações da ATS e da PTSF. De salientar apenas para o caso do volume de tráfego de 5647 veículos por dia em terreno plano no troço I se aproximar do nível de serviço C.

Quadro 4.24 - Quadro síntese dos resultados obtidos da capacidade no IC_1

Tipo de terreno Plano									
TMDM (v/d)	P _T (%)	Zonas de não-ultrapassagem						Capacidade (ATS) (v/h/sentido)	Capacidade (PTSF) (v/h/sentido)
		20% (Troço I)			80% (Troço II)				
		ATS (km/h)	PTSF (%)	Classe I	ATS (km/h)	PTSF (%)	Classe I		
7653	17,72	68,25	55,44	D	65,68	62,69	D	1642	1670
5647	18,01	69,79	47,55	D	66,66	57,45	D	1510	1670
8930	15,31	67,03	59,34	D	64,94	64,91	D	1649	1674
6732	16,20	68,65	52,23	D	65,92	60,72	D	1527	1673
Média		68,43	53,64	D	65,80	61,44	D	1 582	1 672
Tipo de terreno Ondulado									
TMDM (v/d)	P _T (%)	Zonas de não-ultrapassagem						Capacidade (ATS) (v/h/sentido)	Capacidade (PTSF) (v/h/sentido)
		20% (Troço I)			80% (Troço II)				
		ATS (km/h)	PTSF (%)	Classe I	ATS (km/h)	PTSF (%)	Classe I		
7653	17,72	66,71	58,77	D	64,66	64,60	D	1364	1468
5647	18,01	66,21	57,31	D	64,23	63,78	D	950	1144
8930	15,31	65,44	62,67	D	63,58	67,88	D	1390	1484
6732	16,20	64,64	61,76	D	62,86	67,05	D	971	1159
Média		65,75	60,13	D	63,83	65,83	D	1 169	1 314

Na Figura 4.26 e Figura 4.27 observa-se com maior clareza a posição dos diferentes casos considerados para a análise da capacidade do itinerário IC_1, relativamente aos limites dos diferentes níveis de serviço para troços de classe I.

Em conclusão, o estudo do efeito que o tráfego de pesados apresentou nos diferentes tipos de itinerário, mostrou que o aumento do volume total de veículos a circular e, conseqüentemente, o aumento do número de veículos pesados, pode ser um dos fatores mais condicionantes na degradação do nível de serviço de uma estrada. Foi possível constatar que, para determinado volume de tráfego, a variação da percentagem de pesados não apresentou grande alteração da ATS e da PTSF, o que levou a que o nível de serviço não tivesse grandes variações. No entanto, foi demonstrado que a variação do volume total de tráfego levou a oscilações com maior relevância nas condições de circulação, sendo possível concluir que o mais importante nesta análise não foi a percentagem de pesados a circular numa determinada estrada com duas vias, mas sim o número total de veículos pesados a circular.

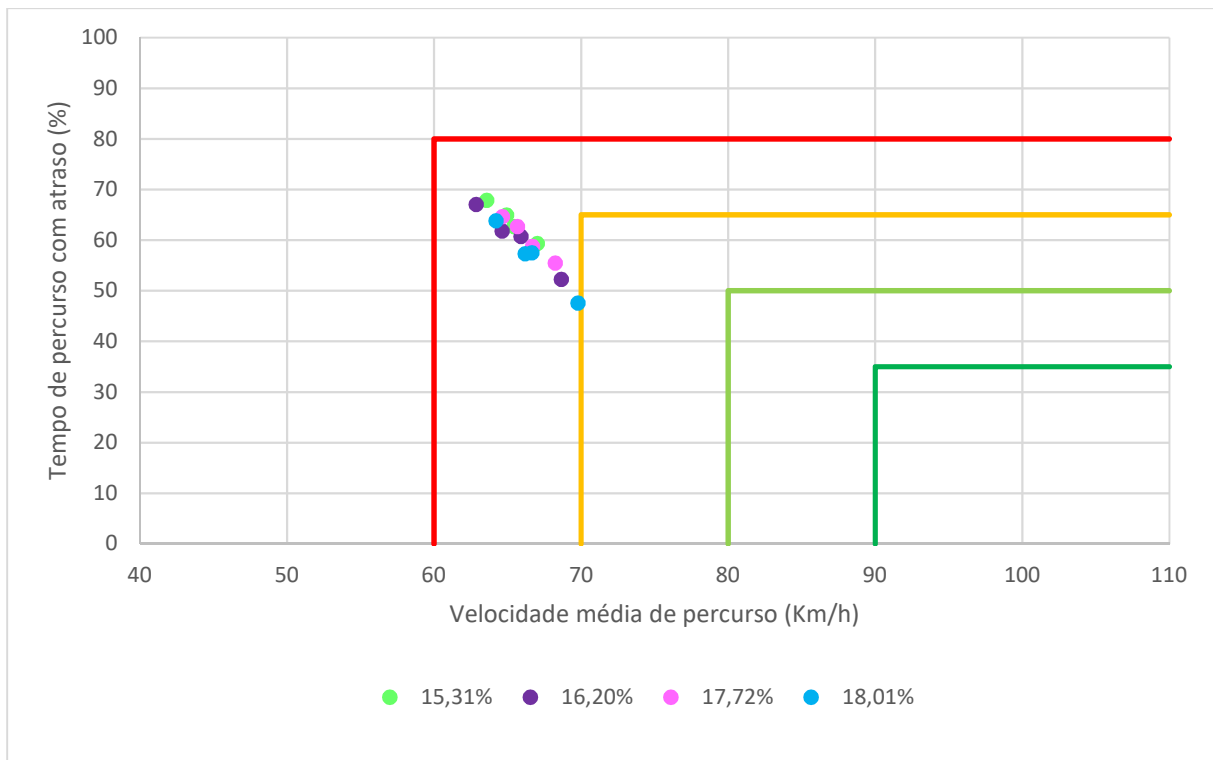


Figura 4.26 - Relação ATS/PTSF em função da percentagem de veículos pesados no IC_1

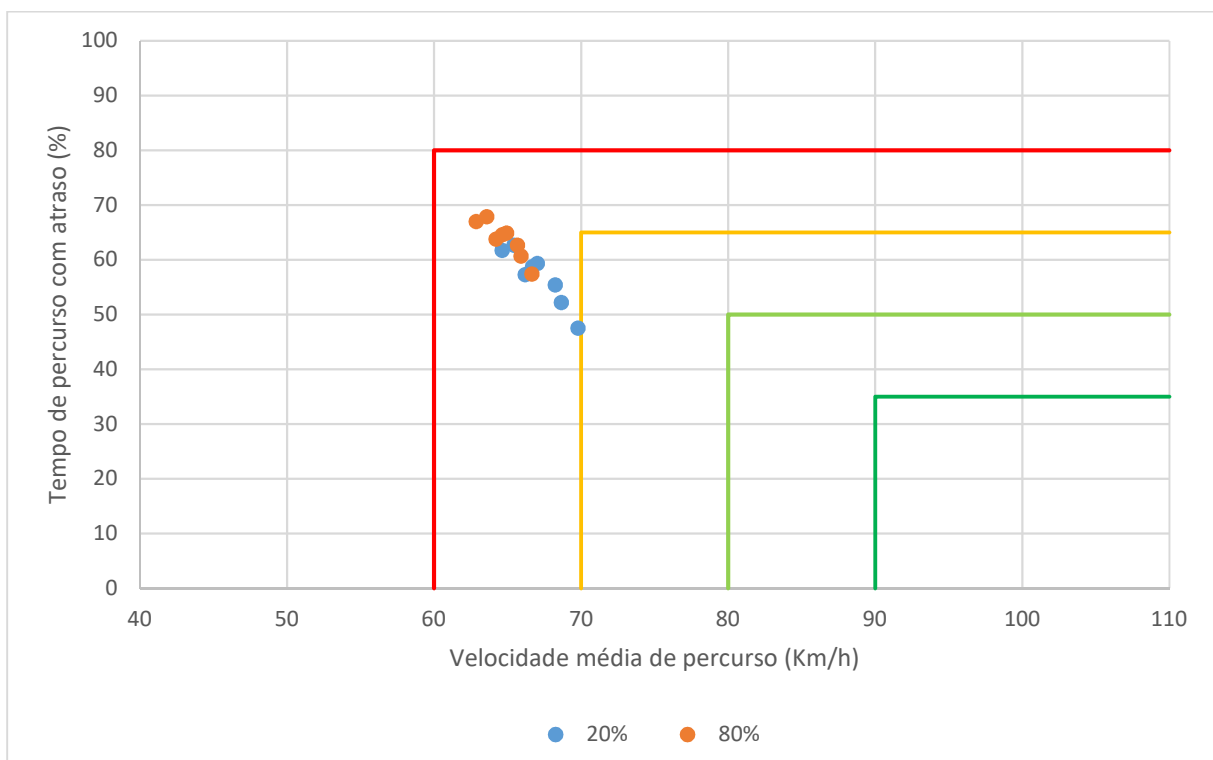


Figura 4.27 - Relação ATS/PTSF em função da percentagem de zonas de não-ultrapassagem no IC_1

5 Conclusões e desenvolvimentos futuros

5.1 Conclusões

Com a finalidade de caracterizar o tráfego em estradas interurbanas da rede rodoviária nacional do continente, foram estudados dados de contagens de veículos recolhidos com recurso a sistemas de deteção de veículos (sensores de laço indutivo), divididos em duas classes de veículos: ligeiros e pesados. Este tipo de informação apresenta uma elevada importância para o desenvolvimento de estudos de tráfego, tendo sido destacada, ao longo de todo o presente trabalho, a relevância do efeito do tráfego nas condições das infraestruturas rodoviárias (gestão, controlo, segurança, qualidade, capacidade, entre outros).

