



ESCOLA DE COMANDO E ESTADO-MAIOR DA AERONÁUTICA  
COORDENADORIA ACADÊMICA  
CURSO DE COMANDO E ESTADO-MAIOR

**CLEBER DA SILVA RODRIGUES**, Ten Cel Eng

Eletrificação da frota terrestre: uma solução adequada ao CINDACTA IV?

Rio de Janeiro

2024

ESCOLA DE COMANDO E ESTADO-MAIOR DA AERONÁUTICA  
COORDENADORIA ACADÊMICA  
CURSO DE COMANDO E ESTADO-MAIOR 2024

**CLEBER DA SILVA RODRIGUES**, Ten Cel Eng

Eletrificação da frota terrestre: uma solução adequada ao CINDACTA IV?

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Escola de Comando e Estado-Maior da Aeronáutica como requisito parcial para aprovação no Curso de Comando e Estado-Maior.

Orientador: Evandro Carlos **Baranzelli**, Ten Cel Av

Rio de Janeiro

2024

## RESUMO

Atualmente a mídia tem ressaltado as vantagens dos veículos elétricos, como economia e redução de emissões de carbono, embora haja críticas. Por conseguinte, setores da área de planejamento do CINDACTA IV propuseram eletrificar sua frota terrestre. Desta forma, foi proposto este trabalho, que teve por objetivo investigar os impactos técnicos, ambientais e logísticos resultantes da eletrificação da frota terrestre do CINDACTA IV. A metodologia envolveu pesquisas bibliográficas, documentais e nas bases de dados do Google Maps e do PlugShare. Os resultados indicaram que a eletrificação não traz impactos técnicos, visto que os veículos elétricos apresentam excelente performance e durabilidade na região amazônica, local onde se situa o CINDACTA IV. No entanto, apontaram impactos ambientais e logísticos. Ao final da vida útil das baterias de lítio usadas nos veículos elétricos, haverá dificuldades para a destinação final, devido a regulamentações rígidas, técnicas complexas e custos de reciclagem, que implicam num reduzido número de empresas aptas a realizar o serviço. Além disso, a baixa autonomia e tempo de recarga limitam o uso dos veículos elétricos em operações logísticas longas, devido à insuficiência de pontos de recarga nas cidades-chave e nas estradas que ligam essas localidades as suas EACEA vinculadas. Contudo, concluiu-se que há potencial de uso de veículos elétricos leves dentro das cidades-chave, devido às pequenas distâncias a serem percorridas, usando os eletropostos das cidades-chave ou a infraestrutura de recarga dentro das OM atendidas.

**Palavras-chave:** veículos elétricos; eletrificação de frota terrestre; baterias de lítio; mobilidade elétrica.

## **ABSTRACT**

*Currently, the media has highlighted the advantages of electric vehicles, such as savings and reduction of carbon emissions, although there are criticisms. Therefore, sectors of the CINDACTA IV planning area proposed electrifying its land fleet. Therefore, this work was proposed, which aimed to investigate the technical, environmental and logistical impacts resulting from the electrification of the CINDACTA IV land fleet. The methodology involved bibliographical and documentary research and in the Google Maps and PlugShare databases. The results indicated that electrification does not bring technical impacts, as electric vehicles have excellent performance and durability in the Amazon region, where CINDACTA IV is located. However, they pointed out environmental and logistical impacts. At the end of the useful life of lithium batteries used in electric vehicles, there will be difficulties in final disposal, due to strict regulations, complex techniques and recycling costs, which imply a reduced number of companies capable of carrying out the service. Furthermore, the low autonomy and recharging time limit the use of electric vehicles in long logistical operations, due to the lack of charging points in key cities and on the roads that connect these locations to their linked EACEA. However, it was concluded that there is potential for the use of light electric vehicles within key cities, due to the short distances to be covered, using charging stations in key cities or the charging infrastructure within the OM served.*

**Keywords:** *electric vehicles; land fleet electrification; lithium batteries; electric mobility.*

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1</b> - Vantagens e desvantagens do veículo elétrico em relação aos VMCF.....	19
<b>Quadro 2</b> - Vantagens e desvantagens de alguns tipos de baterias .....	20
<b>Quadro 3</b> - Desafios para a reciclagem de baterias de lítio.....	26
<b>Quadro 4</b> - Tipos de carregadores de veículos elétricos .....	28
<b>Quadro 5</b> -Resumo dos impactos da eletrificação da frota terrestre do CINDACTA IV .....	33

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - Funcionamento da bateria de lítio .....	20
<b>Figura 2</b> - Número de eletropostos no Brasil .....	29

## LISTA DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1</b> - Relação entre temperatura de trabalho e performance .....	22
<b>Gráfico 2</b> - Relação entre temperatura de trabalho e eficiência da bateria de lítio .....	22
<b>Gráfico 3</b> - Ciclo de operação da bateria de lítio .....	24

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> - Modelo versus garantia da bateria de lítio .....	24
<b>Tabela 2</b> - Quantidade de postos de combustíveis fósseis.....	29
<b>Tabela 3</b> - Distâncias entre Cidades-chave e EACEA vinculadas.....	31
<b>Tabela 4</b> - Quantidade de eletropostos nas cidades-chave .....	32
<b>Tabela 5</b> - Quantidade de eletropostos nos modais rodoviários .....	32

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABVE	Associação Brasileira do Veículo Elétrico
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
ANP	Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis
CINDACTA IV	Quarto Centro Integrado de Defesa Aérea e Controle de Tráfego Aéreo
DECEA	Departamento de Controle do Espaço
COMAER	Comando da Aeronáutica
COP26	Conferência do Clima da Organização das Nações Unidas
EACEA	Estação de Apoio ao Controle do Espaço Aéreo
ENAP	Escola Nacional de Administração Pública
FAB	Força Aérea Brasileira
FAPESP	Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo
ICA	Instrução do Comando da Aeronáutica
OE	Objetivo Específico
OG	Objetivo Geral
OM	Organização Militar
PNME	Plataforma Nacional de Mobilidade elétrica
SCIELO	Scientific Electronic Library Online
VMCF	Veículos movidos a combustíveis fósseis

## SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO .....	11
2.	METODOLOGIA .....	13
3.	REFERENCIAL TEÓRICO .....	15
3.1.	VEÍCULOS ELÉTRICOS .....	15
3.2.	CICLO DE VIDA DE UM PRODUTO .....	16
3.3.	LOGÍSTICA, TRANSPORTE, MOBILIDADE E ACESSIBILIDADE .....	17
3.4.	GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS .....	18
4.	APRESENTAÇÃO DE DADOS E ANÁLISE DE RESULTADOS .....	19
4.1.	IMPACTOS TÉCNICOS DE UMA ELETRIFICAÇÃO DE FROTA TERRESTRE .....	19
4.1.1.	Performance das baterias de lítio .....	21
4.1.2.	Durabilidade da bateria de lítio .....	23
4.2.	IMPACTOS AMBIENTAIS DE UMA ELETRIFICAÇÃO DE FROTA TERRESTRE .....	25
4.3.	IMPACTOS LOGÍSTICOS DE UMA ELETRIFICAÇÃO DE FROTA TERRESTRE .....	27
4.4.	INTERPRETAÇÃO DOS IMPACTOS À LUZ DE UMA ELETRIFICAÇÃO DA FROTA TERRESTRE DO CINDACTA IV .....	30
5.	CONCLUSÃO .....	33
	REFERÊNCIAS .....	36

## 1. INTRODUÇÃO

O Quarto Centro Integrado de Defesa Aérea e Controle de Tráfego Aéreo (CINDACTA IV) é responsável pelo controle de cerca de 60 (sessenta) por cento do espaço aéreo brasileiro, segundo DECEA (2024). A complexidade desta tarefa pode ser constatada mediante a leitura do extrato abaixo:

O CINDACTA IV gerencia hoje um Centro de Controle de Área (ACC), oito Controles de Aproximação (APP), dez Torres de Controle de Aeródromo (TWR) - além das Estações de Telecomunicações Aeronáuticas e das Estações Permissionárias de Tráfego Aéreo (EPTA) - distribuídos pela sede e pelos Destacamentos de Controle do Espaço Aéreo (DTCEA) sob sua jurisdição. (DECEA, 2024).

Os conglomerados acima quantificados estão espalhados por toda a região norte do Brasil e são apoiados por sistemas de proteção ao voo, compostos por radares, auxílios a navegação, auxílios meteorológicos, sistemas de telecomunicações, informática operacional e administrativa, além de infraestruturas elétricas, de climatização e de construção civil.

Existem ainda as Estações de Apoio ao Controle do Espaço Aéreo (EACEA), segundo a definição a seguir:

EACEA é a denominação dada a uma instalação de caráter militar, implantada em local isolado e avançado, não agregado diretamente à Organização Sede, sem autonomia técnico-administrativa, e constituída por equipamentos e infraestrutura própria, destinados às atividades de detecção-radar, de telecomunicações e/ou de auxílio à navegação aérea, operados e mantidos por Centro Integrado de Defesa Aérea e Controle de Tráfego Aéreo (CINDACTA) ou pelo Centro Regional de Controle do Espaço Aéreo Sudeste (CRCEA-SE), a qual estiver vinculada. (BRASIL, 2022, p.1).

Manter operacional cada um desses sistemas exige pessoal altamente especializado, além de ampla disponibilidade de suprimentos, em quantidade suficiente e de forma oportuna.

Nas cidades-chave de Belém-PA, Boa Vista-RR, Manaus-AM, Porto Velho-RO, Rio Branco-AC e EACEA acessíveis a essas por via terrestre, o CINDACTA IV mantém equipes de prontidão para realizar manutenção nos sistemas de proteção ao voo existentes. Ainda nesses casos, as distâncias são na ordem de centenas de quilômetros, como é o caso do deslocamento de uma viatura de Manaus-AM para a EACEA-Caracarái (cerca de 650km).

Depreende-se que as despesas para deslocamento dessas viaturas são altas. Para fins de contextualização, verificou-se no Portal da Transparência que o CINDACTA IV executa anualmente despesas com manutenção e combustível para operação de viaturas terrestres na ordem de R\$ 1.500.000,00 (um milhão e quinhentos mil reais).

Nesse diapasão, discussões sobre a possibilidade de substituição de veículos movidos a combustíveis fósseis (VMCF) por veículos elétricos (processo conhecido como eletrificação de frota), a fim de atender a essas localidades, surgiu dentro dos setores de planejamento do

CINDACTA IV, mostrando-se inicialmente como uma solução trivial e com alto potencial de economicidade.

Pois, de fato, nos dias atuais, há na mídia numerosas notícias ressaltando as vantagens econômicas dos veículos elétricos e estão espalhadas por diversas literaturas especializadas, conforme exemplificado por Lima (2022), onde observa-se o destaque dado pelo autor às vantagens econômicas quando o consumidor opta pelo veículo elétrico:

Apenas para ter uma ideia, especialistas fizeram um cálculo para estimar o custo do carregamento, caso essa recarga em estabelecimentos comerciais fosse paga pelo cliente: o custo médio seria de R\$ 1,10 por kWh. Vamos ilustrar. Você é dono de um Audi e-Tron, que tem 77 kWh de capacidade de bateria. Seu gasto seria de apenas R\$ 85,25 podendo rodar cerca de 520 km. Cada quilômetro andando sairia por R\$ 0,16. (Lima, 2022).

Essas vantagens também circundam os bancos acadêmicos da Força Aérea Brasileira (FAB), conforme extraído do trabalho de conclusão de curso de Silva (2022, p.22), que destacou os aspectos econômicos relacionados à eletrificação da frota terrestre da Academia da Força Aérea:

Conforme mencionado, com a substituição dos veículos atuais pelos carros elétricos resultaria, ao longo do tempo, em economia substancial de recursos da Força Aérea Brasileira, e conseqüentemente da Administração Pública, com suas frotas de veículos e reduzir-se-ia os danos ambientais envolvidos em sua utilização (Silva, 2022, p.22).

