



**TÉCNICO**  
LISBOA



# **QUANTIFICAÇÃO DE IMPACTES ENERGÉTICOS E AMBIENTAIS DA INTRODUÇÃO DE TECNOLOGIAS ALTERNATIVAS NA FROTA DA CML**

Marta Faria, Gonçalo Duarte,  
Catarina Rolim, Patrícia Baptista

(IDMEC-IST)

**Ponto de encontro**

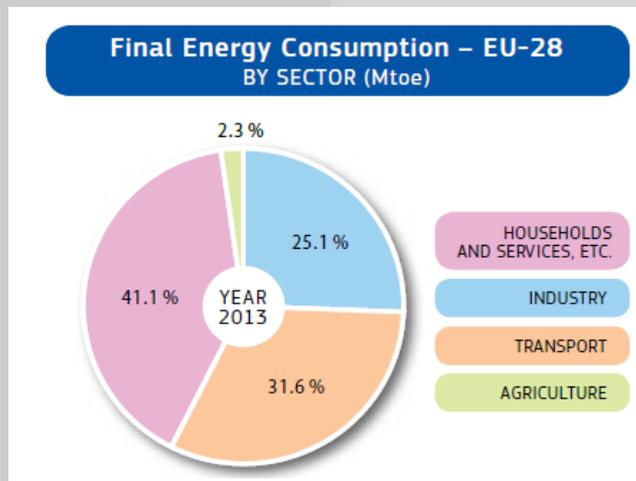
Janeiro 2016

Projecto financiado pela LISBOA **e-nova**  
AGÊNCIA MUNICIPAL DE ENERGIA E AMBIENTE

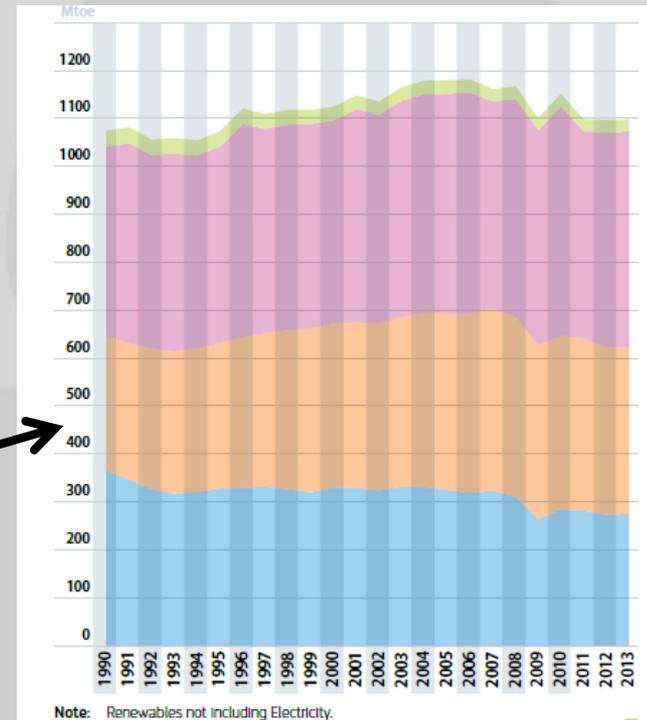


# 1. Enquadramento

- Elevado consumo de energia e emissão de poluentes associado ao sector dos transportes
- Cerca de 1/3 da energia final consumida
- Apresenta uma tendência crescente



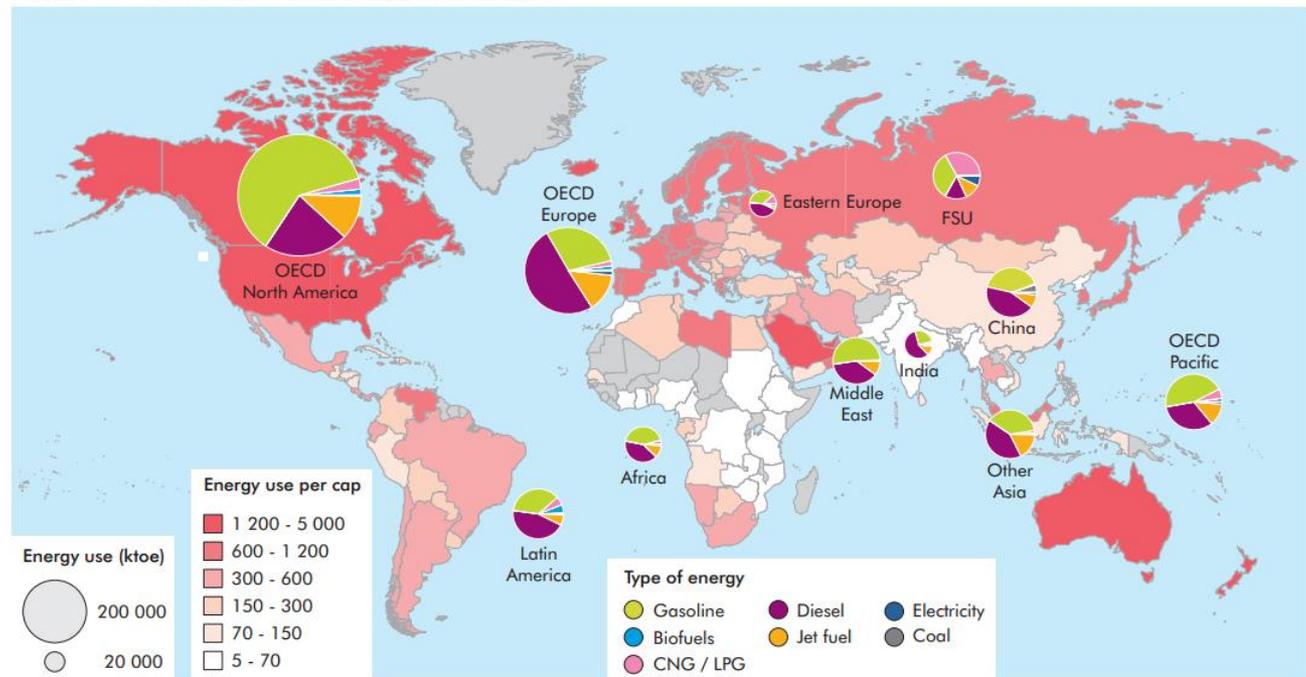
EU Statistical pocketbook 2015



# 1. Enquadramento

- Elevado consumo de energia e emissão de poluentes associado ao sector dos transportes
- Consumo de energia predominantemente de origem fóssil

**Figure 1.2** ▶ Transport sector energy use per capita



The boundaries and names shown and the designations used on maps included in this publication do not imply official endorsement or acceptance by the IEA.

Note: Does not include international shipping.

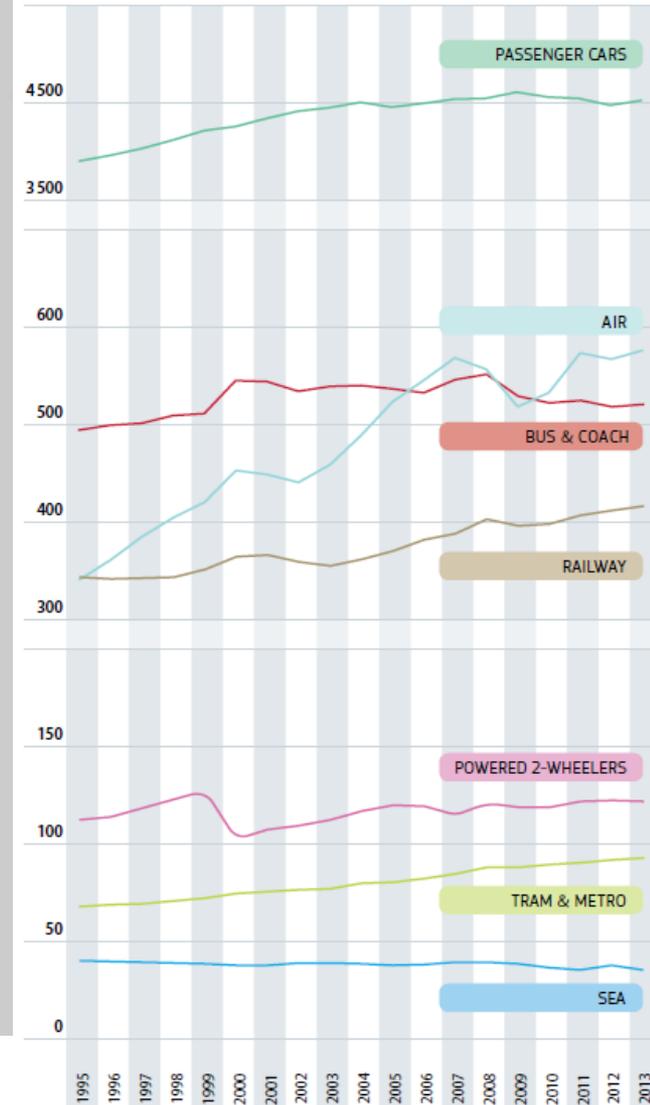
Source: IEA statistics.

