



**O POTENCIAL DE REUTILIZAÇÃO DAS CÉLULAS DE ÍON LÍTIO DE BATERIAS DE NOTEBOOK
DESCARTADAS: ANÁLISE EM TERMOS DE SUSTENTABILIDADE**

**THE REUSE POTENTIAL OF LITHIUM-ION CELLS FROM DISPOSED NOTEBOOK BATTERIES:
ANALYSIS IN TERMS OF SUSTAINABILITY**

Samila Pereira¹, Vinicius Marcos Domingues Conceição², Vicente Leonardo Cordeiro Kohler³, Gabriel Almeida de Aguiar⁴, Fabricio Parra Santillo⁵

e351426

<https://doi.org/10.47820/recima21.v3i5.1426>

PUBLICADO: 05/2022

RESUMO

O presente artigo objetiva apresentar o processo de pesquisa para a recuperação de células de bateria de Íon-Lítio extraídas de baterias de notebook descartadas que foram obtidas através de doações, de forma a evitar seu descarte precoce e verificar o potencial de reutilização das células em outras aplicações, visando suprir a demanda de pilhas e baterias não recarregáveis, as quais são compostas de metais pesados danosos ao meio ambiente e à saúde. O estudo teve como escopo averiguar o índice de recuperação das células, para tanto, foram submetidas à uma série de procedimentos e testes, definindo-se assim a viabilidade do método aplicado e o potencial de reuso de baterias de notebook descartadas. A finalidade baseou-se na verificação das células funcionais dentro de baterias que haviam sido condenadas previamente pelos doadores, contribuindo para a sustentabilidade, através da redução no descarte prematuro de baterias de notebook e a reutilização das células que seriam descartadas em outros dispositivos.

PALAVRAS-CHAVE: Baterias de notebook. Íon-Lítio. Reaproveitamento

ABSTRACT

This article aims to present the research process for the recovery of Li-Ion battery cells extracted from discarded notebook batteries that were obtained through donations, in order to avoid their early disposal and to verify the potential for reuse of the cells in other applications, aiming to meet the demand for non-rechargeable cells and batteries, which are composed of heavy metals that are harmful to the environment and health. The study aimed to investigate the recovery rate of the cells, therefore, they were subjected to a series of procedures and tests, thus defining the feasibility of the applied method and the potential for reuse of discarded notebook batteries. The purpose was based on the verification of functional cells inside batteries that had been previously condemned by donors, contributing to sustainability, by reducing the premature disposal of notebook batteries and the reuse of cells that would be discarded in other devices.

KEYWORDS: Notebook batteries. Lithium-Ion. Reuse

¹ Graduanda em Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Mato Grosso UFMT. Cuiabá, Mato Grosso, Brasil.

² Graduando em Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Mato Grosso UFMT. Cuiabá, Mato Grosso, Brasil.

³ Graduando em Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Mato Grosso UFMT. Cuiabá, Mato Grosso, Brasil.

⁴ Graduando em Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Mato Grosso UFMT. Cuiabá, Mato Grosso, Brasil.

⁵ Docente no curso de Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Mato Grosso UFMT. Cuiabá, Mato Grosso, Brasil.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

O POTENCIAL DE REUTILIZAÇÃO DAS CÉLULAS DE ÍON LÍTIO DE BATERIAS DE NOTEBOOK DESCARTADAS:
ANÁLISE EM TERMOS DE SUSTENTABILIDADE
Samila Pereira, Vinicius Marcos Domingues Conceição, Vicente Leonardo Cordeiro Kohler,
Gabriel Almeida de Aguiar, Fabricio Parra Santillo

INTRODUÇÃO

Com a tecnologia presente no mundo contemporâneo, é indubitável a notória participação de sistemas e circuitos eletroeletrônicos no cotidiano global, seja no trabalho, em casas, em escolas ou em hospitais, todos esses locais de convivência convergem para uma característica em comum: a presença de equipamentos que necessitam de energia elétrica para promover o funcionamento. Nessa perspectiva, com o advento tecnológico vigente na sociedade atual, muitos desses equipamentos são projetados para serem portáteis, aumentando assim a comodidade, como as baterias de notebook, controles remotos, lanternas etc., eliminando a necessidade de conexão direta ininterrupta com a tomada e possibilitando o fornecimento de energia por um período, conforme o nível de carregamento e capacidade da célula. Entretanto, isso aumentou a utilização de dispositivos de alimentação, dessa maneira, a cada dia o ser humano busca por novas formas de armazenamento energético, que sejam mais eficazes e menos impactantes para o meio-ambiente, para que seja possível atender de maneira satisfatória a demanda global de energia elétrica que, conforme dados da Agência Internacional de Energia (IEA) estava crescendo até 2019, porém, com a pandemia de Coronavírus essa demanda teve uma redução de 5,3% em 2020, devido à paralisação das atividades de diversos setores comerciais como indústrias. No entanto, vale ressaltar que, mesmo diante tais perspectivas, a projeção para os anos pós-pandemia é que a demanda por energia elétrica aumente. Nesse contexto, torna-se necessário o levantamento de tecnologias capazes de ajudar no suprimento dessa demanda energética, em um mundo no qual os carros elétricos estão cada vez mais presentes, sendo uma das aplicações que demandarão um número cada vez maior de baterias, no entanto não é a única.