A agenda ambiental amplifica o discurso de substituição. Como exemplo, citamos Dewan *et al* (2021), quando afirmaram que uma das principais iniciativas da COP26 (Conferência do Clima da Organização das Nações Unidas) foi discutir o papel predominante dos combustíveis fósseis nas mudanças climáticas, deixando a interpretação de que o uso de veículos elétricos é a solução.

Apesar disso, Souza (2024) vai de encontro à alternativa, relatando em sua publicação que os veículos elétricos não estão livres de impactos ambientais, devido principalmente ao momento de descarte das baterias de lítio usadas.

Acrescenta-se também que as tecnologias associadas a este novo meio de transporte ainda não estão plenamente desenvolvidas, principalmente com relação à bateria embarcada, conforme depreende-se do extrato abaixo, de Rodríguez e Consoni (2020, p.26):

ainda há espaço para inovações de caráter incremental, especificamente nas diferentes composições químicas das baterias, na melhora da densidade energética e na produção em grande escala. Desafios como melhorar o desempenho e o custo por kilowatt-hora das baterias são certamente fatores impulsionadores do crescimento de mercado da eletromobilidade. (Rodríguez e Consoni, 2020, p.26).

Somando-se aos desafios técnicos e ambientais observados, observam-se críticas com respeito a precariedade da infraestrutura de recarga de veículos elétricos existentes no Brasil,

que não acompanha a demanda, sendo um problema para o desenvolvimento de logísticas de transporte utilizando veículo elétricos, segundo o raciocínio de Parente e Rodriguez (2024).

Como resultado, considerando as características próprias da região onde está inserido o CINDACTA IV, na qual os deslocamentos rodoviários implicam em grandes distâncias percorridas e a existência dos óbices relatados com relação ao uso de veículos elétricos, surgiu a seguinte inquietação: quais seriam os impactos técnicos, ambientais e logísticos que o CINDACTA IV teria caso sua frota terrestre fosse eletrificada?

Em consequência, foi estabelecido como objetivo geral (OG) deste trabalho investigar os impactos técnicos, ambientais e logísticos resultantes da eletrificação da frota terrestre do CINDACTA IV.

A capacidade de quebrar paradigmas é uma qualidade necessária para os gestores, especialmente na atualidade, onde novas tecnologias são criadas diariamente e a velocidade do acesso à informação é exponencialmente crescente.

Contudo, uma análise criteriosa dos benefícios de uma mudança deve sempre ser feita antes da execução, dentro da fase de planejamento. Isso é mandatório para o gestor público, conforme prevê o princípio da eficiência, expresso na Constituição Federal.

Em face ao exposto, o presente trabalho tem relevância para a Força Aérea Brasileira (FAB) na medida em que questiona os impactos no CINDACTA IV decorrentes de uma possível eletrificação da sua frota terrestre. Os resultados desses estudos poderão ser extrapolados para outras organizações militares (OM) da FAB, servindo de uma relevante fonte de apoio à decisão.

## **2. METODOLOGIA**

Neste trabalho, utilizou-se de extensa pesquisa bibliográfica e documental, além de pesquisas em banco de dados disponíveis em plataformas digitais, conforme discorrido ao longo deste item.

Além disso, ele foi delimitado à hipótese de eletrificação da frota terrestre mediante aquisição de veículos elétricos puros (não foram considerados os híbridos) e geograficamente às cidades-chave nas quais se planejou a eletrificação da frota terrestre, ou seja, Belém-PA, Boa Vista-RR, Manaus-AM, Porto Velho-RO e Rio Branco-AC e às EACEA vinculadas a estas e ligadas por via rodoviária.

Cumpra também salientar que esta pesquisa foi limitada devido ao tempo disponível para a sua realização, pois demandaria extenso estudo de projetos de construção civil para que

fossem abordadas questões técnicas e ambientais relativas a instalação de infraestruturas de armazenamento de veículos elétricos, inclusive condições de segurança deles.

Logo, amparado nas pesquisas, e considerando que eletrificação de uma frota terrestre é a substituição de veículos movidos a combustíveis fósseis por elétricos, todo o presente artigo foi desenvolvido tendo por meta responder ao objetivo geral (OG) apontado, que foi investigar os impactos técnicos, ambientais e logísticos resultantes da eletrificação da frota terrestre do CINDACTA IV.

Uma cuidadosa leitura do OG conduziu à elaboração de 4 (quatro) objetivos específicos (OE) propostos, conforme a seguir:

- a) OE1: identificar os impactos técnicos decorrentes de uma eletrificação de frota terrestre;
- b) OE2: examinar os impactos ambientais decorrentes de uma eletrificação de frota terrestre;
- c) OE3: discutir os impactos logísticos decorrentes de uma eletrificação de frota terrestre;
- d) OE4: interpretar os impactos técnicos, ambientais e logísticos à luz de uma eletrificação da frota terrestre do CINDACTA IV.

O primeiro objetivo específico (OE1) foi concebido para permitir o conhecimento das tecnologias associadas ao veículo elétrico e suas implicações dentro de um projeto de eletrificação de frota terrestre.

Ele foi respondido mediante pesquisa bibliográfica de obras especializadas, especialmente as obras de Barreto e Bottura (1989) e Santos (2020), além da leitura de artigos científicos e publicações extraídas de diversos fóruns situados na internet, tais como o portal da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) e Scientific Electronic Library Online (SCIELO).

Por sua vez, o segundo objetivo específico (OE2) foi construído para que fossem examinados impactos ambientais associados ao uso de veículos elétricos. Para atingir este objetivo, foi feita pesquisa bibliográfica a teses e dissertações presentes na rede BIBLIENS. Além disso, pesquisa documental também foi feita, para entendimento das legislações brasileira e da FAB a respeito do descarte de baterias usadas nos veículos elétricos.

Por sua vez, foi construído o terceiro objetivo específico (OE3), para discutirem-se os impactos logísticos como resultado das condições de mobilidade elétrica existentes no Brasil. Para atingimento do objetivo, foi necessário realizar novamente pesquisa bibliográfica, mediante leituras e estudos de publicações e artigos científicos existentes na biblioteca digital

da Plataforma Nacional de Mobilidade elétrica (PNME).

Por fim, foi formulado o quarto objetivo específico (OE4), para que fossem interpretados todos os resultados dos objetivos anteriores, aplicando-os à situação concreta de eletrificação da frota terrestre do CINDACTA IV, com auxílio da base de dados do GoogleMaps e do PlugShare, para que fossem colhidas informações a respeito de distâncias rodoviárias dos modais que ligam as cidades-chave às EACEA e quantidade de eletropostos disponíveis.

### 3. REFERENCIAL TEÓRICO

As seções a seguir representam os principais conceitos apresentados por autores sobre veículos elétricos, ciclo de vida, logística de transporte, acessibilidade, mobilidade elétrica e gestão de resíduos sólidos, que nortearam os trabalhos desenvolvidos neste artigo.

#### 3.1. VEÍCULOS ELÉTRICOS

As tecnologias envolvendo veículos elétricos não são novas. Barreto e Bottura (1989) abordaram o assunto de forma didática em sua obra, conceituando veículo elétrico como sendo aquele projetado com um sistema de acionamento composto por máquinas elétricas, com controle de torque e velocidade.

Mais recentemente, Santos (2020) demonstrou que a base conceitual envolvendo tecnologias relacionadas a veículos elétricos não teve mudanças notáveis ao longo do tempo e complementou que veículo elétrico diz respeito a uma gama de tecnologias que tem por base a eletricidade e respectivos armazenadores (baterias).

A evolução do assunto levou a subclassificações dos tipos de veículos elétricos. Castro e Ferreira (2010) os classificou em duas categorias: “os híbridos, que usam um motor a combustão combinado com um ou mais motores elétricos, diferente dos puros, que somente usam motores elétricos”. De forma semelhante, Santos (2020) classificou os veículos elétricos híbridos como aqueles que combinam dois tipos de motores (elétrico e a combustão interna) para gerar energia que permita a movimentação do veículo

Por sua vez, Baran (2012) esmiuçou as variáveis que impactam na durabilidade dessas baterias e demonstrou a relação entre a temperatura ambiente e a longevidade delas. Na mesma esteira, Bufalo *et al* (2017) acrescentou o que mais afeta o desempenho da bateria usada em veículos elétricos: “é a temperatura de trabalho, pois tanto o excesso quanto a falta de calor poderão ocasionar diferentes problemas” (Bufalo *et al*, 2017, p.3).

Por sua vez, a temperatura onde o CINDACTA IV encontra-se inserido caracteriza-se

por um clima quente e úmido, próprio do ambiente amazônico, pois segundo Orellana *et al* (2020) comporta temperaturas anuais médias variando entre 22°C e 27,9°C, com precipitações que excedem os 2000 mm anuais.

Essas condições (alta temperatura e umidade) se somam aos óbices da infraestrutura atualmente existentes. Segundo Barabassa *et al* (2023), a expansão da autonomia dos veículos elétricos ainda é uma barreira a ser superada, em função das dificuldades tecnológicas decorrentes do uso de baterias de lítio e da necessidade de melhorias de mobilidade elétrica.

Esses desafios de infraestrutura, especialmente dentro do ambiente amazônico, são uma variável importante e com potencial de decidir sobre a efetividade de programas de eletrificação de frota terrestre.

### 3.2. CICLO DE VIDA DE UM PRODUTO

A definição de ciclo de vida de uma forma geral é diversa na literatura acadêmica. No campo da biologia, Moreira (2014, p.1) ensina que “ciclo de vida de um organismo é a sequência de acontecimentos da sua história reprodutiva desde a sua concepção até conseguir produzir a sua própria descendência”.

Por sua vez, Costa (2019) dá enfoque religioso ao tema, afirmando que ciclos de vida estão relacionados ao período de vida de cada indivíduo, do nascimento até a morte.

A generalização do termo implicou na necessidade de delimitação do seu conceito e da sua aplicação neste artigo. Para tanto, socorreu-se à definição dada pela Escola Nacional de Administração Pública (ENAP), a qual esclarece que ciclo de vida de um produto (projeto) é o conjunto de fases sequenciais que individualmente podem ser mais bem controlados e gerenciados, com clara definição de início e fim de cada uma delas (ENAP, 2014). Essa definição é coerente com a proposta abaixo:

o ciclo de vida de um produto envolve várias etapas de transformação dos recursos naturais em produtos e pode começar com a extração de matérias-primas de recursos naturais do solo e a geração de energia, os quais passam pelas etapas de produção do produto, embalagem, distribuição, uso, manutenção e, eventualmente, reciclagem, reutilização, recuperação ou disposição final. (Freitas e Marchesini, 2022, p.3)

A esta definição se acrescenta a de Oliveira (2021), que afirmou em seu livro que essas fases sequenciais podem possuir sobreposição ou não e que ciclo de vida de um produto refere-se às fases de existência dele. E diante destes conceitos, Freitas e Marchesini (2022) enfatizaram a fase final do ciclo de vida, fazendo menção a uma eventual necessidade de reciclagem ou mesmo descarte do produto original.

Este conceito, o de fase final do ciclo de vida, balizou, neste trabalho, os estudos sobre impactos ambientais decorrentes de uma eletrificação de frota terrestre, especialmente sobre como destinar corretamente baterias de lítio usadas, à luz das legislações pertinentes, e evidenciou a importância da sustentabilidade e da responsabilidade ambiental na gestão de produtos, sinalizando a necessidade de práticas como reciclagem e reutilização para minimizar impactos negativos no meio ambiente.

