Arthur Henrique Rocha Alves

Relatório de Estágio Integrado
Acumuladores Moura S.A.

Belo Jardim, Pernambuco

Fevereiro de 2025

Arthur Henrique Rocha Alves

Relatório de Estágio Integrado
Acumuladores Moura S.A.

Relatório de Estágio Integrado submetido à Coordenação de Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande, *Campus* Campina Grande, como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Universidade Federal de Campina Grande - UFCG

Centro de Engenharia Elétrica e Informática - CEEI

Departamento de Engenharia Elétrica - DEE

Orientador: Antônio Marcus Nogueira Lima, Dr

Belo Jardim, Pernambuco

Fevereiro de 2025

Arthur Henrique Rocha Alves

Relatório de Estágio Integrado

Acumuladores Moura S.A.

Relatório de Estágio Integrado submetido à Coordenação de Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande, *Campus* Campina Grande, como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Antônio Marcus Nogueira Lima, Dr
Orientador

Rafael Bezerra Correa Lima, Dr
Professor Convidado

Belo Jardim, Pernambuco
Fevereiro de 2025

Dedico este trabalho a minha família e à todos que em mim acreditaram.

Resumo

Neste relatório estão descritas as atividades realizadas durante o estágio integrado na empresa Acumuladores Moura S.A., no setor de Engenharia de Novos Negócios - Automotivo Lítio, vinculado à Universidade Federal de Campina Grande - UFCG. São fundamentadas e descritas atividades relacionadas à Baterias de íons de Lítio, Diagnose Automotivo, Redes de Comunicação Veicular, Segurança Funcional e desenvolvimento de produto.

Palavras-chave: Lítio, Automotivo, Segurança Funcional e Desenvolvimento de produto.

Abstract

This report describes the activities carried out during the integrated internship at Acumuladores Moura S.A., in the New Business Engineering – Automotive Lithium sector, linked to the Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). The report presents and describes activities related to lithium-ion batteries, automotive diagnostics, vehicle communication networks, functional safety, and product development.

Keywords: Lithium, Automotive, Functional Safety and Product Development.

Lista de ilustrações

Figura 1 – Unidade 10 - Belo Jardim, PE 5
Figura 2 – Organograma Parcial da Moura Lítio. 6
Figura 3 – Cilíndrica vs Prismática vs Pouch 7
Figura 4 – Esquemático de uma reação eletroquímica em uma baterias de íons de lítio. 9
Figura 5 – Estrutura interna de uma LIB. 10
Figura 6 – CAN Data Frame 13
Figura 7 – Conector OBD2 Tipo A. 14
Figura 8 – Estrutura da mensagem UDS. 15
Figura 9 – Fluxograma de um Sistema de Diagnóstico Automotivo. 17

Lista de Abreviaturas e Siglas

ASIL	Automotive Safety Integrity Level (Nível de Integridade de Segurança Automotiva)
BMS	Battery Management System (Sistema de Gerenciamento de Baterias)
CEEI	Centro de Engenharia Elétrica e Informática.
EBDU	Electronic Battery Disconnection Unit (Unidade Eletrônica de Desconexão da Bateria)
ECU	Engine Central Unit (Unidade de Controle do Motor)
FFI	Freedom From Interferência (Livre de Interferência)
FIT	Failure In Time (Falhas por Unidade de Tempo)
FPC	Flexible Printed Circuit (Circuito Impresso Flexível)
ITEMM	Instituto de Tecnologia Mororó Moura
LFM	Latent Fault Metric (Métrica de Falta Latente)
LFP	Lítio-Ferro-Fosfato
MHEV	Mild Hybrid Electric Vehicle (Veículo Elétrico Híbrido Leve)
NCA	Níquel-Cobalto-Alumínio
NMC	Níquel-Manganês-Cobalto
OBD	On-Board Diagnostics (Diagnóstio a Bordo)
PCB	Printed Circuit Board (Placa de Circuito Impresso)
PMHF	Probabilistic Metric for random HW Failures (Métrica Probabilística para Falhas Aleatórias de Hardware)
RUL	Remaining Useful Life (Vida Útil Restante)
RESS	Rechargeable Energy Storage System (Sistema de Armazenamento de Energia Recarregável)
SOC	State of Charge (Estado de Carga)
SOH	State of Health (Estado de Saúde)

SOP State of Power (Estado de Potência)

SPFM Single Pint Fault Metric (Métrica de Falha de Ponto Único)

UFCG Universidade Federal de Campina Grande.

UDS Unified Diagnostics Services (Serviços de Diagnóstico Unificado)

UNECE United Nations Economic Comission for Europe (Comissão Econômica das Nações Unidas para a Europa)

Sumário

1 INTRODUÇÃO 1
1.1 Objetivos 1
1.1.1 Objetivos Específicos 2

2 AMBIENTE DE TRABALHO 3
2.1 A Empresa 3
2.1.1 Histórico 3
2.1.2 Estrutura Organizacional 3
2.1.2.1 Unidade 10 - Baterias Automotivas e Novos Negócios 5
2.1.2.2 Setor de Engenharia de Novos Negócios – Departamento Lítio Automotivo . . . 6

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA 7
3.1 Bateria de Íons de Lítio 7
3.2 Segurança Funcional Veicular (ISO 26262) 10
3.2.1 FIT 11
3.3 Sistema de Gerenciamento de Bateria (BMS) 12
3.3.1 Controller Area Network (CAN) 12
3.3.2 Sistemas de Diagnóstico Automotivo 13
3.3.2.1 Protocolos 14
3.3.2.1.1 Diagnóstico a Bordo (OBD) 14
3.3.2.1.2 Serviços de Diagnóstico Unificado (UDS) 15
3.3.2.2 Arquitetura 15

4 ATIVIDADES REALIZADAS 18
4.1 Visão Geral 18
4.2 Segurança Funcional 18
4.2.1 FFI 18
4.3 Software 19
4.3.1 Atualizações de firmware 20
4.4 Certificações 20
4.4.1 UN38.3 21
4.4.2 ECE R100 21

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS 23

REFERÊNCIAS 24

1 Introdução

A elaboração, apresentação e avaliação da disciplina Estágio Integrado são obrigatórias para os alunos concluintes, conforme previsto no Projeto Pedagógico do Curso de Engenharia Elétrica do Centro de Engenharia Elétrica e Informática (CEEI) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). Integrando a grade curricular obrigatória para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Elétrica, a disciplina tem como objetivo proporcionar uma experiência prática no ambiente profissional, consolidando os conhecimentos adquiridos ao longo da graduação e promovendo o contato com o mercado de trabalho.

Este relatório descreve as atividades realizadas pelo aluno Arthur Henrique Rocha Alves durante o Estágio Integrado do curso de Engenharia Elétrica da UFCG. O estágio teve carga horária de 30 horas semanais, realizado entre 05 de maio de 2025 e 17 de outubro de 2025, totalizando 720 horas, na empresa Acumuladores Moura S.A., situada em Belo Jardim-PE. A orientação acadêmica foi conduzida pelo professor Antônio Marcus Nogueira Lima, e a supervisão na empresa ficou a cargo do engenheiro Jonathan Jefferson Moura. Estagiando na Engenharia de Produto - Lítio Automotivo, setor de Engenharia de Novos Negócios, esteve lotado na Unidade 10, mas atuou no ITEMM.

As atividades desenvolvidas abrangeram a avaliação da segurança funcional, a análise dos testes realizados para certificações, como ECR100 e UN38.3, o estudo dos requisitos de software já existentes e a discussão sobre novos requisitos do Sistema de Gerenciamento de Bateria (BMS). Foram realizadas reuniões com clientes e fornecedores de forma semanal — e, em alguns casos, quase diária — além do estudo detalhado das normas técnicas da montadora cliente. Também participei de cursos em parceria com a Associação Brasileira de Engenharia Automotiva.