Nessa perspectiva, as baterias mostram-se elementos importantes para o armazenamento de energia elétrica, pois existem baterias que podem ser reaproveitadas e recarregadas, o que ajuda na atenuação de impactos ambientais, visto que os recursos naturais não são ilimitados, portanto, estratégias que visam a reutilização de materiais devem ser vistas como alto grau de importância. Uma bateria é definida como sendo um dispositivo que converte energia química contida em seus materiais ativos diretamente em energia elétrica por meio de uma reação eletroquímica de oxidação-redução (redox). No caso de um sistema recarregável, a bateria é recarregada por uma inversão do processo (REDDY; LINDEN, 2011).

Diante de tais características, elaborar formas de reuso de componentes como pilhas e baterias é viável, visto a capacidade de reutilização e diminuição de, conseqüentemente, resíduos eletrônicos. Segundo Green Eletron (2021), o Brasil é o quinto maior produtor de lixo eletrônico no mundo, de forma que apenas 3% dessa matéria passa pelo processo de reciclagem. Além disso, é demonstrado que 49% da população que realiza esse processo de descarte desse tipo de material, acaba descartando junto a lixo reciclável, tornando-se um risco não somente a natureza, bem como aos operadores de reciclagem que lidam com esses materiais. Demonstrando assim, uma problemática atual que requer medidas para mitigar o impasse.



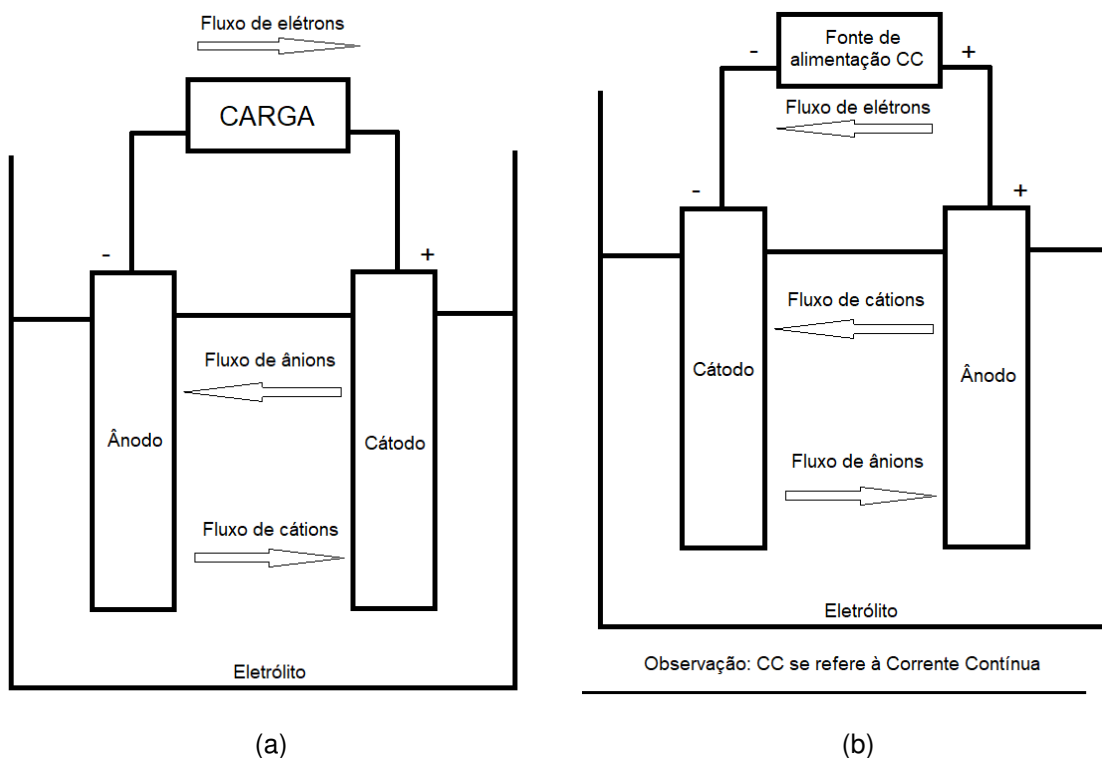
RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

O POTENCIAL DE REUTILIZAÇÃO DAS CÉLULAS DE ÍON LÍTIO DE BATERIAS DE NOTEBOOK DESCARTADAS:
ANÁLISE EM TERMOS DE SUSTENTABILIDADE
Samila Pereira, Vinicius Marcos Domingues Conceição, Vicente Leonardo Cordeiro Kohler,
Gabriel Almeida de Aguiar, Fabrício Parra Santillo

CONSTITUIÇÃO DAS BATERIAS

Uma informação adicional é que uma bateria é um dispositivo constituído a partir da associação de células, sendo célula a unidade eletroquímica básica. A célula é dividida nas seguintes seções: ânodo, que é o eletrodo redutor, ou seja, disponibiliza elétrons ao circuito externo e é oxidado durante a reação eletroquímica; O cátodo, que é o eletrodo oxidante, que recebe elétrons do circuito externo e é reduzido durante a reação eletroquímica; O eletrólito, que é o condutor iônico, que apresenta o meio para transferência de carga, como íons, dentro da célula entre o ânodo e o cátodo, conforme a Figura (1) abaixo:

Figura (1) - Processo de descarga (a) e carga (b) de uma célula



Fonte: REDDY; LINDEN, 2011, p. 1.7 e 1.8

O eletrólito é composto geralmente por um líquido, como água ou outros solventes, com sais dissolvidos, ácidos ou álcalis para conferir condutividade iônica. Algumas baterias usam eletrólitos sólidos, que são condutores iônicos na temperatura de operação da célula (REDDY; LINDEN, 2011). Diante de tais características construtivas, as baterias apresentam diversas vantagens e viabilizam sua utilização em diversas áreas.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

O POTENCIAL DE REUTILIZAÇÃO DAS CÉLULAS DE ÍON LÍTIO DE BATERIAS DE NOTEBOOK DESCARTADAS:
ANÁLISE EM TERMOS DE SUSTENTABILIDADE
Samila Pereira, Vinicius Marcos Domingues Conceição, Vicente Leonardo Cordeiro Kohler,
Gabriel Almeida de Aguiar, Fabrício Parra Santillo

REGULAMENTAÇÃO NACIONAL SOBRE BATERIAS

No que tange a utilização de elementos químicos para o estabelecimento dos processos eletroquímicos para a conversão de energia química para energia elétrica, é necessário verificar que, devido as baterias serem amplamente utilizadas pelo mundo, torna-se vital o levantamento das seguintes questões: quais são os impactos do descarte inapropriado dessas baterias feitas de elementos químicos, muitas das vezes tóxicos, no meio ambiente? O que pode ser feito para reduzir a taxa de descarte incorreto de baterias no meio ambiente? Que papel as instituições de ensino podem promover para melhorar o índice de descarte correto e evitar descarte de tais componentes no lixo comum?

Diante de tais questionamentos, conforme a NBR 10004 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004, p. 3), que trata da classificação dos resíduos, essa norma atribui para baterias a classificação “Classe I”, que é o grupo de resíduos perigosos e que devem ser descartados em lixo especial e reservado, e isso se deve à presença de materiais químicos e tóxicos como lítio, chumbo e mercúrio na constituição das seções das células (ânodo, cátodo e eletrólito), diante disso, o CONAMA, conforme a Resolução 401/2008 (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, 2008, p. 5) responsabiliza os fabricantes para garantir um destino apropriado para as baterias descartadas, ou seja, é responsabilidade das fabricantes garantir que tais produtos tóxicos sejam descartados de maneira correta, então, o descarte correto seria os consumidores levarem as baterias descartadas para uma central da fabricante do produto. Contudo, essa informação não é de conhecimento de grande parte da população, e por isso, muitas pessoas continuam com o descarte incorreto de baterias. Portanto, verificando tal panorama, é evidente que seja necessária a conscientização referente ao manuseio e descarte correto dessas baterias, pois esses produtos tóxicos podem ocasionar danos tanto para o meio ambiente quanto para o ser humano, como poluição e intoxicação e, visto que tais produtos podem chegar a contaminar ecossistemas e sua fauna e flora, tem como base o repentino avanço dos veículos elétricos, que possuem por princípio de alimentação as baterias de íon-lítio, seguindo este raciocínio, é bastante provável que em um futuro próximo a quantidade de baterias no meio ambiente aumentará de maneira drásticas. Um exemplo disso é que o setor automotivo movido à eletricidade (carros elétricos) cresceu 77% no Brasil em 2021 em comparação com 2020, conforme os dados emitidos pela Associação Brasileira do Veículo Elétrico (ABVE), através disso, é verificado um crescimento exponencial nesse setor sendo, portanto, relevante o levantamento de hipóteses e linhas de pensamentos que correlacionam os efeitos de tais baterias ao meio ambiente.

Motiva-se de tais hipóteses a necessidade de difundir informações a respeito da NBR 10004 para a população, de maneira a garantir a educação ambiental eficaz ao que diz respeito as baterias, tendo em vista a crescente demanda por tais produtos que, conforme dados da *Bloomberg New Energy Finance* (BNEF), esta demanda aumentará de maneira avançada na



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

O POTENCIAL DE REUTILIZAÇÃO DAS CÉLULAS DE ÍON LÍTIO DE BATERIAS DE NOTEBOOK DESCARTADAS:
ANÁLISE EM TERMOS DE SUSTENTABILIDADE
Samila Pereira, Vinicius Marcos Domingues Conceição, Vicente Leonardo Cordeiro Kohler,
Gabriel Almeida de Aguiar, Fabrício Parra Santillo

década entre 2020 e 2030. Portanto, haverá uma maior disponibilidade de baterias no meio ambiente, que poderá resultar em problemas diversos se não forem descartadas de maneira apropriada. De acordo com a pesquisa realizada por Brum e Silveira (2011), dos entrevistados, 80% deles estão realizando o descarte de baterias no lixo comum, além disso, 46% deles dizem que não sabiam dos efeitos nocivos das baterias à saúde, sendo, portanto, necessária a transmissão e difusão para a população sobre o descarte apropriado das baterias e estimular a coleta de baterias por organismos competentes que farão o descarte apropriado de tais componentes.

