

Géssica Sanabria Carloto

Universidade Regional do Noroeste do Estado do
Rio Grande do Sul – UNIJUI
gessica.carloto@sou.unijui.edu.br

Renê Reinaldo Emmel Junior

Universidade Regional do Noroeste do Estado do
Rio Grande do Sul – UNIJUI
rene.junior@sou.unijui.edu.br

Argemiro Luis Brum

Universidade Regional do Noroeste do Estado do
Rio Grande do Sul – UNIJUI
argelbrum@unijui.edu.br

Jorge Oneide Sausen

Universidade Regional do Noroeste do Estado do
Rio Grande do Sul – UNIJUI
josausen@unijui.edu.br

Euselia Pavaglio Vieira

Universidade Regional do Noroeste do Estado do
Rio Grande do Sul – UNIJUI
euselia@unijui.edu.br

A CADEIA PRODUTIVA DAS BATERIAS E A SUSTENTABILIDADE: UMA ANÁLISE PRELIMINAR

RESUMO

O estudo tem como objetivo descrever e interpretar a cadeia produtiva das baterias de íons de lítio. O problema central é verificar se tais baterias são competitivas e possuem viabilidade no contexto da sua respectiva cadeia produtiva. Neste sentido, o estudo teórico busca compreender o conceito de cadeias produtivas e a cadeia produtiva das baterias. Também traz abordagens sobre sustentabilidade, desenvolvimento e logística reversa. A metodologia utilizada foi centrada na pesquisa bibliográfica e na análise de experiências práticas no uso das referidas baterias. Os resultados mostram que as baterias de íons de lítio oferecem vantagens, como alta densidade energética, carga e descarga rápidas, suporta descargas profundas e possui maior vida útil. Sua aplicabilidade é bem extensa em transportes, armazenamento de energia, telecomunicações e produtos de consumo. As suas vantagens exercem um importante papel no que diz respeito a sustentabilidade, bem como à sua logística reversa, a qual gera uma diminuição na poluição do meio ambiente e uma oportunidade socioeconômica para setores comerciais e industriais do país. Neste sentido, nota-se que as baterias de íons de lítio podem se tornar uma vantagem competitiva para as atividades e empresas que as utilizam.

Palavras-chave: Logística Reversa. Lítio. Cadeias produtivas. Baterias. Sustentabilidade.

THE PRODUCTION CHAIN OF BATTERIES AND SUSTAINABILITY: A PRELIMINARY ANALYSIS

ABSTRACT

The study aims to describe and interpret the production chain of lithium-ion batteries. The central problem is to verify if such batteries are competitive and have viability in the context of their respective production chain. In this sense, the theoretical study seeks to understand the concept of production chains and the battery production chain. It also brings approaches on sustainability, development and reverse logistics. The methodology used was centered on bibliographic research and on the analysis of practical experiences in the use of these batteries. The results show that lithium-ion batteries offer advantages such as high energy density, fast charge and discharge, withstand deep discharges and have a longer lifespan. Its applicability is quite extensive in transport, energy storage, telecommunications and consumer products. Its advantages play an important role in terms of sustainability, as well as its reverse logistics, which generates a decrease in environmental pollution and a socioeconomic opportunity for the commercial and industrial sectors of the country. In this sense, it is noted that lithium-ion batteries can become a competitive advantage for the activities and companies that use them.

1. INTRODUÇÃO

Na busca para integrar, relacionar e equilibrar aspectos econômico-financeiros, ambientais e sociais, para se ter um mundo mais sustentável, o uso da bateria de íons de lítio surgiu como uma opção possível para atender a estes aspectos. Neste contexto, as empresas estão na busca de uma gestão mais ecoeficiente e, assim, se veem em cenário novo e desafiador, que também possui uma variedade de oportunidades (CORRÊA, 2019).

Deste modo, o presente estudo buscou compreender o conceito de cadeia produtiva, a partir da abordagem de autores como, Porter (1989), Corrêa (2019), Nunes e Silva (2021), Brum e Fernandes (2021), Batalha (2021) e Brum (2012,2021).

O conceito de cadeia produtiva é de extrema importância, pois possibilita visualizar a cadeia em sua forma integral, identificar gargalos, potenciais, deficiências, seus elos, entre outros fatores. Deste modo, define Brum (2012, p. 89) como cadeia produtiva, “um sistema composto pelo conjunto das funções técnicas envolvidas, desde a produção da mercadoria até o consumo”.

Neste sentido, o artigo abordou os principais componentes da cadeia produtiva de baterias. Conforme Castro, Barros e Veiga (2013, p. 445) uma bateria é como um acumulador, que transforma a energia química

em energia elétrica e vice-versa, normalmente por meio de uma reação de oxirredução.

Dados da Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial - ABDI (2018) mostram que o mercado das baterias de íons de lítio, cresceu em volume em torno de 22% ao ano, de 2006 a 2016. E obteve mais investimentos entre 2011 e 2017, em torno de US\$ 18 bilhões, buscando atender a demanda crescente de setores como de eletrônica de consumo, automotivo e elétrico. Projeta-se que no médio prazo (2025), 80% da produção do lítio será destinada para a produção de baterias, deste percentual, 70% serão para mobilidade elétrica, 60% para carro elétrico e 4% para armazenamento de energia (ABDI, 2018).

No que tange à sustentabilidade, o lítio está inserido no desenvolvimento de baterias que possuem uma gama de aplicabilidade, em transportes, armazenamento de energia, telecomunicações e produtos de consumo. Seu papel é importante na busca de produtos e soluções que reduzam a emissão de gás carbono e que sejam toleráveis ambientalmente (BECK, 2016). Neste sentido, está o desenvolvimento de carros elétricos e energias renováveis (como por exemplo, energia solar e eólica) robusta e durável (BECK, 2016).

O lítio é um produto finito, o que torna mais importante ainda a logística reversa. Quintero (2020) destaca que estudos referentes a logística reversa de baterias de lítio estão sendo

implementados no Brasil, o que geraria uma diminuição na poluição do meio ambiente e uma oportunidade socioeconômica para setores comerciais e industriais do país.

