

# Comparação de fluidos de arrefecimento com diferentes condutividades elétricas para maior segurança e integridade

**Paulo Felipe Silva Berto**  
ICONIC Lubrificantes

## RESUMO

A gestão térmica é amplamente reconhecida como um dos principais facilitadores para a adoção em larga escala de veículos eletrificados. Um projeto eficiente do sistema de resfriamento, seja em veículos híbridos elétricos (HEVs) ou veículos elétricos a bateria (BEVs), é essencial para garantir a longevidade dos componentes, otimizar a eficiência energética, proporcionar uma autonomia adequada e viabilizar recargas em alta velocidade. Além disso, desempenha um papel crítico na segurança operacional do veículo.

Em comparação com os veículos equipados com motores de combustão interna (ICEs), os sistemas de resfriamento dos veículos eletrificados tornaram-se significativamente mais complexos, devido à crescente integração de diversos componentes eletrônicos e eletromecânicos. A função do fluido de arrefecimento vai muito além do simples resfriamento do motor sendo também responsável por contribuir com o gerenciamento térmico de forma eficiente para partes vitais do trem de força, como o pacote de baterias, sem comprometer a segurança elétrica do sistema.

Atualmente, muitos veículos eletrificados utilizam com sucesso líquidos de arrefecimento à base de água e glicol, semelhantes aos empregados em veículos com motores a combustão interna. No entanto, com o avanço de tecnologias como a recarga ultrarrápida, torna-se necessário evoluir tanto os sistemas de resfriamento quanto os próprios fluidos utilizados.

No caso do resfriamento direto de pilhas de células de combustível, surgem desafios adicionais, uma vez que a condutividade elétrica dos líquidos à base de água impõe limites rigorosos. Isso exige o desenvolvimento de novas formulações com aditivos específicos que reduzam a condutividade sem comprometer o desempenho térmico.

Uma nova demanda para os fluidos de arrefecimento, é a de ajudar a mitigar os riscos em caso de curtos-circuitos ou falhas elétricas, principalmente causadas em caso de acidentes envolvendo danos aos sistemas de baterias e ou inversores dos veículos eletrificados.

Nesse contexto, vamos comparar os riscos da utilização de fluidos de arrefecimento convencionais, utilizados atualmente em veículos de combustão interna, com fluidos de baixa condutividade elétrica, testando em condições extremas de modo a avaliar os riscos de segurança para os passageiros e de integridade ao veículo elétrico.

## ABSTRACT

Thermal management is widely recognized as one of the key enablers for the widespread adoption of electrified vehicles. An efficient cooling system design, whether in hybrid electric vehicles (HEVs) or battery electric vehicles (BEVs), is essential to ensure component longevity, optimize energy efficiency, provide adequate range and enable high-speed recharging. In addition, it plays a critical role in the operational safety of the vehicle.

Compared to vehicles equipped with internal combustion engines (ICEs), the cooling systems of electrified vehicles have become significantly more complex due to the increasing integration of various electronic and electromechanical components. The function of the coolant goes far beyond simply cooling the engine but is also responsible for contributing to the efficient thermal management of vital parts of the powertrain, such as the battery pack, without compromising the electrical safety of the system.

Today, many electrified vehicles successfully use water and glycol-based coolants, similar to those used in vehicles with internal combustion engines. However, with the advancement of technologies such as ultra-fast charging, it is necessary to evolve both the cooling systems, and the fluids used.

In the case of direct cooling of fuel cell stacks, additional challenges arise, since the electrical conductivity of water-based liquids imposes strict limits. This requires the development of new formulations with specific additives that reduce conductivity without compromising thermal performance.

A new demand for coolants is to help mitigate risks in the event of short circuits or electrical failures, mainly

caused by accidents involving damage to the battery systems and/or inverters of electrified vehicles.

In this context, we will compare the risks of using conventional coolants, currently used in internal combustion vehicles, with fluids with low electrical conductivity, testing under extreme conditions to assess the safety risks for passengers and the integrity of the electric vehicle.