1.1 Objetivos

O estágio teve como objetivo principal proporcionar ao estagiário uma experiência prática e imersiva no ambiente de engenharia de produto, com foco na atuação em projetos reais, na aplicação dos conhecimentos técnicos adquiridos ao longo do curso e no desenvolvimento de competências profissionais. Além disso, o estagiário teve a oportunidade de se envolver também em processos e gestão de projetos, ampliando sua visão e habilidades em diferentes áreas da engenharia.

1.1.1 Objetivos Específicos

Para atingir o objetivo principal, o estágio foi estruturado nas seguintes metas específicas:

1. Finalizar as avaliações de segurança funcional dos sistemas.
2. Estudar e aplicar continuamente a norma ISO 26262, voltada à segurança funcional de sistemas eletroeletrônicos automotivos.
3. Apoiar tecnicamente a equipe em decisões e discussões relacionadas ao desenvolvimento de software.
4. Estudar e aplicar sistemas de diagnóstico automotivo, com foco nos protocolos OBD e UDS.
5. Suportar as atividades de recarga e atualização de firmware das baterias em ambiente de fábrica.
6. Desenvolver habilidades de comunicação técnica em inglês e aprimorar *soft skills* no contexto de interação com fornecedores e clientes.
7. Apoiar a organização de documentação técnica e o controle de atividades de engenharia de produto para baterias de lítio automotivas.
8. Reportar periodicamente as atividades técnicas ao gestor responsável, garantindo alinhamento e rastreabilidade.
9. Estudar e aplicar normas de certificação de baterias de íons de lítio, com ênfase em ECER100 e UN38.3.

Essas atividades não apenas visaram à aplicação prática dos conhecimentos adquiridos durante o curso, mas também à inserção da estagiária no contexto profissional.

No presente capítulo, foi apresentada uma breve introdução e os objetivos do estágio, juntamente com uma visão geral da organização deste relatório. Nos próximos capítulos, serão abordados os seguintes temas: Capítulo 2, será apresentada a empresa em que o estágio foi realizado e uma breve discussão sobre as atribuições do estagiário; no Capítulo 3, será feita uma fundamentação teórica necessária para embasar os conceitos utilizados nas atividades; Capítulo 4, descrição das atividades desenvolvidas; e, por fim, no Capítulo 5 apresentam-se as considerações finais.

2 Ambiente de Trabalho

2.1 A Empresa

Líder de mercado na América do Sul, a Acumuladores Moura S.A., mais conhecida como Baterias Moura, é uma empresa brasileira de capital nacional fundada em 1957 pelo Químico Industrial Dr. Edson Mororó Moura e sua esposa Dona Conceição Viana Moura. Especializada na fabricação de acumuladores elétricos, popularmente chamados de baterias. Voltada inicialmente para o ramo automotivo, a empresa ampliou sua atuação para outros segmentos, produzindo, hoje, baterias e sistemas de acumulação de energia para as mais diversas aplicações, como motos, barcos, empilhadeiras, nobreaks, metrôs, trens, estações de telefonia, sistemas de armazenagem, entre outros.

A empresa destaca-se como a maior em seu segmento na América Latina, com uma capacidade de produção anual superior a 10 milhões de baterias e mais de 6 mil colaboradores. Segundo a FENABRAVE (2022), em 2022, 9 a cada 10 veículos produzidos no Brasil utilizavam baterias Moura.

2.1.1 Histórico

A Acumuladores Moura teve início no quintal de uma residência em Belo Jardim - PE. Em 1968, firmou parceria com a Chloride, maior fabricante mundial de baterias à época, possibilitando grandes avanços. Posteriormente, firmou parcerias com empresas como EXIDE e GNB Technologies. A linha do tempo da empresa inclui marcos como:

- 1957: fundação da empresa;
- 1983: início das exportações e fornecimento para a Fiat;
- 1999: lançamento da bateria com prata;
- 2015: lançamento da bateria Nobreak e início do fornecimento à John Deere;
- 2022: fornecimento para Jaguar/Land Rover e Scania.

2.1.2 Estrutura Organizacional

A empresa conta com unidades em diversas localidades do Brasil e no exterior, cada uma com funções específicas, como produção, reciclagem, logística e administração. A estrutura organizacional detalhada das unidades que compõem o Grupo Moura pode ser vista na Tabela 1.

Tabela 1 – Estrutura Organizacional Grupo Moura

Unidade	**Produtos**	**Localização**
UN 01 – ACUMULADORES MOURA MATRIZ	Baterias sem carga para Itapetininga e baterias para o mercado de reposição, montadoras, especiais e exportação	Belo Jardim – PE
UN 02 – UNIDADE ADMINISTRATIVA	Centro administrativo	Jaboatão dos Guararapes – PE
ESCRITÓRIO SÃO PAULO	Centro administrativo	São Paulo – SP
ESCRITÓRIO RIO DE JANEIRO	Centro administrativo	Niterói – RJ
UN 03 – DEPÓSITO FIAT E IVECO	Baterias para a Fiat e Iveco em Minas Gerais	Betim – MG
UN 04 – METALÚRGICA	Reciclagem de baterias e ligas de chumbo	Belo Jardim – PE
UN 05 – INDÚSTRIA DE PLÁSTICO	Caixa, tampa e pequenas peças para baterias	Belo Jardim – PE
UN 06 – MBAI	Baterias para montadoras e especiais	Itapetininga – SP
UN 08 – MOURA BATERIAS INDUSTRIAIS	Baterias tracionárias e de moto	Belo Jardim – PE
UN 10 – MOURA BATERIAS AUTOMOTIVA E NOVOS NEGÓCIOS	Baterias automotivas, estacionárias e novos negócios BESS e Lítio	Belo Jardim – PE
UN 11 E UN 12 – CENTRO DE DISTRIBUIÇÃO MOURA	Todos os tipos de baterias	Belo Jardim – PE
BASA – DEPÓSITO ARGENTINA	Baterias para montadoras e reposição na Argentina	Pilar – Argentina
WAYOTEK – DEPÓSITO PORTO RICO	Baterias para montadoras e reposição no Porto Rico	Carolina – Porto Rico
RADESCA – DEPÓSITO URUGUAI	Baterias para montadoras e reposição no Uruguai	Montevidéu – Uruguai
RIOS RESPUESTOS – DEPÓSITO PARAGUAI	Baterias para montadoras e reposição no Paraguai	Assunção – Paraguai
UN 14 – NOVA METALÚRGICA – EM CONSTRUÇÃO	Reciclagem de baterias e ligas de chumbo	Belo Jardim – PE

2.1.2.1 Unidade 10 - Baterias Automotivas e Novos Negócios

A Unidade 10 é especializada em atividades industriais e de pesquisa tecnológica focadas na produção de baterias e na inovação de sistemas de armazenamento de energia. A operação da planta é organizada com equipes de produção distribuídas por três turnos, enquanto as áreas de suporte industrial, engenharia e administrativas funcionam durante o horário comercial.

No que diz respeito à linha de Baterias Automotivas, a unidade abrange as fases de montagem, formação e acabamento de baterias para veículos automotivos, embarcações e sistemas estacionários. Os produtos fabricados atendem tanto ao mercado de reposição, tanto no Brasil quanto no exterior, quanto às necessidades de montadoras de veículos leves e pesados, além de máquinas agrícolas.

Além disso, a unidade abriga o setor de Novos Negócios, responsável pelo desenvolvimento de soluções tecnológicas baseadas em baterias de lítio e sistemas de armazenamento de energia por baterias (BESS).

Figura 1 – Unidade 10 - Belo Jardim, PE



Fonte: Acervo Grupo Moura

2.1.2.2 Setor de Engenharia de Novos Negócios – Departamento Lítio Automotivo

A Moura, líder nacional em soluções de energia para o setor automotivo, está expandindo sua presença no mercado de eletrificação veicular. Após consolidar sua trajetória com baterias de chumbo-ácido para partida, a empresa iniciou projetos inovadores em e-bus e e-delivery e agora avança com o desenvolvimento de uma bateria de 48V para MHEV, reforçando seu compromisso com a mobilidade sustentável e o futuro da indústria automotiva no brasil. A Moura também fornece outros produtos importantes como BESS e baterias para tração, solar e telecomunicações. Na figura 2 é possível ver, de forma parcial, a estrutura organizacional do Moura Lítio.



