



**Universidade Federal de Campina Grande**

**Centro de Engenharia Elétrica e Informática**

Curso de Graduação em Engenharia Elétrica

PAOLA PIMENTEL FURLANETTO

**ESTÁGIO INTEGRADO NO INSTITUTO DE TECNOLOGIA  
EDSON MORORÓ MOURA**

Campina Grande, Paraíba  
Julho de 2014

PAOLA PIMENTEL FURLANETTO

ESTÁGIO INTEGRADO NO INSTITUTO DE TECNOLOGIA  
EDSON MORORÓ MOURA

*Relatório de Estágio Integrado submetido à  
Unidade Acadêmica de Engenharia Elétrica da  
Universidade Federal de Campina Grande  
como parte dos requisitos necessários para a  
obtenção do grau de Bacharel em Ciências no  
Domínio da Engenharia Elétrica.*

Área de Concentração: Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico.

Orientador:

Professor George Rossany Soares de Lira, D. Sc.

Campina Grande, Paraíba  
Julho de 2014

PAOLA PIMENTEL FURLANETTO

ESTÁGIO INTEGRADO NO INSTITUTO DE TECNOLOGIA  
EDSON MORORÓ MOURA

Relatório de Estágio Integrado submetido à Unidade Acadêmica de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Bacharel em Ciências no Domínio da Engenharia Elétrica.

Área de Concentração: Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico.

Aprovado em 07/07/2014

**Professora Avaliadora Maria de Fátima Vieira, PhD**  
Universidade Federal de Campina Grande  
Avaliadora

**Professor George Rossany Soares de Lira, D. Sc.**  
Universidade Federal de Campina Grande  
Orientador, UFCG

Dedico este trabalho a Graça e Egidio Furlanetto, pois o sucesso do barco que se aventura por águas escuras está na intensidade do farol que o guia.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço aos professores e mestres anteriores à universidade, os quais ajudaram a construir os pilares para o meu desenvolvimento intelectual. Entre todos e suas memoráveis contribuições, agradeço em especial ao professor “Geraldinho” que, com verdadeira paixão e dedicação por seu trabalho, despertou em mim a curiosidade e o fascínio pela eletricidade.

Agradeço fundamentalmente à minha família e amigos, pelo apoio e incentivo incondicionais. Sem eles não sou o suficiente para existir.

Agradeço também aos colegas, professores e demais funcionários que integram o Departamento de Engenharia Elétrica da UFCG. Em especial aos amigos do Grupo PET Elétrica, a Felipe Fideles e ao professor Edmar Candeia Gurjão.

Por fim, agradeço a todos que compõem a família Moura, pela receptividade, ensinamentos e prontidão em enfrentar desafios.

*“A ciência é tão somente  
uma perversão de si mesma,  
a menos que tenha como fim último  
melhorar a humanidade.”*

Nikola Tesla.

## RESUMO

Este relatório descreve as atividades no âmbito de projetos de pesquisa e desenvolvimento realizadas durante o estágio integrado no Instituto de Tecnologia Edson Mororó Moura (ITEMM), entre Outubro de 2013 e Junho de 2014. Este estágio teve como foco a gestão e estruturação do Laboratório de Ensaios Elétricos do instituto, o qual se destina à análise de baterias para aplicações diversas. Em adição a este incumbência, foram realizadas atividades envolvendo o estudo do estado de carga e estado de saúde em baterias automotivas, projeto de micro geração autônoma para comunidades isoladas e análise térmica no enchimento por gravidade em protótipos da tecnologia VRLA (baterias reguladas por válvula)

**Palavras-chave:** ITEM, testes elétricos em baterias, estado de carga, estado de saúde, micro geração autônoma, SIGFI, bateria VRLA.

## ABSTRACT

This report describes the projects of research and development performed during an internship at the Institute of Technology Edson Mororó Moura (ITEMM), conducted between October 2013 and June 2014. The activities focused on the management and structuring of the institute's Laboratory for Electrical Testing, structure designed to analyze different types of batteries. In addition to this particular duty, were also performed activities regarding the state of charge and state of health of automotive batteries, a project of micro generation for isolated communities and the thermal analysis during the gravity filling process of prototypes from the VRLA technology (valve regulated batteries).

**Keywords:** ITEM, electrical tests in batteries, state of charge, state of health, micro generation, SIGFI, VRLA battery.

# SUMÁRIO

Agradecimentos.....	5
Resumo.....	7
Abstract .....	8
Sumário .....	9
Lista de Ilustrações.....	11
Lista de Tabelas.....	14
Lista de Abreviaturas e Siglas.....	15
1 Introdução .....	16
1.1 Acumuladores Moura S/A.....	16
1.2 Instituto de Tecnologia Edson Mororó Moura .....	17
1.3 Objetivos do Estágio .....	18
2 Desenvolvimento .....	19
2.1 Gestão e Operação do Laboratório de Ensaios Elétricos do ITEM.....	20
2.1.1 Introdução.....	20
2.1.2 Ensaios Elétricos em Baterias .....	20
2.1.3 Equipamentos e Software.....	25
2.1.4 Ensaios Realizados no Laboratório do ITEM.....	28
2.1.5 Relatórios e Análise de Dados.....	29
2.1.6 Considerações Finais.....	30
2.2 Análise Térmica do Enchimento por Gravidade em Baterias VRLA .....	30
2.2.1 Introdução.....	30
2.2.2 Baterias VRLA.....	31
2.2.3 Enchimento por Gravidade.....	33
2.2.4 Medições com Sensor de Temperatura .....	35
2.2.5 Análise do Perfil de Temperatura.....	37
2.2.6 Considerações Finais.....	47
2.3 Sistema Individual de Geração de Energia Elétrica com Fonte Intermitente COELCE.....	47
2.3.1 Introdução.....	47
2.3.2 Sistemas Individuais de Geração de Energia Elétrica com Fonte Intermitente – SIGFIs.....	48
2.3.3 Dimensionamento do Acumulador.....	49
2.3.4 Considerações Finais.....	51
2.4 Mapeamento de SOH e SOC em Baterias SLI.....	51
2.4.1 Introdução.....	51
2.4.2 Condicionamento do Estado de Carga .....	52

2.4.3	Condicionamento do Estado de Saúde .....	52
2.4.4	Estrutura dos Ensaios .....	54
2.4.5	Propostas de Execução .....	55
2.4.6	Revisões e Alterações.....	58
2.4.7	Considerações Finais.....	61
3	Conclusão.....	62
	Bibliografia .....	63
	APÊNDICE A – Guia Introdutório para Utilização do Battery Manager Digatron.....	64
1.	Introdução.....	64
2.	Inicializando o BM.....	65
3.	Recursos disponíveis .....	68
4.	Programação de Testes.....	78
5.	Resgate de dados .....	82
6.	Tratamento de erros.....	82
7.	Considerações finais.....	83
	APÊNDICE B – Modelos de Formulários .....	84
	APÊNDICE C – Geração Automática de Relatórios .....	87

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Logomarca Moura.....	16
Figura 2. Logomarca ITEM.....	17
Figura 3. Esquemático do ITEM.....	18
Figura 4. Perfil de tensão e corrente: ensaio de capacidade bateria M60GD Moura.....	21
Figura 5. Vista superior da instrumentação em ensaio RC com cádmio em bateria M60GD.....	22
Figura 6. Bateria M60GD instrumentada para ensaio RC com cádmio.....	22
Figura 7. Esquemático de ensaio RC com cádmio para bateria com seis elementos.....	23
Figura 8. Perfil de tensão e corrente: ciclagem para análise de estratificação (bateria 48Ah)....	24
Figura 9. Perfil de tensão e corrente: teste Start/Stop protótipo AGM 80Ah.....	25
Figura 10. Balancim.....	25
Figura 11. Módulo ciclador UBT 30-0/18-10 ME.....	26
Figura 12. Bancadas de ensaio com amostras conectadas.....	26
Figura 13. Listagem de procedimentos no BMS ITEM.....	27
Figura 14. Listagem de programas no BMS ITEM.....	28
Figura 15. Total de ensaios realizados no ITEM.....	29
Figura 16. Causas de interrupção nos ensaios.....	29
Figura 17. Protótipo VRLA.....	30
Figura 18. Vista microscópica do separador AGM.....	32
Figura 19. Visão conceitual do ciclo interno do Oxigênio no interior de uma célula VRLA.....	33
Figura 20. Visão conceitual do enchimento de amostra VRLA por gravidade a 150°.....	34
Figura 21. Amostra VRLA inclinada a 150°.....	34
Figura 22. Extremidade desencapada de termopar tipo T.....	35
Figura 23. Curva FEM x Temperatura para termopar tipo T.....	37
Figura 24. Sensores de temperatura: (a) termopares; (b) posição estimada na célula; (c) amostra Am. 01 com termopares posicionados e células expostas.....	38
Figura 25. Enchimento por gravidade realizado nas amostras Am. 01 e Am. 02.....	39
Figura 26. Instrumentação para coleta de dados.....	39
Figura 27. <i>Tear down</i> Am 01: (a) placa negativa e posicionamentos dos termopares; (b) placa positiva.....	40
Figura 28. Divisão e identificação do separador AGM.....	40
Figura 29. Aferição de densidade com densímetro digital.....	41
Figura 30. Perfil de temperatura Am.01 - célula 3.....	41
Figura 31. Perfil de temperatura Am.01 - célula 4.....	42
Figura 32. Perfil de temperatura Am.02 - célula 3.....	42
Figura 33. Perfil de temperatura Am.02 - célula 4.....	42
Figura 34. Detalhes na tampa plástica da VRLA:.....	43

Figura 35. Procedimento realizado na amostra Am. 03 (enchimento por gravidade). .....	44
Figura 36. <i>Tear down</i> Am. 03: (a) placa negativa e posicionamento dos termopares; (b) placa positiva. ....	45
Figura 37. Detalhe de má formação na Am. 03. (placa positiva externa). ....	45
Figura 38. Perfil de temperatura Am.03 - extremidade próxima ao polo.....	46
Figura 39. Perfil de temperatura Am.03 - extremidade oposta ao polo. ....	46
Figura 40. Perfil de temperatura Am.03 - centro. ....	47
Figura 41. Análise de soluções SIGFI 80.....	49
Figura 42. Tensor de ensaios.....	54
Figura 43. Detalhe da sequência de ensaios em planilha MS Project. ....	55
Figura 44. Proposta C1.....	56
Figura 45. Proposta C2.....	56
Figura 46. Proposta C3.....	56
Figura 47. Proposta C3.....	56
Figura 48. Unidade de aquisição, comutação e registro de dados Agilent.....	57
Figura 49. Módulo Digatron UBT ( <i>Universal Battery Tester</i> ). ....	57
Figura 50. Câmara climática Mecalor.....	58
Figura 51. Perfil de corrente para ciclagem SBA-S-0101 tropicalizada. ....	58
Figura 52. Resultados obtidos com ciclagem SBA-S-0101 tropicalizada.....	59
Figura 53. Tensor de ensaios modificado.....	59
Figura 54. Proposta C5.....	60
Figura 55. Banho Térmico Digatron. ....	61
Figura 56. Configuração do sistema Digatron.....	65
Figura 57. Aplicativos necessários à execução do BM. ....	65
Figura 58. BTS-600 ComServer.....	66
Figura 59. BTS-600 Generator.....	66
Figura 60. Server Manager.....	67
Figura 61. Tela de acesso .....	67
Figura 62. BM Workstation Floor.....	68
Figura 63. BM Workstation Views. ....	68
Figura 64. BM Workstation Floor: recursos gráficos.....	69
Figura 65. Código de cores BM Workstation Floor.....	69
Figura 66. Código de cores BTS-600 ComServer.....	70
Figura 67. BM Workstation Floor: dados do circuito. ....	70
Figura 68. BM Workstation Status.....	71
Figura 69. BM Workstation Dispo.....	72
Figura 70. BM Workstation Batteries. ....	73
Figura 71. BM Workstation Programs. ....	73
Figura 72. BM Workstation Registration Data. ....	74
Figura 73. Arquivo de registro. ....	75

Figura 74. Gráfico de registro. ....	76
Figura 75. BM Workstation Reports. ....	77
Figura 76. BM Workstation Circuits. ....	77
Figura 77. Ensaio de capacidade C10 (bateria fotovoltaica). ....	79
Figura 78. Ciclagem com parada por tempo da descarga (conversão em AhDch). ....	80
Figura 79. Ensaio de capacidade C20 conforme Inmetro (bateria 60Ah). ....	81
Figura 80. Ensaio de capacidade C20 conforme Inmetro (bateria 60Ah). ....	81
Figura 81. BM Archive Viwer. ....	82
Figura 82. Barra de tarefas BTS-600 ComServer. ....	82
Figura 83. Formulário de ensaio. ....	84
Figura 84. Formulário de coleta para testes cíclicos. ....	85
Figura 85. Formulário de coleta de nível e densidade. ....	86
Figura 86. Programação VBA: macros para formatação dos dados. ....	87
Figura 87. Aba explicativa em relatório de ensaio Capacidade Inmetro (C20). ....	88
Figura 88. Relatório de ensaio Capacidade Inmetro (C20). ....	88
Figura 89. Aba explicativa em relatório de ensaio RC Cádmió. ....	89
Figura 90. Relatório de ensaio RC Cádmió. ....	89

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Especificações dos módulos Digatron instalados no Laboratório do ITEM. ....	27
Tabela 2. Conversão termopar T. ....	36
Tabela 3. Condições de enchimento das amostras Am. 01 e Am. 02.....	38
Tabela 4. Densidade da solução extraída do AGM para Am. 01 e Am. 02.....	40
Tabela 5. Condições de enchimento das amostras Am. 01 e Am. 02.....	44
Tabela 6. Densidade da solução extraída do AGM para Am. 03. ....	45
Tabela 7. Classificação de atendimento SIGFI. ....	48
Tabela 8. Especificação da Bateria para SIGFI 80.....	51
Tabela 9. Propostas de execução.....	55
Tabela 10. Relação de equipamentos. ....	57
Tabela 11. Propostas de execução modificada.....	60
Tabela 12. Relação de equipamentos modificada. ....	60
Tabela 13. Principais comandos para programação no BM.....	78
Tabela 14. Observações no desenvolvimento de programas.....	80

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- AGM – Absortive Glass Matereal
- BM – Battery Manager
- CEMIG – Companhia Energética de Minas Gerais
- COELCE – Companhia Energética do Ceará
- CPqD – Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Telecomunicações
- DOD – *Dept of Discharge* (Profundidade de Descarga)
- FEM – Força Eletromotriz
- Inmetro – Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
- ITEMM – Instituto de Tecnologia Edson Mororó
- MS – Microsoft
- OCV – *Open Circuit Voltage* (Tensão de Circuito Aberto)
- RC – Reserva de Capacidade
- RN – Resolução Normativa
- SAE International – Society of Automotive Engineers (Sociedade de Engenheiros Automotivos)
- SIGFI – Sistemas Individuais de Geração de Energia Elétrica com Fonte Intermitente
- SLI – *Start Light Ignition* (Partida, Iluminação e Ignição)
- SOC – *State of Charge* (Estado de Carga)
- SOH – *State of Health* (Estado de Saude)
- UFMG – Universidade Federal de Campina Grande
- UBT – *Universal Battery Tester*
- VBA – *Visual Basic Applications*
- VRLA – *Valve Regulated Lead Acid* (Bateria de Chumbo-ácido Regulada por Válvula)
- VW – Volkswagen

# 1 INTRODUÇÃO

Este trabalho tem por finalidade descrever as atividades realizadas no âmbito profissional durante o Estágio Integrado e constitui parte indispensável para a formação acadêmica em Engenharia Elétrica.

O estágio foi realizado durante o período de 09/10/2013 e 02/06/2014 com carga horária de 40 horas semanais, em conformidade com a Resolução 01/2012 do Colegiado do Curso de Graduação de Engenharia Elétrica da UFCG e atendendo aos requisitos previstos na Lei do Estágio (Lei 11.788/2008). O contrato de estágio foi firmado com a empresa Acumuladores Moura S/A e as atividades desenvolvidas junto ao Instituto Tecnológico Edson Mororó Moura.

## 1.1 ACUMULADORES MOURA S/A

Empresa brasileira do ramo de baterias fundada em 1957 por Edson Mororó Moura no município de Belo Jardim – PE (logomarca apresentada na Figura 1). Uma das maiores fornecedoras de baterias para a frota de veículos em circulação na América do Sul, conquistando prêmios internacionais de qualidade das montadoras Fiat, Ford, GM, Mercedes-Benz e Volkswagen. Atualmente sua capacidade anual de produção é superior a 7 milhões de baterias.



Figura 1. Logomarca Moura.

O Grupo Moura possui seis plantas industriais, dois centros técnicos e logísticos avançados e mais de setenta centros de distribuição comercial no Brasil, Argentina e Uruguai. Existem também distribuidores parceiros no Paraguai, Reino Unido e Portugal, atendendo, assim, todo o Mercosul e parte do continente europeu. Em 2012 o Grupo Moura realizou, ainda que

postumamente, o sonho de seu fundador e inaugurou um instituto de tecnologia em sua cidade natal.

## 1.2 INSTITUTO DE TECNOLOGIA EDSON MORORÓ MOURA

O Instituto de Tecnologia Edson Mororó Moura (ITEMM), cuja logomarca corresponde à Figura 2, foi oficialmente instituído em 23 de Novembro de 2012 e é uma organização privada sem fins lucrativos alinhada com os interesses da empresa Acumuladores Moura S/A, por conseguinte, parte integrante do Grupo Moura. Neste sentido, realiza projetos voltados ao desenvolvimento tecnológico para soluções em energia com especial interesse nas áreas relacionadas à produção e reprocessamento de baterias e seus componentes.



Figura 2. Logomarca ITEM.

O ITEM é constituído pelo corpo técnico, corpo administrativo e conselho (Figura 3). A equipe técnica engloba os engenheiros e técnicos, os quais realizam trabalhos de pesquisa e desenvolvimento e respondem diretamente ao gerente de operações. A equipe administrativa realiza as atividades de gestão financeira e legal do instituto, estes trabalham diretamente com o gestor administrativo. O conselho administrativo corresponde à diretoria do instituto, é responsável pelo planejamento estratégico e está alinhado aos demais conselhos que constituem o Grupo Moura.

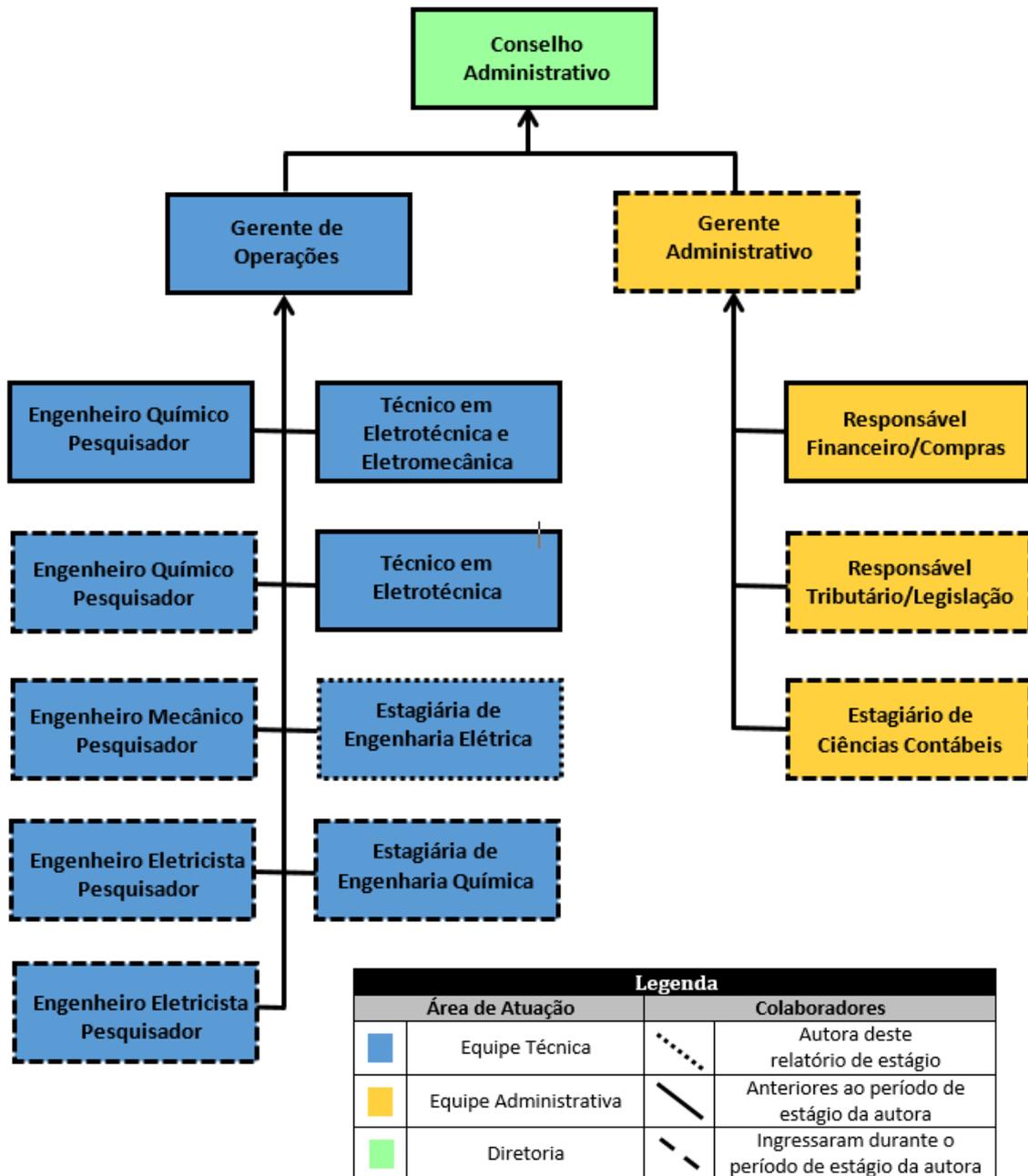


Figura 3. Esquemático do ITEM.