# 1. Enquadramento

- Elevado consumo de energia e emissão de poluentes associado ao sector dos transportes
  - Modo de transporte predominante → veículos ligeiros de passageiros
- **Combustíveis e tecnologias de veículos alternativos** constituem possível medida de resposta ao problema colocado

## EU-28 Performance by Mode for Passenger Transport – 1995–2013

billion passenger-kilometres



# 1. Enquadramento

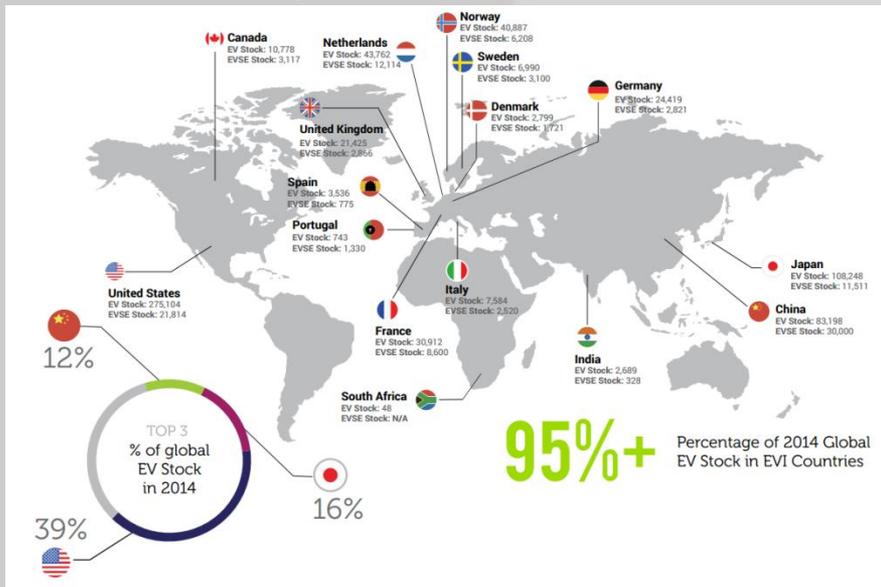
Regulamentação no sentido de melhorar o desempenho do sector dos transportes:

- **Livro Branco**, 2011 - Roteiro do espaço único europeu dos transportes  
*“Redução radical da dependência da Europa das importações de petróleo e redução em 60% as emissões de carbono nos transportes até 2050”.*
- Pacote “Energia-Clima” (ou **Pacote “20-20-20”**)  
*Necessidade de redução de 20% das emissões de GEE relativamente aos níveis de 1990, de redução de 20% do consumo de energia primária e da substituição de 20% do consumo de combustíveis tradicionais por combustíveis alternativos*
- Directiva 2009/28/EC – **Renewable Energy Directive**, meta em 2020 de 10% de energia renovável nos transportes
- Directiva 2009/30/EC – **Fuel Quality Directive**, redução de 10% nos GEE em ciclo de vida dos combustíveis fósseis (6% através de biocombustíveis)
- Directiva 2014/94/UE, criação de uma **infraestrutura** para combustíveis alternativos na UE por forma a minimizar a dependência em relação ao petróleo e atenuar o impacto ambiental dos transportes.

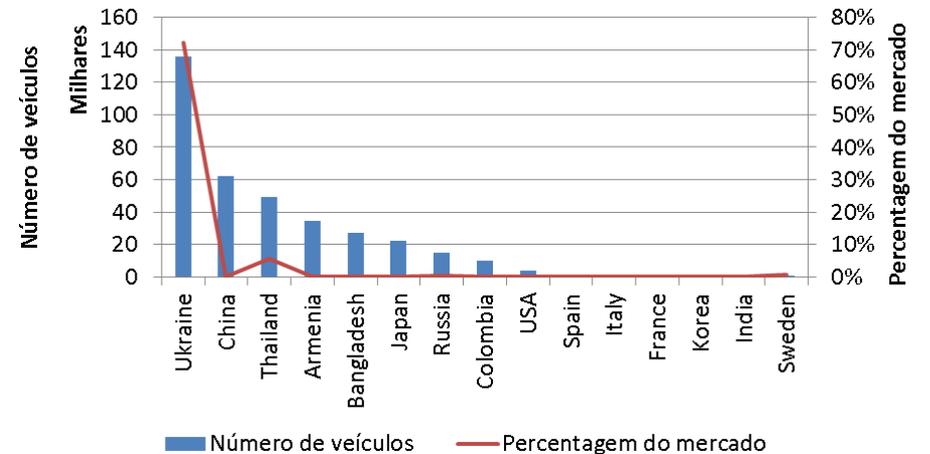
# 1. Enquadramento

- Introdução de tecnologias alternativas
  - Tem-se verificado introdução gradual devido a incerteza a nível de:
    - Disponibilidade, preço, desempenho das tecnologias alternativas

## Penetração de veículos eléctricos



## Penetração de veículos pesados a GN



# 1. Enquadramento

- **Papel de exemplo da CML na adopção de soluções alternativas**
- Veículos “não-particulares” constituem grande parte da frota circulante da cidade
  - Câmara Municipal de Lisboa (CML) tem frota total de cerca de 870 veículos
  - Frota considerada com potencial de renovação e mudança para tecnologias alternativas nos últimos anos foi de 311 veículos



## 2. Objectivo

- Quantificação dos impactes energéticos e ambientais da introdução de tecnologias alternativas na frota da CML:
  - Veículos eléctricos na frota de ligeiros; e
  - Veículos a gás natural na frota de pesados de recolha de resíduos sólidos urbanos.

## 2. Objectivo

- Quantificação dos impactes energéticos e ambientais da introdução de tecnologias alternativas na frota da CML:
  - **Veículos eléctricos na frota de ligeiros; e**
  - Veículos a gás natural na frota de pesados de recolha de resíduos sólidos urbanos.

Tabela 1 – Caracterização de tecnologias alternativas



	EV – Peugeot iOn
Potência máxima	47 kW
Binário máximo	180 Nm
Capacidade da bateria	16 kWh
Autonomia	~150 km
Custo de utilização	~1.1 a 2.3€/100 km *
Observações	Climatização: 1 a 5 kW

\* Considerando 0.1029€/kWh para Sector industrial e 0.2175€/kWh para Sector residencial (Fonte: Eurostat [1])

## 2. Objectivo

- Quantificação dos impactes energéticos e ambientais da introdução de tecnologias alternativas na frota da CML:
  - Veículos eléctricos na frota de ligeiros; e
  - Veículos a gás natural na frota de pesados de recolha de resíduos sólidos urbanos.**

Tabela 1 – Caracterização de tecnologias alternativas



	GNC – IVECO Stralis
Potência máxima	200-246 kW
Binário máximo	1100-1300 Nm
Capacidade da bateria	---
Autonomia	300-400 km
Custo de utilização	~81.2€/100 km **
Observações	- Elevado peso no consumo de tarefas específicas da recolha de lixo - Ciclo otto estequiométrico

\*\* Assumindo 0.8386€/m<sup>3</sup> + IVA (Fonte: CML)

### 3. Metodologia

- Caracterização detalhada da fase de utilização dos veículos (fase de **Depósito-à-Roda**)
  - **Período 1**, antes da introdução das tecnologias alternativas
  - **Período 2**, depois da introdução das tecnologias alternativas
- Caracterização da frota consoante idade e norma Euro de emissão de poluentes locais
- Períodos considerados, com garantia de manutenção de nível de serviço

Tabela 2 – Períodos considerados

	Veículos ligeiros	Veículos pesados
Período 1	2010	2006
Período 2	Out 2013 - Set 2014	Out 2013 - Set 2014

