A transição para a mobilidade elétrica trouxe consigo uma questão que reaparece frequentemente quando as temperaturas descem: conseguem os automóveis elétricos funcionar de forma eficiente em climas frios? A dúvida tem fundamento técnico. As baterias de iões de lítio são sensíveis à temperatura; o aquecimento do habitáculo exige energia e a autonomia obtida em condições reais pode afastar-se dos valores homologados. Contudo, a experiência acumulada nos países nórdicos, particularmente na Noruega, demonstra que o frio não constitui um impedimento absoluto à eletrificação do transporte rodoviário. A questão cientificamente mais relevante deixou, por isso, de ser se o automóvel elétrico funciona no inverno e passou a ser quanto perde em eficiência, quais os mecanismos responsáveis por essa redução e que soluções tecnológicas permitem minimizar o seu impacto.

A Noruega constitui um caso particularmente interessante. Apesar dos invernos rigorosos, o país tornou-se uma referência mundial na adoção do automóvel elétrico. Segundo a International Energy Agency (2026), cerca de 97% dos automóveis novos vendidos na Noruega em 2025 foram elétricos, sendo a quase totalidade de veículos exclusivamente elétricos a bateria. A dimensão desta transformação demonstra que temperaturas negativas, neve e gelo não impediram a utilização generalizada desta tecnologia. Pelo contrário, um dos países europeus climaticamente mais exigentes tornou-se também um dos exemplos mais avançados de eletrificação da mobilidade.

Isto não significa que o frio seja irrelevante para o funcionamento de um veículo elétrico. A temperatura influencia diretamente os processos eletroquímicos que ocorrem na bateria. Quando diminui significativamente, a resistência interna aumenta e a energia disponível para a propulsão pode ser temporariamente reduzida. Podem igualmente diminuir a eficiência da travagem regenerativa e a potência de carregamento. A estas limitações acrescenta-se a necessidade de aquecer a bateria e o habitáculo. Num automóvel com motor de combustão interna, parte do calor produzido pelo próprio motor pode ser aproveitada para climatização. Num veículo elétrico, cuja cadeia de propulsão é energeticamente mais eficiente e produz menos calor residual, uma parte da energia armazenada na bateria poderá ter de ser utilizada para assegurar o conforto térmico.

Humphries e Loiselle-Lapointe (2026) demonstraram experimentalmente a importância desta questão ao compararem dois veículos elétricos da mesma marca e modelo, mas equipados com diferentes sistemas de aquecimento. Os automóveis foram avaliados em ciclos de

condução normalizados a −10 °C, −7 °C, 0 °C e 25 °C. Um utilizava bomba de calor e outro um sistema resistivo do tipo positive temperature coefficient (PTC). Os resultados mostraram que, na maioria das situações analisadas, a bomba de calor conseguiu aquecer o habitáculo de forma mais eficiente, embora a magnitude da vantagem variasse com a temperatura e o ciclo de condução. Em termos de percentagem de autonomia preservada, a vantagem do veículo equipado com bomba de calor variou entre 1% e 15%, dependendo das condições.

Estes resultados ajudam a compreender por que razão não existe uma única resposta para a pergunta “quanto perde um automóvel elétrico no inverno?”. A perda depende da temperatura ambiente, da arquitetura térmica do veículo, da bateria, do percurso, da velocidade, do estilo de condução, da utilização da climatização e do estado térmico inicial da bateria. Dois automóveis com autonomia homologada semelhante podem apresentar comportamentos substancialmente diferentes quando utilizados sob temperaturas negativas.

Xu et al. (2026) aprofundaram esta questão através de ensaios experimentais realizados em três veículos elétricos de produção equipados com arquiteturas distintas de gestão térmica: bomba de calor, aquecimento predominantemente PTC e sistema híbrido que combinava ambas as tecnologias. Os veículos foram avaliados a −25 °C, −7 °C, 23 °C e 35 °C. A −25 °C, o consumo energético por 100 quilómetros aumentou entre aproximadamente 89% e 143% relativamente ao valor observado a 23 °C. Os investigadores verificaram ainda que, em condições de frio extremo, a gestão térmica podia representar cerca de 40% do fluxo energético considerado no veículo. Estes resultados demonstram que, perante temperaturas muito baixas, uma parcela substancial da energia deixa de estar associada diretamente à deslocação e passa a ser necessária para assegurar condições térmicas adequadas.

A experiência norueguesa permite observar estes fenómenos fora do laboratório. No inverno de 2026, o El Prix, promovido pela Norges Automobil-Forbund em colaboração com a revista Motor, submeteu 24 modelos elétricos a um teste em condições reais, com temperaturas que chegaram a −32 °C. Os veículos apresentaram reduções de autonomia relativamente aos valores de referência, mas continuaram operacionais e foram igualmente avaliados quanto ao desempenho de carregamento. A importância destes ensaios reside precisamente na aproximação às condições encontradas pelo consumidor: estrada, frio extremo, climatização e utilização quotidiana são combinados numa avaliação que complementa os ensaios laboratoriais.

Um elemento central nesta adaptação ao inverno é o pré-condicionamento. Num automóvel elétrico moderno, pré-aquecer não significa necessariamente desperdiçar autonomia. Quando o veículo está ligado à rede elétrica, a energia externa pode ser utilizada para aquecer o habitáculo e colocar a bateria numa faixa térmica mais adequada antes do início da viagem. Desta forma, parte da energia necessária à preparação térmica não é retirada da bateria durante a condução.

