

Metodologias Alternativas para Avaliação de Baterias: Uma Experiência na LIGHT

M. F.N. C. Rosolem, CPqD S. G. Carvalho, Light P. C. M. Roza, Light
J. T. B. Junior, Light e. R. F. Beck, CPqD

RESUMO

As baterias são elementos vitais na confiabilidade de uma Subestação, pois é através da mesma que toda a supervisão e pontos de controles mantém seu funcionamento numa falha de energia. Para tanto, a bateria deve estar sempre em condição de operação adequada, sendo imprescindível conhecer o seu estado de degradação. Mundialmente tem-se se estudo a aplicação de métodos como impedância e condutância na avaliação de baterias chumbo-ácidas estacionárias.

Este trabalho tem como objetivo apresentar os resultados obtidos na avaliação de baterias de seis Subestações e discutir a potencialidade destas metodologias na manutenção corretiva e ou preditiva de baterias, correlacionando-as com as técnicas ora existentes.

PALAVRAS-CHAVE

Baterias Chumbo-ácidas Estacionárias; Condutância e Impedância.

I. INTRODUÇÃO

As baterias são elementos vitais na confiabilidade de uma Subestação, pois é através da mesma que toda a supervisão e pontos de controles mantém seu funcionamento numa falha de energia. Para tanto, a bateria deve estar sempre em condição de operação adequada, sendo imprescindível conhecer o seu estado de degradação. Atualmente a avaliação das baterias é efetuada através do ensaio de capacidade, que consiste em se promover à descarga das baterias durante um tempo não inferior a 3 horas. Durante este período é necessário à desconexão da bateria do sistema de energia o que, além de deixar todo o sistema de operação e supervisão da subestação sem reserva de energia durante cerca de 24hs (devido ao tempo necessário para completa recarga das baterias), também contribui para a diminuição da vida útil da bateria. Toda a execução deste ensaio (descarga/carga) exige ser acompanhado por um técnico.

Tem-se observado que nos últimos 10 anos, está havendo um esforço mundial na busca de metodologias que: avaliem o estado de degradação da bateria num curto período de tempo, sem a necessidade de desconectar as baterias dos equipamentos consumidores, não contribuindo para seu envelhecimento precoce e também que seja de preço acessível. Uma das metodologias que vem sendo muito pesquisada é a avaliação da resistência interna da bateria.

Diante deste cenário, em agosto de 2001 o CPqD e a Light iniciaram um Plano de Pesquisa para se estudar as

técnicas de impedância e condutância como alternativas ao teste de capacidade. Para efetuar este estudo foi selecionado seis Subestações da Light localizadas na cidade do Rio de Janeiro. Estas Subestações são compostas por baterias de três diferentes fabricantes e modelos.

Periodicamente foi efetuada nos bancos de baterias de cada Subestações medida de condutância, impedância, densidade, tensão de flutuação e ensaio de capacidade. Este trabalho tem como objetivo apresentar os resultados obtidos na avaliação das seis Subestações e discutir a potencialidade destas metodologias na manutenção corretiva e ou preditiva de baterias, correlacionando-as com as técnicas ora existentes.

II. EXPERIMENTAL

A localização das Subestações e características das baterias avaliadas estão relacionadas na Tabela 1.

TABELA 1

Localização das Subestações

Subestação	Fabricante da Bateria	Data de Fabricação	Data de Instalação
Fundão	A	07/00	04/01
Vila Valqueire	A	06/97	09/97
Washington Luiz	B	09/97	11/97
Uruguai	B	04/01	06/01
Jardim Botânico (2 bancos iguais)	C	06/99	12/99
Santa Luzia (2 bancos)	C	08/99	10/99
	B	11/92	01/93

Em todos os bancos de baterias das subestações foram efetuadas medidas de densidade, tensão de flutuação, impedância e condutância. O teste de capacidade foi realizado somente em alguns bancos. A primeira avaliação foi efetuada em outubro de 2001 e a segunda em maio de 2002.

A. Impedância

Com a bateria em flutuação, através do equipamento de impedância aplicou-se uma corrente alternada superior a 4A @ 60Hz no banco e mediu-se a impedância de cada elemento.