- Análise de ciclo de vida – incluindo também a fase do **Poço-ao-Depósito** (produção e transformação das fontes energéticas)

- **Fontes de informação**

1. Constituição da frota (número e tipologia) e nível de utilização (quilometragem e abastecimentos anuais) tanto para o Período 1 como para o Período 2 → **DMAU/CML**
2. Veículos eléctricos → validação de consumos e quilometragem por **monitorização experimental** (Período 2)
  - 2 veículos Peugeot iOn durante períodos de pelo menos uma semana cada, através de dispositivos de monitorização de veículos e de carregamento de energia



- **Fontes de informação**

- Consideradas **viaturas activas** – viaturas com quilometragem e consumo diferentes de zero nos períodos analisados
- Validação de quilometragem e litros de combustível usado através de identificação de consumos (l/100km) anómalos. Sempre que possível foram efectuadas correcções com base nos dados disponíveis ou após consulta do DMAU/CML, entre as quais:
  - Correcções de consumo, assumindo os valores de viaturas semelhantes
  - Quilometragens anómalas (possivelmente devido à introdução manual de dados) foram corrigidas

### Ferramentas utilizadas:

- **Ferramentas de micro-simulação de frotas** [2] que aplicam as metodologias da Agência Europeia do Ambiente [3] para impactes ambientais na utilização de veículos
  - Caracterização detalhada da frota e das suas condições de utilização simulados nas condições específicas da cidade de Lisboa
  - Validação da eficiência e dos factores de emissão dos poluentes efectuada [4]
- **Ferramentas de ciclo de vida** para os impactes das fontes energéticas consideradas
  - Utilização de valores de referência Portugueses para fontes energéticas consideradas [5, 6]

### 3. Metodologia

- **Caracterização das condições de utilização**

- Condições de utilização da frota a nível de percentagem de distância percorrida em contexto de condução urbano e suburbano

Tabela 8 – Caracterização de condições de utilização da frota

Tipologia de veículo		Ligeiros		Pesados
Contexto de condução		100% Urbano	50% Urbano + 50% Suburbano	87% Urbano + 13% Suburbano
Número de veículos	Período 1	203	65	103
	Período 2	175	28	108

- Pressupostos para condições de utilização da frota
  - Foram consideradas as **condições meteorológicas** médias da cidade de Lisboa (normais climatológicos para o período 1981-2010) [7]
  - **Velocidade média** para veículos ligeiros de 21 km/h em meio urbano e de 62 km/h em meio suburbano, de acordo com medições experimentais
  - **Velocidade média** para veículos pesados de 10 km/h em meio urbano e de 50 km/h em meio suburbano, de acordo com condições típicas de utilização
  - Veículos pesados com **factor de capacidade** de 85%

## 4.1. Resultados – Caracterização da frota

- **Análise da frota**
  - Frota considerada

Tabela 3 – Frota e sua caracterização nos períodos considerados

	Veículos ligeiros					Veículos pesados				
	Número de veículos	Quilometragem	Quilometragem média por veículo	Idade média	Inoperacionalidade (%)	Número de veículos	Quilometragem	Quilometragem média por veículo	Idade média	Inoperacionalidade (%)
Período 1	268	4,306,879	16,070	7.4	12.4%	103	2,109,671	20,482	14.8	19.8%
Período 2	203	2,689,573	13,249	10.9	14.7%	108	2,324,145	21,520	11.6	29.3%
	-24%	-38%	-18%	48%		5%	10%	5%	-22%	

- Veículos ligeiros: redução do número de veículos acompanhada de redução do número de quilómetros e de envelhecimento da frota. Diminuição do número de quilómetros por veículo devido à optimização das viagens.
- Veículos pesados: aumento ligeiro do número de veículos e da quilometragem na mesma proporção, com diminuição de idade média (devido à renovação da frota). Ligeiro aumento da frota deve-se ao aumento do nível e do tipo de serviço (ex. implementação da recolha selectiva porta a porta).

## 4.1. Resultados – Caracterização da frota

- **Análise da frota - Ligeiros**
  - Caracterização detalhada consoante a cilindrada do veículo
    - Idade média da frota de **7.4 anos**

Tabela 4 – Veículos ligeiros, Período 1

Tipologia de veículo	Número	km/ano	Consumo (l/100km)
<b>Gasóleo</b>	<b>254</b>	<b>15969</b>	<b>7.4</b>
>2.0	16	18991	10.0
1.4-2.0	238	15766	7.2
<b>Gasolina</b>	<b>12</b>	<b>16698</b>	<b>7.9</b>
<0.8	10	15739	7.2
1.4-2.0	2	21492	11.3
<b>Gasolina/GNC</b>	<b>2</b>	<b>25178</b>	
1.4-2.0	2	25178	
<b>Total</b>	<b>268</b>	<b>16070</b>	<b>7.4</b>

## 4.1. Resultados – Caracterização da frota

- **Análise da frota - Ligeiros**
  - Caracterização detalhada consoante a cilindrada do veículo
    - Idade média da frota de **10.9 anos**

Tabela 5 – Veículos ligeiros, Período 2

Tipologia de veículo	Número	km/ano	Consumo (l/100km)	Consumo (kWh/km)
Eléctrico	57	10374	-	0.16
Gasóleo	133	14209	7.2	-
<1.4	2	7940	6.7	-
>2.0	15	18150	9.9	-
1.4-2.0	116	13807	6.9	-
Gasolina	11	14738	7.7	-
<0.8	9	13984	7.1	-
0.8-1.4	1	16717	7.4	-
1.4-2.0	1	19544	13.7	-
Gasolina/GNC	2	23159	-	-
1.4-2.0	2	23159	-	-
<b>Total</b>	<b>203</b>	<b>13249</b>	<b>7.3</b>	-

- Melhoria marginal da eficiência da frota (2%) de veículos convencionais

## 4.1. Resultados – Caracterização da frota

- **Análise da frota - Pesados**
  - Caracterização detalhada consoante a cilindrada do veículo
    - Idade média da frota de **14.8 anos**

Tabela 6 – Veículos pesados, Período 1

Tipologia de veículo	Número	km/ano	Consumo (l/100km)
<b>Gasóleo</b>	103	20482	56.2
Rigid 14 - 20 t	102	20620	56.4
Rigid 7,5 - 12 t	1	6446	37.0
<b>Total</b>	<b>103</b>	<b>20482</b>	<b>56.2</b>

## 4.1. Resultados – Caracterização da frota

- **Análise da frota - Pesados**

- Caracterização detalhada consoante a cilindrada do veículo
  - Idade média da frota de **11.6 anos**

Tabela 7 – Veículos pesados, Período 2

Tipologia de veículo	Número	km/ano	Consumo (l/100km)	Consumo (m <sup>3</sup> /100km)
<b>Gasóleo</b>	54	19262	57.3	-
Rigid 14 - 20 t	53	19563	57.6	-
Rigid 7,5 - 12 t	1	3303	42.1	-
<b>GNC</b>	54	23777	-	<b>78.8</b>
Rigid 14 - 20 t	54	23777	-	78.8
<b>Total</b>	<b>108</b>	<b>21520</b>	<b>57.3</b>	<b>78.8</b>

- Ligeiro agravamento da eficiência da frota (1%) de veículos convencionais

## 4.1. Resultados – Caracterização da frota

- **Análise da eficiência da frota**

- A eficiência da frota quer de veículos ligeiros quer de pesados manteve-se praticamente inalterada apesar do envelhecimento da frota de veículos convencionais (+7,7 anos para veículos ligeiros e +3,6 anos para veículos pesados).
- No caso dos veículos ligeiros, os veículos convencionais mais recentes foram substituídos por veículos eléctricos devido aos compromissos contratuais da frota.
- Para a frota de pesados, tendo havido um aumento do nível de serviço, foram introduzidos veículos novos a GNC, reduzindo significativamente o número de veículos convencionais.