### 3.3. LOGÍSTICA, TRANSPORTE, MOBILIDADE E ACESSIBILIDADE

O imperador francês Napoleão Bonaparte disse, certa vez, que “os exércitos marcham sobre seus estômagos” (Exército Brasileiro, 2024). Essa frase emblemática, embora simples, expressa a importância da logística na guerra e, guardadas as devidas proporções, em todos os empreendimentos humanos.

Contudo, apesar da sua importância, segundo Paura (2012), o termo não é muito bem compreendido pela maioria da população brasileira. Segundo o autor a definição de logística para o brasileiro comum é a visão de diversos caminhões abarrotados de mercadorias transitando em rodovias, fato que engloba apenas uma das atividades primárias da logística, que é a atividade de transporte, segundo Cova e Motta (2008).

Uma definição ampla de logística foi atribuída a Rosa (2010, p.17), conforme segue:

A logística é definida como a colocação do produto certo, na quantidade certa, no lugar certo, no prazo certo, na qualidade certa, com a documentação certa, ao custo certo, produzindo no menor custo, da melhor forma, deslocando mais rapidamente, agregando valor ao produto e dando resultados positivos aos acionistas e clientes. Tudo isso respeitando a integridade humana de empregados, fornecedores e clientes e a preservação do meio ambiente (Rosa, 2010, p.17).

Ainda com relação ao conceito de transporte, Portugal e Mello (2017) sintetizam o conceito, associando-o ao de acessibilidade, que seria “a facilidade de alcançar atividades que dependem dos transportes”. Portugal e Mello (2017, p.13).

E por sua vez, do conceito de acessibilidade, segundo os autores, surge o conceito de mobilidade, que está “associada a movimento, bem como os deslocamentos desejados e realizados para desenvolver atividades”. Portugal e Mello (2017, p.13).

Padillo, Silveira e Torres (2020), por sua vez, associam transporte, acessibilidade e mobilidade de forma alternativa: “transporte é um meio que viabiliza de forma econômica os deslocamentos para satisfação de necessidades pessoais ou coletivas, sendo que os maiores benefícios produzidos são a mobilidade e acessibilidade”. Padillo, Silveira e Torres (2020, p.21).

Do conceito de mobilidade, surgem subclassificações, tais como o de mobilidade

elétrica. Segundo SEBRAE (2023), “a mobilidade elétrica envolve, além da produção de veículos, as redes de abastecimento, fornecedores e estações de carregamento”.

De modo equivalente, Barassa *et al* (2023, p.5) conceitua mobilidade elétrica:

A mobilidade elétrica refere-se à aplicação e utilização de veículos que são propulsionados por um ou mais motores elétricos, alimentados principalmente por eletricidade. Esse conceito engloba diversos componentes e tecnologias que operam em conjunto para viabilizar a tração veicular elétrica. (Barassa *et al*, 2023, p.5).

Como resultado, mobilidade elétrica está relacionada a transporte utilizando veículos elétricos e a todo suporte necessário (acessibilidade) para que esse transporte seja feito, desde o desenvolvimento de tecnologias até a instalação de fontes de carregamento.

Desta forma, estudar os impactos logísticos associados a uma eletrificação de frota terrestre implica em estudar as condições de mobilidade elétrica existentes, pois estas representam um avanço significativo no campo do transporte, não apenas em termos de eficiência energética e sustentabilidade ambiental, mas também na evolução da infraestrutura necessária para suportar essa transição.

### 3.4. GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS

Considerando a base do presente trabalho, qual seja, a substituição de veículos movidos a combustíveis fósseis por elétricos, presume-se que haja uma adequada política de descarte das baterias usadas.

Sobre o assunto, Forno (2017) destaca que não é mais aceitável que empresas e instituições se restrinjam ao fornecimento de produtos ou serviços. Há a necessidade de responsabilidade social, principalmente quando partícipes de soluções para diferentes questões ambientais.

Adicionalmente Carvalho (2024) reforça que sustentabilidade passou a ser uma obrigatoriedade nas grandes corporações e que produtos são pensados desde a sua criação até sua destinação final, mediante adequada gestão dos seus resíduos.

A preocupação é pertinente, pois apesar das significativas reduções de poluentes na atmosfera, existe a possibilidade de, a longo prazo, haver um significativo aumento de resíduos perigosos provenientes do descarte das baterias usadas em carros elétricos. Segundo o Portal Terra (2023), “um dos principais representantes da economia verde, o carro elétrico pode ser responsável por cerca de 43 mil toneladas de lixo perigoso até 2030”.

Em consequência, o aumento da demanda por veículos elétricos implica em geração de resíduos na mesma intensidade, “o que ameaça a capacidade de suporte do planeta” (Freitas e

Marchesini, 2022, p.4).

Desta forma e diante da hipótese de uma eletrificação de frota terrestre, torna-se crucial a implementação de políticas eficazes de descarte das baterias usadas. Assim, neste trabalho, o estudo dos autores referenciados permitiu o entendimento desta questão, considerando os potenciais impactos ambientais decorrentes da geração de resíduos perigosos.

#### 4. APRESENTAÇÃO DE DADOS E ANÁLISE DE RESULTADOS

Neste item, foram apresentados dados e analisados resultados referentes aos objetivos específicos propostos, para que seja respondido o objetivo geral. Os três primeiros subitens identificam os impactos técnicos, ambientais e logísticos relacionados à uma eletrificação de frota terrestre em geral. O último subitem interpretou os dados obtidos anteriormente para discutir resultados e consequências dentro da eletrificação da frota terrestre do CINDACTA IV.

##### 4.1. IMPACTOS TÉCNICOS DE UMA ELETRIFICAÇÃO DE FROTA TERRESTRE

Há diversas diferenças tecnológicas entre os veículos elétricos e os VMCF. Essas diferenças produzem vantagens e desvantagens, conforme Barreto e Bottura (1989) discutiram em seu livro, sendo algumas ilustradas no quadro a seguir, no qual infere-se que os veículos elétricos têm maiores vantagens no momento da manutenção, são mais eficientes e são ambientalmente sustentáveis:

**Quadro 1** - Vantagens e desvantagens do veículo elétrico em relação aos VMCF

Vantagens do veículo elétrico em relação aos VMCF	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Não produzem poluentes</li> <li>3. Só consomem energia quando em movimento</li> <li>4. Alta durabilidade de peças e transmissões</li> <li>5. Manutenção mais simples</li> </ol>
Desvantagens dos veículos elétricos em relação aos VMCF	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Baixa autonomia</li> <li>2. Preço elevado das baterias</li> <li>3. Reabastecimento demorado</li> <li>4. Carga útil reduzida</li> </ol>

**Fonte:** elaboração própria, com base em Barreto e Bottura (1989, p.28)

Ainda no aspecto de manutenção, Novais (2016) dá destaque à vantagem econômica, afirmando que o veículo elétrico é mais econômico porque não usa diversos elementos mecânicos, tais como velas e correias, além de não necessitarem de troca de óleo.

Em complemento, o estudo de tecnologias ligadas aos veículos elétricos levou a subclassificações dos seus tipos. Em seu artigo, Castro e Ferreira (2010) os classificaram em duas categorias: os híbridos, que usam um motor a combustão combinado com um ou mais motores elétricos e os puros, que somente usam motores elétricos. Logo, os veículos elétricos puros (neste artigo chamados apenas por veículos elétricos) usam apenas baterias para alimentar

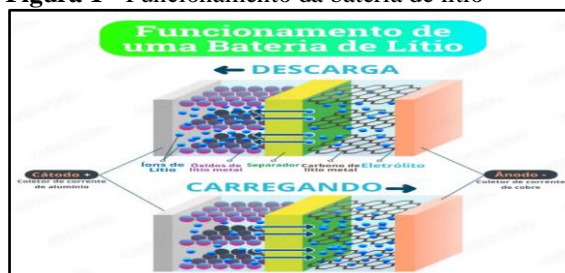
seus motores elétricos.

Contudo, a questão mais relevante para resolver o problema de pesquisa reside no fato de que o sistema de propulsão dos veículos elétricos tem por base um motor elétrico alimentado por bateria, segundo Santos (2020), diferente dos veículos movidos a combustão interna. Ainda segundo o autor, essa característica é base de todos os diferenciais tecnológicos dos veículos elétricos com relação aos VMCF e serviu de base para responder aos impactos técnicos associados à eletrificação de uma frota terrestre.

Cumprе salientar que uma bateria é basicamente um acumulador, que transforma energia química em elétrica alternadamente entre seus polos, segundo os ensinamentos de Castro *et al* (2013).

Ainda segundo os autores, “o polo negativo é denominado ânodo, no qual ocorre a oxidação, enquanto o positivo é o cátodo, em que ocorre a redução. Os elétrons correm do ânodo para o cátodo, gerando energia elétrica” (Castro *et al*, 2013, p.445). A figura a seguir exemplifica esse funcionamento:

**Figura 1** - Funcionamento da bateria de lítio



Fonte: extraído de Baterias veículos (2024)

Da figura observa-se o fluxo dos elétrons tanto na fase de descarga quanto na fase de carga da bateria.

Sobre baterias, em geral, segundo Castro e Ferreira (2010), a indústria automobilística utiliza quatro tipos: as de chumbo-ácido (PbA), as de níquel-hidreto metálico (NiMH), as de sódio e as de íon-lítio, segundo as vantagens e desvantagens relatadas no quadro a seguir:

**Quadro 2** - Vantagens e desvantagens de alguns tipos de baterias

Tipo de bateria	Vantagens	Desvantagens
chumbo-ácido (PbA)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• aplicação variável, desde a linha de automóveis leves até a linha pesada</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• alto custo e peso</li> <li>• curto ciclo de vida</li> <li>• contém componentes perigosos</li> <li>• Brasil importa 40% do chumbo</li> </ul>
níquel-hidreto metálico (NiMH)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• confiabilidade</li> <li>• vida útil</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• alto custo</li> <li>• eficiência ainda baixa</li> <li>• não ser possível a descarga total</li> </ul>
sódio	<ul style="list-style-type: none"> <li>• não contém materiais tóxicos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• baixa eficiência</li> </ul>

íon-lítio	<ul style="list-style-type: none"> <li>• maior capacidade por volume</li> <li>• maior eficiência</li> <li>• baixo peso</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• performance em condições extremas de temperatura</li> <li>• durabilidade</li> <li>• custo total da bateria</li> </ul>
-----------	---	--

**Fonte:** Elaboração própria, com base em Castro e Ferreira (2010)

Os fabricantes de veículos elétricos têm optado pelo uso das baterias de íon-lítio por algumas das suas vantagens, em especial sua alta densidade energética (maior capacidade por volume. Tal fato é referendado por Rodriguez e Consoni (2020), que afirmou que as baterias de lítio-íon são as com melhor aceitação no mercado.

Por sua vez, Zapparoli (2023) atesta as vantagens do uso das baterias de íon-lítio, que seriam a sua grande densidade energética (possibilidade de ser concentrada grande quantidade de energia em um espaço reduzido) e sua leveza, em comparação com as demais tecnologias existentes atualmente.

Dentre as desvantagens do uso de baterias de lítio, uma das mais relevantes para o presente artigo é o estudo da durabilidade e da performance dessa bateria conforme a temperatura. A preocupação é pertinente, pois segundo STA (2020), a temperatura influi na vida útil e performance de uma bateria.

Por sua vez, Santos (2020) evidencia em sua obra que as baterias utilizadas nos veículos elétricos são recarregáveis. Destaca-se o custo dessas baterias que, segundo Vasconcelos (2017), corresponde a até metade do valor do automóvel.

Entretanto, apesar de a indústria ter optado pelo uso de baterias de íon-lítio, sua aplicabilidade ainda não é uma unanimidade em termos tecnológicos, conforme depreende-se de Castro, Barros e Veiga, (2013), quando afirmaram que “o desenvolvimento tecnológico em baterias visa maximizar algumas características e minimizar outras” (Castro, Barros e Veiga, 2013, p.459).

