

POSSÍVEIS RISCOS DE ACIDENTES NO TRANSPORTE DE BATERIAS DE LÍTIO NO MODAL AÉREO

REBECA RODRIGUES GOMES (FATEC GUARULHOS)

rebeca.gomes01@fatec.sp.gov.br

SABRINA ALVES DA SILVA AUGUSTO (FATEC GUARULHOS)

sabrina.augusto@fatec.sp.gov.br

DANIEL NERY DOS SANTOS (FATEC GUARULHOS)

daniel.santos80@fatec.sp.gov.br

RESUMO

O transporte de baterias de Lítio ao decorrer dos anos tem se mostrado cada vez mais perigoso, dentro de mais de 20 anos ocorreram diversos acidentes relacionados a essa carga perigosa, e os números preocupam especialistas, e aos órgãos que regulamentam o modal aéreo tanto no Brasil como ao redor do mundo. Essa pesquisa visa analisar os índices de problemas que esse tipo de carga ocasiona, durante seu transporte, bem como, informar as regras de transporte dentro e fora das aeronaves, assim como propõe observar os riscos. Cargas perigosas são quaisquer cargas que, por serem explosivas, como os gases comprimidos ou liquefeitos, inflamáveis, oxidantes, venenosas, infecciosas, radioativas, corrosivas ou poluentes, possam representar riscos aos trabalhadores, as instalações físicas e ao meio ambiente em geral. A metodologia desta pesquisa é exploratória e bibliográfica, sendo estruturada por sites, livros e outros meios de informação e comunicação. Esse tipo de acidente pode ser muito prejudicial não só para o meio ambiente como também para a integridade física dos passageiros e tripulantes, podendo deixando sequelas para aqueles que o viveram, pela inalação de fumaça tóxica ou por lesões decorrentes de explosão.

PALAVRAS-CHAVE: Acidentes no Transporte de Bateria de Lítio. Modal Aéreo. Transporte de Carga Perigosa.

A B S T R A C T

Over the years, the transportation of lithium batteries has proved increasingly dangerous. In more than 20 years, there have been several accidents related to this dangerous cargo, and the numbers are worrying experts and the bodies that regulate air travel both in Brazil and around the world. This research aims to analyze the rates of problems that this type of cargo causes during its transport, as well as to inform about the rules of transport on and off aircraft, and to observe the risks. Dangerous cargo is any cargo that, because it is explosive, such as compressed or liquefied gases, flammable, oxidizing, poisonous, infectious, radioactive, corrosive or polluting, can pose risks to workers, physical installations and the environment in general. The methodology of this research is exploratory and bibliographical, using websites, books and other means of information and communication. This type of accident can be very damaging not only to the environment, but also to the physical integrity of passengers and crew, and can leave sequelae for those who have lived through it, through the inhalation of toxic fumes or injuries resulting from the explosion.

Keywords: *Lithium Battery Transportation Accidents. Air transportation. Dangerous cargo transportation.*

1. INTRODUÇÃO

A bateria de Lítio apresenta diversos riscos para modal aéreo, como risco à saúde humana e também aos procedimentos operacionais de voo. Esses riscos são agravados quando as baterias são danificadas, seja devido ao armazenamento, ou enquanto estão sendo carregadas. Cargas perigosas são quaisquer cargas que, por serem explosivas, como os gases comprimidos ou liquefeitos, inflamáveis, oxidantes, venenosas, infecciosas, radioativas, corrosivas ou poluentes, possam representar riscos aos trabalhadores, as instalações físicas e ao meio ambiente em geral.

Elas destacam-se entre outros tipos de baterias por armazenar mais energia em menos espaço e com menor peso, já que tem sempre como principal componente o lítio, um elemento mineral de baixa densidade (com apenas três prótons e três nêutrons), que é capaz de ter alto rendimento mesmo em dispositivos pequenos e leves, como aparelhos celulares. Com diferentes tipos, que dependem da composição química de cada bateria e podem envolver outros elementos combinados com o lítio, como iodo ou oxigênio, as baterias de lítio são hoje peças essenciais em veículos elétricos, aviões, drones, celulares, notebooks e eletrônicos em geral.

O transporte de baterias de Lítio no modal aéreo tem se tornado uma prática comum, tendo em vista a crescente demanda de mercado nos diferentes usos e aplicações, principalmente nessa nova onda verde, considerada como a *6ª onda de inovação* (a era da sustentabilidade), onde os veículos elétricos estão inseridos.

As baterias atualmente têm um grande leque de aplicações de grande ou pequena escala, que vão desde soluções de armazenamento de energia para a rede elétrica, mobilidade elétrica, eletrônica de consumo e pequenos equipamentos portáteis. Deste modo, a procura pela evolução e desenvolvimento das tecnologias de armazenamento tem sido uma constante, de maneira a introduzir melhoramentos tanto nas aplicações em sistemas móveis, como em sistemas permanentes, como é o caso do armazenamento de energias renováveis em áreas isoladas. (Bento, 2022. p.23)

A crescente demanda por baterias de Lítio, aumentou a preocupação com segurança do transporte desses dispositivos, já que esses componentes são conhecidos por seu potencial de inflamabilidade e risco de curto-circuito, o que torna o seu transporte uma questão complexa e sensível, ainda mais no modal aéreo. Os acidentes envolvendo essas baterias podem resultar em incêndios, liberação de produtos químicos e ameaças à segurança dos passageiros e da tripulação, ou seja, do voo.

Como oportunidade de estudos futuros sugere-se a avaliação sucinta de como as baterias de Lítio estão sendo transportadas atualmente, se estão respeitando a legislação e normas adequadamente, se suas etapas, requisitos legais, documentação e intervenientes que possam resultar numa melhora no transporte, assim evitando todo e qualquer risco.