## 4.1. Resultados – Caracterização da frota

- **Avaliação do desempenho energético da frota**
  - Avaliação da eficiência da **frota de ligeiros**

Tabela 9 – Caracterização energética global da frota

	Veículos ligeiros		Veículos pesados	
	TJ	MJ/VK	TJ	MJ/VK
Período 1	11.2	2.6	43.1	20.4
Período 2	5.4	2.0	56.1	24.1
	-52%	-23%	30%	18%

- Evolução do consumo global de combustível é reflexo da evolução do tamanho da frota e quilometragem anual
- **Veículos ligeiros:** melhoria da eficiência da frota
  - Veículos convencionais – melhoria ligeira de eficiência **7.4 para 7.3 l/100km**
  - Veículos eléctricos – melhoria acentuada de eficiência **2.6 MJ/km** (típico dos convencionais) para **0.6 MJ/km**

## 4.1. Resultados – Caracterização da frota

- **Avaliação do desempenho energético da frota**
  - Avaliação da eficiência da **frota de pesados**

Tabela 9 – Caracterização energética global da frota

	Veículos ligeiros		Veículos pesados	
	TJ	MJ/VK	TJ	MJ/VK
Período 1	11.2	2.6	43.1	20.4
Período 2	5.4	2.0	56.1	24.1
	-52%	-23%	30%	18%

- Evolução do consumo global de combustível é reflexo da evolução do tamanho da frota e quilometragem anual
- **Veículos pesados:** agravamento do consumo
  - Veículos diesel – agravamento de **1%** de eficiência
  - Veículos GNC – consumo **36%** superior ao diesel

## 4.2. Resultados – Monitorização de veículos eléctricos

- **Objectivo:** validação de quilometragem e de consumo das viaturas eléctricas no Período 2
- **Metodologia:** monitorização de 2 veículos eléctricos Peugeot iOn com dois tipos de atribuições:
  - Atribuição pessoal (**EV1**); e
  - Realização de tarefas (**EV2**).

## 4.2. Resultados – Monitorização de veículos eléctricos

- **Caracterização de padrões de mobilidade**

Tabela 10 – Caracterização da utilização dos veículos eléctricos

	EV1	EV2
Número de dias monitorizados	15	24
Número médio de viagens por dia	3.5	7.2
Tempo médio de viagem (min)	28.9	15
Distância média por dia (km)	65	42
Distância média por viagem (km)	19	6
Velocidade média (km/h)	32	23
Percentagem de tempo ao ralenti	14%	19%
Eventos de travagem extremos por 100 km	2.9	13.7
Eventos de aceleração extremos por 100 km	6.1	15.1

- Devido ao tipo de utilização, EV2 tem mais do dobro de viagens por dia (viagens 69% mais curtas e com duração 47% menor).
- EV2 apresenta uma condução mais citadina, com velocidade média mais baixa (-28%), mais tempo ao *ralenti* (38%) e um maior padrão de agressividade (travagens e acelerações).

## 4.2. Resultados – Monitorização de veículos eléctricos

- **Caracterização de padrões de mobilidade**

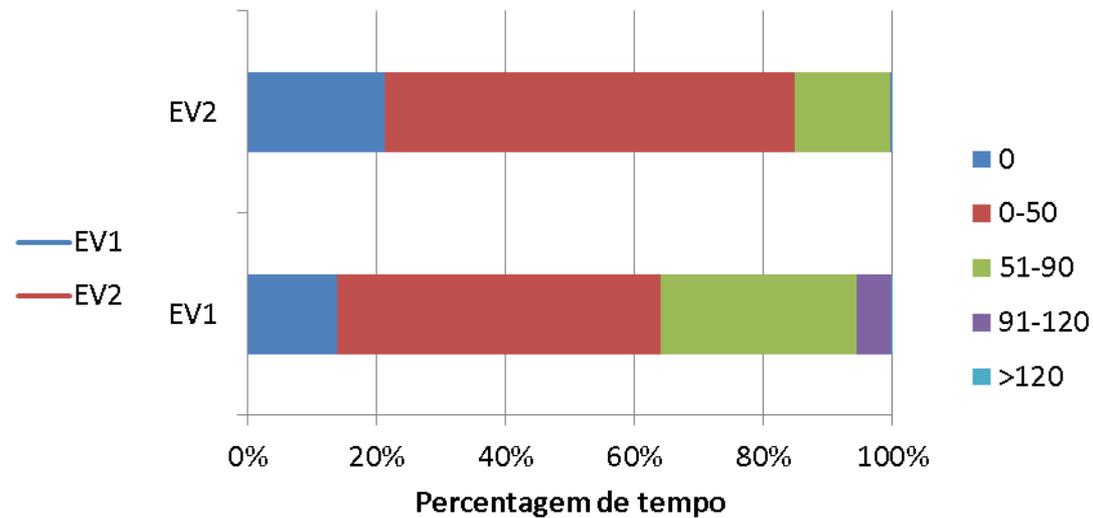
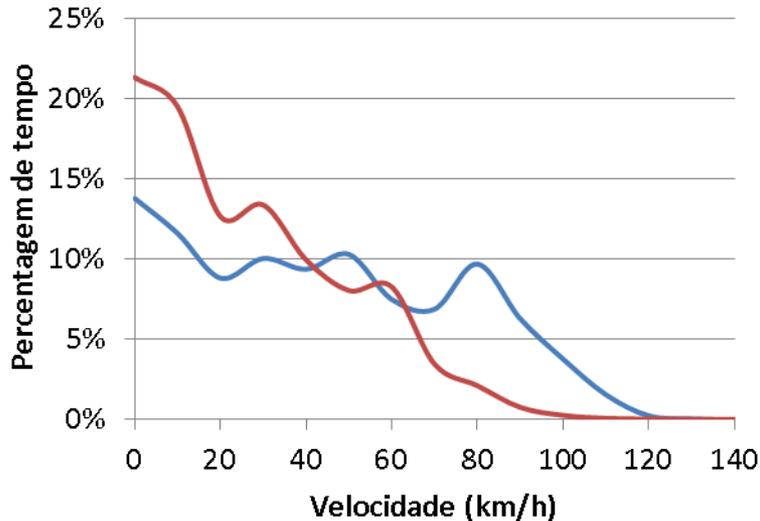
Tabela 10 – Caracterização da utilização dos veículos eléctricos

	<b>EV1</b>	<b>EV2</b>
Número de dias monitorizados	15	24
Número médio de viagens por dia	3.5	7.2
Tempo médio de viagem (min)	28.9	15
Distância média por dia (km)	65	42
Distância média por viagem (km)	19	6
Velocidade média (km/h)	32	23
Percentagem de tempo ao ralenti	14%	19%
Eventos de travagem extremos por 100 km	2.9	13.7
Eventos de aceleração extremos por 100 km	6.1	15.1

- Considerando 220 dias de utilização, a quilometragem anual seria: **EV1 14300 km e EV2 9215 km.**
- Média de quilometragem anual da frota de veículos eléctricos considerada: **10374 km** (Fonte: CML).

## 4.2. Resultados – Monitorização de veículos eléctricos

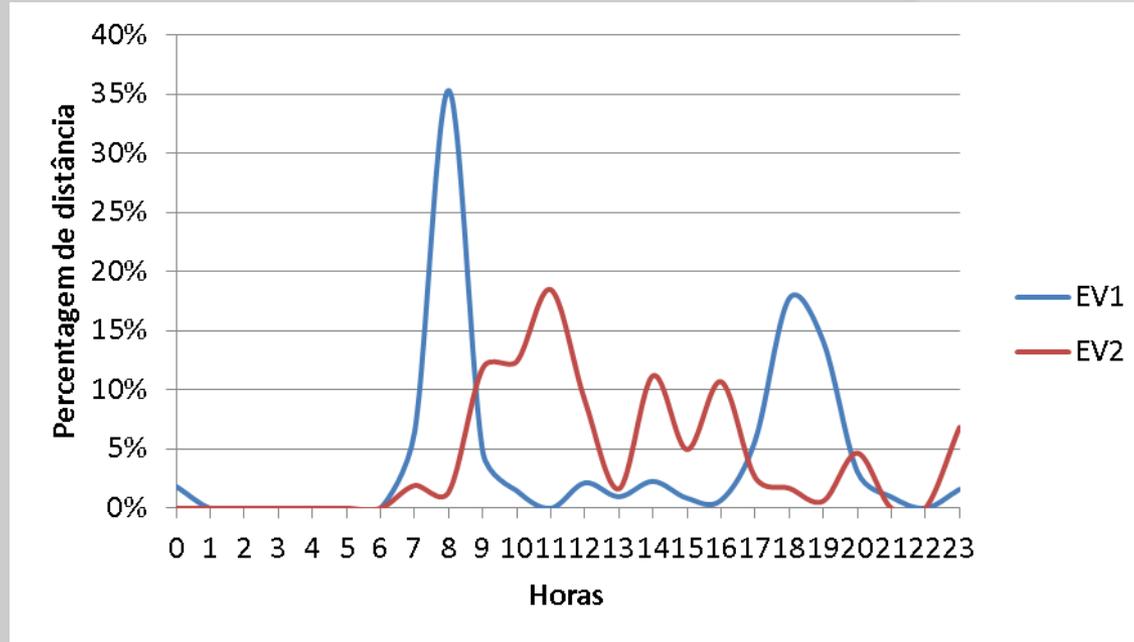
- Caracterização de bandas de velocidade