Nessa perspectiva, o Programa de Educação Tutorial - PET, mais precisamente o grupo PET Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Mato Grosso – UFMT, promove um projeto de recolhimento de baterias descartadas de Notebook visando uma possível reutilização das células em seus projetos, pesquisas, cursos e oficinas, e o correto descarte das células danificadas. A justificativa para tal projeto provém da grande utilização desses equipamentos por parte da população, cujas baterias apresentam uma vida útil entre 3 e 5 anos, na qual os defeitos mais comuns são: a obsolescência programada, defeito de uma ou mais células, ou mesmo um defeito na placa de controle de carregamento das células, conhecida como *Battery Management System* – BMS, ou sistema de gerenciamento de bateria em português. Entretanto, pelo desconhecimento de tal fator, em muitos casos as baterias são descartadas com as células que ainda estão funcionais, gerando um descarte prematuro de células que ainda poderiam ser utilizadas em outros equipamentos.

METODOLOGIA

A primeira ação do projeto consistiu na coleta de baterias de notebook que apresentavam qualquer defeito, impossibilitando o seu uso e se tornando um material inútil ao equipamento. A primeira fase do projeto foi a divulgação com o objetivo da obtenção de doações desse material por parte da população, entretanto, a principal fonte de arrecadação das baterias de notebook foi por meio de doação realizada por empresas privadas locais que trabalham no ramo de reparos de aparelhos eletrônicos e notebooks, de forma que a concessão dessas baterias foi resultado da solicitação formal enviada a essas empresas explicando o objetivo do projeto de pesquisa a ser desenvolvido. A Figura 2 (a) apresenta algumas células recebidas pelo projeto.

A obtenção do material de estudo foi dada início a desmontagem das baterias e extração das células de Íon-Lítio, conforme apresentado na Figura 2 (b), realizada com o auxílio de ferramentas e Equipamentos de Proteção Individual (EPI's), tal como luvas e óculos de proteção.

Após a remoção das células dos invólucros das baterias, elas passaram por um processo de limpeza e análise superficial, retirando quaisquer resquícios metálico ou cola que estivessem conectados em sua superfície, além disso, nesse momento foi também verificado se o material de



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

O POTENCIAL DE REUTILIZAÇÃO DAS CÉLULAS DE ÍON LÍTIO DE BATERIAS DE NOTEBOOK DESCARTADAS:
ANÁLISE EM TERMOS DE SUSTENTABILIDADE
Samila Pereira, Vinicius Marcos Domingues Conceição, Vicente Leonardo Cordeiro Kohler,
Gabriel Almeida de Aguiar, Fabricio Parra Santillo

estudo possuía algum dano químico, inviabilizando assim sua utilização. As Figuras 2 (c) e (d) ilustram essa etapa do projeto.

Visando o desenvolvimento de uma identificação (ID) para as células, como uma forma de organização das informações a serem coletadas e anotadas em uma planilha de Excel, cada célula recebeu uma numeração. A numeração foi constituída de 2 dígitos, o primeiro refere-se a bateria da qual a célula em questão foi extraída e o segundo dígito é referente à numeração da célula dentro do grupo de células que foram extraídas da bateria em questão.

Após o desmonte, limpeza e identificação das células, o próximo passo consiste no teste de verificação de tensão inicial de cada célula, conforme Figura 2 (e). A partir desse dado, foi realizado a primeira classificação das células, as que apresentaram tensão igual ou superior a 3 V foram consideradas “inicialmente boas”, estando prontas para serem carregadas e descarregadas, já as demais foram classificadas como “destinadas à reativação”, com exceção das células que apresentaram dano químico aparente, as quais foram imediatamente removidas do processo e separadas para descarte apropriado.

O processo de reativação das células consistiu na elaboração de um circuito simples que permitisse a conexão em paralelo de duas ou mais células, de modo que uma célula carregada, com tensão superior ou igual a 4,0 V, era colocada em paralelo com uma célula do grupo das “destinadas ao processo de reativação”, por cerca de 10 minutos, a fim de que a célula carregada exercesse uma tensão nos terminais da célula de baixa tensão, visando obter a “reativação” da célula por meio da circulação forçada de corrente, de forma a haver o equilíbrio de tensão entre as células em paralelo. Após a execução desse procedimento, foi realizada a verificação da tensão da célula reativada, assim como nos dois dias seguintes para verificar se foi mantido o nível de tensão. Portanto, se no último dia a célula apresentasse uma tensão superior a 3 V, ela era considerada apta a passar pelos processos de carga e descarga, caso contrário a célula era descartada.

Na sequência, foram realizados os processos de carga e descarga das baterias classificadas como aptas, conforme ilustrado na Figura 2 (f), para isso foi utilizado o equipamento iMAX B6 da SkyRC para carga e descarga e o equipamento T240 DUO AC/DC da HTRC para o procedimento de descarga das células. De modo que as células em funcionamento e revidas eram completamente carregadas, de acordo com a capacidade individual de cada célula, e a tensão dessas células aferidas durante três dias consecutivos. Após isso, a célula era descarregada, sendo anotadas sua tensão e capacidade de armazenamento na planilha de dados. Salienta-se que esse processo fora realizado três vezes, sequencialmente, e, além disso, durante o carregamento as células eram constantemente verificadas a fim de notar algum sinal da célula sobreaquecer, caso fosse identificado a célula era removida do procedimento em questão, e a célula era catalogada como “Com sobreaquecimento”.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

O POTENCIAL DE REUTILIZAÇÃO DAS CÉLULAS DE ÍON LÍTIO DE BATERIAS DE NOTEBOOK DESCARTADAS:
ANÁLISE EM TERMOS DE SUSTENTABILIDADE
Samila Pereira, Vinicius Marcos Domingues Conceição, Vicente Leonardo Cordeiro Kohler,
Gabriel Almeida de Aguiar, Fabricio Parra Santillo

Dessa forma, as células com danos químicos, as não revividas ou com sobreaquecimento foram armazenadas de maneira devida e encaminhadas para pontos de coleta desse tipo de material, conforme ilustrado nas Figura 2 (g), (h) e (i). Já as células revividas e em funcionamento foram reutilizadas em diversos projetos criados pelo grupo PET Engenharia Elétrica.