Comparadas com as baterias de tecnologia tradicional, as de Lítio carregam mais rápido, duram mais e tem maior densidade de carga, aumentando a vida útil da bateria mesmo em uma estrutura menor.

Sendo assim, o transporte dessas baterias quando mal acondicionadas oferece um risco à segurança do voo e ao meio ambiente. Assim, alguns procedimentos são necessários para mitigar tal fato.

A gestão no pós-consumo dessas baterias é mais complexa, tendo vista a dificuldade do reuso e no descarte ecologicamente correto.

Nesse contexto, esse trabalho se justifica pela crescente importância e necessidade de discutir a matriz energética atual numa perspectiva de transição para baixo carbono, e a bateria de Lítio ganha destaque nesse cenário.

Para tanto, o presente trabalho de pesquisa teve como principal motivação analisar os riscos para o modal aéreo e o meio ambiente com o transporte de baterias de Lítio.

2. EMBASAMENTO TEÓRICO

QUADRO 1: Revisão na Literatura

Autor(es)	Definição
LEI Nº 12.305, DE 2 DE AGOSTO DE 2010.	<p>Art. 33. São obrigados a estruturar e implementar sistemas de logística reversa, mediante retorno dos produtos após o uso pelo consumidor, de forma independente do serviço público de limpeza urbana e de manejo dos resíduos sólidos, os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes de: <u>(Regulamento) (Vide Decreto nº 11.413, de 2023)</u></p> <p>I - Agrotóxicos, seus resíduos e embalagens, assim como outros produtos cuja embalagem, após o uso, constitua resíduo perigoso, observadas as regras de gerenciamento de resíduos perigosos previstas em lei ou regulamento, em normas estabelecidas pelos órgãos do Sisnama, do SNVS e do Suasa, ou em normas técnicas;</p> <p>II - Pilhas e baterias;</p> <p>III - Pneus;</p> <p>IV - Óleos lubrificantes, seus resíduos e embalagens;</p> <p>V - Lâmpadas fluorescentes, de vapor de sódio e mercúrio e de luz mista;</p> <p>VI - Produtos eletroeletrônicos e seus componentes.</p>
Conforme Peroni (2022), <i>apud</i> Moreira, Kauana (2023).	<p>Algumas baterias como a de Lítio já foram consideradas responsáveis por incêndios em Aviões, depósitos e navios, neste último um caso recente chamou atenção, onde um navio com cerca de 4 mil veículos de marcas como Porsche, Audi e Bentley pegou fogo com baterias de carros elétricos a bordo, com prejuízo ultrapassando USD200 milhões.</p>
Conforme (RIBEIRO, 2022), <i>apud</i> Moreira, Kauana (2023).	<p>O Modal aéreo acontece por meio de aeronaves também chamadas de aviões, podendo ser de carga, de passageiros ou misto (passageiros e de cargas), e tem seu uso empreendido quando as cargas são leves e pequenas ou urgentes, ou ainda com alto valor agregado, Fontes (2022). A principal vantagem do modal aeroviário é a alta velocidade, entre os modais, este é o que a carga leva menos tempo para ir da origem ao destino.</p>
Segundo Fontes, (2022) <i>apud</i> Moreira, Kauana (2023).	<p>Deve-se lembrar que: “Nem todos os aeroportos do Brasil recebem aviões cargueiros. Por isso, muitas que chegam aos principais aeroportos brasileiros, como Viracopos e Guarulhos, são removidas para os aeroportos menores através do Despacho de Trânsito Aduaneiro (DTA)”. No Brasil o órgão responsável</p>

	<p>pela normatização e fiscalização das atividades de aviação civil e de infraestrutura aeronáutica e aeroportuária é a Autoridade de Aviação Civil brasileira (ANAC), esta segue as diretrizes definidas pelas autoridades internacionais International Air Transport Association (IATA) e a Organização da Aviação Civil Internacional (OACI ou ICAO em inglês). O modal aéreo também é o que tem menor índice de danos e perdas, por isso sua utilização é vantajosa com cargas de alto valor agregado. A infraestrutura aeroviária brasileira é ampla e possui boa conectividade. Segundo dados do Fórum Econômico Mundial, o Brasil está na posição 17 entre 141 países no que diz respeito a conectividade dos aeroportos. Ainda segundo a Confederação Nacional de Transportes “Até o momento, 22 aeroportos que antigamente eram administrados pela Infraero já foram concessionados e o plano é, até o fim de 2022, todos os aeroportos da Infraero serem concessionados”, neste modal o custo internacional é superior aos demais, porém com a vantagem da agilidade, pode-se utilizar o método Just-in-time e evitar estoques altos, otimizando o fluxo de caixa.</p>
<p>Conforme (Achparaki et al., n.d.; Forti et al., 2020).</p>	<p>O chamado e-waste, é composto por diversos equipamentos fundamentais para a vida moderna – tais como computadores, celulares, telas de LCD, lâmpadas LED, televisões, sensores, geladeiras, aparelhos de ar condicionado, baterias, entre outros causam inúmeros danos à saúde e ao ambiente se não forem descartados apropriadamente devido às grandes quantidades de elementos tóxicos presentes nestes.</p>
<p>Segundo Dixit (2020), <i>apud</i> Setti, Antonio Fr; Quintero, Deyber Ar; Pimentel, Marcos Bc. (2022)</p>	<p>Nestas, é criada uma corrente entre os eletrodos de forma que a corrente flua do ânodo para o cátodo. Esta corrente é nada mais que os íons de lítio se movimentando pelo eletrólito. A energia fornecida acaba quando todos os íons de Lítio são depositados no cátodo. No processo de carregamento da bateria, uma fonte externa aplica uma tensão maior que a tensão da bateria fazendo a corrente produzida fluir no sentido contrário ao anterior.</p>
<p>Segundo Thompson (2022), <i>apud</i> Quintero, Deyber Alexander Ramirez et al. (2022)</p>	<p>A maioria das baterias de Lítio tem um ciclo de vida entre 500 e 1.000, o que contrasta fortemente com os 1.000 a 10.000 ciclos do fosfato de ferro e Lítio.</p>
<p>Segundo Tiseo (2022) <i>apud</i> Setti, Antonio Fr; Quintero, Deyber Ar; Pimentel, Marcos Bc. (2022)</p>	<p>Acompanhando a industrialização, uma das principais desvantagens é a geração de resíduos e sua gestão. Torna-se um problema cada vez maior devido à produção e consumo de novas tecnologias, o que gera impactos negativos ao meio ambiente e a</p>