### 1.3 OBJETIVOS DO ESTÁGIO

Desenvolvimento de pesquisas e atividades relacionados a soluções em energia que integrem o escopo de projetos do ITEM. Trabalhar em parceria com o corpo técnico e administrativo do instituto para atender às necessidades dos clientes e patrocinadores. Operacionalizar e gerenciar ensaios elétricos em baterias no Laboratório do ITEM.

## 2 DESENVOLVIMENTO

No decorrer deste Capítulo serão apresentados os projetos mais relevantes desenvolvidos ao longo dos oito meses de estágio no Instituto de Tecnologia Edson Mororó Moura em Belo Jardim - PE.

Na secção 2.1 é exposta a principal atividade deste estágio: gestão do Laboratório de Ensaios Elétricos do ITEM. Na qual realizou-se estudo das normas técnicas, montagem e acompanhamento dos ensaios, além do desenvolvimento de ferramentas para apoio à rotina do laboratório. Este projeto foi realizado pela autora com o auxílio dos técnicos responsáveis pelo laboratório.

Em paralelo às atividades do laboratório foram realizados projetos de pesquisa e desenvolvimento. Na secção 2.2 descreve-se o embasamento teórico e os resultados obtidos na análise do perfil de enchimento de baterias com tecnologia VRLA (*Valve Regulated Lead Acid*). Esta atividade complementou o projeto de desenvolvimento de baterias VRLA, foi de responsabilidade e autoria da estagiária. O técnico em eletrotécnica e pesquisador engenheiro químico assessoraram este projeto.

Na secção 2.3 são apresentados os dados do projeto de microgeração isolada da COELCE (Companhia Energética do Ceará). Esta atividade foi iniciada pela autora. No decorrer do estágio os engenheiro eletricitas pesquisadores ingressaram no instituto e assumiram a responsabilidade deste projeto. A estagiária acompanhou e assessorou o trabalho dos engenheiros.

Em 2.4 tem-se o embasamento teórico e o levantamento de requisitos referentes à análise de estado de carga e estado de saúde em baterias automotivas SLI (*Start Light Ignition*). O projeto se encontra em fase de aprovação e foi desenvolvido pela autora deste relatório com a assessoria dos gerentes do instituto.

Os projetos descritos nas secções 2.1, 2.2 e 2.4 são de responsabilidade e autoria da estagiária de engenharia elétrica. Enquanto o trabalho apresentado na secção 2.3 foi de acompanhamento e assessoria às atividades geridas por outro engenheiro da equipe.

## 2.1 GESTÃO E OPERAÇÃO DO LABORATÓRIO DE ENSAIOS ELÉTRICOS DO ITEM

### 2.1.1 INTRODUÇÃO

Os ensaios realizados no laboratório do ITEM foram iniciados em Outubro de 2013. As diretrizes e o empenho da diretoria visam torná-lo um laboratório modelo. Busca-se, portanto, apoiar sua estruturação de modo a garantir eficiência e excelência.

O desafio inicial é enquadrar o laboratório à norma VW 75073 2012-07 (Baterias de partida para redes de bordo de 12V) e aos testes de validação do mercado brasileiro. Estes ensaios têm implicação direta na qualidade e venda de baterias automotivas, constituindo tópico essencial ao patrocinador do laboratório (Acumuladores Moura S/A).

### 2.1.2 ENSAIOS ELÉTRICOS EM BATERIAS

Baterias de tecnologia chumbo-ácida para aplicações automotiva constituem uma solução consolidada. Sua principal função é trabalhar como fonte primária e fornecer a energia necessária à partida do motor. Montadoras e organizações voltadas à homologação de produtos desenvolvem normas e regulamentos técnicos para certificar a qualidade das baterias, garantindo que os exemplares disponíveis no mercado atendam aos requisitos básicos de funcionamento.

Para um fornecedor de baterias todos os ensaios solicitados por seus clientes são de grande relevância. Entretanto, a nível internacional, as normas de teste desenvolvidas pela Volkswagen apresentam grande renome, pois definem condições mais rigorosas de ensaio. Desta forma, é requisito básico para um laboratório de ensaios elétricos em baterias conhecer tais documentos e estar habilitado para realizá-los.

No cenário brasileiro compete ao Inmetro (Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia) validar a rotulagem de baterias no que diz respeito à segurança e capacidade. A portaria n.º 434, de 16 de novembro de 2011, regulamenta a qualidade de baterias chumbo-ácido para veículos automotivos. Desde a sua homologação, a portaria 434 do Inmetro assegura o direito do consumidor brasileiro a um produto de qualidade cuja a capacidade real corresponda a no mínimo 95% do valor nominal.

Para melhor avaliação e execução de ensaios em baterias faz-se necessário adquirir os documentos oficiais, além possuir instalações, equipamentos e pessoal qualificado. Por conseguinte, a apresentação minuciosa dos procedimentos não integra o escopo deste relatório.

Os subtópicos 2.1.2.1 a 2.1.2.6 constituem uma breve descrição dos principais ensaios elétricos realizados em baterias de chumbo-ácido para veículos automotivos:

### 2.1.2.1 TESTE DE CAPACIDADE

Por definição a capacidade de uma bateria corresponde à razão entre a corrente constante fornecida e o intervalo de tempo. O teste de capacidade tem por objetivo aferir a capacidade real da bateria de modo a constatar se ela se enquadra nos limites aceitáveis (valor maior ou igual a 95% do nominal, conforme VW 75073 / 2012-17). O procedimento consiste em uma descarga em corrente constante até o limite inferior de tensão (valores conforme norma), ao término deve-se observar se o tempo total de descarga e os Ah fornecidos estão conforme os valores nominais especificados. Na Figura 4 é apresentado o perfil de tensão e corrente para ensaio de C2 para bateria de capacidade nominal 60Ah.

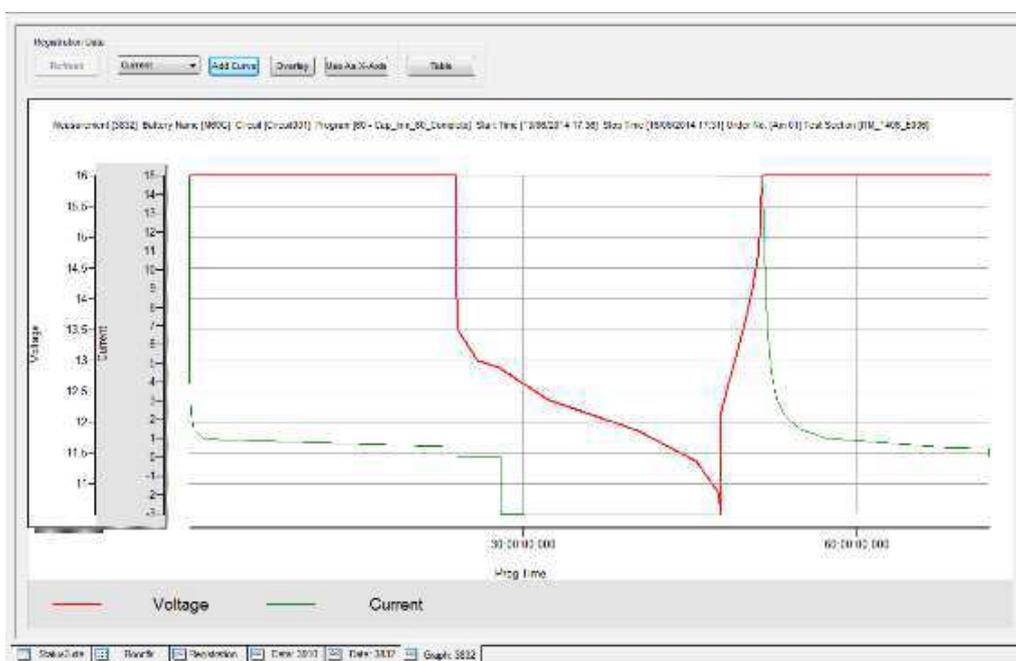


Figura 4. Perfil de tensão e corrente: ensaio de capacidade bateria M60GD Moura.

### 2.1.2.2 TESTE DE RESERVA DE CAPACIDADE (RC) COM ELETRODO DE CÁDMIO

Neste ensaio eletrodos de cádmio e hastes de alumínio são inseridas nas células da amostra (conforme apresentados nas Figuras 5 e 6). As hastes são cravadas de modo a atingir as conexões das placas positivas e negativas (a estas soldas se denomina *strep*). Cada eletrodo de cádmio é inserido e deve tocar somente na solução, constituindo a referência pra as medições da tensão.

Os eletrodos e hastes são conectados a circuitos *data logger* de tensão. Na sequência, realiza-se uma descarga que é, normalmente, semelhante ao teste de capacidade. Este é um ensaio

destrutivo (inviabiliza a reutilização da bateria) e que permite análise minuciosa de cada célula buscando indicar qual delas é responsável pela falha da amostra (esquemático segundo Figura 7).

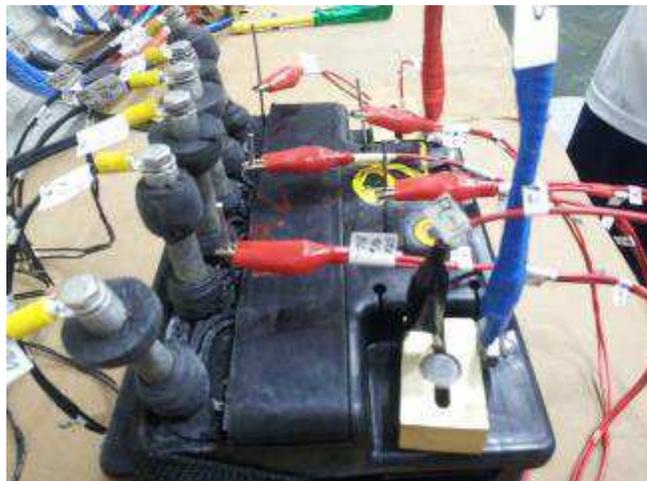


Figura 5. Vista superior da instrumentação em ensaio RC com cádmio em bateria M60GD.



Figura 6. Bateria M60GD instrumentada para ensaio RC com cádmio.

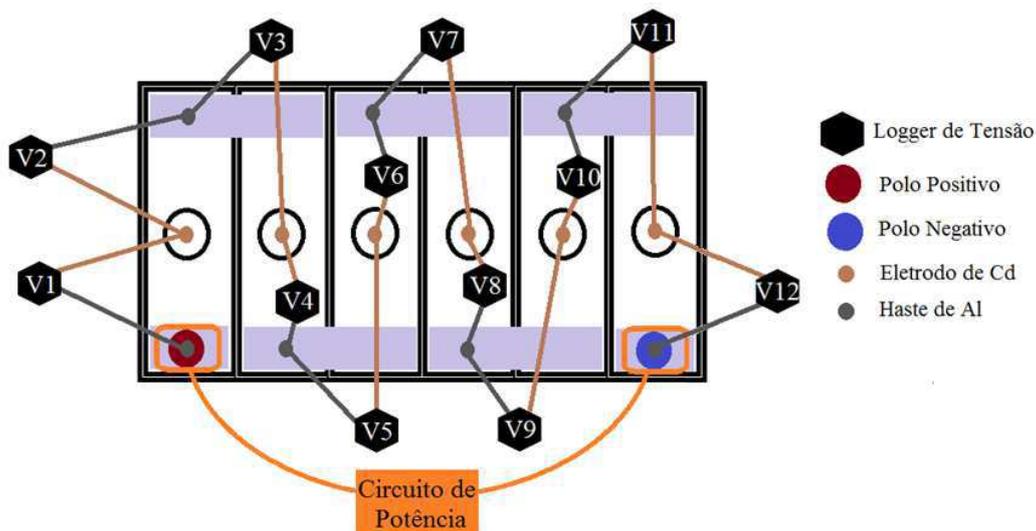


Figura 7. Esquemático de ensaio RC com cádmio para bateria com seis elementos.

#### 2.1.2.3 TESTE DE PARTIDA A FRIO

Acumuladores de chumbo-ácido para aplicações automotivas têm por função essencial viabilizar a partida do motor. Neste sentido a bateria deve fornecer energia suficiente mesmo em condições adversas. No teste de partida a frio as amostras são condicionadas a  $-18^{\circ}\text{C}$  e impostas a descargas severas por curtos intervalos de tempo. O objetivo do ensaio é simular a partida de um veículo em condições climáticas severas.

#### 2.1.2.4 TESTES DE CICLAGEM

Ensaio de ciclagem buscam promover o desgaste das amostras. Definem perfis de modo a simular o envelhecimento das baterias e observar causas de falhas. Existe grande variedade de ciclagens, estas diferem quanto ao perfil dos ciclos, o condicionamento térmico e profundidade de descarga (DOD, *Dept of Discharge*).

Na Figura 8 é apresentado o perfil de tensão em ciclagem para análise de estratificação realizada em bateria de capacidade nominal 48Ah.

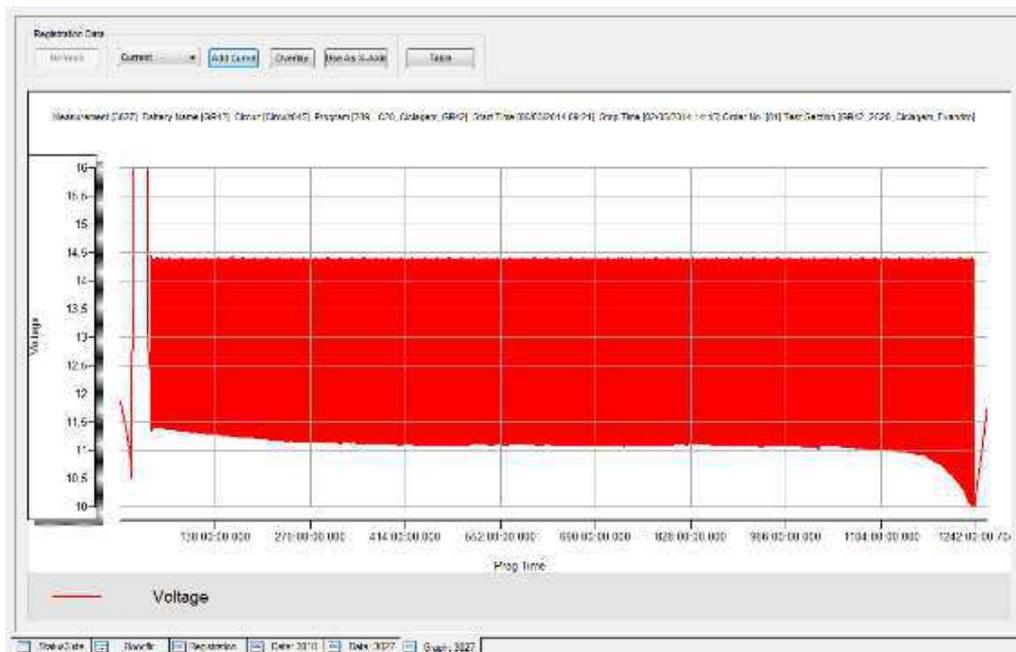


Figura 8. Perfil de tensão e corrente: ciclagem para análise de estratificação (bateria 48Ah).

#### 2.1.2.5 CICLAGEM 17,5% DOD

Ciclagem realizada com 17,5% de profundidade de descarga e amostra em 50% do seu estado de carga (SOC). Tem por objetivo promover o desgaste das placas negativas e apresenta versões com diferentes condicionamentos térmicos.

#### 2.1.2.6 CICLAGEM 50% DOD

Ciclagem realizada com 50% de profundidade de descarga e amostra completamente carregada (100% de SOC). Tem por objetivo promover o desgaste das placas positivas e apresenta versões com diferentes condicionamentos térmicos.

#### 2.1.2.7 TESTE START/STOP

A aplicação da tecnologia start/stop é mais agressiva para as baterias, uma vez que os acumuladores deverão suprir as necessidades energéticas do veículo enquanto o mesmo estiver parado (motor desligado) e recarregar com eficiência para maximizar os curtos períodos entre as descargas. O teste start/stop replica o perfil de utilização de uma bateria para veículo que emprega esta tecnologia.

Neste ensaio a amostra é submetida a ciclos compostos por descargas longas com baixa corrente, descargas curtas a altas correntes e recarga. Antes do referido teste devem ser realizados ensaios de capacidade e partida a frio.

Na figura 9 consta o gráfico do perfil de tensão para ensaio Start/Stop em bateria AGM de capacidade nominal 80 Ah.

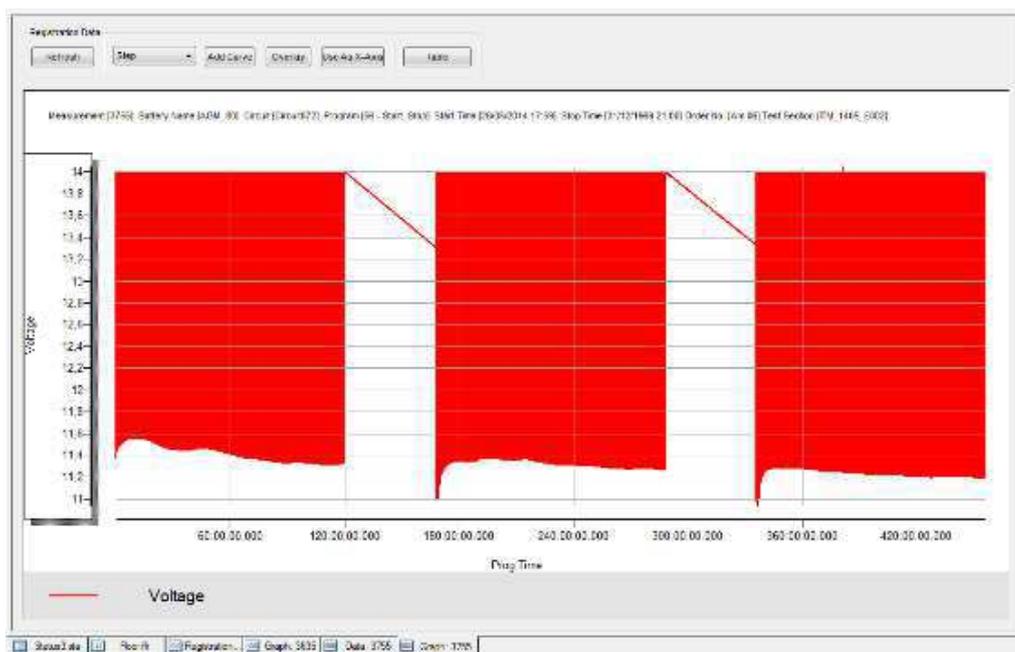


Figura 9. Perfil de tensão e corrente: teste Start/Stop protótipo AGM 80Ah.

### 2.1.3 EQUIPAMENTOS E SOFTWARE

Os equipamentos destinados à realização de ensaios elétricos no laboratório do ITEM são módulos de potência da empresa Digatron, uma mesa com inclinação ajustável (balancim, conforme nomenclatura apresentada na norma VW 75073 2012-07 e apresentado na Figura 10) de desenvolvimento próprio, multímetros digitais e demais ferramentas necessárias à operação e manutenção dos ensaios. O laboratório apresenta capacidade para ensaiar sessenta amostras simultaneamente. Devido às limitações de espaço nas bancadas de testes, é possível ocupar os sessenta circuitos com baterias M60GD Moura ou exemplares de dimensões semelhantes.



Figura 10. Balancim.

Estão instalados e operando quatro circuitos de potência Digatron, sendo três módulos cicladores com vinte circuitos cada e um módulo Start/Stop com quatro circuitos (especificações conforme Tabela 1). Por questões de segurança os módulos de ensaio (Figura 11) estão separados das amostras (Figura 12). O cabeamento é direcionado até as bancadas de ensaio por meio de eletrocalhas e a sala com os gabinetes é mantida resfriada (temperatura inferior a 20°C).



Figura 11. Módulo ciclador UBT 30-0/18-10 ME.



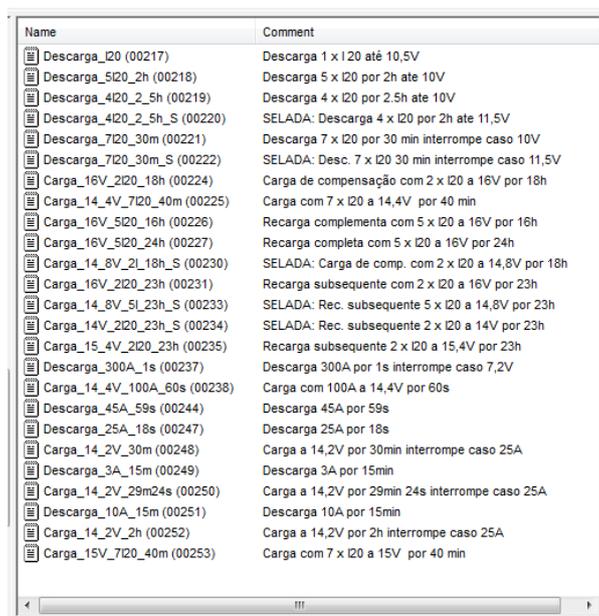
Figura 12. Bancadas de ensaio com amostras conectadas.

Tabela 1. Especificações dos módulos Digatron instalados no Laboratório do ITEM.

Módulos de Potência Digatron		
Especificações	Ciclador	Start/Stop
		UBT 30-0/18-10 ME
Circuitos	20 circuitos por módulo	04 circuitos por módulo
Limites	0/30A - 5/18V – 0,05% F.E	0/300A a cada 10s com 90s de intervalo – 0/150A – 0/18V – 0,05% F.E
Resolução	1mV/1mA	1mV/1mA
Aquisição de Dados	80ms (intervalo mínimo)	20ms (intervalo mínimo)
Logger de Temperatura	01 entrada por circuito Termopar tipo K	01 entrada por circuito Termopar tipo K
Logger de Tensão	02 canais por módulo 10entradas por canal 0-10V	02 canais por módulo 10 entradas por canal 0-10V

Os circuitos Digatron são controlados através do software *Battery Manager* (BM-4) desenvolvido pela mesma empresa e instalado no computador do laboratório. O BM permite escrever, compilar e armazenar rotinas e procedimentos de testes, controlar a execução dos circuitos e manipular os dados de baterias e ensaios (maiores detalhes podem ser obtidos no Apêndice A).