Figura 2- Etapas do projeto de reutilização de células de baterias de notebook



Fonte: Os autores.

Todo o procedimento de verificação de tensão e funcionamento foi realizado com todas as células e as informações foram anotadas em uma planilha de Excel para verificação do potencial de reutilização de células de notebook. Dentre as células recebidas pelo grupo, algumas foram utilizadas para a construção de packs de células com o objetivo de atender o grupo nos cursos e oficinas, eliminando assim a necessidade da aquisição de pilhas e baterias comuns.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

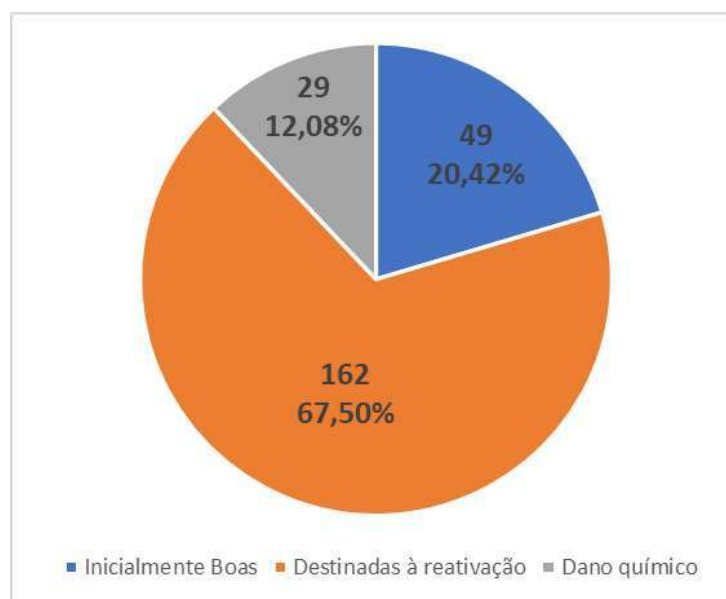
O POTENCIAL DE REUTILIZAÇÃO DAS CÉLULAS DE ÍON LÍTIO DE BATERIAS DE NOTEBOOK DESCARTADAS:
ANÁLISE EM TERMOS DE SUSTENTABILIDADE
Samila Pereira, Vinicius Marcos Domingues Conceição, Vicente Leonardo Cordeiro Kohler,
Gabriel Almeida de Aguiar, Fabricio Parra Santillo

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados devem ser analisados considerando dois grupos de estudo, o primeiro refere-se às células que foram catalogadas por meio do projeto de pesquisa e não foram posteriormente utilizadas para a construção de packs, já o segundo grupo se refere as primeiras células recebidas pelo PET as quais foram utilizadas na criação de packs e apresentam apenas informações da tensão e capacidade de carga em miliampere-hora (mAh).

As células do primeiro grupo advêm de 45 baterias de notebook, das quais foram extraídas 240 células. No primeiro teste, da tensão inicial, verificou-se um baixo número de células consideradas aptas para os testes de carregamento e descarregamento (20,42%), uma menor parcela apresentou dano químico aparente (12,08%) e a maior parte foi destinada ao processo de reativação (67,5%), como é possível observar na Figura 3.

Figura 3 – Dados referentes ao teste da tensão inicial.



Fonte: Os autores.

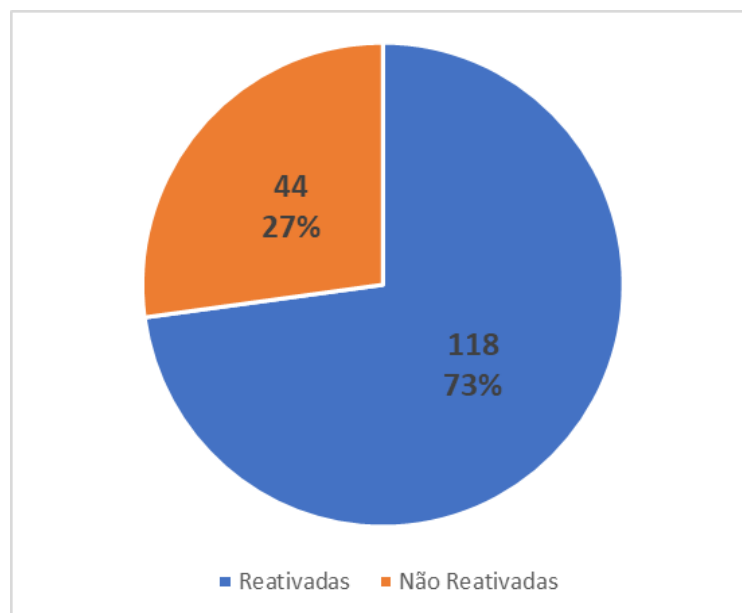
O processo de reativação mostrou-se efetivo, uma vez que das 162 células que passaram pelo processo, 118 foram reativadas, ou seja, tornaram-se aptas a passarem pelos processos de carga e descarga, como pode ser observado na Figura 4.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