Na primeira avaliação é calculado o valor médio de impedância para cada modelo de bateria. A partir desta avaliação este valor deve ser considerado como sendo o Valor de Referência de Impedância (VRI). Cabe ressaltar

que, caso um ou mais elementos apresente valor de impedância cerca de 20% superior aos demais, estes valores não devem ser considerados no cálculo do valor de impedância médio do banco. Elementos que apresentaram valores de impedância 20% superior ao VRI são considerados problemáticos.

A homogeneidade das medidas de impedância de cada banco é observada conforme a seguinte regra: os valores obtidos podem variar $\pm 20\%$ do VRI.

B. Condutância

Com a bateria em flutuação, através do equipamento de condutância aplicou-se em cada elemento uma corrente com frequência de 22Hz e amplitude de 1A, obtendo-se a condutância de cada elemento.

Na primeira avaliação é calculado o Valor de Referência de Condutância (VRC) para cada modelo de bateria. Este valor é obtido a partir da média das maiores medidas iniciais correspondente à cerca de 40% do tamanho do banco. A partir desta avaliação este valor deve ser considerado como sendo o Valor de Referência de Condutância (VRC).

Elementos apresentando valores de condutância no intervalo de 60% a 80% do VRC representam um sinal de alerta, indicando que a bateria está com algum problema. Neste caso, é recomendado efetuar um teste de capacidade. Elementos que apresentam valores de condutância abaixo de 60% do VRC devem ser substituídos imediatamente.

A homogeneidade das medidas de condutância de cada banco é observada conforme a seguinte regra: para baterias com até três anos de idade os valores obtidos podem variar, no máximo, $\pm 5\%$ do VRC. Para baterias com mais de três anos os valores obtidos podem variar, no máximo, $\pm 10\%$ do VRC.

C. Teste de Capacidade

O teste de capacidade foi realizado em pelo menos um banco de bateria de cada fabricante. A descarga foi efetuada no regime de 3 horas, até a tensão final de 1,75 V por Elemento (VPE). Este ensaio foi conduzido conforme procedimento descrito na Norma NBR 14199.

III. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A. Subestação Fundão

Na segunda avaliação os elementos apresentaram uma redução dos valores de densidade, mas a grande maioria continua apresentando valores superiores ao valor máximo especificado. Cabe ressaltar que, no momento destas medidas, o nível do eletrólito se encontrava entre as marcas de mínimo e máximo.

Os elementos desta bateria apresentaram valores de tensões de flutuação equalizados.

Na primeira avaliação o elemento número 11 apre-

sentou valor de condutância de 35% do VRC e valor de impedância de 320% do VRI, como se pode observar nas Figuras 1 e 2. Os demais elementos estão adequadamente apresentando valores de condutância superior a 90% do VRC e inferior a 120% do VRI. Na segunda avaliação este quadro permaneceu praticamente constante sendo que o valor de condutância do elemento número 11 abaixou para 29% do VRC.