- EV1 com velocidade média 28% mais elevada, em consequência do contexto de condução extra-urbano.
- EV2 com mais tempo ao *ralenti*

## 4.2. Resultados – Monitorização de veículos eléctricos

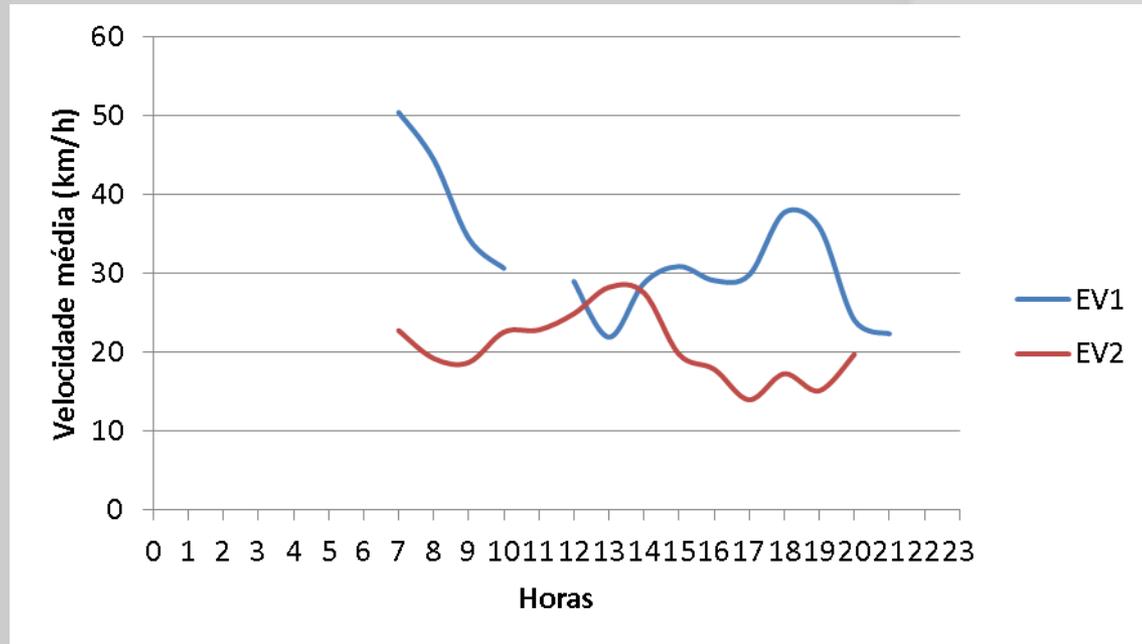
- **Análise horária de padrões de mobilidade – distância percorrida**



- EV1 utilizado maioritariamente para deslocações casa-trabalho-casa ao início da manhã e fim de tarde.
- EV2 utilizado em contexto laboral com deslocações ao longo do dia.

## 4.2. Resultados – Monitorização de veículos eléctricos

- **Análise horária de padrões de mobilidade – velocidade média**



- EV1 com uma velocidade média tipicamente superior.
- EV2 com velocidade média mais baixa, reflexo do contexto urbano.

## 4.2. Resultados – Monitorização de veículos eléctricos

- **Análise de carregamentos** – eficiência dos veículos

Tabela 12 – Consumo de energia dos veículos eléctricos

Veículo	kWh/100 km
EV1	15.5
EV2	16.3

- Média de **16.1 kWh/100km**, valor utilizado nos cálculos com base na proporção de quilómetros dos veículos da tipologia de EV1 e EV2
- EV2 com consumo **5.6%** mais elevado devido ao contexto urbano de condução:
  - Maior operação em regimes transientes (acelerações e travagens) e agressividade (acelerações)

## 4.2. Resultados – Monitorização de veículos eléctricos

- **Análise de carregamentos** – análise dos carregamentos

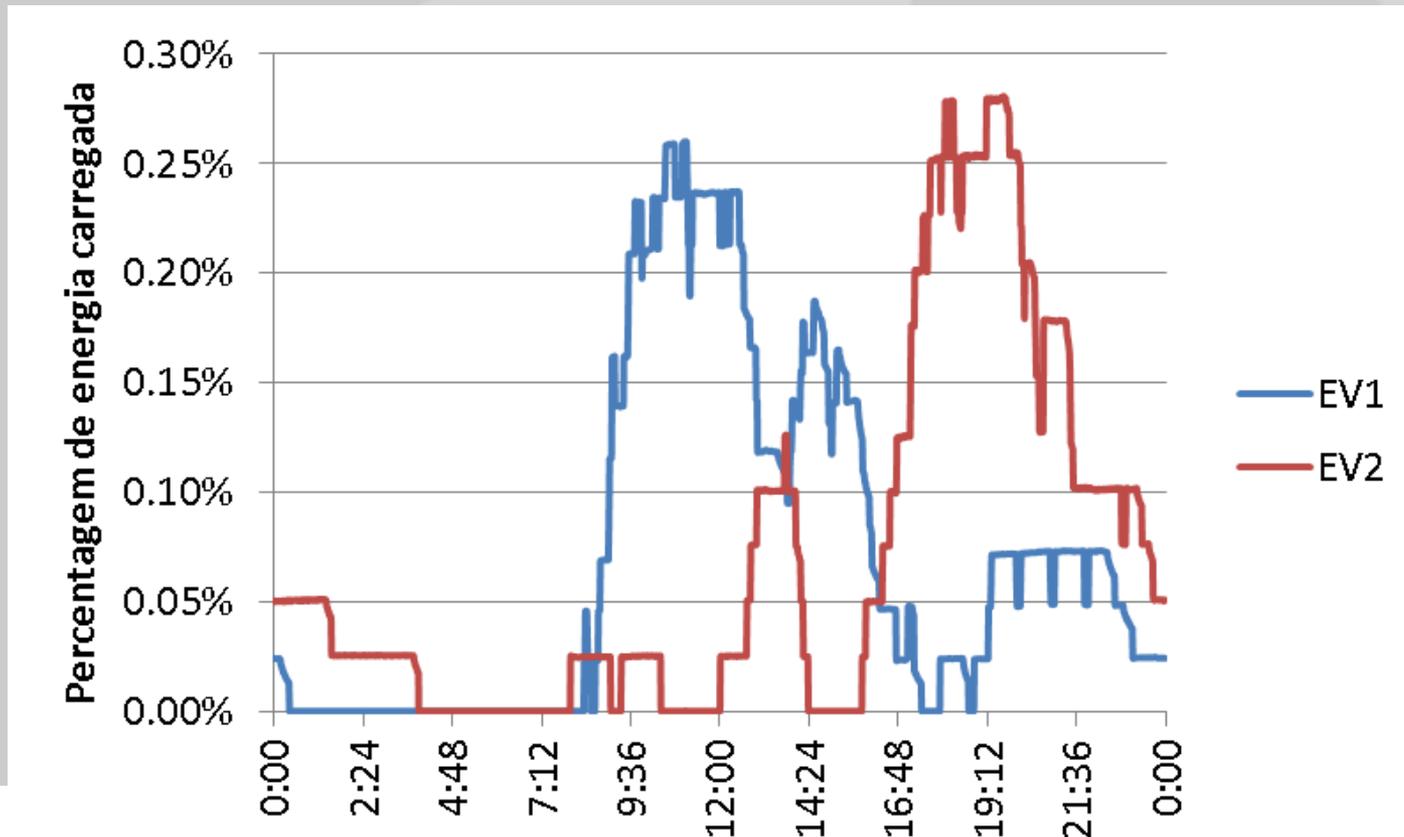
Tabela 13 – Caracterização dos carregamentos dos veículos eléctricos

	EV1	EV2
Número de carregamentos	30	30
Número de carregamentos/dia	2.0	1.3
Média de energia (kWh)/carregamento	4.6	3.5
Duração média de carregamento (h)	2.1	1.6

