

O CUSTO DOS CARREGAMENTOS DE UM VEÍCULO ELÉTRICO: NISSAN LEAF II

Resumo

Os veículos elétricos (VE), em primeiro lugar, são a solução para a redução da poluição rodoviária nas cidades e, em segundo lugar, irão também contribuir fortemente para a redução da poluição global, dado que a sua contribuição não é negligenciável. A sociedade ciente destes problemas está a aumentar a sua aquisição, ajudada pelo aumento da oferta de mais e melhores VE, cada vez mais baratos ou mesmo com um preço inferior às tecnologias clássicas. Na aquisição de um VE, um dos pontos mais críticos em análise é o custo do seu carregamento nas redes domésticas, públicas ou privadas. Neste artigo são analisados, com todo o detalhe, os carregamentos efetuados durante uma viagem pelo autor a Miranda do Douro. Com a finalidade de validar os resultados obtidos, são também analisados os custos de carregamento de outros dois VE nas redes de carregamento.

1. Viagem a Miranda do Douro

O VE do autor é um Nissan Leaf II com bateria de 40 kWh, adquirido em abril de 2018. Como se pode ver na figura 1.1, percorreu até ao momento 115.480 km e a capacidade da bateria apresenta uma degradação inferior a 8,4 %, por ainda não ter decrementado uma das 12 barras.



Figura 1.1 – Leaf II (valores atuais)

A distância entre Santo Tirso e Miranda de Douro é de 277 km, acima da autonomia do Leaf. Como existe um posto de carregamento rápido (PCR) em Mirandela, a viagem foi dividida em dois troços: Santo Tirso – Mirandela e Mirandela - Miranda do Douro.

1.1. Troço Santo Tirso - Mirandela

Como se pode ver na figura 1.2, no dia 1 agosto de 2021, o Leaf II tinha à partida de Santo Tirso 105.407 km, carga a 100 % e autonomia de 241 km.



Figura 1.2 – Leaf II (valores à partida de Santo Tirso)

À chegada a Mirandela, após ter percorrido 164 km, ainda tinha uma autonomia de 76 km e uma carga restante de 29 % (figuras 1.3 e 1.4).



Figura 1.3 – Leaf II (valores à Chegada a Mirandela)

A carga no PCR de Mirandela (21,21 kWh) foi realizada durante o almoço e demorou 45 minutos e 28 segundos, levando a bateria a 96 %. Devido ao tipo de carga (50 kW) e não possuindo a bateria um sistema de refrigeração ativo, a temperatura da bateria subiu bastante (figura 1.4).

1.2. Troço Mirandela – Miranda do Douro

À chegada a Miranda do Douro, o Leaf II tinha uma autonomia de 114 km e uma carga restante de 46 %, tendo percorrido 122 km (figura 1.5).



Figura 1.4 – Leaf II (carga no PCR de Mirandela)



Figura 1.5 – Leaf II (valores à chegada a Miranda do Douro)

1.3. Cargas em Miranda do Douro

Em Miranda do Douro não existe PCR e por isso as cargas foram realizadas em postos semirrápidos (PCSR), com uma potência de carga de 6,6 kW (figura 1.6).



Figura 1.6 – Leaf II (PCSR de Miranda do Douro)

A primeira carga (7,6 kWh), foi realizada à chegada e demorou 01:09:49 e a carga da bateria passou para 69 % (figura 1.7).

A segunda carga em Miranda do Douro foi realizada no dia 2 de agosto, com uma carga inicial de 45 % e com 105.746 km (figura 1.8). Esta segunda carga (18,3 kWh), realizada durante a visita a Miranda do Douro, demorou 2:45:34 e permitiu passar para 94 % a carga da bateria (figura 1.9).



Figura 1.7 – Leaf II (primeira carga em Miranda do Douro)



Figura 1.8 – Leaf II (dados iniciais da 2ª carga em M. Douro)



Figura 1.9 – Leaf II (dados finais da 2ª carga em M. Douro)

2. Viagem de regresso a Santo Tirso

No regresso a Santo Tirso, para permitir uma viagem mais rápida, foram planeadas duas cargas nos PCR de Bragança e Vila Real e 3 troços: Miranda do Douro–Zamora–Bragança; Bragança-Vila Real e Vila Real-Santo Tirso.

2.1. Troço Miranda do Douro–Zamora–Bragança

À chegada a Bragança o Leaf II tinha percorrido 171 km e tinha uma carga restante de 21 % (figura 2.1).