A informação do tráfego foi obtida de três empresas a operar na rede nacional de estradas. A informação fornecida foi submetida a tratamento e processamento, criando-se uma nova base de dados no *Microsoft® Office Excel*. Deste modo, foi possível realizar a análise de toda a informação, com a finalidade de estudar o volume de tráfego de pesados nos diferentes tipos de itinerários, a afetação de tráfego em percursos alternativos e a influência do fluxo de tráfego na qualidade do pavimento e na capacidade de uma estrada de duas vias.

Numa primeira fase, foi feita uma revisão bibliográfica dos sistemas de deteção de veículos utilizados atualmente, assim como as tendências futuras de sistemas a serem desenvolvidos. Foi possível concluir que em Portugal são utilizados, na sua grande maioria, sensores de laço indutivo, primariamente pela vantajosa relação custo/benefício que apresentam. Tal fato pode sofrer alterações devido ao aumento da complexidade das alternativas de transporte integradas e ao aparecimento de novas soluções inteligentes de comunicação V2V e V2I. Esta situação, associada ao aumento da eficiência proporcionada, possibilitará um aumento no fornecimento de informação aos gestores de tráfego e impulsionará a adoção de novas tecnologias no mercado dos transportes.

No que diz respeito à análise de resultados, em primeiro lugar, foi realizado um estudo acerca da percentagem de veículos pesados a circular nos diferentes tipos de itinerários. No caso dos itinerários com portagem analisados (autoestradas), verificaram-se duas tendências distintas para a percentagem de veículos pesados, sendo a primeira de 4,75 % (zonas maioritariamente residenciais) e a segunda de 12,5 % (zonas maioritariamente comerciais/industriais). No que diz respeito aos itinerários sem portagem, verificaram-se as tendências de percentagem de veículos pesados com valores médios de 5,5 %, 7 % e 3 % para o caso do estudo das IP's, dos IC's e das EN's, respetivamente. Uma conclusão relevante e já expectável é relativa ao facto da preponderância de veículos pesados a circular em cada tipo de itinerário depender da sua localização. Isto significa que é expectável que um itinerário que se encontre junto a uma zona comercial/industrial apresente maior percentagem de veículos pesados a circular do que um itinerário localizado numa zona predominantemente residencial.

Foi analisada a afetação de tráfego no caso de itinerários alternativos e de níveis hierárquicos distintos para a mesma rota. Ao longo deste estudo foi possível concluir que, como esperado, ao nível do tempo,

conforto e segurança, as autoestradas são, geralmente, a solução pretendida pelos utilizadores. No entanto, no respeitante à variável custo, a autoestrada apresenta-se, à partida, como uma solução menos desejável, por ter associado um custo direto de circulação (portagem). Os aspetos mais relevantes que foram verificados nos três casos considerados são: em situações excecionais de melhoria das condições de circulação, os condutores poderão estar dispostos a pagar uma tarifa de circulação para terem um maior conforto e segurança na sua viagem; a redução de tarifas nas portagens poderá ter influência no aumento do tráfego (especialmente de veículos pesados) de uma autoestrada; a existência de obras de beneficiação em estrada nacional alternativa a uma autoestrada, poderá contribuir para a afetação de tráfego para essa mesma autoestrada.

Relativamente à influência do tráfego na qualidade do pavimento, não foi constatada uma clara influência da variação do tráfego de veículos (particularmente veículos pesados) sobre o estado do pavimento. O fato de existir pouca informação relativa às condições do estado do pavimento, caracterizadas pelo IQ nas diferentes secções de cada itinerário e definido através da determinação de parâmetros como o IRI e o cavado de rodagem, não permitiu constatar a existência de algum tipo de relação. Tal fato é justificado pela elevada complexidade e quantidade de fatores que influenciam o comportamento do pavimento ao longo do tempo. Idealmente seria necessária mais informação relativa ao IQ e estrutura do pavimento.

Através do estudo da capacidade numa estrada de duas vias, constatou-se que o aumento do volume total de veículos a circular e, conseqüentemente, o aumento do número de veículos pesados, pode ser um dos fatores muito condicionantes na degradação do nível de serviço de uma estrada. É ainda importante referir que, independentemente da conclusão apresentada anteriormente, se verificou que para um determinado volume de tráfego, a variação da percentagem de pesados, só por si, não influencia de forma significativa o nível de serviço.

Em síntese, com o desenvolvimento desta dissertação, pretendeu-se compreender a importância da informação relativa aos fluxos de tráfego nos diferentes tipos de itinerários, com especial foco para a diferenciação do tipo de veículos em ligeiros e pesados, e algumas das áreas onde é crucial a aquisição deste tipo de informação, mais concretamente, no estudo de afetação de tráfego, na avaliação da qualidade do pavimento e na gestão da capacidade de uma estrada.

5.2 Desenvolvimentos futuros

A complexidade do tema em análise na presente dissertação remete naturalmente para a sua continuidade em trabalhos futuros, dos quais se salientam os seguintes:

- Para além da análise da informação de tráfego obtida a partir de sensores de laço indutivo, aprofundar a análise de novas tendências de sistemas de deteção de veículos, de forma a verificar os benefícios, capacidades e qualidade da informação que apresentam em relação aos sistemas utilizados atualmente com maior frequência.
- Melhorar a organização e o processamento dos dados recolhidos dos sistemas automáticos de contagem por parte das empresas a operar em Portugal, de forma mais eficiente e compatível

com ITS. Através desta melhoria será possível fazer uma melhor gestão e controlo do tráfego e compreender tendências nos diferentes itinerários.

- Completar o estudo relativo à preponderância de veículos pesados nos diferentes tipos de itinerários com informação adicional de outros itinerários e usos do solo, de forma a que possam ser confirmadas as conclusões obtidas.
- Completar o estudo sobre a influência do tráfego nas condições de degradação do pavimento e no nível de serviço das vias com informação adicional, inserida em trechos piloto sujeitos a observação contínua devidamente implementados na rede rodoviária. Seria, por isso, ainda interessante explorar, para o caso estudado, conclusões alternativas às apresentadas nesta dissertação (por exemplo, relação entre o nível de tráfego e a qualidade do pavimento).
- Utilizar programas de simulação do tráfego para uma análise e validação complementar das condições de circulação nas estradas interurbanas, procurando perceber, de forma mais aprofundada, comportamentos e decisões dos utilizadores.

Referências bibliográficas

- [1] "ITS Portugal," [Online]. Available: <https://www.its-portugal.com/its>. [Acedido em maio 2018].
- [2] Figueiredo, L., Sistemas Inteligentes de Transporte, Dissertação de Doutorado, Faculdade de Engenharia do Porto, 2005.
- [3] Meneguette, R., Grande, R. and Loureiro, A., Intelligent Transport System in Smart Cities: Aspects and Challenges of Vehicular Networks and Cloud, Springer, Cham, 2018, pp. 1-21.
- [4] "Directive 2010/40/EU of the European Parliament and of the Council," 7 julho 2010.
- [5] Fayaz, D., "Intelligent Transport System - A Review, Lovely Professional University, Jalandhar, Índia," dezembro 2018.
- [6] "Nedap," [Online]. Available: <https://www.nedapidentification.com/>. [Acedido em julho 2018].
- [7] "Siemens," [Online]. Available: <https://new.siemens.com/global/en/products/mobility/road-solutions.html>. [Acedido em julho 2018].
- [8] Beyer, P., "Non-intrusive Detection, The Way Forward," em *Proceedings of the 34th Southern African Transport Conference*, 2015.
- [9] Martin, P., Feng, Y. and Wang, X., Detector Technology Evaluation, 2003.
- [10] Mimbel, L. and Klein, L., A Summary of Vehicle Detection and Surveillance Technologies used in Intelligent Transportation Systems, Estados Unidos da América: Federal Highway Administration's Intelligent, 2000.
- [11] AASHTO, Guidelines for Traffic Data Programs, AASHTO, 2009.
- [12] "Mecânica Industrial," [Online]. Available: <https://www.mecanicaindustrial.com.br/634-o-que-e-um-sensor-piezoelétrico/>. [Acedido em junho 2018].
- [13] Vikram, N. and Ashok, S., "Vehicle Detection Methods for Intelligent Road Stud Application: A Review", *International Journal of Electrical and Electronics Engineers*, pp. 40-50, 2015.
- [14] DNIT, Fase 2 - Pré-avaliação dos equipamentos disponíveis para utilização nas pesagens, DNIT, 2007.
- [15] FHWA, "Traffic Detector Handbook: Third Edition", Vol. I, outubro 2006.
- [16] Simoni, L., Contagem de eixos de veículos com sensores indutivos, Dissertação de Mestrado, Universidade Tecnológica do Paraná, Curitiba, 2008.