Neste sentido, o foco da pesquisa baseou-se no estudo na cadeia produtiva de baterias de íons de lítio. O estudo teórico buscou compreender o conceito de cadeias produtivas e a cadeia produtiva das baterias. Também trouxe abordagens sobre sustentabilidade, desenvolvimento e logística reversa.

O estudo se justifica a partir da importância que as baterias de lítio estão exercendo atualmente, tanto no contexto econômico, quanto social e ambiental. Conforme estudos de Rodríguez e Consoni (2020), a bateria é o principal componente dos veículos elétricos, e as baterias de lítio-íon oferecem melhores respostas a problemas tecnológicos diversos, como autonomia, tempo de recarga, densidade energética e peso, embora ainda se faça necessário mais desenvolvimento científico e tecnológico.

Após esta introdução, apresenta-se o referencial teórico da pesquisa, que aborda as cadeias produtivas, as cadeias produtivas de baterias e baterias de íon de lítio no contexto. Em seguida, apresentam-se os resultados alcançados e as considerações finais do estudo.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo apresenta uma revisão da literatura que está relacionada aos temas que embasaram o estudo. O presente capítulo aborda dois subcapítulos nos quais apresentam-se uma revisão sobre cadeias produtivas e cadeias produtivas de baterias.

2.1. Cadeias Produtivas

Para se compreender o conceito de cadeias produtivas, deve-se abordar os sistemas produtivos que, conforme Brum e Fernandes (2021b), baseiam-se nas relações verticais de produção ao longo das cadeias produtivas e servem como orientação para políticas públicas e a formulação de estratégias empresariais.

Desta forma, este sistema inclui o mercado de insumos, operações de estocagem, produção, processamento, varejo e atacado, traçando um fluxo que inicia nos insumos e vai até o consumidor final (BRUM; FERNANDES, 2021b). Nunes e Silva (2021) colocam que a gestão de uma cadeia produtiva aplica etapas consecutivas de procedimentos operacionais, que vão desde o transporte de insumos, passando pela transformação, e a obtenção do produto final, chegando até o manuseio pelo cliente final.

A cadeia de valores segundo Porter (1989) faz parte de toda empresa e é um conjunto de atividades que são realizadas para projetar, produzir, comercializar, entregar e sustentar seu produto. Para Brum (2012, p. 89) cadeia produtiva é, “um sistema composto pelo conjunto das funções técnicas envolvidas, desde a produção da mercadoria até o consumo”. Assim, cadeias produtivas são um conjunto de consecutivas etapas, que no decorrer os insumos diversos sofrem algum tipo de transformação, até a obtenção do produto final, que pode ser um bem ou um serviço, e sua inserção no mercado (BRUM, 2021).

As cadeias produtivas podem ser dos seguintes tipos: completa, que é composta por todos os componentes como, fornecedores de

insumos, agroindústrias, sistemas produtivos, comercialização varejista e atacadista e os consumidores finais; incompleta, quando falta um ou mais destes componentes na cadeia produtiva; e integrada, quando o produto da cadeia produtiva se constitui em um insumo para outra cadeia (BRUM, 2021).

Para Batalha (2021) uma cadeia de produção é uma sucessão linear de operações técnicas de produção, pois descreve as operações de produção que transformam a matéria-prima em produto acabado ou semiacabado. Neste sentido, a produção de produtos/serviços exige a implementação de técnicas de gerenciamento dos processos produtivos e a transformação adequada da matéria-prima, pela aplicação de ferramentas administrativas de produção, tendo a atividade gerencial orientada para a transformação de insumos em um bem ou serviço (NUNES; SILVA, 2021).

A cadeia produtiva também é composta por “nós” e “elos”. Como “nós” de uma cadeia produtiva tem-se as entidades, como fabricante, distribuidor, varejista e usuário, e são “elos” de uma cadeia, as “ligações”, que são o relacionamento, fluxos financeiros, de informações e fluxos físicos de bens entre entidades (CORRÊA, 2019). Porter (1989, p. 44) as atividades de valor estão ligadas por meio de “elos” dentro da cadeia de valores, desta forma, define “elos” como “relações entre o modo como uma atividade de valor é executada e o custo ou o desempenho de uma outra”.

Conforme Batalha (2021) uma análise da cadeia de produção possibilita uma visão global do sistema, o que facilita evidenciar a importância de uma melhor articulação entre os

agentes econômicos privados, o poder público e as necessidades e desejos dos consumidores dos produtos finais da cadeia. Também permite uma coordenação melhor entre os agentes que estão envolvidos diretamente nas atividades da cadeia de produção com os agentes de apoio.

No que se refere à competitividade, Brum e Fernandes (2021b) destacam que ela se relaciona com a capacidade sistêmica da organização e coordenação das cadeias produtivas, diante das formas de governança que são estabelecidas entre os diferentes agentes, estes públicos ou privados, que as constituem. Para estes autores, a competitividade de um determinado sistema produtivo está dividida em três blocos, onde se encontram as diversas cadeias de produção: capacidade produtiva/tecnológica; capacidade de inovação e a capacidade de coordenação (receber, processar, difundir e utilizar informações).

O sucesso de uma empresa segundo Batalha (2021) depende dos seus recursos e da forma como ela os organiza para competir, mas depende também dos mercados e do ambiente competitivo onde ela atua. Desta forma, se torna cada vez mais importante, a empresa ajustar seus processos de planejamento estratégico com às mudanças que ocorrem no ambiente externo. Ainda para Brum e Fernandes (2021a), as cadeias devem ser sustentáveis, por meio de uma gestão sistêmica, buscando a excelência em seu desempenho e, assim, atender as normas legais, como também a maximização dos resultados, atendimento das expectativas das partes interessadas e a conquista de seus clientes.

Neste sentido, Brum e Fernandes (2021a), a partir dos estudos de Sachs (2002),

destacam que um ambiente sustentável passa por quatro principais forças: regulatória, comunidade, clientes e benefício financeiro, tendo como primeiro desafio vincular a sustentabilidade ambiental à econômica, e como segundo desafio conectar a competitividade com a sustentabilidade.

