

Evento: XXVII Seminário de Iniciação Científica - BOLSISTAS DE GRADUAÇÃO UNIJUI

**COLETA DE UM AMPLO CONJUNTO DE DADOS EXPERIMENTAIS DO
TEMPO DE VIDA DE BATERIAS CONSIDERANDO CORRENTES DE
DESCARGAS CONSTANTES E MODELAGEM MATEMÁTICA DOS DADOS A
PARTIR DE MODELOS HÍBRIDOS (KIM)¹
COLLECTION OF A LARGE EXPERIMENTAL DATA BATTERY LIFE DATA
CONSIDERING CONSTANT DISCHARGE CURRENTS AND
MATHEMATICAL DATA MODELING A PART OF HYBRID MODELS (KIM)**

**Eduardo Cardoso Toniazzo², Airam T. Z. R. Sausen³, Paulo Sausen⁴, Pedro
G. Pascoal⁵**

¹ Projeto de pesquisa realizado no Grupo de Automação Industrial e Controle (GAIC) da UNIJUI.

² Aluno do Curso de Engenharia Elétrica, Bolsista PIBIC/CNPq.

³ Profa. Dra. do Departamento das Ciências Exatas e Engenharias da UNIJUI. Orientadora.

⁴ Prof. Dr. do Departamento das Ciências Exatas e Engenharias da UNIJUI.

⁵ Aluno do Curso de Engenharia Elétrica, Bolsista PIBIC/CNPq.

Introdução

Grande parte dos atuais dispositivos móveis (*notebooks, smartphones, tablets etc.*) são dependentes de uma bateria como fonte principal de energia, logo o tempo de uso destes está condicionado ao tempo vida desta bateria, isso é, o tempo em que a bateria consegue fornecer energia até alcançar um ponto de corte denominado nível de cutoff, este é o ponto onde as reações eletroquímicas internas cessam e não fornecem mais energia ao sistema. Conhecer o tempo pelo qual a bateria consegue manter o dispositivo em funcionamento, ou seja, seu tempo de vida, tem sido de fundamental importância no desenvolvimento de dispositivos móveis [1]. Neste contexto, é de vital importância prever o tempo de vida da bateria. Uma forma consiste em utilizar modelos matemáticos, os quais simulam e representam com boa precisão o fenômeno da descarga da bateria. Alguns modelos responsáveis pela previsão do tempo de vida de baterias, presentes na literatura são: os modelos analíticos, modelos eletroquímicos, modelos estocásticos, modelos via teoria de identificação de sistemas, modelos elétricos, e modelos que contemplam características de dois ou mais modelos, denominados de modelos híbridos [2]. Neste trabalho é implementada a modelagem matemática via modelo híbrido de Kim para a previsão do tempo de vida de baterias de Lítio Íon Polímero. Este modelo é resultado da união de outros dois modelos, o modelo cinético de KiBaM que possui a característica de capturar os efeitos não lineares presentes na descarga. O outro modelo é o elétrico para Prever Runtime e Características V-I, responsável por abordar as características elétricas intrínsecas na descarga [2]. O processo da modelagem matemática é feito computacionalmente no *Simulink*, presente na ferramenta computacional Matlab.