O POTENCIAL DE REUTILIZAÇÃO DAS CÉLULAS DE ÍON LÍTIO DE BATERIAS DE NOTEBOOK DESCARTADAS:
ANÁLISE EM TERMOS DE SUSTENTABILIDADE
Samila Pereira, Vinicius Marcos Domingues Conceição, Vicente Leonardo Cordeiro Kohler,
Gabriel Almeida de Aguiar, Fabricio Parra Santillo

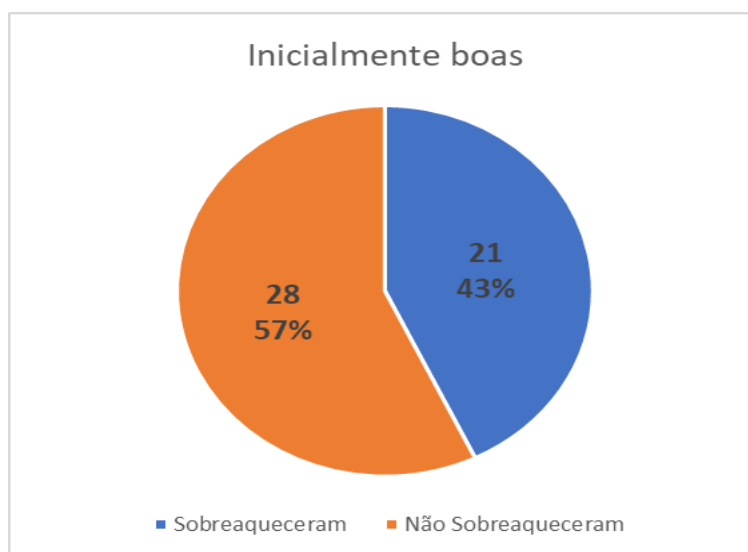
Figura 4 – Dados referentes ao processo de reativação.



Fonte: Os autores.

Entretanto, a célula ter sido reativada ou identificada inicialmente como boa não era o suficiente para considerá-la como funcionando, as células precisaram ainda passar pelos testes de carga e descarga sem sobreaquecer. Logo, das células que se apresentaram inicialmente boas (49), 43% sobreaqueceram, enquanto das células reativadas (118), uma menor parcela sobreaqueceu (35,59%). Portanto, observa-se que, de forma geral, a maioria das células que iniciaram os processos de carga e descarga apresentaram funcionamento no final dos testes, como poder ser observado na Figura 5 (a) e (b).

Figura 5 – Dados referentes a taxa de sobreaquecimento nos processos de carga.

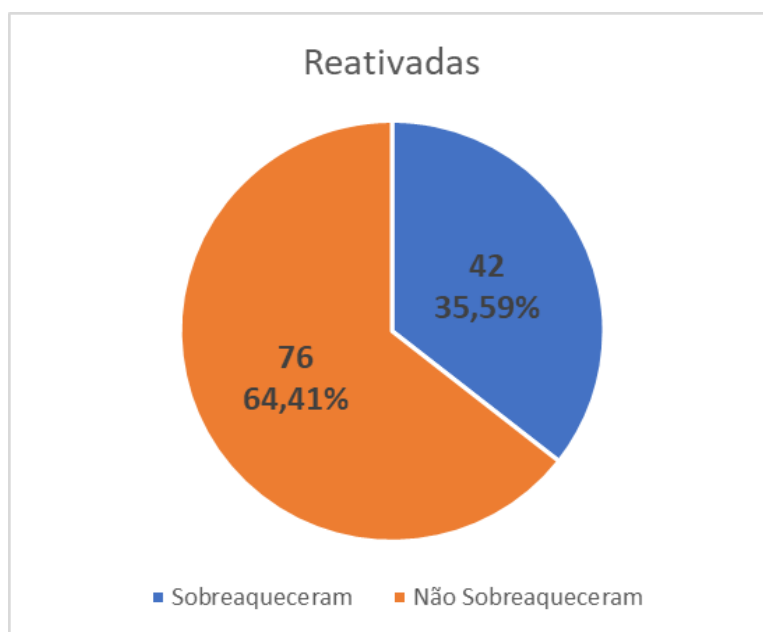


(a)



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

O POTENCIAL DE REUTILIZAÇÃO DAS CÉLULAS DE ÍON LÍTIO DE BATERIAS DE NOTEBOOK DESCARTADAS:
ANÁLISE EM TERMOS DE SUSTENTABILIDADE
Samila Pereira, Vinicius Marcos Domingues Conceição, Vicente Leonardo Cordeiro Kohler,
Gabriel Almeida de Aguiar, Fabrício Parra Santillo



(b)

Fonte: Os autores.