Figura 2 – Organograma Parcial da Moura Lítio.

O estágio foi realizado no setor automotivo do lítio, responsável por coordenar as atividades técnicas relacionadas ao desenvolvimento, produção e aprimoramento de baterias de lítio automotivo para veículos leves e pesados. Durante o estágio, houve atividades realizadas em parceria com os times de qualidade, projetos, processos, compras e pós-vendas.Essa interação contribuiu para a compreensão do funcionamento integrado das diferentes áreas da empresa, evidenciando a importância da colaboração e da sinergia entre os setores para a execução eficiente das atividades e para a garantia da qualidade dos produtos e processos.

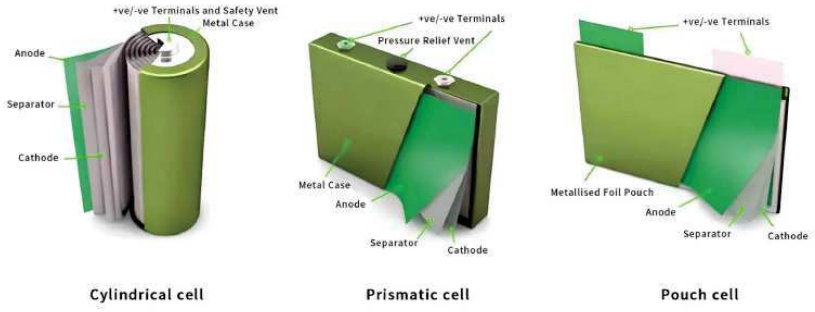
3 Fundamentação Teórica

Este capítulo detalha os conceitos-chave que formam a base teórica essencial para as atividades desenvolvidas durante o estágio. A compreensão aprofundada desses conceitos é crucial para entender como diversas tecnologias e métodos foram aplicados ao longo deste período. Estes fundamentos são essenciais para a utilização eficaz das ferramentas disponíveis e para enfrentar os desafios técnicos encontrados, facilitando a busca por soluções adequadas e enriquecendo o aprendizado prático e teórico.

3.1 Bateria de Íons de Lítio

Existem três principais geometrias de células de bateria: cilíndrica, prismática e *pouch*. As células cilíndricas oferecem bom gerenciamento térmico, alta resistência ao estresse mecânico e baixa deformação durante o uso, com custo por kWh de baixo a moderado, embora tenham otimização de espaço apenas moderada. Já as prismáticas também possuem bom gerenciamento térmico, resistência mecânica moderada e deformação moderada, com alta otimização de espaço e custo moderado. Por fim, as células *pouch* apresentam gerenciamento térmico regular, baixa resistência ao estresse mecânico e alta deformação, mas se destacam pela alta otimização de espaço, apesar do custo elevado. Essa análise evidencia como cada formato atende a diferentes necessidades de projeto, equilibrando desempenho, durabilidade e custo (RIA; DINI, 2024).

Figura 3 – Cilíndrica vs Prismática vs Pouch



Fonte: (RIA; DINI, 2024)

Com base na norma (International Electrotechnical Commission, 2022), podemos definir os termos da seguinte forma: uma célula é a unidade eletroquímica básica, onde a energia elétrica é derivada das reações de íons de lítio entre os eletrodos, e não está pronta para uso final porque não possui invólucro completo, terminais ou dispositivos eletrônicos. Um módulo é um agrupamento de células conectadas em série e/ou paralelo, podendo incluir dispositivos de proteção, como fusíveis, e circuitos de monitoramento. Um *battery*

pack é um dispositivo de armazenamento de energia composto por uma ou mais células ou módulos conectados eletricamente e pode incorporar um invólucro protetor, terminais e circuitos de monitoramento, como medição de tensão. Por fim, um sistema de bateria é um conjunto que inclui células, módulos ou packs, além de um sistema de gerenciamento de bateria (BMS) para proteção contra sobrecarga, sobrecorrente, sobretemperatura e, opcionalmente, sobre-descarga, podendo também incluir sistemas de aquecimento ou resfriamento.

Em seu trabalho (RIA; DINI, 2024) também traz informações sobre diferentes químicas utilizadas nas células de íons de lítio, sendo as Níquel-Manganês-Cobalto (NMC), Níquel-Cobalto-Alumínio (NCA) e Lítio-Ferro-Fosfato (LFP), cada um com suas especificidades. Sendo elas:

- **NMC**: Possui energia específica de aproximadamente 200 Wh/kg, tensão de operação entre 2,5 – 4,2 V e oferece performance balanceada e projeto flexível, dependendo da concentração de níquel. Como desvantagens, apresenta um custo mais alto do que o LFP e problemas na cadeia de produção devido à extração de cobalto. É aplicada principalmente em EVs de passeio.
- **NCA**: Apresenta a maior energia específica, variando entre 250 – 350 Wh/kg, com tensão de operação similar à NMC 3,0 – 4,2 V. Seus pontos fortes são alta energia específica e boa vida útil, mas apresenta custo elevado e estabilidade térmica inferior, o que impacta a segurança. É indicada para EVs de alta potência.
- **LFP**: Tem energia específica menor (100 – 170 Wh/kg) e tensão de operação entre 2,5 – 3,65 V. Destaca-se pela estabilidade térmica superior, vida útil longa e custo moderado, embora tenha energia específica inferior. É utilizada em EVs de passeio e veículos pesados.

Os materiais dos eletrodos em baterias de íon-lítio são o óxido metálico de lítio para os materiais do cátodo, que possuem uma estrutura em camadas ou em túneis sobre um coletor de corrente de alumínio, e tipicamente o grafite em íons de lítio para os materiais anódicos, que também apresenta uma estrutura em camadas sobre um coletor de corrente de cobre (REDDY, 2010).

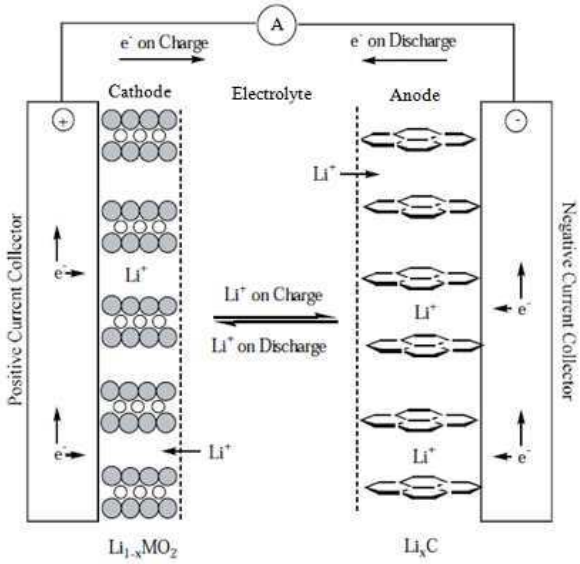
Comparadas com outros tipos de baterias, como as baterias de chumbo-ácido e de níquel-cádmio (Ni-Cd) da Tabela 2, as baterias de íon-lítio são superiores em termos de alta eficiência energética e densidade de potência, o que permite que sejam projetadas de forma mais leve, com menor peso e tamanho, respectivamente. Além disso, outras vantagens das baterias de íon-lítio incluem uma ampla faixa de temperatura de operação, capacidade de carga rápida, ausência de efeitos de memória, vida útil relativamente longa e baixa taxa de autodescarga. (CHEN et al., 2012)

Tabela 2 – Comparação entre tipos de células usadas em EVs

Tipo de Bateria	**Chumbo-ácido**	**Ni-Cd**	**Lítio-íon**
Densidade de energia (W/kg)	30-50	45-80	110-160
Densidade de potência (W/kg)	180	150	1800
Tensão nominal	2V	1.25V	3.6V
Tolerância a sobrecarga	Alta	Moderada	Muito baixa
Autodescarga	Baixa	Moderada	Muito baixa
Temperatura de operação	-20 a 60°C	-40 a 60°C	-20 a 60°C
Ciclo de vida	200-300	1500	500-1000

No processo de descarga, o lítio no ânodo é ionizado e emitido para o eletrólito. Íons de lítio atravessam um separador plástico poroso e, então, se inserem em cavidades de tamanho atômico no cátodo de óxido metálico de lítio. Ao mesmo tempo, elétrons são liberados do ânodo. Isso se torna corrente elétrica que viaja para uma carga externa. Durante o ciclo de carga, íons de lítio vão do cátodo para o ânodo através do separador (CHEN et al., 2012). Na figura 4, pode se visualizar a descrição acima.