## INTRODUÇÃO

Regulamentações e legislações governamentais criadas para combater os efeitos da poluição do ar e do aquecimento global levaram a indústria automotiva a focar em tecnologias voltadas à melhoria da economia de combustível. Essa redução é alcançada por meio da diminuição das emissões dos escapamentos das frotas de veículos e pela elevação da eficiência energética, especialmente com a introdução de novos motores elétricos.

No Brasil, o PROCONVE [1,2] (Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores), inspirado em programas similares dos Estados Unidos e da União Europeia, estabelece limites progressivamente mais rigorosos para emissões de poluentes como CO (monóxido de carbono), NO<sub>x</sub> (óxidos de nitrogênio), HC (hidrocarbonetos) e material particulado (MP). A fase L8 do PROCONVE, voltada para veículos leves, representa o estágio mais avançado e exigente do programa no que diz respeito ao controle de emissões atmosféricas.

A República Popular da China também demonstra uma clara ambição de redução de emissões por meio de políticas governamentais centrais, como o Plano de Desenvolvimento da Indústria de Veículos de Nova Energia (NEV) 2021–2035 [3].

Essas regulamentações impulsionaram o desenvolvimento e a aplicação de tecnologias inovadoras, como a Recirculação de Gases de Escape (EGR) para redução de NO<sub>x</sub>, além de avanços significativos na eficiência dos motores de combustão interna (ICE), por meio de melhorias no design e nas condições operacionais, como o aumento das temperaturas de funcionamento [4,5].

Embora a otimização dos ICEs continue sendo parte da estratégia para redução de emissões, os ganhos esperados não são suficientes para atender às metas mais rigorosas. Como resposta, a maioria das montadoras tem adotado algum grau de eletrificação em suas frotas, promovendo uma diversificação que inclui veículos híbridos elétricos (HEV), híbridos plug-in (PHEV) e veículos elétricos a bateria (BEV).

Nesse contexto de eletrificação crescente, surgem novos desafios técnicos e de segurança, especialmente relacionados aos sistemas de arrefecimento dos veículos

elétricos. Um dos pontos críticos é a condutividade elétrica dos fluidos de arrefecimento utilizados. Para avaliar os riscos associados, especialmente em situações de colisão ou falha do sistema, serão realizados testes comparativos entre fluidos de condutividade padrão e fluidos de baixa condutividade. Esses testes têm como objetivo identificar potenciais problemas que possam ocorrer no caso de curtos-circuitos e outros problemas que possam comprometer a segurança dos ocupantes e dos socorristas em caso de acidente, além da integridade dos veículos elétricos.

## DESENVOLVIMENTO

Os veículos híbridos (HEV) e híbridos plug-in (PHEV) compõem um grupo diversificado de veículos eletrificados, com arquiteturas de trem de força que variam desde sistemas híbridos leves com função start/stop até modelos PHEV que permitem recarga externa e condução totalmente elétrica, embora com autonomia significativamente inferior à dos veículos elétricos a bateria (BEV).

Apesar da diversidade técnica, todos os HEVs e PHEVs compartilham um objetivo comum: reduzir o consumo de combustível por meio da recuperação de energia desperdiçada, utilizando sistemas elétricos auxiliares de alta eficiência. Em geral, esses veículos são equipados com baterias menores, otimizadas para densidade de potência — ao contrário dos BEVs, que priorizam densidade energética. Isso se deve à necessidade de lidar com altas taxas de carga e descarga, como durante frenagens regenerativas e acelerações intensas.

Nos HEVs, a autonomia elétrica é secundária em relação à durabilidade do ciclo da bateria, e o motor de combustão interna (ICE) permanece como a principal fonte de propulsão. Já os PHEVs, por permitirem condução em modo totalmente elétrico em ambientes urbanos ou zonas de baixa emissão, utilizam baterias com maior densidade energética e taxas de carga/descarga mais moderadas. Em comparação, as baterias dos HEVs podem operar com taxas até 10 vezes maiores [6].