- 1 a 2 carregamentos por dia
- EV2 carrega menos energia por dia, pois efectua menos quilómetros por dia, apesar de ter um consumo por km ligeiramente mais elevado

## 4.2. Resultados – Monitorização de veículos eléctricos

- **Análise de carregamentos** – análise dos carregamentos
- Perfis de carregamento alinhados com perfis de utilização dos veículos
  - EV1 – carregamento diurno no trabalho
  - EV2 – carregamento maioritariamente após horário laboral



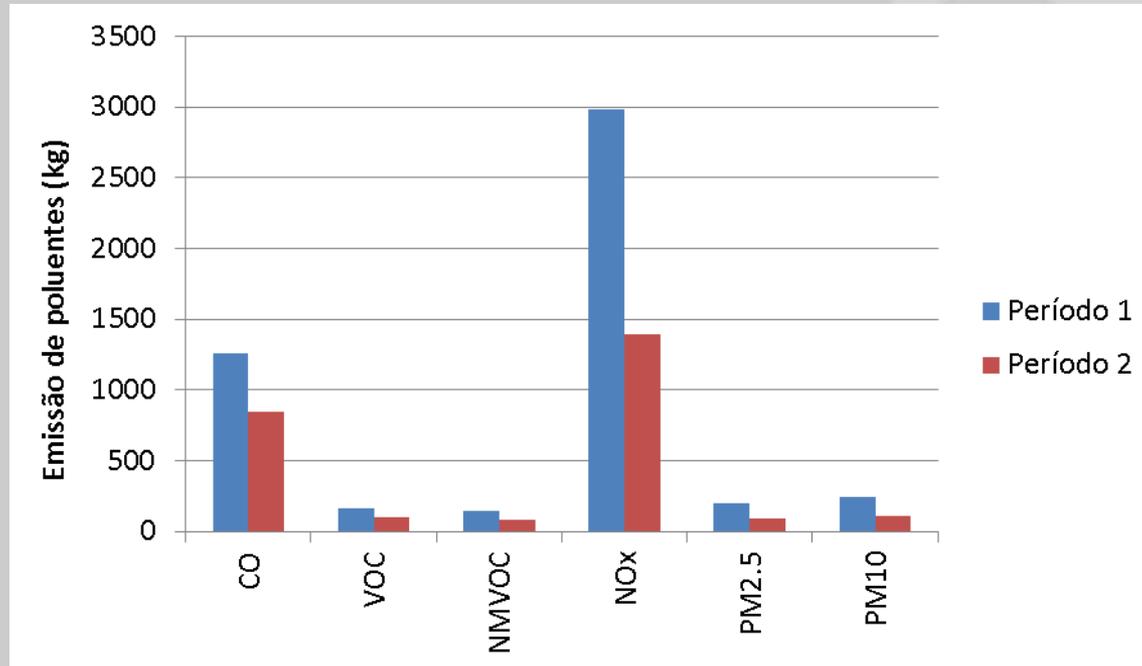
## 4.3. Resultados – Emissões totais

- Caracterização da frota de ligeiros e pesados
- Utilização de ferramentas de micro-simulação de frotas
- Medição de dados reais de circulação de EVs
- Permitem analisar **os impactes da introdução de tecnologias alternativas de propulsão:**
  - Emissão de poluentes locais (CO, VOC, NO<sub>x</sub>, PM, etc.)
  - Energia e CO<sub>2</sub>



## 4.3. Resultados – Emissões totais

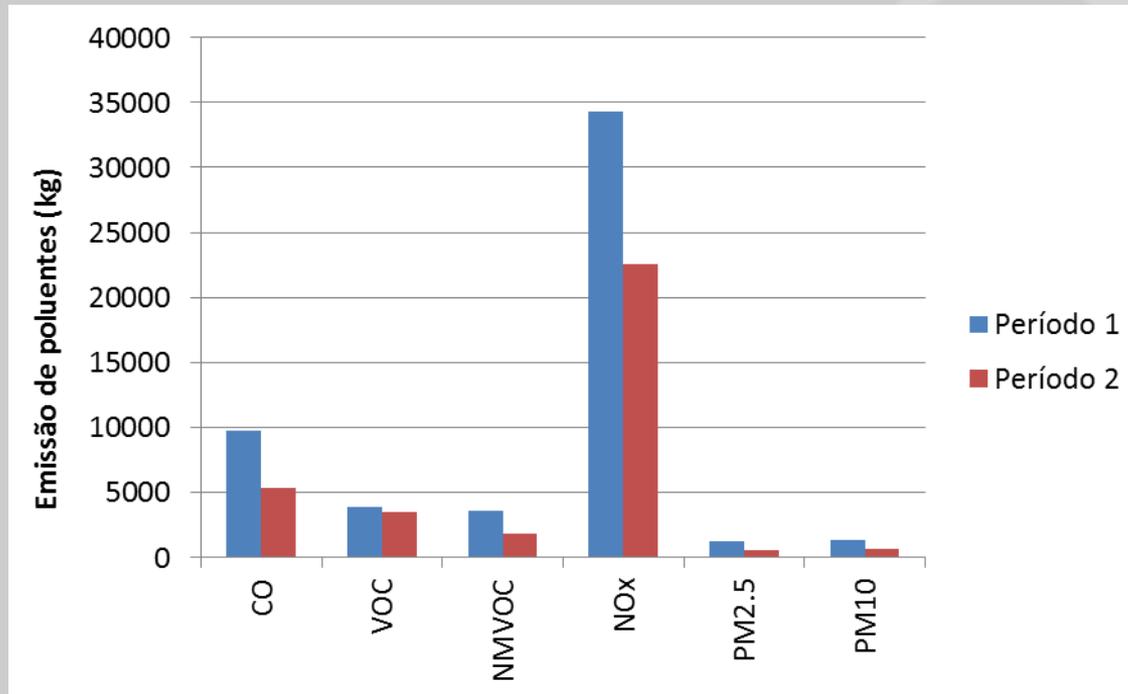
- **Caracterização das emissões totais da frota – Veículos ligeiros**  
**Comparação entre períodos**



- Reduções de 33 a 54% nas emissões de poluentes locais
- Resultado da redução de quilómetros percorridos (38%)
- Classe predominante da frota – veículos diesel 1.4-2 l responsáveis por mais de 70% do consumo total

## 4.3. Resultados – Emissões totais

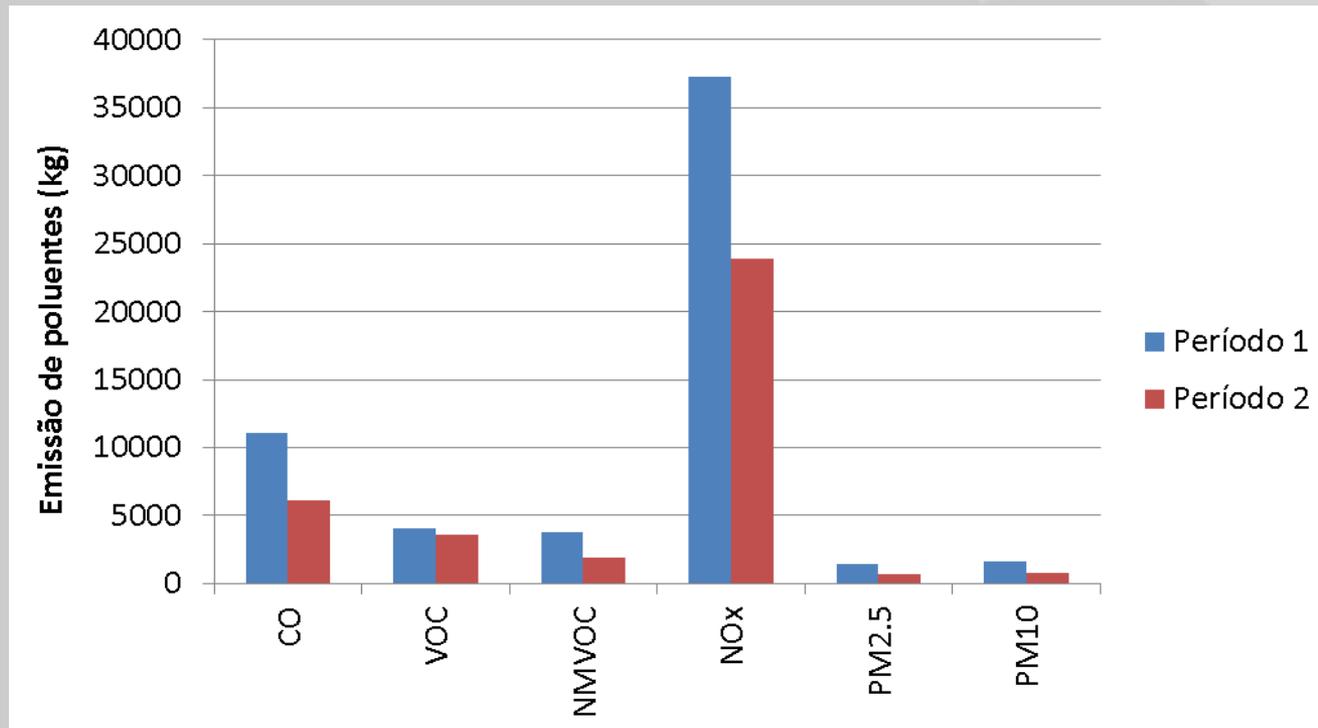
- **Caracterização das emissões totais da frota – Veículos pesados**  
**Comparação entre períodos**