Observa-se, portanto, que as tecnologias de uso de baterias de lítio na indústria automobilística ainda não estão plenamente desenvolvidas, apesar do otimismo generalizado e crescente quanto ao uso de veículos elétricos.

#### **4.1.1. Performance das baterias de lítio**

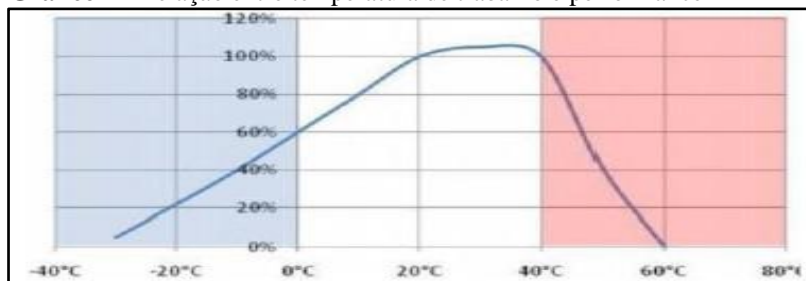
Fixado esse fato comercial da atualidade, ou seja, o uso de baterias de lítio na propulsão dos veículos elétricos, cabe estudar a performance deste tipo de bateria.

Sobre o assunto, Bufalo *et al* (2017) apresentaram estudos apontando os problemas e os requisitos operacionais relacionados ao uso de baterias de lítio em veículos elétricos.

Dentre suas conclusões, salientaram que a temperatura de trabalho das baterias neles empregadas deve ser rigorosamente controlada para obtenção de maior eficiência em termos de

entrega de potência (performance), conforme pode-se visualizar do gráfico extraído do trabalho, a seguir:

**Gráfico 1** - Relação entre temperatura de trabalho e performance



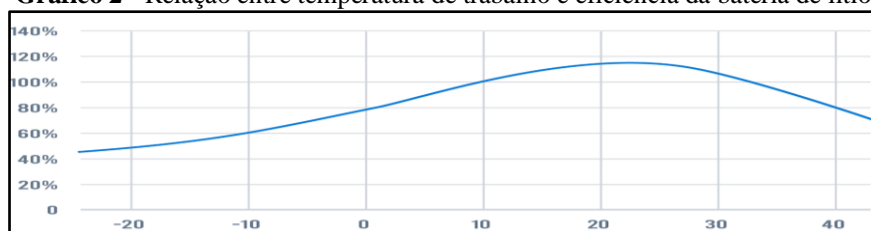
Fonte: Bufalo *et al* (2017, p.4)

Observa-se do gráfico 1 que a bateria de lítio entrega performance máxima quando sua temperatura de trabalho se situa entre 20°C a 40°C, tendo como consequência a entrega de aproximadamente 100% do valor de potência nominal (valor projetado para que um equipamento trabalhe). Valores de temperatura de trabalho fora deste intervalo sugerem diminuição da eficiência da bateria em termos de entrega de potência.

ARGUE (2023), por sua vez, apresentou um estudo experimental detalhando como a temperatura afeta a autonomia de um veículo elétrico. O espaço amostral do trabalho levou em consideração cerca de 5,2 milhões de viagens realizadas por 4200 veículos elétricos, de diferentes marcas.

Dentre suas conclusões, observou que temperaturas muito baixas ou muito altas afetam a autonomia e a performance do veículo e que a temperatura ideal de funcionamento da bateria situa-se próximo a 21,5 °C. Essas conclusões podem ser visualizadas pelo gráfico a seguir:

**Gráfico 2** - Relação entre temperatura de trabalho e eficiência da bateria de lítio



Fonte: extraído de ARGUE (2023)

Do gráfico, a autora explicou que o eixo horizontal representa a temperatura de trabalho de um determinado veículo elétrico, ao passo que o eixo vertical representa a razão (em porcentagem) entre a sua autonomia real e a nominal (que é a fornecida pelo fabricante). Nota-se que a faixa ótima (aquela que o valor no eixo vertical supera 100%) situa-se entre 10 °C e aproximadamente 32°C, com o pico em 21,5°C.

Em mais uma publicação, Severino *et al* (2023) apontaram que os fabricantes de baterias

de lítio indicam a faixa de temperatura ótima entre 14,85 °C e 34,85 °C, mais rigorosa que a apontada por Bufalo *et al* (2017).

Além disso, de forma didática, Severino *et al* (2023) explicaram em seu artigo os inconvenientes de uma bateria de lítio operar fora de uma faixa de trabalho ideal: temperaturas frias dificultam a recarga e temperaturas altas põem a bateria em risco de ter curto-circuito.

Do exposto acima demonstra-se novamente a relação entre temperatura de trabalho e performance da bateria, sugerindo novamente a existência de uma região ótima, que seria aquela que entrega maior eficiência em termos de potência (maior performance).

Essa região pode ser atingida mediante um eficiente sistema de gerenciamento térmico, o que garantiria que esse componente trabalhe dentro de uma faixa de temperatura ideal, segundo Bufalo *et al* (2017). As indústrias já se adequaram a esse problema específico e diversas soluções já foram propostas para garantir uma condição ótima de trabalho dessas baterias.

Severino *et al* (2023, p.1), por seu turno, acrescentaram que esse gerenciamento entrega “para a bateria uma temperatura média otimizada, levando em consideração a vida útil, o desempenho e a distribuição uniforme, aceitando apenas pequenas variações no sistema, como identificado pelo fabricante”. Além disso, apontaram também 3 (três) tipos de soluções já disseminadas pela indústria no que diz respeito ao gerenciamento térmico de baterias de veículos elétricos, quais sejam: o do tipo ar, líquido ou material, ou a combinação entre esses métodos.

Enfim, ficou evidente que a gestão adequada da temperatura das baterias de lítio embarcadas nos veículos elétricos é fundamental para assegurar uma melhor performance. Os sistemas de gerenciamento térmico, como destacado por Bufalo *et al* (2017) e Severino *et al* (2023), desempenham um papel vital nesse contexto, garantindo que as baterias operem dentro da faixa de temperatura ideal para otimizar seu desempenho e eficiência. As soluções propostas pela indústria demonstram um esforço contínuo para garantir esse funcionamento dentro das condições ideais.

#### **4.1.2. Durabilidade da bateria de lítio**

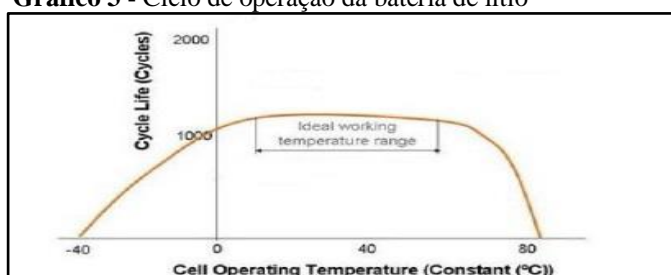
A coleta de dados referentes à durabilidade da bateria de lítio levou ao artigo de Freitas e Marchesini (2022). Para tanto, eles analisaram o ciclo de vida da bateria e dividiram-no nas seguintes etapas: extração, produção, uso e disposição final.

Julgando que as fases de extração e produção pertencem a um momento anterior à suposta eletrificação da frota terrestre visualizada neste artigo (tendo em vista que nestas fases

o veículo elétrico ainda não foi adquirido pelo CINDACTA IV), foram consideradas apenas as fases de uso e disposição final para análise, seguindo a definições dos autores.

No que diz respeito à fase de uso, é mister definir qual a condição de trabalho da bateria de lítio que permite maior durabilidade. Bufalo *et al* (2017) divulgaram em seu trabalho essa condição. Verificaram que existe, na vida útil da bateria de lítio, uma relação entre o total de cycles e a sua temperatura de trabalho (cada cycle equivale a 1 ciclo de carga e descarga da bateria), conforme mostra o gráfico abaixo:

**Gráfico 3** - Ciclo de operação da bateria de lítio



**Fonte:** extraído de Bufalo et al (2017, p.4)

Relativamente ao gráfico 3, observa-se que quando a bateria de lítio se sujeita a uma temperatura de trabalho entre 10°C e 60°C, há o maior número de cycles durante sua vida útil (maior durabilidade da bateria). Esse número de cycles se mantém constante nessa faixa, aproximadamente 1000.

Esse número de cycles coaduna-se com a proposta por Garcia (2023), que afirmou que as baterias usadas em veículos elétricos têm uma vida útil estimada em 1000 ciclos de carga e descarga (cycles), onde 300 ciclos equivalem a uma faixa de 90 a 180 mil km rodados.

Os fabricantes levam em conta esses estudos e fixam os valores de garantia bateria em 8 anos ou em uma determinada quilometragem total, conforme a tabela a seguir:

**Tabela 1** - Modelo versus garantia da bateria de lítio

Modelo	Marca	Motor	Bateria (kWh)	Garantia da bateria
BOLT	Chevrolet	Elétrico	66	8 anos / 160.034 Km
LEAF	Nissan	Elétrico	40	8 anos / 160.000 Km
Kwid	Renault	Elétrico	26,8	8 anos / 120.000 Km
208-e	Peugeot	Elétrico	50	8 anos / 160.000 Km
Dolphin	BYD	Elétrico	44,9	8 anos/ sem limite de Km
Caminhão	Scania	Elétrico	416	ND

**Fonte:** elaborado pelo autor, baseado em informações dos fabricantes

Uma publicação técnica da MAHLE (2021), que é uma empresa alemã fabricante de soluções para aumento da eficiência e a vida útil de motores, afirmou que é imperativo que as baterias utilizadas em veículos elétricos funcionem em uma faixa de temperatura determinada, a fim de garantir melhor durabilidade. Ratificou as soluções apontadas por Severino *et al* (2023) e complementou ensinando que os fabricantes buscam o objetivo de tornar a vida útil da bateria

equivalente à vida útil do automóvel (8 a 10 anos).

A afirmativa aponta os esforços da indústria para projetar sistemas de gerenciamento térmico que garantam uma otimização da vida útil da bateria do veículo elétrico.

Infere-se, portanto, que a gestão adequada da temperatura das baterias de lítio é fundamental para prolongar a vida útil desses componentes, essenciais nos veículos elétricos. A busca incessante por sistemas de gerenciamento térmico eficazes, como destacado pela MAHLE (2021), reflete os esforços da indústria automotiva em garantir que a vida útil das baterias seja equiparada à vida útil dos veículos elétricos, ressaltando a necessidade de um controle preciso da temperatura para prolongar vida útil desses componentes.

#### 4.2. IMPACTOS AMBIENTAIS DE UMA ELETRIFICAÇÃO DE FROTA TERRESTRE

A etapa de disposição final, conforme Freitas e Marchesini (2022), é a última fase do ciclo de vida do veículo elétrico. A análise desta fase é pertinente, pois o momento atual é de crescimento da venda de veículos elétricos no Brasil, conforme dados da Associação Brasileira do Veículo Elétrico (ABVE, 2024). Ainda segundo a ABVE, “o Sudeste continuou liderando o crescimento das vendas (+101%), mas o Nordeste também teve desempenho expressivo (+91%), seguido pelo Sul (+82%), Centro-Oeste (+73%) e Norte (+67%)”. (ABVE, 2024).

Esse crescimento no Brasil segue uma tendência mundial. Para fins de contextualização, estudos apontam que a produção de lítio deverá crescer até 10 (dez) vezes para suprir a demanda por baterias em 2050, considerando que 80% do lítio extraído no mundo destinam-se à produção delas (Zaparolli, 2023).

Logo, levando-se em consideração esse momento de crescimento, conclui-se que a longo prazo haverá grandes quantidades de baterias de lítio fora de sua vida útil. Essas baterias, depois de expiradas as suas vidas úteis, ainda têm materiais valiosos, demandados pela indústria em geral. Esses materiais são alumínio, ferro, cobre, cobalto, níquel, manganês e o próprio lítio, “presentes tanto na forma metálica, quanto na forma de compostos metálicos inorgânicos”, Freitas e Marchesini (2022, p.14).