A sustentabilidade pode ser uma diferenciação estratégica e se tornar uma vantagem competitiva. As cadeias devem buscar inexistentes mercados com baixos custos e com alto valor agregado ao cliente, e assim, se destacar no mercado e obter vantagem competitiva (BRUM; FERNANDES, 2021a). O conceito de vantagem competitiva conforme Batalha (2021, p. 52) “está intrinsecamente ligado com a capacidade que algumas empresas têm de construir e manter um desempenho superior ao das concorrentes”.

Sugerem Brum e Fernandes (2021a) que, para se obter vantagem competitiva por meio de alguma diferenciação, deve-se verificar as empresas e os produtos que compõem a cadeia diante de dois pontos: demanda (quais características do produto podem gerar valor para o cliente e o quanto ele está disposto a pagar por elas); própria organização (as organizações necessitam desenvolver suas funções de maneira a promover sua singularidade no mercado, o que pode se dar pelas características do seu produto e tecnologia, ou em serviços, na produtividade, qualidade, experiências de colaboradores, entre outros aspectos que compõem uma cadeia produtiva).

Portanto a vantagem competitiva seria o resultado da eficácia e da eficiência na combinação de recursos da organização para

oferecer aos seus clientes um valor maior em comparação ao que é entregue pelos seus competidores (BATALHA, 2021).

2.2. Cadeias Produtivas de Baterias

As baterias surgiram em 1912, com o papel de substituir a manivela de ignição e servindo para acionar as luzes. Na atualidade servem como fonte de energia para sistemas auxiliares e para algumas tarefas pontuais, como a ignição (CASTRO; BARROS; VEIGA, 2013).

Uma bateria, conforme Castro, Barros e Veiga (2013, p. 445), é como “um acumulador, que transforma a energia química em energia elétrica e vice-versa, normalmente por meio de uma reação de oxirredução”. Seus principais componentes da cadeia produtiva são: os fabricantes de baterias, indústrias diversas, consumidores, e logística reversa.

O Brasil tem um amplo parque industrial de fabricação de baterias que estão concentrados nos Estados de São Paulo e Paraná (CASTRO; BARROS; VEIGA 2013). O Estado de Pernambuco concentra a maior produção de baterias de automóveis, com relevante participação na produção do país, e são fabricadas pela maior empresa nacional no setor, a empresa Moura SA.

A indústria brasileira de baterias de automóveis ainda é muito concentrada na produção de baterias de chumbo-ácido, mas conforme Castro, Barros e Veiga (2013), até a data da pesquisa, ainda não havia produção de baterias de íon de lítio, apesar de existirem pesquisas com essa nova tecnologia.

Segundo Castro, Barros e Veiga (2013) os principais tipos de baterias são as baterias

recarregáveis ou secundárias, utilizadas em grande parte em equipamentos portáteis, como notebooks, celulares e automóveis. Nos automóveis convencionais é responsável pela alimentação dos sistemas elétricos e eletrônicos e é carregada pelo próprio motor (gerador) à combustão que move o veículo. As baterias mais frequentes nos veículos é a bateria de chumbo-ácido (PbA), mas em veículos elétricos e híbridos são usadas outras tecnologias (como a bateria de íon de lítio); e as baterias não recarregáveis ou primárias, que são baterias ou pilhas encontradas em controles remotos, relógios, termômetros, brinquedos, entre outros.

A produção e a venda de baterias, segundo Castro, Barros e Veiga (2013), têm como foco as montadoras de veículos, mercado de reposição e as exportações. Castro, Barros e Veiga (2013) destacam que o mercado de reposição representou, no período analisado, cerca de 75% do mercado interno de baterias. Já o comércio exterior brasileiro é superavitário no setor, tendo como maior comprador de baterias, o Mercosul (Mercado Comum do Sul).

Baterias de chumbo-ácido possuem um custo menor, pouca inflamabilidade, mas possuem vida útil menor que as baterias de íons de lítio. As baterias de íons de lítio possuem maior vida útil, porém, maior inflamabilidade e maior custo (PINTO, 2020). Também têm como característica segundo Pinto (2020) serem três vezes mais leves e seis vezes menor que a bateria de chumbo-ácido.

Por sua vez, a logística reversa de baterias de chumbo-ácido, no Brasil, tornou-se efetiva a partir de 2019, por meio de um Acordo Setorial que tem como metas progressivas, o

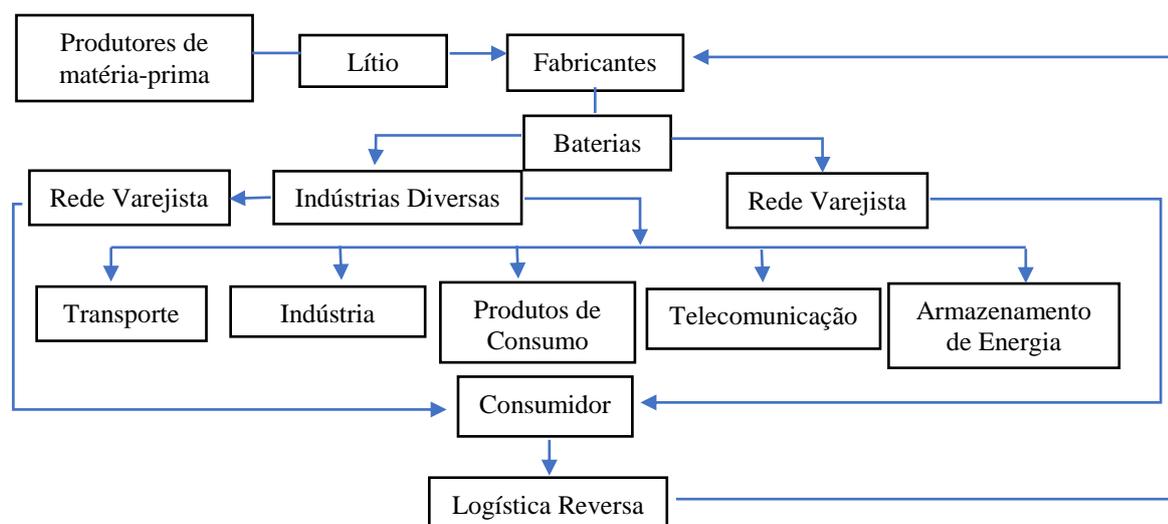
recolhimento e envio para reciclagem de mais de 16 milhões de baterias automotivas de chumbo-ácido, levando à reciclagem mais de 153.000 toneladas de chumbo anualmente (ABRABAT, 2019).