	tendência é aumentar em aproximadamente 70% a quantidade de resíduos no mundo até 2050. Destes resíduos, um que vem chamando atenção são os resíduos eletroeletrônicos.
Segundo cnt (2022), <i>apud</i> Lisboa, Guilherme Henrique Gonçalves. (2023)	Seu conceito é baseado na utilização de energia elétrica como forma de acionamento – total ou parcial – dos meios de transportes, englobando também toda a cadeia produtiva na qual faz interface, ou seja, produção de baterias e carregadores, pontos de abastecimento, fonte de energia para este carregamento, além de toda infraestrutura associada.
Resolução nº 4.799, de 27 de julho de 2015.	<p>I - Amostra Testemunha: amostra representativa de um produto perigoso que traz em si as mesmas características do produto perigoso que está sendo transportado no compartimento de carga;</p> <p>II - Identificação: aposição do nº ONU e do nome apropriado para embarque, aposição da rotulagem (afixação dos rótulos de risco) e demais símbolos aplicáveis nos artigos, embalagens ou volumes;</p> <p>III - Marcação: aposição do número ONU e do nome apropriado para embarque do produto, bem como a indicação de que a embalagem corresponde a um projeto tipo aprovado nos ensaios prescritos e que atende a todas as exigências relativas à fabricação;</p> <p>IV - Instruções Complementares: Resolução nº 5.232, de 14 de dezembro de 2016, e suas alterações, que estabelecem padrões e prescrições técnicas complementares a este Regulamento;</p> <p>V - Programa de Avaliação da Conformidade: processo sistematizado, implementado pela autoridade competente, para propiciar adequado grau de confiança e de conformidade das embalagens, dos veículos e dos equipamentos utilizados no transporte terrestre de produtos perigosos, em conformidade com as disposições estabelecidas nas Instruções Complementares a este Regulamento;</p> <p>VI - Sinalização: aposição de rótulos de risco, painéis de segurança e demais símbolos aplicáveis nos veículos e nos equipamentos de transporte; e</p> <p>VII - Transbordo: transferência de um produto perigoso de um veículo, de um equipamento ou de uma embalagem, quando aplicável, para outro veículo, equipamento ou embalagem aptos à continuidade do transporte.</p>
Resolução nº 5.232, de 14 de dezembro de 2016.	<p>Art. 17. É proibido:</p> <p>I - conduzir pessoas em veículos transportando produtos perigosos, além dos auxiliares, salvo se disposto em contrário nas Instruções Complementares a este Regulamento;</p>

	<p>II - transportar, simultaneamente, no mesmo veículo ou equipamento de transporte, diferentes produtos perigosos, salvo se houver compatibilidade nos termos das Instruções Complementares a este Regulamento;</p> <p>III - transportar produtos perigosos juntamente com alimentos, medicamentos, insumos, aditivos e matérias primas alimentícios, cosméticos, farmacêuticos ou veterinários ou objetos ou produtos já acabados destinados a uso ou consumo humano ou animal de uso direto ou, ainda, com embalagens de mercadorias destinadas ao mesmo fim, salvo se disposto em contrário nas Instruções Complementares a este Regulamento;</p> <p>IV - transportar alimentos, medicamentos ou quaisquer objetos ou produtos destinados ao uso ou consumo humano ou animal em embalagens que tenham contido produtos perigosos;</p> <p>V - transportar, simultaneamente, animais e produtos perigosos em veículos ou equipamentos de transporte;</p> <p>VI - abrir embalagens contendo produtos perigosos, fumar ou adentrar as áreas de carga do veículo ou equipamentos de transporte com dispositivos capazes de produzir ignição dos produtos, seus gases ou vapores, durante as etapas da operação de transporte;</p> <p>VII - instalar ou manter, nos veículos transportando produtos perigosos, aparelho ou equipamento de aquecimento sujeito à combustão, a gás ou elétrico (fogão, fogareiro ou semelhantes), assim como os produtos combustíveis necessários ao seu funcionamento, ou quaisquer recipientes ou dispositivos capazes de produzir ignição dos produtos, seus gases ou vapores, bem como reservatório extra de combustível, exceto se permitido pela legislação de trânsito; e</p> <p>VIII - utilizar embalagens que apresentem sinais de violação, deterioração ou mau estado de conservação para o transporte de produtos perigosos.</p>
--	---

3. DESENVOLVIMENTO DA TEMÁTICA

3.1 Metodologia

O presente trabalho de pesquisa utilizou o método quanto ao objetivo de pesquisa exploratória. Segundo Gil (2002) “estas pesquisas têm como objetivo proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a tomá-lo mais explícito ou a constituir hipóteses.” Também utilizando o método ao objetivo de pesquisa bibliográfica. Segundo Gil (2002) “A pesquisa bibliográfica é desenvolvida com base em material já elaborado, constituído

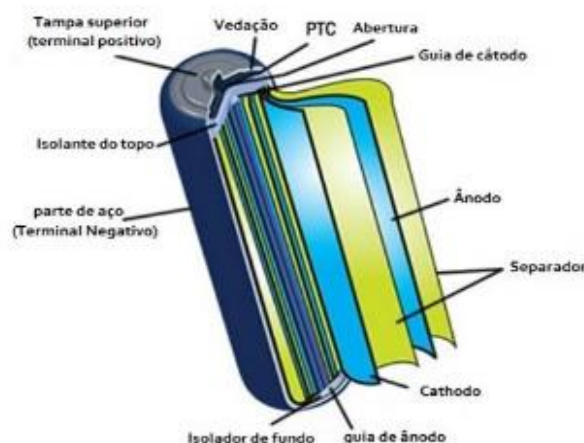
principalmente de livros e artigos científicos. Há pesquisas desenvolvidas exclusivamente a partir de fontes bibliográficas.”

