

IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS DECORRENTES DA NOVA GERAÇÃO DE BATERIAS APLICADAS EM CARROS ELÉTRICOS

SOCIOAMBIENTAL IMPACTS DUE TO THE NEW GENERATION OF BATTERIES APPLIED TO ELECTRICAL VEHICLES

SANTOS, A. O.¹, LINZMAYER, E.¹, MARTINS, G. S.¹,
GOMEZ, G. Q. F.¹, VITOR, T. S.¹

¹ Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia – CEUN-IMT – SP
quadrante9@gmail.com

Resumo

O presente artigo teve por objetivo apresentar e discutir os impactos socioambientais associados a adoção da nova geração de baterias utilizadas na eletrificação veicular, sendo analisado o reaproveitamento das baterias de íons de lítio e, também, analisando comparativamente o motor a combustão e o elétrico, ainda levantando informações sobre como as concessionárias estão se preparando para realizar as operações de descarte e reciclagem destas baterias. A metodologia deste artigo baseou-se em pesquisa exploratória e bibliográfica, de natureza qualitativa e quantitativa. Em relação as formas de reaproveitamento das baterias de íons de lítio foram identificadas e agrupadas as empresas especializadas, sendo estas as empresas de exploração de lítio, as produtoras de lítio e as de reciclagem. Também foram identificadas três formas de reciclagem e processamento, a saber, os processamentos: (1) mecânico com separação de materiais por propriedades físicas; (2) hidro metalúrgico mediante lixiviação química e (3) piro metalúrgico aplicando calor para recuperação das ligas metálicas. Quanto a comparação de impacto entre o motor a combustão e o eletrificado foram discutidos os ganhos ambientais promovidos com a utilização de energia limpa em contraposição à queima de petróleo, altamente poluidora. De outro lado, nesta questão incidem problemas socioeconômicos decorrentes das dificuldades das empresas brasileiras, e respectivas montadoras, prepararem seu parque industrial e suas instalações para atendimento dessa nova demanda. Ao final concluiu-se que tanto em termos socioeconômicos, como ambientais, será mais favorável à introdução da eletrificação veicular em confronto com a tecnologia do motor a combustão. Porém, a forma de reciclagem e reaproveitamento das baterias de íons de lítio e seus componentes pode ser vista como um complicador, implicando em diversos desafios tecnológicos.

Palavras-Chave: Veículos Elétricos; Baterias Íons-lítio; Reciclagem de Baterias; Impacto Socioambiental; Veículos a Combustão.

Abstract

The present paper aimed to present and discuss the socio-environmental impacts associated with the adoption of the new generation of batteries used in vehicle electrification, analyzing the reuse of lithium-ion batteries, and comparatively analyzing the combustion engine against the electric one, still collecting information on how the concessionaires are preparing to carry out the disposal and recycling operations of these batteries. The methodology of this article was based on exploratory and bibliographic research, of qualitative and quantitative nature. Regarding the ways of reusing lithium-ion batteries, specialized companies were identified and grouped, with these being lithium exploration companies, lithium producers and recycling companies. Three forms of recycling and processing were also identified, namely: (1) mechanical, with separation of materials by physical properties; (2) hydrometallurgical, by chemical leaching and (3) pyrometallurgical,

by applying heat to recover metallic alloys. As for the impact comparison between the combustion engine and the electrified one, the environmental gains with the use of clean energy as opposed to the burning of oil, highly polluting, were demonstrated. On the other hand, there are socioeconomic problems arising from the difficulties of Brazilian companies, and their respective assemblers, preparing their industrial park and facilities to meet this new demand. In the end, it was concluded that both in socioeconomic and environmental terms it will be more favorable the introduction of vehicular electrification in comparison with the technology of the combustion engine. However, the way of recycling and reusing lithium-ion batteries and their components can be seen as a complicating factor, implying in several technological challenges.

Keywords: *Electric Vehicles; Lithium-Ion Batteries; Battery Recycling; Socio-Environmental Impact; Combustion Vehicles.*

Introdução

A composição atmosférica está se alterando com o passar dos anos e um dos fatores que causa essa mudança é a emissão de CO₂. Em 2010 estimou-se que o Brasil emitiu 1.246.477 Gg de CO₂, com o setor de transporte respondendo por 41,9% desse valor (VONBUN, 2015).