2.2.1. Baterias de Íon de Lítio no Contexto

Os primeiros testes em baterias começaram em 1912, mas a primeira bateria de lítio foi criada apenas na década de 1970 (NERY, 2016). As baterias de íons de lítio segundo a Companhia Brasileira de Metalurgia e Mineração- CBMM (2018), convertem a energia química armazenada, em eletricidade.

Na Figura 1, pode-se verificar alguns componentes da cadeia produtiva da bateria de íon de lítio.

Figura 1. Cadeia produtiva de baterias de íons de lítio



Fonte: Os autores.

As baterias utilizam diversas matérias-primas, sendo que este artigo tem como foco o lítio. Neste sentido, descreve Nery (2016) que o lítio é um metal mais leve, tem uma melhor relação entre peso e capacidade energética e possui melhor potencial eletroquímico. E o ânodo (eletrodo negativo de uma bateria) é um “metal ideal”, pois tem uma imensa capacidade de densidade de energia. As baterias de lítio segundo Castro, Barros e Veiga (2013) apresentam energia duas vezes maior, comparando com as baterias NiMH, e quatro vezes maior em relação a bateria PbA. Assim, as baterias de íons de lítio apresentam vantagens como, alta densidade energética (quantidade de energia por Kg), carga e descarga rápidas, suporta descargas profundas (entre 80% e 100%) e maior vida útil (maior quantidade de ciclos de carga/descarga), (MOURA SA, 2021).

A demanda por lítio, conforme ABDI (2018), até o ano de 2018 era de 700 mil toneladas métricas para a fabricação de componentes das células, e projeta-se que para 2030 deva superar os 7 milhões. São grandes produtores de lítio, países como a Austrália com 45 mil toneladas, o Chile com 19,3 mil toneladas, a China com 10,8 mil toneladas e a Argentina com 6,3 mil de toneladas, o Brasil está em quinto lugar com 2,4 mil de toneladas produzidas (ANFAVEA, 2021). Plantas químicas predominam na China e no Chile, enquanto as células são fabricadas na China, Coreia do Sul e Japão, e a montagem das baterias são predominantes no Japão, China e Coreia do Sul (ABDI, 2018).

A produção de lítio no mundo é muito concentrada destaca Nery (2016), tendo como produtoras quatro empresas: Talison (australiana), SQN (chilena), Chemetall (alemã)

e a FMC (estadunidense). E no Brasil a produção de lítio se concentra na empresa CBL e na empresa Sigma, ambas situadas em Minas Gerais.

No Brasil, são fabricantes de baterias, a empresa Electrocel/Ipen, que desenvolve baterias de íons de lítio; a empresa Itaipu, com baterias do tipo Zebra; e a Moura SA, com o desenvolvimento e produção de baterias tradicionais de chumbo-ácido (NERY, 2016). A empresa Moura SA conforme Pinto (2020), também está investindo na modelagem de uma nova unidade de negócios para as baterias de íons de lítio.

O mercado das baterias de íons de lítio cresceu em volume em torno de 22% ao ano, entre 2006 e 2016, obtendo mais investimentos entre 2011 e 2017, com algo em torno de US\$ 18 bilhões e visa atender a demanda crescente de setores como de eletrônica de consumo, automotivo e elétrico (ABDI, 2018). No médio prazo (2025), para a aplicação em bateria, será destinado 80% da produção do lítio; sendo 70% deste percentual aplicado para mobilidade elétrica, onde para carro elétrico 60% e 4% para armazenamento de energia (ABDI, 2018).

Assim, algumas aplicabilidades das baterias de íons de lítio, conforme Pinto (2020), se dão em: 1- transporte: carro elétrico, ônibus elétrico, caminhão elétrico, moto elétrica e bicicleta elétrica; 2- indústria: veículos industriais; 3- armazenamento de energia: BESS e home BESS; 4- telecomunicações: estação rádio base; e 5- produtos de consumo: 3 C.

Conforme aborda Moura SA (2021), as baterias de lítio possuem maior densidade energética, sendo ideais para veículos elétricos.

O lítio, por ser um metal leve, é capaz de armazenar uma quantidade maior de energia em menores espaços, garantindo, assim, uma maior autonomia aos veículos elétricos. As baterias de íons de lítio serão a tecnologia dominante para a mobilidade elétrica até 2030. Há a perspectiva que, em 2040, 33% da frota mundial de veículos seja elétrica, conforme (ABDI, 2018).

No Brasil, conforme Pinto (2020) foram adotadas algumas medidas de alavancagem para veículos elétricos, como a Medida Provisória Nº 843 de 2018, que institui o Programa Rota 2030; a resolução Nº 97 do MDIC de 2015, que reduz o imposto de importação para xEV (veículos elétricos); isenção e redução do IPVA em alguns Estados para xEV; lançamentos de estações de recarga em rodovias brasileiras, entre outros.

Nas empilhadeiras elétricas e outros veículos industriais, as baterias de íons de lítio possuem uma maior vida útil e são carregadas rapidamente, o que elimina a troca de baterias entre turnos. Na telecomunicação, as baterias de íons de lítio são utilizadas em torres de telecomunicações, possuindo vida útil maior e elevada capacidade energética, oferecendo mais energia em menor espaço, sendo essa uma vantagem competitiva, (MOURA SA, 2021).

Em armazenamento de energia/ BESS (Battery Energy Storage System), conforme Moura SA (2021), o Brasil é um país que possui um grande potencial de energia solar e eólica. Neste sentido, estes sistemas de energia necessitam de controle da frequência de energia distribuída, sendo necessário investimentos em acumuladores de sistemas elétricos. Os sistemas de armazenamento de energia possuem uma grande gama de aplicações no setor elétrico. A

aplicação da integração de fontes de energia eólica e solar, ao sistema elétrico, apresenta grande potencial no Brasil. Tem-se como principais aplicações: estabilização de redes, qualidade e confiabilidade de abastecimento, transferência de carga, suporte operacional, e suporte na integração de energia renovável intermitente, (MOURA SA, 2021).