3.2 Origem da Bateria de Lítio e Características

Sabe-se que pilhas e baterias são hoje aparelhos imprescindíveis para o armazenamento da energia demandada pela evolução da ciência e tecnologia. De maneira similar, a concepção destes inventos, ao fim do século XVIII, muito auxiliou o desenvolvimento da ciência, definindo os alicerces dos quais ela emergiria. É curioso, no entanto, que as noções e o conhecimento envolvendo o funcionamento das pilhas tenham surgido de interpretações errôneas de fenômenos e de modelos não condizentes com o que se tem por certo atualmente. No dia 26 de janeiro de 1781, uma pesquisa inicial sobre eletricidade ocorreu de uma forma curiosa e com conclusões equivocadas. O professor de anatomia da Universidade de Bolonha (Itália), Luigi Galvani, ao trabalhar na dissecação de uma rã, observou que quando um de seus auxiliares tocou com o bisturi os nervos internos da perna do animal, houve uma violenta contração no músculo deste. Notou-se que o fato ocorreu simultaneamente à emissão de uma faísca por uma máquina eletrostática que se encontrava sobre a mesa do laboratório. Num primeiro momento, Galvani atribuiu o fenômeno a descarga elétrica do equipamento, supondo que isso ocorreria apenas durante o funcionamento da máquina. (Rayan do Lago, S. Coelho. 2011. pg 01.)

Segundo Swain (2017) “As baterias recarregáveis de Lítio representam a solução tecnológica, mas favorável para sistemas estacionários de armazenamento de energia a curto prazo, e aplicações em veículos elétricos devido a sua resposta rápida perdas em modo de espera e eficiência elevada dos ciclos de carga-descarga”. O Lítio é considerado o metal mais leve existente na terra, este metal está presente na natureza, pode ser encontrado em quantidades vestigiais em muitas rochas, solos e em águas naturais, além de servir para elaboração de baterias, o material também tem aplicações médicas, sendo utilizadas no tratamento da depressão e de transtorno bipolares, mais o Lítio é mais usado em dispositivos de armazenamento de energia e funcionam através de reações químicas. (Ribeiro, 2013).

Figura 1 – Bateria de Lítio por dentro.



Fonte: BBaterias (2022).

A imagem acima mostra como a bateria é por dentro. Possui 2 eletrodos (um cátodo e um ânodo) e um separador. Quando os componentes químicos dos 2 eletrodos se juntam, eles reagem gerando energia. No momento de carga ou descarga de uma bateria, os elétrons se

movem de um lado para o outro. O separador evita que os componentes químicos fiquem em contato contínuo, pois, se permanecerem juntos, podem superaquecer e causar vazamento de gases inflamáveis. (Rodriguez, et al. 2018. pg 13)

Uma pilha é um dispositivo capaz de produzir corrente elétrica (eletricidade) por meio de reações de oxidação e redução de componentes metálicos presentes em sua estrutura (FABRI e SILVEIRA, 2012). Já uma bateria é um conjunto de células ou pilhas conectadas para fornecer maior tensão ou capacidade de armazenamento de energia. Existem vários tipos de baterias e pilhas disponíveis atualmente, cada uma com suas próprias características e aplicações.

Segundo a Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC, 2009)

Um artigo perigoso é um objeto ou substância que quando transportado por via aérea, apresenta risco à saúde, à segurança, à propriedade e ao meio ambiente e que figure na Lista de Artigos Perigosos das Instruções Técnicas, ou então que esteja classificado conforme as Instruções Técnicas, como o transporte aéreo representa condições mais sensíveis, as instruções técnicas definem as condições ideais para garantir a segurança no transporte de mercadorias perigosas, é importante ressaltar que o manual técnico contém uma lista de substâncias perigosas, onde são citadas mais de três mil mercadorias. Estes incluem objetos ou substâncias que são mais propensos a explodir, causar chamas, gases tóxicos e corrosivos, por exemplo.

A seguir no quadro 2, apresentamos uma lista abrangente de tipos de baterias de Lítio que são permitidos e amplamente utilizados em modelos aéreos, juntamente com as restrições e regulamentações aplicáveis, além disso, destacamos os tipos de baterias que são estritamente proibidos devido a preocupações com segurança. Cada mercadoria perigosa tem um número designado pela ONU, as baterias de lítio são classificados da seguinte forma (IATA, Manual de Mercadorias Perigosas IATA, 2018). (QUADRO 2).