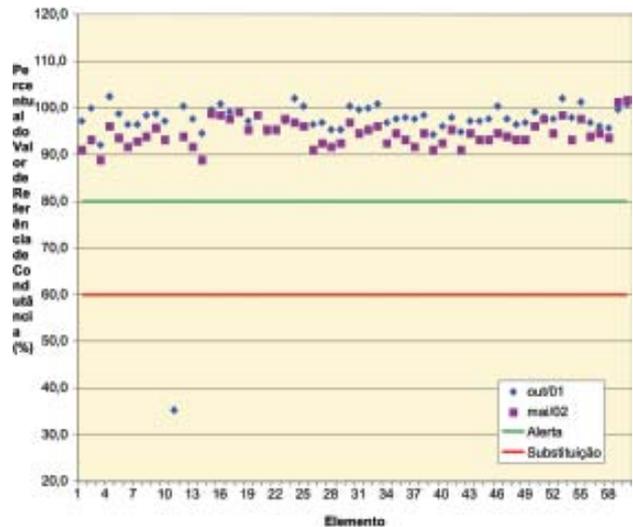


FIGURA 1: Medidas de Condutância - Subestação Fundão

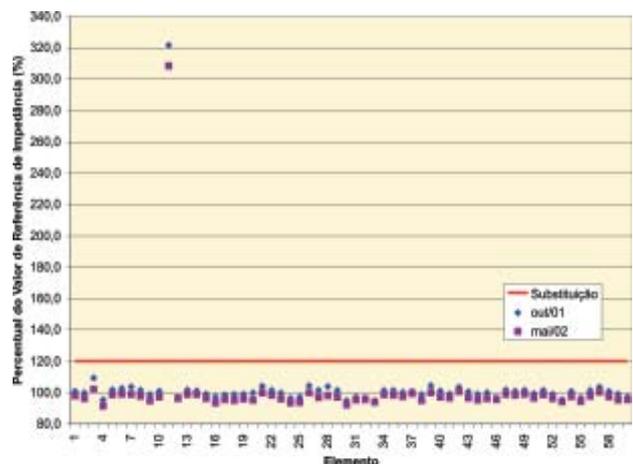


FIGURA 2: Medidas de Impedância – Subestação Fundão

No teste de capacidade (realizado em outubro de 2001) este mesmo elemento número 11 apresentou capacidade de 10% em relação ao valor nominal. Após este elemento ter atingido a tensão final de descarga, o mesmo foi retirado do banco e prosseguiu-se com o ensaio de capacidade. A capacidade do banco sem este elemento foi de 94% em relação ao valor nominal, como é apresentado na Figura 3.

Desta forma, o elemento que apresentou valores de condutância abaixo de 60% e impedância acima de 120%, em relação aos Valores de Referência, confirmou estar com sua vida útil comprometida, demonstrando a relação entre as medidas de condutância/impedância e capacidade. Recomenda-se a substituição imediata deste elemento.

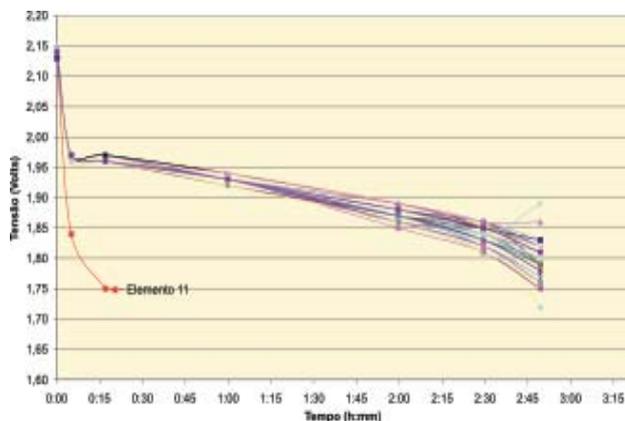


FIGURA 3: Teste de Capacidade – Subestação Fundão

B. Subestação Vila Valqueira

Na segunda avaliação todos os elementos apresentaram valores de densidade superior ao valor máximo especificado. Cabe ressaltar que, no momento destas medidas, o nível do eletrólito se encontrava entre as marcas de mínimo e máximo.

Os elementos desta bateria apresentaram valores de tensão de flutuação equalizados.

O elemento número 9, nas duas avaliações apresentou valor de condutância de 81% do VRC e valor de impedância de 124% do VRI na primeira avaliação e 112% do VRI na segunda avaliação. O elemento número 32 na primeira avaliação apresentou valor de condutância de 85% do VRC, os demais elementos estão adequadamente apresentando valores de condutância acima de 90% e impedância abaixo de 105%, em relação aos Valores de Referência.

No teste de capacidade (realizado em maio de 2002) o elemento número 32 foi o que atingiu primeiro a tensão final de descarga no tempo de 3 horas. Este banco apresentou uma 98% em relação ao valor nominal.

O elemento número 9 apresentou menor valor de condutância e maior valor de impedância nas duas avaliações, no entanto no teste de capacidade o mesmo apresentou capacidade superior a 100% do valor nominal. O aumento da resistência interna deste elemento provavelmente está relacionado com algum início de processo de corrosão localizado nos pólos ou barras de conexão. Este processo corrosivo não foi detectado no teste de capacidade uma vez que o mesmo avalia a quantidade de energia armazenada nas placas.

C. Subestação W. Luiz

Nas duas avaliações todos os elementos apresentaram valores de densidade superior ao valor máximo especificado. Cabe ressaltar que, no momento destas medidas, o nível do eletrólito se encontrava entre as marcas de mínimo e máximo.

Na primeira avaliação o elemento 18 apresentou valor de tensão de flutuação no limite inferior da faixa admissível, conforme especificado na NBR 14199. No entanto na segunda avaliação a tensão deste elemento apresentou valor próximo à média. O aumento desta tensão

provavelmente ocorreu devido à recarga deste banco efetuada após o ensaio de capacidade realizado em outubro de 2001. Os demais elementos desta bateria estão com tensão de flutuação equalizada.