Como uma resposta a essas emissões e à dependência do uso do petróleo como combustível de veículos, os governos vêm estimulando a produção de automóveis com tecnologia *plug-in* (BARAN & LEGEY, 2011). Como decorrência, a produção mundial de veículos elétricos *plug-in* aumentou mais de 10 vezes entre 2011 e 2015, atingindo cerca de 500 mil unidades, mercado este liderado pela China que planeja um aumento de mais de 1000% nas vendas até 2025 (ARANHA, 2018). Essa nova tecnologia, na teoria, seria vantajosa devido ao menor impacto ambiental, já que diminuiria as emissões de CO₂, porém ainda

possui um custo muito alto no Brasil. Em função disso, vários países têm adotado medidas regulatórias alternativas a essa tendência, que, em geral, são cumpridas por meio de melhorias nos motores a combustão e em outros sistemas veiculares (CASTRO & FERREIRA, 2010).

Por definição um veículo do tipo *plug-in* é um tipo de automóvel elétrico, ou seja, as rodas são acionadas por um motor elétrico, abastecido por uma bateria, e que podem ser ligados à rede elétrica por uma tomada, sendo, dessa forma recarregados (BASSO, 2011). Outro tipo de carro elétrico é o híbrido, assim chamado por combinar um motor de combustão interna com um gerador, uma bateria e um ou mais motores elétricos (CASTRO & FERREIRA, 2010).

Tanto os veículos do tipo *plug-in* quanto os híbridos podem ser fabricados com diferentes tipos de baterias, entre elas existem as de Hidreto Metálico de Níquel,

Chumbo-ácido, Sal fundido do tipo Zebra, Íon-lítio, Íon-lítio-cobalto, entre outras (AZEVEDO, 2018). Todas estas apresentam ainda alguma limitação quanto ao custo, autonomia e vida útil, motivo que estimula as empresas atualmente a continuar na busca de novas tecnologias que agreguem melhorias, de modo a torná-lo mais viável.

De modo mais específico, as baterias de Hidreto Metálico de Níquel (NiMH) são altamente resistentes e com vida útil estimada em 10 anos, porém podem ter seu custo elevado devido a variação do preço do níquel (SANTOS & ROCHA, 2017). Outra limitação se refere ao fato de não poderem ser descarregadas por completo, o que prejudica sua aplicação em veículos elétricos puros (CASTRO, BARROS & VEIGA, 2013).

Já a bateria de Chumbo-ácido (PbA) possui grande desvantagem devido ao custo, assim como em termos de ciclo de vida e aspectos relativos ao descarte e reciclagem, devido aos seus componentes perigosos que são o chumbo e o ácido sulfúrico (BARAN & LEGEY, 2011). Esse tipo de bateria apesar de muito utilizado no Brasil já é considerada ultrapassada, pois mundialmente existem alguns casos de empresas fabricantes de baterias PbA que passaram a produzir e pesquisar baterias de íon-lítio (CASTRO, BARROS & VEIGA, 2013).

As baterias do tipo Zebra (Zeolite

Battery Research Africa Project) têm como limitação a necessidade de aquecimento mínimo de 270 °C para funcionamento apropriado, o que acaba exigindo um consumo maior de energia, apesar de apresentar como vantagem a ausência de materiais tóxicos (AZEVEDO, 2018). Entretanto, seu principal limitante é o fato de serem desenvolvidas apenas por uma empresa, enquanto há várias empresas pesquisando as alternativas (CASTRO & FERREIRA, 2010).

Porém, entre as baterias citadas, a mais utilizada é a de Íon-lítio, devido ao grande conhecimento desse sistema e ao seu uso em vários outros segmentos, além do lítio ser mais leve em comparação aos outros materiais utilizados (SANTOS, 2017). Essas baterias possuem alta capacidade de armazenamento energético, baixa toxicidade e operam em temperaturas próxima a temperatura ambiente, porém a principal desvantagem dessa bateria é seu alto custo (GUIMARÃES, 2017).

Existe também um subtipo para as baterias de Íon-lítio, nas quais se dá a utilização de cobalto como cátodo, resultando em maior energia específica, porém alto custo, sendo ainda limitada principalmente pela pouca quantidade de cobalto disponível no planeta (GUIMARÃES, 2017).