- Reduções de 10 a 53% nas emissões de poluentes locais
- Redução considerável de  $\text{NO}_x$  (35%) e PM (53%) e ligeira redução nos VOC (10%) essencialmente devido à introdução de GNC

## 4.3. Resultados – Emissões totais

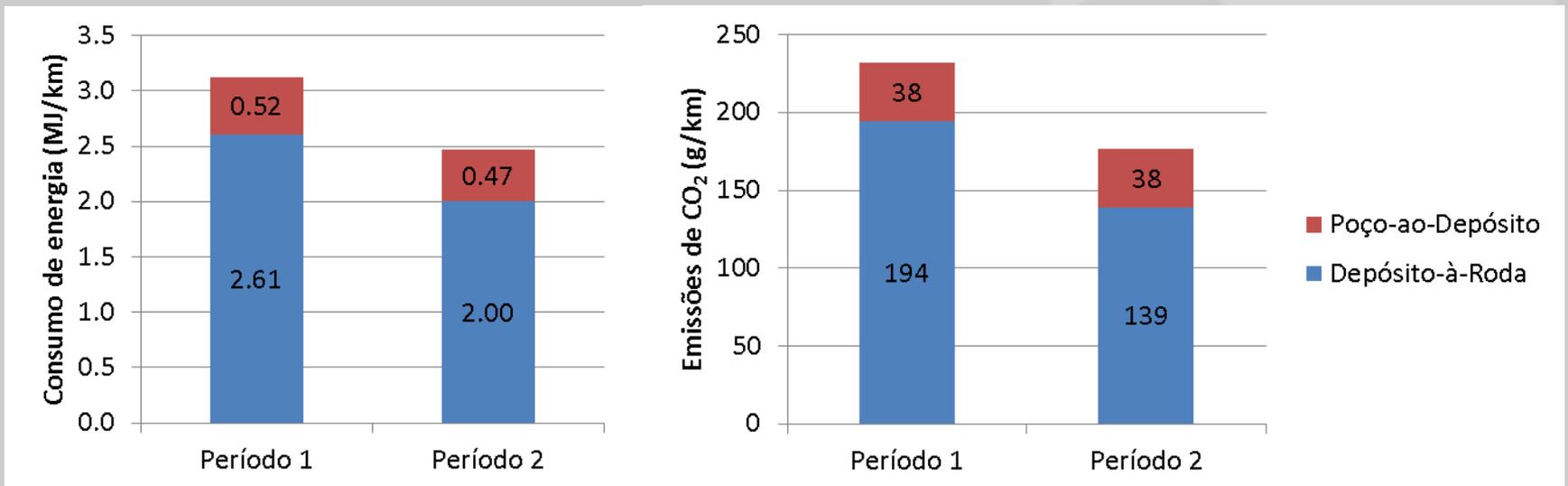
- **Caracterização das emissões totais da frota – Frota total**  
**Comparação entre períodos**



- Reduções de 11 a 54% nas emissões de poluentes locais

## 4.4. Resultados – Ciclo de vida

- **Avaliação de ciclo de vida para energia e emissões de CO<sub>2</sub>**  
Veículos ligeiros – impactes por quilómetro



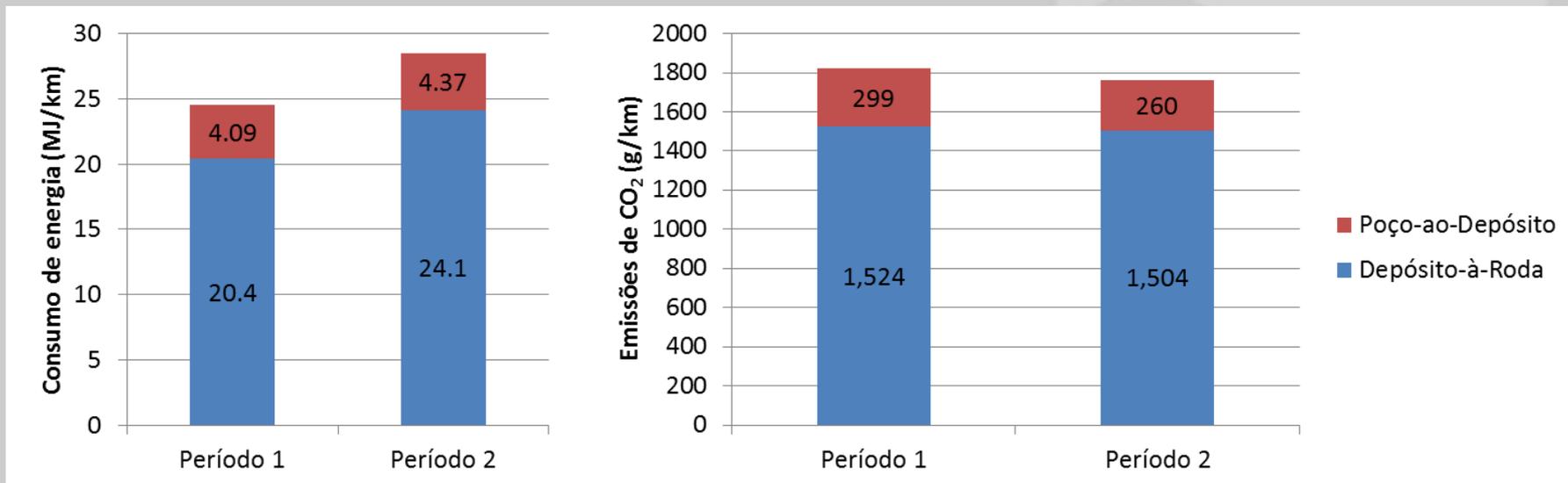
### Fase Poço-à-Roda:

- Influência directa da maior eficiência dos veículos eléctricos nas fase Depósito-à-Roda (aumento de eficiência em **23%**)
- Verifica-se uma melhoria global de **21%** no consumo de energia e de **24%** nas emissões de CO<sub>2</sub>