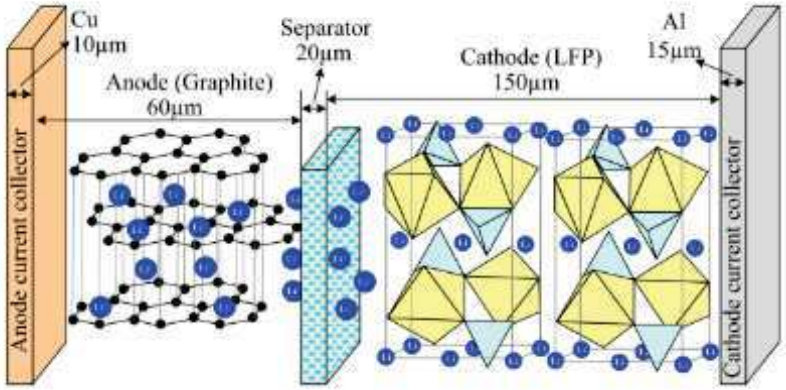
Figura 4 – Esquemático de uma reação eletroquímica em uma baterias de íons de lítio.



Fonte: (CHEN et al., 2012).

A imagem 5 mostra um esquema da estrutura interna de uma bateria de íons de lítio, destacando suas camadas principais: o coletor de corrente do ânodo em cobre, o ânodo de grafite onde os íons de lítio se intercalam, o separador poroso que impede curto-circuitos, o cátodo de fosfato de ferro e lítio (LFP) e o coletor de corrente do cátodo em alumínio. As esferas azuis representam os íons de lítio que migram entre ânodo e cátodo durante os processos de carga e descarga, ilustrando o funcionamento eletroquímico básico da bateria.

Figura 5 – Estrutura interna de uma LIB.



Fonte: (CHEN; WEI; KNOLL, 2022).

3.2 Segurança Funcional Veicular (ISO 26262)

A ISO 26262 é uma norma internacional para a segurança funcional de sistemas elétricos e eletrônicos em veículos automotivos leves, abrangendo tanto hardware quanto software. Nela são definidos processos, métodos e requisitos para identificar, avaliar e mitigar riscos decorrentes de falhas que podem levar a situações perigosas. Essa norma introduz o conceito de Nível de Integridade de Segurança Automotiva (ASIL), que classifica funções de segurança de acordo com a severidade, exposição e controlabilidade do risco. O ASIL vai de A (menos crítico) a D (mais crítico).

A norma tem como principal objetivo garantir que sistemas automotivos sejam projetados com maior robustez, visando prevenir falhas ou mitigar seus efeitos. Ela abrange todo o ciclo de vida do produto, desde a concepção e implementação até os testes, produção e manutenção. A norma está dividida em 10 partes:

1. Vocabulário
2. Gerenciamento da Segurança Funcional
3. Conceitos de Fase
4. Desenvolvimento do Produto no Nível de Sistema
5. Desenvolvimento do Produto no Nível de Hardware
6. Desenvolvimento do Produto no Nível de Software
7. Produção, Operação, Serviço e Desativação
8. Processos de Apoio
9. Análises Orientadas à Segurança

10. Diretrizes

Cada uma dessas partes aborda tópicos cruciais, como FFI, redundância, diagnósticos, decomposição de ASIL e métricas relacionadas a falhas aleatórias (INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, 2011).

As principais métricas de hardware definidas pela ISO são SPFM (*Single Point Fault Metric*), LFM (*Latent Fault Metric*) e PMHF (*Probabilistic Metric for Random Hardware Failures*). A SPFM, conforme a Equação (3.1), mede a proporção de falhas únicas perigosas que são detectadas ou controladas, garantindo que mecanismos de diagnóstico reduzam riscos de falhas isoladas:

$$\text{SPFM} = 1 - \frac{\sum(\lambda_{\text{SP}} + \lambda_{\text{RF}})}{\sum \lambda} \tag{3.1}$$

A LFM, apresentada na Equação (3.2), avalia a capacidade do sistema de identificar falhas latentes antes que elas se combinem com outras falhas e causem situações perigosas, sendo essencial para arquiteturas redundantes:

$$\text{LFM} = 1 - \frac{\sum \lambda_{\text{LF}}}{\sum \lambda - (\lambda_{\text{SP}} + \lambda_{\text{RF}})} \tag{3.2}$$

Por fim, a PMHF, mostrada na Equação (3.3), estima a taxa total de falhas aleatórias perigosas por hora, considerando todos os componentes do hardware e ponderando a contribuição das falhas latentes pelo fator p:

$$\text{PMHF} = \sum(\lambda_{\text{SP}} + \lambda_{\text{RF}}) + p \cdot \sum \lambda_{\text{LF}} \tag{3.3}$$

3.2.1 FIT

FIT ou *Failures In Time* é uma métrica contida na ISO 26262 que indica as falhas ocorridas em 10^9 horas de operação. É uma unidade usada para expressar a taxa de falhas dos componentes eletrônicos do sistema.

$$\text{Taxa de Falhas} = \frac{5}{10^9} = 5FIT \tag{3.4}$$

O valor pode ser interpretado como uma taxa de 5 x 10^{-9} falhas por hora. Durante o estágio essa métrica teve que ser calculada e avaliada para alguns componentes e subsistemas do hardware da bateria, atividade essa da qual o estagiário também participou.

3.3 Sistema de Gerenciamento de Bateria (BMS)

O sistema de gerenciamento de baterias (BMS) detecta circunstâncias incomuns e as evita ou controla de maneira mais adequada, de forma a evitar qualquer impacto negativo no perfil de fornecimento de energia. O BMS desempenha um papel crítico na segurança e eficiência das baterias, utilizando estimativas de estados (Carga, Saúde, Térmico ou Potência), sendo esse um amplo campo de pesquisa atualmente.

Como as baterias de íon-lítio (Li-ion, LIBs) carregam mais rapidamente do que as tecnologias convencionais de baterias, um BMS bem projetado é essencial para garantir a segurança, a confiabilidade e o desempenho geral dos sistemas de baterias de íon-lítio. A estimativa precisa do SOC (Estado de Carga) de uma bateria de íon-lítio é um desafio, pois essas baterias são sistemas eletroquímicos altamente variantes no tempo, não lineares e complexos (ALI et al., 2019).

O BMS é responsável por monitorar o SOC, SOH, SOP e o RUL do pack de baterias, além de realizar o balanceamento das células, gerenciamento térmico e garantir a segurança. Além disso, o BMS é um dispositivo essencial para o carregamento e descarregamento das baterias, superando diversos desafios e melhorando o desempenho operacional dos módulos de bateria (GHALKHANI; HABIBI, 2023).

Monitoramento de células, módulos e pack, aquisição de dados, estimativa de estados, balanceamento de células, comunicação e interface, gerenciamento e diagnóstico são as principais funções de um BMS, elas necessitam de um bom conjunto de hardware e software para garantir segurança, eficiência e um melhor desempenho das células de íons de lítio.