Entretanto, se não houver uma adequada destinação final, o potencial de reaproveitamento econômico dessas baterias vai ao encontro a potenciais impactos ambientais. Ribeiro *et al* (2022) elencaram, como exemplo, a contaminação de solos, rios e lençóis subterrâneos, com diversos efeitos nocivos à saúde humana.

Sobre as possibilidades de destinação final, Ohtsuka (2022) elencou cinco possíveis destinos: restauração, reciclagem, incineração, descarte e reutilização. Segundo Freitas e

Marchesini (2022), a incineração acarreta no uso dos metais da bateria como combustível para gases tóxicos. E o descarte em potencial impacto ambiental.

Neste aspecto, Freitas e Marchesini (2022) acrescentam que o descarte puro e simples ou mesmo o armazenamento inadequado dessas baterias é uma ação antieconômica, agressiva e ilegal.

Antieconômica porque as baterias de íon-lítio têm em sua composição grandes quantidades de metais valiosos, como alumínio, ferro, cobre, lítio, cobalto, níquel e manganês que podem ser reaproveitados, apesar das dificuldades da indústria de obter processos eficazes nessa atividade. Agressiva porque os materiais presentes na bateria de lítio são nocivos à saúde humana e ao meio ambiente. Ilegal, pois vai de encontro a diversos normativos vigente no país.

Restam as possibilidades de restauração, reciclagem ou reutilização. Contudo, essas possibilidades ainda são um desafio tecnológico. Segundo reportagem de Wrede (2020), “a quantidade de baterias antigas aumentará com a popularização dos carros elétricos. As matérias-primas contidas nelas são valiosas e não deveriam ir para o lixo, mas também não são tão fáceis de serem recuperadas”.

Wrede (2020) explica que essas dificuldades estão relacionadas à impossibilidade de se saber como aqueles materiais estão contidos na bateria e em quais concentrações.

Paula (2023), em artigo publicado no 3º Anuário Brasileiro de Mobilidade elétrica, acrescenta que um dos problemas mais críticos do ciclo de vida de baterias de veículos elétricos é a etapa de destinação final, especificamente quanto aos esforços para reciclagem. Segundo o autor, “um dos maiores gargalos já apontados é justamente saber como reutilizar os materiais que constituem as baterias de íons de lítio, sejam em novas baterias ou em outras inúmeras aplicações”. (Paula, 2023, p.117).

Uma publicação da VOOLTA (2023), empresa alemã especializada em infraestrutura de carregadores de veículos elétricos, também expressou os desafios técnicos, econômicos e ambientais na reciclagem de baterias de veículos elétricos, conforme pode-se observar no quadro abaixo:

**Quadro 3** - Desafios para a reciclagem de baterias de lítio

Desafio	Justificativas
Técnico	As baterias de íons de lítio, utilizadas nesses veículos, são compostas por vários materiais, incluindo lítio, cobalto, níquel e manganês, que precisam ser separados para o processo de reciclagem. Este procedimento envolve etapas complexas de desmontagem, separação e recuperação dos materiais, que exigem tecnologias avançadas e específicas
Econômico	são necessários investimentos substanciais para estabelecer processos de reciclagem eficazes, que envolvem a construção de infraestruturas avançadas e a aplicação de tecnologias inovadoras. Além disso, há um questionamento persistente sobre a eficiência na recuperação dos materiais utilizados nessas baterias. Atualmente, muitos processos de reciclagem não conseguem recuperar uma porção significativa dos materiais valiosos presentes nas baterias, o que pode influenciar negativamente o retorno sobre o investimento, tornando o processo menos rentável e, por vezes, economicamente inviável.
Ambiental	Durante o processo de reciclagem, podem ser liberados diversos tipos de poluentes, incluindo poluentes atmosféricos e efluentes líquidos, bem como a geração de resíduos sólidos. Essas emissões e descartes podem ter impactos prejudiciais

	sobre o meio ambiente, afetando a qualidade do ar, da água e do solo. Além disso, o transporte das baterias até os centros de reciclagem também tem um impacto ambiental, incluindo a emissão de gases de efeito estufa e outros poluentes associados ao transporte.
--	--

**Fonte:** elaboração própria, baseada em VOOTA (2023)

Também segundo VOOTA (2023), há mais um gargalo. No Brasil, o número de empresas especializadas na reciclagem e reaproveitamento de baterias de lítio usadas em veículos elétricos é pouco, em virtude da fase embrionária desse tipo de serviço no país.

Contudo, as dificuldades de restauração, reciclagem ou reutilização das baterias de lítio não podem ser tratadas como justificantes à luz da legislação brasileira, especificamente à luz da Política Nacional de Resíduos Sólidos (lei 12305/2010).

Essa lei foi elaborada com o objetivo de combater o descarte inadequado de lixo que gerem prejuízo à saúde pública e ao meio ambiente. Segundo reportagem de O ECO (2014), um dos instrumentos da lei é o conceito de responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida de um determinado produto. Assim:

fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes, o Estado, o cidadão e titulares dos serviços públicos de limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos são todos responsáveis pela minimização do volume de resíduos sólidos e rejeitos gerados bem como pela redução dos impactos causados à saúde humana e à qualidade ambiental decorrentes do ciclo de vida dos produtos (O ECO, 2014).

Ciente da complexidade do assunto, o Comando da Aeronáutica (COMAER) emitiu a ICA 83-1/2019, que dispõe sobre o controle e gestão do meio ambiente no âmbito do COMAER. Essa instrução determinou que é atividade obrigatória de toda Organização Militar (OM) o gerenciamento de resíduos sólidos, sem distinção. Também deixa claro que as OM são obrigadas a acondicionar e disponibilizar adequadamente e de forma diferenciada os resíduos sólidos gerados mediante pilhas e baterias (Brasil, 2019).

Desta forma, diante do desafio representado pelo descarte e reciclagem das baterias de lítio de veículos elétricos, é essencial que se estabeleça uma abordagem integrada que promova a responsabilidade ambiental e a busca por soluções tecnológicas e econômicas viáveis para garantir um ciclo de vida sustentável e seguro para esses componentes essenciais à mobilidade elétrica. Essa abordagem já foi feita pela FAB, deixando implícito, portanto, que impactos ambientais em consequência de eletrificação de frota terrestre estão associados a como serão geridos os óbices e os desafios decorrentes dessa decisão.

#### 4.3. IMPACTOS LOGÍSTICOS DE UMA ELETRIFICAÇÃO DE FROTA TERRESTRE

Combinando o conceito de acessibilidade, dado por Portugal e Mello (2017, p.13), ao de mobilidade elétrica, que segundo Barassa *et all* (2020) é a utilização de veículos que possuem

um ou mais motores elétricos propulsionando suas rodas usando eletricidade como fonte de energia, o impacto logístico associado a uma eletrificação de frota terrestre depende das condições de mobilidade elétrica presentes, que por sua vez depende da acessibilidade dos veículos elétricos a infraestruturas de recarga.

Com relação a essas infraestruturas, há considerações a fazer. O veículo elétrico, por ter seu sistema de propulsão baseado em baterias de lítio, necessita de recarga ao final de cada ciclo dessa bateria, o que é feita nos chamados eletropostos, mediante carregadores.

Segundo a publicação técnica da Revista Carro (2023), há basicamente 5 (cinco) tipos de carregadores elétricos que podem fazer a recarga, segundo o quadro a seguir:

**Quadro 4** - Tipos de carregadores de veículos elétricos

Tipo de carregador	Características
De emergência	Leve e de fácil manuseio, o carregador de emergência acompanha o veículo e pode ser utilizado em tomadas comuns residenciais (8 A ou 10 A), tanto 110V quanto 220V. Esse carregador é indicado para situações de emergência, já que por conta da baixa potência, podem demorar até 40 horas para carregar completamente a bateria
Portátil	Os carregadores portáteis, apesar de parecidos com os de emergência, fornecem maior potência de carregamento, podendo chegar até 22 kW, podendo carregar uma bateria de 40 kW em menos de duas horas. Outros modelos menos potentes podem levar cerca de seis a 30 horas para carregar completamente um veículo.
Residencial ou Wallbox	Os carregadores Wallbox são instalados nas paredes, sendo indicados para residências, oferecendo potência entre 3,7 kW e 22 kW em corrente alternada (AC). Esse modelo é capaz de carregar um carro em apenas duas horas, mas podendo chegar até 12 horas de carregamento dependendo da tensão em que for instalado.
Comercial	O carregador comercial é parecido com o residencial, podendo oferecer potência de até 40 kW, carregando um veículo em um período que vai de duas a seis horas. Outro diferencial desse tipo é a possibilidade de carregar mais carros de forma simultânea, já que podem ter mais de uma saída para carregamento
De carga rápida	Os carregadores de carga rápida, disponíveis em eletropostos por exemplo, são capazes de carregar completamente um veículo em questão de minutos. Esse tipo de carregador pode oferecer potência de até 60 kW em corrente alternada (AC), ou até 400 kW em corrente contínua (DC). Nesse caso, a limitação fica por conta da capacidade máxima de recebimento de energia do veículo.

**Fonte:** extraído de Revista Carro (2023)

Observando os dados apresentados no quadro 4, principalmente com relação aos demorados tempos de recarga, e dada a baixa autonomia apresentada por veículos elétricos, infere-se que uma quantidade suficiente e bem distribuída de eletropostos dentro de cidades e nas rodovias poderia mitigar os problemas de baixa autonomia apresentados pelos veículos elétricos.

Por conseguinte, para melhoria da mobilidade elétrica no Brasil, é imperativo que esse fato aconteça em paralelo ao crescimento atual do mercado de veículos elétricos no Brasil, embora esse crescimento ainda seja tímido, se comparado ao número de VMCF em circulação.

Esse fato é referendado por Souza e Hiroi (2021, p.5), quando comparou o número de veículos elétricos com os VMCF em circulação: “apesar de em 2018 ter havido um crescimento de 65% na frota, chegando a 8.500 veículos dessa natureza no Brasil, essa quantidade

representava 0,02% de todos os veículos que circulavam no país.”

Além disso, há uma distribuição desigual entre as suas regiões, ocasionada por diversos fatores econômicos, tais como tamanho da população, PIB regional e densidade demográfica, conforme Wolffenbuttel *et al* (2023). Como exemplo, segundo os autores, a região norte contribuiu com aproximadamente 3% das vendas em 2023, ao passo que a região sudeste contribuiu com 52%.

Esses números se refletem na quantidade de postos de combustíveis fósseis no Brasil, em comparação com o número de eletropostos. De acordo com a ANP (Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis), em 2023 existiam 43.266 postos revendedores de combustíveis fósseis no Brasil, conforme a tabela a seguir:

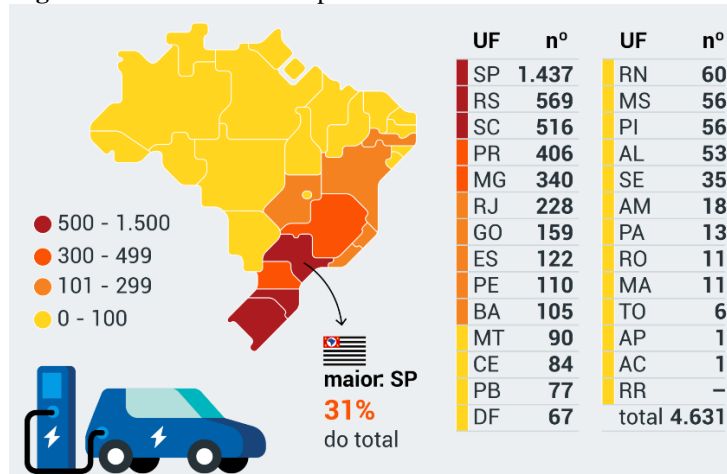
**Tabela 2** - Quantidade de postos de combustíveis fósseis

Região	Quantidade de postos de combustíveis fósseis
Região Norte	3606
Região Nordeste	11598
Região Sudeste	16129
Região Sul	7993
Região Centro-Oeste	3940
TOTAL	43266

Fonte: ANP (2023)

Por outro lado, de acordo com Napoli *apud* ABVE (2024), há no Brasil 4.631 eletropostos, segundo a figura 2:

**Figura 2** - Número de eletropostos no Brasil



Fonte: Napoli *apud* ABVE (2024)

No caso dos eletropostos, conforme a figura 2, verifica-se o desequilíbrio da distribuição deles entre as regiões do Brasil. O estado de São Paulo concentra 31% do total, ao passo que o estado do Amazonas, por exemplo, concentra 0,38%.