No caso dos veículos totalmente elétricos (BEVs), que utilizam exclusivamente a bateria como fonte de energia para propulsão, a gestão térmica se torna um aspecto crítico. Os principais componentes que exigem controle térmico são: a bateria, os motores elétricos e os sistemas de eletrônica de potência (como inversores e conversores). Além disso, fatores como a taxa de carregamento e o conforto térmico da cabine também devem ser considerados para uma análise completa do balanço térmico. Devido a isso as baterias dos BEVs ocupam grande volume no veículo, pois sendo a única fonte de energia do veículo, precisam oferecer alta autonomia. Estas são compostas por células (cilíndricas, prismáticas ou do tipo pouch), um sistema de gerenciamento (BMS) e uma estrutura de proteção. Essas

baterias, geralmente baseadas em íons de lítio, utilizam diferentes combinações químicas, como NMC (níquel-manganês-cobalto), LFP (ferro-fosfato de lítio) e NCA (níquel-cobalto-alumínio) [7].

Para garantir desempenho e longevidade, essas baterias devem operar dentro de uma faixa térmica ideal, geralmente entre 15 °C e 35 °C. Em temperaturas mais baixas, a cinética eletroquímica desacelera, exigindo redução na velocidade de carregamento para evitar o revestimento de lítio (Li-plating), que pode comprometer a integridade da célula. Já em temperaturas elevadas, há risco de degradação estrutural dos eletrodos e, em casos extremos, de fuga térmica. Outro desafio é manter a homogeneidade térmica entre as células dentro de um mesmo pacote. Diferenças de temperatura podem acelerar a degradação localizada e comprometer a capacidade total do sistema.

Os motores elétricos e os componentes de eletrônica de potência operam em faixas térmicas menos restritivas, geralmente entre 50 °C e 80 °C [8], exigindo apenas resfriamento. Embora menos críticos do ponto de vista da segurança, o controle térmico eficiente desses componentes é essencial para garantir alto desempenho e confiabilidade. Diversas são as arquiteturas de gestão térmica, variando de sistemas com múltiplos circuitos de resfriamento independentes até soluções integradas. Os sistemas integrados, mais comuns, combinam o resfriamento líquido com o sistema de aquecimento, ventilação e ar-condicionado (HVAC). A forma de integração térmica varia entre fabricantes, com o uso de diferentes trocadores de calor, válvulas de controle e misturas de fluidos em vasos de expansão. Em muitos casos, o sistema térmico é otimizado para equilibrar espaço, custo e desempenho, com adaptações regionais conforme as condições climáticas locais.

O carregamento rápido é geralmente considerado um dos fatores críticos para a aceitação dos veículos elétricos (EVs) no mercado. No entanto, também representa a condição de maior exigência em termos de gestão térmica. Durante o carregamento rápido, fluxos térmicos elevados podem ocorrer, sendo essencial evitar o superaquecimento da bateria. Isso implica que o uso de um fluido de arrefecimento com alto coeficiente de transferência de calor é obrigatório para permitir avanços significativos na tecnologia dos EVs.

O uso de misturas de água e glicol como meio de resfriamento garante uma melhor homogeneidade de temperatura no sistema, a recuperação eficiente do calor residual, uma alta eficiência de resfriamento, e capacidade de carregamento rápido em corrente contínua (DC). Atualmente, fluidos de arrefecimento usados em motores de combustão interna (ICE) estão sendo utilizados com sucesso em EVs, mas enfrentam desafios como a compatibilidade com uma variedade de novos componentes, como bombas d'água elétricas, resfriadores, trocadores de calor adicionais, eixos eletrificados (e-Axles),

bombas de calor e placas ou tubos de resfriamento, que podem ser feitos de novos materiais plásticos ou ligas metálicas e podem também apresentar outros acabamentos de superfície (como por exemplo um verniz). Ainda assim, atualmente existem poucas informações disponíveis sobre o estresse corrosivo nos sistemas de resfriamento dos BEVs ou sobre o estresse térmico nos líquidos de arrefecimento em comparação com os motores ICE. Embora a operação em temperaturas mais baixas possa sugerir condições menos severas, fenômenos locais como pontos quentes, corrosão em fendas e corrosão de pequenas saliências não devem ser negligenciados. É importante também acrescentar que o aumento da área de superfície dos trocadores de calor e de passagens estreitas exige alta estabilidade do fluido de arrefecimento contra floculação ou formação de depósitos [9].

