

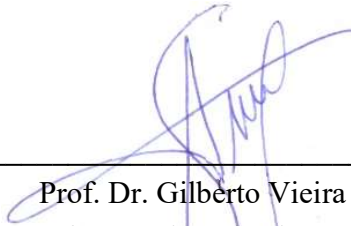
Daniel Besse Garnica e Douglas Bilancieri

COMERCIALIZAÇÃO DA BATERIA CHUMBO ÁCIDO E SUA RECICLAGEM

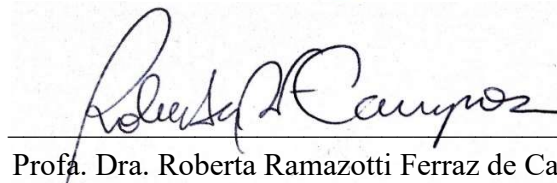
Trabalho de Conclusão do Curso Superior de Bacharelado em
Engenharia de Produção da Faculdade FGP, Pederneiras/SP.
Orientadora: Prof. Dr. Gilberto Vieira

Pederneiras, 14 de dezembro de 2022.

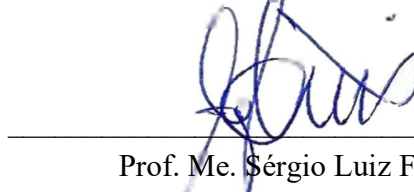
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Gilberto Vieira
Professor Orientador do TCC
Faculdade FGP



Profa. Dra. Roberta Ramazotti Ferraz de Campos
Professora Orientadora de Metodologia Científica
Faculdade FGP



Prof. Me. Sérgio Luiz Francisco
Professor Coordenador Acadêmico
Faculdade FGP

APROVADO (X) REPROVADO ()

COMERCIALIZAÇÃO DA BATERIA CHUMBO ÁCIDO E SUA RECICLAGEM

Daniel Besse Garnica (Faculdade FGP) danielbgarnica@gmail.com

Douglas Bilancieri (Faculdade FGP) douglas.hard4@hotmail.com

Professor Doutor Gilberto Vieira gvieira@fgp.com.br

Resumo

As baterias chumbo-ácido ainda são importantes meio de energia. Estão no mercado há muito tempo, especialmente as utilizadas em veículos, iluminação de emergência, caminhões, caixas eletrônicos e muito mais. Esse estudo é uma análise bibliográfica sobre a produção, comercialização e reciclagem do acumulador de energia chumbo-ácido, como também as exigências legais e órgãos regulatórios para se ter uma produção estável, possibilitando o controle de qualidade de todas as etapas produtivas da bateria com menor desperdício possível. Normas regulatórias de cunho produtivo, ambiental e qualitativo ditam padrões a serem seguidos pelos fabricantes. Sendo assim, estratégias se fazem necessárias para atender essas exigências do INMETRO, e, também, minimizar as anomalias e não conformidades que tornam a bateria inútil para a comercialização ou retrabalho. E, quando inutilizada, a temática do que deve ser feito com este item é alvo debate constante, tendo em vista o potencial prejuízo ao meio ambiente que pode acarretar.

Palavras-chave: Acumuladores chumbo-ácido; Qualidade; INMETRO; Bateria.

Abstract

Lead-acid batteries are still an important means of energy. They've been on the market for a long time, especially those used in vehicles, emergency lighting, trucks, ATMs and more. This study is a bibliographical analysis on the production, commercialization and recycling of the lead-acid energy accumulator, as well as the legal requirements and regulatory bodies to have a stable production, allowing the quality control of all the productive stages of the battery with less possible waste. Regulatory norms of a productive, environmental and qualitative nature dictate standards to be followed by manufacturers. Therefore, strategies are necessary to meet these INMETRO requirements, and also to minimize anomalies and nonconformities that make the battery useless for commercialization or rework. And, when unused, the theme of what should be done with this item is the subject of constant debate, in view of the potential damage to the environment that it can cause.

Keywords: Lead-acid accumulators; Quality; INMETRO; Drums.