## 4.4. Resultados – Ciclo de vida

### • Avaliação de ciclo de vida para energia e emissões de CO<sub>2</sub>

#### Veículos pesados – impactes por quilómetro



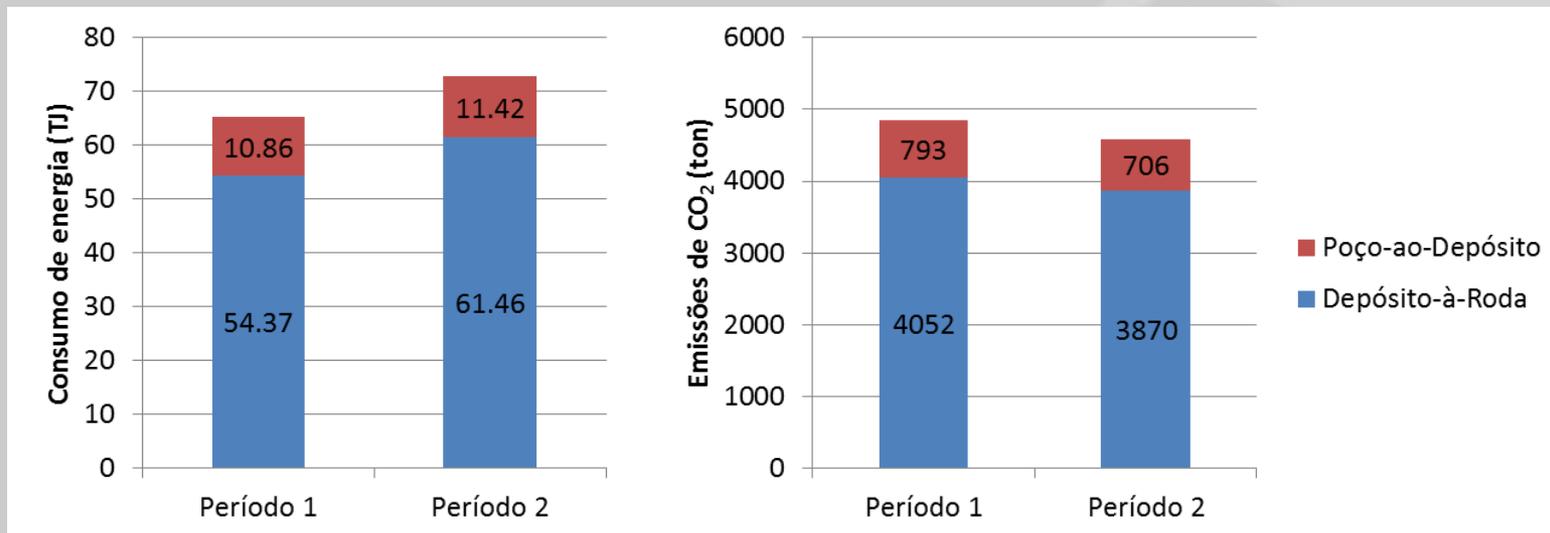
### Fase Poço-à-Roda:

- Agravamento do consumo de energia em **16%** e redução de emissões de CO<sub>2</sub> em **3%**

## 4.4. Resultados – Ciclo de vida

- **Avaliação de ciclo de vida para energia e emissões de CO<sub>2</sub>**

Frota total – impactes globais



### Fase Poço-à-Roda:

- Aumento de 12% no consumo de energia e redução de 6% nas emissões de CO<sub>2</sub>
- Impactes efectivos da substituição de frota convencional por tecnologias alternativas

### Impactes da adopção das tecnologias alternativas

#### • **Veículos eléctricos**

- Aumento de eficiência de cerca de 77% (2.6 MJ/km para 0.6 MJ/km nos EV)
- A introdução de 57 EV pesa 9% na energia total consumida no Período 2
- Vantagens a nível energético reflectem-se também no CO<sub>2</sub> com apenas 6% das emissões totais de CO<sub>2</sub> devidas aos EVs

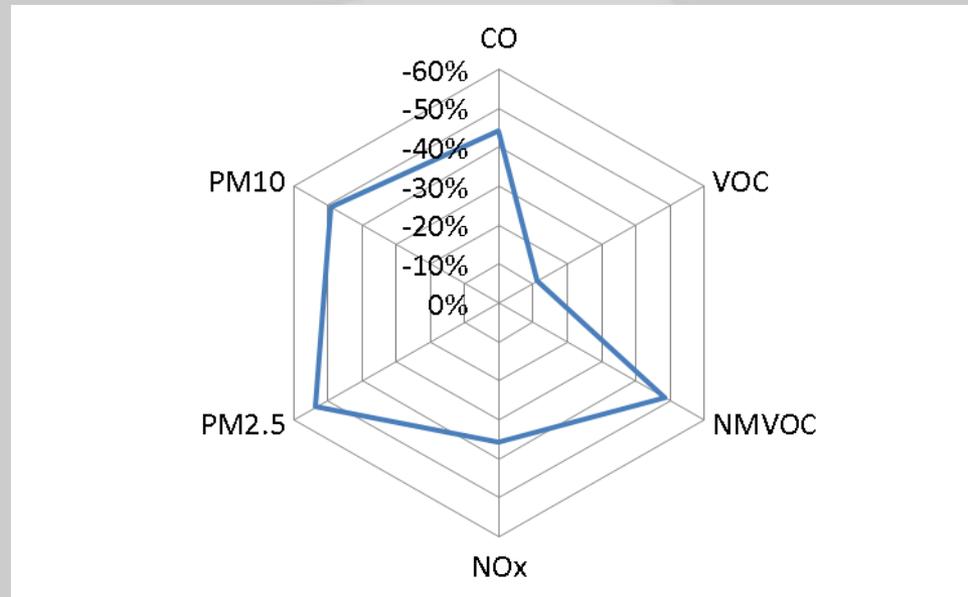
#### • **Veículos pesados a gás natural**

- Na operação verifica-se um agravamento considerável da eficiência (27 MJ/km para GNC face a 20 MJ/km para diesel)
- Esse facto reflecte-se num aumento global de consumo de energia e ligeira redução de emissões de CO<sub>2</sub>

## 5. Discussão e conclusões

### Impactes da adopção das tecnologias alternativas

- Reduções acentuadas nas emissões de poluentes locais da frota de ligeiros e pesados devido à introdução das tecnologias alternativas



- Maiores reduções verificam-se ao nível das Partículas (PM<sub>2.5</sub> e PM<sub>10</sub>)
- Impactes positivos na saúde e na redução de alguns precursores de ozono antropogénico

### Vantagens e desvantagens da adopção das tecnologias alternativas

- **Veículos eléctricos:**

- A autonomia do veículo cobre as necessidades médias de utilização dos veículos (40-70 km)
- Implica gestão de carregamentos para possibilitar turnos
- Remoção de poluição local e baixo ruído, com consequentes benefícios de exposição a poluição e impactes na saúde

- **Oportunidades futuras:**

- Possível implementação de soluções de carregamento inteligente
- Gestão de frota no sentido de expansão a outros padrões de mobilidade

### Vantagens e desvantagens da adopção das tecnologias alternativas

- **Veículos pesados a gás natural:**
  - Tecnologia com rotinas de utilização próximas à do veículo diesel, com a vantagem do posto de abastecimento coincidir com local de entrega de resíduos urbanos
  - Redução significativa de poluição local, com consequentes benefícios de exposição a poluição e impactes na saúde
- **Oportunidades futuras:**
  - Diversificação energética e segurança no abastecimento
  - Desenvolvimento de combustão GNC com potencial de melhoria da eficiência

## 6. Referências

1. Eurostat, 2015, Energy Data Navigation tree, <http://ec.europa.eu/eurostat/tgm/refreshTableAction.do?tab=table&plugin=1&pcode=ten00117&language=en> [acedido em 07-04-2015].
2. Gkatzoflias, D. *et al.* (2012). COPERT 4: Computer programme to calculate emissions from road transport User Manual (Version 9.0), European Environment Agency.
3. Ntziachristos, L. & Samaras, Z (2009). EMEP EEA Emission Inventory Guidebook – Group 1.A. Copenhagen, Denmark: European Environment Agency.
4. Dieselnets, 2014. <https://www.dieselnets.com/standards/eu/ld.php#stds> [acedido em 23-12-2014].
5. Baptista, P., C. Silva, T. Farias, and J. Heywood, Energy and environmental impacts of alternative pathways for the Portuguese road transportation sector, *Journal of Energy Policy*, 2012, 51, p. 802–815.
6. Concawe, EUCAR, CONCAWE and JRC Joint evaluation of the Well-to-Wheels energy use and greenhouse gas (GHG) emissions for a wide range of potential future fuels and powertrains options., 2014.
7. IPMA, 2014. <https://www.ipma.pt/pt/oclima/normais.clima/1981-2010/014/> [acedido em 15-12-2014].
8. Centro de informação da REN, 2015. <http://www.centrodeinformacao.ren.pt/EN/Pages/CIHomePage.aspx> [acedido em 22-01-2015].



**TÉCNICO**  
LISBOA



# **QUANTIFICAÇÃO DE IMPACTES ENERGÉTICOS E AMBIENTAIS DA INTRODUÇÃO DE TECNOLOGIAS ALTERNATIVAS NA FROTA DA CML**

Marta Faria, Gonçalo Duarte,  
Catarina Rolim, Patrícia Baptista

(IDMEC-IST)

**Ponto de encontro**

Janeiro 2016

Projecto financiado pela LISBOA **e-nova**  
AGÊNCIA MUNICIPAL DE ENERGIA E AMBIENTE