Figura 2.1 – Leaf II (dados à chegada a Bragança)

A carga no PCR de Bragança (23,56 kWh) demorou 50 minutos e 49 segundos, levando a bateria a 95 % (figura 2.2).

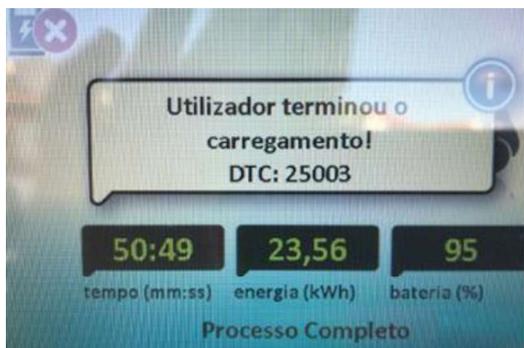


Figura 2.2 – Leaf II (dados da carga em Bragança)

2.2. Troço Bragança-Vila Real

À chegada a Vila Real o Leaf II tinha percorrido 124 km e tinha uma carga restante de 35% (figuras 2.3 e 2.4).



Figura 2.3 – Leaf II (dados na chegada a Vila Real)

A carga no PCR de Vila Real (11,35 kWh) demorou 38 minutos e 14 segundos, levando a bateria a 69 % (figura 2.4).



Figura 2.4 – Leaf II (dados da carga em Vila Real)

2.3. Troço Vila Real-Santo Tirso

À chegada a Santo Tirso o Leaf II tinha percorrido 104 km e tinha uma carga restante de 23 % (figura 2.5).



Figura 2.5 – Leaf II (dados à chegada a Santo Tirso)

3. Consumos e custos de carregamento do Leaf

3.1 Viagem a Miranda do Douro

Nesta viagem de dois dias foram percorridos 738 km, com um consumo média de 17,6 kWh por 100 km. O consumo mais alto foi localizado no troço Bragança – Vila Real, totalmente em autoestrada (19,4 kWh/100 km), onde se manteve uma velocidade constante de 120 km por hora. A velocidade mais moderada os consumos foram inferiores (Tabela 3.1).

Tabela 3.1 – Leaf II (consumos e distâncias percorridas)

Local	Partida		Chegada		Diferença		Consumo/100 km	
	(km)	(%)*	(km)	(%)*	(km)	(%)*	(%)*	(kWh)
STS - MDL	105 407	100	105 571	29	164	71	43	17,3
MDL - MDR	105 571	96	105 693	46	122	50	41	16,4
MDR - MDR	105 693	69	105 746	45	53	24	45	18,1
MDR - BGC	105 746	94	105 917	21	171	73	43	17,1
BGC - VLR	105 917	95	106 041	35	124	60	48	19,4
VLR - STS	106 041	69	106 145	23	104	46	44	17,7
Totais/Médias							738	17,6

Legenda: BGC - Bragança; MDL - Mirandela; MDR - Miranda do Douro; STS - Santo Tirso; VLR - Vila Real; * - carga da bateria

Nas tabelas 3.2 e 3.3 são apresentados os custos dos carregamentos.

O custo e carregamento na rede publica tem duas parcelas: 1ª - Operador de Ponto de Carregamento (OPC) ou Detentor de Ponto de Carregamento; 2ª - Comercializador de Eletricidade para a Mobilidade Elétrica (CEME).

Tabela 3.2 – Leaf II (custos dos carregamentos na rede pública S/IVA de 23 %)

MOBI.E										
MOBILIDADE ELÉCTRICA										
Transações Mobilidade Elétrica										
Data	Nº de Cartão	Nome	Matricula	Id Carregamento	Posto	Energia	Duração	Custo OPC	Total	
2021-08-02 20:19:43	6087131212050001	ANTONIO ANDRADE	48-UN-80	VRL-00007-01-1627931987	VRL-00007	11.37	38.32	3.24	5.7	
2021-08-02 17:39:47	6087131212050001	ANTONIO ANDRADE	48-UN-80	BGC-00005-01-1627922461	BGC-00005	23.56	51.07	4.09	9.25	
2021-08-02 08:56:35	6087131212050001	ANTONIO ANDRADE	48-UN-80	MDR-90001-02-1627891004	MDR-90001	18.3	165.88	4.81	8.48	
2021-08-01 17:52:01	6087131212050001	ANTONIO ANDRADE	48-UN-80	MDR-90001-02-1627836722	MDR-90001	7.6	70.18	2.04	3.69	
2021-08-01 12:21:54	6087131212050001	ANTONIO ANDRADE	48-UN-80	MDL-00002-01-1627816995	MDL-00002	21.22	45.73	3.66	8.3	

Built with PrioEnergy

Como podemos ver na tabela 3.3, o custo global da viagem em carregamentos foi de 46,75 €, com um custo médio de 7,45 € por 100 km, nos 738 km percorridos (tabela 3.1). O valor mais baixo (1,96 €/100 km) foi obtido com o carregamento realizado na garagem da sua residência, devido ao valor do kWh no período do vazio ser de 0,11 € (tabela 3.3).