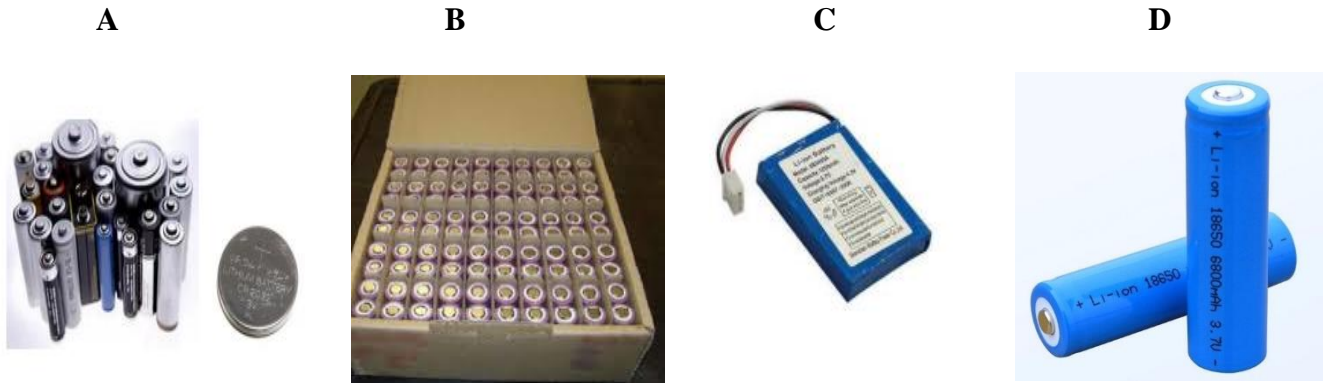
QUADRO 2: Resumo dos tipos de baterias de Lítio.

UN	Nome apropriado para embarque	Aeronave de passageiro	Aeronave de carga
UN 3480	Lithium ion batteries (Baterias de íon Lítio)	Permitido	Permitido
UN 3481	Lithium ion batteries contained in equipment (Baterias de íon Lítio dentro do equipamento)	Permitido	Permitido
UN 3481	Lithium ion batteries packed with equipment (Baterias de íon Lítio embaladas com o equipamento)	Permitido	Permitido
UN 3090	Lithium metal batteries (Baterias de Lítio metálico)	Proibido	Permitido
UN 3091	Lithium metal batteries packed with equipment (Baterias de Lítio metálico embaladas com o equipamento)	Permitido	Permitido

UN 3091	Lithium metal batteries packed with equipment (Baterias de Lítio metálico embaladas com o equipamento)	Permitido	Permitido
---------	--	-----------	-----------

Fonte: Anac (2015).

Figura 2: Tipos de Baterias - A: UN 3090; B: UN 3091; C: UN 3480 D; UN 3481



Fonte: Autores baseado em ANAC (2015).

Os volumes contendo pilhas ou baterias de Lítio (incluindo baterias de polímero de íon Lítio), preparados de acordo com a Provisão Especial 188, a única exigência estabelecida no Regulamento para o Transporte de Produtos Perigosos e suas instruções complementares (Resolução ANTT nº 5232/2016) e suas atualizações.

3.3 Classificação dos Artigos Perigosos.

Cargas perigosas são quaisquer cargas que, por serem explosivas, como os gases comprimidos ou liquefeitos, inflamáveis, oxidantes, venenosas, infecciosas, radioativas, corrosivas ou poluentes, possam representar riscos aos trabalhadores, as instalações físicas e ao meio ambiente em geral. Artigo perigoso significa artigo ou substância que, quando transportada por via aérea, pode constituir risco à saúde, à segurança, à propriedade e ao meio ambiente e que figure na Lista de Artigos Perigosos.

Artigos ou substâncias capazes de colocar em risco a saúde, a segurança, propriedades ou meio ambiente e que são listadas no Capítulo 3 do Anexo 18 da Convenção de Aviação Civil Internacional. Os artigos perigosos de alta consequência obtêm 7 classes (em forma especial) conforme seja aplicado em embalagens do Tipo B e Tipo C. As baterias de Lítio se enquadram nas classes: Classe 1, Explosivos da Divisão e Divisão 2.3 - gases tóxicos (ANAC, 2009).

E as cargas ainda devem ser classificadas em um dos 3 grupos a seguir de acordo com o nível de risco que apresentam: Grupo de Embalagem I – Substâncias que apresentam alto risco. Grupo de Embalagem II – Substâncias que apresentam médio risco. Grupo de Embalagem III – Substâncias que apresentam baixo risco. A FISPQ ou MSDS é padronizado com a divisão do seu conteúdo em 16 partes (NBR 14725) (Moreira, Kauana, 2023. p.30).

Figura 3 – Tabela de Artigos Perigosos.



Fonte: ANAC (2021).

Embora todo o documento do MSDS seja importante para ter-se orientações das tratativas quanto a acidentes, as informações necessárias para o importador identificar quanto ao número ONU, instrução de embalagem e se a carga tem alguma restrição estão na seção 1 e 14. Algumas das baterias e pilhas mais comuns incluem, mas não se limitam a: Pilhas alcalinas: são as pilhas comuns que encontramos em supermercados e lojas de conveniência. (Moreira, 2023. p.30).

Quando o conteúdo de lítio é maior do que 1g ou sua capacidade maior do que 20 Wh, como exigências no Regulamento para o Transporte Rodoviário de Produtos Perigosos devem ser cumpridas: Informação da capacidade nominal em Wh (Watt-hora) na sua parte externa. Identificação dos volumes, até o número ONU, precedido das letras “ONU” ou “ONU”, ter o rótulo de risco 9A como previsto na Provisão Especial 384. As embalagens devem atender a uma Instrução para Embalagens P903 que se aplica às Nações Unidas 3090,3091, 3480 e 3481. Inserir o número da Classe, Inserir a Divisão e o Grupo de Compatibilidade, Inserir o Grupo de Compatibilidade. (Moreira,2023. p30)

Figura 4 – Exemplo de etiqueta para transporte de baterias de Lítio.



Fonte: (ANAC, 2021)

3.2 Principais Riscos Associados ao Transporte Aéreo de Baterias de Lítio

Alguns exemplos de riscos associados ao transporte aéreo dessas baterias: Fumaça na cabine: ocorre quando o sistema de ventilação da aeronave não é suficiente para dissipar a fumaça proveniente de fogo não controlado na carga. Explosão: caso ocorra o superaquecimento das baterias, é possível que seja liberada uma quantidade de gases suficiente para gerar explosão. Emissão de eletrólitos: trata-se de elementos com alto poder calorífico, o que pode ocasionar fagulhas e chamas nos materiais próximos. Vapores superaquecidos: ao superaquecer, as baterias também formam vapores, correndo o risco de atingir sistemas vitais da aeronave, além de contribuir para a propagação de fogo. Gases inflamáveis: a emissão destes elementos também contribui para a propagação do fogo. Fumaça tóxica: a fumaça tóxica vem do superaquecimento das baterias, sendo inflamável e perigosa para a saúde.