- [17] Pakman13, "PaKmAnBlog," 18 maio 2012. [Online]. Available: <https://pakman13.wordpress.com/2012/05/18/2274/> [Acedido em maio 2018].
- [18] Ali, H., Arif, W., Pirzada, D., Khan, A. and Hussain, J., "Classical model based analysis of cost of poor quality in a manufacturing organization", 18 janeiro 2012.
- [19] Safaai-Jazi, A., Ardekani, S. and Mehdikhani, M., A Low-Cost Fiber Optic Weigh-In-Motion Sensor, Washington, DC: Strategic Highway Research Program, 1990.
- [20] "Traffic Vision," [Online]. Available: <http://www.trafficvision.com/>. [Acedido em junho 2018].
- [21] Oliveira, S., Sensor de presença para semáforo inteligente de baixo custo, Dissertação de Mestrado, Universidade de Taubaté, Brasil, 2012.
- [22] Klein, L., Traffic Detector Handbook, Vol. III, Mclean, Ed., FHWA, 2006.
- [23] Oh, C., Ritchie, S. and Jeng, S., "Anonymous Vehicle Reidentification Using Heterogeneous Detection Systems. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems", outubro 2007.
- [24] Hallenbeck, M. and Weinblatt, H., Equipment for Collecting Traffic Load Data, Washington, D.C: Transportation Research Board, 2004.
- [25] Bhandarkar, M. and Waykole, T., "Vehicular Mechanical Condition Determination and On Road Traffic Density Estimation Using Audio Signals", em *International Conference on Computational Intelligence and Communication Networks*, India, 2014.
- [26] Networks, S., "Overview of Sensys Networks Wireless Vehicle Detection System", Chicago Metropolitan Agency for Planning.
- [27] Gazette, J., "Fort Wayne Moves," 2 junho 2012. [Online]. Available: <https://fortwaynemoves.wordpress.com/2012/06/02/wireless-vehicle-detection-transmitters-taking-place-of-traditional-systems-throughout-city/>. [Acedido em julho 2018].
- [28] Haghani, A., Hamed, M., Sadrsadat, H. and Sharifi, E., "Analysis of Vehicle Detection Rate for Bluetooth Traffic Sensors: A Case Study in Maryland and Delaware", em *18th World Congress on Intelligent Transport Systems*, Orlando, Estados Unidos da América, 2011.
- [29] Young, S., "Bluetooth Traffic Detectors For Use As Permanently Installed Travel Time Instruments", 2012.
- [30] "Libelium," Libelium, 14 outubro 2011. [Online]. Available: http://www.libelium.com/vehicle_traffic_monitoring_bluetooth_sensors_over_zigbee/. [Acedido em julho 2018].

- [31] Chen, A., Pravinvongvuth, S., Chootinan, P., Lee, M. and Recker, W., "Strategies for selecting additional traffic counts for improving O-D trip table estimation", Vol. III, *Transportmetrica*, 2007.
- [32] Costa, A., *Manual de Planeamento das Acessibilidades e da Gestão Viária: Correntes de Tráfego*, Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Norte, 2008.
- [33] DNIT, *Manual de estudo de tráfego*, Rio de Janeiro, 2006.
- [34] "Infraestruturas de Portugal," [Online]. Available: <http://www.infraestruturasdeportugal.pt/rede/rodoviaria/prn>. [Acedido em setembro 2018].
- [35] Leitão, C., Botelho, I., Soares, R. and Rodrigues, A., *Relatório de Monitorização da Rede Rodoviária Nacional 2012-2013*, Instituto da Mobilidade e dos Transportes, Infraestruturas de Portugal, 2014.
- [36] Cheng, D., Hicks, R. and Scholz, T., "Pavement Preservation - Protecting Our Investment on the Road", em *Transportation Research Board 90th Annual Meeting*, Washington, D.C, 2011.
- [37] Luz, A., *Contribuição para a Modelação do Índice de Qualidade na Caracterização da Rede Rodoviária Nacional*, Dissertação de Mestrado, Instituto Superior Técnico, 2011.
- [38] *Highway Capacital Manual*, Estados Unidos da América: Transportation Research, 2010.
- [39] Costa, A. and Macedo, J., *Manual de Planeamento das Acessibilidades e da Gestão Viária: Níveis de Serviço em Estradas e Auto-Estradas*, Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Norte, 2008.

Anexo A Análise da informação de tráfego

Anexo A.1 Itinerário AE_1

Veículos totais

Mês	2016	2017	Variação	Total
Janeiro	-	9 087	-	-
Fevereiro	-	9 528	-	-
Março	-	9 788	-	-
Abril	-	11 000	-	-
Maio	5 357	10 530	96,6%	96,6%
Junho	5 030	10 464	108,0%	108,0%
Julho	11 074	12 180	10,0%	10,0%
Agosto	13 236	14 779	11,7%	11,7%
Setembro	10 959	11 872	8,3%	8,3%
Outubro	10 426	11 102	6,5%	6,5%
Novembro	9 818	10 587	7,8%	7,8%
Dezembro	10 472	10 734	2,5%	2,5%

Veículos ligeiros

Mês	2016	2017	Variação	Total
Janeiro	-	7 806	-	-
Fevereiro	-	8 100	-	-
Março	-	8 244	-	-
Abril	-	9 516	-	-
Maio	4 629	8 934	93,0%	93,0%
Junho	4 320	8 874	105,4%	105,4%
Julho	9 673	10 535	8,9%	8,9%
Agosto	11 851	13 187	11,3%	11,3%
Setembro	9 444	10 230	8,3%	8,3%
Outubro	8 947	9 398	5,0%	5,0%
Novembro	8 291	8 943	7,9%	7,9%
Dezembro	9 090	9 232	1,6%	1,6%

Veículos pesados

Mês	2016	2017	Variação	Total
Janeiro	-	1 281	-	-
Fevereiro	-	1 429	-	-
Março	-	1 545	-	-
Abril	-	1 484	-	-
Maio	728	1 596	119,2%	119,2%
Junho	710	1 591	124,1%	124,1%
Julho	1 401	1 645	17,4%	17,4%
Agosto	1 386	1 592	14,9%	14,9%
Setembro	1 515	1 642	8,4%	8,4%
Outubro	1 479	1 704	15,2%	15,2%
Novembro	1 527	1 644	7,7%	7,7%
Dezembro	1 382	1 502	8,7%	8,7%

Anexo A.2 Itinerário AE_2

Veículos totais

Mês	2014	2015	Variação	2015	2016	Variação	2016	2017	Variação	Total
Janeiro	4 841	5 335	10,2%	5 335	6 466	21,2%	6 466	7 201	11,4%	48,8%
Fevereiro	5 322	6 031	13,3%	6 031	7 587	25,8%	7 587	8 185	7,9%	53,8%
Março	5 863	6 805	16,1%	6 805	9 526	40,0%	9 526	9 089	-4,6%	55,0%
Abril	8 104	8 691	7,2%	8 691	9 782	12,6%	9 782	13 069	33,6%	61,3%
Mai	7 915	8 962	13,2%	8 962	10 757	20,0%	10 757	13 037	21,2%	64,7%
Junho	9 743	10 962	12,5%	10 962	13 167	20,1%	13 167	16 217	23,2%	66,4%
Julho	13 727	15 313	11,6%	15 313	18 315	19,6%	18 315	21 121	15,3%	53,9%
Agosto	20 323	22 113	8,8%	22 113	23 885	8,0%	23 885	26 504	11,0%	30,4%
Setembro	10 936	12 471	14,0%	12 471	14 834	18,9%	14 834	17 492	17,9%	59,9%
Outubro	8 138	9 221	13,3%	9 221	10 729	16,4%	10 729	13 084	21,9%	60,8%
Novembro	5 950	7 093	19,2%	7 093	8 050	13,5%	8 050	10 000	24,2%	68,1%
Dezembro	5 754	7 029	22,2%	7 029	7 442	5,9%	7 442	9 317	25,2%	61,9%

Veículos ligeiros

Mês	2014	2015	Variação	2015	2016	Variação	2016	2017	Variação	Total
Janeiro	4 505	4 996	10,9%	4 996	6 064	21,4%	6 064	6 729	11,0%	49,4%
Fevereiro	4 952	5 632	13,7%	5 632	7 093	25,9%	7 093	7 644	7,8%	54,4%
Março	5 424	6 354	17,1%	6 354	8 973	41,2%	8 973	8 435	-6,0%	55,5%
Abril	7 608	8 176	7,5%	8 176	9 201	12,5%	9 201	12 368	34,4%	62,6%
Mai	7 430	8 443	13,6%	8 443	10 145	20,2%	10 145	12 232	20,6%	64,6%
Junho	9 244	10 390	12,4%	10 390	12 503	20,3%	12 503	15 343	22,7%	66,0%
Julho	13 175	14 707	11,6%	14 707	17 629	19,9%	17 629	20 310	15,2%	54,2%
Agosto	19 747	21 457	8,7%	21 457	23 167	8,0%	23 167	25 658	10,8%	29,9%
Setembro	10 391	11 872	14,3%	11 872	14 178	19,4%	14 178	16 750	18,1%	61,2%
Outubro	7 653	8 683	13,5%	8 683	10 143	16,8%	10 143	12 395	22,2%	62,0%
Novembro	5 574	6 643	19,2%	6 643	7 534	13,4%	7 534	9 378	24,5%	68,2%
Dezembro	5 406	6 627	22,6%	6 627	7 008	5,7%	7 008	8 822	25,9%	63,2%