Em resumo, as propriedades da tabela 1 abaixo são essenciais para fluidos de arrefecimento para veículos elétricos:

Requisito	Propriedade
Condutividade térmica	Mantém o volume e o tempo de ciclo baixos
Baixa viscosidade	Mínimiza o desgaste e reduz a potência necessária para bombeamento
Proteção contra congelamento	Protege os componentes até -40°C
Proteção contra corrosão	Inclui compatibilidade com novos materiais e ligas
Compatibilidade com materiais	Compatível com elastômeros e plásticos de diferentes tipos e graus
Condutividade elétrica	Em fluidos padrão, >2000 µS/cm; para segurança, é desejável uma redução

Tabela 1 – Propriedades Essenciais dos Fluidos para BEVs

Essas propriedades são fundamentais para garantir que o fluido de arrefecimento funcione de forma eficaz em ambientes complexos e variados, como os encontrados em veículos elétricos modernos. A escolha adequada do fluido pode impactar diretamente a eficiência térmica, a segurança elétrica e a durabilidade dos componentes do sistema de propulsão.

Os fluidos de arrefecimento à base de água/glicol utilizados em veículos a combustão interna estão bem estabelecidos nos veículos a bateria (BEV) atuais devido às suas elevadas propriedades de transferência de calor, simplicidade e facilidade de manutenção. O sistema de refrigeração à base de água-glicol é geralmente preferido pois apresenta um bom desempenho de resfriamento e é mais adequado para aquecer a bateria em climas mais frios. Um ponto fraco das misturas água/glicol atuais, é que estas precisam ser isoladas eletricamente dos componentes elétricos do veículo para garantir a segurança e integridade,

visto que estes são fluidos são considerados condutores de eletricidade apresentando condutividades de aproximadamente 2000-5000  $\mu\text{S/cm}$ . Considerando o equilíbrio entre vantagens e desvantagens, os fluidos de arrefecimento a base de água/glicol oferecem uma boa relação de benefício e estão bem estabelecidos nos conjuntos de baterias BEV atuais em placas de resfriamento inferiores para as variadas arquiteturas das baterias de células de íons lítio.

O resfriamento pela parte inferior da bateria apresenta o benefício de melhor a transferência de calor da célula para o fluido de arrefecimento devido ao fluxo de calor da célula ser maior na direção axial (condutividade térmica anisotrópica) e o risco de vazamento do fluido de arrefecimento para o conjunto de baterias é bastante reduzido em caso de um acidente. Estes mesmos fluidos podem ter o fluxo alterado para os dissipadores de calor de componentes eletrônicos de potência e em camisas de resfriamento dos motores elétricos. Porém a necessidade de isolar eletricamente o líquido de arrefecimento à base de água-glicol das células da bateria ou dos componentes elétricos tem como consequência a introdução de diversas camadas de resistência térmica, dificultando o fluxo de calor efetivo da bateria para o fluido de arrefecimento. Esta perda de eficiência devido ao resfriamento indireto pode ser parcialmente compensada pelo uso de um material de interface térmica adequado e reduzindo espaços de ar isolante entre a bateria e o líquido de arrefecimento. Outra opção para melhorar a transferência de calor é a aplicação de camisas ou tubos de resfriamento no sistema, que tem como função otimizar ainda mais o contato entre a bateria e o fluido de arrefecimento, porém aumentam o risco de um acidente mais grave em caso de vazamento do fluido de arrefecimento e podem potencialmente causar problemas mais significativos quando integrado ao conjunto de baterias [10].