Em meados de 2021, um Airbus A330-200F estava sendo preparado para partir do Aeroporto Internacional de Hong Kong com destino ao de Bangkok e iria levar a bordo uma carga de celulares do modelo Y20 da fabricante chinesa Vivo, que são equipados com baterias de Lítio. Parte da carga se incendiou, felizmente antes de embarcar na aeronave, e o incêndio provavelmente foi gerado pelas baterias de Lítio dos celulares, que são capazes de se inflamar espontaneamente sob calor ou dano físico. (Aeroin, 2021)

Após o incidente com os dispositivos móveis da Vivo em Hong Kong, diversas companhias aéreas, inclusive uma empresa marítima, proibiram o embarque e envio de celulares do mesmo modelo, por receio de incêndio a bordo. Conforme relata o site The Load Star, a IATA então abriu uma discussão, posicionando-se contra a proibição do envio desses aparelhos, dizendo, através de Nick Careen, vice-presidente sênior de carga e segurança de passageiros em aeroportos, que a segurança e proteção são prioridade número um na aviação. “O incidente mais recente em Hong Kong mostra como as coisas realmente são arriscadas, mas continuamos a gerenciar esse risco.” Ele justifica o posicionamento dizendo que a demanda do mercado de baterias de íon de Lítio continua crescendo. (Aeroin, 2021).

Algumas companhias aéreas, incluindo a Cathay Pacific, já suspenderam o transporte de baterias de Lítio, tanto no transporte de cargas quanto no de passageiros. Mark Sutch, Diretor Geral da Cathay Pacific para cargas, declarou ao *Lloyd's Loading List* que o transporte de baterias de Lítio não representava uma proporção significativa do tráfego total da companhia, e que acreditava que os produtores e importadores encontrariam outras possibilidades de transportar suas mercadorias, como, por exemplo, por vias aéreas ou rodoviárias. No entanto, o mercado que sofrerá maior impacto decorrente da nova regra será o de transportadores e embarcadores estabelecidos no leste asiático, que serão impedidos de carregar as baterias instaladas em aparelhos eletrônicos, como telefones, computadores e tablets, uma carga que representa uma parcela substancial do transporte aéreo de cargas. (Aeroin, 2021).

Imagem 1: Carga de celulares com baterias de Lítio pegando fogo em um incidente.



Fonte: Aeroin (2021).

A IATA garantiu que manterá equipes dedicadas à solução de questões que forem levantadas a partir da implementação da nova regra, até que se permita novamente o embarque de baterias de Lítio em voos de passageiros. A Associação Internacional de Transporte Aéreo informa que, junto à indústria, estará focada nas próximas semanas de modo a isolar esses problemas, dando atenções específicas. “É seguro, mas os riscos envolvidos precisam de mais ajustes. Não estamos à beira de uma proibição, mas precisamos entender o que mais podemos fazer.” Mesmo com várias companhias vetando o embarque dessas baterias a bordo, outras estão investindo para levá-las aos seus destinos em segurança. (Aeroin, 2021).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As baterias de Lítio de marcas reconhecidas são seguras, mas tem ocorrido vários incidentes com células defeituosas que se incendiaram durante viagens aéreas. Um incêndio a bordo de um avião da WestJet em 2018 logo após a decolagem, a bateria do cigarro eletrônico foi colocada na bagagem de porão e incendiou-se, o compartimento de carga do avião não é acessível durante o voo e uma bateria queimada requer que a aeronave seja aterrada. A administração Federal de Aviação (FAA) registou 206 incidentes envolvendo baterias de lítio entre 1991 e 2018. (Bento, 2022. p. 46)

Estes incluem 13 acidentes com cigarros eletrônicos, 7 acidentes com telemóveis e tablets, 7 acidentes com baterias suplentes e 4 acidentes com computadores portáteis, sendo que os acidentes com cigarros eletrônicos têm vindo a aumentar. Não deve ser armazenado nem devem ser transportadas as baterias vazias em caixas metálicas, não devem ser misturas com moedas ou chaves nos bolsos das calças. As pilhas e baterias devem ser sempre colocadas em sacos plásticos transparentes. (Bento, 2022. p. 49)

QUADRO 3 – Alguns Acidentes Aéreos, Causados por Baterias de Lítio.

Avião	Ano do Acidente	Danos à Aeronave	Vítimas
Boeing 777F da Ethiopian Cargo	22 de julho de 2020	Grave	Nenhuma
Boeing 787 Dreamliner da Japan Airlines	14 de janeiro de 2014	Médio	Nenhuma
Boeing 747-400F da UPS Airlines	3 de setembro de 2010	Grave	2 Mortes
Boeing 737 MAX 8 da United Airlines	7 de fevereiro de 2023	Grave	6 pessoas feridas mas nenhuma morte.
Boeing 747-8I da Lufthansa	28 de dezembro de 2022	Médio	Nenhuma
Airbus A330	11 de abril de 2021	Médio	Nenhuma

Fonte: Quadro desenvolvido pelas autoras baseado em: Estado de Minas (2014), Cavok Vídeos (2017), Aeroin (2020,2021, 2022, 2023).