1. Introdução

A bateria de chumbo representa uma das maiores evoluções na história da indústria mundial. No início do século XX, as baterias automotivas fizeram parte de uma revolução, formando uma das indústrias que se estabeleceram com a crescente difusão dos automóveis. Na época em que foi criada, a bateria surgiu no mercado para substituir a indústria de carruagens e toda a sua cadeia produtiva. Criada pelo francês Gaston Planté em 1859, a bateria de chumbo foi a primeira a ser comercializada. Por se tratar de um sistema pesado demais para pequenos aparelhos, essa bateria é aconselhada para carros, *no break* e iluminações de emergência. Segundo Fogaça (2022), várias placas podem ser empilhadas para maior desempenho e capacidade, tal *design* possibilitou a produção em massa dessa bateria, entrando no mercado mundial com pioneirismo. Seu princípio básico não mudou desde 1859, sendo também a primeira bateria secundária (aquela que é possível ser recarregada). Já são em torno de 6 pessoas para cada carro neste mundo. Automóveis, comerciais leves e veículos pesados já somam 1,4 bilhão em todo o mundo. Esse número exclui tratores, máquinas de obras, motocicletas, e outros veículos de uso industrial. A frota mundial era de 985 milhões. A partir de 2008, houve um aumento real de em torno de 42% da produção, sendo a bateria uma das principais peças do veículo. Assim, no ramo automobilístico, o acumulador de energia mais utilizada no mundo (SOBRAL, 2008).

No presente artigo será descrito como a bateria de chumbo ácido funciona, o porquê é a bateria com meio de produção mais viável e melhor consolidada no país, mesmo com novas tecnologias entrando no mercado como as pilhas alcalinas e de lítio, o seu processo de montagem e a importância da reciclagem da bateria, junto com a correta forma de descarte que parte dos consumidores até os revendedores do produto.

2. Justificativa

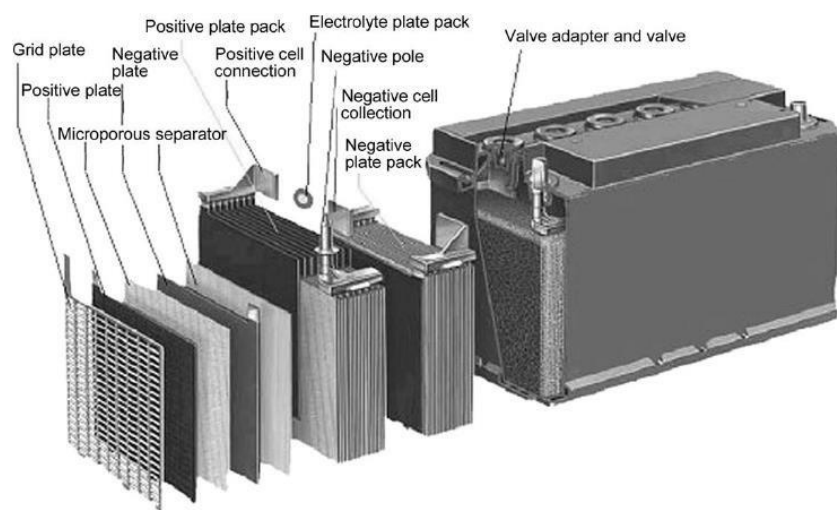
A bateria automotiva nada mais é do que uma acumuladora de energia. Sua função é entregar energia para o carro sempre que precisar, ou seja, na hora de acionar o motor de partida (ligar o carro) e para ligar qualquer item eletrônico. Uma bateria de chumbo ácido tem a vida útil em torno de 2 a 4 anos (MOURA, 2022).

A bateria, por ser uma solução química, apresenta vários riscos para a saúde e ao meio ambiente. O descarte inadequado de pilhas e baterias expõe o solo, cursos d'água e até o ar, caso haja queima desses materiais, à contaminação por produtos tóxicos perigosos como cádmio, chumbo, mercúrio, manganês, cobre, níquel, lítio, cromo e zinco. Além dos danos ambientais percebe-se que nossa saúde pode ser afetada, mesmo sem entrar em contato direto com resíduos químicos presentes em pilhas e baterias. O solo contaminado, por exemplo, afeta o alimento que vem para nossa mesa. Na água que chega pela torneira, também pode haver vestígios desses produtos. (SUSTENTAVEL, 2015).