Todos os elementos estão adequadamente apresentando valores de condutância igual ou superior a 90% do VRC e inferior a 110% do VRI.

Este banco apresentou capacidade de 136% em relação ao valor nominal. Esta bateria com capacidade nominal 200Ah, por questões de construção específica deste fabricante, possui 12,5% de capacidade extra.

D. Subestação Uruguai

Na primeira avaliação cinquenta por cento dos elementos apresentaram valores de densidade superior ao valor máximo especificado. Na segunda avaliação todos os elementos apresentaram valores de densidade superior ao valor máximo especificado.

Os elementos desta bateria apresentaram valores de tensões de flutuação equalizados.

Todos os elementos, nas duas avaliações, estão adequadamente apresentando valores de condutância igual ou superior a 90% do VRC e inferior a 110% do VRI.

E. Subestação Jardim Botânico

Todos os elementos dos Bancos 1 e 2 apresentaram, nas duas avaliações, valores de densidade superior ao valor máximo especificado. Cabe ressaltar que, no momento destas medidas, o nível do eletrólito se encontrava entre as marcas de mínimo e máximo.

Os elementos dos Bancos 1 e 2 apresentaram valores de tensão de flutuação equalizados.

Todos os elementos dos Bancos 1 e 2, nas duas avaliações, estão adequadamente apresentando valores de condutância superior a 85% do VRC e inferior a 110% do VRI.

O Banco 2 apresentou uma capacidade de 117% em relação ao valor nominal, (ensaio realizado em outubro de 2001).

F. Subestação Santa Luzia

Esta subestação tem dois bancos diferentes em paralelo. A capacidade dos bancos é a mesma, porém as idades e os fabricantes são diferentes, como é apresentado na Tabela 1.

Setenta por cento dos elementos da bateria do banco do fabricante C, nas duas avaliações, apresentaram valores de densidade superior ao valor máximo especificado. Cabe ressaltar que, no momento destas medidas, o nível do eletrólito se encontrava entre as marcas de mínimo e máximo.

O elemento 58 da bateria do fabricante C na primeira avaliação apresentou valor de tensão de flutuação no limite inferior da faixa admissível, conforme especificado na NBR 14199. Já na segunda avaliação apresentou uma tensão de 2,05V, portanto 80mV inferior ao valor mínimo especificado. Os demais elementos desta bateria estão com tensão de flutuação equalizada. Recomenda-se que seja efetuada uma carga de equalização somente neste elemento, conforme procedimento recomendado pelo fabricante desta bateria. A baixa tensão de flutuação é um forte indicativo da sulfatação ou subcarga das placas positivas e negativas.

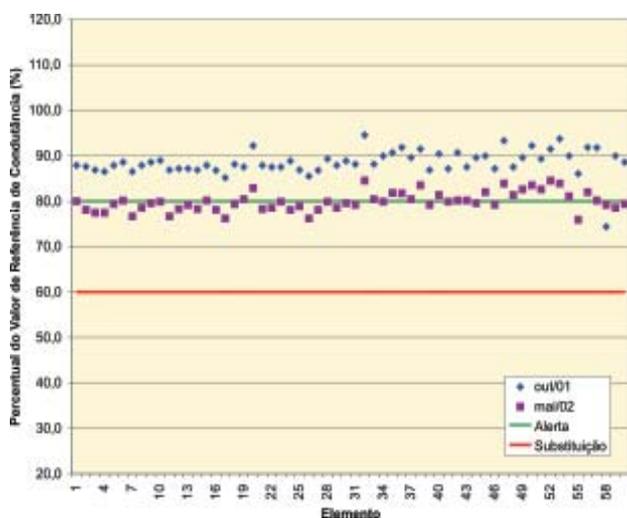


FIGURA 4: Medidas de Condutância - Subestação Santa Luzia - Banco do Fabricante C

Este mesmo elemento 58 do banco do fabricante C na primeira avaliação já havia apresentado valor de condutância de 74% do VRC, como pode-se observar na Figura 4. Os demais elementos apresentaram valores de condutância igual ou superior a 85% do VRC. Já na segunda avaliação todos os elementos apresentaram valores de condutância na faixa de 74 a 85% do VRC. Na segunda avaliação os elementos apresentaram valores de impedância entre 109 a 125% do VRI (não foi possível efetuar as medidas de impedância na primeira avaliação devido a problemas operacionais com este equipamento).