O Quadro 3, tem o intuito de mostrar acidentes mais relevantes, causados pelas baterias de Lítio no modal aéreo, muito deles eram aviões cargueiros com pouca tripulação, mas isso não foi empecilho muito deles houveram mortes, e pessoas gravemente feridas, como por exemplo o voo da UPS Airlines que foi no Boeing 747-400F que caiu pouco depois de decolar. A aeronave sofreu um incêndio no compartimento de carga que levou à perda de controle e

subsequente queda, matando os dois tripulantes a bordo. A investigação apontou que as baterias de íon-lítio transportadas como carga causaram o incêndio. Como resultado, foram implementadas mudanças regulatórias para o transporte de baterias de íon-lítio em aeronaves de carga.

Os resultados apontam que independente de ser um voo cargueiro ou de passageiros domésticos, o acidente pode ser muito prejudicial não só para o meio ambiente como também a integridade física dos passageiros e tripulantes, podendo acabar deixando sequelas naqueles que o viveram, inalar fumaças tóxicas ou até mesmo ter lesões permanentes.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O armazenamento dessa carga vem melhorando com o passar dos anos, se modificando e adaptando para com que seu transporte seja mais seguro e dinâmico, ao se pensar em transporte aéreo de carga as primeiras imagens que se tem em mente são os aviões, e aeroportos, e são exatamente neles que se devem ser modificadas suas melhorias criando assim uma cadeia que supere os erros que podem ocorrer durante a sua viagem.

Muitos dos índices de acidentes que coletamos aconteceram por causa de eletrônicos que os passageiros manuseiam, durante o seu dia-a-dia como cigarros eletrônicos, celulares, tablets entre outros compartimentos equipados com a Bateria de Lítio, e muitas dessas pessoas não sabem como esse tipo de bateria pode acabar acarretando um acidente fatal e irreversível, colocando em risco sua integridade física, como também a de todos os passageiros em um voo como exemplo. Também realizou-se um levantamento detalhado dos processos envolvidos seu método de origem das baterias, onde e quem foi o primeiro físico a aperfeiçoar tal dispositivos eletroquímicos, fazendo seus primeiros testes e tornando assim a bateria pronta para sua comercialização, as tabelas e figuras proporcionou uma compreensão abrangente dos processos desse trabalho, deixando-o rico em detalhamentos dos tipos de dispositivos, quais selos devem ser utilizados e colocados nas cargas unitárias, durante o transporte dessa mercadoria nas aeronaves.

Outro ponto relevante abordado, foi a necessidade de se apontar a preocupação com o meio ambiente futuramente a carga pode ter grandes impactos negativos com esses acidentes que recorrem por anos a fio, por ser um dispositivo eletroquímico, além disso, a reciclagem de baterias é muito importante para essa melhoria, ajudando a não prejudicar os solos e águas subterrâneas contaminando-as, assim, contribuindo para a poluição, as baterias por serem um produto não biodegradável ou seja não se decompõem na natureza, existem também lugares adequados para o descarte delas como exemplo em redes de coleta, instalações de matérias eletrônicas também como empresas e subprefeituras.

A classificação de artigos perigosos também é um tópico muito importante para a conclusão dessa pesquisa, dependendo do acidente os e de como foi informada o artigo no transporte com placas de sinalização pode-se evitar um acidente mais grave, assim. Toda ocorrência não enquadrada na definição de acidente, atribuída ao transporte aéreo de artigos perigosos, não necessariamente a bordo de uma aeronave, de que resultem lesão à pessoa, danos à propriedade, incêndio, ruptura, derramamento, vazamentos de fluidos ou de radiação e qualquer outra manifestação que ocasione vulnerabilidade à integridade da embalagem; qualquer ocorrência ou discrepância relacionada ao transporte de artigo perigoso que ponha em risco a saúde, a segurança, a propriedade e o meio ambiente também é considerada um incidente; um incidente imputável a artigo perigoso pode constituir um incidente aeronáutico, conforme especifica o Anexo 13 da Convenção sobre Aviação Civil Internacional.

Como oportunidade de estudos futuros sugere-se a avaliação sucinta de como as baterias de Lítio estão sendo transportadas atualmente, se estão respeitando a legislação e normas

adequadamente, se suas etapas, requisitos legais, documentação e intervenientes que possam resultar numa melhora no transporte, assim evitando todo e qualquer risco.

REFERÊNCIAS

AFP, Novo problema em Boeing 787 Dreamliner, 2014. Disponível em: https://www.em.com.br/app/noticia/internacional/2014/01/14/interna_internacional,487878/novo-problema-em-boeing-787-dreamliner.shtml. Acesso em: 22 de setembro. 2023.

ANAC. ARTIGOS PERIGOSOS. 2020. Disponível em: https://www2.anac.gov.br/anacpedia/por_ing/tr819.htm#:~:text=Artigo%20perigoso%20significa%20artigo%20ou,esteja%20classificada%20conforme%20o%20DOC. Acesso em: 27 de setembro.2023.

ANAC. Cargas Perigosas. 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/antag/pt-br/assuntos/meio-ambiente/cargas-perigosas-1>. Acesso em: 27 de setembro.2023.

ANAC, INSTRUÇÃO SUPLEMENTAR. 2009. Disponível em: <https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/boletim-de-pessoal/2009/50/is-175-001>>. Acesso em: 8 de setembro. 2023.

ANAC, PROPOSTA DE EDIÇÃO DE RESOLUÇÃO QUE PROÍBE O TRANSPORTE DE BATERIAS ÍON LÍTIO COMO CARGA (UN 3480) EM AERONAVES DE PASSAGEIROS NO BRASIL. 2015. Disponível em: <<https://www.anac.gov.br/participacao-social/consultaspublicas/audiencias/2015/aud19/justificativa.pdf>>. Acesso em: 22 de setembro. 2023.

ANTTlegis , AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES. Disponível em: https://anttlegis.antt.gov.br/action/ActionDatalegis.php?acao=detalharAto&tipo=RES&numeroAto=00005947&seqAto=000&valorAno=2021&orgao=DG/ANTT/MI&codTipo=&desItem=&desItemFim=&cod_menu=5408&cod_modulo=161&pesquisa=true. Acesso em: 27 de maio. 2023.