Veículos pesados

Mês	2014	2015	Variação	2015	2016	Variação	2016	2017	Variação	Total
Janeiro	336	339	0,9%	339	402	18,6%	402	471	17,2%	40,2%
Fevereiro	370	400	8,1%	400	494	23,5%	494	541	9,5%	46,2%
Março	439	451	2,7%	451	553	22,6%	553	654	18,3%	49,0%
Abril	496	516	4,0%	516	581	12,6%	581	701	20,7%	41,3%
Mai	485	519	7,0%	519	612	17,9%	612	804	31,4%	65,8%
Junho	499	572	14,6%	572	664	16,1%	664	874	31,6%	75,2%
Julho	551	606	10,0%	606	686	13,2%	686	811	18,2%	47,2%
Agosto	576	656	13,9%	656	717	9,3%	717	846	18,0%	46,9%
Setembro	545	600	10,1%	600	656	9,3%	656	742	13,1%	36,1%
Outubro	485	539	11,1%	539	586	8,7%	586	689	17,6%	42,1%
Novembro	377	450	19,4%	450	516	14,7%	516	622	20,5%	65,0%
Dezembro	348	402	15,5%	402	433	7,7%	433	494	14,1%	42,0%

Anexo A.3 Itinerário IP_1

Veículos totais

Mês	2014	2015	Variação	2015	2016	Variação	2016	2017	Variação	Total
Janeiro	2 703	2 770	2,5%	2 770	3 948	42,5%	3 948	4 343	10,0%	60,7%
Fevereiro	2 752	2 944	7,0%	2 944	4 138	40,6%	4 138	4 467	8,0%	62,3%
Março	3 004	3 123	4,0%	3 123	4 529	45,0%	4 529	4 650	2,7%	54,8%
Abril	3 325	3 359	1,0%	3 359	4 752	41,5%	4 752	5 226	10,0%	57,2%
Mai	3 324	3 512	5,7%	3 512	4 575	30,3%	4 575	5 026	9,9%	51,2%
Junho	3 508	3 670	4,6%	3 670	5 276	43,8%	5 276	5 451	3,3%	55,4%
Julho	4 021	4 215	4,8%	4 215	6 013	42,7%	6 013	6 091	1,3%	51,5%
Agosto	3 770	4 420	17,2%	4 420	6 433	45,5%	6 433	6 456	0,4%	71,2%
Setembro	3 446	3 685	6,9%	3 685	5 497	49,2%	5 497	5 675	3,2%	64,7%
Outubro	3 247	3 023	-6,9%	3 023	4 877	61,3%	4 877	5 116	4,9%	57,6%
Novembro	3 007	2 927	-2,7%	2 927	4 504	53,9%	4 504	4 832	7,3%	60,7%
Dezembro	3 053	2 865	-6,2%	2 865	4 537	58,4%	4 537	4 823	6,3%	58,0%

Veículos ligeiros

Mês	2014	2015	Variação	2015	2016	Variação	2016	2017	Variação	Total
Janeiro	2 470	2 557	3,5%	2 557	3 735	46,1%	3 735	4 140	10,8%	67,6%
Fevereiro	2 518	2 702	7,3%	2 702	3 896	44,2%	3 896	4 256	9,2%	69,0%
Março	2 746	2 865	4,3%	2 865	4 268	49,0%	4 268	4 409	3,3%	60,6%
Abril	3 045	3 106	2,0%	3 106	4 479	44,2%	4 479	5 003	11,7%	64,3%
Mai	3 066	3 240	5,7%	3 240	4 311	33,1%	4 311	4 769	10,6%	55,5%
Junho	3 252	3 378	3,9%	3 378	4 999	48,0%	4 999	5 191	3,8%	59,6%
Julho	3 734	3 887	4,1%	3 887	5 789	48,9%	5 789	5 832	0,7%	56,2%
Agosto	3 538	4 063	14,8%	4 063	6 212	52,9%	6 212	6 195	-0,3%	75,1%
Setembro	3 172	3 391	6,9%	3 391	5 263	55,2%	5 263	5 392	2,5%	70,0%
Outubro	2 952	2 752	-6,8%	2 752	4 664	69,5%	4 664	4 839	3,8%	63,9%
Novembro	2 759	2 667	-3,3%	2 667	4 289	60,8%	4 289	4 556	6,2%	65,1%
Dezembro	2 827	2 657	-6,0%	2 657	4 347	63,6%	4 347	4 592	5,6%	62,4%

Veículos pesados

Mês	2014	2015	Variação	2015	2016	Variação	2016	2017	Variação	Total
Janeiro	233	213	-8,6%	213	213	0,0%	213	203	-4,7%	-12,9%
Fevereiro	234	242	3,4%	242	242	0,0%	242	212	-12,4%	-9,4%
Março	258	258	0,0%	258	262	1,6%	262	241	-8,0%	-6,6%
Abril	280	253	-9,6%	253	273	7,9%	273	223	-18,3%	-20,4%
Mai	258	272	5,4%	272	264	-2,9%	264	258	-2,3%	0,0%
Junho	257	292	13,6%	292	277	-5,1%	277	261	-5,8%	1,6%
Julho	287	328	14,3%	328	224	-31,7%	224	260	16,1%	-9,4%
Agosto	232	357	53,9%	357	221	-38,1%	221	261	18,1%	12,5%
Setembro	274	294	7,3%	294	234	-20,4%	234	283	20,9%	3,3%
Outubro	295	271	-8,1%	271	213	-21,4%	213	277	30,0%	-6,1%
Novembro	248	261	5,2%	261	215	-17,6%	215	276	28,4%	11,3%
Dezembro	227	208	-8,4%	208	190	-8,7%	190	231	21,6%	1,8%

Anexo A.4 Itinerário IP_2

Veículos totais

Mês	2014	2015	Variação	2015	2016	Variação	2016	2017	Variação	Total
Janeiro	8 501	8 844	4,0%	8 844	9 148	3,4%	9 148	5 650	-38,2%	-33,5%
Fevereiro	8 793	9 267	5,4%	9 267	9 460	2,1%	9 460	5 679	-40,0%	-35,4%
Março	9 117	9 738	6,8%	9 738	10 115	3,9%	10 115	5 872	-41,9%	-35,6%
Abril	9 527	10 290	8,0%	10 290	10 205	-0,8%	10 205	6 062	-40,6%	-36,4%
Maio	9 107	10 295	13,0%	10 295	7 093	-31,1%	7 093	6 077	-14,3%	-33,3%
Junho	8 973	9 865	9,9%	9 865	6 171	-37,4%	6 171	6 721	8,9%	-25,1%
Julho	9 920	11 166	12,6%	11 166	6 345	-43,2%	6 345	6 337	-0,1%	-36,1%
Agosto	12 185	12 875	5,7%	12 875	7 263	-43,6%	7 263	7 276	0,2%	-40,3%
Setembro	10 147	10 734	5,8%	10 734	6 311	-41,2%	6 311	6 274	-0,6%	-38,2%
Outubro	10 012	10 378	3,7%	10 378	6 050	-41,7%	6 050	6 213	2,7%	-37,9%
Novembro	9 585	10 135	5,7%	10 135	5 862	-42,2%	5 862	6 063	3,4%	-36,7%
Dezembro	9 885	10 254	3,7%	10 254	5 827	-43,2%	5 827	5 835	0,1%	-41,0%

Veículos ligeiros

Mês	2014	2015	Variação	2015	2016	Variação	2016	2017	Variação	Total
Janeiro	7 818	8 237	5,4%	8 237	8 513	3,4%	8 513	5 432	-36,2%	-30,5%
Fevereiro	8 044	8 611	7,0%	8 611	8 782	2,0%	8 782	5 462	-37,8%	-32,1%
Março	8 373	9 014	7,7%	9 014	9 359	3,8%	9 359	5 639	-39,7%	-32,7%
Abril	8 873	9 582	8,0%	9 582	9 464	-1,2%	9 464	5 845	-38,2%	-34,1%
Maio	8 437	9 546	13,1%	9 546	6 723	-29,6%	6 723	5 843	-13,1%	-30,7%
Junho	8 290	9 086	9,6%	9 086	5 912	-34,9%	5 912	6 427	8,7%	-22,5%
Julho	9 212	10 277	11,6%	10 277	6 095	-40,7%	6 095	6 100	0,1%	-33,8%
Agosto	11 538	12 111	5,0%	12 111	7 020	-42,0%	7 020	7 048	0,4%	-38,9%
Setembro	9 432	9 935	5,3%	9 935	6 053	-39,1%	6 053	6 034	-0,3%	-36,0%
Outubro	9 290	9 547	2,8%	9 547	5 815	-39,1%	5 815	5 980	2,8%	-35,6%
Novembro	8 909	9 323	4,6%	9 323	5 623	-39,7%	5 623	5 835	3,8%	-34,5%
Dezembro	9 267	9 528	2,8%	9 528	5 626	-41,0%	5 626	5 646	0,4%	-39,1%