Pensando numa maior segurança dos passageiros e da integridade do veículo elétrico, uma redução significativa da condutividade elétrica do fluido de arrefecimento pode permitir maior integração sem comprometer a segurança. Por este motivo, a norma chinesa GB 29743.2-2025, intitulada “*Motor Vehicle Coolant – Part 2: Electric Vehicle Coolant*”, [11] especifica para fluidos de etilenoglicol e água, emitida em março de 2025, porém com data de implementação prevista para 1º de outubro de 2025, sendo compulsória neste momento somente na República Popular da China. Além de estabelecer os requisitos técnicos e outros requisitos de qualidade, também integra informações relativas à saúde e segurança para utilização em sistemas de gerenciamento térmico de veículos elétricos com baterias [12].

Esta revisão da norma surge em resposta ao rápido crescimento do mercado de veículos elétricos na China e à necessidade de padronizar os fluidos de arrefecimento utilizados nesses veículos. A ausência de normas específicas anteriormente resultava em uma variedade de produtos no mercado, alguns dos quais poderiam

comprometer a segurança e a eficiência dos sistemas de gerenciamento térmico das baterias.

Podemos destacar um dos principais focos desta atualização o novo limite estabelecido para a condutividade elétrica dos fluidos de arrefecimento, visando minimizar riscos de curto-circuito e incêndios em sistemas de baterias de veículos elétricos. Foram estabelecidos os limites da tabela 2 abaixo para a condutividade elétrica dos fluidos de arrefecimento:

Parâmetro	Especificação
Condutividade inicial máxima:	100 $\mu\text{S/cm}$
Condutividade máxima após envelhecimento:	300 $\mu\text{S/cm}$

Tabela 2 – Limites de Condutividade

Ou seja, houve uma redução significativa em comparação aos fluidos de arrefecimento tradicionais para motores a combustão interna, que em geral apresentam condutividade elétrica por volta de 2.000 a 5.000  $\mu\text{S/cm}$ . A implementação desses limites de condutividade exige que os fabricantes de fluidos de arrefecimento desenvolvam novas formulações com aditivos que não aumentem significativamente a condutividade elétrica. Além disso, os fabricantes de veículos elétricos devem garantir que os fluidos utilizados em seus sistemas de gerenciamento térmico estejam em conformidade com a norma para assegurar a segurança e a eficiência dos veículos.

## MATERIAIS E METÓDOS

Para a realização dos experimentos foram utilizados os seguintes materiais:

**Fluido de arrefecimento convencional:** com tecnologia de ácidos orgânicos (OAT) para motores a combustão interna, composto à base de etilenoglicol e aditivos anticorrosivos, amplamente utilizado



Figura 1 – Fluido de Arrefecimento Convencional OAT

**Fluido de arrefecimento de baixa condutividade elétrica:** Formulação comercial desenvolvida para sistemas

de gerenciamento térmico de veículos elétricos a bateria (BEVs), caracterizado por sua baixa condutividade elétrica



Figura 2 – Fluido de Arrefecimento de Baixa Condutividade

**Fonte de corrente contínua:** Fonte ajustável com capacidade de fornecer tensões na faixa de 0–150 V e corrente até 5 A, utilizada para verificar a passagem de corrente elétrica nos fluidos.

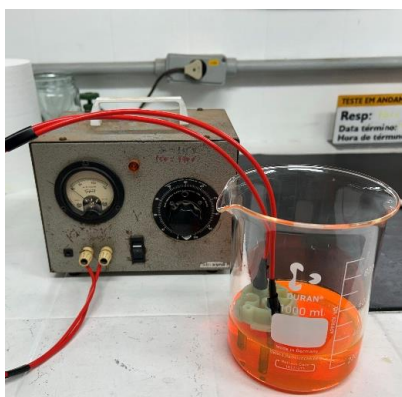


Figura 3 – Fonte de corrente contínua Condutividade

**Medidor de condutividade elétrica Digimed DM-31:** com sonda compatível com fluidos de arrefecimento, Faixa de medição da condutividade de 0,001  $\mu\text{S}/\text{cm}$  a 2 S/cm, calibrado antes do uso com solução padrão.