Como as baterias de Íon-lítio são as

mais utilizadas para os veículos elétricos e a sua versão com o cobalto possui grande potencial energético, torna-se preocupante o possível impacto ambiental negativo em decorrência a extração de cobalto. Dois terços de cobalto, ou 66 mil toneladas por ano, são extraídos no Congo, onde a Anistia Internacional, em relatório de 2016, indica que milhares de crianças, algumas com sete anos de idade, trabalham na extração do minério em condição de trabalho escravo (NASTARI, 2018). Isso indica um dos pontos de preocupação com a extração de matérias-primas utilizadas na fabricação de alguns tipos de baterias, principalmente com a crescente demanda do mercado de carros elétricos. Ainda segundo Nastari (2018), o preço do cobalto dobrou em 2017, chegando a valer US\$ 75 mil por tonelada, e devido à ausência de políticas públicas no território africano, o número de crianças, com trabalho escravo, acompanhou esse aumento.

Com o incentivo ao aumento de produção e uso de carros elétricos, fica clara a relevância da discussão sobre os reais impactos positivos em termos ambientais de uma possível substituição da frota por este tipo de veículo, levando em consideração principalmente as estratégias e exigências para o reuso ou descarte dessas baterias e a adequação do Brasil neste cenário.

Atualmente existem ações governamentais nacionais e internacionais de incentivo ao carro elétrico, destacando-se: bônus aos compradores de veículos elétricos, descontos em tributos, adoção de restrições à utilização de veículos convencionais, auxílio à pesquisa e implantação de infraestrutura (CASTRO & FERREIRA, 2010). De qualquer forma, futuramente será inevitável para o país não priorizar essa tecnologia, uma vez que em 2018 foi aprovado o programa “Rota 2030”, que prevê a diminuição das emissões de CO₂ e do consumo de combustível (SILVA & VELOSO, 2017). Além disso, segundo Silva (2019) diversos países da Europa já possuem medidas de restrição a veículos de combustão, como para os a Diesel, até 2040, assim como as próprias montadoras possuem planos para que parte da frota seja híbrida ou elétrica.

Objetivos

Esse trabalho teve como objetivo principal avaliar o aumento de carros elétricos na sociedade e alguns de seus possíveis impactos socioambientais. Especificamente, o presente focou em três pontos: (1) em levantar as formas de reaproveitamento das baterias de íons de lítio, (2) realizar uma comparação sobre o impacto ambiental de um veículo movido a

motor a combustão e um elétrico e (3) levantar informações sobre como as concessionárias estão se preparando para o descarte e reciclagem de baterias de carros elétricos.

Material e Métodos

A metodologia utilizada para a realização desse trabalho foi a pesquisa exploratória e de natureza mista, com dados quantitativos e qualitativos. Os levantamentos bibliográficos foram feitos utilizando as bases de dados *Google Scholar* e *Science Direct* em português e inglês. A busca foi realizada a partir dos descritores: “impacto ambiental baterias”, “descarte baterias”, “reciclagem carro elétrico”, “impacto ambiental carro elétrico”, “tipos de baterias de carros elétricos”, “Reciclagem de baterias de carros elétricos”, “Impactos ambientais causados pelas baterias de carros elétricos” e “Impactos causados pelo aumento de carros elétricos na sociedade”. Em termos de critérios temporais foram buscadas referências entre 2005 e 2020.

Além disso, informações adicionais foram recebidas do professor e especialista da área automobilística, Ricardo Takahira, CEO da empresa RTC2 – Pesquisa & Tecnologia, o qual forneceu informações privilegiadas sobre o cenário em torno do tema.

Desenvolvimento

Formas de Reaproveitamento das Baterias de Íons de Lítio

A substituição da frota de veículos à combustão por veículos elétricos é um futuro provável, já que muitos países estão criando políticas e regulamentações proibindo a comercialização de veículos à combustão (VOLAN, VAZ & URIONA-MALDONADO, 2019). Por conta disso o mercado das baterias utilizadas nesse tipo de veículo deve aumentar proporcionalmente.

As empresas com atuação na produção, tratamento ou reciclagem de baterias são poucas, por se tratar de um mercado recente. Essas empresas podem ser classificadas em três grupos: (1) empresas de exploração de lítio, (2) produtoras de baterias de íons de lítio e veículos elétricos e, por último, (3) empresas de reciclagem, como a Umicore (CASTRO & CONSONI, 2020).