Tabela 3.3 – Leaf II (custos dos carregamentos)

Local	OPC C/IVA	CEME		TOTAL C/IVA	Custo Global	
		kWh	€/kWh		€/kWh	€/100 km
Residência (2,3 kW)		28,8		3,19 €	0,11 €	1,96 €
Mirandela (50 kW)	4,50 €	21,22	0,27 €	10,21 €	0,48 €	8,50 €
Mir. Douro (6,6 kW)	2,51 €	7,60	0,27 €	4,54 €	0,60 €	10,55 €
Mir. Douro (6,6 kW)	5,92 €	18,30	0,25 €	10,43 €	0,57 €	10,07 €
Bragança (50 kW)	5,03 €	23,56	0,27 €	11,38 €	0,48 €	8,53 €
Vila Real (50 kW)	3,99 €	11,37	0,27 €	7,01 €	0,62 €	10,90 €
Totais/Médias		111		46,75 €	0,42 €	7,45 €

A partir das tabelas 3.3, 3.4 e 3.5 conclui-se:

- As cargas em PCSR tiveram o segundo e terceiro custo global mais elevado na rede pública, 0,57 e 0,60 €/kWh. Esta situação é provocada pela carga ser realizada a uma potência de 6,6 kW, e por isso demorar mais tempo e consequentemente provocar um pagamento mais elevado de OPC por kWh (0,33 e 0,32 €), mesmo tendo o custo por minuto do OPC mais baixo (0,04 €). O custo da eletricidade (CEME) foi igual ou inferior ao carregamento em PCR. Por esta razão, o custo por 100 km foram o 2º e 3º mais elevados, 10,55 e 10,07 €;

As cargas realizadas nos PCR de Mirandela e Bragança

foram as que tiveram menor custo global na rede pública (0,48 €/kWh). Esta situação é provocada pela carga ser realizada a uma potência elevada 50 kW, e por isso demorar menos tempo e consequentemente provocar um pagamento menor de OPC por kWh (0,21 €), mesmo tendo o custo por minuto do OPC mais elevado (0,10 €). Já o custo da eletricidade (CEME) é igual ou superior ao carregamento PCSR. Por isso, os custos por 100 km foram os menores, 8,5 e 8,53 €. Estas duas cargas foram realizadas nas condições ideais, pois a bateria estava com a temperatura normal e por isso a potência média na carga foi de 28 kW;

- A carga realizada no PCR de Vila Real teve o custo global mais elevado da rede pública (0,62 €/kWh). Esta situação foi provocada pela bateria estar com a temperatura elevada (ver figura 1.4), após a carga rápida realizada em Bragança duas horas antes. Em consequência, a potência média da carga baixou para 17,8 kW, implicando o aumento do custo do OPC por kWh, para o valor mais elevado (0,35 €) e o custo por 100 km mais elevado (10,9 €).

Tabela 3.4 – Leaf II (dados dos carregamentos na rede pública)

Local	Energia (kWh)	Tempo (min)	Pot. Média (kW)
Mirandela (50 kW)	21,22	45,73	27,8
Mir. Douro (6,6 kW)	7,60	70,18	6,5
Mir. Douro (6,6 kW)	18,30	165,88	6,6
Bragança (50 kW)	23,56	51,07	27,7
Vila Real (50 kW)	11,37	38,32	17,8

Tabela 3.5 – Leaf II (carregamentos na rede pública - custo do OPC)

Local	Tempo (min)	Energia kWh	OPC		
			C/IVA	€/min	€/kWh
Mirandela (50 kW)	45,73	21,22	4,50 €	0,10 €	0,21 €
Mir. Douro (6,6 kW)	70,18	7,60	2,51 €	0,04 €	0,33 €
Mir. Douro (6,6 kW)	165,88	18,30	5,92 €	0,04 €	0,32 €
Bragança (50 kW)	51,07	23,56	5,03 €	0,10 €	0,21 €
Vila Real (50 kW)	38,32	11,37	3,99 €	0,10 €	0,35 €

3.2. Consumos num trajeto misto

Em 1000 km realizados num trajeto misto em autoestrada, estradas nacionais e cidade, entre Santo Tirso (onde reside) e o Porto, o consumo médio foi de 14,6 kWh/100 km (figura 3.1). Com um custo da eletricidade de 0,11 €/kWh (período de vazio), o custo de carregamento do Leaf, na residência ficará a 1,6 €/100 km.