3. Montagem da Bateria E Funcionamento

A montagem da bateria se resume por três itens principais que são eles: Caixa, polos e elemento acumulador. A caixa envolve todos os outros componentes da bateria. Feita hoje de polipropileno ou poli-carbonato, apresenta grande resistência a vazamentos, mantendo bem isolada a estrutura responsável por acumular a energia; polos que são as terminações que ligam a bateria ao sistema elétrico do carro. São protegidas por tampas, sendo por elas a passagem de energia que vai para o carro quando a bateria é acionada. Segundo Batebras (2019), toda bateria tem um polo positivo e outro negativo, que devem ser ligados corretamente para que a bateria funcione; e por fim o elemento acumulador que garante à bateria a função de armazenamento. São placas de chumbo dispostas de forma alternada entre positivas e negativas, mergulhadas em uma solução eletrolítica que reage com as placas, gerando corrente elétrica. Uma bateria automotiva deve conter seis elementos que, quando ligados entre si, desempenham uma tensão de 12 volts (FOGAÇA, 2022). Esses elementos também contam com separadores, são estruturas feitas de plástico ou papel que são colocadas entre as placas positivas e negativas para evitar que o contato gere curto-circuito, de acordo com a Figura 1.

Figura 1 - Principais componentes de uma bateria automotiva chumbo-ácido.



Fonte: Fogaça (2022).

Estima-se que uma bateria chumbo ácido tenha a vida útil de 2 a 4 anos e para que se alcance os 4 anos de vida útil é necessário que o proprietário do veículo tenha alguns cuidados, caso contrário, seu tempo útil pode ser diminuído à metade (BRAGA, 2019). O alternador do carro é um elemento que precisa de atenção, é necessário que ele não apresente problemas e funcione corretamente, pois, este item é responsável por recarregar a bateria. A energia gerada pelo alternador através da polia, gira o rotor que, através de eletromagnetismo, transforma a energia mecânica em energia elétrica, em forma de corrente alternada. O estator, por sua vez, passa essa energia para a placa de diodo, que transforma a corrente alternada em corrente contínua. Ao chegar no regulador de tensão, a tensão gerada pelo alternador é restringida entre 13,6v a 14,8v. A partir daí o alternador consegue carregar a bateria do carro e alimentar todos os componentes do veículo (MIXAUTO, 2019).

3.1 Especificações do INMETRO relacionado à bateria automotiva chumbo ácido.

O Instituto Nacional de Metrologia (INMETRO) informa na portaria n.º 299/2012 que o peso nominal de cada modelo de bateria chumbo-ácido deve se enquadrar na especificação normativa. O fabricante solicita o registro do produto junto ao INMETRO, e seu produto deve estar de acordo com as especificações necessárias, contendo informações sobre o peso, capacidade nominal, reserva de capacidade, resistência à vibração, entre outros. Assim, cada modelo produzido possui características intrínsecas à estes, de cumprimento por obrigatoriedade, como regula o órgão (CARNEIRO, 2017). As conformidades são demonstradas por meio de teste e inspeção, conforme referenciados na Tabela 1.

Quadro 1. Requisitos técnicos da qualidade.

Requisito Técnico da Qualidade	Ensaio	Documento de referencia
5.1	Inspeção visual externa	Item 9 do requisito de atividades críticas
5.2	Peso nominal	Item 5.2 dos requisitos técnicos da qualidade
5.3	Capacidade nominal	ABNT NBR 15940
5.4	Reserva de capacidade	ABNT NBR 15940
5.5	Corrente de partida a frio	ABNT NBR 15940
5.6	Consumo de água	ABNT NBR 15940
5.7	Resistência à vibração	ABNT NBR 15940
5.8	Retenção de eletrólito	ABNT NBR 15940
5.9	Estanqueidade	ABNT NBR 15940
5.10	Teor de mercúrio e cádmio	Resolução CONAMA 401/2008

Fonte: Carneiro (2017).