Veículos pesados

Mês	2014	2015	Variação	2015	2016	Variação	2016	2017	Variação	Total
Janeiro	683	606	-11,3%	606	635	4,8%	635	218	-65,7%	-68,1%
Fevereiro	748	656	-12,3%	656	679	3,5%	679	218	-67,9%	-70,9%
Março	744	724	-2,7%	724	757	4,6%	757	234	-69,1%	-68,5%
Abril	654	709	8,4%	709	741	4,5%	741	217	-70,7%	-66,8%
Maio	671	749	11,6%	749	370	-50,6%	370	235	-36,5%	-65,0%
Junho	683	779	14,1%	779	259	-66,8%	259	295	13,9%	-56,8%
Julho	708	890	25,7%	890	250	-71,9%	250	237	-5,2%	-66,5%
Agosto	648	764	17,9%	764	243	-68,2%	243	228	-6,2%	-64,8%
Setembro	715	799	11,7%	799	258	-67,7%	258	240	-7,0%	-66,4%
Outubro	722	831	15,1%	831	235	-71,7%	235	233	-0,9%	-67,7%
Novembro	676	813	20,3%	813	239	-70,6%	239	228	-4,6%	-66,3%
Dezembro	618	726	17,5%	726	201	-72,3%	201	189	-6,0%	-69,4%

Anexo A.5 Itinerário IC_1

Veículos totais

Mês	2014	2015	Variação	2015	2016	Variação	2016	2017	Variação	Total
Janeiro	4 640	5 470	17,9%	5 470	5 298	-3,1%	5 298	5 359	1,2%	15,5%
Fevereiro	4 721	5 767	22,2%	5 767	5 637	-2,3%	5 637	5 700	1,1%	20,7%
Março	5 155	6 143	19,2%	6 143	6 330	3,0%	6 330	6 044	-4,5%	17,2%
Abril	5 831	6 606	13,3%	6 606	6 260	-5,2%	6 260	6 743	7,7%	15,6%
Mai	5 705	6 845	20,0%	6 845	6 172	-9,8%	6 172	6 365	3,1%	11,6%
Junho	6 530	7 390	13,2%	7 390	7 380	-0,1%	7 380	7 063	-4,3%	8,2%
Julho	8 718	8 696	-0,3%	8 696	8 589	-1,2%	8 589	8 694	1,2%	-0,3%
Agosto	10 751	10 107	-6,0%	10 107	9 415	-6,8%	9 415	9 251	-1,7%	-14,0%
Setembro	7 696	7 605	-1,2%	7 605	7 423	-2,4%	7 423	7 407	-0,2%	-3,8%
Outubro	6 131	5 966	-2,7%	5 966	6 073	1,8%	6 073	6 336	4,3%	3,3%
Novembro	5 770	5 813	0,7%	5 813	5 592	-3,8%	5 592	5 802	3,8%	0,6%
Dezembro	5 894	5 846	-0,8%	5 846	5 754	-1,6%	5 754	5 927	3,0%	0,6%

Veículos ligeiros

Mês	2014	2015	Variação	2015	2016	Variação	2016	2017	Variação	Total
Janeiro	3 949	4 585	16,1%	4 585	4 450	-2,9%	4 450	4 434	-0,4%	12,3%
Fevereiro	3 967	4 826	21,7%	4 826	4 677	-3,1%	4 677	4 745	1,5%	19,6%
Março	4 393	5 108	16,3%	5 108	5 247	2,7%	5 247	4 949	-5,7%	12,7%
Abril	5 018	5 557	10,7%	5 557	5 182	-6,7%	5 182	5 698	10,0%	13,6%
Mai	4 829	5 791	19,9%	5 791	5 076	-12,3%	5 076	5 206	2,6%	7,8%
Junho	5 648	6 263	10,9%	6 263	6 177	-1,4%	6 177	5 867	-5,0%	3,9%
Julho	7 533	7 412	-1,6%	7 412	7 421	0,1%	7 421	7 483	0,8%	-0,7%
Agosto	9 640	8 776	-9,0%	8 776	8 208	-6,5%	8 208	8 013	-2,4%	-16,9%
Setembro	6 689	6 510	-2,7%	6 510	6 347	-2,5%	6 347	6 314	-0,5%	-5,6%
Outubro	5 116	4 956	-3,1%	4 956	5 102	2,9%	5 102	5 282	3,5%	3,2%
Novembro	4 882	4 856	-0,5%	4 856	4 604	-5,2%	4 604	4 757	3,3%	-2,6%
Dezembro	5 057	5 026	-0,6%	5 026	4 863	-3,2%	4 863	5 046	3,8%	-0,2%

Veículos pesados

Mês	2014	2015	Variação	2015	2016	Variação	2016	2017	Variação	Total
Janeiro	691	885	28,1%	885	848	-4,2%	848	925	9,1%	33,9%
Fevereiro	754	941	24,8%	941	960	2,0%	960	955	-0,5%	26,7%
Março	762	1 034	35,7%	1 034	1 083	4,7%	1 083	1 095	1,1%	43,7%
Abril	814	1 049	28,9%	1 049	1 078	2,8%	1 078	1 045	-3,1%	28,4%
Mai	876	1 054	20,3%	1 054	1 096	4,0%	1 096	1 159	5,7%	32,3%
Junho	882	1 127	27,8%	1 127	1 203	6,7%	1 203	1 196	-0,6%	35,6%
Julho	1 185	1 283	8,3%	1 283	1 168	-9,0%	1 168	1 211	3,7%	2,2%
Agosto	1 111	1 331	19,8%	1 331	1 207	-9,3%	1 207	1 238	2,6%	11,4%
Setembro	1 007	1 094	8,6%	1 094	1 076	-1,6%	1 076	1 093	1,6%	8,5%
Outubro	1 015	1 009	-0,6%	1 009	971	-3,8%	971	1 053	8,4%	3,7%
Novembro	889	957	7,6%	957	988	3,2%	988	1 045	5,8%	17,5%
Dezembro	837	820	-2,0%	820	890	8,5%	890	882	-0,9%	5,4%

Anexo A.6 Itinerário EN_1

Veículos totais

Mês	2014	2015	Variação	2015	2016	Variação	2016	2017	Variação	Total
Janeiro	21 159	21 941	3,7%	21 941	17 493	-20,3%	17 493	16 002	-8,5%	-24,4%
Fevereiro	22 211	23 451	5,6%	23 451	18 896	-19,4%	18 896	16 804	-11,1%	-24,3%
Março	22 916	24 781	8,1%	24 781	20 171	-18,6%	20 171	17 954	-11,0%	-21,7%
Abril	24 043	27 132	12,8%	27 132	21 003	-22,6%	21 003	19 199	-8,6%	-20,1%
Mai	25 927	27 296	5,3%	27 296	20 210	-26,0%	20 210	19 653	-2,8%	-24,2%
Junho	27 844	29 523	6,0%	29 523	21 676	-26,6%	21 676	21 742	0,3%	-21,9%
Julho	31 802	33 271	4,6%	33 271	21 985	-33,9%	21 985	22 786	3,6%	-28,4%
Agosto	34 974	35 892	2,6%	35 892	23 772	-33,8%	23 772	24 064	1,2%	-31,2%
Setembro	28 837	30 814	6,9%	30 814	20 967	-32,0%	20 967	22 035	5,1%	-23,6%
Outubro	26 215	26 629	1,6%	26 629	18 860	-29,2%	18 860	19 759	4,8%	-24,6%
Novembro	22 805	21 495	-5,7%	21 495	16 574	-22,9%	16 574	17 733	7,0%	-22,2%
Dezembro	22 084	17 870	-19,1%	17 870	15 484	-13,4%	15 484	16 296	5,2%	-26,2%

Veículos ligeiros

Mês	2014	2015	Variação	2015	2016	Variação	2016	2017	Variação	Total
Janeiro	20 545	21 327	3,8%	21 327	17 010	-20,2%	17 010	15 562	-8,5%	-24,3%
Fevereiro	21 573	22 773	5,6%	22 773	18 320	-19,6%	18 320	16 328	-10,9%	-24,3%
Março	22 242	24 045	8,1%	24 045	19 552	-18,7%	19 552	17 393	-11,0%	-21,8%
Abril	23 330	26 356	13,0%	26 356	20 396	-22,6%	20 396	18 682	-8,4%	-19,9%
Mai	25 124	26 492	5,4%	26 492	19 640	-25,9%	19 640	19 072	-2,9%	-24,1%
Junho	27 015	28 644	6,0%	28 644	21 038	-26,6%	21 038	21 172	0,6%	-21,6%
Julho	30 901	32 359	4,7%	32 359	21 436	-33,8%	21 436	22 194	3,5%	-28,2%
Agosto	34 123	35 046	2,7%	35 046	23 237	-33,7%	23 237	23 476	1,0%	-31,2%
Setembro	28 011	29 965	7,0%	29 965	20 438	-31,8%	20 438	21 431	4,9%	-23,5%
Outubro	25 429	25 835	1,6%	25 835	18 375	-28,9%	18 375	19 203	4,5%	-24,5%
Novembro	22 181	20 854	-6,0%	20 854	16 135	-22,6%	16 135	17 242	6,9%	-22,3%
Dezembro	21 504	17 331	-19,4%	17 331	15 094	-12,9%	15 094	15 882	5,2%	-26,1%