Metodologia

Evento: XXVII Seminário de Iniciação Científica - BOLSISTAS DE GRADUAÇÃO UNIJUI

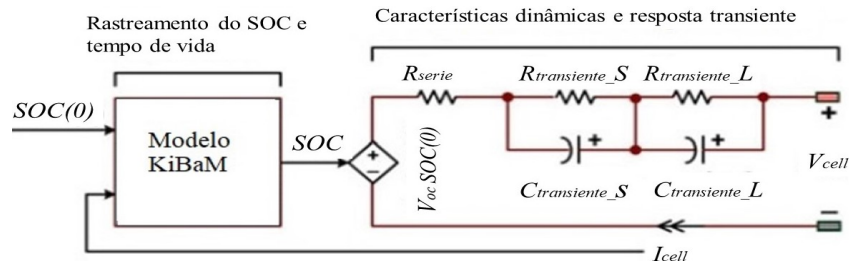
A modelagem matemática do tempo de vida de baterias do tipo LiPo, visou o amplo conjunto de dados que são obtidos a partir de uma plataforma de testes desenvolvida especificamente para este fim, onde se tem um controle da carga e da descarga das baterias. Na sequência são coletados os dados de descargas de baterias de Lítio-Íon Polímero, estas que são na atualidade o modelo mais presente em dispositivos móveis. As baterias utilizadas possuem uma capacidade de 800 mAh e uma tensão nominal de 3,7 V. Para a realização desse experimento foram alocadas baterias novas visando descartar qualquer desgaste acarretado pelo uso das baterias antigas. Desse modo as mesmas foram carregadas em duas fontes CC (Corrente Contínua) com 20% da sua capacidade nominal, ou seja, 160 mA. O carregamento é concluído quando a tensão na bateria alcança 4,2 V, e a corrente drenada da fonte chega a 0 A. Concluído este processo, as baterias já podem ser alocadas na plataforma para ser realizada a descarga controlada. Através da plataforma de testes, é realizada a descarga de 4 baterias simultaneamente [3]. De modo geral, a plataforma é composta por um hardware e um software, os quais ficam responsáveis pelo armazenamento dos dados. Quando as 4 baterias são conectadas na plataforma, o software é configurado para o tipo de descarga desejada. Ressaltando que neste trabalho as baterias foram descarregadas com correntes constantes. Os parâmetros aplicados para as descargas das baterias são os seguintes: (a) tipo de bateria: Lítio Íon Polímero; (b) tensão nominal: 3,7 V; (c) capacidade nominal da bateria: 800 mAh (d) perfil de corrente para descarga, em mA (miliampères); (e) tensão cutoff: 2,7 V essa que é definida pelo fabricante como o menor valor de tensão onde a bateria ainda fornece energia ao sistema externo; (f) Duração: é o tempo que a bateria demora para descarregar até atingir o ponto de cutoff, ou seja, os 2,7 V. Durante a realização das descargas, a temperatura do ambiente se manteve na média dos 21 °C. Após aplicação dessa metodologia e coleta de um amplo conjunto de dados do tempo de vida das baterias, é então realizada a modelagem matemática utilizando o modelo híbrido abordado, que consiste em encontrar o tempo de vida respectivo para cada um dos 8 perfis de descarga observados [75; 100; 125 ... 250; 275 e 475] mA. Com estes resultados é efetuada a validação entre os dados experimentais coletados e dados provenientes da modelagem.

Resultados e Discussões

No processo foram realizadas 8 descargas para cada perfil, considerado correntes constantes. A média do tempo de vida resultante das 8 descargas para cada perfil foram alocados em uma tabela (tempo experimental) para posterior validação. Após ampla coleta dos dados experimentais, é realizada a modelagem matemática implementando o modelo elétrico híbrido de Kim através da ferramenta Simulink presente no Matlab, o circuito equivalente que descreve este modelo é mostrado abaixo.

Figura 1- Composição do Modelo Híbrido de Kim.

Evento: XXVII Seminário de Iniciação Científica - BOLSISTAS DE GRADUAÇÃO UNIJUI



Como supracitado, o modelo de Kim é formado a partir da conexão do modelo KiBaM com o modelo elétrico para Prezer Runtime e Características I - V . Para esta união é realizada a substituição dos componentes responsáveis pelo SOC (estado de carga) e o tempo de vida da bateria, no modelo elétrico, por equações baseadas no modelo KiBaM, conforme Figura 1. Esta alteração possibilita incorporar ao modelo elétrico o efeito de recuperação e o efeito da taxa de capacidade, presentes no modelo analítico. O modelo de Kim considera um período total de $t_0 < t < t_r$, em que no período de $t_0 < t < t_d$ (com $t_d < t_r$) a bateria é descarregada com uma corrente constante $i = I > 0$, e então repousa no restante do período, ou seja, $t_d < t < t_r$, com $i = 0$. O estado de carga da bateria (i.e., SOC) é descrito por:

$$SOC(t) = \frac{C_a(t)}{C_n} = \frac{C_i - I(t) - C_u(t)}{C_n} = SOC_i - \frac{1}{C_n} \left[\int i(t) dt + C_u \right] \quad (1)$$

onde: $C_a(t)$ é a capacidade disponível da bateria, C_n é a capacidade nominal da bateria, C_i é a capacidade inicial da bateria, $I(t)$ é a carga total consumida pelo sistema, SOC_i é o estado de carga inicial e $C_u(t)$ é a capacidade indisponível no tempo t descrita pela carga indisponível proveniente do modelo KiBaM [2]. O comportamento da tensão no modelo é proveniente do modelo elétrico e é representada pela Equação 2:

$$V(t) = V_{oc}[SOC(t)] - i(t)R_s[SOC(t)] - V_t(t) \quad (2)$$

onde: $V(t)$ é a tensão, $V_{oc}[SOC(t)]$ é a tensão de circuito aberto, $R_s[SOC(t)]$ é a resistência em série e $V_t(t)$ é a tensão transiente. Estes elementos são determinados através da literatura intrínseca ao modelo, e definidos por um conjunto de equações específicas [2]. A implementação do modelo elétrico através de diagrama de blocos do *Simulink* utilizou de parâmetros iniciais estimados via literatura, e também calculados e definidos por [2]. Por final é obtido para cada perfil de correntes constantes de descarga o valor correspondente ao tempo de vida, e que serão validados a partir dos dados experimentais adquiridos. A Tabela 1 representa a comparação entre os tempos de vida experimentais e os tempos de vida da bateria de LiPo encontrados via modelagem para os 8 perfis de descargas utilizados. A validação do modelo é feita, resultando então no erro percentual para a modelagem de cada respectivo perfil.

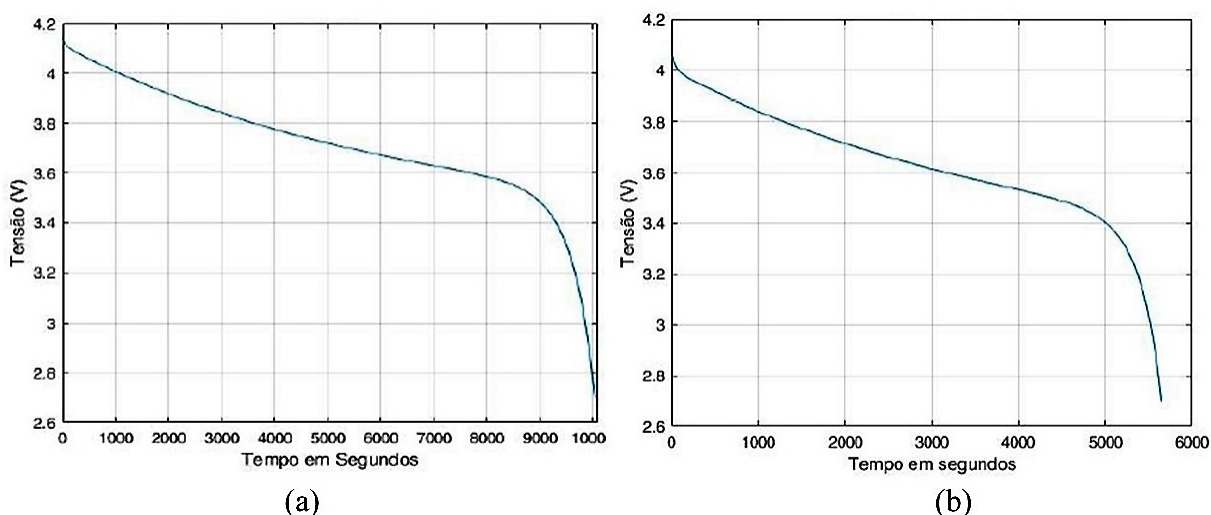
Tabela 1 - Validação do modelo híbrido de Kim.