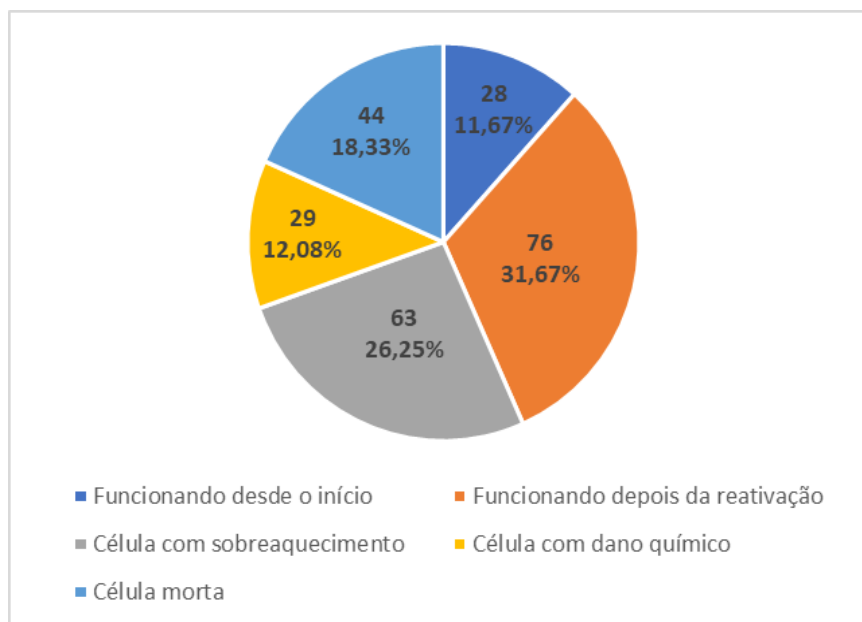
A Figura 6 apresenta o estado final de todas as células do primeiro grupo, onde é possível notar que das células coletadas de baterias que seriam descartadas, apenas 30,41% delas realmente não estavam funcionando, sendo esse grupo composto pelas células mortas e que apresentam dano químico. No entanto, 26,25% das células apresentaram possibilidade de funcionamento, mas durante os testes elas apresentaram mal funcionamento, verificado com o sobreaquecimento anormal durante o carregamento. Portanto, nota-se que das 240 células que foram coletadas, 104 apresentaram funcionamento, ou seja, foi verificado um aproveitamento de 43,34% das células que seriam descartadas.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

O POTENCIAL DE REUTILIZAÇÃO DAS CÉLULAS DE ÍON LÍTIO DE BATERIAS DE NOTEBOOK DESCARTADAS:
ANÁLISE EM TERMOS DE SUSTENTABILIDADE
Samila Pereira, Vinicius Marcos Domingues Conceição, Vicente Leonardo Cordeiro Kohler,
Gabriel Almeida de Aguiar, Fabricio Parra Santillo

Figura 6 – Estado final das células do grupo catalogado.



Fonte: Os autores.

Além disso, a reativação foi responsável por produzir 73,08% (76) das células que no final apresentaram funcionamento, contrapondo 26,92% (28) que apresentaram bom funcionamento desde o momento que foram retiradas das baterias. Ainda foi notada uma pequena superioridade por parte das células reativadas no que tange à capacidade de carga (mAh), visto que a média de capacidade das reativadas (76) foi de 1746 mAh, enquanto as que funcionaram sem reativação (28) apresentaram média de capacidade de 1627 mAh.

Já o segundo grupo de estudo trata-se das células utilizadas para a construção de packs e que não estão relacionadas com as 240 células anteriormente citadas. Ao todo foram construídos 16 packs, dentre esses, 12 foram catalogados.

Os packs foram construídos conectando 2 ou 3 células em série, cada uma com tensão máxima de 4,2V, de forma a obter uma tensão final de 8,4 e 12,6V respectivamente, cujos níveis de tensão correspondem aos mais comuns dentre os projetos e necessidades do grupo PET Engenharia Elétrica. Para a montagem dos packs, foram selecionadas células com a mesma capacidade de armazenamento, pois em uma associação em série a capacidade de operação será nivelada pela célula de menor capacidade de carga. Após a devida conexão em série das células, foi instalado um controlador de carga e descarga BMS modelo 2s ou 3s, dependendo do número de células, permitindo assim o controle de carga por célula e a proteção de carga e descarga durante sua utilização. Por fim, foi adicionado os conectores de carga e descarga, uma etiqueta com as especificações do pack, e o acabamento foi realizado com EVA nos pontos de



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

O POTENCIAL DE REUTILIZAÇÃO DAS CÉLULAS DE ÍON LÍTIO DE BATERIAS DE NOTEBOOK DESCARTADAS:
ANÁLISE EM TERMOS DE SUSTENTABILIDADE
Samila Pereira, Vinicius Marcos Domingues Conceição, Vicente Leonardo Cordeiro Kohler,
Gabriel Almeida de Aguiar, Fabrício Parra Santillo

solda e o envelopamento com termo retrátil, proporcionando maior durabilidade ao pack. As Figuras 7 (a) e (b) apresentam alguns dos packs já finalizados.

Figura 7 – Packs de 12,6 (a) e 8,4 V (b) montados com células reaproveitadas de baterias de notebook.



Fonte: Os autores.