Figura 3.1 – Leaf II (consumo em 1000 km)

4. Custo do carregamento de um Tesla Modelo 3 Performance

O segundo VE é um Tesla Modelo 3 Performance (TM3P) de António Flores, que desde já agradeço me ter facultado os dados do seu VE. Como podemos ver na figura 4.1, desde 15 de agosto de 2020, o TM3P percorreu 28.499 km com um consumo de 5.730 kWh, que corresponde a uma média de 20,1 kWh/100 km.



Figura 4.1 – TM3P (consumos gerais)

Os supercarregadores da Tesla permitem potências de carga elevadas. O TM3P ao realizar uma carga num supercarregador, iniciou a carga com uma potência de 109 kW (figura 4.2). Ao carregar a uma potência elevada, permite que as paragens em viagem sejam mais curtas.



Figura 4.2 – TM3P (dados do supercarregamento)

O custo do carregamento na rede de supercarregadores da Tesla, só inclui a energia a 0,4 €/kWh (com IVA), não havendo o pagamento da parcela OPC, como nos carregadores da rede pública (figura 4.3).

Artigo	Descrição	Preço	QTD	IVA	Valor
Charging	Supercharging fee	0,3253	27	23	8,78
Subtotal					8,78
IVA					2,02
Total (EUR)					10,80
Pagamento de Liquidação					0,00
Pagamento devido					10,80

Figura 4.3 – TM3P (fatura parcial de um carregamento nos supercarregadores da Tesla)

Nas deslocações, de um dia de semana entre o Porto e Matosinhos (onde reside), num trajeto misto entre cidade, nacionais e vias rápidas, o consumo foi de 19,9 kWh/100 km (figura 4.4).



Figura 4.4 – TM3P (dados do consumo de um dia)

Considerando o consumo médio de 19,9 kWh/100 km, numa deslocação diária, e um custo da eletricidade de 0,11 €/kWh (período de vazio), o custo de carregamento do TM3P, na residência ficará a 2,19 €/100 km. Mas no caso de não ser possível carregar em casa, num supercarregador, o custo será de 7,96 €/100 km (tabela 4.1).

Tabela 4.1 – TM3P (custo dos carregamentos)

Distância (km)	Consumo		Custo	
	(kWh)	(kWh/100 km)	(€/kWh)	(€/100 Km)
72,3	14	19,9	0,11 €	2,19 €
72,3	14	19,9	0,40 €	7,96 €

O custo do carregamento do TM3P nos supercarregadores, 0,4 €/kWh (ver tabela 4.1), é inferior ao melhor custo dos carregamentos do Leaf da rede pública no PCR a 50 kW, 0,48 €/kWh (ver tabela 3.3). Acresce ainda o facto de ter começado a carregar a uma potência de 109 kW (figura 4.2), praticamente o dobro do PCR a 50 kW e, por isso, é previsível uma redução para metade do tempo de carga. Este tempo ainda poderá ser menor porque a potência no início da carga do Leaf foi inferior a 50 kW (38 kW) e a potência média de carga foi de 28 kW (ver tabela 3.4).

5. Custo do carregamento de um KIA EV6 GT Line

O terceiro VE é um KIA EV 6 GT Line (KEV6GTL) adquirido recentemente por Rui Brito, que agradeço me ter facultado os seus dados do seu VE. Como podemos ver na figura 5.1, o KEV6GTL nos primeiros 2.567 km percorridos, o seu consumo médio foi de 19,2 kWh/100 km.



Figura 5.1 – KEV6GTL (consumos gerais)

Uma recente viagem de Monsanto a Gondomar permitiu testar a autonomia real do KEV6GTL.