Utilizando a ferramenta BM foram desenvolvidos programas e procedimentos utilizados no ensaio de baterias. Em junho de 2014 constavam no arquivo do sistema BM 83 programas e 25 procedimentos (Figuras 14 e 13, respectivamente).



Name	Comment
Descarga_i20 (00217)	Descarga 1 x I20 até 10,5V
Descarga_5i20_2h (00218)	Descarga 5 x I20 por 2h ate 10V
Descarga_4i20_2_5h (00219)	Descarga 4 x I20 por 2.5h ate 10V
Descarga_4i20_2_5h_S (00220)	SELADA: Descarga 4 x I20 por 2h ate 11,5V
Descarga_7i20_30m (00221)	Descarga 7 x I20 por 30 min interrompe caso 10V
Descarga_7i20_30m_S (00222)	SELADA: Desc. 7 x I20 30 min interrompe caso 11,5V
Carga_16V_2i20_18h (00224)	Carga de compensação com 2 x I20 a 16V por 18h
Carga_14_4V_7i20_40m (00225)	Carga com 7 x I20 a 14,4V por 40 min
Carga_16V_5i20_16h (00226)	Recarga complementa com 5 x I20 a 16V por 16h
Carga_16V_5i20_24h (00227)	Recarga completa com 5 x I20 a 16V por 24h
Carga_14_8V_2i_18h_S (00230)	SELADA: Carga de comp. com 2 x I20 a 14,8V por 18h
Carga_16V_2i20_23h (00231)	Recarga subsequente com 2 x I20 a 16V por 23h
Carga_14_8V_5i_23h_S (00233)	SELADA: Rec. subsequente 5 x I20 a 14,8V por 23h
Carga_14V_2i20_23h_S (00234)	SELADA: Rec. subsequente 2 x I20 a 14V por 23h
Carga_15_4V_2i20_23h (00235)	Recarga subsequente 2 x I20 a 15,4V por 23h
Descarga_300A_1s (00237)	Descarga 300A por 1s interrompe caso 7,2V
Carga_14_4V_100A_60s (00238)	Carga com 100A a 14,4V por 60s
Descarga_45A_59s (00244)	Descarga 45A por 59s
Descarga_25A_18s (00247)	Descarga 25A por 18s
Carga_14_2V_30m (00248)	Carga a 14,2V por 30min interrompe caso 25A
Descarga_3A_15m (00249)	Descarga 3A por 15min
Carga_14_2V_29m24s (00250)	Carga a 14,2V por 29min 24s interrompe caso 25A
Descarga_10A_15m (00251)	Descarga 10A por 15min
Carga_14_2V_2h (00252)	Carga a 14,2V por 2h interrompe caso 25A
Carga_15V_7i20_40m (00253)	Carga com 7 x I20 a 15V por 40 min

Figura 13. Listagem de procedimentos no BMS ITEM.

Nome	Coment	Nome	Coment
Cap_Im_38_Completo (00086)	Teste de capacidade Inmetro para bateria de 38Ah	Cap_AGM_C20 (00328)	Ensaio de capacidade para AGM
Cap_Im_48_Completo (00048)	Teste de capacidade Inmetro para bateria de 48Ah	3C20_Rec_13_8V (00329)	3 C20 @ 13.8V
Start_Stop (00056)	Teste Start/Stop VW	IM_1404_E0016 (00333)	Ciclagem limitada pelo tempo de descarga
Cap_Im_60_Completo (00060)	Teste de capacidade Inmetro para bateria de 60Ah	IM_1404_E0048 (00334)	
Cap_Im_70_Completo (00070)	Teste de capacidade Inmetro para bateria de 70Ah	IM_1404_E0050 (00335)	
Cap_Im_78_Completo (00078)	Teste de capacidade Inmetro para bateria de 78Ah	Acet_E004_E005_G1 (00340)	Aceitação de Carga Grupo 1
Cap_Im_80_Completo (00080)	Teste de capacidade Inmetro para bateria de 80Ah	Acet_E004_E005_G2 (00341)	Aceitação de Carga Grupo 2
Cap_Im_90_Completo (00090)	Teste de capacidade Inmetro para bateria de 90Ah	Acet_E004_E005_G3 (00342)	Aceitação de Carga Grupo 3
Cap_Im_105_Completo (00100)	Teste de capacidade Inmetro para bateria de 105Ah	Recarga_AGM_2V_24h (00344)	Recarga AGM 2V 24h
Cap_Im_135_Completo (00135)	Teste de capacidade Inmetro para bateria de 135Ah	Circuito_Paralelo (00345)	Teste de paralelo: escravo SS
Cap_Im_150_Completo (00150)	Teste de capacidade Inmetro para bateria de 150Ah	C2_Rec_15p5V_25A_24h (00346)	Recarga específica (solicitante Evandro)
Cap_Im_178_Completo (00170)	Teste de capacidade Inmetro para bateria de 178Ah	Start_Stop_2V (00347)	Teste Start/Stop modificado para 2V
Cap_Im_180_Completo (00180)	Teste de capacidade Inmetro para bateria de 180Ah	Capacidade_Rec_14_8V (00349)	Capacidade com recarga a 14.8V em duas fases
Cap_Im_209_Completo (00200)	Teste de capacidade Inmetro para bateria de 209Ah	Teste_LED_Fase1_7july (00351)	Experiencia sensor SOC/SOC - fase 1
Ciclagem_50_DDD (00202)	Ensaio de ciclagem a 50% DDD	Acet_E004_E006_G4 (00352)	Aceitação de Carga Grupo 4
Descarga_1_ACN00 (00206)	Descarga e corrente constante 100	Teste_LED_Fase2_7july (00354)	Experiencia sensor SOC/SOC - fase 2
Cap_AGM_C20_0 (00211)	Dois ensaios de capacidade para AGM	Cap_AGM_5V (00355)	Teste de capacidade para bateria AGM de 5V
ZALA100 (00268)	Ciclagem az ar no balancim	Rec_AGM_Corr_Contr (00356)	Recarga AGM com corrente controlada
Reserva_Capacidade (00279)	Reserva de capacidade	C20_Ciclag_Estrat_2 (00357)	Novo ciclagem 2 C20 cic. com rec. a 14.8V
Logger_RC_Cadmo (00280)	Pausa 120min para logger do ensaio RC cont Cd.	CCLAD_ESTRAT_14_8V (00358)	Início 2 C20 seguido de ciclagem com rec. a 14.8V
Ultrabattery_14_4V (00287)	Recarga - Descarga para ultrabattery 12V	IM_1404_E0016 (00360)	
Ultrabattery_7_2V (00288)	Recarga - Descarga para ultrabattery 6V	Capac_AGM_Corr_Contr (00361)	Capacidade Agm com controle de corrente
Aliv_Moto_5_5Ah (00285)	Alívio bateria moto 5.5Ah	Cicla_17_5_DDD_NSRRC (00363)	17.5% DDD para nao-estadas nao resistente a ciclos
Teste_Moto_1 (00295)	Recarga de atvacao - C10 - recarga	Cicla_17_5_DDD_SRC (00364)	17.5% DDD para bateria selada resistente a ciclos
Pedro_Rec_13_2 (00297)	Recarga especifica 13.2V (solicitante Pedro)	Cicla_17_5_DDD_SRC_AT (00365)	Ciclagem ci prot. avav. term. bat. sel. res. cic
Rec_Pedro_13_4V (00304)	Recarga especifica 13.4V (solicitante Pedro)	Cicla_17_5_DDD_SRC6V (00366)	17.5 DDD bat. 6V sel. resist cic. prot. avalanche
Rec_Pedro_13_5V (00301)	Recarga especifica 13.5V (solicitante Pedro)	RECFR_C20_AGM_corr (00367)	Recarga de frio e C20 AGM com corrente controlada
Rec_Pedro_14_3V (00302)	Recarga especifica 14.3V (solicitante Pedro)	Rec_14_8V_16h (00368)	Recarga de Frio a 14.8V (16h)
Rec_C20_Rec_C20_Rec (00306)	Dois capacidades com recarga inicial e final	Rec_16V_16h (00369)	Recarga de 16V e tempo de 16h (Tradicional)
Polarizacao_CV (00308)	Ensaio de polarização	Rec_14_8V_24h (00370)	Recarga 14.8V 24h (Completa Tradicional)
MB_100_DDD (00309)	Descarga 100%DD para MB	Rec_16V_24h (00371)	Recarga Completa 16V e 24h (Tradicional)
C20_Ciclagem_Estrat (00310)	Dois C20 e ciclagem para teste de estratificação	Rec_C20_Rec_16V (00372)	Uma capacidade com recarga inicial e final
Polarizacao_CC (00311)	Ensaio de polarizacao a corrente continua	RC_Rec_14_8V (00373)	Recarga RC 14.8V
Capacidade_Nom_16V (00312)	Capacidade com recarga de 16V	RC_Rec_16V (00374)	Recarga RC 16V
MB_80_DDD (00313)	Descarga 80%DD para MB	Teste_Resistencia_In (00375)	Teste de resistência interna
IM_1404_001 (00315)	Recarga 14.8V - 50h e dois C2	Chia16V_16h_Dch_30pct (00377)	Para baterias M48F Tipo Produção
MB_80_DDD (00316)	Descarga 80%DD para MB	Chia14p8V_16h_Dc_30pct (00378)	Para baterias M48F Tipo Molecular
Carga_Relic_Outdo (00317)	Recarga bateria de moto Guido	Rec_14_8V_Corr_Limit (00379)	Recarga 14.8V corrente controlada - 5 a 1 C20
Cap_Im_90_Completo (00318)	Teste de capacidade Inmetro para bateria de 90Ah	Rec_C10_Rec_30Ah (00380)	Recarga - Descarga r10 - Recarga 30Ah
IM_1404_001A (00319)		Des_2_7A_10_5V (00381)	Descarga 2.7A a 10.5V - C10 12MF30
MB_40_DDD (00320)	Descarga 40%DD para MB	Rec_14_4V_24h (00383)	Recarga 14.4V 24h
MB_20_DDD (00321)	Descarga 20%DD para MB		

Figura 14. Listagem de programas no BMS ITEM.

## 2.1.4 ENSAIOS REALIZADOS NO LABORATÓRIO DO ITEM

No período de estágio integrado foram realizados 1072 ensaios no laboratório do ITEM (Figura 15). A maioria destes relacionados a projetos do instituto e ensaios de capacidade para baterias da produção (esta segunda categoria tem por objetivo verificar se as baterias produzidas estão em conformidade com a portaria 434 do Inmetro, são ensaios rotineiros de acompanhamento).

A principal fonte de interrupções nos ensaios foram erros do solicitante na especificação e problemas com a rede elétrica (Figura 16). Foram adotados formulários para reduzir as incoerências da solicitação (Apêndice B) e está em processo de avaliação um sistema integrado para gestão de dados no laboratório. Para solucionar as flutuações e falhas da rede elétrica, a nova sede do instituto (atualmente em construção) apresentará sistema de *nobreaks*.

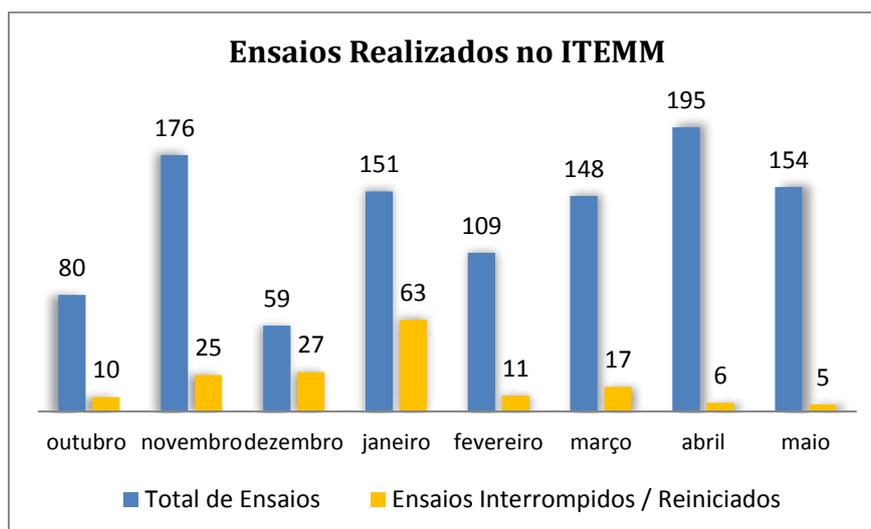


Figura 15. Total de ensaios realizados no ITEM.

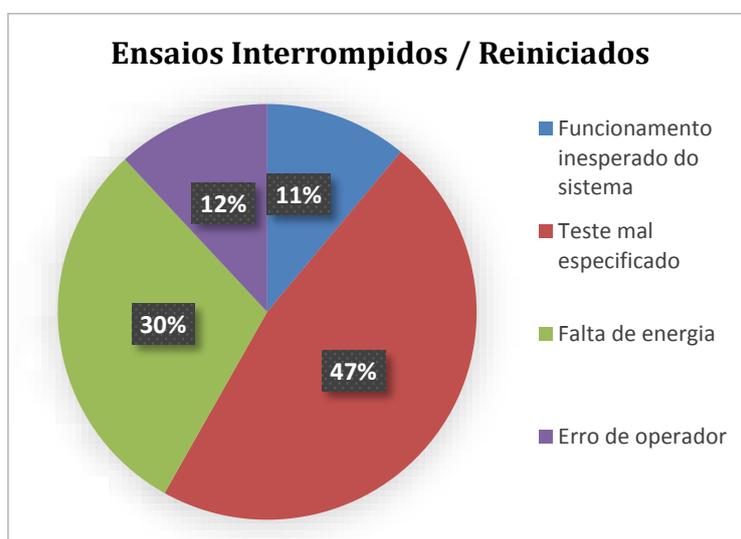


Figura 16. Causas de interrupção nos ensaios.

### 2.1.5 RELATÓRIOS E ANÁLISE DE DADOS

O BMS permite exportar os dados de ensaios no formato arquivo de valores separado por vírgulas. Este documento é processado utilizando a ferramenta MS Excel de modo a compor um relatório com os gráficos de tensão e corrente em função do tempo de ensaio e demais informações relevantes. Análises e observações adicionais sobre os ensaios são incluídas no relatório, quando necessárias.

Exportar os dados e copiar manualmente as informações é uma atividade cansativa que não agrega valor ao trabalho e potencializa erros no relatório final. Foram desenvolvidos modelos de relatório automático para os ensaios de capacidade e RC (Apêndice C). Os documentos são

baseados nos recursos de programação disponíveis no MS Excel, linguagem VBA (*Visual Basic Applications*). Para ensaios específicos é possível reutilizar ou editar as macros<sup>1</sup> desenvolvidas.

### 2.1.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Laboratório de ensaios Elétricos do ITEM apresenta corpo técnico e equipamentos de elevada qualidade. Nele é possível realizar diversos testes em baterias para viabilizar projetos do instituto, além de atender às necessidades de seus clientes e patrocinadores. Entretanto, há espaço para inúmeros melhoramentos (a exemplo da infraestrutura e da mão de obra) os quais devem ser avaliados para que se atinja a máxima proposta: construir um laboratório de referência.

## 2.2 ANÁLISE TÉRMICA DO ENCHIMENTO POR GRAVIDADE EM BATERIAS VRLA

### 2.2.1 INTRODUÇÃO

Atividade complementar ao projeto de desenvolvimento de uma bateria automotiva com tecnologia VRLA (*Valve Regulated Lead Acid*) capacidade nominal 80Ah e em conjunto L4<sup>2</sup> (Figura 17, exemplo de protótipo VRLA). O projeto engloba a confecção de protótipos em fases anteriores ao completo comissionamento do maquinário. Tais etapas têm por objetivo treinar a equipe desenvolvedora e ampliar o *know-how* na tecnologia VRLA, não correspondendo ao produto final.



Figura 17. Protótipo VRLA.

---

<sup>1</sup> Macros correspondem a procedimentos executados na linguagem VBA.

<sup>2</sup> O conjunto plástico L4 corresponde a uma caixa com dimensões 29,92cm x 16,11cm x 16,4cm.

Neste sentido, fez-se necessário desenvolver um processo de enchimento capaz de viabilizar a produção das amostras sem utilizar uma máquina de enchimento a vácuo. Optou-se por realizar um enchimento por gravidade com eletrólito resfriado. O presente documento descreve o perfil de temperatura observado nas amostras e justifica o procedimento desenvolvido.

### 2.2.2 BATERIAS VRLA

Nos últimos anos foi verificado que 15% das emissões de gás carbônico na atmosfera devem-se aos veículos movidos a combustão interna. Este dado, aliado às crescentes preocupações ambientais, elevou a exigência de soluções menos poluentes por parte dos governos de diversos países, inclusive do Brasil.

Uma inovação já viabilizada que responde a esta demanda é o uso da tecnologia *Start-Stop*. Esta permite que o veículo desligue automaticamente o seu motor de combustão, quando, por exemplo, parar em um semáforo,

A implantação deste novo tipo de veículo é extremamente dependente dos acumuladores elétricos. O motor passará a realizar inúmeras partidas durante o seu uso e são as baterias de partida, do tipo Pb-Ácido (chumbo-ácido), que fornecerão esta energia. Por conseguinte, a quantidade de ciclos de carga e descarga realizados pela bateria aumenta consideravelmente.

Este perfil de operação é mais agressivo e, se aplicado a uma bateria automotiva convencional, acarreta na redução do seu tempo de vida. Outro ponto importante é que estas baterias deverão apresentar maior poder de arranque, visto que a tecnologia *Start/Stop* demanda uma partida suave e instantânea.

Considerando os requisitos da tecnologia *Start/Stop*, estão em desenvolvimento novas classes de baterias capazes de atender às inovações dos veículos. Um dos tipos de baterias que tem obtido sucesso nesta aplicação são as baterias VRLA, acumuladores chumbo-ácido com a pressão interna regulada por válvulas.

As baterias com tecnologia VRLA possuem grande diferença das baterias inundadas, atualmente empregadas no mercado automobilístico. Elas foram desenvolvidas com objetivo de eliminar três modos de falhas que ocorrem em baterias inundadas:

1. Perda de contato entre o material ativo da placa positiva com as grades;
2. Redução no volume de eletrólito causado pela produção dos gases Hidrogênio e Oxigênio durante a carga;

3. Estratificação do ácido que constitui o eletrólito, durante os processos de carga e descarga o ácido sulfúrico do eletrólito tende a separar-se da água depositando-se na parte inferior das células.

A solução encontrada para os três modos de falha supracitados passa pela utilização de um separador especial de AGM (*Absorbive Glass Matereal*), material constituído por um aglomerado de fibras de vidro. O AGM é compressível e permite que as placas sejam inseridas nas células das baterias com elevada compressão, como resultado o material ativo das placas é mantido sempre em contato com as grades (modo de falha 1).

Recombinar o oxigênio, produzido nas placas positivas durante a carga, soluciona o modo de falha 2. Contudo esta reação de oxidação ocorre apenas em potenciais baixos (encontrado na superfície da placa negativa). Portanto, faz-se necessário que o oxigênio migre da placa positiva para negativa. A baixa difusividade do oxigênio na solução não permite que o gás atinja a superfície da placa negativa, fenômeno observado nas baterias ventiladas.

Em baterias VRLA o emaranhado de fibras do separador AGM proporciona caminhos de ar dentro do eletrólito e proporciona condições para recombinação (Figura 19). A velocidade de difusão do oxigênio no ar é expressivamente superior ao seu comportamento na solução ácida, permitindo, assim, que o oxigênio flua da placa positiva para negativa. Este processo praticamente elimina a emissão de gases das baterias (modo de falha 2). Por fim, o uso do AGM também evita a estratificação do eletrólito das células, pois o aprisionamento do ácido entre as fibras do separador AGM impede variações elevadas na densidade (modo de falha 3).

Na Figura 18 são apresentados os detalhes da constituição do separador AGM (vista microscópica). Enquanto na Figura 19 consta esquemático do funcionamento deste separador, o qual corrobora para o transporte dos gases produzido durante a recarga das baterias.

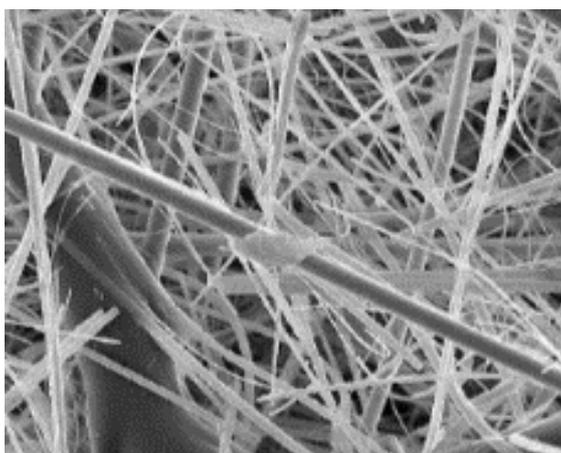


Figura 18. Vista microscópica do separador AGM.