No Brasil, destaca Nery (2016), o mercado de baterias de íons de lítio tem um consumo relevante, mas está concentrado em eletrônicos de consumo, que fazem utilização de tecnologia inviável para a tração de veículos. E a fabricação local de baterias de íons de lítio não é algo de implementação imediata, por conta da realidade global desta indústria, também a entrada nesse mercado requer capacitação e parcerias com as montadoras instaladas no país. Nery (2016) coloca que, com o aumento de veículos elétricos e híbridos no mundo, deverá se fomentar a indústria de componentes para as baterias, o que pode ser uma oportunidade para empresas brasileiras de vários segmentos, como as siderúrgicas, químicas e de mineração.

A cadeia produtiva de baterias possui como barreiras, conforme abordado por Nery (2016), a produção de lítio, pois a produção no mundo é muito concentrada, tornando o custo de entrada neste mercado relativamente alto, o que reduz a entrada de novas empresas. Mesmo assim, segundo Pinto (2020), o preço das baterias de íon de lítio reduziu bastante entre o período de 2010 e 2017. Fatores como melhoria da tecnologia, competitividade entre empresas e economia de escala foram responsáveis por essa redução do preço. Neste sentido, Pinto (2020) demonstra que a projeção para os próximos anos é

que o preço se reduza mais, para 2025 projeta-se um preço de \$109/kWh e para 2030, \$73/kWh.

Por outro lado, destacam Rodríguez e Consoni (2020) que os governos exercem papel estratégico no que se refere ao desenvolvimento científico e tecnológico das baterias de lítio-íon. Também é importante a formação de mão de obra especializada, o desenvolvimento de atividades de P&D e pesquisas que ajudem a melhorar a química das baterias, aumentar a segurança e densidade energética e reduzir seu impacto ambiental. Por fim, estes autores destacam a importância ao estímulo às capacidades de produção em grande escala de baterias lítio-íon, sendo estratégico para este novo mercado. Como também o estímulo às redes de colaboração entre o setor automobilístico, empresas de autopeças, empresas de baterias, laboratórios e centros de P&D, universidades e proteção da propriedade intelectual, são componentes importantes que podem contribuir para a redução dos custos de produção das baterias.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com a perspectiva de elevação dos custos de energia a partir de fontes não renováveis, da escassez de água limpa, e a crescente demanda pela sociedade por uma atitude mais responsável ambientalmente, tem-se um desafiador e novo cenário para as empresas, como também uma gama de oportunidades de conciliar uma produção mais eficiente com a diminuição do impacto ambiental (CORRÊA, 2019).

Deste modo, para D'Agosto e Oliveira (2018), a palavra socioambiental compreende à

relação que existe entre a sociedade e o meio ambiente, como também a responsabilidade dos indivíduos pelas suas ações, que de forma mútua afetam o meio ambiente e a sociedade. Complementa D'Agosto e Oliveira (2018, pp. 23,24), “ impacto ambiental é entendido como qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia, que pode ser resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam a saúde, a segurança e o bem-estar da população; as atividades sociais e econômicas; a biota; as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; e a quantidade dos recursos naturais do planeta, CONAMA no Art.1 da Resolução 001/86”.

O meio ambiente não pode mais ser deixado de lado nas equações de operações e produção. Assim, os resíduos da cadeia de suprimento e consumo ganharam alta relevância. Estes resíduos, antes externalizados sem custos para o produtor, mas com custo para a sociedade, começaram a ser considerados, como também seus custos e valores econômicos, social e ambiental, exigindo uma logística reversa (POZO, 2019). Assim, os autores D'Agosto e Oliveira (2018) agregam, para um desenvolvimento sustentável, que se deve considerar a sustentabilidade econômica, ambiental e social simultaneamente.

O termo sustentabilidade, para D'Agosto e Oliveira (2018, p.17), “está relacionado a um processo sistêmico que busca integrar, relacionar e equilibrar aspectos econômico-financeiros. Lembrando que a expressão “desenvolvimento sustentável” surgiu em 1987, no Relatório

Brundtland, da Organização das Nações Unidas, como a necessidade de suprir demandas do presente sem afetar a habilidade de gerações futuras de suprirem suas necessidades próprias (D'AGOSTO; OLIVEIRA, 2018).

A inserção do conceito de sustentabilidade, no ambiente empresarial, aborda um conceito muito relevante, ou seja, o *triple bottom line* (TBL ou 3 BL), no português “tripla linha de baixo” dos demonstrativos financeiros. Para Corrêa (2019, p. 331) TBL pode ser entendido como “o equilíbrio entre os três Ps (na língua inglesa), ou seja, aos três tipos de “resultado”, relacionado a: Pessoas (People, “Social”), Lucro (Profit, “Econômico”) e o Planeta (Planet, “Ambiental”).

A TBL tem como proposta “priorizar um meio ambiente socialmente justo, ecologicamente correto e economicamente viável”, (CORRÊA, 2019, p. 332). Logo, as interações entre as esferas podem resultar em diferentes aspectos da sustentabilidade. Assim, a interação das esferas ambiental e social foca em atividades sociais que não impactam o meio ambiente de forma que possa ser intoleravelmente danosa. Já a esfera econômica prioriza a geração de renda e emprego, favorecendo o social. E a interseção da esfera econômica e ambiental foca nas ações ambientais que sejam economicamente viáveis.

Deste modo, para Leite (2009) as empresas modernas reconhecem, cada vez mais, que além da busca de lucro em suas transações, se faz necessário contemplar uma variedade de interesses ambientais, sociais e governamentais, garantindo os seus negócios e lucratividade ao longo do tempo. E deste modo o planejamento

empresarial nos seus níveis estratégico, tático e operacional, deve ser elaborado com a visão de competir, inovar e colaborar. E Corrêa (2019) enfatiza que, para a sociedade como um todo, está claro que o lucro não deve ser o único elemento definidor de sucesso de economias e das empresas. Importante também é o futuro das pessoas e do planeta.

3.1. Sustentabilidade e Desenvolvimento no Contexto das Baterias de Íons de Lítio

O mundo está na busca de produtos e soluções que reduzam a emissão de gás carbono e que seja tolerável ambientalmente. Neste sentido entra o desenvolvimento de carros elétricos e energias renováveis (como a solar e eólica) robusta e durável (BECK, 2016).