Veículos pesados

Mês	2014	2015	Variação	2015	2016	Variação	2016	2017	Variação	Total
Janeiro	614	614	0,0%	614	483	-21,3%	483	439	-9,1%	-28,5%
Fevereiro	638	678	6,3%	678	576	-15,0%	576	476	-17,4%	-25,4%
Março	674	736	9,2%	736	620	-15,8%	620	561	-9,5%	-16,8%
Abril	713	777	9,0%	777	606	-22,0%	606	517	-14,7%	-27,5%
Mai	803	804	0,1%	804	570	-29,1%	570	581	1,9%	-27,6%
Junho	829	879	6,0%	879	638	-27,4%	638	570	-10,7%	-31,2%
Julho	901	913	1,3%	913	548	-40,0%	548	592	8,0%	-34,3%
Agosto	850	846	-0,5%	846	534	-36,9%	534	588	10,1%	-30,8%
Setembro	826	849	2,8%	849	529	-37,7%	529	604	14,2%	-26,9%
Outubro	786	793	0,9%	793	485	-38,8%	485	556	14,6%	-29,3%
Novembro	624	641	2,7%	641	440	-31,4%	440	491	11,6%	-21,3%
Dezembro	579	539	-6,9%	539	391	-27,5%	391	414	5,9%	-28,5%

Anexo B Análise do IRI e cavado de rodeira

Anexo B.1 IRI

Itinerário	Secção	Extensão (m)	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
IP_1	D	8,905	1,270	1,310	-	1,120	-	1,170	-
	I	12,045	-	2,830	-	-	-	1,450	-
IC_1	F	16,270	-	3,750	4,100	4,230	-	3,820	-
	K	1,335	2,300	2,340	2,560	2,600	-	1,600	-
EN_1	A	5,320	2,010	1,980	2,040	-	-	1,960	-
	B	5,320	2,170	2,240	2,320	-	-	2,230	-

Anexo B.2 Cavado de rodeira

Itinerário	Secção	Extensão (m)	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
IP_1	D	8,905	3,140	3,140	-	1,010	-	1,390	-
	I	12,045	5,130	5,130	-	-	-	1,380	-
IC_1	F	16,270	9,820	9,820	11,460	11,820	-	8,460	-
	K	1,335	4,640	4,640	5,670	5,640	-	2,640	-
EN_1	A	5,320	3,340	3,340	3,420	-	-	2,100	-
	B	5,320	4,120	4,120	4,360	-	-	3,010	-

Anexo B.3 % Área de fendilhamento

Itinerário	Secção	Extensão (m)	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
IP_1	D	8,905	0	0	-	0	-	0	-
	I	12,045	-	51	-	-	-	0	-
IC_1	F	16,270	-	99	85	59	-	63	-
	K	1,335	86	92	99	83	-	1	-
EN_1	A	5,320	9	35	14	-	-	12	-
	B	5,320	19	66	47	-	-	20	-

Anexo D Análise da capacidade numa estrada de 2 vias

Anexo D.1 Volume de tráfego = 100 v/h (BFFS = 60 km/h)

Tipo de terreno - Plano

P _T (%)	Zonas de não-ultrapassagem 20%					
	ATS (km/h)	PTSF (%)	Classe I	Classe II	Capacidade (ATS) (v/h/sentido)	Capacidade (PTSF) (v/h/sentido)
			LOS (ATS+PTSF)	LOS (PTSF)		
10%	55,27	27,29	E	A	1589	1683
15%	55,11	27,38	E	A	1538	1675
20%	54,36	27,47	E	A	1491	1667
25%	54,61	27,56	E	A	1447	1659
30%	54,65	27,65	E	A	1405	1650
50%	54,03	28,00	E	A	1259	1619
P _T (%)	Zonas de não-ultrapassagem 80%					
	ATS (km/h)	PTSF (%)	Classe I	Classe II	Capacidade (ATS) (v/h/sentido)	Capacidade (PTSF) (v/h/sentido)
			LOS (ATS+PTSF)	LOS (PTSF)		
10%	52,02	38,22	E	A	1589	1683
15%	51,85	38,32	E	A	1538	1675
20%	51,68	38,41	E	A	1491	1667
25%	51,51	38,50	E	A	1447	1659
30%	51,34	38,59	E	A	1405	1650
50%	50,66	38,35	E	A	1259	1619

Tipo de terreno - Ondulado

P _T (%)	Zonas de não-ultrapassagem 20%					
	ATS (km/h)	PTSF (%)	Classe I	Classe II	Capacidade (ATS) (v/h/sentido)	Capacidade (PTSF) (v/h/sentido)
			LOS (ATS+PTSF)	LOS (PTSF)		
10%	52,84	34,06	E	A	1050	1212
15%	52,37	34,92	E	A	985	1169
20%	51,91	35,78	E	A	928	1128
25%	51,51	36,63	E	A	878	1091
30%	51,26	37,47	E	A	832	1056
50%	50,23	40,77	E	B	690	935
P _T (%)	Zonas de não-ultrapassagem 80%					
	ATS (km/h)	PTSF (%)	Classe I	Classe II	Capacidade (ATS) (v/h/sentido)	Capacidade (PTSF) (v/h/sentido)
			LOS (ATS+PTSF)	LOS (PTSF)		
10%	49,36	45,19	E	B	1050	1212
15%	48,85	46,09	E	B	985	1169
20%	48,33	46,97	E	B	928	1128
25%	47,93	47,85	E	B	878	1091
30%	47,75	48,72	E	B	832	1056
50%	46,99	52,13	E	B	690	935

Anexo D.2 Volume de tráfego = 200 v/h (BFFS = 60 km/h)

Tipo de terreno - Plano

P _T (%)	Zonas de não-ultrapassagem 20%					
	ATS (km/h)	PTSF (%)	Classe I	Classe II	Capacidade (ATS) (v/h/sentido)	Capacidade (PTSF) (v/h/sentido)
			LOS (ATS+PTSF)	LOS (PTSF)		
10%	51,02	43,44	E	B	1589	1683
15%	50,85	43,55	E	B	1538	1675
20%	50,68	43,67	E	B	1491	1667
25%	50,51	43,78	E	B	1447	1659
30%	50,34	43,89	E	B	1405	1650
50%	49,66	44,35	E	B	1259	1619
P _T (%)	Zonas de não-ultrapassagem 80%					
	ATS (km/h)	PTSF (%)	Classe I	Classe II	Capacidade (ATS) (v/h/sentido)	Capacidade (PTSF) (v/h/sentido)
			LOS (ATS+PTSF)	LOS (PTSF)		
10%	47,57	54,47	E	B	1589	1683
15%	47,45	54,56	E	B	1538	1675
20%	47,32	54,64	E	B	1491	1667
25%	47,19	54,72	E	B	1447	1659
30%	47,07	54,81	E	B	1405	1650
50%	46,57	55,14	E	C	1259	1619

Tipo de terreno - Ondulado

P _T (%)	Zonas de não-ultrapassagem 20%					
	ATS (km/h)	PTSF (%)	Classe I	Classe II	Capacidade (ATS) (v/h/sentido)	Capacidade (PTSF) (v/h/sentido)
			LOS (ATS+PTSF)	LOS (PTSF)		
10%	48,40	51,75	E	B	1050	1212
15%	47,91	52,69	E	B	985	1169
20%	47,42	53,56	E	B	928	1128
25%	46,94	54,41	E	B	878	1091
30%	46,47	55,24	E	C	832	1056
50%	44,62	58,36	E	C	690	935
P _T (%)	Zonas de não-ultrapassagem 80%					
	ATS (km/h)	PTSF (%)	Classe I	Classe II	Capacidade (ATS) (v/h/sentido)	Capacidade (PTSF) (v/h/sentido)
			LOS (ATS+PTSF)	LOS (PTSF)		
10%	45,77	60,39	E	C	1050	1212
15%	45,48	61,00	E	C	985	1169
20%	45,19	61,55	E	C	928	1128
25%	44,86	62,07	E	C	878	1091
30%	44,46	62,57	E	C	832	1056
50%	42,84	64,37	E	C	690	935

Anexo D.3 Volume de tráfego = 300 v/h (BFFS = 60 km/h)

Tipo de terreno - Plano

P _T (%)	Zonas de não-ultrapassagem 20%					
	ATS (km/h)	PTSF (%)	Classe I	Classe II	Capacidade (ATS) (v/h/sentido)	Capacidade (PTSF) (v/h/sentido)
			LOS (ATS+PTSF)	LOS (PTSF)		
10%	48,81	53,70	E	B	1589	1683
15%	48,74	53,83	E	B	1538	1675
20%	48,67	53,95	E	B	1491	1667
25%	48,61	54,07	E	B	1447	1659
30%	48,54	54,19	E	B	1405	1650
50%	48,26	54,68	E	B	1259	1619
P _T (%)	Zonas de não-ultrapassagem 80%					
	ATS (km/h)	PTSF (%)	Classe I	Classe II	Capacidade (ATS) (v/h/sentido)	Capacidade (PTSF) (v/h/sentido)
			LOS (ATS+PTSF)	LOS (PTSF)		
10%	46,01	61,63	E	C	1589	1683
15%	45,97	61,71	E	C	1538	1675
20%	45,93	61,79	E	C	1491	1667
25%	45,89	61,86	E	C	1447	1659
30%	45,85	61,94	E	C	1405	1650
50%	45,68	62,23	E	C	1259	1619