As baterias de íons de lítio são pouco recicladas quando comparadas com as de chumbo-ácido, que possuem um índice de reciclagem de 99% (HEELAN *et al.*, 2016). Ainda segundo estes autores, isso ocorre por conta da legislação que obriga a reciclagem do chumbo devido a sua toxicidade. No Brasil a Resolução número

257 do Conama regulamenta o descarte de pilhas e baterias, porém não estabelece metas específicas para a coleta destas, como acontece na Europa, diminuindo a eficiência da regulamentação (SPINOSA & TENÓRIO, 2005).

Atualmente, a principal razão para a reciclagem em grande escala é uma sociedade mais sustentável e cíclica, que recupera materiais em vez de descartá-los (HEELAN *et al.*, 2016). Essa prática seria de particular importância no cenário das baterias de carros elétricos, já que muitas delas, principalmente as peças de íons de lítio, consomem recursos naturais como cobalto, níquel e lítio para sua produção.

Para a reciclagem de baterias comumente são usados três tipos de processamentos. O primeiro é o processamento mecânico, onde a separação dos materiais é feita por propriedades físicas, como tamanho. É normalmente utilizado como pré-tratamento para facilitar a reciclagem, concentrando a fração metálica e eliminando a necessidade de processos de purificação do material lixiviado (ARANHA, 2018). O segundo processamento é o hidrometalúrgico, onde é utilizada a lixiviação química para recuperar os materiais. Esse processo tem baixo custo de implantação e utiliza solventes comuns e baratos, que podem ser tratados e reutilizados, porém esse

processo traz como desvantagem a geração de efluentes tóxicos (COSTA, 2010). Já o terceiro corresponde ao processamento pirometalúrgico, que utiliza o calor para recuperar as ligas metálicas. Esse processo possui elevado gasto energético e grande geração de emissões gasosas (ARANHA, 2018), exigindo um sistema de tratamento de gases que, associado a alto consumo de energia, o torna consideravelmente mais caro do que o hidrometalúrgico. Apesar disso, estes ainda são os processos mais utilizados mundialmente (COSTA, 2010) e, a medida que a indústria de veículos elétricos cresce, o processo de reciclagem das baterias deve se tornar mais viável (CASTRO & CONSONI, 2020).

Segundo Heelan e colaboradores (2016) esse tipo de reciclagem ainda não se tornou comum por três motivos. Primeiramente, as tecnologias atuais não trazem lucro suficiente, por não recuperarem todos os materiais valiosos utilizados como matéria prima na bateria. O segundo motivo é a química catódica desse tipo de bateria que está evoluindo rapidamente, o que dificulta a criação de um processo único de reciclagem. O terceiro motivo é a falta de políticas governamentais que obriguem a reciclagem, como ocorre para outros tipos de baterias.

Além da reciclagem há a opção de aplicações de segunda vida para essas

baterias. Quando utilizada em carros híbridos ou elétricos a bateria é considerada não adequada quando atinge 80% de sua capacidade original (HEELAN *et al.*, 2016). Assim, essa bateria deixa de ser utilizável para carros elétricos, mas pode ser reaproveitada em outros segmentos antes de precisar ser descartada ou reciclada, reduzindo ainda mais as emissões atribuíveis aos veículos elétricos (CASTRO & CONSONI, 2020).

A bateria de segunda vida pode ser utilizada em diversos setores, como o de geração de energia para iluminação e em alternativas aplicadas em climatização, refrigeração ou aquecimento. Nestes casos, o tempo de vida destas baterias é de aproximadamente seis anos (LI, DABABNEH & ZHAO, 2018). Na sequência ela volta para o ciclo, podendo ser reciclada ou então destinada ao aterro (VOLAN, VAZ & URIONA-MALDONADO, 2019).

Comparação do Impacto entre Motor de Combustão e Elétrico no Ambiente

Em relação à sustentabilidade, a conversão de energia elétrica, utilizada nos carros puramente elétricos, em mecânica não produz qualquer tipo de poluição (SANTOS, 2017). Por outro lado, os veículos movidos por combustão necessitam de queima do combustível para geração de

movimento no motor, o que libera grande quantidade de gás carbônico e monóxido de carbono, entre outros poluentes (AZEVEDO, 2018).