Para solução do problema, Consoni *et al* (2018) afirmaram que políticas governamentais são necessárias para prover melhorias na mobilidade elétrica das cidades, inclusive para

eliminar desigualdades entre regiões, com o objetivo de permitir, entre outras, operações logísticas de transporte eficientes. Os autores também explicam que essas políticas são fundamentais para melhorias do ambiente de negócios de veículos elétricos, mediante estímulo ao desenvolvimento de infraestruturas de recarga e confecção de marcos regulatórios adequados.

Por conseguinte, conclui-se que mobilidade elétrica ainda está em seu estágio inicial no Brasil, em função da baixa representatividade da quantidade de veículos elétricos em circulação, do número de eletropostos disponíveis e má distribuição deles. Esse nível de mobilidade elétrica vai de encontro ao uso de veículos elétricos em operações logísticas de transporte em longas distâncias e é um impacto logístico relevante em ações decorrentes de eletrificação de frota terrestre.

#### 4.4. INTERPRETAÇÃO DOS IMPACTOS À LUZ DE UMA ELETRIFICAÇÃO DA FROTA TERRESTRE DO CINDACTA IV

Depois de conhecidos os impactos técnicos, ambientais e logísticos associados a uma eletrificação de frota terrestre em geral, cabe neste momento interpretar esses impactos na situação hipotética de eletrificação da frota terrestre do CINDACTA IV.

Quanto aos impactos técnicos, os estudos demonstraram que a bateria de lítio, a partir de um adequado sistema de gerenciamento térmico, permite máxima performance, mesmo dentro do ambiente amazônico, onde se situa o CINDACTA IV.

Isto ocorre porque, apesar de este ambiente comportar temperaturas médias anuais variando de 22 °C a 27,9 °C, com precipitações que excedem os 2000 mm, segundo Orellana *et al* (2020), diversos estudos, incluindo o de Bufalo *et al* (2017), apontam que a faixa ótima de temperatura de trabalho da bateria de lítio varia de 10 °C e 30 °C, englobando, portanto, a faixa de temperatura do ambiente amazônico.

Além disso, a indústria projeta ano a ano sistemas de gerenciamento térmico que garantem o regime de trabalho das baterias dentro dessa faixa, conforme referenciado pelo estudo de Bufalo *et al* (2017).

No aspecto técnico de durabilidade, considerando-se que a temperatura média do ambiente amazônico situa-se entre 22°C a 27,9°C, segundo Orellana *et al* (2020), conclui-se que as características de temperatura e umidade presentes no CINDACTA IV não influem negativamente na durabilidade da bateria de lítio embarcada em veículos elétricos, pois mesmo sem um sistema de gerenciamento térmico, ela atuaria numa faixa de temperatura compatível com a que garante maior durabilidade, segundo referenciado por Bufalo *et al* (2017) e Freitas e

Marchesini (2022).

Conclui-se, portanto, que não haveria impactos técnicos associados à eletrificação da frota terrestre do CINDACTA IV.

Quanto aos impactos ambientais, com base nos estudos realizados, conclui-se que a longo prazo haveria grandes quantidades de baterias de lítio fora de sua vida útil e aptas a serem descartadas/recicladas.

Por conseguinte, considerando que há a necessidade de um compromisso efetivo com práticas ambientalmente responsáveis, futuramente seria imperativo dar destinação correta às baterias de lítio usadas, à luz das legislações que tratam do tema.

Entretanto, há diversos desafios para reciclagem de baterias de lítio. Exige tecnologias avançadas para a separação dos materiais constituintes da bateria, além de demandar enorme investimento financeiro e imenso controle do processo de reciclagem, para que não haja prejuízo ambiental.

Dados esses óbices, são poucas as empresas que fazem o serviço e, no âmbito do CINDACTA IV, não foi encontrada nenhuma, o que implicaria em dificuldades futuras nos processos de descarte dessas baterias, com a necessidade de gestões para transporte delas para outras regiões do Brasil.

Quanto aos impactos logísticos, considerando a situação brasileira de incipiência das condições de mobilidade elétrica, traduzida pelo pequeno número e má distribuição de eletropostos no Brasil, infere-se que seriam altos no âmbito do CINDACTA IV.

Para tanto, em complemento aos estudos, foram feitas pesquisas do estágio atual de mobilidade elétrica nas cidades de Belém-PA, Boa Vista-RR, Manaus-AM, Porto Velho-RO e Rio Branco-AC (cidades-chave) e nos modais rodoviários que ligam estas cidades às suas respectivas EACEA vinculadas. Como forma de auxiliar os resultados, foram pesquisadas as distâncias entre as cidades-chave e as EACEA, conforme mostradas na tabela a seguir:

**Tabela 3** - Distâncias entre Cidades-chave e EACEA vinculadas

Cidade	EACEA vinculada	Distância rodoviária (km)
Belém	Altamira	762
Belém	Benevides	34
Belém	Marabá	498
Belém	Viseu	354
Boa Vista	Caracará	140
Porto Velho	Aripuanã	848
Porto Velho	Forte Príncipe da Beira	739
Porto Velho	Ji Paraná	372
Porto Velho	Lábrea	407
Rio Branco	Tarauacá	409

**Fonte:** base de dados do Google Maps

Destaca-se que essas EACEA foram vinculadas ao CINDACTA IV mediante a Portaria DECEA nº 1.174/D-PAT, DE 30 DE NOVEMBRO DE 2023. Além disso, os mapas contendo as distâncias rodoviárias entre as cidades-chave e as EACEA foram extraídas do aplicativo Google Maps.

Mediante pesquisa na base de dados presentes nos aplicativos Google Maps e PlugShare, obteve-se a quantidade de eletropostos disponíveis nas cidades-chave, conforme a tabela 4:

**Tabela 4** - Quantidade de eletropostos nas cidades-chave

Cidade	Quantidade de pontos de carregamento	
	Google Maps	PlugShare
Manaus	13	18
Belém	18	19
Boa Vista	1	1
Porto Velho	2	2
Rio Branco	1	1

**Fonte:** base de dados do Google Maps e do PlugShare

A mesma pesquisa foi feita para busca de eletropostos nos modais terrestres ligando as cidades às suas EACEA vinculadas, desta vez usando apenas a base de dados do Google Maps, com o seguinte resultado:

**Tabela 5** - Quantidade de eletropostos nos modais rodoviários

Cidade	EACEA vinculada	Número de eletropostos
Belém	Altamira	1
Belém	Benevides	0
Belém	Marabá	0
Belém	Viseu	3
Boa Vista	Caracará	0
Porto Velho	Aripuanã	0
Porto Velho	Forte Príncipe da Beira	0
Porto Velho	Ji Paraná	2
Porto Velho	Lábrea	0
Rio Branco	Tarauacá	0

**Fonte:** base de dados do Google Maps

Como base de comparação, segundo o Anuário Estatístico Brasileiro do Petróleo, gás natural e Biocombustíveis de 2023, o estado do Amazonas tem 768 postos revendedores de combustíveis fósseis, ao passo que, segundo a base de dados do PlugShare, o estado do Amazonas tem 21 locais de recarregamento para veículos elétricos.

Conclui-se que as condições de mobilidade elétrica no âmbito do CINDACTA IV são precárias. As distâncias a serem percorridas são grandes, há poucos eletropostos nas cidades-

chave e é praticamente nulo o número disponível nos modais rodoviários que ligam essas cidades às suas EACEA vinculadas. Essas condições momentaneamente inviabilizam o uso de veículos elétricos por parte do CINDACTA IV, particularmente as associadas a transporte de materiais e pessoal para as EACEA, pelas distâncias a serem percorridas.

Entretanto, apesar do número limitado de eletropostos nas cidades-chave, entende-se, mediante a análise dos dados, que veículos elétricos poderiam ser usados nelas em pequenos percursos, usando da infraestrutura de mobilidade elétrica existente ou com instalação e uso de infraestruturas de recarga disponíveis dentro das OM, em virtude das pequenas distâncias a serem percorridas, mas com as ressalvas apresentadas no quesito ambiental.

Em suma, no quadro abaixo elencou-se todos os impactos relacionados à eletrificação da frota terrestre do CINDACTA IV, depois da análise dos resultados:

**Quadro 5** -Resumo dos impactos da eletrificação da frota terrestre do CINDACTA IV

Impacto caso haja eletrificação da frota terrestre do CINDACTA IV	Considerações
TÉCNICO	Não há impacto, pois o ambiente amazônico, local onde o CINDACTA IV está presente, não influi nem na performance nem na durabilidade das baterias de lítio embarcadas nos veículos elétricos.
AMBIENTAL	Há impacto, pois haverá óbices para que seja dada destinação final às baterias fora da vida útil, devido a dificuldades dos processos de reciclagem e reutilização e à inexistência de empresas especializadas no âmbito do CINDACTA IV, o que poderá demandar a necessidade de transporte de baterias para outras regiões do país.
LOGÍSTICO	Há impacto, devido a existência de poucas políticas governamentais direcionadas à mobilidade elétrica no Brasil, implicando em precárias condições de infraestrutura de recarga na região norte e, em consequência, em pouquíssimos eletropostos disponíveis nas cidades-chave e rodovias, inviabilizando operações logísticas de transporte a grandes distâncias.

**Fonte:** elaboração própria, com base no trabalho desenvolvido

## 5. CONCLUSÃO

Conforme discorrido neste trabalho, surgiram na mídia e nos meios acadêmicos diversas publicações destacando vantagens econômicas e ambientais para o consumidor que optar por comprar um veículo elétrico. Entretanto, essas opiniões não são uma unanimidade, e vozes destoantes surgiram em oposição.

Diante desse cenário, os setores de planejamento do CINDACTA IV discutiram a possibilidade de eletrificação da sua frota terrestre e, em consequência, surgiu a inquietação para responder quais os impactos técnicos, ambientais e logísticos provenientes dela.

A busca de respostas levou a esse artigo, cujo objetivo geral foi investigar os impactos técnicos, ambientais e logísticos resultantes da eletrificação da frota terrestre do CINDACTA IV. A metodologia empregada utilizou-se de pesquisa bibliográfica e documental, além de pesquisas a banco de dados de plataformas digitais.

Cumprido salientar, ainda, que o trabalho foi delimitado à hipótese de eletrificação tendo por base a aquisição de veículos elétricos puros e nas cidades-chave consideradas. E em função do limitado tempo disponível para a realização do trabalho, não foram feitos estudos sobre a adequação de instalação da frota eletrificada no ambiente do CINDACTA IV.

Dadas estas condicionantes, 4 (quatro) objetivos específicos foram construídos para que o objetivo geral fosse alcançado. O primeiro objetivo específico destinou-se à compreensão dos impactos técnicos relacionados ao uso de veículos elétricos. O segundo examinou os impactos ambientais. O terceiro discutiu os impactos logísticos, relacionando-os às condições de mobilidade elétrica no Brasil e, por sua vez, o quarto interpretou as respostas obtidas anteriormente à luz da eletrificação da frota terrestre do CINDACTA IV.