Evento: XXVII Seminário de Iniciação Científica - BOLSISTAS DE GRADUAÇÃO UNIJUI

Perfil (mA)	T. Exper. (min)	T. Mode. (min)	Erro %
75	606,94	630,72	5,03
100	465,98	471,35	1,15
125	384,76	375,75	2,34
150	298,25	312,03	4,62
175	272,23	266,53	2,09
225	203,49	205,90	1,18
275	168,02	167,35	0,40
475	94,26	94,52	0,27
Média Erro:			2,13

O perfil com menor erro percentual resultante foi o correspondente à descarga de 475 mA. Observa-se que o tempo de vida experimental médio é o resultado da média aritmética das 8 descargas coletadas pela plataforma de testes, descrito em Resultados e Discussões. A Figura 2 ilustra o decaimento da tensão fornecida pelo modelo durante a descarga para o perfil de 475 mA (b), também ilustrando o comportamento da tensão para o perfil de 275 mA (a), que apresentou o segundo menor erro percentual durante a validação (0,40%).

Figura 2 - Decaimento da tensão para os perfis de 275 mA (a), e 475 mA (b).



Conclusão

No momento inicial da pesquisa, foi norteada para um entendimento complementar sobre as características que descrevem o comportamento de uma bateria de LiPo com capacidade de 800 mAh, onde este estudo teve como base os dados coletados nos experimentos descritos. Nesse contexto, constatou-se que o tempo de vida da bateria é inversamente proporcional aos valores de corrente drenada desta. Observou-se também, que conforme a corrente drenada para descarga da

Evento: XXVII Seminário de Iniciação Científica - BOLSISTAS DE GRADUAÇÃO UNIJUI

bateria vai aumentado, o erro percentual do modelo híbrido de Kim tende a diminuir, ficando notável uma incapacidade da parte analítica para determinação do SOC, não conseguir interpretar os efeitos não lineares presentes na descarga da bateria. Entre as modelagens efetuadas para os 8 perfis de corrente de descarga, a média dos erros percentuais encontrados foi de 2,13%, onde o perfil com melhor curva de descarga estimada foi o perfil de 475 mA, com um tempo de vida de 94,52 minutos, e um erro de 0,27%. Conclui-se também, que para a modelagem e simulação de descargas constantes, o modelo híbrido de Kim encontrou satisfatório rendimento, uma vez apresentou boa confiabilidade para prever o tempo de vida de uma bateria de Lítio-Ion Polímero.

Palavras Chave: Lítio-Íon Polímero, Tempo de Vida, Modelo Híbrido de Kim

Agradecimentos: Os autores agradecem ao CNPQ pelo fomento à pesquisa, e à UNIJUI pela assistência laboratorial concedida ao desenvolvimento deste trabalho.

Referências Bibliográficas:

- [1] Brondani, Marcia de Fatima. “Modelagem matemática do tempo de vida de baterias de Lítio Íon Polímero utilizando algoritmos genéticos”. Dissertação de Mestrado. Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul - UNIJUI, Fevereiro, 2015.
- [2] Alessi, Odenis. “Análise Comparativa do Nível de Acurácia de Modelos Híbridos Utilizados para Prever o Tempo de Vida de Baterias”. Dissertação de Mestrado. Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul - UNIJUI, Fevereiro, 2018.
- [3] Toniazzo, Eduardo C; Sauthier, Luís Fernando; Sausen, Paulo Sérgio; Sausen, Airam T. Z. R. “Desenvolvimento de um dispositivo de monitoramento para controle de carga e descarga de uma plataforma de testes de baterias”. XXVIII Congresso Regional de Iniciação Científica e Tecnológica em Engenharia - CRICTE, UNIJUI-Ijuí, 2017.