3.3.1 Controller Area Network (CAN)

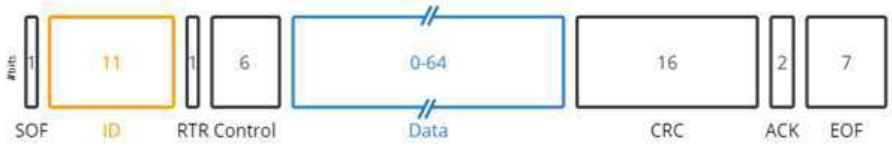
O protocolo CAN (*Controller Area Network*) é utilizado não somente para a comunicação entre a bateria e o Sistema de Gerenciamento de Baterias (BMS), mas também para as Unidades de Controle do Motor (ECUs).

Por meio do barramento CAN, são transmitidas informações essenciais, como a tensão de cada célula, a corrente total do sistema, temperaturas externas e internas, estado de carga (SoC), estado de saúde (SoH) e alertas de falta. Sua estrutura é baseada em mensagens com identificação hierárquica, garantindo que dados críticos sejam tratados com maior urgência, o que é fundamental em aplicações que exigem alta confiabilidade operacional. Além disso, o protocolo CAN apresenta elevada imunidade a ruídos eletromagnéticos e tolerância a falhas, o que o torna especialmente adequado para ambientes industriais e aplicações críticas, como os sistemas de armazenamento de energia (FALCH; ELECTRONICS, 2025a).

A mensagem CAN possui 9 campos, na figura 6 encontra-se a estrutura da mensagem CAN e a seguir são descritos cada um desses campos:

- **SOF (Start of Frame)**: O início do quadro é representado por um *bit dominante 0*, utilizado para informar aos outros nós da rede que um nó CAN pretende iniciar uma transmissão.
- **ID (Identifier)**: Identificador do quadro CAN. Valores mais baixos de ID possuem maior prioridade, sendo utilizados no processo de arbitragem do barramento.
- **RTR (Remote Transmission Request)**: Indica se o nó está enviando dados ou solicitando dados específicos de outro nó na rede.
- **Control (Controle)**: Contém o *Identifier Extension Bit (IDE)*, que é um bit dominante 0 para identificadores de 11 bits, e o *Data Length Code (DLC)* de 4 bits, que especifica o tamanho dos dados a serem transmitidos (de 0 a 8 bytes).
- **Data (Dados)**: Campo que contém os bytes de dados, também chamados de *payload*, incluindo os sinais CAN que podem ser extraídos e decodificados para obtenção de informações.
- **CRC (Cyclic Redundancy Check)**: Utilizado para garantir a integridade dos dados transmitidos, permitindo a detecção de erros.
- **ACK (Acknowledgment)**: Indica se algum nó da rede reconheceu e recebeu corretamente a mensagem transmitida.
- **EOF (End of Frame)**: Campo que marca o fim da mensagem CAN.

Figura 6 – CAN Data Frame



3.3.2 Sistemas de Diagnóstico Automotivo

Os sistemas de diagnóstico automotivo são conjuntos de protocolos e ferramentas usados para monitorar, identificar e registrar falhas nos sistemas eletrônicos de um veículo. Isso permite que técnicos, engenheiros ou até mesmo os próprios subsistemas do veículo detectem problemas e analisem o funcionamento dos componentes, auxiliando no controle, na tomada de decisões e na manutenção do veículo.

3.3.2.1 Protocolos

Basicamente, os protocolos de diagnóstico são protocolos de aplicação/sessão que se baseiam no CAN através do protocolo de transporte ISO-TP (ISO 15765-2). Dentre as 7 camadas da transmissão de dados em uma rede de computadores, o diagnóstico, para agir de forma completa e funcional, está contido em 5 dessas camadas(CSS Electronics, 2026).

Os protocolos de diagnóstico automotivo como OBD-II, UDS e KWP2000 operam em diferentes níveis do modelo OSI. Em redes modernas, frequentemente se utiliza a rede CAN, que define as camadas física e de enlace, enquanto as diferenças entre elas estão principalmente nas camadas superiores, como rede,transporte e aplicação, onde são essencialmente definidos os serviços de diagnóstico e a estrutura das mensagens.

3.3.2.1.1 Diagnóstico a Bordo (OBD)

O OBD2 é o sistema de autodiagnóstico integrado do seu veículo, geralmente localizado próximo à coluna de direção. Dessa forma, é possível ler os códigos OBD2, também conhecidos como Códigos de Falha de Diagnóstico (DTCs), para analisar e solucionar o problema.

O conector OBD2 permite acessar dados do veículo facilmente. A norma SAE J1962 especifica dois conectores fêmeas OBD2 (tipo A & B) de 16 pinos que são colocados nos veículos, as vezes também referenciados como DLC - Data Link Connector. Os dois tipos compartilham pinagens OBD2 semelhantes, mas fornecem duas saídas de alimentação diferentes (12 V para o tipo A e 24 V para o tipo B). Na figura 7 encontra-se a definição de cada terminal do conector OBD2 tipo A segundo a norma (FALCH; ELECTRONICS, 2025b).

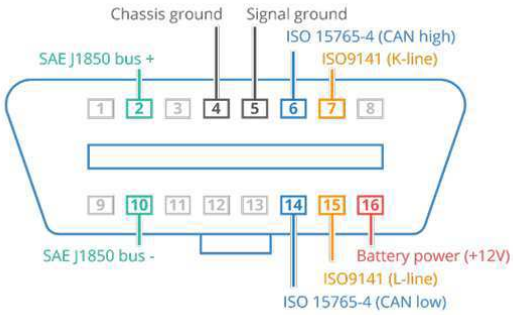


Figura 7 – Conector OBD2 Tipo A.

Nos veículos, as falhas detectadas pelos sistemas eletrônicos são apresentadas ao motorista por meio de avisos no painel. Por trás desses avisos, existem os DTCs, que são formados por cinco caracteres alfanuméricos. Cada código identifica com precisão o tipo de problema que o sistema OBD do veículo detectou.

Esses códigos são organizados de acordo com a área do veículo afetada, sendo o primeiro caractere responsável por indicar a categoria da falha: P – *Powertrain*, B – *Body* (Carroceria), C – Chassi, U – Rede e integração do veículo. Essa estrutura padronizada facilita o diagnóstico técnico e ajuda mecânicos e sistemas de diagnóstico a identificarem rapidamente a origem do problema (AUTOPI, 2025).

O segundo caractere do código, que é um dígito numérico, indica o tipo do código de falha. Quando esse dígito é 0, significa que se trata de um código genérico, padronizado pela norma SAE e válido para veículos de todos os fabricantes. Já o dígito 1 identifica um código específico do fabricante, ou seja, uma falha definida de forma exclusiva pela montadora daquele veículo. O terceiro caractere do código funciona como um indicador do subsistema onde o problema foi detectado. Esse dígito ajuda a direcionar o diagnóstico para a área correta do veículo. Por exemplo, o número 1 está relacionado ao sistema de medição de combustível e ar, o 2 indica falhas no circuito dos injetores, enquanto o 3 aponta problemas no sistema de ignição ou falhas de combustão. Por fim, o quarto e o quinto caracteres correspondem aos identificadores específicos da falha. Esses números variam de 00 a 99 e servem para detalhar exatamente qual é o defeito encontrado no veículo. Um exemplo comum é o código terminado em 01, que pode indicar uma falha de combustão no cilindro 1 do motor, permitindo um diagnóstico mais preciso e objetivo. (Geotab, 2025)

3.3.2.1.2 Serviços de Diagnóstico Unificado (UDS)

UDS é um protocolo de comunicação usado em ECUs automotivas para permitir diagnóstico, atualizações de firmware, testes de rotina e outras funções. O protocolo UDS (ISO 14229) é padronizado tanto entre os fabricantes quanto pelas normas (como CAN, Ethernet, LIN). Na prática, a comunicação UDS é realizada em um relacionamento cliente-servidor, com o cliente sendo uma ferramenta de teste e o servidor uma ECU do veículo (FALCH; ELECTRONICS, 2025c).

