

## **MODELOS ELÉTRICOS PARA PREDIÇÃO DO TEMPO DE VIDA DE BATERIAS DE LITHIUM ÍON POLÍMERO<sup>1</sup>**

**Marcia De Fatima Brondani<sup>2</sup>, Airam Teresa Zago Romcy Sausen<sup>3</sup>, Paulo Sérgio Sausen<sup>4</sup>.**

<sup>1</sup> Projeto de Pesquisa realizado no curso de Mestrado em Modelagem Matemática da Unijuí.

<sup>2</sup> Mestranda em Modelagem Matemática - Unijuí.

<sup>3</sup> Professora do Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Modelagem Matemática. Departamento de Ciências Exatas e Engenharias - DCEEng - Unijuí.

<sup>4</sup> Professor do Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Modelagem Matemática. Departamento de Ciências Exatas e Engenharias - DCEEng - Unijuí.

### Introdução

Os aparelhos eletrônicos portáteis são abastecidos energeticamente por fontes de alimentação próprias e individuais, principalmente pelas baterias. Tais baterias precisam fornecer energia por longos períodos de tempo e possuir maior durabilidade. A operacionalidade dos referidos dispositivos eletrônicos está condicionada ao tempo de vida das baterias, que é por definição o tempo que a mesma leva para atingir um determinado nível de capacidade de carga, no qual a bateria fica incapaz de fornecer energia elétrica para o sistema [1].

Considerando a popularidade na utilização de aparelhos móveis, assim como o prejuízo que as baterias podem causar ao meio ambiente quando descartadas inadequadamente, existe a necessidade de investimentos objetivando fomentar o desenvolvimento de baterias cada vez menores, mais leves, e de melhor desempenho e durabilidade. Neste contexto, torna-se imprescindível a realização de estudos sobre a predição do tempo de vida das baterias. Uma maneira de prever este tempo de vida é através do uso de modelos matemáticos que simulam a descarga de energia nas mesmas. Na literatura, encontram-se vários modelos matemáticos com características distintas capazes de modelar as diferentes propriedades relacionadas a cada tipo de bateria.

Assim, o objetivo principal deste trabalho consiste em estudar e aplicar modelos elétricos, a fim de simular a descarga de energia de baterias que alimentam dispositivos móveis e assim, possibilitar a predição do seu tempo de vida, considerando um amplo conjunto de descargas, composto de correntes baixas, médias e altas, de baterias de Lithium Íon Polímero. Destaca-se que deseja-se a obtenção de um modelo elétrico que realiza a predição do tempo de vida de baterias com acurácia, seja de fácil implementação, e simples de utilizar pelo usuário.

### Metodologia

Neste trabalho, é apresentado um estudo baseado nos modelos elétricos de baterias encontrados na literatura técnica, os quais permitem prever o tempo de vida de baterias utilizadas em dispositivos móveis. Ao estudar os referidos modelos, é dada ênfase ao modelo elétrico Battery e ao modelo elétrico para Prever Runtime e Características V-I (i.e., de corrente e tensão) de uma bateria.

Além do estudo teórico realizado, é obtido de uma plataforma de testes um amplo conjunto de dados experimentais de um processo de descarga de baterias, do tipo Lithium Íon Polímero, utilizada em telefones celulares da marca Nokia. Então, o modelo elétrico Battery é implementado na ferramenta computacional MatLab/Simulink, em seguida seus parâmetros empíricos são estimados, e por fim o modelo é simulado e os resultados encontrados são comparados com os resultados experimentais.

## Resultados e Discussões

Os modelos elétricos utilizam uma combinação de fontes de tensão, resistores e capacitores para simulações com outros sistemas e circuitos elétricos. A precisão destes modelos encontra-se entre a precisão dos modelos eletroquímicos, e dos modelos analíticos, entre 1% e 5% de erro. Na área da engenharia elétrica, tais modelos são mais intuitivos, úteis e fáceis de manusear, especialmente quando usados em simuladores de circuito [1, 2]. O modelo elétrico Battery é um modelo prático no que se refere à extração de seus parâmetros empíricos e considera parte dos efeitos não-lineares que ocorrem em um processo real de descarga, i.e., o efeito de recuperação, que influencia diretamente no tempo de vida da bateria. O modelo elétrico para Prever Runtime e Características V-I é um modelo elétrico de alta acurácia presente na literatura técnica [1, 2]. Nesta seção, são apresentadas a descrição das equações e o resultado das simulações do modelo elétrico Battery, e a descrição das equações do modelo elétrico para Prever Runtime e Características V-I de uma bateria.