Saiu de Monsanto com a carga da bateria a 100% e após ter percorrido 288 km (60 km em nacionais e o restante em autoestrada à velocidade média de 120 km), chegou a Gondomar com 28 % (figura 5.2). Nestas condições de consumo e velocidade, a autonomia real é de 400 km, o que permite de uma forma realista realizar a viagem do Porto a Lisboa sem parar para carregar. O consumo nesta viagem de 18,8 kWh/100 km é inferior ao consumo médio (figura 5.1) pela razão que o consumo médio inclui consumos elevados em autoestrada.



Figura 5.2 – KEV6GTL (viagem de Monsanto a Gondomar)

Na deslocação de um dia de semana entre o Porto, Gondomar (onde reside) e Espinho, num trajeto misto entre cidade, nacionais e vias rápidas, o consumo foi de 15 kWh/100 km (figura 5.3). Nestas condições de consumo, o custo de carregamento, na residência ficará a 1,65 €/100 km, considerando o custo da eletricidade de 0,11 €/kWh no período de vazio.



Figura 5.3 – KEV6GTL (dados do consumo em trajeto misto)

Como se pode ver na figura 5.4 e na tabela 5.1, as potências médias verificadas em duas cargas em PCR foram de 55,7 kW e 55,9 kW, praticamente o dobro do verificado com o Leaf (tabela 3.4). Consequentemente, o custo em OPC baixa para metade, além de a carga demorar metade do tempo.

O custo de carregamento do KEV6GTL, nos PCR ficará em 7,14 €/100 km, considerando o consumo médio de 18,8 kWh/100 km e um custo global da carga de 0,38 €/kWh (tabela 5.2).

Na falta de dados do custo em PCR referentes ao KEV6GTL, foram usados os custos do Leaf: 0,10 €/min do OPC e 0,27 €/kWh do CEME (tabelas 3.3 e 3.5).



Figura 5.4 – KEV6GTL (dados de duas cargas em PCR)

Tabela 5.1 – KEV6GTL (potência média de carga em dois PCR)

Energia (kWh)	Tempo (min)	Pot. Média (kW)
43,00	46,34	55,7
21,73	23,34	55,9

Tabela 5.2 – KEV6GTL (custo de duas cargas em PCR)

Carga		OPC		CEME		Custo Global	
(min)	(kWh)	(€/min)	Custo	(€/kWh)	Custo	Total	(€/kWh)
46,34	43,00	0,10 €	4,63 €	0,27 €	11,61 €	16,24 €	0,38 €
23,34	21,73	0,10 €	2,33 €	0,27 €	5,87 €	8,20 €	0,38 €

A redução do tempo de carga para metade no KEV6GTL, provocou uma redução do custo do OPC para metade e, em consequência, o custo global também desceu 21 %, pois baixou de 0,48 (Leaf II) para 0,38 €/kWh (tabelas 3.3 e 5.2).

Nas situações em que não é possível carregar em casa, a carga do KEV6GTL num PCR, ficará em 5,7 €/100 km, considerando o consumo em trajeto misto de 15 kWh/100 km e o custo global de 0,38 €/kWh (figura 5.3 e tabela 5.2).

6. Conclusões

Para quem tem possibilidade de realizar as cargas dos VE nas suas residências, o custo é menor em relação aos veículos com motor tradicional e, oscila entre os 1,6 a 2,2 €/kWh, nos 3 VE analisados.

O problema colocasse para quem só tem possibilidade de carregar nas redes de carregamento públicas e privadas.

Mesmo na pior situação, cargas em PCSR, com potência de carga reduzido (6,6 kW), para um consumo em percurso misto verificado no Leaf II de 14,6 kWh/100 km, o custo ficará em 8,76 €/100 km (custo global de 0,6 €/kWh), sendo muito difícil encontrar veículos, com motores tradicionais, com um custo inferior.

Nos PCR a 50 kW, as cargas do Leaf II teve um custo global de 0,48 €/kWh e considerando o seu consumo de 14,6 kWh/100 km (percurso misto), o custo desce para 7 €/100 km.

Numa situação ligeiramente mais cara está o TM3P, com um custo de 7,96 €/100 km, mas demorando menos tempo por ter uma potência de carga maior.

Já o KEV6GTL, nas cargas realizadas nos PCR teve um custo global de 0,38 €/kWh e considerando o consumo de 15 kWh/100 km (percurso misto), o custo desce para 5,7 €/100 km, sendo quase impossível encontrar veículos, com motores térmicos, com um custo menor.

Numa rápida pesquisa no site da Mobi-E, foram encontradas na cidade do Porto 15 PCR, valor bastante superior aos 2 que existiam em maio de 2018.