O lítio, no uso de armazenamento no sistema de energia, tem alguns benefícios como destaca Nery (2016): contribui para integrar os níveis mais elevados de eletrificação do setor na utilização final e recursos renováveis variáveis; dá apoio a produção maior de energia, próximo de onde é consumido; dá maior eficiência e melhora o uso do sistema de energia; eleva o acesso à energia; e dá mais flexibilidade, estabilidade, resiliência e confiabilidade, melhorando assim a rede de eletricidade.

Outro fator importante é a vida útil das baterias. Neste caso, baterias de íon-lítio automotivas apresentam vida útil de cinco a dez anos maior que as de chumbo-ácido, que apresentam vida útil de dois anos e meio a três anos. Também apresentam arquitetura específica por modelo (NERY, 2016). Neste sentido, Rodríguez e Consoni (2020) abordam em seu estudo o uso da bateria de lítio-íon para veículos

elétricos, onde constatam que a bateria é a tecnologia mais crítica de um veículo elétrico, pois por mais que tenha disponíveis várias opções tecnológicas e químicas, as baterias de íons de lítio apresentam maior potência, maior densidade energética, menor peso e menor impacto ao meio ambiente.

Conforme estudo realizado por Yudhistira, Khatiwada e Sanches (2022), que tinha como objetivo avaliar os impactos ambientais das baterias convencionais de chumbo-ácido e das baterias de íon-lítio e para a aplicações de armazenamento em rede estacionária usando a avaliação do ciclo de vida. Os resultados demonstraram que a partir as categorias de impacto ambiental analisadas as baterias de íon de lítio apresentam menos impactos ambientais em relação as baterias de chumbo-ácido. Para Castro, Barros e Veiga (2013) outra característica importante é que apresentam agressividade reduzida ao meio ambiente em comparação à provocada pelas baterias PbA e de níquel-cádmio.

3.1.2. Logística Reversa

Logística reversa pode ser entendida como “processo de planejamento, implementação e controle do fluxo eficiente e econômico de matérias-primas, estoque em processo, produtos acabados e informações relacionadas do ponto de consumo até o ponto de origem para fins de recaptura”, (POZO, 2019, p. 22). Assim, caracteriza logística reversa, como o processo de mover bens de seu destino final, e tem como propósito capturar valor, ou fazer o descarte adequado.

Para D’Agosto e Oliveira (2018, p.9), o conceito de logística reversa tem relação com atividades de planejamento, implementação e controle do fluxo de mercadorias, das informações relacionadas e os serviços. Agindo de forma eficiente e eficaz desde o ponto de consumo até o ponto de origem, tendo o propósito capturar valor no pós-venda ou dar a destinação correta dos produtos no pós-consumo. Segundo artigo 3º do PNRS (Política Nacional de Resíduos Sólidos, 2010) define como logística reversa:

XII – logística reversa: instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada (BRASIL, 2010).

Logística reversa para Leite (2009, p. 17) é “área da logística empresarial que planeja, opera e controla o fluxo e as informações logísticas correspondentes, do retorno dos bens de pós-venda e de pós consumo ao ciclo de negócios ou ao ciclo produtivo por meio dos canais de distribuição reversos”. Este processo agrega valores de imagem corporativa, ecológico, econômico, legal, logístico e de prestação de serviço.

Neste sentido, Leite (2009) aborda dois tipos de canais de distribuição reversos: 1- canais de distribuição reversos de pós-consumo: fluxo reverso de uma parcela de produtos e de materiais constituintes originados no descarte dos produtos, após sua utilidade original finalizada, que de alguma forma retornam ao ciclo produtivo. Podem ser divididos em três

subsistemas reversos: os canais de manufatura, reciclagem e de canais de reuso; e 2- canais de distribuição reversos de pós-venda: caracterizados por formas diversas e possibilidades de retorno de uma parcela de produtos, com pouco ou nenhum uso, que fazem o sentido inverso, do consumidor ao varejista ou fabricante, do varejista ao fabricante, entre empresas, geralmente por problemas de qualidade em geral ou de processos comerciais entre as empresas, que de alguma maneira retornam ao ciclo de negócios.

O objetivo da logística reversa, conforme Pozo (2019, p. 26), é “planejar, implementar e controlar, de um modo eficiente e eficaz, o retorno ou recuperação de produtos; a redução do consumo de matérias-primas; a reciclagem, a substituição e a reutilização de materiais; a deposição de resíduos e o retrabalho de produtos”. E para Leite (2009), a logística reversa tem como objetivo tornar possível o retorno de bens ou de materiais componentes do ciclo produtivo ou de negócios, por meio de diferentes sistemas operacionais.

Acrescenta D’Agosto e Oliveira (2018), que os objetivos da logística reversa estão relacionados à manutenção do menor custo possível e ao atendimento do nível de serviço almejado pelo cliente. A logística reversa está relacionada com questões ambientais e responsabilidade social. Deste modo, Pozo (2019) coloca que as organizações utilizam este artifício para agregar valor ao seu produto e gerar vantagem competitiva. E assim, as empresas estão criando cada vez mais associações que incentivem a reciclagem e o reuso.

Desta forma, conforme Pozo (2019), percebe-se que no Brasil a reciclagem de componentes ou produtos em fim de ciclo de vida, vem aumentando, sendo alguns fatores para esse aumento: conscientização da sociedade em questões da sustentabilidade do meio ambiente; fortalecimento da legislação ambiental brasileira, que leva as empresas a adequarem-se ambientalmente; e instituição da Política Nacional de Resíduos Sólidos, em que a responsabilidade pela coleta, tratamento e destinação final seja dividida entre as empresas, setor público e consumidores no que diz respeito aos mesmos.