BASSETO, Murilo. Carga de smartphones pega fogo pouco antes de ser embarcada em Airbus A330. 2021. Disponível em: <https://aeroin.net/carga-smartphones-fogo-antes-ser-embarcada-aviao-a330/>. Acesso em: 24 de setembro. 2023.

BASSETO, Murilo. Incêndio no Boeing 777F que viria ao Brasil teria sido causado por pastilhas de desinfecção. 2023. Disponível em: <https://aeroin.net/incendio-no-boeing-777f-que-iria-ao-brasil-teria-sido-causado-por-pastilhas-de-desinfeccao/>. Acesso em: 24 de setembro. 2023.

BATERIA DE LÍTIO – ENERGIA SOLAR. 2023 Disponível em: [https://www.neosolar.com.br/aprenda/saiba-mais/bateria-litio-energia-solar#:~:text=A%20bateria%20de%201%C3%ADtio%20\(tamb%C3%A9m,tr%C3%AAs%20n%C3%AAutrons\)%2C%20que%20%C3%A9%20capaz](https://www.neosolar.com.br/aprenda/saiba-mais/bateria-litio-energia-solar#:~:text=A%20bateria%20de%201%C3%ADtio%20(tamb%C3%A9m,tr%C3%AAs%20n%C3%AAutrons)%2C%20que%20%C3%A9%20capaz). Acesso em: 27 de setembro.2023.

BENTO, Bruno Alexandre da Silva Gonçalves. Baterias de lítio Wurth M-Cube, suas tipologias, durabilidade e reciclagem. 2022. Dissertação de Mestrado. Atlântica-Instituto Universitário.

BENTO, Raphael. ENTENDENDO O FUNCIONAMENTO DA BATERIA DE LÍTIO. 2018. Disponível em: <https://blog.bbbaterias.com.br/bateria-de-litio/>. Acesso em: 10 de setembro. 2023.

BRASIL (2010). LEI Nº 12.305, DE 2 DE AGOSTO DE 2010. Institui o Código Civil. Diário Oficial da União: D.O.U de 03/08/2010, pág. nº 3.

BRASIL (2015) LEI Nº 4.799, de 27 de julho de 2015. Institui o Código Civil. Diário Oficial da União: D.O.U., 30/07/2015 - Seção 1

BRASIL (2016) LEI Nº 5.232. DE 14 DE DEZEMBRO DE 2016. Institui o Código Civil. Diário Oficial da União: D.O.U., 16/12/2016 - Seção 1

BRASIL (2021) LEI Nº 5.947, DE 1º DE JUNHO DE 2021. Institui o Código Civil. Diário Oficial da União: D.O.U., 02/06/2021 - Seção 1

BRASIL (2022) LEI Nº 5.998, DE 3 DE NOVEMBRO DE 2022. Institui o Código Civil. Diário Oficial da União: D.O.U., 04/11/2022 - Seção 1

CAKOKVIDEOS, 2017. Mayday Desastres Aéreos – T15E04 – Entrega Fatal – UPS Airlines 6. 2017. Disponível em: <C:\Users\User\Downloads\download.htm>. Acesso em: 27 de maio. 2023.

FERREIRA, Felipe César Ibraim. Riscos de incêndio associado a baterias. 2017.

GIANOTTO, Juliano. Bateria pega fogo a bordo de 737 MAX, passageiros inalam fumaça e voo dá meia-volta nos EUA. 2023. Disponível em: <<https://aeroin.net/bateria-pega-fogo-a-bordo-de-737-max-passageiros-inalam-fumaca-e-voo-da-meia-volta-nos-eua/>> Acesso em: 24 de setembro. 2023.

LISBOA, Guilherme Henrique Gonçalves. Estudo da transição do uso de combustíveis fósseis para energias renováveis no segmento de transporte. 2023.

MARTINS, Carlos. Comissárias ficam feridas após laptop pegar fogo em Jumbo da Lufthansa. 2022. Disponível em: <https://aeroin.net/comissarias-ficam-feridas-apos-laptop-pegar-fogo-em-jumbo-da-lufthansa/>. Acesso em: 24 de setembro. 2023.

MENDONÇA, Fabricio Machado. Artigos perigosos: os riscos do transporte de artigos perigosos na aviação civil. Ciências Aeronáuticas-Unisul Virtual, 2018.

MOREIRA, Kauana. DESAFIOS NA CADEIA LOGÍSTICA DE IMPORTAÇÃO DE PRODUTOS PERIGOSOS-ENFOQUE EM BATERIAS/PILHAS DE LÍTIO. 2023.

PINHO, Roberto Monteiro. Brasil possui 8% do lítio, metal imprescindível para bateria do carro elétrico. 2023. Disponível em: <https://www.barralegal.com.br/colunas/brasil-possui-8-do-litio-metal-imprescindivel-para-bateria-do-carro-eletrico>. Acesso em: 22 de setembro. 2023.

QUINTERO, Deyber Alexander Ramirez et al. Baterias de fosfato de ferro-lítio versus baterias de lítio ternárias: uma revisão. 2022.

RAYAN DO LAGO, S. Coelho. BATERIAS: DE ALESSANDRO VOLTA AO LÍTIO/AR.

RICO RODRIGUEZ, Lina Fernanda et al. Transporte aéreo de baterias de lítio desde la perspectiva de seguridad operacional.

WOLLIGER, Leonardo. Baterias de Lítio-Íon: Um guia completo. 2020. Disponível em: <https://embarcados.com.br/baterias-de-litio-ion-um-guia-completo/>>. Acesso em: 27 de setembro.2023.

"O conteúdo exposto no trabalho é de inteira responsabilidade do(s) autor(es)."