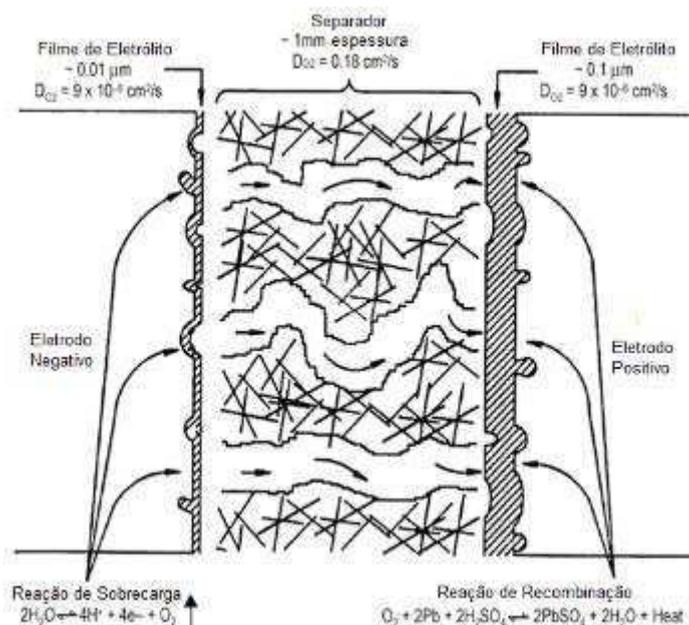
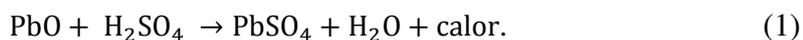


Figura 19. Visão conceitual do ciclo interno do Oxigênio no interior de uma célula VRLA.

Devido à emissão de gases praticamente nula, é possível vedar as células de baterias VRLA sem riscos de explosão. São utilizadas válvulas que se abrem apenas quando a pressão interna ultrapassa um determinado limite de segurança. A sigla VRLA, em português, significa baterias de chumbo-ácido reguladas por válvula e está associada à inserção deste dispositivo na bateria, contudo também é comum o uso da denominação bateria AGM.

### 2.2.3 ENCHIMENTO POR GRAVIDADE

No processo de formação de baterias chumbo-ácido ventiladas as mesmas são enchidas com uma solução apropriada de ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) e, em seguida, carregadas sob correntes e temperaturas controladas. A reação química entre o óxido de chumbo presente nas placas e o ácido da solução é expressamente exotérmica, contudo o enchimento tem curta duração e a bateria é logo encaminhada para o banho (onde a temperatura é devidamente controlada).



Baterias com tecnologia VRLA e separador AGM inviabilizam replicação do processo utilizado para as baterias ventiladas, uma vez que a elevada capilaridade do AGM dificulta o escoamento da solução e prolonga o tempo de enchimento. Por este motivo a temperatura durante o enchimento apresenta considerável elevação, comportamento prejudicial a aditivos utilizados na bateria (componentes que sofrem degradação quando expostos a meio ácido em temperaturas

superiores a 70°C). Outra característica negativa é o crescimento dos cristais de  $\text{PbSO}_4$  que passiva<sup>3</sup> o interior do eletrodo e se intensifica conforme o tempo de reação é estendido.

A nível industrial a solução para o enchimento das baterias VRLA é utilizar uma máquina de enchimento a vácuo. Tal equipamento remove o ar do interior da bateria e injeta solução, proporcionando um enchimento com rapidez e solucionando o problema da temperatura.

Viabilizar a produção de bateria VRLA sem a máquina de enchimento a vácuo foi o desafio enfrentado pela equipe do ITEM. Optou-se por resfriar a solução para amenizar o impacto da temperatura e realizar um enchimento por etapas, variando a inclinação da amostra entre 30° e 150° (referência considerada à direita do polo). Este procedimento permite que o separador localizado na parte central mantenha um caminho para saída do ar e seja preenchido a posteriori por capilaridade (esquemático conforme Figura 20 e teste segundo Figura 21).

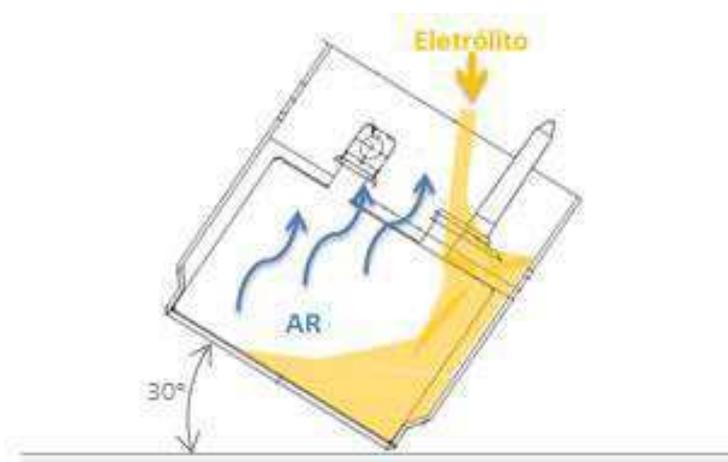


Figura 20. Visão conceitual do enchimento de amostra VRLA por gravidade a 150°.

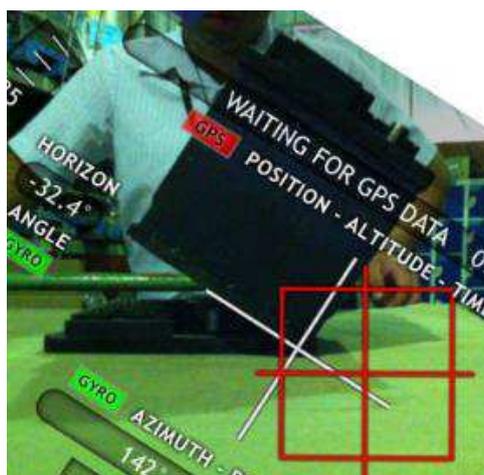


Figura 21. Amostra VRLA inclinada a 150°.

<sup>3</sup> O crescimento dos cristais de  $\text{PbSO}_4$  prejudica a reação entre a solução ácida e o material ativo da placa negativa, uma vez que o interior do cristal fica inacessível e a área de contato é reduzida.

#### 2.2.4 MEDIÇÕES COM SENSOR DE TEMPERATURA

A solução escolhida para análise do perfil de temperatura foi realizar medições com termopares. Os quais são sensores de temperatura simples, robustos e de baixo custo; cujo processo de funcionamento é baseado no Efeito Seebeck.

O Efeito Seebeck, descoberto por Thomas Seebeck em 1821, descreve um fenômeno termoelétrico pelo qual se observa uma diferença de potencial quando quaisquer dois metais são unidos em um ponto de contato e submetidos a um gradiente de temperatura. Desta forma, conhecendo os metais utilizados na junção é possível mensurar a força eletromotriz (FEM) e realizar a conversão por meio de curvas FEM X Temperatura.

Termopares são classificados conforme sua faixa de utilização e tolerância, fatores estes diretamente relacionados às ligas metálicas que o constituem. Para análise das amostras VRLA optou-se por utilizar termopares tipo T (Figura 22), os quais são compostos por filamentos de Cobre (positivo) e Constantan (negativo) e apresentam faixa de utilização entre -60°C e 100°C.



Figura 22. Extremidade desencapada de termopar tipo T.

Depois de selecionado o termopar adequado o processo de aferição da temperatura consiste em unir uma extremidade, realizar solda superficial, posicioná-la no local da medição e conectar a extremidade livre a um multímetro (precisão na escala de mV). As tabelas de conversão para termopares consideram que as medições são realizadas a 0°C, desta forma é imperativo registrar a temperatura ambiente e realizar a compensação de junta fria. Na Tabela 2 são apresentados os valores de conversão para termopar tipo T.

Equacionamento matemático para aferição de temperatura:

$$T_{medida} = T_{ambiente} + T_{tabela}. \quad (2)$$

Tabela 2. Conversão termopar T.

Termopar T										
Tabela de Conversão [°C x mV]										
°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
-60	-2,152	-2,185	-2,218	-2,250	-2,283	-2,315	-2,348	-2,380	-2,412	-2,444
-50	-1,819	-1,853	-1,886	-1,920	-1,953	-1,987	-2,020	-2,053	-2,087	-2,120
-40	-1,475	-1,510	-1,544	-1,579	-1,614	-1,648	-1,682	-1,717	-1,751	-1,785
-30	-1,121	-1,157	-1,192	-1,228	-1,263	-1,299	-1,334	-1,370	-1,405	-1,440
-20	-0,757	-0,794	-0,830	-0,867	-0,903	-0,940	-0,976	-1,013	-1,049	-1,085
-10	-0,383	-0,421	-0,458	-0,496	-0,534	-0,571	-0,608	-0,646	-0,683	-0,720
0	0,000	-0,039	-0,077	-0,116	-0,154	-0,193	-0,231	-0,269	-0,307	-0,345
0	0,000	0,039	0,078	0,117	0,156	0,195	0,234	0,273	0,312	0,351
10	0,391	0,430	0,470	0,510	0,549	0,589	0,629	0,669	0,709	0,749
20	0,789	0,830	0,870	0,911	0,951	0,992	1,032	1,073	1,114	1,155
30	1,196	1,237	1,279	1,320	1,361	1,403	1,444	1,486	1,528	1,569
40	1,611	1,653	1,695	1,738	1,780	1,822	1,865	1,907	1,950	1,992
50	2,035	2,078	2,121	2,164	2,207	2,250	2,294	2,337	2,380	2,424
60	2,467	2,511	2,555	2,599	2,643	2,687	2,731	2,775	2,819	2,864
70	2,908	2,953	2,997	3,042	3,087	3,131	3,176	3,221	3,266	3,312
80	3,357	3,402	3,447	3,493	3,538	3,584	3,630	3,676	3,721	3,767
90	3,813	3,859	3,906	3,952	3,998	4,044	4,091	4,137	4,184	4,231
100	4,277	4,324	4,371	4,418	4,465	4,512	4,559	4,607	4,654	4,701
110	4,749	4,796	4,844	4,891	4,939	4,987	5,035	5,083	5,131	5,179
120	5,227	5,275	5,324	5,372	5,420	5,469	5,517	5,566	5,615	5,663
130	5,712	5,761	5,810	5,859	5,908	5,957	6,007	6,056	6,105	6,155
140	6,204	6,254	6,303	6,353	6,403	6,452	6,502	6,552	6,602	6,652
150	6,702	6,753	6,803	6,853	6,903	6,954	7,004	7,055	7,106	7,156
160	7,207	7,258	7,309	7,360	7,411	7,462	7,513	7,564	7,615	7,666

Caso o valor de tensão registrado pelo multímetro não equivalha àqueles dispostos na tabela de conversão, deve-se interpolar a temperatura:

$$T_{medida} = T_{ambiente} + T_{interpolada} \quad (3)$$

$$T_{interpolada} = T_1 + (T_1 - T_2) * \frac{v_{medida} - v_1}{v_2 - v_1} \quad (4)$$

Onde:  $v_{medida}$  - tensão mensurada na extremidade do termopar;

$v_1$  - maior tensão registrada na tabela que mais se aproxima de  $v_{medida}$ ;

$v_2$  - menor tensão registrada na tabela que mais se aproxima de  $v_{medida}$ ;

$T_1$  - temperatura que corresponde à tensão  $v_1$ ;

$T_2$  - temperatura que corresponde à tensão  $v_2$ ;

O equacionamento matemático supracitado torna-se inviável quando o volume de dados cresce consideravelmente. Em face desta característica, realizou-se uma aproximação matemática de sexta ordem para os valores da Tabela 2 (representação gráfica conforme Figura 23).

$$T_{medida} = T_{ambiente} + Y(x). \quad (5)$$

Onde  $Y(x)$  corresponde à aproximação de sexta ordem e  $x$  à tensão em mV registrada na extremidade do termopar.

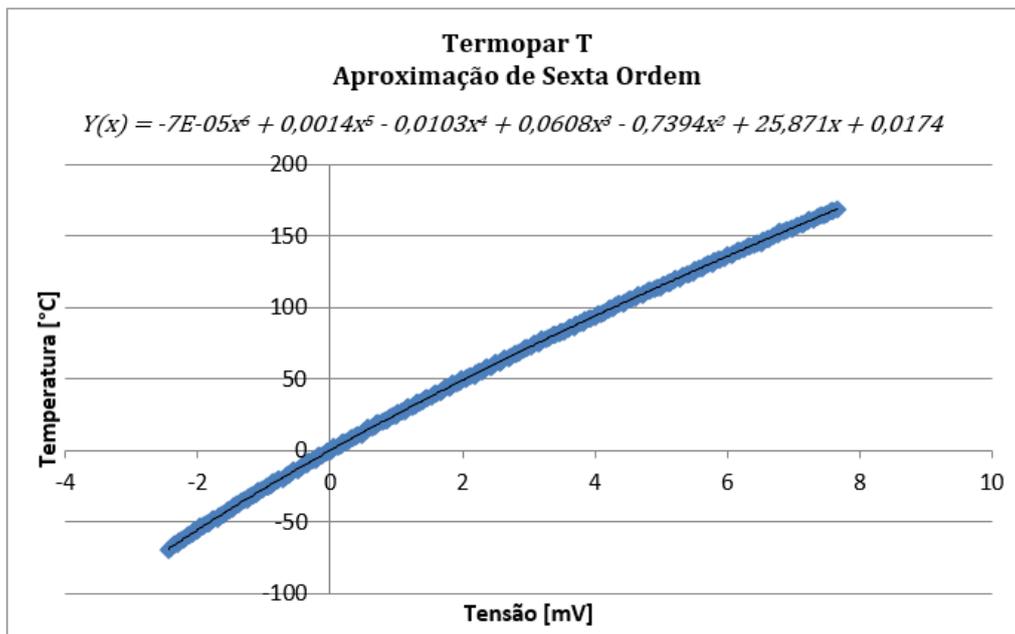


Figura 23. Curva FEM x Temperatura para termopar tipo T.

### 2.2.5 ANÁLISE DO PERFIL DE TEMPERATURA

A importância do perfil de temperatura das baterias VRLA reside em retratar o comportamento das amostras durante o enchimento, com foco especial na verificação das máximas temperaturas atingidas no processo. Neste sentido, a terceira e quarta célula foram selecionadas para a amostragem. Tais elementos apresentarem menor área de contato com o meio externo, de tal forma que correspondem aos pontos com maior probabilidade de aquecimento.

As duas primeiras amostras VRLA destinadas à análise tiveram suas células centrais modificadas, adicionando-se três termopares no interior de cada elemento. Os sensores foram dispostos próximo ao centro das placas em profundidades distintas (fundo, centro e topo).

Na Figura 25 são apresentados os termopares, seu posicionamento relativo na bateria, e a amostra Am. 01 com termopares inseridos e células expostas. Os elementos são pressionados para dentro da caixa plástica antes de iniciar o processo enchimento.

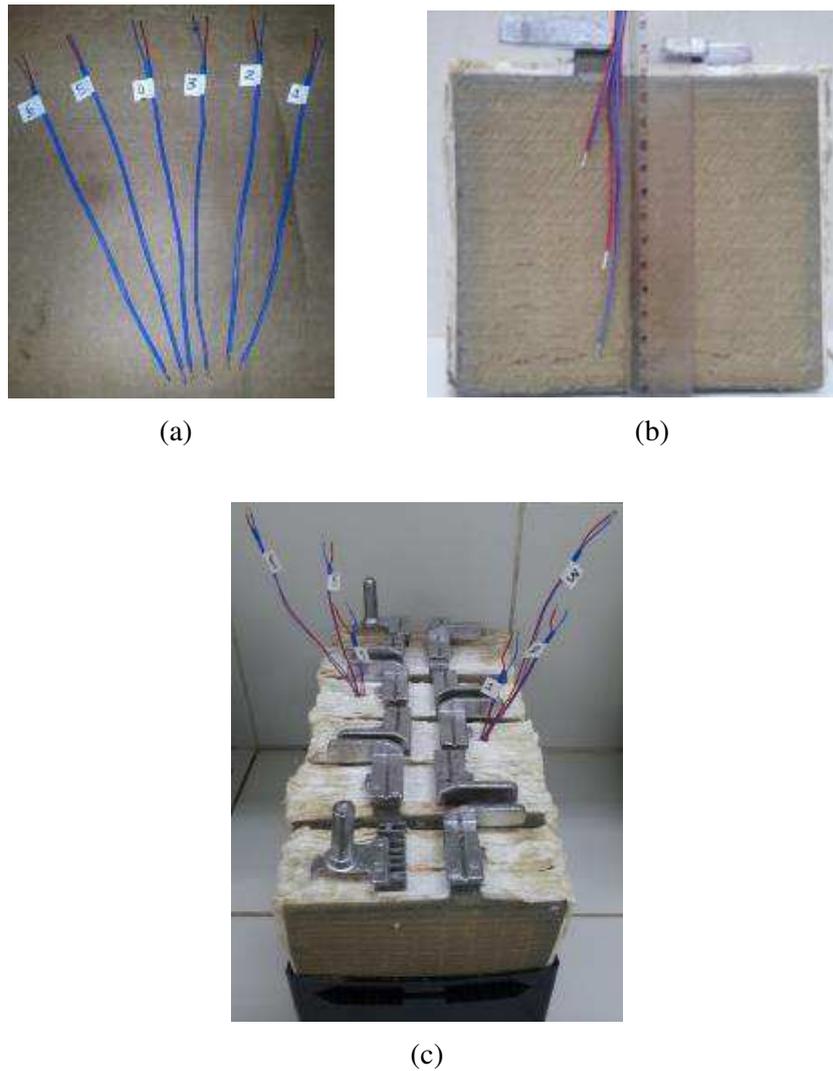


Figura 24. Sensores de temperatura: (a) termopares; (b) posição estimada na célula; (c) amostra Am. 01 com termopares posicionados e células expostas.

O enchimento das amostras Am. 01 e Am. 02 foi realizado em seis etapas que consistiram em alternar a inclinação da bateria entre 30° e 150° (enchimento representado na Figura 25 e coleta na Figura 26). Cada célula recebeu um sexto da solução por etapa, os processos foram realizados segundo as condições registradas na Tabela 3.

Tabela 3. Condições de enchimento das amostras Am. 01 e Am. 02

Condições de Enchimento				
Amostra	Solução			Temperatura Ambiente
	Densidade	Temperatura	Quantidade	
<b>01</b>	1,250 g/cm <sup>3</sup>	4°C	860g por célula	22,5°C
<b>02</b>	1,255 g/cm <sup>3</sup>	5°C	860g por célula	27,5°C



Figura 25. Enchimento por gravidade realizado nas amostras Am. 01 e Am. 02.

Os valores de tensão foram armazenados utilizando equipamento *data logger*, com resolução configurada para uma coleta a cada dois segundos. A aquisição de dados se estendeu durante o enchimento e uma hora após o seu término.



Figura 26. Instrumentação para coleta de dados.

Concluído o período de medições com os sensores de temperatura, a instrumentação é desconectada e segue procedimento de *tear down*<sup>4</sup> da amostra. Observa-se o posicionamento dos termopares e o estado das placas (Figura 27). Por fim todo o AGM é removido, empilhado e fatiado em nove secções para aferição da densidade (conforme Figuras 28 e 29).

A inspeção visual das duas primeiras amostras revelou pontos nos quais a massa positiva não reagiu com o ácido: manchas alaranjadas observadas na região central das placas positivas. Esta característica, combinada às elevadas temperaturas (máximos de 71,90 °C e 77,92°C para Am. 01 e Am. 02, respectivamente), resultou no descarte do perfil de enchimento utilizado.

<sup>4</sup> Processo destrutivo para análise dos componentes internos de uma bateria.

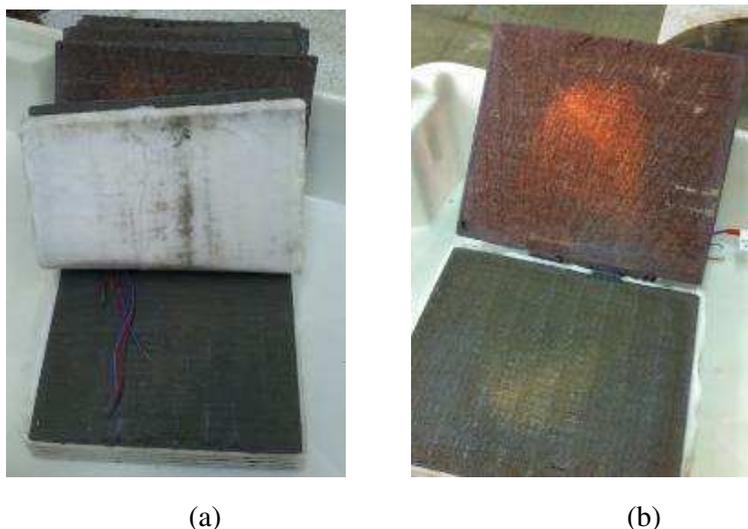


Figura 27. *Tear down* Am 01: (a) placa negativa e posicionamentos dos termopares; (b) placa positiva.

As medições de densidade indicaram uma distribuição de ácido com pouca variação (Tabela 4). Entretanto percebe-se que as secções centrais apresentam menor densidade. Esta característica se justifica, pois o processo de enchimento é realizado direcionando o ácido para as laterais da bateria. A solução inserida reage com as laterais da placa, produzindo água que ocasiona redução na sua densidade. Deste modo, a solução que atinge o centro da bateria devido à capilaridade do AGM e já se encontra diluída.

Tabela 4. Densidade da solução extraída do AGM para Am. 01 e Am. 02

Densidade [g/cm <sup>3</sup> ]										
Amostra	Célula	Secção de AGM								
		A	B	C	D	E	F	G	H	I
01	03	1,093	1,043	1,098	1,070	1,018	1,106	1,084	1,072	1,135
	04	1,072	1,051	1,075	1,112	1,018	1,056	1,129	1,111	1,113
02	03	1,080	1,053	1,084	1,083	1,015	1,067	1,143	1,075	1,094
	04	1,082	1,050	1,081	1,093	1,020	1,100	1,127	1,075	1,123



Figura 28. Divisão e identificação do separador AGM.

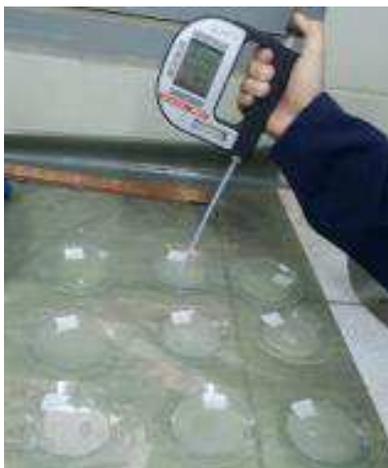


Figura 29. Aferição de densidade com densímetro digital.