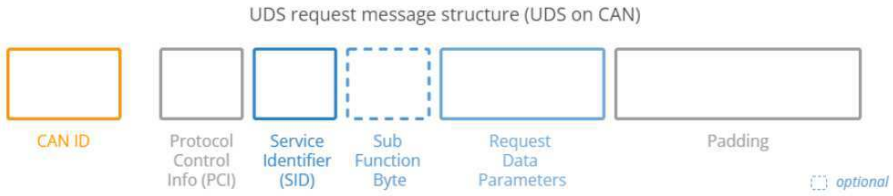


Figura 8 – Estrutura da mensagem UDS.

3.3.2.2 Arquitetura

A arquitetura completa de um sistema de diagnóstico automotivo envolve vários níveis do veículo, desde sensores físicos até ferramentas externas de análise. A primeira

etapa da arquitetura de diagnóstico automotivo é composta pelos sensores e atuadores do veículo. Os sensores medem variáveis físicas importantes, como temperatura, pressão, velocidade, corrente e tensão da bateria, gerando dados sobre o funcionamento dos sistemas que permitem detectar algum valor fora do padrão, descrevendo assim uma possível falha, produzindo informações que serão monitoradas e analisadas pelo sistema de diagnóstico.

Os dados coletados pelos sensores são enviados para as ECUs. Essas unidades processam as informações recebidas, controlam o funcionamento dos sistemas do veículo e são elas que verificam se os parâmetros estão dentro dos limites esperados. No caso aplicado nesse estágio, por exemplo, o sistema de gerenciamento da bateria, monitora variáveis como estado de carga, estado de saúde e temperatura das células.

As diferentes ECUs precisam trocar informações entre si para que o veículo funcione de forma integrada. Essa comunicação ocorre por meio de redes internas do veículo, como, por exemplo, a CAN. Por essa rede, as unidades de controle enviam e recebem mensagens contendo dados de sensores, comandos e informações de diagnóstico.

O sistema responsável por identificar e registrar falhas no veículo é o sistema de diagnóstico de bordo. Esse sistema detecta anomalias no funcionamento dos componentes são monitoradas continuamente pelo sistema. Quando uma inconsistência é detectada, inicia-se um período de tempo seguro e previamente definido pelas normas das montadoras, conhecido como tempo de maturação. Durante esse intervalo, o sistema avalia os dados recebidos para confirmar se a falha é persistente.

Caso a anomalia seja validada após esse período, são gerados DTCs e essas informações ficam armazenadas na memória do sistema para consulta posterior (via porta OBD) durante processos de manutenção ou podem ser exibidas em tempo real no painel do veículo, dependendo da natureza e da gravidade do problema.

Por fim, na figura 9 é possível ver um fluxograma do funcionamento descrito acima.

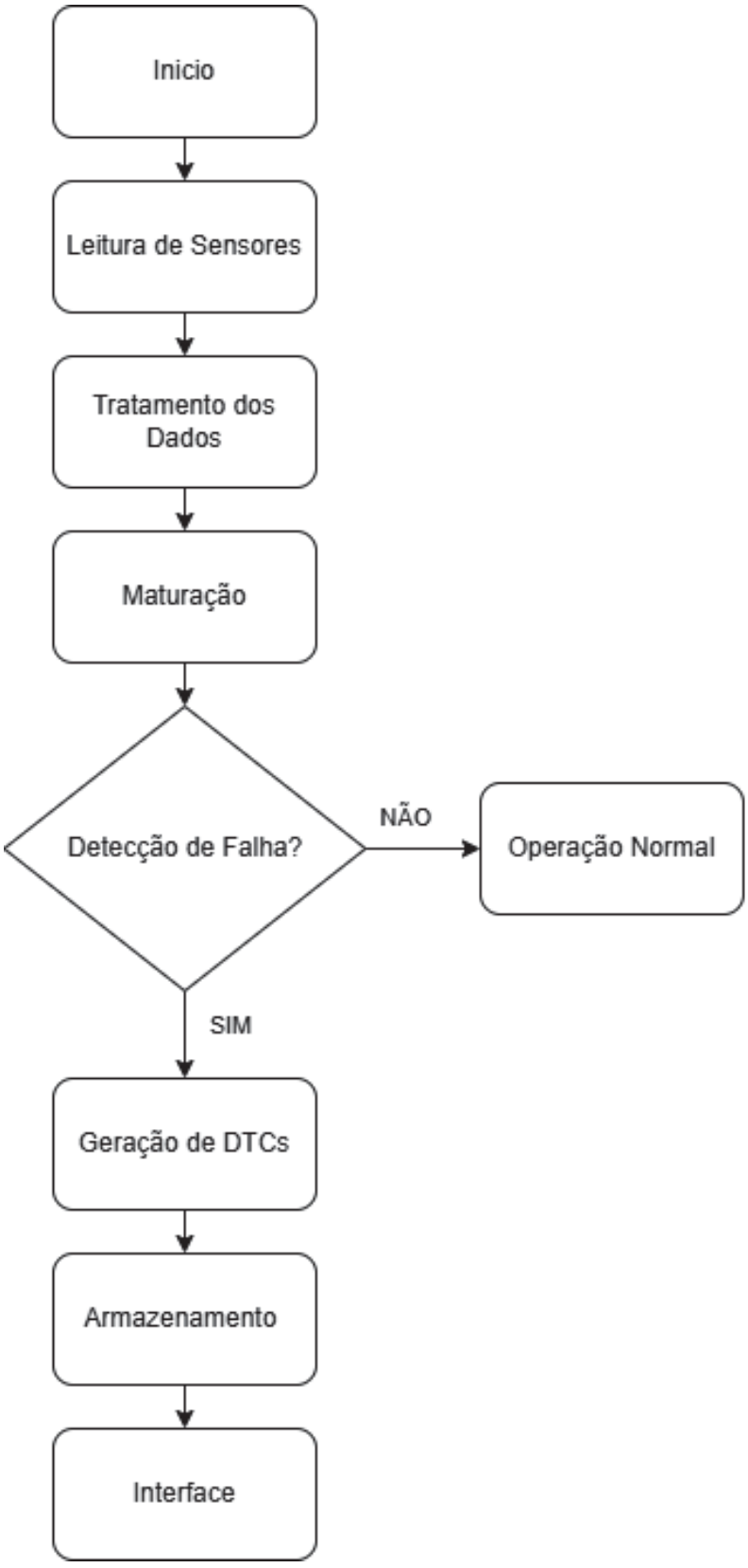


Figura 9 – Fluxograma de um Sistema de Diagnóstico Automotivo.

4 Atividades Realizadas

Este capítulo descreve as atividades realizadas ao longo do estágio integrado no Departamento de Engenharia de Novos Negócios – Automotivo Lítio, na Unidade 10 da Moura e ITEMM. As tarefas executadas estiveram centradas nas áreas de software, eletrônica, protocolos de comunicação e segurança funcional no que tange o desenvolvimento de um BMS e sua integração ao sistema do veículo.

4.1 Visão Geral

O projeto ao qual o estagiário foi integrado consta no desenvolvimento de uma bateria 48V para aplicações *Mild Hybrid Electric Vehicle* (MHEV), projetada para atender a diferentes veículos que compartilham a mesma plataforma. O conjunto utiliza células com química e geometria específicas, organizadas em uma configuração otimizada para desempenho e segurança.

O projeto incorpora sistemas de arrefecimento dedicados, garantindo controle térmico eficiente durante a operação. Além disso, conta com componentes essenciais para gerenciamento e monitoramento, como FPCs para aquisição de dados e PCBs de potência e lógica, que integram o BMS responsável pelo controle e proteção do sistema.