As respostas aos objetivos específicos propostos permitiram verificar que a opção pela eletrificação da frota terrestre do CINDACTA IV não se traduz em impactos técnicos, pois apesar de as tecnologias referentes ao uso de baterias de lítio em veículos elétricos estarem ainda em desenvolvimento, para melhorias principalmente da autonomia veicular, esse tipo de bateria está apto a ser usado no ambiente amazônico, local onde se situa o CINDACTA IV, com excelente performance e durabilidade.

Entretanto, os estudos indicaram que há impactos ambientais e logísticos que precisam ser considerados antes de se optar pela eletrificação.

Sobre os impactos ambientais, após a vida útil das baterias de lítio, haverá dificuldades para destinação final delas, em virtude de os procedimentos de reciclagem e reutilização dessas baterias serem complexos e custosos, implicando em poucas empresas aptas a fazer o serviço, sendo nenhuma presente na região norte. Essas dificuldades se somam às rigorosas legislações sobre o assunto, devido ao potencial impacto ambiental e à saúde humana que um inadequado manuseio de sucatas dessas baterias pode acarretar.

A respeito dos impactos logísticos, o incipiente crescimento do mercado nacional de veículos elétricos implica em mobilidade elétrica deficitária, principalmente no que diz respeito à quantidade de eletropostos existentes no Brasil e sua distribuição, em especial na região norte.

Além disso, a baixa autonomia e elevado tempo de recarga dos veículos elétricos vai de encontro ao uso deles em operações logísticas de transporte, devido às distâncias a serem percorridas, inviabilizando o transporte de cargas e material, devido às distâncias observadas na região. Entretanto, os estudos verificaram que há viabilidade no uso de veículos elétricos leves para transporte dentro das cidades-chave (tais como Manaus e Belém), mediante preparação de infraestrutura de recarga dentro das OM e uso dos eletropostos locais, observados os óbices ambientais ao fim da vida útil da bateria.

Em suma, após a avaliação dos dados e análise dos resultados, à luz do referencial teórico, o objetivo geral foi plenamente atingido. Concluiu-se que a opção pela eletrificação da frota terrestre do CINDACTA IV deve ser meticulosamente planejada, pois a decisão pela atividade com observância apenas ao viés econômico pode acarretar impactos ambientais e logísticos relevantes, que devem ser avaliados, por exemplo, numa matriz de risco. Citam-se como impactos logísticos a incapacidade de uso do veículo elétrico para transporte a grandes distâncias e como ambientais as dificuldades de descarte final de baterias usadas.

A limitação de tempo não permitiu estudos sobre a adequabilidade de instalação de uma frota eletrificada no âmbito do CINDACTA IV, mas entende-se que este fato não impactou no objetivo geral ao qual este trabalho se propôs a atingir, visto que a elaboração daqueles estudos seria apenas complementar, ou seja, não prejudicaria as conclusões principais deste artigo.

Esta pesquisa poderá ser replicada em qualquer OM de interesse da FAB e servir como uma importante fonte de apoio à decisão nos momentos em que se planeja uma eletrificação de frota terrestre.

Como sugestões de trabalhos futuros, poder-se-ia realizar a mesma pesquisa, mas englobando apenas os veículos elétricos híbridos, dadas a maior autonomia observada nesses veículos e a possibilidade de uso deles apenas no modo de combustão interna. Uma outra opção seria investigar os impactos de uma eletrificação da frota terrestre do CINDACTA IV nos custos de manutenção de viaturas a longo prazo ou num período pré-determinado.

## REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. RESOLUÇÃO NORMATIVA ANEEL Nº 1.000, DE 7 DE DEZEMBRO DE 2021. Disponível em: <https://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren20211000.pdf> . Acesso em: 25 jun 2024.
- AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. Anuário Estatístico Brasileiro do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/anuario-estatistico/anuario-estatistico-2023> . Acesso em: 18 jun 2024.
- ARGUE, C. Como a variação de temperatura afeta a autonomia de um veículo elétrico? GEOTAB Inc.. Disponível em <https://www.geotab.com/pt-br/blog/temperatura-veiculos-eletricos/> . Acesso em 29 abr 2024.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO VEÍCULO ELÉTRICO. Elétricos crescem em todas as regiões do Brasil. 11 jan. 2024 Disponível em: <https://abve.org.br/veiculos-eletricos-crescem-em-todo-o-pais/> . Acesso em: 25 jun. 2024
- BARAN, R. A Introdução de Veículos elétricos no Brasil: Avaliação do Impacto no Consumo de Gasolina e Eletricidade. UFRJ/COPPE. Rio de Janeiro, 2012. Disponível em [https://www.ppe.ufrj.br/images/publica%C3%A7%C3%B5es/doutorado/Renato\\_Baran.pdf](https://www.ppe.ufrj.br/images/publica%C3%A7%C3%B5es/doutorado/Renato_Baran.pdf). Acesso em 29/03/2024.
- BARABASSA et al. O potencial dos pesados: ampliação dos ônibus urbanos elétricos e dos caminhões elétricos nas operações logísticas. Disponível em: <https://pnme.org.br/biblioteca/3o-anuario-brasileiro-da-mobilidade-eletrica/> . Acesso em: 19 fev. 2024.
- BARABASSA et al. Panorama geral da Mobilidade Elétrica: drivers, mercado e perspectivas. Disponível em: <https://pnme.org.br/biblioteca/1o-anuario-brasileiro-da-mobilidade-eletrica/> . Acesso em: 05 jun. 2024.
- BARRETO, G.; BOTTURA, C. P. Veículos elétricos. 1. ed. Campinas: Editora da UNICAMP, 1989.
- BATERIAS VEÍCULOS. Bateria de lítio para veículos: Como funcionam, Benefícios e tipos. Disponível em: <https://baterias-veiculos.com/bateria-de-litio/> . Acesso em: 19 mai. 2024.
- BATISTA, E. Carro Elétrico: vale a pena comprar um? Disponível em: <https://www.comparaonline.com.br/blog/carros/carro-eletrico/> . Acesso em: 20 fev. 2024.
- BRASIL. Comando da Aeronáutica. Departamento de Controle do Espaço Aéreo. Portaria DECEA nº 138/DGCEA, de 21 de outubro de 2010. Aprova a edição da Instrução do Comando da Aeronáutica que disciplina as atividades de Gerenciamento do Ciclo de Vida de Sistemas e Materiais do SISCEAB. Boletim do Comando da Aeronáutica, Rio de Janeiro, n. 202, 29 out. 2010.
- BRASIL. Comando da Aeronáutica. Diretoria de Infraestrutura da Aeronáutica. Portaria DIRINFRA nº 10/DGA, de 02 de outubro de 2019. Aprova a edição da Instrução que dispõe sobre o “controle e gestão do meio ambiente no âmbito do Comando da Aeronáutica”. Boletim do Comando da Aeronáutica, Rio de Janeiro, n. 202, 29 out. 2010.
- BRASIL. Comando da Aeronáutica. Departamento de Controle do Espaço Aéreo. Portaria DECEA nº 101/D-PAT, de 04 de abril de 2022. Institui, no âmbito do SISCEAB, as Estações de Apoio ao Controle do Espaço Aéreo (EACEA) e dá outras providências. Boletim do Comando da Aeronáutica, Rio de Janeiro, n. 179, 04 out. 2019.

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Constituicao/Constituicao.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Constituicao.htm) . Acesso em 01 mar. 2024

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm) . Acesso em 29 mar. 2024

BUENO, E. R. F. Gestão da manutenção de máquinas. 1. ed. São Paulo: Contentus, 2020. E-book. Disponível em: <https://plataforma.bvirtual.com.br> . Acesso em: 24 mar. 2024.

BUFALO, L. A; GONELLI, G.M.; BAUMGARTNER, L.F.. Gerenciamento térmico da bateria em veículos elétricos: o sistema líquido combinado. Disponível em <https://www.proceedings.blucher.com.br/article-details/gerenciamento-trmico-da-bateria-em-veculos-eltricos-o-sistema-liquido-combinado-26560> . Acesso em 30 mar 2024.

CARVALHO, R. Gerenciamento da cadeia de suprimentos logística e gestão de fornecedores. 1. ed. eBook Kindle, 2024.

CASTRO, B.H.R; FERREIRA, T.T. Veículos elétricos: aspectos básicos, perspectivas e oportunidades. Disponível em: [https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/1764/2/BS%2032%20Ve%c3%adculos%20el%c3%a9tricos%20aspectos%20b%c3%a1sicos%2c%20perspectivas\\_P.pdf](https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/1764/2/BS%2032%20Ve%c3%adculos%20el%c3%a9tricos%20aspectos%20b%c3%a1sicos%2c%20perspectivas_P.pdf) . Acesso em: 29 mar 2024.

CASTRO, B.H.R; BARROS, D.C; VEIGA, S. G.. Baterias automotivas: panorama da indústria no Brasil, as novas tecnologias e como os veículos elétricos podem transformar o mercado global. Disponível em: <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/1511> . Acesso em: 19 abr 2024.

CHEVROLET. Ficha técnica Bolt. Disponível em: [https://www.chevrolet.com.br/bypass/master\\_tools/content/chevrolet/lat-am/brazil-quantum-tools/nscwebsite/pt/index/vehicles-n02/cars/bolt-2020/versoes-e-ficha-tecnica/technical-specs.html](https://www.chevrolet.com.br/bypass/master_tools/content/chevrolet/lat-am/brazil-quantum-tools/nscwebsite/pt/index/vehicles-n02/cars/bolt-2020/versoes-e-ficha-tecnica/technical-specs.html) . Acesso em: 19 mai. 2024.

CONSONI *et al.* Estudo de Governança e Políticas Públicas para Veículos Elétricos. MDIC. Brasília-DF, 2018. Disponível em <https://pnme.org.br/biblioteca/estudo-de-governanca-e-politicas-publicas-para-veiculos-eletricos/> . Acesso em 29 mar 2024.

COSTA, F.N.. Ciclos de vida. Disponível em: <https://www.economia.unicamp.br/midia/ciclos-de-vida> . Acesso em: 29 mar. 2024.

COVA, C; MOTTA, R. Logística empresarial. Fundação CEDERJ. Rio de Janeiro, 2009. Disponível em <https://canal.cecierj.edu.br/012016/cdfd3a57c32b096f0453a2038254f27b.pdf> . Acesso em 19 mai 2024.

DEPARTAMENTO DE CONTROLE DO ESPAÇO AÉREO. Portal DECEA. Disponível em <https://www.decea.mil.br/?i=unidades&p=cindacta-iv> . Acesso em: 17 fev. 2024.

DEVAN *et al.* COP26 aprova acordo para a redução dos combustíveis fósseis no planeta. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/internacional/cop26-acordo-revisado-e-aprovado-na-cupula-do-clima-em-glasgow/#:~:text=Depois%20de%20uma%20maratona%20de>. Acesso em: 19 fev. 2024.

ESCOLA NACIONAL DE ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA. Repositório da ENAP. Disponível em [https://repositorio.enap.gov.br/bitstream/1/1092/1/GerenciaDeProjeos\\_modulo\\_1\\_final\\_.pdf](https://repositorio.enap.gov.br/bitstream/1/1092/1/GerenciaDeProjeos_modulo_1_final_.pdf) . Acesso em: 27 mar. 2024.