3.2. Importância da reciclagem da bateria.

As baterias, quando chegam ao fim de sua vida útil, são apontadas como um dos principais motivos de acúmulo de lixo eletrônico, que, por sua vez, é uma problemática gravíssima atual e altamente prejudicial ao meio ambiente. Contudo, partindo do viés de reaproveitamento, todos os componentes que constituem uma bateria possuem potencial para reciclagem, revelando um alto potencial de reaproveitamento de resíduos. Um dos itens mais utilizados na fabricação, com uma representatividade de 80%, o chumbo é um metal pesado com potencial de reciclagem diversa, sem perder sua estrutura físico-

química. Atualmente, no Brasil, o chumbo é considerado a principal fonte de matéria-prima, com, aproximadamente, 53% de representatividade dentre as utilizadas (SARAIVA, 2019).

Abordando o tema de reciclagem deste item, o processo pode ser ilustrado em algumas etapas, onde, de acordo com Luzzi (2022), o processo de logística reversa tem grande importância e influência, em que o responsável pela entrega das baterias pode recolher as com vida útil findada, a fim de otimizar o transporte e reaproveitamento destas.

Já no processo de reciclagem, na separação dos componentes, os pedaços de plásticos flutuam, o chumbo decanta e o ácido sulfúrico é armazenado no processo. O plástico das caixas e capas é moído, e posteriormente peletizado, estando pronto para nova fusão e criação de novas faixas e capas. As peças são lavadas, secas e enviadas para uma recicladora de plásticos onde as peças são derretidas. O plástico derretido é colocado em uma extrusora que produz pequenas peças peletizadas uniformemente.

Ainda como descreve Luzzi (2022), as grades de chumbo, óxido de chumbo e outras partes são limpas e derretidas em uma fundição. Esse processo cria um chumbo líquido, que é despejado em moldes que serão transformados nos chamados lingotes de chumbo. As impurezas flutuam no líquido que, com este ainda quente, são retiradas e os lingotes são deixados para resfriar e solidificarem. Após o resfriamento, são removidos das formas e enviados aos fabricantes de baterias, onde são derretidos novamente para formarem placas de chumbo e outras partes de uma nova bateria.

Por fim, o ácido sulfúrico utilizado nas baterias pode ser gerenciado de duas maneiras: a primeira é com o ácido neutralizado com um composto industrial, se transformando em água, sendo tratado e liberado na rede de esgoto, após análises. A outra possibilidade é o processamento que o converte em Sulfato de Sódio, um pó branco inodoro utilizado como sabão líquido para roupas, vidro e manufatura de tecidos. Assim o material que seria descartado é transformado em um produto útil.

Para garantir que o processo seja eficiente, é importante que o ciclo de vida das peças seja garantido, desde a primeira produção até a reutilização em segundo plano e, por fim, a reciclagem. A prática do descarte adequado proporciona ainda uma diminuição na quantidade de chumbo importado pelo Brasil. (LUZZI, 2022)

4. Metodologia

O presente trabalho é uma revisão bibliográfica que, segundo Prodanov e Freitas (2013), pode gerar novos debates e ideias sem uma prática prevista. Ainda, configura-se como uma pesquisa exploratória, com objetivo de aproximar os autores dos materiais utilizados e conteúdos acerca do tema, debatendo, desenvolvendo e propondo novas ideias sobre a temática em questão, com base nas problemáticas apresentadas, explanando a importância do item no cenário tecnológico atual e seu processo de fabricação e montagem, comercialização, utilização, descarte e reaproveitamento, repassando todo o ciclo de vida do produto. Trata-se de um estudo qualitativo, não se lançando mão de técnicas ou métodos estatísticos para se chegar a uma conclusão, interpretando os dados relacionados a outros trabalhos e autores especializados.

5. Resultados e Discussão

5.1. Processo produtivo analisado

A estabilidade do processo na produção da bateria chumbo ácido é essencial para que o produto final possa atingir as especificações exigidas pelas normas vigentes, primeiramente a produção das placas de chumbo, massa composta de pó de chumbo e aditivos, grade metálica e fluido de bateria (solução eletrolítica). Em seguida, é inserida no bloco de plástico certa quantidade de placas, de acordo com seu modelo e amperagem, correspondendo em 85% do peso total do acumulador de energia. Por fim, a selagem da tampa e sobre tampa, como também, a formação dos polos de chumbo, negativo e positivo.