Nesse contexto, as atividades descritas a seguir foram desenvolvidas no âmbito do projeto dessa bateria 48V, contribuindo diretamente para seu desenvolvimento, validação e integração.

4.2 Segurança Funcional

Conforme descrito na Seção 3.2, o cumprimento da segurança funcional é essencial para assegurar a confiabilidade dos sistemas eletroeletrônicos automotivos, independentemente de estarem relacionados a software ou não, indo além da aplicação durante o processo de desenvolvimento, abrangendo também as etapas de pré e pós-desenvolvimento.

4.2.1 FFI

Em relação ao software que tange à segurança, o *Freedom From Interference* é a parte que se refere à proteção na transmissão segura de dados entre componentes e subsistemas dentro de um sistema automotivo. Ele pode ser implementado de três formas diferentes: por meio de uma MPU (Memory Protection Unit) em hardware, utilizando es-

pelhamento de dados via software ou garantindo que todos os módulos de uma arquitetura de software estejam no mesmo nível ASIL.

Uma MPU é uma unidade de hardware programável que protege a memória, impedindo o acesso a memórias não alocadas. Ela permite ao usuário dividir a memória em diferentes regiões e configurar permissões de acesso (como acesso apenas em modo privilegiado ou acesso completo, entre outros), além de atributos de memória para cada uma dessas regiões. A MPU é implementada como parte do núcleo da CPU. Isso significa que as regiões de memória da MPU e os atributos configurados são exclusivos daquele núcleo. A MPU possui a mais alta prioridade em relação a outros tipos de unidades de proteção (KUMAR, 2023).

O *data mirroring* (espelhamento de dados) é uma técnica que mantém uma cópia exata dos dados em tempo real ou quase real em múltiplos sistemas ou locais, garantindo que, caso um sistema falhe por problemas de hardware, erros de software ou eventos imprevistos, a cópia espelhada permaneça acessível e pronta para uso. A cada alteração nos dados (como salvar um arquivo ou atualizar um banco de dados), a mudança é replicada instantaneamente em outro sistema, o que ajuda a minimizar o tempo de inatividade e manter a continuidade das operações. Existem métodos como espelhamento síncrono, assíncrono e remoto, cada um com vantagens e desafios próprios. (CrashPlan, 2025).

O estagiário esteve envolvido em reuniões, debates e tarefas ligadas ao processo de escolha da alternativa que seria adotada para implementação. Durante esse percurso, foram analisadas as diversas fases do ciclo de vida do produto, além de outros aspectos corporativos de relevância.

4.3 Software

O software de um BMS reúne funções fundamentais para garantir o desempenho e a segurança da bateria. Ele utiliza estimadores de SOC, SOH e SOP para monitorar continuamente o nível de carga, a condição de saúde e a capacidade de fornecimento de potência. Além disso, realiza o balanceamento das células, evitando diferenças de carga que possam comprometer a eficiência ou a vida útil do sistema.

Essas informações são complementadas por mecanismos de diagnóstico automotivo, que permitem identificar falhas ou anomalias tanto em tempo real quanto em análises posteriores. No modo online, o veículo alerta o condutor imediatamente por meio das luzes de advertência no painel, conhecidas como MIL (*Malfunction Indicator Lamp*). Já no modo offline, utiliza-se o conector, que possibilita a leitura detalhada dos dados registrados pelo BMS e outros módulos eletrônicos, auxiliando na investigação de problemas relacionados ao funcionamento da bateria ou do veículo.

Atividades relacionadas a funções, definição de severidade e reparos, bem como testes de verificação de SOH e balanceamento, fizeram parte do escopo de atuação do estagiário. Além disso, o estagiário prestou suporte na análise de dados técnicos e no acompanhamento de processos, contribuindo para a melhoria contínua das atividades da área.

4.3.1 Atualizações de firmware

Com a ocorrência de *running changes* devido ao incremento de requisitos do cliente, mudanças e atualizações no software embarcado no BMS precisavam ser atualizados. As atualizações até determinada versão ocorriam não só no Boot, mas na aplicação também.

O Boot, ou *bootloader*, é a parte inicial do software embarcado que é executada imediatamente após o microcontrolador ser energizado ou reiniciado. Sua função principal é inicializar os recursos básicos do hardware e verificar se a aplicação principal está íntegra e pronta para ser executada. Além disso, ele é responsável por permitir a atualização do software, fazendo-a a partir da comunicação UDS, oferecendo um meio seguro de reprogramação e recuperação do sistema caso a aplicação apresente falhas.

A aplicação (APP) é o software principal do sistema embarcado, onde estão implementadas todas as funcionalidades do produto. Ele é responsável pelo controle dos sensores e atuadores, pela execução dos algoritmos, pela comunicação com outros módulos e pelo atendimento aos requisitos funcionais do sistema. O APP só é executado após o Boot concluir com sucesso a inicialização e a validação, além de ser a parte do software que evolui com novas funções e melhorias ao longo do ciclo de vida do produto.

4.4 Certificações

A certificação é necessária para garantir padronização, segurança e confiabilidade entre diferentes empresas e países que produzem e exportam baterias. Ela permite estabelecer critérios comuns de avaliação da qualidade, desempenho e segurança dos produtos, facilitando a comunicação de informações técnicas relevantes entre fabricantes, clientes, governos e fornecedores. Além disso, a certificação contribui para garantir maior transparência no mercado. Esse processo também evita a adoção de padrões internos distintos de qualidade por diferentes fabricantes, possibilitando uma comparação mais justa e consistente entre os produtos disponíveis no mercado.

A certificação não é feita pelo próprio fabricante. Ela é realizada por laboratórios de teste e organismos de certificação independentes. Como exemplo, a TÜV Rheinland, uma organização global de testes, inspeção e certificação com sede na Alemanha. Esses laboratórios realizam os testes e emitem relatórios técnicos que comprovam a conformidade com as normas aplicáveis. Cada certificação possui procedimentos e ensaios específicos

definidos pela norma que rege o processo de avaliação. Durante o estágio, duas certificações estiveram diretamente envolvidas nas atividades desenvolvidas: a UN 38.3 e a ECE R100, ambas relacionadas à segurança e à funcionalidade de baterias de íons de lítio no contexto automotivo.

4.4.1 UN38.3

Para que baterias de lítio possam ser transportadas, elas devem atender aos padrões de segurança estabelecidos pela norma UN38.3, elaborada pela Comissão Econômica das Nações Unidas para a Europa (UNECE). Essa norma define os requisitos mínimos de segurança que as baterias e células de lítio devem cumprir para o transporte. O processo de certificação envolve a realização de oito ensaios específicos, identificados como T1 a T8, sendo cada um deles projetado para avaliar diferentes aspectos da segurança da bateria (Instituto Eldorado, 2026; Large Battery, 2025). Abaixo, os oito testes contidos na UN38.3:

1. T1: Simulação de Altitude – Simula baixa pressão.
2. T2: Teste Térmico – Este ensaio oferece uma verificação de integridade durante mudanças de temperatura rápidas e extremas.
3. T3: Vibração – Simula vibração durante o transporte.
4. T4: Choque – Simula choques mecânicos durante o transporte.
5. T5: Curto-Circuito – Simula um curto-circuito externo.
6. T6: Impacto – Simula impacto e esmagamento no invólucro da célula.
7. T7: Sobrecarga – Simula uma sobrecarga em uma bateria recarregável.
8. T8: Descarga Forçada – Simula descarga forçada de células.

Esta certificação é um requisito internacional essencial para baterias de lítio transportadas por via terrestre, marítima ou aérea. Além disso, a conformidade com este padrão pode facilitar a entrada nos mercados internacionais, uma vez que muitos países exigem essa certificação como parte dos requisitos regulatórios para a importação e distribuição de baterias (Instituto Eldorado, 2026).