## Modelo Elétrico Battery

O modelo elétrico Battery é um modelo de bateria parametrizado, genérico e dinâmico, que representa os mais populares tipos de baterias recarregáveis. Tal modelo possibilita simular o comportamento de descarga de um tipo específico de bateria, mediante a introdução de parâmetros no modelo, tais como: tipo de bateria, resistência interna, capacidade máxima, entre outros [1, 3].

Ao estudar o modelo elétrico Battery percebe-se que para cada tipo de bateria existe uma equação matemática que descreve o decaimento de tensão do sistema [3]. Neste trabalho são utilizadas baterias de Lithium Íon Polímero, logo a equação matemática que representa o modelo elétrico Battery para este tipo de bateria é dada por (1)

$$f(it, i^*, i) = E_0 - K \frac{Q}{Q - it} i^* - K \frac{Q}{Q - it} it + A \exp(-Bit) \quad (1)$$

onde:  $E_0$  é a tensão constante (V),  $k$  é a constante de polarização (Ah) ou a resistência de polarização (Ohms),  $i^*$  é a corrente dinâmica em baixa frequência (A),  $it$  é a capacidade extraída (Ah),  $Q$  é a capacidade máxima da bateria (Ah),  $A$  é a tensão exponencial (V) e  $B$  representa a capacidade exponencial (Ah)-1.

A seguir, são ressaltadas algumas das hipóteses de modelagem do modelo elétrico Battery [3]:

- A resistência interna da bateria é considerada constante durante a descarga e não varia com a amplitude da corrente;
- A capacidade da bateria não se altera com a amplitude de corrente de descarga;
- O modelo não considera a temperatura.

Diante destas descrições, apresenta-se como resultado parcial desta pesquisa uma comparação entre os resultados das simulações do modelo elétrico Battery para os tempos de vida de uma bateria de Lithium Íon Polímero, e os resultados experimentais obtidos a partir da plataforma de testes.

Para que o modelo elétrico Battery execute a função de simulação de descarga de uma bateria e conseqüentemente, do seu tempo de vida, os seus parâmetros devem ser informados. Para a realização das simulações desejadas, os parâmetros do modelo são obtidos através de uma única curva de descarga da bateria, em conjunto com os dados do seu datasheet, conforme sugerido por [1, 3] para extração dos parâmetros.

O modelo foi calibrado várias vezes, aplicando correntes nominais de descargas baixas, médias e altas para vários perfis de descarga. Neste trabalho, é apresentado o resultado das simulações, para as quais se utilizou uma corrente nominal de 450 mA e um conjunto amplo de perfis de descargas contínuas, conforme descrito na Tabela 1. Desta forma, na referida tabela, encontram-se os tempos de vida médios da bateria para cada perfil de descarga, obtidos experimentalmente; o tempo de vida resultante das simulações com o modelo Battery e os respectivos erros das simulações em relação aos experimentos.

Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico  
Evento: XIX Jornada de Pesquisa

Tabela 1 - Tempos de vida experimentais ( $T_{ve}$ ) e tempos de vida simulados ( $T_{vs}$ ) pelo modelo *Battery* com descargas contínuas e corrente nominal de 450 mA.

Perfis de descargas contínuas (mA)	$T_{ve}$ (s)	$T_{vs}$ (s)	Erro no tempo de vida (%)
100	23734,1	24523	3,32%
200	12057,6	11950	0,89%
300	7642,5	7758	1,52%
400	5905,5	5661	4,13%
500	4642,1	4402	5,17%
600	3673,2	3562	3,02%
700	3091,8	2962	4,20%
800	2590,8	2511	3,09%
<b>Erro médio</b>			<b>3,16%</b>

Analisando a Tabela 1, observa-se que os erros apresentados em cada um dos perfis de descargas contínuas apresentam uma diferença entre o mínimo e o máximo de erro no tempo de vida. Tal processo ocorre devido ao modelo elétrico *Battery* não considerar o efeito de taxa de capacidade, o qual é um importante efeito não-linear que acontece na bateria durante seu processo de descarga.