Todo o processo de fabricação visa a fabricação de um produto que atenda aos padrões de qualidade, e, a fuga aos padrões de qualidade faz com que o Instituto Nacional de Metrologia (INMETRO) não aprove o componente, impactando no processo de montagem deste, elevando o custo de fabricação e o volume de rejeitos produzidos. Por outro lado, uma placa com massa insuficiente tem o rendimento reduzido e não consegue acumular energia suficiente para garantir o seu funcionamento. Caso essa falha ocorra essa bateria não poderá ser retrabalhada e então passará pelo descarte, consequente reciclagem. A Figura 2 ilustra a placa de chumbo, componente importante na montagem das baterias.

Figura 2. Placa de chumbo.



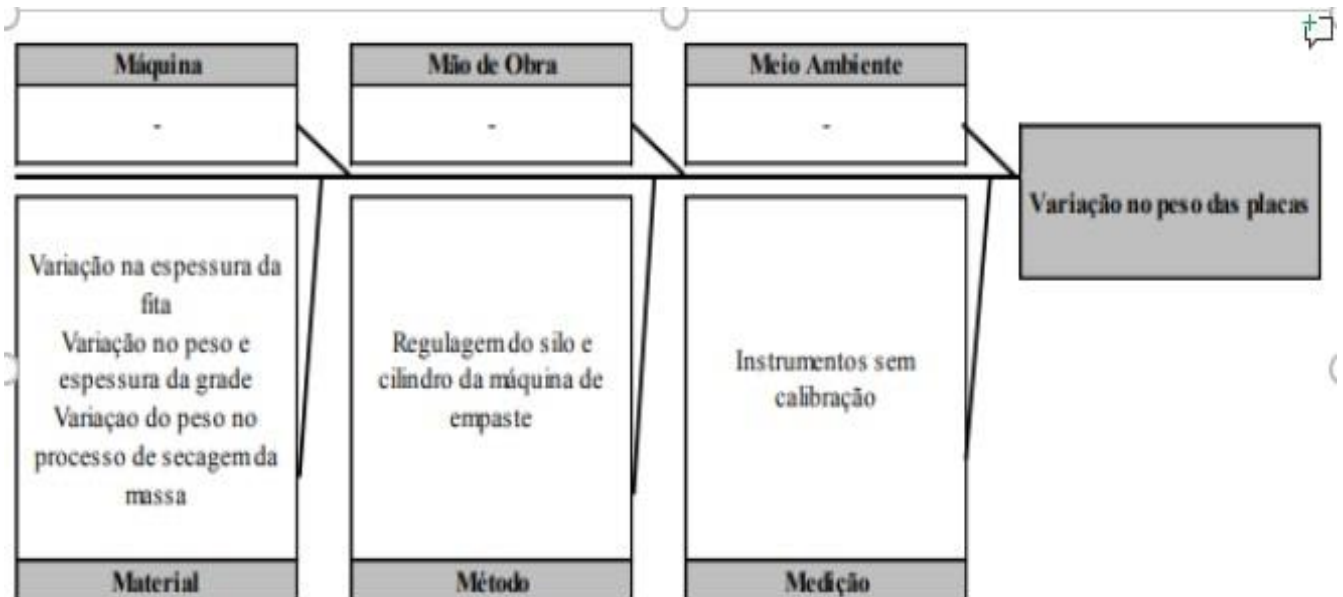
Fonte: Carneiro (2017).

5.2. Possíveis causas da variação do peso das placas

As possíveis causas da variação de peso oriundo do processo produtivo das baterias podem ser estudadas através de uma ferramenta de investigação de causa raiz

bem conhecida, o diagrama de Ishikawa, lançando mão das possibilidades de forma analítica, conforme é observado na Figura 3.

Figura 3. Causas possíveis da variação do peso da placa.



Fonte: Carneiro, 2017.