Tipo de terreno - Ondulado

P _T (%)	Zonas de não-ultrapassagem 20%					
	ATS (km/h)	PTSF (%)	Classe I	Classe II	Capacidade (ATS) (v/h/sentido)	Capacidade (PTSF) (v/h/sentido)
			LOS (ATS+PTSF)	LOS (PTSF)		
10%	47,76	56,25	E	C	1050	1212
15%	47,42	56,86	E	C	985	1169
20%	47,09	57,45	E	C	928	1128
25%	46,76	58,03	E	C	878	1091
30%	46,44	58,60	E	C	832	1056
50%	45,16	60,85	E	C	690	935
P _T (%)	Zonas de não-ultrapassagem 80%					
	ATS (km/h)	PTSF (%)	Classe I	Classe II	Capacidade (ATS) (v/h/sentido)	Capacidade (PTSF) (v/h/sentido)
			LOS (ATS+PTSF)	LOS (PTSF)		
10%	45,39	63,17	E	C	1050	1212
15%	45,19	63,52	E	C	985	1169
20%	44,99	63,86	E	C	928	1128
25%	44,71	64,19	E	C	878	1091
30%	44,44	64,51	E	C	832	1056
50%	43,34	66,23	E	C	690	935

Anexo D.4 Volume de tráfego = 400 v/h (BFFS = 60 km/h)

Tipo de terreno - Plano

P _T (%)	Zonas de não-ultrapassagem 20%					
	ATS (km/h)	PTSF (%)	Classe I	Classe II	Capacidade (ATS) (v/h/sentido)	Capacidade (PTSF) (v/h/sentido)
			LOS (ATS+PTSF)	LOS (PTSF)		
10%	46,48	61,20	E	C	1589	1683
15%	46,39	61,33	E	C	1538	1675
20%	46,30	61,47	E	C	1491	1667
25%	46,22	61,60	E	C	1447	1659
30%	46,13	61,74	E	C	1405	1650
50%	45,77	62,27	E	C	1259	1619
P _T (%)	Zonas de não-ultrapassagem 80%					
	ATS (km/h)	PTSF (%)	Classe I	Classe II	Capacidade (ATS) (v/h/sentido)	Capacidade (PTSF) (v/h/sentido)
			LOS (ATS+PTSF)	LOS (PTSF)		
10%	44,47	66,54	E	C	1589	1683
15%	44,39	66,67	E	C	1538	1675
20%	44,32	66,79	E	C	1491	1667
25%	44,24	66,92	E	C	1447	1659
30%	44,17	67,04	E	C	1405	1650
50%	43,86	67,52	E	C	1259	1619

Tipo de terreno - Ondulado

P _T (%)	Zonas de não-ultrapassagem 20%					
	ATS (km/h)	PTSF (%)	Classe I	Classe II	Capacidade (ATS) (v/h/sentido)	Capacidade (PTSF) (v/h/sentido)
			LOS (ATS+PTSF)	LOS (PTSF)		
10%	45,14	63,99	E	C	1050	1212
15%	44,72	64,64	E	C	985	1169
20%	44,32	65,28	E	C	928	1128
25%	43,91	65,89	E	C	878	1091
30%	43,50	66,50	E	C	832	1056
50%	41,81	68,75	E	C	690	935
P _T (%)	Zonas de não-ultrapassagem 80%					
	ATS (km/h)	PTSF (%)	Classe I	Classe II	Capacidade (ATS) (v/h/sentido)	Capacidade (PTSF) (v/h/sentido)
			LOS (ATS+PTSF)	LOS (PTSF)		
10%	43,32	69,07	E	C	1050	1212
15%	42,94	69,65	E	C	985	1169
20%	42,55	70,22	E	D	928	1128
25%	42,16	70,77	E	D	878	1091
30%	41,78	71,31	E	D	832	1056
50%	40,28	73,29	E	D	690	935

Anexo D.5 Volume de tráfego = 500 v/h (BFFS = 60 km/h)

Tipo de terreno - Plano

P _T (%)	Zonas de não-ultrapassagem 20%					
	ATS (km/h)	PTSF (%)	Classe I	Classe II	Capacidade (ATS) (v/h/sentido)	Capacidade (PTSF) (v/h/sentido)
			LOS (ATS+PTSF)	LOS (PTSF)		
10%	44,26	67,35	E	C	1589	1683
15%	44,16	67,49	E	C	1538	1675
20%	44,05	67,62	E	C	1491	1667
25%	43,95	67,75	E	C	1447	1659
30%	43,84	67,88	E	C	1405	1650
50%	43,42	68,40	E	C	1259	1619
P _T (%)	Zonas de não-ultrapassagem 80%					
	ATS (km/h)	PTSF (%)	Classe I	Classe II	Capacidade (ATS) (v/h/sentido)	Capacidade (PTSF) (v/h/sentido)
			LOS (ATS+PTSF)	LOS (PTSF)		
10%	42,50	72,06	E	D	1589	1683
15%	42,40	72,18	E	D	1538	1675
20%	42,30	72,30	E	D	1491	1667
25%	42,20	72,42	E	D	1447	1659
30%	42,10	72,53	E	D	1405	1650
50%	41,70	72,99	E	D	1259	1619

Tipo de terreno - Ondulado

P _T (%)	Zonas de não-ultrapassagem 20%					
	ATS (km/h)	PTSF (%)	Classe I	Classe II	Capacidade (ATS) (v/h/sentido)	Capacidade (PTSF) (v/h/sentido)
			LOS (ATS+PTSF)	LOS (PTSF)		
10%	42,65	70,04	E	D	1050	1212
15%	42,11	70,66	E	D	985	1169
20%	41,58	71,25	E	D	928	1128
25%	41,04	71,82	E	D	878	1091
30%	40,43	72,37	E	D	832	1056
50%	37,91	74,38	E	D	690	935
P _T (%)	Zonas de não-ultrapassagem 80%					
	ATS (km/h)	PTSF (%)	Classe I	Classe II	Capacidade (ATS) (v/h/sentido)	Capacidade (PTSF) (v/h/sentido)
			LOS (ATS+PTSF)	LOS (PTSF)		
10%	41,00	74,42	E	D	1050	1212
15%	40,54	74,94	E	D	985	1169
20%	40,08	75,45	E	D	928	1128
25%	39,62	75,94	E	D	878	1091
30%	39,07	76,41	E	D	832	1056
50%	36,75	78,09	E	D	690	935

Anexo D.6 Volume de tráfego = 100 v/h (BFFS = 80 km/h)

Tipo de terreno - Plano

P _T (%)	Zonas de não-ultrapassagem 20%					
	ATS (km/h)	PTSF (%)	Classe I	Classe II	Capacidade (ATS) (v/h/sentido)	Capacidade (PTSF) (v/h/sentido)
			LOS (ATS+PTSF)	LOS (PTSF)		
10%	75,27	27,29	C	A	1589	1683
15%	75,11	27,38	C	A	1538	1675
20%	74,96	27,47	C	A	1491	1667
25%	74,81	27,56	C	A	1447	1659
30%	74,65	27,65	C	A	1405	1650
50%	74,03	28,00	C	A	1259	1619
P _T (%)	Zonas de não-ultrapassagem 80%					
	ATS (km/h)	PTSF (%)	Classe I	Classe II	Capacidade (ATS) (v/h/sentido)	Capacidade (PTSF) (v/h/sentido)
			LOS (ATS+PTSF)	LOS (PTSF)		
10%	72,02	38,22	C	A	1589	1683
15%	71,85	38,32	C	A	1538	1675
20%	71,68	38,41	C	A	1491	1667
25%	71,51	38,50	C	A	1447	1659
30%	71,34	38,59	C	A	1405	1650
50%	70,66	38,95	C	A	1259	1619

Tipo de terreno - Ondulado

P _T (%)	Zonas de não-ultrapassagem 20%					
	ATS (km/h)	PTSF (%)	Classe I	Classe II	Capacidade (ATS) (v/h/sentido)	Capacidade (PTSF) (v/h/sentido)
			LOS (ATS+PTSF)	LOS (PTSF)		
10%	72,84	34,06	C	A	1050	1212
15%	72,37	34,92	C	A	985	1169
20%	71,91	35,78	C	A	928	1128
25%	71,51	36,63	C	A	878	1091
30%	71,26	37,47	C	A	832	1056
50%	70,23	40,77	C	B	690	935
P _T (%)	Zonas de não-ultrapassagem 80%					
	ATS (km/h)	PTSF (%)	Classe I	Classe II	Capacidade (ATS) (v/h/sentido)	Capacidade (PTSF) (v/h/sentido)
			LOS (ATS+PTSF)	LOS (PTSF)		
10%	69,36	45,19	D	B	1050	1212
15%	68,85	46,09	D	B	985	1169
20%	68,33	46,97	D	B	928	1128
25%	67,93	47,85	D	B	878	1091
30%	67,75	48,72	D	B	832	1056
50%	66,99	52,13	D	B	690	935

Anexo D.7 Volume de tráfego = 200 v/h (BFFS = 80 km/h)

Tipo de terreno - Plano

P _T (%)	Zonas de não-ultrapassagem 20%					
	ATS (km/h)	PTSF (%)	Classe I	Classe II	Capacidade (ATS) (v/h/sentido)	Capacidade (PTSF) (v/h/sentido)
			LOS (ATS+PTSF)	LOS (PTSF)		
10%	71,02	43,44	C	B	1589	1683
15%	70,85	43,55	C	B	1538	1675
20%	70,68	43,67	C	B	1491	1667
25%	70,51	43,78	C	B	1447	1659
30%	70,34	43,89	C	B	1405	1650
50%	69,66	44,35	D	B	1259	1619
P _T (%)	Zonas de não-ultrapassagem 80%					
	ATS (km/h)	PTSF (%)	Classe I	Classe II	Capacidade (ATS) (v/h/sentido)	Capacidade (PTSF) (v/h/sentido)
			LOS (ATS+PTSF)	LOS (PTSF)		
10%	67,57	54,47	D	B	1589	1683
15%	67,45	54,56	D	B	1538	1675
20%	67,32	54,64	D	B	1491	1667
25%	67,19	54,72	D	B	1447	1659
30%	67,07	54,81	D	B	1405	1650
50%	66,57	55,14	D	C	1259	1619