Nas Figuras 29 a 32 são apresentados os perfis de temperatura registrados para as amostras Am. 01 e Am. 02. O comportamento das curvas comprova a característica exotérmica da reação entre o material ativo das placas e a solução ácida.

Após iniciar o processo de enchimento a temperatura creste apresentando reduções momentâneas que correspondem à inserção de ácido gelado. Embora a solução tenha sido resfriada este procedimento não impediu a elevação brusca da temperatura (que ultrapassou o patamar de 70°C em ambas as amostras). Por conseguinte, a análise térmica corroborou para o descarte destas amostras e do seu processo de enchimento.

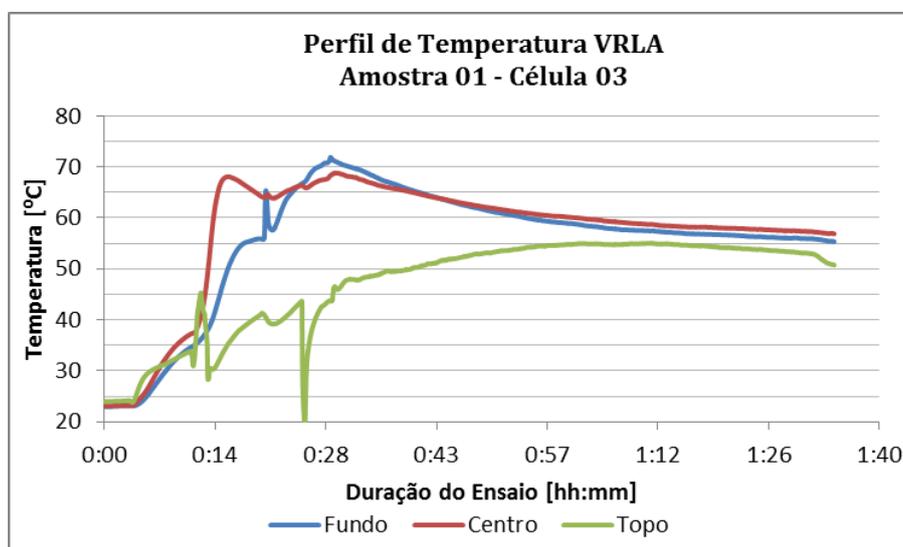


Figura 30. Perfil de temperatura Am.01 - célula 3.

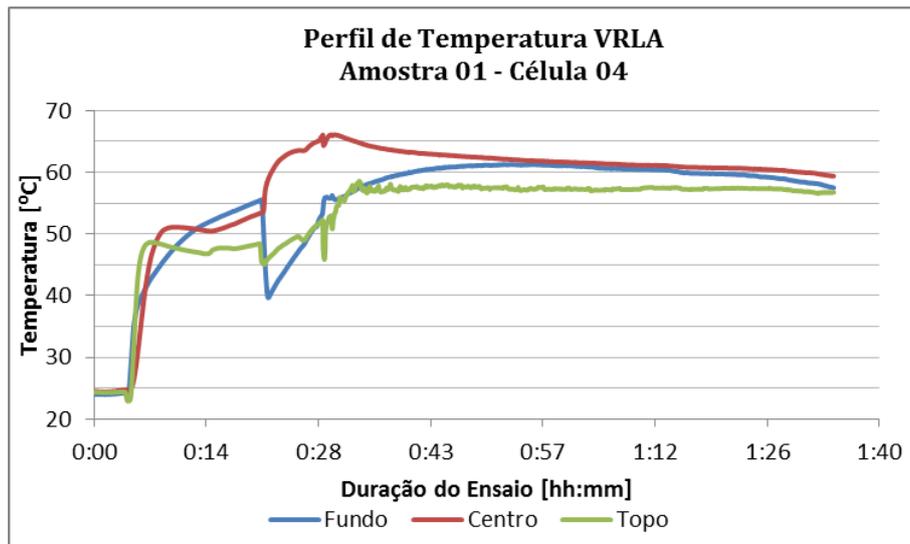


Figura 31. Perfil de temperatura Am.01 - célula 4.

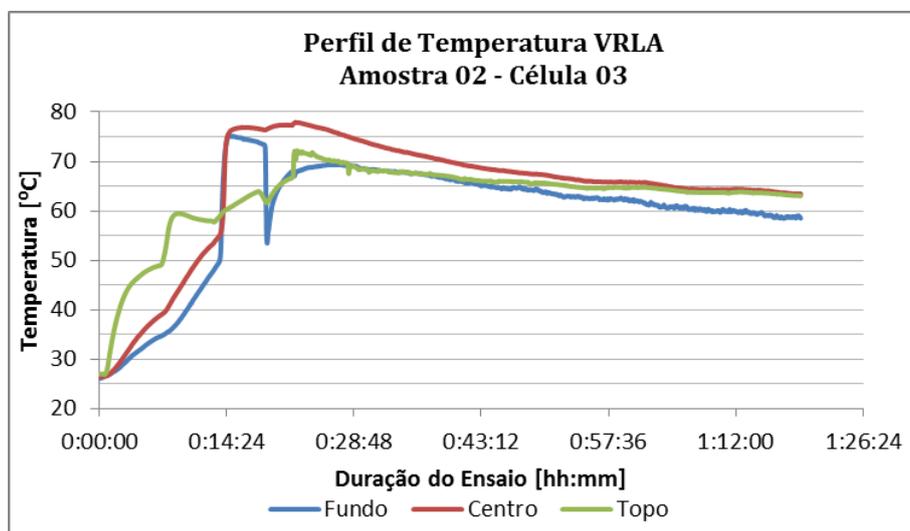


Figura 32. Perfil de temperatura Am.02 - célula 3.

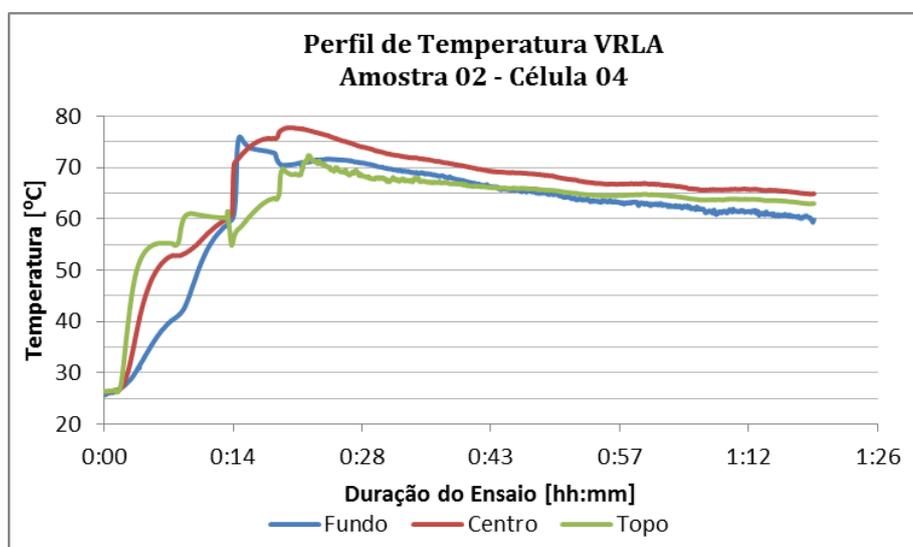


Figura 33. Perfil de temperatura Am.02 - célula 4.

Os resultados obtidos para as primeiras amostras descartaram o perfil de enchimento com distribuição igualitária (temperatura elevada e má formação do material ativo nas placas). Foram realizados ensaios piloto para outros perfis de enchimento, com medições instantâneas da temperatura e *tear down* (inspeção visual das placas). A temperatura instantânea foi aferida sem utilização do *data logger*, conectando um multímetro digital aos termopares (este equipamento realiza a conversão direta para graus celsius, contudo apresenta menor precisão e não permite aquisição de dados).

O novo processo avaliou a estrutura do conjunto plástico da VRLA. Ao considerar o desenho da tampa percebe-se que a rolha (ponto pelo qual é realizado o enchimento) está deslocada para o lado contrário ao polo, portanto, há menos espaço para acumular solução (detalhes da caixa plástica apresentados na Figura 33). Apesar de a bateria estar inclinada, o excesso de solução atinge a parte central do separador molhando-o superficialmente; por consequência, o caminho para saída do ar é inviabilizado.

Em decorrência dos testes e das novas considerações, optou-se por um enchimento em duas etapas com um terço da solução no lado do polo e a  $-18^{\circ}\text{C}$ . Neste processo a bateria é inclinada a  $30^{\circ}$  e um terço da solução é inserido: três seringas com 20 ml, em três etapas de modo a percorrer todas as células e totalizar 60 ml por elemento ( $\approx 300\text{g}$ ). Em seguida, a amostra é inclinada a  $150^{\circ}$  e o restante da solução é inserido, utiliza-se o mesmo passo de 20 ml por elemento até que haja saturação do AGM (na Figura 34 consta fotografia deste processo de enchimento). Por fim, a bateria é posicionada na horizontal e o restante da solução é despejado sobre as células. Deve-se ressaltar que para cada célula é designado um recipiente com solução, 890g cada (a quantidade de solução foi corrigida de 860 g para 890 g, pois o conjunto plástico definitivo é maior que o utilizado nas amostras iniciais).

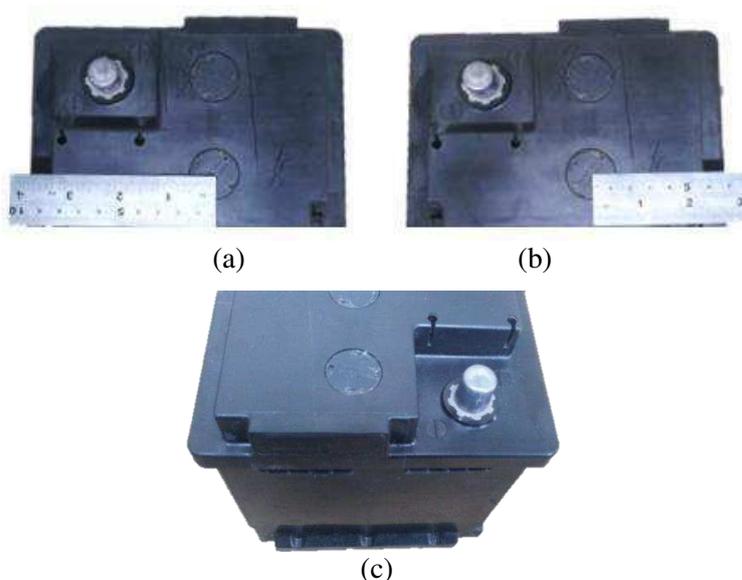


Figura 34. Detalhes na tampa plástica da VRLA:

(a) lado do polo; (b) lado contrário ao polo; (c) corte da vista superior inclinada.

O perfil de enchimento 1/3 foi replicado nas amostras VRLA e definido como o padrão para produção dos protótipos anteriores à máquina de enchimento a vácuo. Este processo corrige a quantidade de solução, considera a influência do design do conjunto plástico e resfria a solução por pelo menos 24 horas (atingindo o limite mínimo dos frízeres disponíveis). Para complementar o estudo, realizou-se nova análise do perfil de temperatura.

Diferentemente das primeiras amostras, utilizou-se nove termopares dispostos no terceiro elemento da bateria ensaiada (Am.03). Os grupos de sensores foram posicionados no centro e nas extremidades da célula (mantendo os espaçamentos: fundo, centro e topo). As condições de enchimento são especificadas na Tabela 5.



Figura 35. Procedimento realizado na amostra Am. 03 (enchimento por gravidade).

Tabela 5. Condições de enchimento das amostras Am. 01 e Am. 02.

Condições de Enchimento				
Amostra	Solução			Temperatura Ambiente
	Densidade	Temperatura	Quantidade	
03	1,250 g/cm <sup>3</sup>	-18°C	890g por célula	24,5°C

Concluído o enchimento da terceira amostra e após uma hora de aquisição de dados, foi realizado o *tear down* na bateria (resultados do procedimento vide Figuras 36 e 37). As placas centrais apresentaram coloração homogeneia (Figura 36 (b)), desempenho superior ao das amostras Am. 01 e Am. 02. Contudo, na placa positiva externa (ou seja, placa mais próxima à parede da caixa) há claras evidências de massa positiva que não reagiu (Figura 37). Não foi encontrada uma justificativa para tal desconformidade; uma possível explicação é a menor compressão sofrida pelas placas externas que distancia o AGM da placa e, por conseguinte, a solução ácida do material ativo.

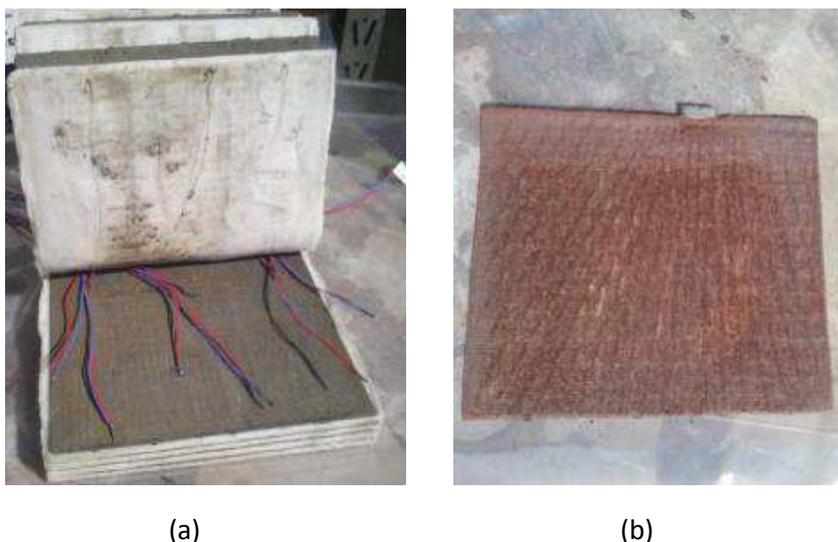


Figura 36. *Tear down* Am. 03: (a) placa negativa e posicionamento dos termopares; (b) placa positiva.

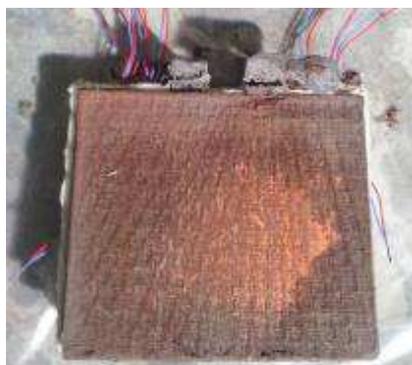


Figura 37. Detalhe de má formação na Am. 03. (placa positiva externa).

A densidade mensurada no AGM da terceira amostra (Tabela 6) revelou valores mais elevados nos segmentos A, D e G (porção próxima ao polo e que recebeu dois terços da solução). Conforme esperado, a menor densidade foi obtida no centro do separador ao fundo (segmento H).

Tabela 6. Densidade da solução extraída do AGM para Am. 03.

		Densidade [g/cm <sup>3</sup> ]								
Amostra	Célula	Secção de AGM								
		A	B	C	D	E	F	G	H	I
03	03	1,173	1,093	1,085	1,113	1,039	1,047	1,104	1,054	1,102

Nas Figuras 38 a 40 estão dispostos os resultados obtidos com as medições dos nove termopares inseridos na amostra Am. 03. De forma semelhante aos resultados das amostras predecessoras, observa-se o comportamento exotérmico da reação.

Uma vez iniciado o processo de enchimento a temperatura cresce, apresentando diminuições bruscas que estão atreladas à inserção do ácido resfriado. O lado da bateria mais

distante do polo recebeu três injeções de ácido, como resultado tem-se três vales seguidos de elevação da temperatura. Já a extremidade próxima ao polo recebeu inúmeras adições de solução e, portanto, são observadas mais reduções na temperatura. O centro da célula tem uma variação de temperatura influenciada por ambas as extremidades de enchimento; o decréscimo abrupto de temperatura ocorre somente quando a bateria é posicionada na horizontal e o restante da solução despejado sobre as células (aproximadamente com vinte minutos do início da experiência). Para os três pontos de medição tem-se que os termopares alocados no topo registram as menores temperaturas, comportamento esperado uma vez que entram em contato direto e/ou estão mais próximos à solução gelada.

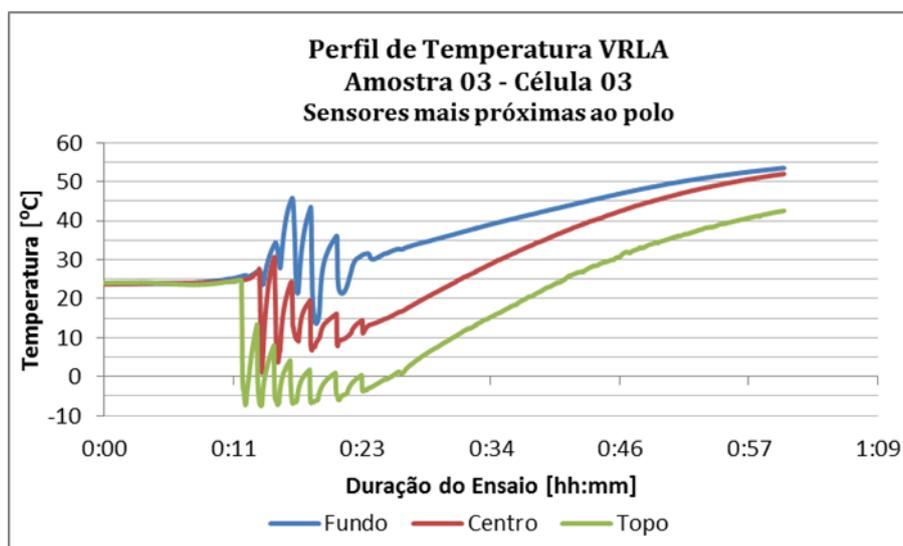


Figura 38. Perfil de temperatura Am.03 - extremidade próxima ao polo.

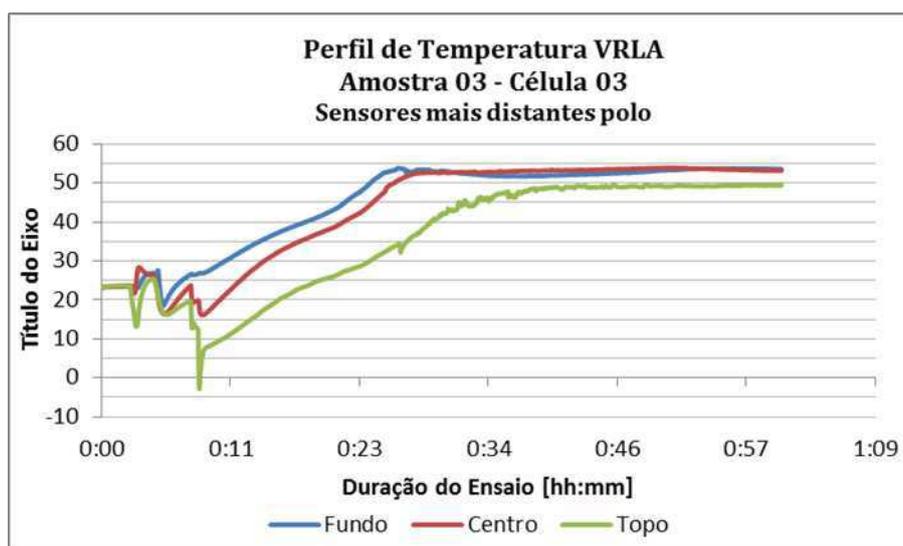


Figura 39. Perfil de temperatura Am.03 - extremidade oposta ao polo.

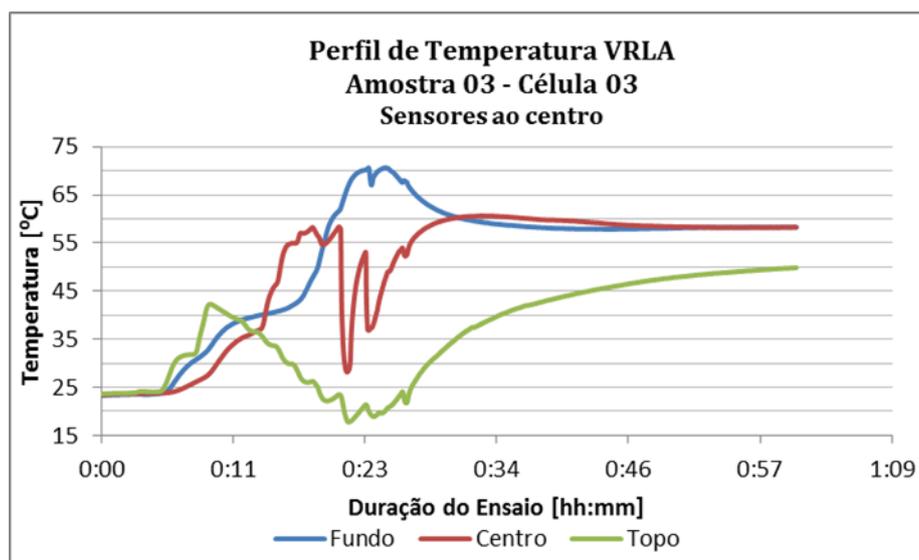


Figura 40. Perfil de temperatura Am.03 - centro.

Após observar as curvas de temperatura para a amostra Am. 03 conclui-se que esta apresenta desempenho muito superior ao de suas predecessoras. Embora a porção central tenha alcançado máxima de 70,69°C. O intervalo com temperatura superior a 70°C foi de 63 segundos (valor mensurado no gráfico), enquanto as extremidades da célula se mantiveram abaixo de 55°C.

## 2.2.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise do perfil de temperatura para amostras VRLA garantiu subsídios para o desenvolvimento dos protótipos. O processo adotado não representa condições ideais para produção a nível industrial, contudo viabiliza o estudo dessa classe de baterias e corrobora para ampliar o *know-how* da equipe de pesquisadores.