Uma ferramenta proposta e utilizada de forma eficaz foram as cartas de controle, visando o controle e estabilidade de peso na fabricação, estabelecendo limites de máximo e mínimo, uma régua aceitável limitando a variação possível, possibilitando a estabilidade ao restante do processo, respeitando as especificações exigidas, diminuindo a produção de rejeitos e diminuição de custos de fabricação e processos posteriores que seriam necessários (transporte de rejeitos, reaproveitamento, entre outros.).

Outro ponto considerado crucial no processo de qualidade do processo é a calibração e manutenção preventiva envolvida nas máquinas pertinentes à fabricação, garantindo maior estabilidade ao processo e melhoria dos itens.

5.3. Necessidade das ISO: 9001, ISO: 14001 e IATF: 16949.

Para que uma empresa possa produzir a bateria chumbo ácido, são obrigatórias as certificações ISO: 9001, ISO:14001 e a IATF: 16949. Na ISO 9001 é necessário certificar-se que a bateria se encaixa nos padrões exigidos pela norma, garantindo a qualidade do processo produtivo. Se dentro dos padrões da Norma, o produto se torna

um diferencial com a melhora da sua imagem entre os clientes, fornecedores, colaboradores e os demais *stakeholders*.

No tocante ao descarte das baterias, a ISO 14001:2015 certifica a empresa visando um aprimoramento entre empresa e o sistema de gestão ambiental, estar conhecedora e segura sobre políticas ambientais praticadas ou demonstrar estar de acordo com práticas sustentáveis a clientes e a organizações externas. É necessário que o descarte e reciclagem da bateria seja feita de forma correta dentro da Norma ISO 14001, que analisa de forma mais crítica o descarte e a reutilização da bateria, garantindo reais reduções dos resíduos e efluentes do produto.

Já a IATF 16949:2016, *International Automotive Task Force*, é uma especificação técnica para sistemas de gerenciamento de qualidade do setor automotivo, que enfatiza a prevenção de defeitos e a redução de variações e desperdício na cadeia produtiva e garante que a empresa não só cumpra os requisitos do sistema de gestão da qualidade da bateria, mas também implementa eficazmente processos de melhoria contínua, capaz de prevenir erros, manter a frequência da qualidade do produto e do procedimento, além da continuidade da produção corrente. Com mais de 65.000 fornecedores em todo mundo certificados na IATF 16949, a norma tornou-se um dos padrões internacionais mais amplamente utilizados na indústria automotiva.

Os requisitos, interações e *Core Tools* são: APQP – Planejamento Avançado da Qualidade do Produto, PPAP – Processo de Aprovação de Peças de Produção, FMEA – Análise de Modos e Efeitos da Falha, CEP – Controle Estatístico do Processo e MAS – Análise do Sistema de Medição.

A Figura 4 apresenta os emblemas.

Figura 4. Emblemas.



6. Considerações Finais

Como é veiculado pelos autores citados, o processo de fabricação de baterias de chumbo é algo que tem relação intrínseca com a produção de rejeitos delicados ao meio-ambiente e, olhando pela ótica produtiva citada em outros momentos, a constante necessidade de uma produção assertiva, visando o atendimento às demandas obedecendo à um custo pré-estipulado objetivando o retorno monetário aos acionistas.

Uma junção interessante destes aspectos são os processos de regulatórios citados ao final deste trabalho, as normas que visam estabelecer padrões, palavra essa muito atrelada à qualidade, que reflete diretamente num melhor aproveitamento. A qualidade e padronização num processo fabril, em absoluto para qualquer segmento, atrela a diminuição de rejeitos, otimização de recursos, mitigação de possíveis acidentes de trabalho, organização de ambiente e, na maioria das vezes, maior produção. Dito isto a literatura lança mão de diversas ferramentas de qualidade, como o 5S, diagrama de Ishikawa, de Pareto, fluxogramas de processos, são formas diversificadas de uma empresa estabelecer padrões dentro do seu processo, evoluindo tanto no aspecto ambiental, quanto no aspecto produtivo.