Porém, isso não significa que o veículo elétrico não cause impacto ambiental negativo, existindo dois pontos principais que são importantes para essa definição. O primeiro deles se refere ao pontuado anteriormente, uma vez que as baterias utilizadas para o armazenamento de energia nos carros elétricos precisam ser descartadas corretamente para que os metais pesados não causem poluição (SANTOS, 2017). O descarte dessas baterias não é realmente viável pois as matérias primas utilizadas muitas vezes possuem reservas finitas, tornando a reciclagem essencial para o mercado (AZEVEDO, 2018).

Esse é um ponto crítico para o Brasil na atualidade, pois como o consumo de veículos elétricos ainda é pequeno, não é viável a adaptação das fábricas para reciclagem no país (DW Brasil, 2020). Atualmente, para reciclar essas baterias, é necessário contratar empresas terceiras que reciclarão as baterias em outros países já detentores da estrutura necessária, como Bélgica e Noruega. É o caso da Umicore, empresa europeia que se posiciona entre as principais fornecedoras de materiais essenciais para baterias recarregáveis utilizadas em eletrônica portátil e veículos

elétricos (CASTRO & CONSONI, 2020).

Outro fator importante a ser analisado é como foi produzida a eletricidade utilizada, se foi proveniente de fontes renováveis ou não. Nesse caso o veículo elétrico pode ser a melhor ou pior solução, em termos de emissões de CO₂ (FREYSSENET, 2012). Segundo o site do Governo do Brasil, o Ministério de Minas e Energia afirmou que cerca de 83% da matriz elétrica do Brasil é originada de fontes renováveis, o que ajuda a diminuir o impacto ambiental gerado pelos veículos elétricos. Além disso, o motor elétrico também possui uma eficiência de 90%, mais que o dobro da eficiência do motor a combustão, que é de 40% (BARAN & LEGEY, 2011). Isso significa que a energia utilizada no veículo elétrico é melhor aproveitada em relação ao motor a combustão, que acaba desperdiçando mais que metade da energia utilizada.

Apesar dessas vantagens, o custo do carro elétrico atualmente é muito superior ao do carro a combustão, sendo necessário analisar também o custo por quilometro rodado, que apesar de não afetar diretamente o meio ambiente, é um ponto importante para garantir a preferência do consumidor. Segundo Silva (2019), em uma comparação entre um veículo elétrico Tesla Model S e um veículo movido a gasolina, Volkswagen Up! TSI, o abastecimento do

Tesla foi 62% mais barato que o Volkswagen. Vale ressaltar que o Up! é um dos carros mais econômicos do Brasil, porém a comparação entre marcas e custos muito diferentes pode afetar o resultado final.

Outro estudo comparativo feito por Azevedo (2018) comparou o custo por quilometro rodado entre dois carros da Renault, sendo eles um Zoe elétrico e um Sandero a combustão. O primeiro custou R\$ 0,09 por quilômetro rodado, enquanto o segundo R\$ 0,27, chegando a uma economia muito próxima a do estudo entre o Tesla e Volkswagen.

Uma característica importante que contribui para essa diferença é que o carro elétrico não consome energia quando fica parado no trânsito, ao contrário do carro convencional, cujo motor permanece em funcionamento (SANTOS, 2017). Esse é um ponto relevante para grandes centros urbanos como São Paulo, onde o trânsito congestionado faz parte do cotidiano da população.

Além disso, os pontos de impacto ambiental e de viabilidade econômica dependem diretamente da tecnologia e dos custos de geração de energia elétrica (VONBUN, 2015). Os custos da geração de energia, mediante esta modalidade tecnológica foi abordado por Ornellas (2013), efetuando o impacto na Cidade de São Paulo e um comparativo com outras

idades do mundo. Fica patente que a cultura e os costumes de cada região influenciam diretamente o que se denomina como “consumo colaborativo”. Dessa forma a contabilização dos custos torna-se diferenciada e mais complexa frente aos valores considerados pela população de cada país. O estudo conclui que a adoção da tecnologia elétrica poderá beneficiar a Cidade de São Paulo sob os aspectos ambientais e econômicos.