Figura 4 – Medidor de Condutividade Elétrica

**Câmera Térmica Flir E60:** portátil de alta performance, com resolução de 320x240 pixels e sensibilidade térmica  $<0,05^\circ\text{C}$ . Possui câmera digital integrada. É ideal para detectar e documentar facilmente anomalias térmicas numa faixa de medição de 0 a 650°C.



Figura 5 – Câmera Térmica

Para os procedimentos de análise, todos os ensaios foram realizados em bancada de laboratório, com controle de temperatura e proteção contra descargas elétricas. Inicialmente, foram coletadas amostras dos dois fluidos de arrefecimento em recipientes plásticos limpos e inertes, em volume suficiente para total imersão da sonda do medidor de condutividade. As medições foram realizadas em temperatura ambiente ( $25 \pm 3^\circ\text{C}$ ), com agitação leve das amostras antes de cada medição para homogeneização.

#### Medição da Condutividade

Para cada fluido, a condutividade elétrica foi medida diretamente com o medidor digital, realizando-se três medições consecutivas por amostra para obtenção de média e desvio padrão. Antes da troca de amostra, a sonda foi devidamente enxaguada com água deionizada e seca com papel absorvente sem fibras, para evitar contaminação cruzada. Resultados encontrados em  $\mu\text{S}/\text{cm}$ :

Amostra	Medição 1	Medição 2	Medição 3	Média
Fluido Convencional OAT	3102	3098	3101	<b>3100,1</b>
Fluido de Baixa Condutividade	98	99	99	<b>98,7</b>

Tabela 3 – Resultados de Condutividade Elétrica

Portanto os resultados encontrados foram os esperados para os fluidos testados, estando o fluido com baixa condutividade dentro dos parâmetros da norma chinesa GB 29743.2-2025 (100  $\mu\text{S}/\text{cm}$  máximo).

### Ensaio de estresse elétrico

Após a medição da condutividade, ambos os fluidos foram submetidos a um ensaio de estresse elétrico, onde a diferença de potencial foi controlada utilizando a fonte de corrente, com eletrodos metálicos imersos nos fluidos. A passagem ou não de corrente elétrica foi monitorada pelo aumento da temperatura com a câmera térmica Flir E60. Essa etapa teve por objetivo submeter os fluidos a uma corrente elétrica de modo a verificar o comportamento dos fluidos em casos de uma fuga de corrente da bateria em caso de um acidente de um carro movido a bateria.

Uma imagem térmica foi feita, de modo a verificar o fluido antes de passar por um estresse elétrico, e como pode ser visto a temperatura varia de acordo com a temperatura do ambiente:

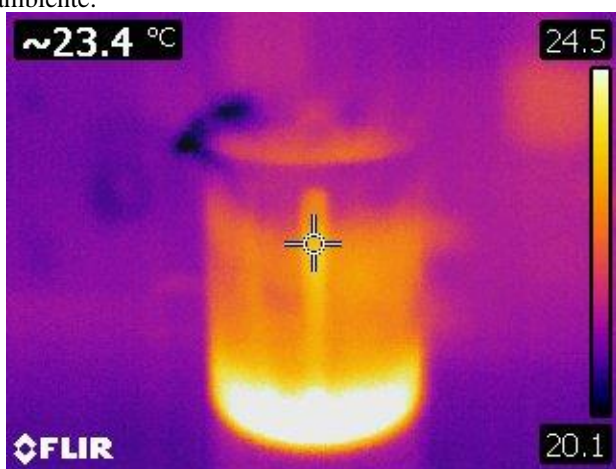


Figura 6 – Fluido Convencional OAT antes do estresse

Após a aplicação de uma diferença de potencial, houve um rápido aumento da temperatura, indicando que o fluido transmite a corrente elétrica e se degradando rapidamente. O teste foi encerrado após 10 minutos quando o produto começou a emitir fumaça e atingiu a temperatura de 74°C, a imagem térmica pode ser vista abaixo:

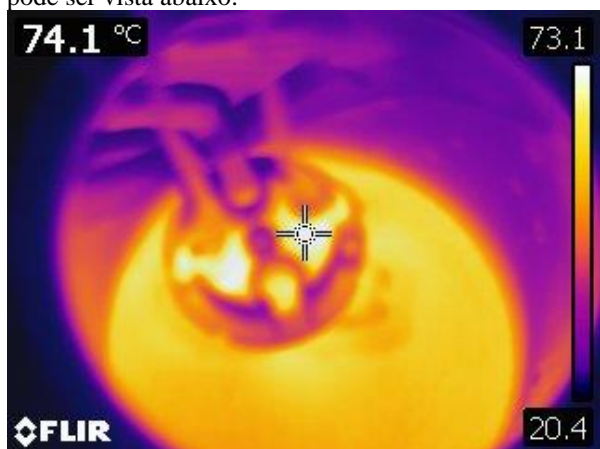


Figura 7 – Fluido Convencional OAT após estresse

Ao final do teste foi verificado que o fluido convencional se degradou e com o aumento da temperatura um processo de evaporação foi iniciado, conforme pode ser visto em forma de condensação no béquer:



Figura 8 – Fluido Convencional OAT com evaporação e degradação

Os mesmos testes de estresse térmico foram realizados para o fluido de baixa condutividade, utilizando os mesmos parâmetros de tensão e tempo de ensaio, neste caso demonstrando um pequeno aumento na temperatura do fluido, porém após o teste não foi verificado nenhum sinal de evaporação ou de degradação do fluido.

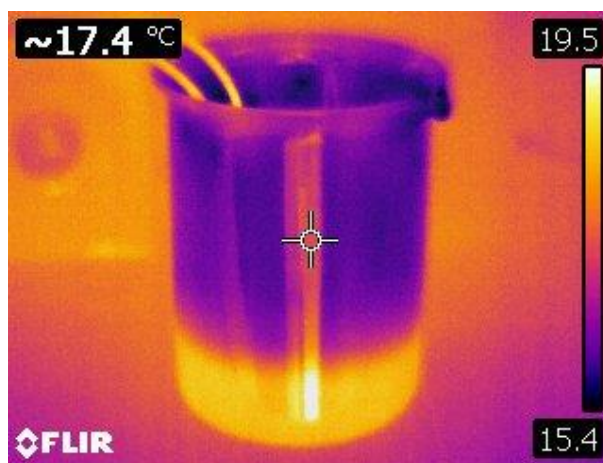


Figura 9 – Fluido de Baixa Condutividade antes do estresse

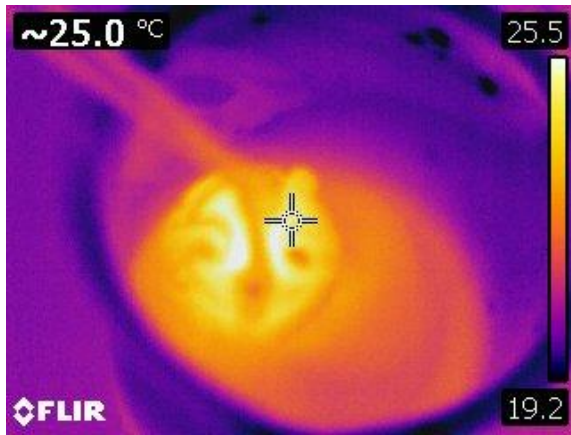


Figura 10 – Fluido de Baixa Condutividade após estresse



Figura 11 – Fluido de Baixa Condutividade sem sinais de degradação

## CONCLUSÕES

A gestão térmica dos veículos elétricos é um fator crítico para sua adoção em larga escala, pois influencia diretamente o desempenho, a segurança e a integridade tanto do veículo quanto dos ocupantes. Sistemas de resfriamento baseados em misturas de água e glicol têm demonstrado eficácia significativa, contribuindo para o aumento da vida útil das baterias, a melhoria na velocidade de carregamento e a elevação da eficiência energética, aspectos fundamentais para a autonomia e confiabilidade dos veículos elétricos.