3.1.3. Logística Reversa de Baterias

O Brasil, em 2019, implementou um sistema de logística reversa de baterias de chumbo-ácido, por meio de um Acordo Setorial para logística reversa de baterias, firmado entre a Associação Brasileira de Baterias Automotivas e Industriais (ABRABAT), o Ministério do Meio Ambiente, a Associação Nacional dos Sincopistas do Brasil (Sincopistas-BR) e o Instituto Brasileiro de Energia Reciclável (IBER). Visa por meio de metas progressivas, o recolhimento e envio para reciclagem de mais de 16 milhões de baterias automotivas de chumbo-ácido, levando à reciclagem de mais de 153.000 toneladas de chumbo anualmente (ABRABAT, 2019).

Para fabricantes, distribuidores, importadores, comerciantes e recicladores foram definidas responsabilidades, no contexto de um acordo de abrangência nacional e com metas preestabelecidas para as regiões (ABRABAT, 2019). De acordo com a ABRABAT (2020), a

cadeia produtiva de baterias promoveu destinação ambientalmente correta de 275 mil toneladas de produtos no primeiro ano do Acordo Setorial, ou seja, no ano de 2019, alcançando a meta estipulada no Acordo.

O uso da logística reversa para destinação correta das baterias de chumbo, segundo ABRABAT (2020), superou o acordado em três regiões brasileiras: em primeiro o Centro-Oeste, com 102% (meta de 65%) de unidades colocadas no mercado, em segundo a região Sul com 99% (meta de 75%) e em terceiro o Nordeste, com 97% (meta de 70%).

O reuso e a reciclagem das baterias de íons de lítio segundo Nery (2016), podem ser de duas formas: reuso da bateria; ou desmontagem e limpeza preparatória para a reciclagem de materiais e componentes. Assim, conforme Quintero (2020) a reciclagem de baterias de lítio visa a recuperação dos metais valiosos (lítio, cobalto, manganês e níquel) nos resíduos das baterias. Estudos referentes à logística reversa de baterias de lítio, que estão sendo implementados no Brasil, indicam que se geraria uma diminuição na poluição do meio ambiente e uma oportunidade socioeconômica para setores comerciais e industriais do país.

A logística reversa exerce um papel essencial na cadeia produtiva das baterias (das diversas baterias), pois além de ser importante para o meio ambiente, socioeconomicamente deve-se levar em consideração que os minerais utilizados na sua produção são bens finitos.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo buscou compreender o conceito de cadeia produtiva, a partir da

abordagem de autores como, Porter (1989), Corrêa (2019), Nunes e Silva (2021), Brum e Fernandes (2021), Batalha (2021) e Brum (2012, 2021).

A partir desta abordagem, o objetivo do estudo era descrever e interpretar a cadeia produtiva de baterias. O foco da pesquisa baseou-se no estudo da cadeia produtiva de baterias de íons de lítio. O estudo também destacou abordagens sobre sustentabilidade e desenvolvimento, e a logística reversa, temas importantes no contexto da implementação de baterias em geral e de lítio em particular.

A cadeia produtiva de baterias tem como principais componentes: os fabricantes de baterias, indústrias diversas, consumidores, e logística reversa. Verificou-se que os testes em baterias começaram em 1912, mas a primeira bateria de lítio foi criada apenas na década de 1970 (NERY, 2016). As baterias de íons de lítio, segundo CBMM (2018), convertem a energia química armazenada em eletricidade e seu mercado é crescente.

No que tange a sustentabilidade, o lítio está inserido no desenvolvimento de baterias que possuem uma gama de aplicabilidade, em transportes, armazenamento de energia, telecomunicações e produtos de consumo. Seu papel é importante na busca de produtos e soluções que reduzam a emissão de gás carbono e que seja tolerável ambientalmente. Neste sentido, tem-se o desenvolvimento de carros elétricos e energias renováveis (solar e eólica) robusta e durável (BECK, 2016).

Os resultados mostram que as baterias de íons de lítio oferecem vantagens como alta densidade energética, carga e descarga rápidas,

suporta descargas profundas e possui maior vida útil, sendo sua aplicabilidade bem extensa. Dentre suas vantagens, tem-se o fato de exercer um importante papel no que tange a sustentabilidade, bem como a sua logística reversa, que gera uma diminuição na poluição do meio ambiente e uma oportunidade socioeconômica para setores comerciais e industriais do país. Assim, a cadeia produtiva das baterias de íons de lítio se insere no mercado com importante vantagem competitiva.

Fica como sugestão, para trabalhos posteriores, a realização de estudos de caso, para assim identificar como ocorre a aplicação da teoria existente, identificando e descrevendo a cadeia produtiva de baterias de íons de lítio, na prática, e sua conexão com a sustentabilidade, desenvolvimento e a logística reversa.

REFERÊNCIAS

ABDI - Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. **Estruturação da Cadeia de Valor de Baterias de Íons de Lítio no Brasil**: uma Proposta de Trabalho. Seminário sobre acumuladores de Energia. Brasília, 2018. Disponível em: https://www.gov.br/defesa/pt-br/arquivos/ciencia_tecnologia/acumuladores_energia/abdi.pdf/view. Acesso em: 10 out. 2021.

ABRABAT - Associação Brasileira de Baterias Automotivas e Industriais. **Cadeia produtiva de baterias promove destinação correta de 275 mil toneladas de produtos no primeiro ano do Acordo Setorial**, 2020. Disponível em: <https://www.abrabat.com.br/cadeia-produtiva-de-baterias-promove-destinacao-correta-de-275-mil-toneladas-de-produtos-no-primeiro-ano-do-acordo-setorial/>. Acesso em: 12 out. 2021.

ABRABAT - Associação Brasileira de Baterias Automotivas e Industriais. **Acordo Setorial de baterias é publicado no Diário Oficial da União**, 2019. Disponível em: <https://www.abrabat.com.br/acordo-setorial-de-baterias-e-publicado-no-diario-oficial-da-uniao/>. Acesso em: 12 out. 2021.

ANFAVEA – Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores. **O caminho da descarbonização do setor automotivo no Brasil**, 2021. Disponível em: <https://anfavea.com.br/docs/apresentacoes/APRESENTA%C3%87%C3%83O-ANFAVEA-E-BCG.pdf>. Acesso em: 23 ago. 2022.

BATALHA, M. O. **Gestão Agroindustrial**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2021.