Como as Concessionárias estão se preparando para o Descarte e a Reciclagem de Baterias de Carros Elétricos

Estudos para reutilizar, reduzir, remanufaturar, retestar e propor projetos de “segunda vida” para as novas baterias têm sido debatidos no programa ROTA 2030 (CLARO JUNIOR E SANTOS, 2020). Trata-se de Programa de Mobilidade e Logística que representa parte da estratégia elaborada pelo Governo Federal para desenvolvimento do setor automotivo no país (TAKAHIRA, com. pes.). Ainda segundo este especialista, mesmo com o programa apresentando supostos princípios de sustentabilidade ambiental e cidadania, constata-se que nenhuma montadora e/ou rede de concessionárias está priorizando o assunto, focando em parâmetros funcionais de desempenho como densidade de energia

por quilo [kWh/kg], preço por quilowatt [US\$/kW], tamanho por quilowatt [cm³/kW], peso, potência, volume, custos de fabricação, vida útil, estabilidade química, segurança operacional, entre outros. Estes são considerados, neste primeiro momento, como muito mais importantes do que o suposto impacto ambiental associado as novas tecnologias de baterias. Contudo, as decisões e as estratégias propostas indicam que as grandes empresas seguradoras representam o setor mais proativo e interessado no estudo e previsão dos eventuais impactos ambientais causados pela nova geração de baterias automotivas (TAKAHIRA, com. pes.). O motivo deve-se aos riscos associados à adoção dessa nova tecnologia que provocará um aumento sensível na demanda de contratos de seguros, tanto pelos fabricantes, como pelos usuários. O artigo de Mello (2019) constata esta situação no estudo realizado na adoção de patinetes elétricos. As empresas de seguro SOMPO e HDI firmaram contratos com as empresas Yellow e Grin, respectivamente, frente a esta nova situação geradora de riscos incorridos com a introdução de novas tecnologias.

Considerações Finais

É possível concluir que apesar da grande visibilidade na mídia relacionada as

vantagens dos carros elétricos, quando avaliada toda cadeia de produção essa depende da atenção e atendimento a vários pontos. É necessário reforçar que a produção, o descarte e os tipos das baterias utilizadas podem provocar impactos negativos consideráveis se as estratégias e cuidados recomendados não forem respeitados. O reaproveitamento das baterias é outro ponto importante para garantir que a bateria será utilizada até o fim de sua vida útil, mesmo que não seja nos carros elétricos.

Na comparação direta entre os carros movidos a combustão e os elétricos é possível notar que estes últimos trazem benefícios ambientais, além de possuir um melhor rendimento. Esses fatores, além das questões regulatórias de diversos países obrigando a diminuição de emissões de CO₂, fazem com que várias marcas de carros estejam focando em modelos elétricos. Entretanto, mesmo que essa nova tecnologia traga benefícios ambientais, continua sendo fundamental a aplicação de medidas de controle na utilização e no descarte das baterias. Essa responsabilidade ficará com as grandes empresas, sejam elas concessionárias ou seguradoras, que serão o ponto chave para definição do impacto ambiental causado pelas baterias e a evolução da frota veicular.

Agradecimentos

É um grande prazer reconhecer a colaboração do ilustríssimo especialista da área automobilística, o Professor Ricardo Takahira. Com sensível satisfação e apreço, os autores agradecem toda a atenção, a dedicação empenhada, bem como todas as informações gentilmente compartilhadas.

Referências Bibliográficas

- ARANHA, W. M. **Caracterização de bateria recarregável de lítio de veículos híbridos visando sua reciclagem**. Dissertação. Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2018.
- AZEVEDO, M. H. D. **Carros elétricos: viabilidade econômica e ambiental de inserção competitiva no mercado brasileiro**. Dissertação. Universidade Federal de Ouro Preto. 2018.
- BARAN, R.; LEGEY, L. F. L. **Veículos elétricos: história e perspectivas no Brasil**. *BNDES Setorial*, v. 33, p. 207-224, 2011.
- BASSO, C. **O impacto dos veículos elétricos plug-in no sistema elétrico de potência**. Dissertação. Universidade Federal do Pampa. 2011.
- CASTRO, B. H. R. D.; BARROS, D. C.; VEIGA, S. G. D. Baterias automotivas: panorama da indústria no Brasil, as novas tecnologias e como os veículos elétricos podem transformar o mercado global. *BNDES Setorial*, v. 37, p. 443-496, 2013.
- CASTRO, B. H. R. D.; FERREIRA, T. T. Veículos elétricos: aspectos básicos, perspectivas e oportunidades. *BNDES Setorial*, v. 32, p. 267-310, 2010.
- CASTRO, C. P.; CONSONI, F. L. Diagnóstico dos cenários de manejo ambiental do uso e disposição final de baterias de lítio de veículos elétricos. *Revista Científica E-Locução*, v. 1, n. 17, p. 19, 2020.