Outra questão levantada é contaminação gerada pelo chumbo, quando em contato com o meio-ambiente. Para isto, entra em cena uma evolução necessária entre os fabricantes e revendas de baterias, junto à controladoria dos itens produzidos, o controle de fabricação e destino destas baterias, com isso, o papel da logística reversa é fundamental, garantindo que a bateria com vida útil findada tenha um destino adequado, além de gerar material para reciclagem, o que fornece matéria-prima mais barata aos fabricantes do que o mercado.

Sendo assim, parâmetros de regulação de processo, junto da controladoria de produção e maior relação entre fornecedor consumidor, podem fazer com que esta temática tenha menos impacto negativo. Cabendo às duas partes exercerem seu papel

nesta relação, sem sinergia, o elo é rompido e esta “corrente” não tem constância, pondo em risco o meio ambiente e a todos nós.

7. Referências

BATEBRAS. **Um guia completo com tudo o que você precisa saber sobre bateria automotiva.** 2019. Disponível em: <https://www.batebrasbaterias.com.br/post/um-guia-completo-com-tudo-o-que-voc%C3%AA-precisa-saber-sobre-bateria-automotiva> Acesso em: 01 out. 2022.

BRAGA, P. **Análise de parâmetros e perda de vida útil da bateria de chumbo ácido em regime de flutuação.** 2019. Disponível em: http://riut.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/27411/1/CP_COELT_2019_1_24.pdf Acesso em: 25 ago. 2022.

CARNEIRO, R. L.; MOLINA, J. H. A. **Análise das causas da variabilidade do peso das placas de baterias chumbo ácido.** 2017. Disponível em: <https://ocs.ufgd.edu.br/index.php?conference=sinep&schedConf=IIISINEP&page=paper&op=viewFile&path%5B%5D=1334&path%5B%5D=1241> Acesso em: 22 ago. 2022.

CARVALHO, M. **Poluição química proveniente do descarte incorreto de pilhas e baterias.** 2019. Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/meio-ambiente/poluicao-quimica> Acesso em: 28 set. 2022.

FOGAÇA, J. **Bateria de chumbo dos automóveis.** Brasil Escola. 2022. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/quimica/bateria-chumbo-dos-automoveis.htm> Acesso em: 05 set. 2022.

LUZZI, J. **Reciclagem de Bateria chumbo-ácido.** 2022. Disponível em: <https://www.tolidistribuidora.com.br/blog/reciclagem-de-bateria-chumbo-acido/> Acesso em: 16 set. 2022.

MOURA. **A tradicional bateria de chumbo ácido e suas soluções.** 2020. Disponível em: <https://www.moura.com.br/blog/bateria-de-chumbo/> Acesso em: 20 ago. 2022.

MIXAUTO. **Como Funciona o Alternador.** 2019. Disponível em: <https://blog.mixauto.com.br/o-que-e-e-como-funciona-o-alternador/> Acesso em: 02 out. 2022.

OLIVEIRA, R. **O mundo já tem mais de 1 bilhão de veículos.** 2021. Disponível em: <https://www.noticiasautomotivas.com.br/o-mundo-ja-tem-mais-de-1-bilhao-de-veiculos/> Acesso em: 05 out. 2022.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico.** 2ª Edição. Editora Feevale. 2013.

SARAIVA. **99% do chumbo utilizado nas baterias podem ser reciclados.** 2019. Disponível em: <https://www.reciclasampa.com.br/artigo/99-do-chumbo-utilizado-nas-baterias-pode-ser-reciclado> Acesso em: 02 out. 2022.

SOBRAL, R. 2008. **Análise do controle de qualidade em baterias automotivas com base no pilar de qualidade da metodologia de manufatura de classe mundial.** Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/bitstream/123456789/13711/1/RAS05122018.pdf> Acesso em: 10 set. 2022.

SUSTENTAVEL. **Seis doenças graves causadas por contaminação por pilhas e baterias.** 2018. Disponível em: <http://www.sustentavel.ufu.br/node/311#:~:text=A%20contamina%C3%A7%C3%A3o%20do%20organismo%20humano,dos%20dedos%20e%20do%20pulso> Acesso em: 22 set. 2022.