À medida que as arquiteturas térmicas evoluem, soluções cada vez mais sofisticadas e adaptadas às diferentes plataformas veiculares estão sendo desenvolvidas, incluindo sistemas de resfriamento direto e indireto, com circuitos térmicos integrados ou independentes. Essa diversidade será essencial para atender

às exigências específicas de cada aplicação, equilibrando desempenho, complexidade e custo.

Com os avanços contínuos nas tecnologias de propulsão elétrica, especialmente no aumento da densidade de potência e na compactação dos sistemas, cresce também a necessidade de garantir a segurança elétrica dos componentes. Nesse cenário, o uso de fluidos de arrefecimento com baixa condutividade elétrica torna-se cada vez mais relevante. Levando em consideração os resultados obtidos nos testes realizados de estresse elétrico neste artigo, esses fluidos são fundamentais para mitigar riscos de curto-circuito e falhas de isolamento, especialmente em situações de colisão ou falha do sistema, protegendo tanto os passageiros quanto a integridade do veículo. Assim, a escolha adequada do fluido térmico não será apenas uma questão de eficiência, mas também um requisito essencial de segurança para os veículos elétricos do futuro.

## REFERÊNCIAS

1. Resolução CONAMA n° 492/2018 - <https://www.gov.br/ibama/pt-br/assuntos/emissoes-e-residuos/emissoes/programa-de-controle-de-emissoes-veiculares-proconve>
2. Resolução CONAMA n° 490/2018 - <https://www.gov.br/ibama/pt-br/assuntos/emissoes-e-residuos/emissoes/programa-de-controle-de-emissoes-veiculares-proconve>
3. New Development plan for NEVs unveiled, The State Council of the People's Republic of China, [http://english.www.gov.cn/policies/\(02/11/2020\)](http://english.www.gov.cn/policies/(02/11/2020))
4. Lievens, S., Van Gasse, B., Claeys, S., De Kimpe, J. et al., "A Study of Coolant Oxidation Phenomena in High-Power Efficiency Engines by Exploring Different Lab Test Methodologies," SAE Technical Paper 2017-26-0152, 2017, doi:10.4271/2017-26-0152.
5. Trevisan, A., Rouaud, C., "Fuel cell : a sustainable clean solution for long haul commercial vehicles", Ricardo Automotive and Industrial, Webinar 3 March 2020
6. Stapelbroek, M., Speckens, F., Ogrzewalla, J., Sauer A., Lenz, M., "High-performance battery for premium class hybrid vehicles" FEV, Automotive World, Webinar 13 May 2020
7. Anisha; Kumar, A. Identification and Mitigation of Shortcomings in Direct and Indirect Liquid Cooling-Based Battery Thermal Management System. *Energies* 2023, 16, 3857. <https://doi.org/10.3390/en16093857>
8. Rugh, J., "Integrated Vehicle Thermal Management – Combining Fluid loops in Electric Drive Vehicles", National Renewable Energy Laboratory, Vehicle Technologies Program Annual Merit Review, 15 May 2013

9. Deng, Y., Feng, C., E, J., Zhu, H., Chen, J., Wen, M., Yin, H., “Effects of different coolants and cooling strategies on the cooling performance of the power lithium ion battery system: A review”, Applied Thermal Engineering, 142, 2018, 10-29, <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2018.06.043>
10. De Vita, A., Maheshwari, A., Destro, M., Santarelli, M., Carello, M., “Transient thermal analysis of a lithium-ion battery pack comparing different cooling solutions for automotive applications”, Applied Energy, 206, 2017, 101-112, <http://dx.doi.org/10.1016/j.apenergy.2017.08.184>
11. China National Standards  
<https://www.gbstandards.org/>
12. China aims new EV coolant regulation at battery safety 2024-10-29 Lindsay Brooke  
<https://www.sae.org/news/2024/10/china-ev-coolant-regulations>