- CLARO JUNIOR, J. A.; SANTOS, L. B. Estados e indústria automobilística no Brasil: Análise das políticas Inovar-Auto e Rota 2030. *Entre-Lugar*, [S. l.], v. 11, n. 21, p. 101-127, jun. 2020.
- COSTA, R. C. D. **Reciclagem de baterias de íons de lítio por processamento mecânico**. Tese. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. p. 129. 2010.
- DW Brasil Deutsche Welle. **O desafio de reciclar baterias de veículos elétricos**. Publicado em 28jan2020. Disponível em: < <https://www.dw.com/pt-br/o-desafio-de-reciclar-baterias-de-ve%C3%ADculos-el%C3%A9tricos/a-52178600> >. Acesso em 22dez2020.
- ESPINOSA, D. C. R.; TENÓRIO, J. A. S. Reciclagem de baterias: análise da situação atual no Brasil. *Revista Brasileira de Ciências Ambientais*, n. 2, p. 14-20, 2005.
- FREYSSENET, M. The second automotive revolution is underway. The scenarios in confrontation. In: CALABRESE, G. **The greening of the automobile industry**. Palgrave Macmillan, p. 304-322, 2012.
- Governo no Brasil. Disponível em: <<https://www.gov.br/pt-br/noticias/energia-minerais-e-combustiveis/2020/01/fontes-de-energia-renovaveis-representam-83-da-matriz-eletrica-brasileira#:~:text=Fontes%20de%20energia%20renov%C3%A1veis%20representam%2083%25%20da%20matriz%20el%C3%A9trica%20brasi>>. Acesso em: 18 Setembro 2020.
- GUIMARÃES, G. K. F. **Inserção de carros elétricos no Brasil: avaliação da demanda e reservas de lítio**. Dissertação. Centro Universitário de Formiga. 2017.
- HEELAN, J.; GRATZ E.; ZHENG Z.; WANG O.; CHEN M.; APELIAN D.; WANG Y. Current and prospective Li-ion battery recycling and processes. *JOM*, v. 68, 2016.
- LI, L.; DABABNEH, F.; ZHAO, J. Cost-effective supply chain for electric vehicle battery remanufacturing. *Applied Energy*, p. 277-286, 2018.
- MELLO, E.C. **O direito do consumidor aplicado à compra e aluguel de patinetes elétricos no Brasil**. Revista de Educação do Vale do Arinos (RELVA). Juara/MT/Brasil, v.7, n.1, p. 50-74, 2019.
- NASTARI, P. M. Não podemos errar. *AgroAnalysis*, v. 38, p. 18-19, 2018.
- ORNELLAS, R. **Impactos do consumo colaborativo de veículos elétricos na Cidade de São Paulo**. *Future Studies Research Journal: Trends and Strategies*. ISSN 2175-5825. São Paulo, v.5, n.1, p.33-62, jan./jun.2013.
- SANTOS, A. C. F. D. R. **Análise da viabilidade técnica e econômica de veículo elétrico versus veículo a combustão**. Dissertação. Universidade Federal de Santa Maria. 2017.
- SANTOS, D. R. D.; ROCHA, C. A. S. Monitoramento tecnológico sobre baterias aplicadas à indústria automotiva: estudo dos depósitos de patentes no Brasil. *Cadernos de Prospecção*, v. 10, p. 47-55, 2017.
- SILVA, M. H. C. **Estado da arte da utilização de baterias em veículos elétricos**. Dissertação. Universidade Federal do Ceará. 2019.
- SILVA, T. L. O.; VELOSO, L. G. Cenário macroeconômico e automobilístico no período de 2014 a 2017, e os impactos do rota 2030. **IV Congress of Industrial Management and Aeronautical Technology**. 2017.
- VOLAN, T.; VAZ, C. R.; URIONA-MALDONADO, M. **Difusão de veículos elétricos e baterias em fim de vida - o caso da Noruega para 2040**. Dissertação. Universidade Federal de Santa Catarina. 2019.

VONBUN, C. Impactos ambientais e econômicos dos veículos elétricos e híbridos plug-in: uma revisão da literatura. No. 2123. **Texto para Discussão**. 2015.