Os dados de tensão e capacidade de carga dos packs construídos e catalogados são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Dados de tensão e capacidade de carga dos packs construídos e catalogados.

| Num. Pack | Tensão de Carga (V) | Capacidade (mAh) |
|-----------|---------------------|------------------|
| 1 | 12,6 | 1550 |
| 2 | 12,6 | 1550 |
| 3 | 12,6 | 1184 |
| 4 | 12,6 | 1184 |
| 5 | 12,6 | 1463 |
| 6 | 12,6 | 1429 |
| 7 | 12,6 | 1270 |
| 8 | 12,6 | 1774 |
| 9 | 12,6 | 1594 |
| 10 | 8,4 | 1594 |
| 11 | 8,4 | 1822 |
| 12 | 8,4 | 1531 |

Fonte: Os autores.

Em relação os 5 packs não catalogados e citados anteriormente, eles foram construídos e utilizados em projetos de extensão e pesquisa do grupo PET Engenharia Elétrica. Três packs foram utilizados para fornecer energia para três jogos eletrônicos desenvolvidos para crianças com necessidades especiais de escolas da região da Universidade, por meio de um projeto de extensão, permitindo assim uma maior mobilidade dos jogos durante sua utilização. Um outro pack foi utilizado em um projeto de pesquisa para alimentar um equipamento que auxilia na reprodução de peixes na fazenda universitária do campus. Por fim, mais um pack foi montado para servir de alimentação auxiliar na fechadura eletrônica disponível na porta da sala do grupo PET.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

O POTENCIAL DE REUTILIZAÇÃO DAS CÉLULAS DE ÍON LÍTIO DE BATERIAS DE NOTEBOOK DESCARTADAS:
ANÁLISE EM TERMOS DE SUSTENTABILIDADE
Samila Pereira, Vinicius Marcos Domingues Conceição, Vicente Leonardo Cordeiro Kohler,
Gabriel Almeida de Aguiar, Fabrício Parra Santillo

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do exposto, o processo de coleta, separação e reativação das células de baterias de notebook promoveu o reaproveitamento de um material que seria descartado de forma adequada ou indevida, considerando que a última hipótese ocasiona danos ao meio ambiente e à saúde da população. Assim sendo, perante aos dados obtidos, constatou-se que algumas das células extraídas estavam em perfeito estado, indicando o descarte prematuro desse material, bem como uma outra porcentagem relevante foi recuperada a partir do processo de reativação, prolongando assim a vida útil desse material, podendo atuar como um substituto ao consumo de pilhas e baterias, como no caso do grupo PET Engenharia Elétrica UFMT, no qual supriu a demanda de pilhas e baterias a partir da elaboração dos packs recarregáveis com as células retiradas das baterias de notebook.

AGRADECIMENTOS

Os autores expressam seus agradecimentos ao Fundo Nacional de Educação – FNDE e SESu/MEC pelas bolsas do Programa de Educação Tutorial (PET) do grupo PET Engenharia Elétrica do curso de Graduação de Engenharia Elétrica da UFMT e outros apoios financeiros que viabilizaram o projeto.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 10004 Resíduos Sólidos - Classificação**. 2. ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

BARCELOS, Lucas Pegrucci. **Estudos sobre o reaproveitamento de baterias íon-lítio**. 2020. 125 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2020.

BNEF. **Global Energy Storage Market set to hit One Terawatt-hour by 203**. [S. l.]: BNEF, 2021. Disponível em: <https://about.bnef.com/blog/global-energy-storage-market-set-to-hit-one-terawatt-hour-by-2030/>. Acesso em: 19 jan. 2022.

BRUM, Zélio Rumpel; SILVEIRA, Djalma Dias da. Educação ambiental no uso e descarte de pilhas e baterias. 2010. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental - Universidade Federal de Santa Maria**, Santa Maria, 2010.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). **Resolução nº 401, de 04 de novembro de 2008**. Brasília, 5 nov. 2008.

COSTA, V. Venda de carros elétricos sobe 77% no Brasil, com maior diversidade de modelos. **O GLOBO**, 2022. Disponível em: <https://oglobo.globo.com/economia/venda-de-carros-eletricos-sobe-77-no-brasil-com-maior-diversidade-de-modelos-veja-lista-com-os-mais-vendidos-25342202>. Acesso em: 18 jan. 2022.

GREEN ELETON. Gestora para Logística Reversa de Equipamentos Eletroeletrônicos. **Resíduos Eletrônicos no Brasil**, 2021. Disponível em:



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR
ISSN 2675-6218

O POTENCIAL DE REUTILIZAÇÃO DAS CÉLULAS DE ÍON LÍTIO DE BATERIAS DE NOTEBOOK DESCARTADAS:
ANÁLISE EM TERMOS DE SUSTENTABILIDADE
Samila Pereira, Vinicius Marcos Domingues Conceição, Vicente Leonardo Cordeiro Kohler,
Gabriel Almeida de Aguiar, Fabricio Parra Santillo

https://www.greeneletron.org.br/download/RELATORIO_DE_DADOS.pdf. Acesso em: 17 abr. 2022.

IEA. **Global Energy Review 2020**. Paris: IEA, 2020. Disponível em:
<https://www.iea.org/reports/global-energy-review-2020>. Acesso em: 17 jan. 2022.

REDDY, Thomas B.; LINDEN, David. **Linden's handbook of batteries**. New York: McGraw-Hill, 2011.