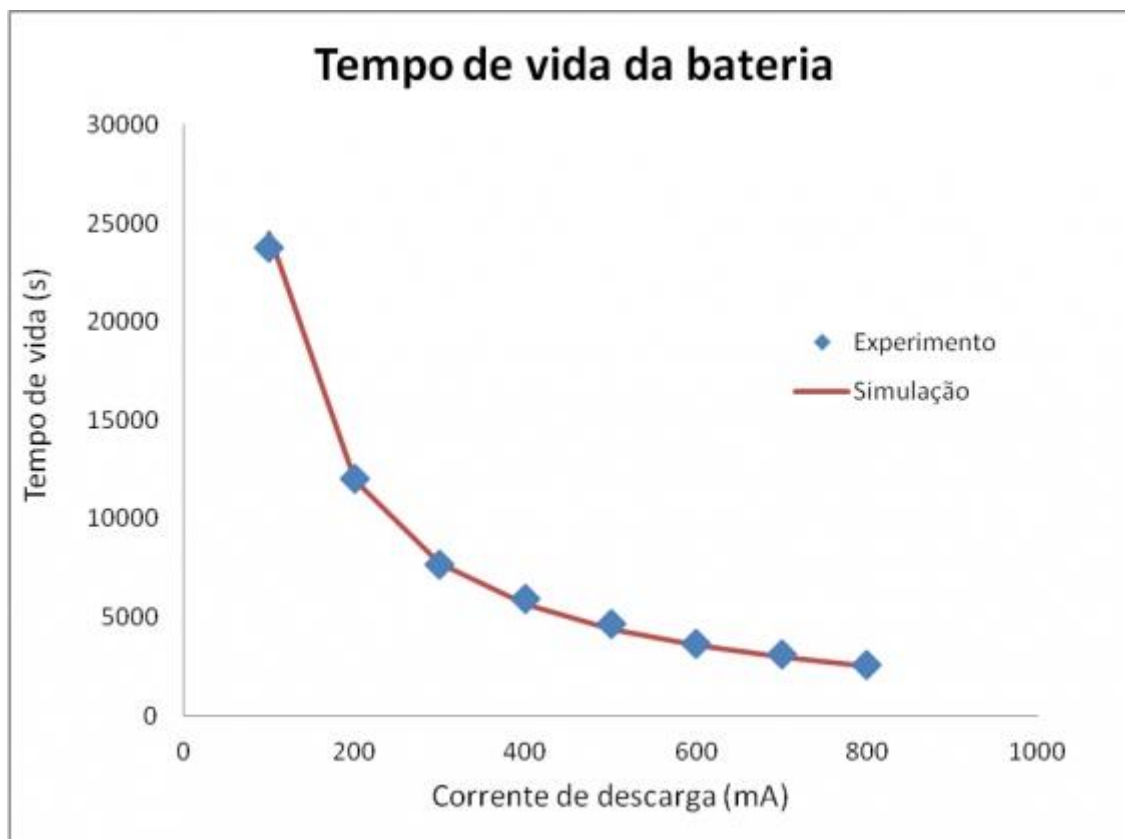


Figura 1 - Comparação entre resultados simulados e dados experimentais para os perfis de descargas contínuas, considerando a corrente nominal de 450 mA.

Nota-se que, na Figura 1, o tempo de vida da bateria diminui à medida que a corrente de descarga aumenta. Isso ocorre porque para altas taxas de descarga a capacidade efetiva da bateria é reduzida, diminuindo, conseqüentemente, o seu tempo de vida. Também, observa-se uma boa acurácia do modelo, visto que os dados experimentais estão muito próximos da curva simulada, isto também pode ser verificado na Tabela 1, pois o modelo elétrico Battery tem um erro médio de 3,16%.