## 2.3 SISTEMA INDIVIDUAL DE GERAÇÃO DE ENERGIA

### ELÉTRICA COM FONTE INTERMITENTE COELCE

#### 2.3.1 INTRODUÇÃO

Os programas de universalização de energia elétrica adicionaram às concessionárias o desafio de atender às unidades consumidoras isoladas. Na área de concessão da Companhia Energética do Ceará (COELCE), existem mil unidades isoladas da rede cujo processo de integração envolve alto custo com instalações de infraestrutura e manutenção.

Uma opção viável e que atende aos requisitos de sustentabilidade é a microgeração isolada por sistemas fotovoltaicos, eólicos e de biomassa. O setor elétrico já utiliza estas soluções, contudo as mesmas distanciam-se do ideal: geram altos custos de manutenção e faturamento. Tal situação se agrava para regiões com condições climáticas adversas: elevadas temperaturas (Nordeste) ou com altos índices de umidade (Norte), pois o sistema de baterias tem seu desempenho comprometido.

Portanto, partindo da análise do estado-da-arte, este projeto consiste no desenvolvimento de solução de fornecimento de energia de alta confiabilidade e desempenho elétrico adequado, isolado da rede de energia de distribuição, contando com faturamento pré-pago (contemplando eventual dificuldade de comunicação para aquisição de créditos) dotado de sistema anti-furto de energia, com armazenamento de energia de baixa manutenção e elevado nível de segurança, se possível com monitoramento remoto.

Neste projeto o ITEM trabalha em conjunto com o CPqD para fornecer a solução almejada pela Coelce, desempenhando a função de especialista em baterias.

### 2.3.2 SISTEMAS INDIVIDUAIS DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA COM FONTE INTERMITENTE - SIGFIS

A Resolução Normativa nº 493/2011 regulamenta o uso dos Sistemas Individuais de Geração de Energia Elétrica com Fontes Intermitentes (SIGFI's) tornando-os uma opção para a universalização dos serviços de eletricidade (classificação conforme a Tabela 7). Deste modo, uma unidade consumidora apenas é considerada plenamente atendida quando são obedecidos os procedimentos e condições descritos nesta RN.

*Tabela 7. Classificação de atendimento SIGFI.*

<b>Classes SIGFI</b>				
<b>Classes de Atendimento</b>	<b>Consumo Diário de Referência (Wh/dia)</b>	<b>Autonomia Mínima (horas)</b>	<b>Potência Mínima Disponibilizada (W)</b>	<b>Disponibilidade Mensal Garantida (kWh)</b>
SIGFI13	435	48	250	12
SIGFI20	670	48	250	20
SIGFI30	1000	48	500	30
SIGFI45	1500	48	700	45
SIGFI60	2000	48	1000	60
SIGFI80	2650	48	1250	80

O projeto da COELCE define como escopo a solução SIGFI80. Valores inferiores a 80kWh mensais restringem a utilização de equipamentos elétricos e levam a descontentamento dos consumidores (conforme exposto em JANUZZI, 2009).

Para iniciar o estudo realizou-se pesquisa por soluções SIGFI completas (pacote que englobe painéis fotovoltaicos, controlador de carga e conjunto de baterias). Foram obtidos dados

de sistemas da CEMIG, entretanto sem maiores detalhamentos (conforme Figura 41). A opção seguinte consistiu em analisar soluções comerciais com característica semelhantes ao perfil desejado. Os resultados atestam para a variedade dos sistemas, não havendo padrão definido para o nível de tensão dos acumuladores utilizados (na Figura 41 estão dispostos estes resultados, foram encontradas poucas soluções e sem representatividade percentual).

SISTEMAS FOTOVOLTAICOS RESIDENCIAIS PARA O PODER PÚBLICO (CEMIG)											
Fonte	Potência Mensal (kWh)	Potência Diária (Wh)	Potência Horária (W)	Tensão (V)	Bateria			Inversor (W)	Painéis Solares		
					Quantidade	Ah	Ah total		Quantidade	Watt pico	Watt pico total
CEMIG *	36	1200	50	24	-	420	-	600	-	-	300
	48	1600	67	24	-	420	-	800	-	-	400
	67	2234	94	24	-	630	-	1000	-	-	560
	86	2867	120	24	-	1030	-	1800	-	-	720
	100	3334	139	48	-	1260	-	1800	-	-	900
	192	6400	267	48	-	1600	-	2500	-	-	1600

SOLUÇÕES DISPONÍVEIS NO MERCADO											
Fonte	Potência Mensal (kWh)	Potência Diária (Wh)	Potência Horária (W)	Tensão (V)	Bateria			Inversor (W)	Painéis Solares		
					Quantidade	Ah	Ah total		Quantidade	Watt pico	Watt pico total
Sinus4Sun	60	2000	84	12	6	75	450	12 / 750	4	125	500
	120	4000	167	24	12	75	900	24 / 2000	5	200	1000
	240	8000	334	48	10	100	1000	48 / 3500	10	200	2000
MERKASOL	60	2000	84	24	2	250	500	24 / 2000	3	195	585
	75	2500	105	24	2	250	500	24 / 2500	4	250	1000
OLX (amincio)	30	1000	42	12	2	428	856	12 / 300	2	100	200
Wholesale Solar *	75	2500	105	12	2	428	856	12 / 1200	4	140	560
	136	4534	189	24	4	428	1712	24 / 4000	4	250	1000
Rolar Mais	17	575	24	12	2	155	310	12 / 700	4	135	540
	57	1900	79	24	4	260	1040	24 / 1800	4	245	980
	30	1000	42	24	-	100	-	24 / 500	4	245	980
Renewable Energy Solutions †	60	2000	83	24	-	135	-	24 / 1000	8	245	1960
	90	3000	125	24	-	225	-	24 / 2000	16	245	3920
	90	3000	125	48	-	110	-	48 / 1600	12	250	3000
	150	5000	208	48	-	160	-	48 / 3500	20	250	5000
Blue Pacific Solar *	122	4060	169	12	2	200	400	12 / 2500	6	135	810
	74	2450	102	24	-	200	-	24 / 1500	4	125	500
	147	4900	204	24	-	200	-	25 / 1500	4	245	980
Neosolar Energia	72	2395	100	12	5	240	1200	12 / 1500	6	140	840
	84	2795	116	12	5	240	1200	12 / 1500	7	140	980

Soluções	Total	%	Soluções entre 75 e 90 kWh mensal	Total	%
12 / 24 / 48 V	19	100	12 / 24 / 48 V	6	100
12 V	7	36.85	12 V	2	33.34
24 V	10	52.64	24 V	3	50
48 V	3	15.79			

OBS:  
 \* Existem outras configurações disponíveis para banco de baterias.  
 † Fonte: CEMIG, ND 2.11 (2010).  
 ‡ Quantidade de baterias não especificada.

Figura 41. Análise de soluções SIGFI 80.

### 2.3.3 DIMENSIONAMENTO DO ACUMULADOR

As baterias foram dimensionadas para suprir aos requisitos de um sistema SIGFI 80:

$$80\text{kWh/mês} = 80.000\text{Wh}/30 \text{ dias} = 2.667\text{Wh/dia} \quad (6)$$

Considerando 90% de eficiência do retificador e um fator de envelhecimento de 15%:

$$2.667 \times \frac{115\%}{90\%} = 3.408\text{Wh/dia} \quad (7)$$

Supondo que a carga seja constante durante as 24h, calcula-se a corrente em função da potência e da tensão.

$$P = 3.480Wh/24h = 142W \quad (8)$$

$$\text{Sistema 12V: } I = 142W/12V = 11,83A \quad (9)$$

$$\text{Sistema 24V: } I = 142W/24V = 5,92A \quad (10)$$

$$\text{Sistema 48V: } I = 142W/48V = 2,96A \quad (11)$$

Considerando insolação diária de 6h, o painel fotovoltaico é responsável por alimentar a carga e carregar a bateria neste intervalo. Consequentemente, a bateria deverá garantir o suprimento de energia pelo restante do dia: autonomia de 18h. As baterias não deverão sofrer descargas diárias superiores a 30% DOD de modo a não comprometer sua durabilidade.

Calcula-se, por regra de três simples, que a profundidade da descarga nas 48h de autonomia exigidas corresponde a 80% DOD. A capacidade nominal da bateria requerida pelo sistema é obtida multiplicando o valor da corrente pelas 48h de autonomia total e dividindo este resultado pela profundidade de descarga:

$$\text{Sistema 12V: } C_{48} = 11,83A \times 48h/0,8 = 709,8Ah \approx 710Ah \quad (12)$$

$$\text{Sistema 24V: } C_{48} = 5,92A \times 48h/0,8 = 355,2Ah \approx 355Ah \quad (13)$$

$$\text{Sistema 48V: } C_{48} = 2,96A \times 48h/0,8 = 177,6Ah \approx 177Ah \quad (14)$$

Na Tabela 8 estão resumidos os valores obtidos nesta secção, consta também a avaliação do custo realizada com base no preço de baterias fotovoltaicas produzidas pela empresa Acumuladores Moura S/A.

Tabela 8. Especificação da Bateria para SIGFI 80.

<b>Especificação da Bateria para SIGFI 80</b>			
Carga do sistema (kWh/mês)	80	80	80
Energia por hora (Wh)	111	111	111
Eficiência do inversor	90%	90%	90%
Fator de envelhecimento	15%	15%	15%
Potência por hora (W/h)	142	142	142
Tensão (V)	<b>12</b>	<b>24</b>	<b>48</b>
Corrente (A)	11,83	5,92	2,96
Período de insolação (h)	6	6	6
Autonomia diária (h)	18	18	18
Capacidade diária (Ah)	213	106	53
DOD máximo diário	30%	30%	30%
Capacidade nominal (C18, Ah)	710	355	177
Custo do Ah (R\$/Ah)	R\$ 1,91	R\$ 2,73	R\$ 4,59
Preço da bateria (R\$)	<b>R\$ 8.135,19</b>	<b>R\$ 11.627,78</b>	<b>R\$ 19.550,00</b>

### 2.3.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este projeto se encontra na fase inicial, correspondendo ao estudo do estado da arte e elaboração dos requisitos técnicos. Nas etapas seguintes estão previstas visitas técnicas de *benchmarking*, além de ensaios isolados nas baterias e testes de integração da solução completa (em laboratório e em campo).

## 2.4 MAPEAMENTO DE SOH E SOC EM BATERIAS SLI

### 2.4.1 INTRODUÇÃO

As baterias SLI (*Start Light Ignition*) para aplicações automotivas (acumuladores de chumbo-ácido) encontradas no mercado não possuem dispositivo capaz de informar o seu real estado, tornando o momento da falha uma incógnita. Por conseguinte, o cliente não conhece as causas desta falha e não possui condições de estimar quando substituir o componente

A possível solução para este problema reside em desenvolver um controle inteligente para baterias automotivas. Tal sistema não deve requerer sensores adicionais e possibilitar o

diagnóstico de funções primordiais ao veículo a partir da tensão de circuito aberto (OCV) e temperatura, mensuradas no instante da partida do automóvel.

Os indicadores utilizados para a análise do estado de baterias são:

1. Estado de Carga (SOC): percentual da capacidade disponível em relação à capacidade nominal;
2. Estado de Saúde (SOH): número de ciclos que a bateria ainda pode fornecer em relação à sua vida útil.

A viabilização deste projeto requer caracterizar as baterias chumbo-ácidas utilizadas nos veículos que receberão o sistema. Esta fase constitui o escopo do trabalho desenvolvido pelo ITEM; elaborar e executar os procedimentos e ensaios necessários à construção da base de dados. Neste sentido, o instituto irá realizar ensaios de partida em baterias e gerar curvas de performance para diferentes condições de temperatura, SOH e SOC.

#### 2.4.2 CONDICIONAMENTO DO ESTADO DE CARGA

O estado de carga representa o percentual da capacidade disponível em relação à capacidade nominal. Este indicador apresenta um equacionamento matemático definido; portanto, com base na capacidade nominal (resultado obtido após ensaio de C20), calcula-se a corrente de descarga e o tempo necessário para deslocar o SOC.

$$SOC_{\%} = SOC_{real} / SOC_{nominal} \quad (15)$$

#### 2.4.3 CONDICIONAMENTO DO ESTADO DE SAÚDE

O estado de saúde representa o número de ciclos que a bateria ainda pode fornecer em relação ao máximo de ciclos que ela é capaz de realizar, ou seja, da sua vida útil. Não existe um equacionamento matemático que permita determinar o estado de saúde de uma bateria, uma vez que o número de ciclos executáveis não é uma variável conhecida (a menos que a bateria seja completamente degradada).

Levar uma bateria a determinado SOH não é uma tarefa simples como atingir um percentual de SOC. Para uma mesma sequência de ensaios a premissa que determinadas amostras se encontram em X% de SOH não é válida; como resultado, procedimentos de teste que garantam um determinado SOH% não são padronizáveis.

Uma opção aplicável é envelhecer as amostras com um ensaio de ciclagem. Baterias automotivas de qualidade suportam cinco unidades do ensaio de ciclagem 17,5% DOD a 27°C

falhando no sexto ciclo. Desta forma, o procedimento a se adotar é realizar cinco ciclos 17,5% DOD, cada um deles correspondendo a uma unidade de vida.

A adoção das unidades de vida não elimina a necessidade de estimar o real SOH ao qual a amostra foi condicionada. A definição do estado de saúde de uma bateria não é uma questão simples, existem, contudo, diferentes abordagens para estimar o SOH com base na variação de características da bateria.

#### 4.4.3.1 ESTIMATIVA BASEADA NA CAPACIDADE

Define o estado de saúde como a diminuição percentual da capacidade a respeito do valor nominal. Esta abordagem, contudo, desconsidera a função mais importante da bateria: a capacidade de arranque.

$$SOH_{\% C20} = \left(1 - \frac{C_{real}}{C_{nominal}}\right) 100\% \quad (16)$$

#### 4.4.3.2 ESTIMATIVA BASEADA NA POTÊNCIA DE ARRANQUE

Considera o estado de saúde como a diminuição percentual da potência de arranque em relação ao valor nominal. Esta definição alternativa avalia a função primordial da bateria (o arranque) e pode ser mensurada a partir da resistência interna da bateria (característica diretamente relacionada à potência de arranque) ou realizando descargas a de curta duração com corrente elevada.

$$SOH_{\% Pot} = \left(1 - \frac{P_{real}}{P_{nominal}}\right) 100\% \quad (17)$$

Ressalvas quanto a este enfoque estão no comportamento da resistência interna: mantêm-se praticamente constante durante maior parte da vida da bateria e cresce expressivamente quando o término se aproxima. Portanto, embora aplicável, a resistência interna não é o parâmetro mais indicado.

#### 4.4.3.3 ESTIMATIVA COMBINADA

Abordagem que considera a potência de arranque e a capacidade da bateria. As equações são combinadas e um peso percentual é definido. A estimativa inicial é utilizar  $a = 0,2$  e  $b = 0,8$ .

$$SOH_{\%} = \left(a * SOH_{\% C20} + b * SOH_{\% Pot}\right) 100\% \quad (18)$$

#### 2.4.4 ESTRUTURA DOS ENSAIOS

O cliente deste projeto realizou uma especificação inicial para ensaios com dois fornecedores de baterias (duas marcas) a oito temperatura, oito estados de carga e oito estados de saúde, totalizando 1024 baterias. Este número é impraticável, prolonga o tempo de execução e extrapola a capacidade do laboratório. A solução encontrada foi sugerir um perfil de reaproveitamento das amostras (tensor de ensaios).

Conforme o perfil definido cada amostra irá realizar todas as situações de SOH (cinco ciclos 17,5% DOD) para uma condição de SOC e uma temperatura. Após cada ciclagem é realizada uma partida no veículo (na Figura 43 está disposto parte do cronograma de testes realizado no MS Project, com enfoque nos ciclos). Como resultado serão obtidos dados completos a respeito do desenvolvimento do SOH no decorrer dos cinco ciclos.

As dimensões do projeto estão representadas pelo tensor de ensaios (Figura 42), no qual cada coluna corresponde às condições de teste sofridas por uma amostra e suas cópias. A amostragem é definida em três baterias por sequência de ensaios, de modo que o total de amostras ensaiadas corresponde a três vezes o número de quadrados na face em vermelho do tensor.

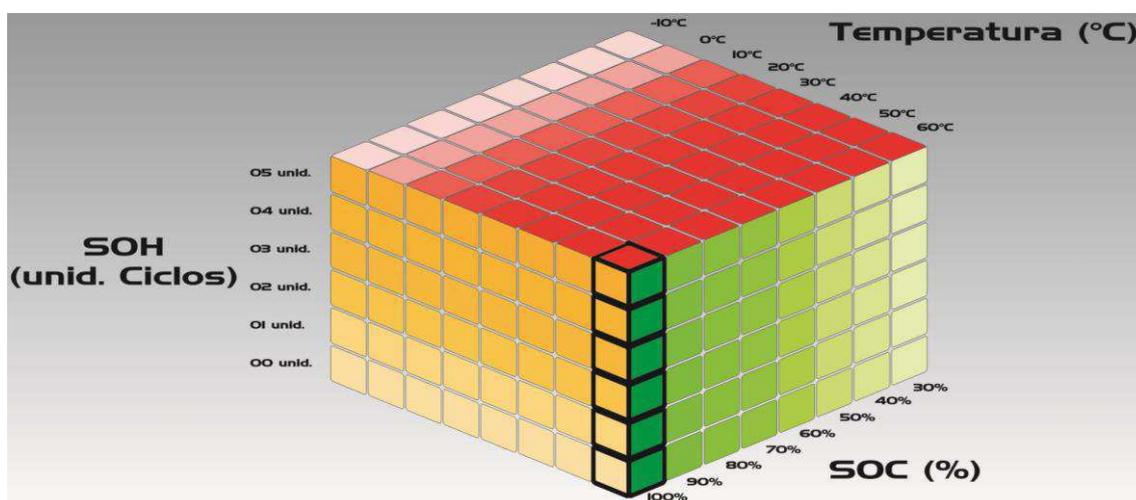


Figura 42. Tensor de ensaios.

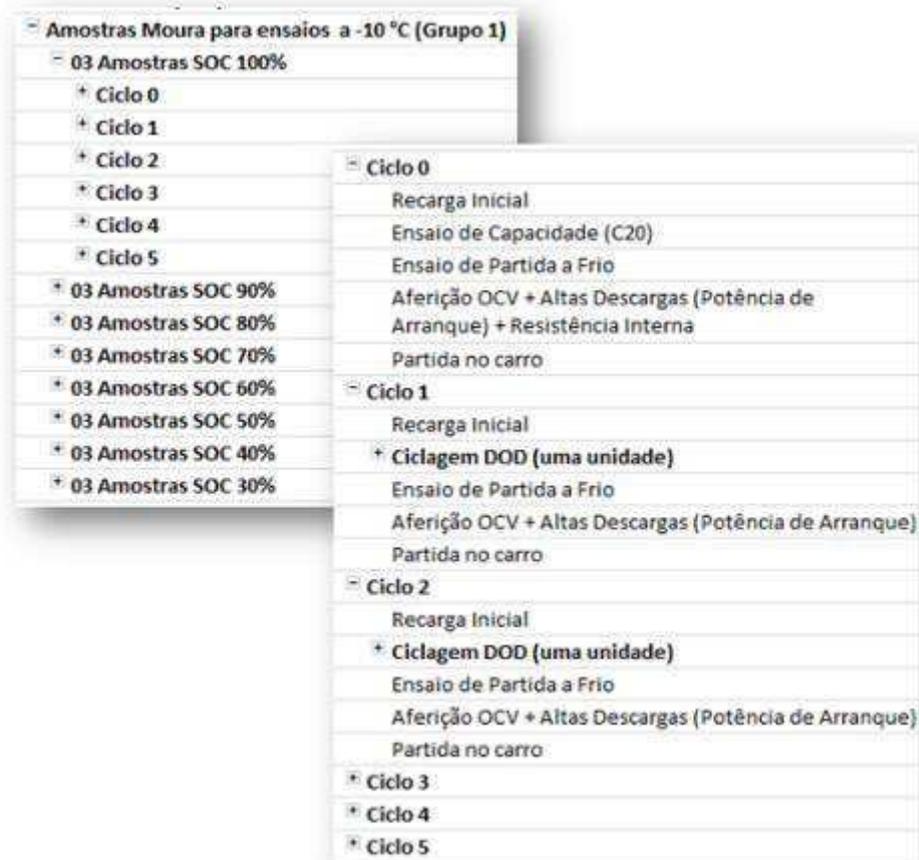


Figura 43. Detalhe da sequência de ensaios em planilha MS Project.

#### 2.4.5 PROPOSTAS DE EXECUÇÃO

Definiu-se quatro propostas para análise do cliente (nas figuras 44 a 47 constam as tarefas raiz do cronograma MS Project para as respectivas propostas). Considerou-se a capacidade do laboratório, a quantidade de situações para ensaio e a duração total do projeto. Todas as variáveis descritas têm implicação direta no custo, cabendo ao solicitante definir os limites de operação; a Tabela 9 sintetiza tais propostas.

Tabela 9. Propostas de execução.

Propostas de Execução						
Proposta	Eixos do Tensor de Ensaios			Requisitos		
	Temperatura	SOH	SOC	Total de Baterias	Duração dos Ensaios	Circuitos de Potência
C1	8	6	8	384	394 dias	96
C2	6	6	8	288	274 dias	96
C3	5	6	8	240	456 dias	48
C4	5	6	8	240	1076 dias	21

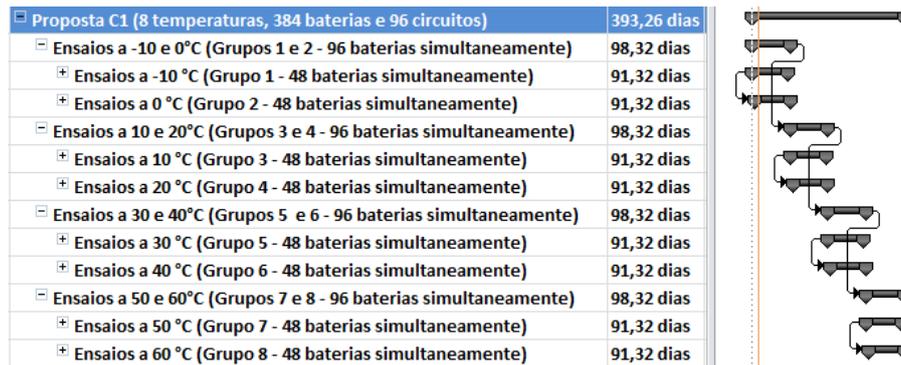


Figura 44. Proposta C1.