4.4.2 ECE R100

A ECE R100 (Regulamentação Nº 100 da UNECE) é voltada para a homologação do sistema de armazenamento de energia de veículos elétricos, citado na norma como RESS (*Rechargeable Energy Storage System*). Sua versão mais recente define os testes

de segurança aplicáveis às baterias de íon-lítio instaladas em veículos de transporte de passageiros e de carga. O objetivo principal da certificação é assegurar que os sistemas de armazenamento de energia recarregáveis sejam capazes de suportar condições críticas de operação, reduzindo riscos de acidentes e aumentando a confiabilidade dos veículos elétricos (TÜV SÜD, 2026).

Além de promover a segurança, ela padroniza testes para a bateria entre diferentes países, facilitando o comércio internacional e diminuindo barreiras regulatórias, ao mesmo tempo em que contribui para a proteção ambiental ao assegurar sistemas duráveis e seguros, tornando-se um requisito essencial para homologação e competitividade global.

Resistência ao fogo e à explosão, integridade mecânica, resistência a choques mecânicos, testes de ciclagem, bem como proteções contra sobrecarga, sobredescarga e sobretemperatura são exemplos de ensaios realizados em sistemas de armazenamento de energia recarregáveis, conforme estabelecido pela regulamentação ECE R100.

Em resumo, enquanto a UN 38.3 certifica células e baterias individualmente com foco na segurança durante o transporte, a ECE R100 concentra-se no sistema de armazenamento de energia recarregável (RESS). Nesse caso, a avaliação não considera apenas a bateria isolada, mas todo o conjunto integrado ao veículo elétrico, analisando seu funcionamento como parte do sistema elétrico do automóvel.

5 Considerações Finais

Neste relatório, foram apresentadas as atividades desenvolvidas durante o estágio integrado realizado na empresa Acumuladores Moura S.A., no setor de Engenharia de Novos Negócios, com foco em baterias de íons de lítio para o setor automotivo. O estágio integrou a formação acadêmica do estagiário no curso de Engenharia Elétrica, proporcionando a aplicação prática de conhecimentos técnicos em um ambiente industrial.

As disciplinas do curso de Engenharia Elétrica da UFCG que mais contribuíram para o entendimento e a execução das atividades desenvolvidas foram Circuitos Elétricos I, Arquitetura de Sistemas Digitais, Sistemas em Tempo Real, Eletrônica e Redes de Computadores. Além disso, a participação em um projeto de pesquisa na área de mobilidade elétrica e baterias de íons de lítio foi fundamental em diferentes etapas do estágio, fornecendo uma base teórica e prática para o desenvolvimento das atividades realizadas.

A carga horária total foi cumprida com êxito, sendo possível vivenciar, de forma aprofundada, etapas cruciais no ciclo de vida do desenvolvimento de um produto. As atividades envolveram a aplicação dos conhecimentos adquiridos no estudo de protocolos de comunicação utilizados na indústria automotiva (UDS, OBD2, CAN), a execução de etapas de validação para assegurar o cumprimento de normas como ISO 26262 e IEC 62620, além da realização de atualizações de firmware. Também foram feitas avaliações de testes funcionais da bateria com foco em processos de certificação, complementadas pela capacitação em eletrificação veicular.

O contato diário com clientes e fornecedores também contribuiu significativamente para o desenvolvimento da minha comunicação e oratória, tanto em português quanto em inglês. Essa vivência foi essencial para aprimorar minha capacidade de alinhar expectativas, resolver problemas de forma ágil garantindo clareza nos processos, fortalecendo parcerias estratégicas e o trabalho em equipe, contribuindo assim para o meu crescimento profissional e pessoal.

Referências

ALI, M. U. et al. Towards a smarter battery management system for electric vehicle applications: A critical review of lithium-ion battery state of charge estimation. *Energies*, v. 12, n. 3, 2019. ISSN 1996-1073. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1996-1073/12/3/446>.

AUTOPI. *Automotive DTCs: Codes, Causes & Fix Paths (Guide)*. 2025. <https://www.autopi.io/blog/automotive-diagnostic-trouble-codes/>. Acessado em: 3 jan. 2026.

CHEN, C.; WEI, Z.; KNOLL, A. C. Charging optimization for li-ion battery in electric vehicles: A review. *IEEE Transactions on Transportation Electrification*, v. 8, n. 3, p. 3068–3089, 2022.

CHEN, X. et al. An overview of lithium-ion batteries for electric vehicles. In: *2012 10th International Power Energy Conference (IPEC)*. [S.l.: s.n.], 2012. p. 230–235.

CrashPlan. *What is Data Mirroring?* 2025. CrashPlan Glossary. Acessado em: 3 jan. 2026. Disponível em: <https://www.crashplan.com/glossary/what-is-data-mirroring/>.

CSS Electronics. *Guides – CAN bus intros & tutorials*. 2026. <https://www.csselectronics.com/pages/can-bus-intros-tutorials>. Acessado em: 9 dez. 2025.

FALCH, M.; ELECTRONICS, C. *CAN Bus Explained – A Simple Intro*. 2025. <https://www.csselectronics.com/pages/can-bus-simple-intro-tutorial>. Acessado em: 9 dez. 2025.

FALCH, M.; ELECTRONICS, C. *OBD2 Explained – A Simple Intro*. 2025. <https://www.csselectronics.com/pages/obd2-explained-simple-intro>. Acessado em: 9 dez. 2025.

FALCH, M.; ELECTRONICS, C. *UDS Explained – A Simple Intro (Unified Diagnostic Services)*. 2025. <https://www.csselectronics.com/pages/uds-protocol-tutorial-unified-diagnostic-services>. Acessado em: 9 dez. 2025.

Geotab. *What is a DTC code? Ultimate Guide to Understanding Common DTC Codes*. 2025. <https://www.geotab.com/glossary/dtc-codes/>. Acessado em: 3 jan. 2026.

GHALKHANI, M.; HABIBI, S. Review of the li-ion battery, thermal management, and ai-based battery management system for ev application. *Energies*, v. 16, n. 1, 2023. ISSN 1996-1073. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1996-1073/16/1/185>.

Instituto Eldorado. *Baterias Lítio (UN38.3) – Ensaios de transporte para baterias e células de lítio*. 2026. <https://www.eldorado.org.br/teste-certificacao/baterias-litio-un38-3/>. Acessado em: 20 jan. 2026.

International Electrotechnical Commission. *IEC 62619:2022 - Secondary cells and batteries containing alkaline or non-acid electrolytes - Safety requirements for lithium cells and batteries for use in industrial applications*. 2022. Acessado em: 09 dez. 2025. Disponível em: <https://webstore.iec.ch/publication/62619>.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. *ISO 26262: Road vehicles – Functional safety*. Geneva, Switzerland, 2011. Parts 1–10.

KUMAR, A. *Understanding Memory Protection Units*. 2023. Semiconductor Engineering. Acessado em: 3 jan. 2026. Disponível em: <https://semiengineering.com/understanding-memory-protection-units/>.

Large Battery. *O que é o teste UN38.3 e por que ele é importante para baterias de lítio*. 2025. <https://www.large-battery.com/pt/blog/un38-3-testing-lithium-battery-safety/>. Acessado em: 20 jan. 2026.

REDDY, T. *Linden's Handbook of Batteries, 4th Edition*. McGraw Hill LLC, 2010. ISBN 9780071624190. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=MXzwCfmoihYC>.

RIA, A.; DINI, P. A compact overview on li-ion batteries characteristics and battery management systems integration for automotive applications. *Energies*, v. 17, n. 23, 2024. ISSN 1996-1073. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1996-1073/17/23/5992>.

TÜV SÜD. *UN ECE R100 Standard Regulation*. 2026. <https://www.tuvsud.com/en-us/industries/mobility-and-automotive/automotive-and-oem/automotive-testing-solutions/battery-testing/un-ece-r100>. Acessado em: 20 jan. 2026.