#### Modelo para Predizer Runtime e Características V-I de uma Bateria

O modelo para Predizer Runtime e Características V-I de uma bateria é um modelo abrangente, intuitivo e de alta acurácia. Com este modelo é possível modelar a capacidade, o estado de carga, e o tempo de vida da bateria através de um capacitor  $C_{capacity}$  e da fonte de corrente controlada, conforme apresentado na Figura 2. Nota-se que a rede RC, semelhante aos modelos baseados em

Thevenin, simula a resposta transiente [1, 2]. Ainda, segundo [2] a relação entre o estado de carga da bateria e a tensão de circuito aberto VOC é dada pela tensão gerada pela fonte controlada.

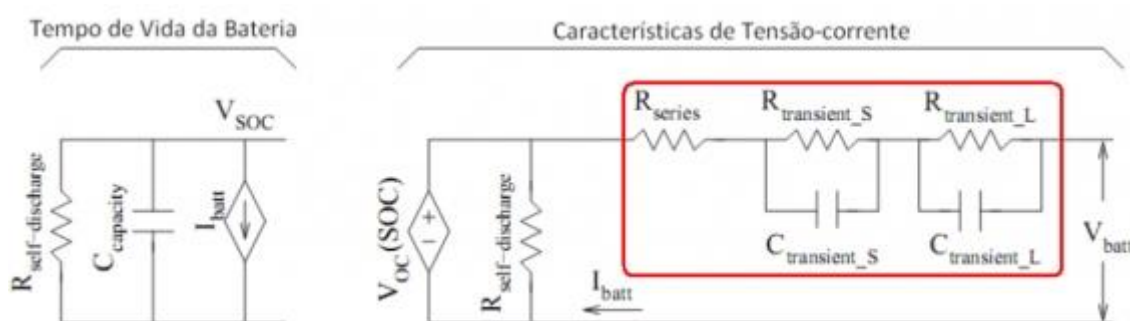


Figura 2 - Modelo para Predizer Runtime e Características V-I de uma Bateria [2].

Este modelo possibilita prever o tempo de vida da bateria, o estado estacionário e a resposta transiente acurada, capturando todas as características elétricas e dinâmicas da bateria, tais como: capacidade utilizável (CCapacity), tensão em circuito aberto (VOC) e resposta transiente (rede RC)[1,2].

Destaca-se que ainda não foram realizadas simulações com o referido modelo. A continuidade desta pesquisa consiste em implementar o modelo elétrico para Predizer Runtime e Características V-I de uma bateria, estimar os seus parâmetros empíricos e simular o modelo. Após, os modelos elétricos serão validados e avaliados em dois momentos, a partir da comparação de seus resultados simulados, com dados experimentais obtidos da plataforma de teste, assim como será realizada a comparação dos modelos entre si.

## Conclusão

Através deste trabalho verifica-se que o modelo elétrico Battery é capaz de simular o comportamento de descarga de baterias de Lithium Íon Polímero e conseqüentemente, prever o seu tempo de vida correspondente. A aproximação entre os tempos de vida experimentais e simulados (Tabela 1 e Figura 1) indica que o modelo elétrico Battery prediz o tempo de vida da bateria com uma precisão aceitável, apresentando um erro médio de 3,16%, não ultrapassando 5% de erro, esperado no caso de modelos elétricos.

Palavras-chave: Tempo de vida de baterias; Modelos Elétricos de baterias; Dispositivos móveis.

Agradecimentos

**Modalidade do trabalho:** Relatório técnico-científico  
**Evento:** XIX Jornada de Pesquisa

Os autores agradecem ao apoio financeiro da CAPES.

#### Referências

- [1] C. M. D. Porciuncula, “Aplicação de Modelos Elétricos de Bateria na predição do tempo de vida de dispositivos móveis”, Master’s thesis, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Brasil, april 2012.
- [2] M. Chen and G. Rincón-Mora, “Accurate electrical battery model capable of predicting runtime and i-v performance,” IEEE Transactions on Energy Conversion, vol. 21, no. 2, june 2006.
- [3] MathWorks, “Implement generic battery model”, Disponível em: <<http://www.mathworks.nl/access/helpdesk/help/toolbox/phymod/powersys/ref/battery.html>>. Acesso em: 26 mar. 2014.