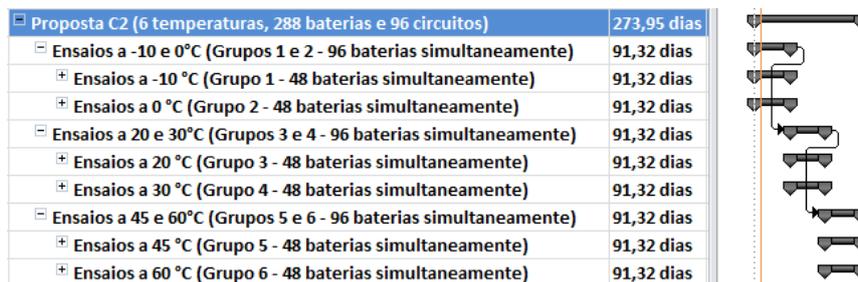


Figura 45. Proposta C2.



Figura 46. Proposta C3.



Figura 47. Proposta C3.

#### 4.4.5.1 REQUISITOS TÉCNICOS

As condições do contrato delegam ao cliente custear a aquisição dos equipamentos necessários. A montadora também será responsável pelo fornecimento do veículo empregado nos testes.

A relação de equipamentos é disposta na Tabela 10. O *data logger*, módulo de potência e câmara climática especificados correspondem às Figuras 48, 49 e 50, respectivamente.

Tabela 10. Relação de equipamentos.

Relação de Equipamentos	
Condição das Amostras	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Módulos Digatron Cicladores               <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Utilizados para ensaios de ciclagem, capacidade nominal, recarga e descarga.</li> <li>▪ 0/30A - 5/18V – 0,05% F.E.</li> </ul> </li> <li>• Módulos Digatron Alta Descarga               <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Utilizados para ensaios de partida a frio.</li> <li>▪ 0/1500A - 0/18V – 0,1% F.E.</li> </ul> </li> <li>• Freezers para viabilizar os ensaios de partida a frio.</li> </ul>	
Medições em Bancada	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Multímetro digital de elevada precisão (CAT III 1000V)</li> <li>• Ponte AC - Medidor RLC.</li> </ul>	
Teste de Partida no Veículo	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Câmara climática.</li> <li>• Automóvel com tanque de combustível vazio.</li> <li>• Unidade de aquisição, comutação e registro de dados (<i>data logger</i>).</li> </ul>	



Figura 48. Unidade de aquisição, comutação e registro de dados Agilent.

Fonte: <http://www.home.agilent.com/en/pd-1000001313%3Aeapsg%3Apro-pn-34970A/data-acquisition-data-logger-switch-unit>

Figura 49. Módulo Digatron UBT (*Universal Battery Tester*).

Fonte: <http://www.digatron.com/en/automotive-battery/universal-battery-tester/>



Figura 50. Câmara climática Mecalor.

Fonte: <http://www.mecalor.com.br/>

#### 2.4.6 REVISÕES E ALTERAÇÕES

Após apresentação dos projetos descritos na secção 2.4.5 ao cliente, foi sugerido a mudança do perfil de ciclagem para a SBA-S-0101 tropicalizada (perfil de corrente em cada unidade segundo Figura 50). Conforme trabalho apresentado na *SAE International (Society of Automotive Engineers)*, a versão modificada desta ciclagem resulta em curvas de capacidade com perfil semelhante a uma reta decrescente (Figura 52). Esta inclinação permite um melhor acompanhamento do estado real da bateria ao longo das unidades.

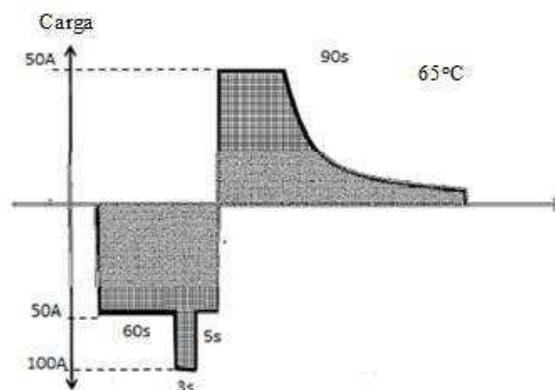


Figura 51. Perfil de corrente para ciclagem SBA-S-0101 tropicalizada.

Adaptado de: SOEIRO, 2013.

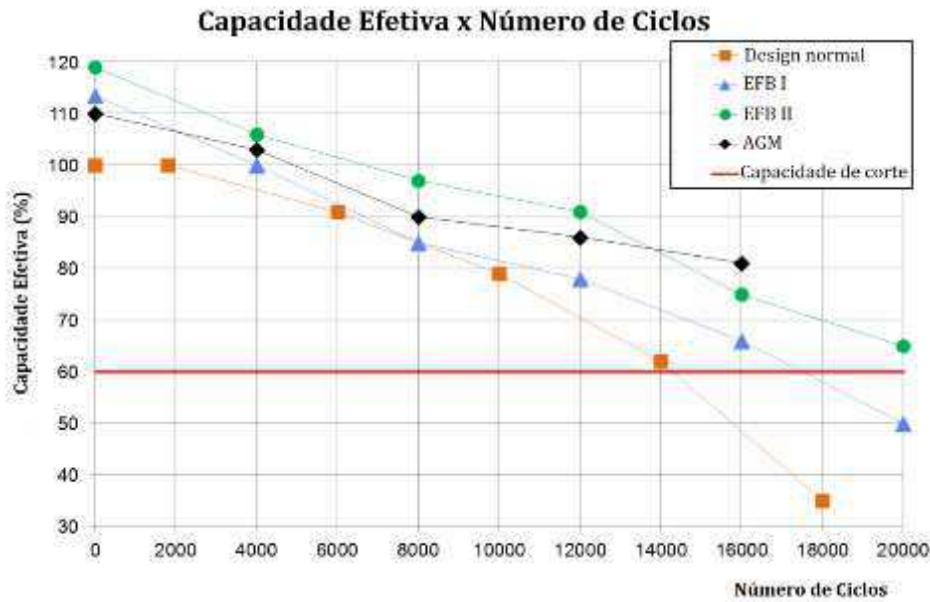


Figura 52. Resultados obtidos com ciclagem SBA-S-0101 tropicalizada.

Adaptado de: SOEIRO, 2013.

Conforme as modificações solicitadas pelo cliente, definiu-se um novo tensor de ensaios (Figura 53). A ciclagem passou a ser considerada em oito etapas; passos de 2.000 ciclos que totalizam os 14.000 necessários para atingir a capacidade de corte (60% de SOC, vide Figura 50). Os estados de carga foram reduzidos para cinco e as seis temperaturas ficam à disposição do cliente (ainda não definidas). Na Tabela 11 apresentam-se as especificações da proposta modificada e na Figura 54 a visão geral da mesma segundo cronograma no MS Project.

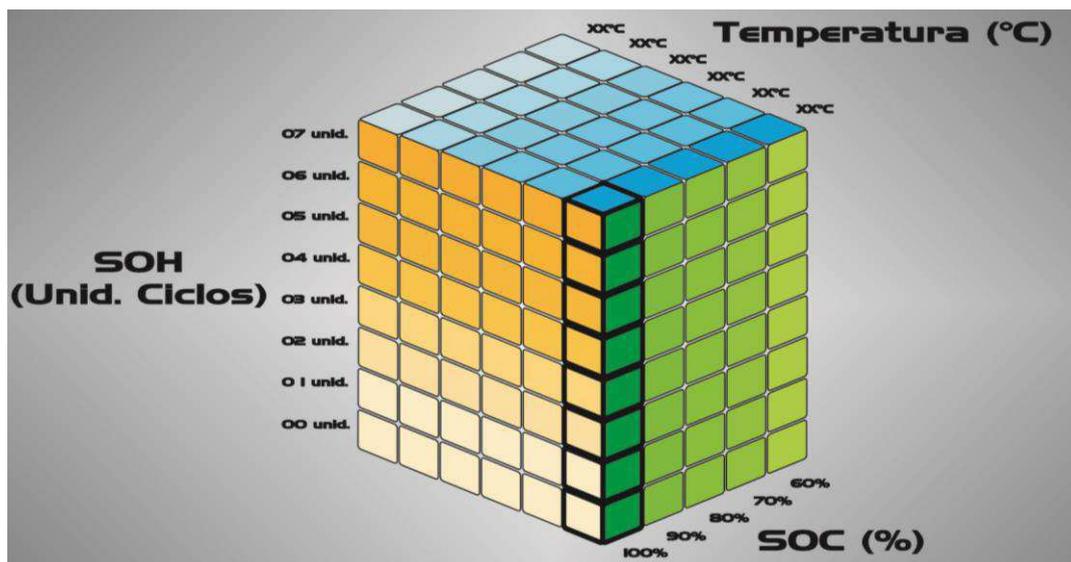


Figura 53. Tensor de ensaios modificado.

Tabela 11. Propostas de execução modificada.

Propostas de Execução Modificada						
Proposta	Eixos do Tensor de Ensaios			Requisitos		
	Temperatura	SOH	SOC	Total de Baterias	Duração dos Ensaios	Circuitos de Potência
C5	6	8	5	180	223 dias	90



Figura 54. Proposta C5.

#### 4.4.6.1 REQUISITOS TÉCNICOS

A modificação no ensaio de ciclagem requer diferentes equipamentos para condicionamento das amostras (Tabela 12). Os níveis de corrente solicitados pela SBA-S-0101 tropicalizada não são compatíveis com os Cicladores Digatron, estes devem ser substituídos por Módulos *Start/Stop*. Também é necessário realizar o controle da temperatura (65°C), por este motivo adicionou-se banhos térmicos ao escopo dos equipamentos (Figura 55).

As medições de bancada e os testes de partida não sofreram alterações. O único ensaio removido foi o de partida a frio e, por conseguinte, não há necessidade de adquirir os frízeres.

Tabela 12. Relação de equipamentos modificada.

Relação de Equipamentos Modificada	
Condicionamento das Amostras	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Módulos Digatron Start/Stop <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 0/300A a cada 10s com 90s de intervalo – 0/150A – 0/18V – 0,05% F.E</li> </ul> </li> <li>• Banhos Térmicos <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Capacidade: 522 litros e 12 baterias do tipo CC2</li> <li>▪ Dimensões: 0,5m x 0,7m x 1,5m</li> </ul> </li> </ul>	
Medições em Bancada	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Multímetro digital de elevada precisão (CAT III 1000V)</li> <li>• Ponte AC - Medidor RLC.</li> </ul>	
Teste de Partida no Veículo	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Câmara climática.</li> <li>• Automóvel com tanque de combustível vazio.</li> <li>• Unidade de aquisição, comutação e registro de dados (<i>data logger</i>).</li> </ul>	



Figura 55. Banho Térmico Digatron.

Fonte: <http://www.digatron.com/nc/en/home/>

#### 2.4.7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este projeto está em fase de aprovação, portanto as ações previstas poderão ser editadas. Uma vez definido o escopo junto ao patrocinador, segue concepção do plano de trabalho e cronograma de execução.

### 3 CONCLUSÃO

As atividades desenvolvidas durante o período de estágio foram realizadas com êxito, resultando em boa carga de conhecimentos e experiência profissional. Os oito meses de trabalho desenvolvidos junto ao Instituto de Tecnologia Edson Mororó Moura permitiram consolidar conhecimentos abordados durante o curso de Engenharia Elétrica; sendo as disciplinas mais presentes Técnicas de Programação, Sistemas Elétricos, Eletrônica de Potência, Informática Industrial e Eletrônica.

Desenvolver atividades de estágio integrado em um instituto de tecnologia foi relevante dos pontos de vista técnico e profissional. O acompanhamento de engenheiros experientes e treinamentos expandiu o conhecimento sobre a atuação profissional. Além de permitir uma abordagem multidisciplinar da engenharia, trabalhando com projetos e diretamente no laboratório de ensaios elétricos.

Em suma, um período gratificante e proveitoso que registra o intercâmbio contínuo entre pesquisa, desenvolvimento e prática. Com base nesta experiência sugere-se mais atividades práticas e extensão dos créditos voltados às disciplinas de laboratório. O embasamento teórico é extremamente importante, contudo apenas quando aplicado leva à verdadeira interiorização dos conhecimentos.

## BIBLIOGRAFIA

ABNT. **RN 493 - Procedimentos e Condições de Fornecimento por Sistemas Individuais de Geração de Energia Elétrica Através de Fontes Intermitentes (SIGFI's)**. Associação Brasileira de Normas Técnicas. ABNT. 05 jun. 2012.

AGILENT. **Unidade de Aquisição, Comutação e Registro de Dados**. Disponível em: <<http://www.home.agilent.com/en/pd-1000001313%3Aeapsg%3Apro-pn-34970A/data-acquisition-data-logger-switch-unit>>. Acesso em: 16 jun. 2014

DIGATRON. **Battery Manager 4 Manual. ed 4.5.8.3**. Digatron Industrie-Elektronik GmbH.

DIGATRON. **Digatron Power Electronics**. Disponível em: <<http://www.digatron.com/nc/en/home/>>. Acesso em: 16 jun. 2014.

DIGATRON. **Universal Battery Tester**. Disponível em: <<http://www.digatron.com/en/automotive-battery/universal-battery-tester/>>. Acesso em: 16 jun. 2014.

INMETRO. **Portaria nº 434 - Regulamento Técnico da Qualidade para Baterias Chumbo-Ácido para Veículos Automotivos**. Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia. 2011.

JANUZZI, Gilberto. **Avaliação dos Sistemas Individuais de Geração de Energia Elétrica com Fontes Intermitentes - SIGFI's**. PROCOBRE Brasil. Campinas/SP. 2009.

MECALOR. **Líder Em Sistema de Água Gelada e Câmara Climática**. Disponível em: <<http://www.mecaalor.com.br>>. Acesso em: 16 jun. 2014

SOEIRO, Luiz; CYRNE, Luciano; FIGUEIREDO, Leandro; LAROCHELLE, Christopher; TSURUMAKI, Maumi. **Battery Development for Stop-Start Application in Brazilian Market**. SAE International: presentation 180413. 2013.

VOLKSWAGEN. **VW 75073 - SLI Batteries for 12 V Electric Systems**. Volkswagen. 2012.

# APÊNDICE A – GUIA INTRODUTÓRIO PARA UTILIZAÇÃO DO BATTERY MANAGER DIGATRON

## 1 INTRODUÇÃO

A Battery Manager (BM) é a solução de software desenvolvida pela Digatron para o teste e formação de baterias. Garante um processo eficiente por meio da integração de sistemas. Sendo constituído de quatro softwares: BM Workstation, BM Communication Server, BM Server Manager e BM Database. A arquitetura do sistema BM é apresentada na Figura 56.

### **BM Workstation**

Interface real do usuário para controle de circuitos e avaliação gráfica dos dados coletados. Permite a iniciar programas relacionados às baterias (ensaios e/ou formação) e funções (exportar dados e relatórios, por exemplo).

### **BM Communication Server**

Aplicação independente que funciona como interface de comunicação para os circuitos físicos. Interage com as demais interfaces proporcionando o transporte dos dados de e para os circuitos. Um sistema pode ter vários servidores de comunicação, informação específica para cada solução Digatron.

### **BM Server Manager**

Coordena e prepara os dados entre os servidores de comunicação e a base de dados.

### **BM Database**

Banco de dados do sistema, responsável pelo armazenamento de todas as informações. Pode ser desenvolvido na estrutura Microsoft Access ou Microsoft SQL Server, sendo a segunda a mais utilizada.

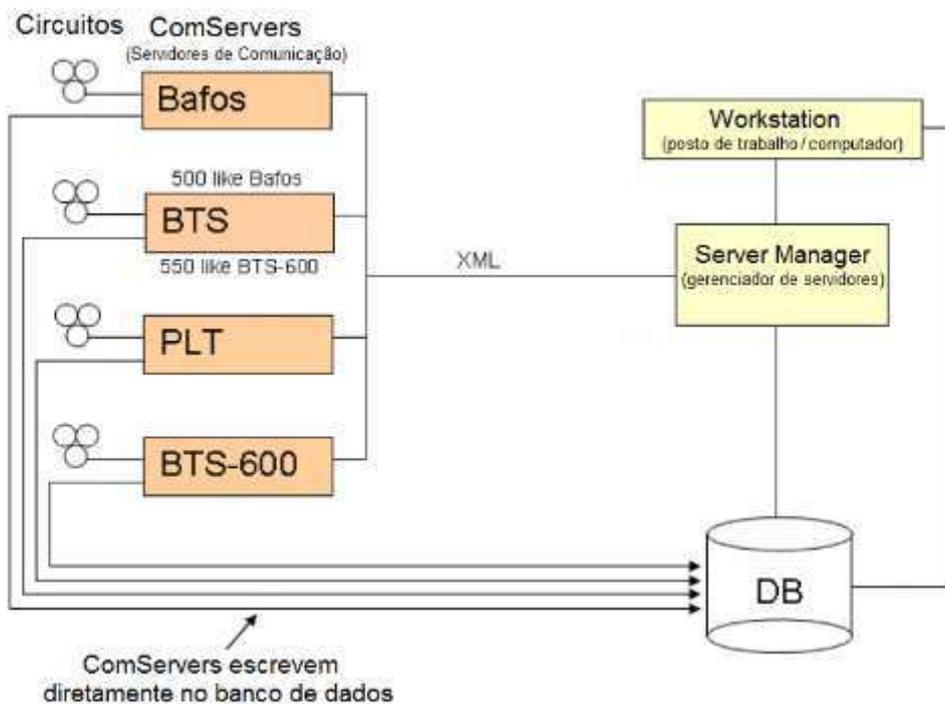


Figura 56. Configuração do sistema Digatron.

O software disponível no Laboratório do ITEM e no Laboratório Físico apresenta servidor BTS-600 e banco de dados SQL Server. Estas ferramentas são utilizadas para o controle dos módulos de potência UBT (*Universal Battery Tester*), estando disponíveis duas classes: Ciclador e Start/Stop (UBT 30-0/18-10 ME e UBT 300/150-0/18-4 ME).

## 2 INICIALIZANDO O BM

Para utilizar o Battery Manager é necessário iniciar quatro aplicações (Figura 57) nesta exata sequência: BTS-600, BTS-600 Generator, Server Manager e, por fim, a interface Battery Manager Workstation. Caso uma aplicação seja executada mais de uma vez, faz-se necessário finalizar todos os aplicativos e reiniciar o processo.



Figura 57. Aplicativos necessários à execução do BM.

Ao iniciar o primeiro aplicativo será observada uma tela com a listagem dos circuitos e mensagens de acessos (Figura 58). Pode-se confirmar a inicialização dos circuitos e seu estado.

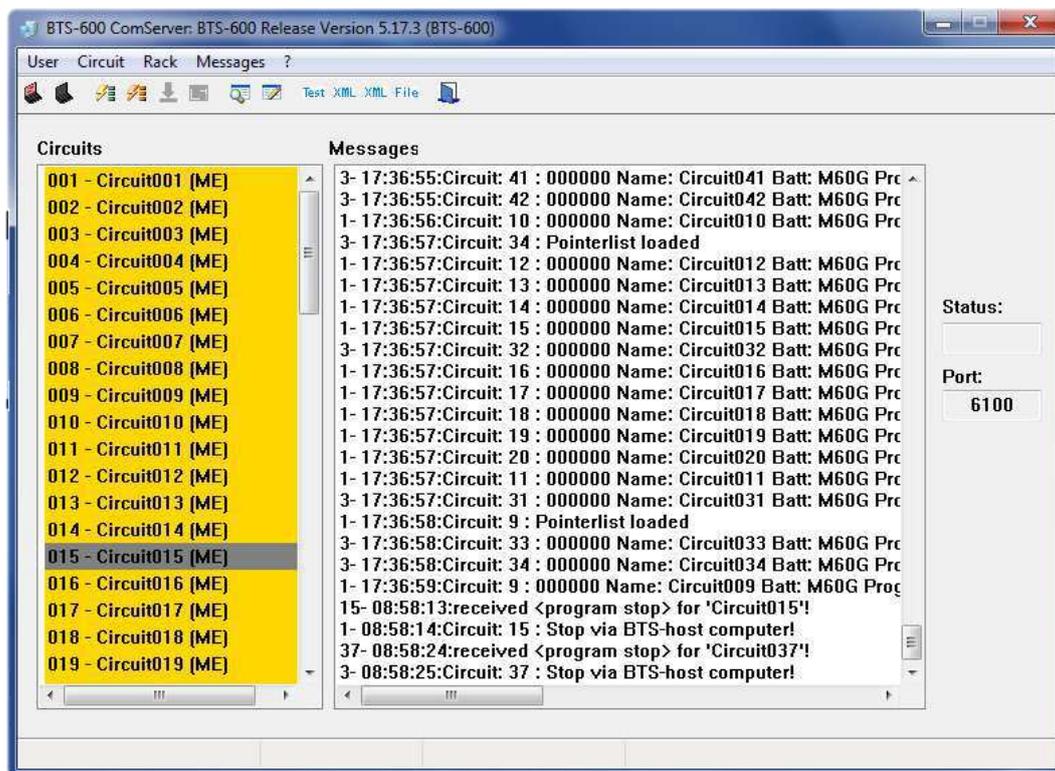


Figura 58. BTS-600 ComServer.

O segundo aplicativo gera as conexões do sistema necessárias para diferentes acessos. Imediatamente após abri-lo são visualizadas as conexões iniciais (ao banco de dados e ao servidor), além do IP e porta de acesso (Figura 59). Conforme o BM for utilizado e requisitar novos acessos as respectivas mensagens serão exibidas nesta tela.