BECK, R. **Baterias de Lítio-íon (LIB):** Perspectivas e Mercado, 2016. Disponível em: http://mineralis.cetem.gov.br:8080/bitstream/cetem/2118/9/09-Baterias_litio_ion_perspectivas_e_mercado.pdf. Acesso em: 13 out. 2021.

BRASIL. *Lei Nº 12.305*, de 2 de agosto de 2010. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/12305.htm. Acesso em: 23 ago. 2022.

BRUM, A. L. **Cadeias Produtivas e o Desenvolvimento Endógeno:** casos do Noroeste Gaúcho. 1. ed. Ijuí: Unijuí, 2012.

BRUM, A. L. **Cadeias Produtivas:** Conceito-Estrutura-Exemplos, 2021. (Material disponibilizado na disciplina de Mercado e Cadeias Produtivas, junto ao Mestrado em Desenvolvimento Regional da Unijuí, 1º Semestre de 2021).

BRUM, A. L.; FERNANDES S. B. V. **Aspectos da Sustentabilidade e Competitividade das Cadeias Produtivas (Arranjos)**, 2021a. (Material disponibilizado na disciplina de Mercado e Cadeias Produtivas, junto ao Mestrado em Desenvolvimento Regional da Unijuí, 1º Semestre de 2021).

BRUM, A. L.; FERNANDES S. B. V. **Conceitos e Abordagens:** Cadeias Produtivas, Arranjos Produtivos Locais e suas Relações com o Desenvolvimento, 2021b. Material disponibilizado na disciplina de Mercado e Cadeias Produtivas, junto ao Mestrado em Desenvolvimento Regional da Unijuí, 1º Semestre de 2021).

CASTRO, B. H. R.; BARROS, D. C.; VEIGA, S. G. **Baterias automotivas:** Panorama da indústria no Brasil, as novas tecnologias e como os veículos elétricos podem transformar o mercado global, 2013. BNDES. Disponível em: <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/1511>. Acesso em: 12 out. 2021.

CBMM - Companhia Brasileira de Metalurgia e Mineração. **Baterias de íons de lítio:** Tecnologia atual, inovações e desafios tecnológicos, 2018. Disponível em: [https://www.gov.br/defesa/pt-](https://www.gov.br/defesa/pt-br/arquivos/ciencia_tecnologia/acumuladores_energia/cbmm.pdf/view)

[br/arquivos/ciencia_tecnologia/acumuladores_energia/cbmm.pdf/view](https://www.gov.br/defesa/pt-br/arquivos/ciencia_tecnologia/acumuladores_energia/cbmm.pdf/view). Acesso em: 10 out. 2021.

CORRÊA, H. L. **Administração de Cadeias de Suprimentos e Logística:** a Integração na era da Indústria 4.0. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2019.

D'AGOSTO, M.; OLIVEIRA, C. **Logística Sustentável:** vencendo o Desafio Contemporâneo da Cedia de Suprimentos. 1. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2018.

LEITE, P. R. **Logística Reversa:** meio ambiente e competitividade. 2. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009.

MEDIDA PROVISÓRIA Nº 843 de 2018, que institui o Programa Rota 2030; a resolução Nº 97 do MDIC de 2015.

MOURA SA. **Lítio**. Disponível em: <https://www.moura.com.br/moura-litio/>. Acesso em: 08 out. 2021.

NERY, M. A. C. **Desenvolvimento da Cadeia Produtiva do Lítio no Brasil:** Possíveis Ações, 2016. II Seminário sobre o Lítio-Brasil - CETEM. Disponível em: <http://mineralis.cetem.gov.br/handle/cetem/2118>. Acesso em: 10 out. 2021.

NUNES, T. R.; SILVA, J. A. Analysis of the beef production chain in the Municipality of Dianópolis, Tocantins. **Revista Research, Society and Development**, v. 10 n. 3, p. 1-19, 2021.

PINTO, C. E. **Baterias de Íons de Lítio:** Perspectivas e Desafios, 2020. Disponível em: https://www.gov.br/defesa/pt-br/arquivos/ciencia_tecnologia/acumuladores_energia/bateriasa_moura.pdf/view. Acesso em: 08 out. 2021.

PORTER, M. E. **Vantagem Competitiva:** Criando e sustentando um desempenho superior. 20. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1989.

POZO, H. **Logística e Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2019.

QUINTERO, D. A. R. **Revisão de processos de recuperação de elementos valiosos de resíduos eletroeletrônicos para o desenvolvimento de uma rota tecnológica no CTI Renato Archer**. X, 2020. Seminário em TI do PCI/CTI. Disponível em: https://www.gov.br/mcti/pt-br/rede-mcti/cti/centrais-de-conteudo/publicacoes-biblioteca/artigos-e-publicacoes/seminario-pci/2020/pdf/seminario-2020_paper_20.pdf/view. Acesso em: 13 out. 2021.

RODRÍGUEZ, T. B.; CONSONI, F. L. Uma abordagem da dinâmica do desenvolvimento científico

e tecnológico das baterias lítio-íon para veículos elétricos. **Revista Brasileira de Inovação**. v. 19, p. 1-33, 2020.

SACHS, I. **Caminhos para o desenvolvimento sustentável**. Rio de Janeiro: Garamond, 2002.

YUDHISTIRA, R.; KHATIWADA, D.; SANCHES, F. A comparative life cycle assessment of lithium-ion and lead-acid batteries for grid energy storage. **Journal of Cleaner Production**. v. 358, 2022.

Disponível em:

<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.131999>. Acesso em: 23 ago. 2022.

Géssica Sanabria Carloto

Mestranda do curso de Mestrado em Desenvolvimento Regional – PPGDR/UNIJUI

Renê Reinaldo Emmel Junior

Mestrando do curso de Mestrado em Desenvolvimento Regional – PPGDR/UNIJUI

Argemiro Luís Brum

Doutor em Economia Internacional pela EHESS de Paris (França), professor titular junto ao PPGDR/UNIJUI

Jorge Oneide Sausen

Doutor em Engenharia da Produção, UFSC – Pós-doutorado em Administração, FCV-RJ – Professor titular junto ao PPGDR/UNIJUI

Eusélia Pavéglio Vieira

Doutora em Administração, UNAM/UFMS – Professora titular junto ao PPGDR/UNIJUI