No teste de capacidade (realizado em maio de 2002) o elemento número 58 apresentou capacidade de 88% em relação ao valor nominal. Após este elemento ter atingido a tensão final de descarga, o mesmo foi retirado do banco e prosseguiu-se com o ensaio de capacidade. A capacidade do banco sem este elemento foi de 112% em relação ao valor nominal.

A baixa tensão de flutuação deste elemento provavelmente provocou a autodescarga das suas placas positivas e negativas provocando a diminuição da sua capacidade. Na segunda avaliação houve uma diminuição dos valores de condutância de todos os elementos e os mesmos apresentaram valores de impedância em torno de 120%. O aumento da resistência interna destes elementos provavelmente pode estar relacionado com início de processo de corrosão localizado nos pólos ou barras de conexão. Este processo corrosivo não foi detectado no teste de capacidade, uma vez que este teste avalia somente a quantidade de energia armazenada nas placas.

Os elementos da bateria do fabricante B apresentaram valores de tensão de flutuação equalizados.

Nas duas avaliações os elementos 8 e 28 da bateria do fabricante B apresentaram valores de condutância em torno de 72% do VRC. Os demais elementos apresentaram valores de condutância igual ou superior a 80% do VRC.

A subcarga do elemento 58 da bateria do fabricante C pode ser devido este banco estar em paralelo com a bateria do fabricante B e de fabricação mais antiga pois, segundo Norma NBR 14204, item 4.4.2, não é recomendada a instalação em paralelo de baterias com capacidades e/ou idades e/ou características construtivas diferentes.

IV. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos neste trabalho mostram que as técnicas de condutância e impedância são ferramentas eficientes a serem utilizadas na manutenção preditiva e corretiva em baterias chumbo-ácidas estacionárias ventiladas instaladas em Subestações de Energia Elétrica. Através das mesmas é possível detectar problemas internos às baterias (tais como corrosão das barras internas de interconexão e pólos, degradação dos separadores, sulfatação das placas positivas e/ou negativas, etc.) não revelados através das medidas de tensão de flutuação, densidade ou teste de capacidade, o qual avalia somente a quantidade de energia armazenada nas placas ou seja, a quantidade de massa ativa efetivamente disponível nas placas, não detectando problemas tais como corrosão de pólos, barras de conexão, deterioração de separadores, etc.

Além disso os resultados obtidos indicam a possibilidade de se estabelecer um procedimento de acompanhamento continuado das baterias de modo a viabilizar uma previsão mais eficaz da real necessidade de substituição das mesmas.

A Norma NBR 14197 especifica que uma bateria totalmente carregada deve apresentar densidade de 1,210g/cm³ com o nível do eletrólito na marca do máximo. A manutenção da densidade em valores muito elevados acarreta a aceleração do processo de corrosão das placas positivas e negativas, reduzindo a vida útil da bateria.

V. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARTIGOS EM ANAIS DE CONFERÊNCIAS (PUBLICADOS):

- [1] Souza, F.S.; Silva, J.R.A. e Rosolem, M.F.N.C. - "Medidas de Impedância como Método de Avaliação de Baterias Chumbo-Ácidas Reguladas por Válvulas"; CININTEL '97 - Fortaleza
- [2] Souza, F.S.; Silva, J.R.A. e Rosolem, M.F.N.C. - "Avaliação de Desempenho de Baterias VRLA das Estações Experimentais da Telesp"; CININTEL '98 - Fortaleza
- [3] Rosolem, M.F.N.C.; Beck, R.F. and Júnior, M.G.R. - "Evaluation Tools for Batteries Employed in Outdoor Cabinets - An Experience of a Brazilian Telecom Company"; INTELEC 2000 - Phoenix/EUA
- [4] Rosolem, M.F.N.C.; Beck, R.F. and Soares, L.A. - "Failure Detection of Stationary Lead-acid Batteries in Service in Various Regions of Brazil"; INTELEC 2002 - Montreal/Canadá

NORMAS:

- [5] NBR 14198 - Acumulador Chumbo-Ácido Ventilado Estacionário - Terminologia, em. setembro 2002
- [6] NBR 14197 - Acumulador Chumbo-Ácido Ventilado Estacionário - Especificação, em. setembro 2002;
- [7] NBR 14199 - Acumulador Chumbo-Ácido Ventilado Estacionário - Ensaio, em. setembro 2002.