Xu et al. (2026) demonstraram igualmente a relevância do estado térmico da bateria para o carregamento rápido. Nos ensaios realizados a −25 °C, tanto a recuperação de energia através da travagem regenerativa como a potência de carregamento rápido foram afetadas pelo frio. Os resultados mostraram, contudo, que estratégias adequadas de pré-aquecimento durante o processo de carregamento podem reduzir substancialmente o tempo total necessário. A gestão térmica não deve, portanto, ser considerada um elemento acessório do veículo elétrico, mas uma parte fundamental da sua eficiência energética.

A experiência da Noruega oferece, neste ponto, uma primeira aprendizagem para Portugal: a eficiência da mobilidade elétrica não depende exclusivamente da capacidade nominal da bateria. Depende de um ecossistema que envolve o automóvel, a infraestrutura de carregamento, o planeamento energético, o software, a informação disponibilizada ao consumidor e os comportamentos de utilização. Uma bateria de grande capacidade não resolve, isoladamente, todos os problemas de autonomia se o veículo não possuir uma gestão térmica eficiente ou se a infraestrutura disponível não responder às necessidades dos utilizadores.

A segunda aprendizagem está relacionada com as políticas públicas e a infraestrutura. O desenvolvimento da mobilidade elétrica na Noruega ocorreu num contexto de políticas continuadas de incentivo, investimento em carregamento e criação de condições favoráveis à adoção dos veículos elétricos. A International Energy Agency (2026) identifica a Noruega como o mercado mundial com maior participação dos automóveis elétricos nas novas vendas, demonstrando que a transição tecnológica resulta da interação entre inovação industrial, política fiscal, infraestrutura e comportamento do consumidor.

Portugal apresenta, naturalmente, condições climáticas muito diferentes. Na maior parte do território português, os veículos elétricos não enfrentam regularmente temperaturas de −20 °C ou −30 °C. Mesmo nas regiões interiores e montanhosas onde podem ocorrer

temperaturas negativas, episódios de frio extremo prolongado são menos frequentes do que no contexto norueguês. Consequentemente, algumas das perdas de eficiência observadas nos ensaios nórdicos representam situações muito mais exigentes do que aquelas que caracterizam a utilização quotidiana de um veículo elétrico em grande parte do território português.

Para Portugal, o debate deverá, por isso, concentrar-se também noutros fatores: disponibilidade e fiabilidade dos pontos de carregamento, acesso ao carregamento doméstico em edifícios multifamiliares, preço dos veículos, integração com a rede elétrica, produção de energia renovável, planeamento urbano e literacia dos consumidores. A mobilidade elétrica não é apenas uma questão automóvel. É simultaneamente uma questão energética, ambiental, tecnológica e de gestão pública.

Existe ainda uma terceira aprendizagem importante: reconhecer as limitações de uma tecnologia não equivale a rejeitá-la. Os automóveis elétricos perdem eficiência no frio; a autonomia pode diminuir significativamente em condições extremas; o aquecimento do habitáculo consome energia; e uma bateria demasiado fria pode apresentar limitações no carregamento rápido. Humphries e Loiselle-Lapointe (2026) e Xu et al. (2026) demonstram, contudo, que a engenharia está a responder a estas dificuldades através de bombas de calor, sistemas híbridos de aquecimento, pré-condicionamento e estratégias cada vez mais sofisticadas de gestão térmica.

Esta evolução ocorre num momento em que a mobilidade elétrica deixou de constituir um fenómeno de nicho. A International Energy Agency (2026) refere que as vendas mundiais de automóveis elétricos ultrapassaram 20 milhões de unidades em 2025, representando aproximadamente um quarto das vendas globais de automóveis novos. A discussão sobre o seu desempenho deixou, portanto, de dizer respeito apenas aos primeiros utilizadores de uma nova tecnologia e passou a integrar uma transformação estrutural dos setores automóvel e energético.

A Noruega funciona, neste contexto, como um laboratório particularmente exigente. Se a mobilidade elétrica pode alcançar uma utilização generalizada num país onde os automóveis enfrentam regularmente neve, gelo e temperaturas negativas, para países com clima mais moderado a pergunta dificilmente continuará a ser apenas “será que funciona?”. Para Portugal, a questão mais produtiva será compreender como criar as condições para que

funcione de forma eficiente, economicamente sustentável e acessível.

A principal lição norueguesa talvez resida precisamente nesta mudança de perspetiva. O automóvel elétrico não eliminou as consequências do inverno: adaptou-se progressivamente a elas através da tecnologia, da infraestrutura e da aprendizagem dos utilizadores. Portugal não necessita de reproduzir integralmente o modelo norueguês, mas pode aprender com a sua experiência. A transição para a mobilidade elétrica exige conhecimento das limitações, investimento, planeamento e inovação. O automóvel elétrico não venceu o frio; aprendeu a geri-lo. E essa capacidade de transformar uma limitação tecnológica num problema de engenharia, gestão e adaptação poderá ser uma das aprendizagens mais relevantes que o Norte da Europa oferece a Portugal.

Referências Bibliográficas

Humphries, K., & Loiselle-Lapointe, A. (2026). Analysis of heating system impacts on battery electric vehicle operation at cold temperatures. World Electric Vehicle Journal, 17(4), 168. https://doi.org/10.3390/wevj17040168

International Energy Agency. (2026). Global EV outlook 2026: Trends in electric cars. International Energy Agency.

Norges Automobil-Forbund. (2026). El Prix vinteren 2026. NAF.

Xu, M., Ge, Y., Zhu, X., & Li, D. (2026). Characterizing BEV energy flow in extreme climates: An experimental comparison of heat pump, PTC, and hybrid thermal management architectures. Applied Energy, 418, 128063. https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2026.128063