Tipo de terreno - Ondulado

P _T (%)	Zonas de não-ultrapassagem 20%					
	ATS (km/h)	PTSF (%)	Classe I	Classe II	Capacidade (ATS) (v/h/sentido)	Capacidade (PTSF) (v/h/sentido)
			LOS (ATS+PTSF)	LOS (PTSF)		
10%	68,40	51,75	D	B	1050	1212
15%	67,91	52,69	D	B	985	1169
20%	67,42	53,56	D	B	928	1128
25%	66,94	54,41	D	B	878	1091
30%	66,47	55,24	D	C	832	1056
50%	64,62	58,36	D	C	690	935
P _T (%)	Zonas de não-ultrapassagem 80%					
	ATS (km/h)	PTSF (%)	Classe I	Classe II	Capacidade (ATS) (v/h/sentido)	Capacidade (PTSF) (v/h/sentido)
			LOS (ATS+PTSF)	LOS (PTSF)		
10%	65,77	60,39	D	C	1050	1212
15%	65,48	61,00	D	C	985	1169
20%	65,19	61,55	D	C	928	1128
25%	64,86	62,07	D	C	878	1091
30%	64,46	62,57	D	C	832	1056
50%	62,84	64,37	D	C	690	935

Anexo D.8 Volume de tráfego = 300 v/h (BFFS = 80 km/h)

Tipo de terreno - Plano

P _T (%)	Zonas de não-ultrapassagem 20%					
	ATS (km/h)	PTSF (%)	Classe I	Classe II	Capacidade (ATS) (v/h/sentido)	Capacidade (PTSF) (v/h/sentido)
			LOS (ATS+PTSF)	LOS (PTSF)		
10%	68,81	53,70	D	B	1589	1683
15%	68,74	53,83	D	B	1538	1675
20%	68,67	53,95	D	B	1491	1667
25%	68,61	54,07	D	B	1447	1659
30%	68,54	54,19	D	B	1405	1650
50%	68,26	54,68	D	B	1259	1619
P _T (%)	Zonas de não-ultrapassagem 80%					
	ATS (km/h)	PTSF (%)	Classe I	Classe II	Capacidade (ATS) (v/h/sentido)	Capacidade (PTSF) (v/h/sentido)
			LOS (ATS+PTSF)	LOS (PTSF)		
10%	66,01	61,63	D	C	1589	1683
15%	65,97	61,71	D	C	1538	1675
20%	65,93	61,79	D	C	1491	1667
25%	65,89	61,86	D	C	1447	1659
30%	65,85	61,94	D	C	1405	1650
50%	65,68	62,23	D	C	1259	1619

Tipo de terreno - Ondulado

P _T (%)	Zonas de não-ultrapassagem 20%					
	ATS (km/h)	PTSF (%)	Classe I	Classe II	Capacidade (ATS) (v/h/sentido)	Capacidade (PTSF) (v/h/sentido)
			LOS (ATS+PTSF)	LOS (PTSF)		
10%	67,76	56,25	D	C	1050	1212
15%	67,42	56,86	D	C	985	1169
20%	67,09	57,45	D	C	928	1128
25%	66,76	58,03	D	C	878	1091
30%	66,44	58,60	D	C	832	1056
50%	65,16	60,85	D	C	690	935
P _T (%)	Zonas de não-ultrapassagem 80%					
	ATS (km/h)	PTSF (%)	Classe I	Classe II	Capacidade (ATS) (v/h/sentido)	Capacidade (PTSF) (v/h/sentido)
			LOS (ATS+PTSF)	LOS (PTSF)		
10%	65,39	63,17	D	C	1050	1212
15%	65,19	63,52	D	C	985	1169
20%	64,99	63,86	D	C	928	1128
25%	64,71	64,19	D	C	878	1091
30%	64,44	64,51	D	C	832	1056
50%	63,34	66,23	D	C	690	935

Anexo D.9 Volume de tráfego = 400 v/h (BFFS = 80 km/h)

Tipo de terreno - Plano

P _T (%)	Zonas de não-ultrapassagem 20%					
	ATS (km/h)	PTSF (%)	Classe I	Classe II	Capacidade (ATS) (v/h/sentido)	Capacidade (PTSF) (v/h/sentido)
			LOS (ATS+PTSF)	LOS (PTSF)		
10%	66,48	61,20	D	C	1589	1683
15%	66,39	61,33	D	C	1538	1675
20%	66,30	61,47	D	C	1491	1667
25%	66,22	61,60	D	C	1447	1659
30%	66,13	61,74	D	C	1405	1650
50%	65,77	62,27	D	C	1259	1619
P _T (%)	Zonas de não-ultrapassagem 80%					
	ATS (km/h)	PTSF (%)	Classe I	Classe II	Capacidade (ATS) (v/h/sentido)	Capacidade (PTSF) (v/h/sentido)
			LOS (ATS+PTSF)	LOS (PTSF)		
10%	64,47	66,54	D	C	1589	1683
15%	64,39	66,67	D	C	1538	1675
20%	64,32	66,79	D	C	1491	1667
25%	64,24	66,92	D	C	1447	1659
30%	64,17	67,04	D	C	1405	1650
50%	63,86	67,52	D	C	1259	1619

Tipo de terreno - Ondulado

P _T (%)	Zonas de não-ultrapassagem 20%					
	ATS (km/h)	PTSF (%)	Classe I	Classe II	Capacidade (ATS) (v/h/sentido)	Capacidade (PTSF) (v/h/sentido)
			LOS (ATS+PTSF)	LOS (PTSF)		
10%	65,14	63,99	D	C	1050	1212
15%	64,72	64,64	D	C	985	1169
20%	64,32	65,28	D	C	928	1128
25%	63,91	65,89	D	C	878	1091
30%	63,50	66,50	D	C	832	1056
50%	61,81	68,75	D	C	690	935
P _T (%)	Zonas de não-ultrapassagem 80%					
	ATS (km/h)	PTSF (%)	Classe I	Classe II	Capacidade (ATS) (v/h/sentido)	Capacidade (PTSF) (v/h/sentido)
			LOS (ATS+PTSF)	LOS (PTSF)		
10%	63,32	69,07	D	C	1050	1212
15%	62,94	69,65	D	C	985	1169
20%	62,55	70,22	D	D	928	1128
25%	62,16	70,77	D	D	878	1091
30%	61,78	71,31	D	D	832	1056
50%	60,28	73,29	D	D	690	935

Anexo D.10 Volume de tráfego = 500 v/h (BFFS = 80 km/h)

Tipo de terreno - Plano

P _T (%)	Zonas de não-ultrapassagem 20%					
	ATS (km/h)	PTSF (%)	Classe I	Classe II	Capacidade (ATS) (v/h/sentido)	Capacidade (PTSF) (v/h/sentido)
			LOS (ATS+PTSF)	LOS (PTSF)		
10%	64,26	67,35	D	C	1589	1683
15%	64,16	67,49	D	C	1538	1675
20%	64,05	67,62	D	C	1491	1667
25%	63,95	67,75	D	C	1447	1659
30%	63,84	67,88	D	C	1405	1650
50%	63,42	68,40	D	C	1259	1619
P _T (%)	Zonas de não-ultrapassagem 80%					
	ATS (km/h)	PTSF (%)	Classe I	Classe II	Capacidade (ATS) (v/h/sentido)	Capacidade (PTSF) (v/h/sentido)
			LOS (ATS+PTSF)	LOS (PTSF)		
10%	62,50	72,06	D	D	1589	1683
15%	62,40	72,18	D	D	1538	1675
20%	62,30	72,30	D	D	1491	1667
25%	62,20	72,42	D	D	1447	1659
30%	62,10	72,53	D	D	1405	1650
50%	61,70	72,99	D	D	1259	1619

Tipo de terreno - Ondulado

P _T (%)	Zonas de não-ultrapassagem 20%					
	ATS (km/h)	PTSF (%)	Classe I	Classe II	Capacidade (ATS) (v/h/sentido)	Capacidade (PTSF) (v/h/sentido)
			LOS (ATS+PTSF)	LOS (PTSF)		
10%	62,65	70,04	D	D	1050	1212
15%	62,11	70,66	D	D	985	1169
20%	61,58	71,25	D	D	928	1128
25%	61,04	71,82	D	D	878	1091
30%	60,43	72,37	D	D	832	1056
50%	57,91	74,38	E	D	690	935
P _T (%)	Zonas de não-ultrapassagem 80%					
	ATS (km/h)	PTSF (%)	Classe I	Classe II	Capacidade (ATS) (v/h/sentido)	Capacidade (PTSF) (v/h/sentido)
			LOS (ATS+PTSF)	LOS (PTSF)		
10%	61,00	74,42	D	D	1050	1212
15%	60,54	74,94	D	D	985	1169
20%	60,08	75,45	D	D	928	1128
25%	59,62	75,94	E	D	878	1091
30%	59,07	76,41	E	D	832	1056
50%	56,75	78,09	E	D	690	935