EXÉRCITO BRASILEIRO. A assertiva do imperador francês. Disponível em: <https://www.eb.mil.br/o-exercito/armas-quadros-e-servicos/matbel#:~:text=A%20assertiva%20do%20imperador%20franc%C3%AAAs,marcham%20sobre%20seu%20apoio%20log%C3%ADstico%22> . Acesso em 07 fev. 2024

- FREITAS, F.T., MARCHESINI, M.M.P., Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) das baterias de lítio utilizadas nos veículos elétricos. UFABC. Santo André-SP, 2022. Disponível em <https://seer.ufrgs.br/index.php/ProdutoProducao/article/view/121904/87321> . Acesso em 29 mar 2024.
- FORNO, M.A.R.D. Fundamentos em gestão ambiental. 1. ed. UFRGS Editora, Porto Alegre-RS. 2017.
- GARCIA, F. Dúvida técnica: quanto tempo dura uma bateria de um carro elétrico? Disponível em: <https://carros.ig.com.br/veiculos-eletricos/2023-04-13/duvida-tecnica--quanto-tempo-dura-uma-bateria-de-um-carro-eletrico-.html> . Acesso em: 29 abr 2024.
- GEOTAB-SISTEMAS E TECNOLOGIA APLICADA. Baterias de lítio. Disponível em: <https://www.sta-eletronica.com.br/resources/downloads/ebookbateriasdelitio.pdf> . Acesso em: 29 mar 2024.
- GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2022.
- GOOGLE, INC. Google Maps. Disponível em: <https://www.google.com.br/maps/preview> . Acesso em: 21 jun 2024.
- LIMA, L. 5 vantagens dos carros elétricos para lhe convencer a trocar a gasolina pela tomada. Disponível em: <https://autoesporte.globo.com/eletricos-e-hibridos/noticia/2022/09/5-vantagens-dos-carros-eletricos-para-lhe-convencer-a-trocar-a-gasolina-pela-tomada.ghtml>. Acesso em: 20 fev. 2024.
- MAHLE Aftermarket GmbH. Gerenciamento térmico em veículo elétricos e híbridos. Disponível em: <https://www.mahle-aftermarket.com/media/homepage/facelift/media-center/klima/2-4-broschuere-thermomanagement-fuer-e-mobilitaet-210713-pt-lay.pdf> . Acesso em: 29 mai 2024.
- MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. Metodologia científica. 8. ed. São Paulo: Editora Atlas, 2022.
- MOREIRA, C.. Ciclos de vida. Revista de ciência elementar, 2017.  
Disponível em: [https://www.fc.up.pt/pessoas/jfgomes/pdf/vol\\_2\\_num\\_4\\_97\\_art\\_ciclosDeVida.pdf](https://www.fc.up.pt/pessoas/jfgomes/pdf/vol_2_num_4_97_art_ciclosDeVida.pdf) .  
Acesso em 20 mar 2024.
- MOURA. Bateria de carros elétricos: saiba tudo sobre. Disponível em: <https://www.moura.com.br/blog/bateria-de-carros-eletricos> . Acesso em: 29 abr 2024.
- NAPOLI, E. Brasil vai dobrar quantidade de eletropostos em 2025, diz entidade. Disponível em: <https://www.poder360.com.br/infraestrutura/brasil-vai-dobrar-quantidade-de-eletropostos-em-2025-diz-entidade/#:~:text=O%20Brasil%20deve%20mais%20que,de%204.600%20em%20terris%20C3%B3rio%20na%20cional.> Acesso em: 15 jun 2024.
- NISSAN. Ficha técnica Leaf. Disponível em: [https://www.nissan-cdn.net/content/dam/Nissan/br/site/veiculos/leaf-my24/documentos/ficha\\_tecnica\\_nissan\\_LEAF\\_2024.pdf](https://www.nissan-cdn.net/content/dam/Nissan/br/site/veiculos/leaf-my24/documentos/ficha_tecnica_nissan_LEAF_2024.pdf) . Acesso em: 19 mai. 2024.
- NOVAIS, C.R.B. Mobilidade elétrica: Desafios e oportunidades. Disponível em: <https://repositorio.fgv.br/server/api/core/bitstreams/ec06c058-eddb-4758-a82a-c07ae9e337bb/content> . Acesso em: 25 jun. 2024.
- O ECO. Entenda a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Disponível em: <https://oeco.org.br/dicionario-ambiental/28492-entenda-a-politica-nacional-de-residuos-solidos/> . Acesso em: 15 jun 2024.
- ORELLANA el al. Caracterização das condições climáticas na Amazônia. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/220738/1/CPAF-AP-2020-Floricultura-Tropical.pdf> . Acesso em: 19 mai. 2024.
- OLIVEIRA, E. Moderno gerenciamento de projetos: uma introdução sobre os conceitos, processos, técnicas e alguns insights. 1. ed. eBook Kindle, 2021.

OHTSUKA, R.S. Estudos sobre os métodos de reciclagem e reutilização de baterias de lítio de carros elétricos. Disponível em:

<https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/16259/Rodrigo%20Seiji%20Ohtsuka.pdf?sequence=1&isAllowed=y> . Acesso em: 5 jun. 2024.

PAURA, G.L. Fundamentos da logística. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná. Curitiba-PR, 2012. Disponível em

[https://redeetec.mec.gov.br/images/stories/pdf/proeja/fundamentos\\_logistica.pdf](https://redeetec.mec.gov.br/images/stories/pdf/proeja/fundamentos_logistica.pdf) . Acesso em 29 mar 2024.

PADILLO, A.R; SILVEIRA, C.A; TORRES, T.B. Sistemas de transporte. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria-RS, 2020. Disponível em

<https://www.ufsm.br/app/uploads/sites/266/2020/09/Sistemas-de-Transporte.-Introducao-conceitos-e-panorama.pdf> . Acesso em 29 mar 2024.

PARENTE, L; RODRIGUEZ, H.. Brasil tem um carregador para 19 carros elétricos – e isso pode piorar.

Revista Quatro Rodas, 4 abr. 2024. Disponível <https://quatrorodas.abril.com.br/carros-eletricos/brasil-tem-um-carregador-publico-19-carros-eletricos-e-isso-pode-piorar> Acesso em 17 jun 2024.

PAULA, R.A.S.R.. Características da cadeia de valor de baterias de veículos elétricos no Brasil. 3º Anuário Brasileiro de Mobilidade elétrica, 2023.

Disponível em: <https://pnme.org.br/biblioteca/3o-anuario-brasileiro-da-mobilidade-eletrica/> . Acesso em 16 abr 2024.

PLATAFORMA NACIONAL DE MOBILIDADE ELÉTRICA. Institucional. Disponível em:

<https://pnme.org.br/> . Acesso em: 29 mar 2024.

PLUGSHARE. PlugShare LLC, 2024. Disponível em: <https://www.plugshare.com/br> . Acesso em: 05 jun. 2024.

PORTAL TERRA. Baterias de carros elétricos podem virar 43 mil toneladas de lixo perigoso até 2030; entenda. Disponível em: <https://www.terra.com.br/planeta/baterias-de-carros-eletricos-podem-virar-43-mil-toneladas-de-lixo-perigoso-ate-2030-entenda,7f06956359f93212cd9ac7a1d236c218082voyda.html> . Acesso em: 29 mar 2024.

PORTUGAL, L,S; MELLO, A.J.R. Um panorama inicial sobre transporte, mobilidade, acessibilidade e desenvolvimento urbano, 2017. Disponível em:

<http://redpgv.coppe.ufrj.br/images/livro/CH01-Um%20panorama%20inicial%20sobre%20transporte%20mobilidade%20acessibilidade%20e%20desenvolvimento%20urbano.pdf> . Acesso em 16 abr 2024.

REVISTA CARRO. Carregador de carro elétrico: conheça os tipos e conectores. Portal Terra, 2023.

Disponível em: <https://revistacarro.com.br/carregador-de-carro-eletrico-conheca-os-tipos-e-conectores/> . Acesso em: 29 abr 2024.

RIBEIRO, J.G.R., SANTOS, M.F., CHAGAS, N.S., O impacto causado ao meio ambiente pelo descarte incorreto de pilhas e baterias. UNA. Pouso Alegre, 2022. Disponível em

<https://repositorio.animaeducacao.com.br/items/605fb5d1-8aae-4152-b167-2eb3cbd3b382> . Acesso em 19 mai 2024.

RODRIGUÉZ, T. B; CONSONI, F.L.. Uma abordagem da dinâmica do desenvolvimento científico e tecnológico das baterias lítio-íon para veículos elétricos. UNICAMP. Campinas, 2020. Disponível em

<https://www.scielo.br/j/rbi/a/FMFXFVBVGfxqTBnKKwdVtT3m/#>. Acesso em 19 mai 2024.

ROSA, R.A. Gestão logística. 1. ed. Florianópolis: Departamento de Ciências da Administração / UFSC; [Brasília], 2010

SANTOS, M.M.D. Veículos elétricos e híbridos: fundamentos, características e aplicações. 1. ed. São Paulo: Editora Érica, 2020.

SEBRAE. A mobilidade elétrica veio para ficar. Disponível em: <https://sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/a-mobilidade-eletrica-veio-para-ficar,28a65902a8517810VgnVCM1000001b00320aRCRD> . Acesso em: 29 abr 2024.

SEVERINO *et al.* Modelagem de um sistema de arrefecimento para baterias de veículos elétricos. Disponível em: <https://revistaft.com.br/modelagem-de-um-sistema-de-arrefecimento-para-baterias-de-veiculos-eletricos/> . Acesso em: 29 mar. 2024.

SILVA, J. P. S. Estudo da viabilidade econômica da implantação de veículos elétricos leves na Academia da Força Aérea. 2022. 25 p. Pirassununga, SP. Disponível em: [https://redebua.direns.aer.mil.br/index.php?codigo\\_sophia=89645](https://redebua.direns.aer.mil.br/index.php?codigo_sophia=89645) . Acesso em: 16 jun. 2024

STA-SISTEMAS E TECNOLOGIA APLICADA. Baterias de lítio. Disponível em: <https://www.sta-eletronica.com.br/resources/downloads/ebookbateriasdelitio.pdf> . Acesso em: 29 mar 2024.

SOUZA, E. Analisando os Benefícios e Desafios Ambientais dos Veículos Elétricos na Era da Sustentabilidade. Disponível em: <https://cestosdelixoelixeiras.com.br/blog-lixo/o-impacto-ambiental-dos-carros-eletricos-verdades-mitos-e-realidades> . Acesso em: 07 jul. 2024.

TORRES, T. Carros do futuro: projetos do Senado buscam acelerar uso de veículos elétricos. Disponível em: <https://www12.senado.leg.br/noticias/infomaterias/2022/07/carros-do-futuro-projetos-do-senado-buscam-acelerar-uso-de-veiculos-eletricos> . Acesso em 19 fev. 2024.

VASCONCELOS, Y. Baterias mais eficientes. Disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/baterias-mais-eficientes/>. Acesso em: 29 mar 2024.

VOOLTA. Os desafios da reciclagem de baterias de veículos elétricos. Disponível em: <https://voolta.com.br/blog/desafios-reciclagem-baterias-veiculos-eletricos-brasil/> . Acesso em: 29 abr 2024.

WOLFFENBÜTTEL, R; BARASSA, E.; CRUZ, R.. Crescimento de mercado dos veículos de passeio e comerciais leves: direção ao mix tecnológico e hibridização. 3º Anuário Brasileiro de Mobilidade elétrica, 2023. Disponível em <https://pnme.org.br/biblioteca/3o-anuario-brasileiro-da-mobilidade-eletrica/> Acesso em 17 jun 2024.

WREDE, I. O desafio de reciclar baterias de veículos elétricos. Disponível em: <https://www.dw.com/pt-br/o-desafio-de-reciclar-baterias-de-ve%C3%ADculos-el%C3%A9tricos/a-52178600> . Acesso em: 9 jun 2024.

ZAPAROLLI, D. O desafio de reciclar baterias de lítio. Pesquisa FAPESP, 2023. Disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/o-desafio-de-reciclar-baterias-de-litio/> . Acesso em: 15 mai 2024.