Figura 59. BTS-600 Generator.

Na sequência inicia-se o Server Manager, completando as conexões e garantindo a correto fluxo de dados (Figura 60). Esta tela exibe mensagens de conexão e lista os servidores ativos no sistema.

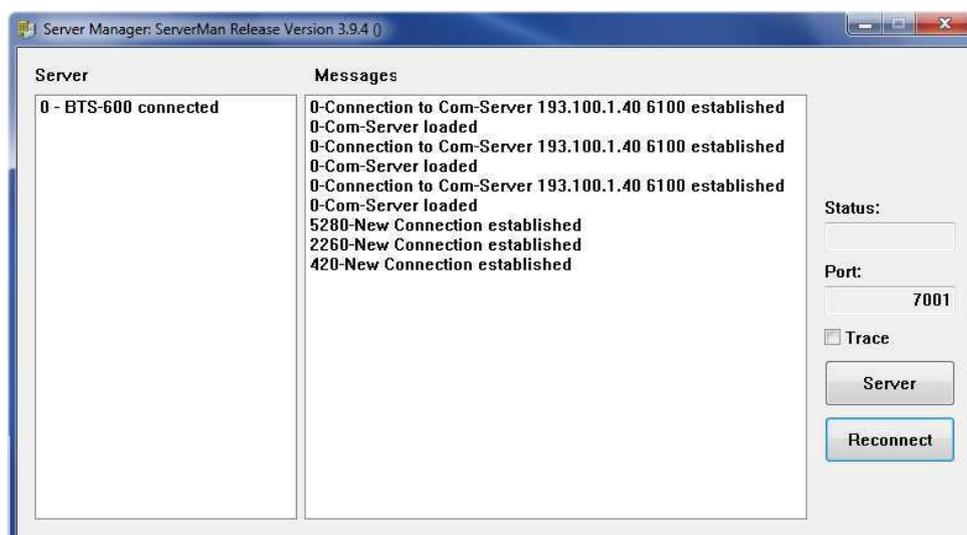


Figura 60. Server Manager.

Por último deve-se iniciar o BM Workstation, o aplicativo solicita senha (Figura 61) e carrega a interface para acesso do usuário. O BM é inicializado na tela “Floor” (Figura 62), a qual exibe os circuitos e permite representar sua disposição no laboratório (há recursos para desenhar a planta baixa).

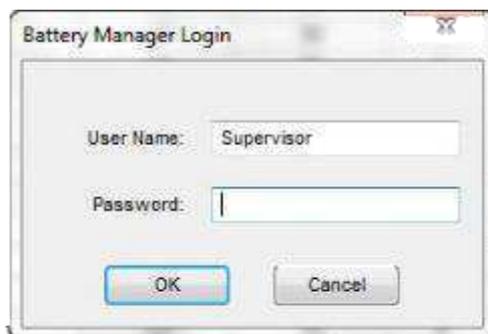


Figura 61. Tela de acesso

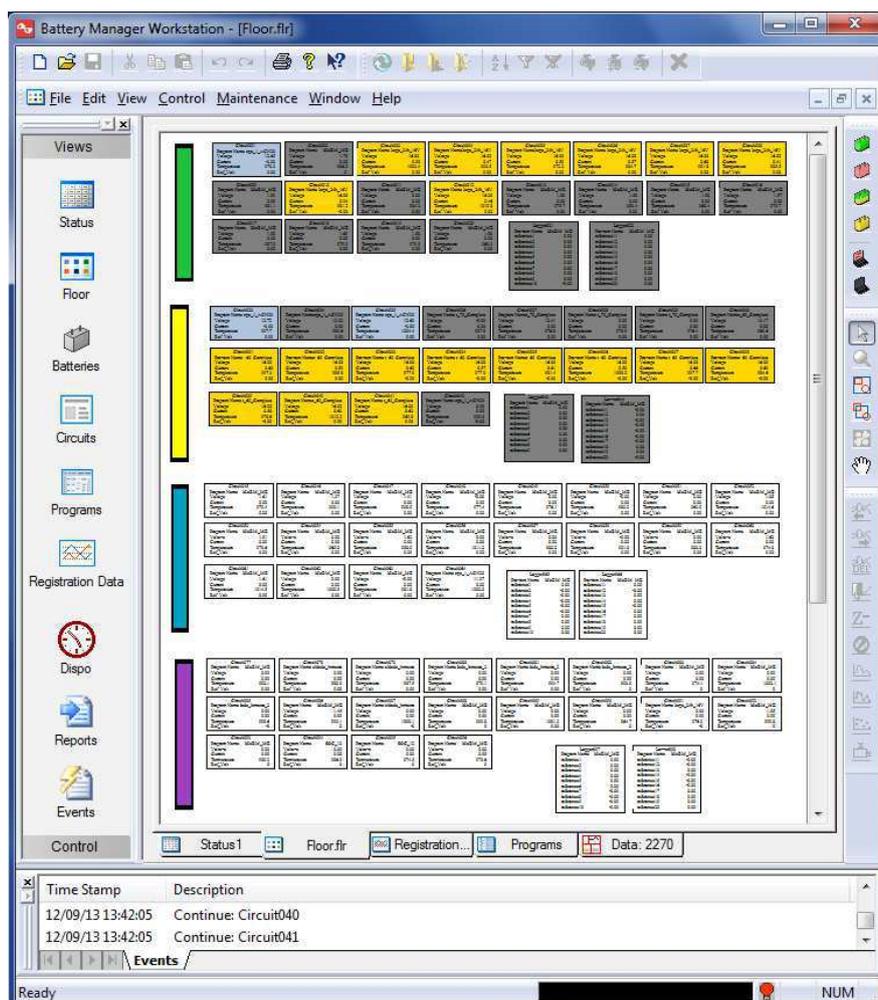


Figura 62. BM Workstation Floor.

### 3 RECURSOS DISPONÍVEIS

Estão disponíveis nove janelas (“Views”, cujos ícones estão representados na Figura 62), utilizadas para diferentes fins. A tela “Floor”, inicializada juntamente com o BM Workstation, exibe o “piso do laboratório”. Nela os circuitos são representados por retângulos, os valores e a cor se modificam conforme diferentes funções são executadas. Nela é possível utilizar recursos gráficos para, por exemplo, desenhar a planta baixa da sala e posicionar os circuitos de forma semelhante ao laboratório (Figura 64).



Figura 63. BM Workstation Views.

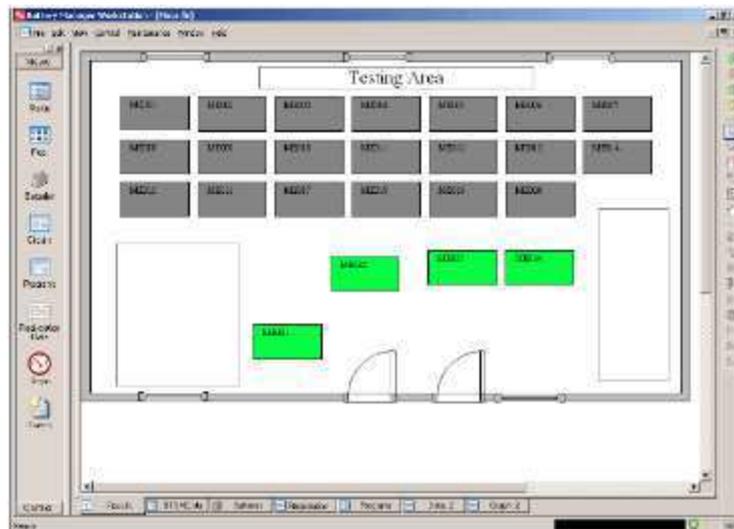


Figura 64. BM Workstation Floor: recursos gráficos.

O BM facilita o controle dos circuitos mediante código de cores (Figuras 65 e 66). Pode-se observar as mudanças no BM Workstation (janelas “Floor”, “Status” e “Dispo”) e no aplicativo BTS-600 ComServer.

<p style="text-align: center;"><b>Circuit001</b></p> <p>Program Name -</p> <p>Voltage 0.00</p> <p>Current 0.00</p> <p>Temperature 0.00</p> <p>Ref_Volt 0.00</p> <p style="text-align: center;"><b>MODULO SENDO INICIALIZADO</b></p>	
<p style="text-align: center;"><b>Circuit001</b></p> <p>Program Name -</p> <p>Voltage 0.00</p> <p>Current 0.00</p> <p>Temperature 0.00</p> <p>Ref_Volt 0.00</p> <p style="text-align: center;"><b>SEM COMUNICAÇÃO</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>Circuit013</b></p> <p>Program Name icidade_inmetro</p> <p>Voltage 13.21</p> <p>Current 0.00</p> <p>Temperature 975.7</p> <p>Ref_Volt 0.00</p> <p style="text-align: center;"><b>PAU = PAUSA</b></p>
<p style="text-align: center;"><b>Circuit029</b></p> <p>Program Name icidade_inmetro</p> <p>Voltage 16.00</p> <p>Current 3.52</p> <p>Temperature 976.4</p> <p>Ref_Volt 0.00</p> <p style="text-align: center;"><b>CHA = CARGA</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>Circuit072</b></p> <p>Program Name este_Start_Stop</p> <p>Voltage 12.53</p> <p>Current -44.99</p> <p>Temperature 1001.0</p> <p>Ref_Volt 0</p> <p style="text-align: center;"><b>DCH = DESCARGA</b></p>
<p style="text-align: center;"><b>Circuit027</b></p> <p>Program Name apocidade_C_30</p> <p>Voltage 13.38</p> <p>Current 0.00</p> <p>Temperature 976.5</p> <p>Ref_Volt 0.00</p> <p style="text-align: center;"><b>INT = INTERRUPTÃO</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>Circuit085</b></p> <p>Program Name IdleBM_ME</p> <p>Voltage 11.76</p> <p>Current 0.00</p> <p>Temperature 998.6</p> <p>Ref_Volt 0</p> <p style="text-align: center;"><b>STO = CIRCUITO PARADO (LIVRE)</b></p>
<p style="text-align: center;"><b>Circuit028</b></p> <p>Program Name arga_24h_16V</p> <p>Voltage 13.18</p> <p>Current 0.00</p> <p>Temperature 970.5</p> <p>Ref_Volt 0.00</p> <p style="text-align: center;"><b>ERR = ERRO</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>Circuit060</b></p> <p>Program Name:</p> <p>Voltage 12.72</p> <p>Current 0.00</p> <p>Temperature 974.0</p> <p>Ref_Volt 0.00</p> <p style="text-align: center;"><b>PARALLEL = CIRCUITO ESCRAVO</b></p>

Figura 65. Código de cores BM Workstation Floor.



encontram em erro. Para realizar esta operação é necessário utilizar usuário “Supervisor”, clicar com o segundo botão do mouse sobre o circuito e selecionar a opção “reset”.

Name	Circuit No.	Step No.	Cycle No.	Cycle Level	Program Time	Step Time	Deferred Time	Operator	Test Result	Remaining Time	Program	Program Name
Circ#070	65	0	0	1	07:10:00	00:00:00	25/05/2014 09	DCI		02:00:00		IRA_1000_0070
Circ#071	74	0000	0	0	20:00:07	00:00:00	18/08/2014 18	STO		02:00:00		Logan_Falcoziana
Circ#072	73	0000	0	0	20:00:00	00:00:00		STO		02:00:00		MURR_ME
Circ#073	72	0	0000	2	05:42:12	00:00:24		DCI		02:00:00		Start_Stop
Circ#074	70	0000	0	0	20:00:00	00:00:00		Offline		02:00:00		MURR_ME
Circ#063	69	0000	0	0	20:00:00	00:00:00		Offline		02:00:00		MURR_ME
Circ#064	67	0000	0	0	20:00:00	00:00:00		Offline		02:00:00		MURR_ME
Circ#067	67	0000	0	0	20:00:00	00:00:00		Offline		02:00:00		MURR_ME
Circ#064	61	13	1	1	02:10:53	16:55:28	25/05/2014 11	DCI		02:00:00		Cik# 17_5_00D_S70
Circ#063	63	0000	6	1	798:32:55	00:00:00	13/05/2014 15	STO		02:00:00		Cik# 17_5_00D_S81
Circ#062	62	14	0	1	432:47:09	19:18:02	27/05/2014 17	CHA		02:00:00		Cik# 17_6_00D_S80
Circ#061	61	0000	0	0	20:00:00	00:00:00		STO		02:00:00		Rec_14_M_2th
Circ#060	60	0000	0	0	20:00:00	00:00:00		STO		02:00:00		MURR_ME
Circ#059	59	0000	0	0	20:00:00	00:00:00		STO		02:00:00		MURR_ME
Circ#058	58	0000	0	0	20:00:00	00:00:00		STO		02:00:00		MURR_ME
Circ#057	57	0000	0	0	20:00:00	00:00:00	09/05/2014 11	STO		02:00:00		MURR_ME
Circ#055	55	0000	0	0	20:00:00	00:00:00	09/05/2014 11	STO		02:00:00		MURR_ME
Circ#056	56	0000	0	0	20:00:00	00:00:00		STO		02:00:00		MURR_ME
Circ#054	54	0000	0	0	20:00:00	00:00:00		STO		02:00:00		MURR_ME
Circ#053	53	0000	0	0	20:00:00	00:00:00		STO		02:00:00		MURR_ME
Circ#052	52	0000	0	0	20:00:00	00:00:00	09/05/2014 11	STO		02:00:00		MURR_ME
Circ#051	51	0000	0	0	20:00:00	00:00:00		STO		02:00:00		MURR_ME
Circ#050	50	0000	0	0	20:00:00	00:00:00	09/05/2014 11	STO		02:00:00		MURR_ME
Circ#049	49	0000	0	0	20:00:00	00:00:00	09/05/2014 11	STO		02:00:00		MURR_ME
Circ#048	48	0000	0	0	20:00:00	00:00:00		STO		02:00:00		MURR_ME
Circ#047	47	0000	0	0	20:00:00	00:00:00		STO		02:00:00		MURR_ME
Circ#046	46	0000	0	0	20:00:00	00:00:00		STO		02:00:00		MURR_ME
Circ#045	45	0000	0	0	20:00:00	00:00:00		STO		02:00:00		MURR_ME
Circ#042	42	26	0	0	70:57:17	22:50:30	13/05/2014 17	CHA		02:00:00		Cap_100_00_Complet
Circ#041	41	26	0	0	70:57:17	23:02:49	13/05/2014 17	CHA		02:00:00		Cap_100_00_Complet
Circ#040	40	13	0	0	70:57:18	00:16:34	13/05/2014 17	PAJ		02:00:00		Cap_100_60_Complet
Circ#039	39	13	0	0	70:57:17	02:30:52	13/05/2014 17	PAJ		02:00:00		Cap_100_60_Complet
Circ#038	38	26	0	0	70:57:18	22:38:10	13/05/2014 17	CHA		02:00:00		Cap_100_00_Complet
Circ#037	37	0000	0	0	63:17:23	00:00:00	13/05/2014 17	STO		02:00:00		Cap_100_00_Complet
Circ#036	36	13	0	0	70:57:18	0:47:57	13/05/2014 17	PAJ		02:00:00		Cap_100_60_Complet
Circ#035	35	13	0	0	70:57:17	02:47:24	13/05/2014 17	PAJ		02:00:00		Cap_100_00_Complet
Circ#034	34	13	0	0	70:57:18	02:51:25	13/05/2014 17	PAJ		02:00:00		Cap_100_00_Complet
Circ#033	33	13	0	0	70:57:18	02:44:51	13/05/2014 17	PAJ		02:00:00		Cap_100_60_Complet
Circ#032	32	13	0	0	70:57:17	02:14:14	13/05/2014 17	PAJ		02:00:00		Cap_100_60_Complet
Circ#031	31	26	0	0	70:57:17	22:42:24	13/05/2014 17	CHA		02:00:00		Cap_100_00_Complet
Circ#030	30	26	0	0	70:57:19	22:13:38	13/05/2014 17	CHA		02:00:00		Cap_100_00_Complet

Figura 68. BM Workstation Status.

Em “Dispo” (Figura 69) tem-se mais uma opção para visualizar a disponibilidade dos circuitos. Neste caso a janela trabalha com outro código de cores: vermelho representa os circuitos com programas em execução; verde os circuitos conectados e disponíveis; branco os circuitos desconectados; e amarelo os circuitos em erro. Nela também é possível reiniciar circuitos em falta, esta operação é acessível a todos os usuários e realizada de forma semelhante à da janela “Status”.



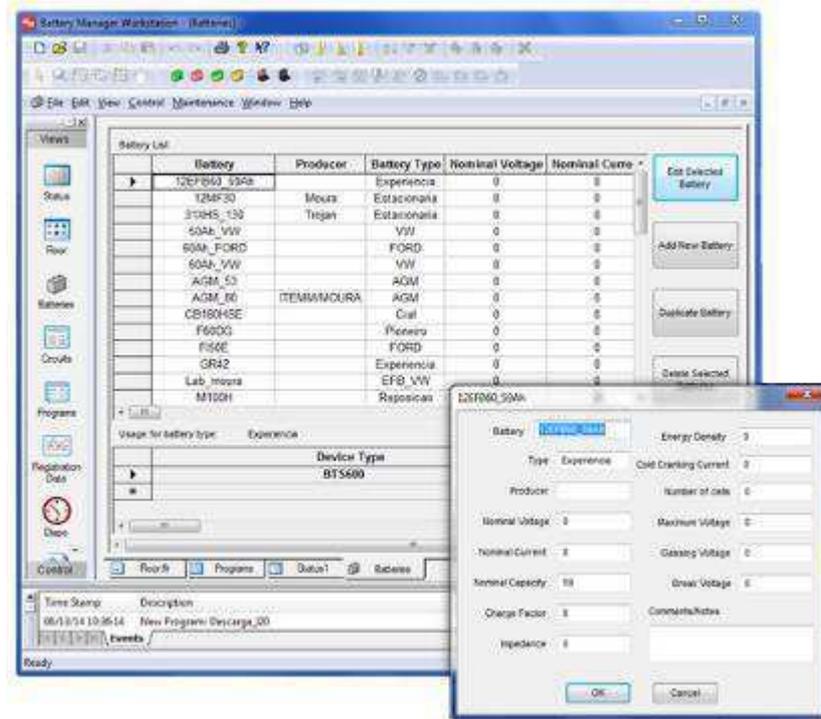


Figura 70. BM Workstation Batteries.

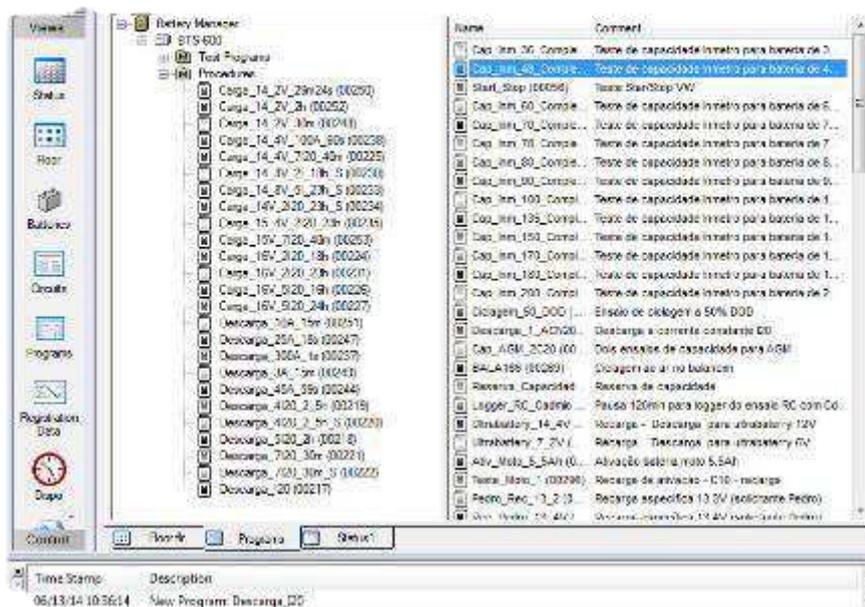


Figura 71. BM Workstation Programs.

Durante e após a realização dos testes é possível utilizar a tela “Registration Data” (Figura 72) e consultar as informações salvas no banco de dados.

Circuit	Order No.	Comment	Start Time	Stop Time	Program Name	Test Section	Battery
Circuit008	Am 267	Bruno - Hiago Rolina	03/06/2014 1		Cap_Imm_80_Completo	ITM_1406_E002	M30G
Circuit007	Am 266	Bruno - Hiago Rolina	03/06/2014 1		Cap_Imm_80_Completo	ITM_1406_E002	M50G
Circuit006	Am 265	Bruno - Hiago Rolina	03/06/2014 1		Cap_Imm_80_Completo	ITM_1406_E002	M50G
Circuit005	Am 264	Bruno - Hiago Rolina	03/06/2014 1		Cap_Imm_80_Completo	ITM_1406_E002	M30G
Circuit004	Am 263	Bruno - Hiago Rolina	03/06/2014 1		Cap_Imm_80_Completo	ITM_1406_E002	M50G
Circuit003	Am 262	Bruno - Hiago Rolina	03/06/2014 1		Cap_Imm_80_Completo	ITM_1406_E002	M50G
Circuit002	Am 261	Bruno - Hiago Rolina	03/06/2014 1		Cap_Imm_80_Completo	ITM_1406_E002	M30G
Circuit010	Am 269	Bruno - Hiago Rolina	03/06/2014 1		Cap_Imm_80_Completo	ITM_1406_E002	M50G
Circuit001	Am 260	Bruno - Hiago Rolina	03/06/2014 1		Cap_Imm_80_Completo	ITM_1406_E002	M50G
Circuit009	Am 268	Bruno - Hiago Rolina	03/06/2014 1		Cap_Imm_80_Completo	ITM_1406_E002	M30G
Circuit061	Am 03	Lins C10 sem Recarga	03/06/2014 1		Des_2_7A_10_5V	ITM_1406_E001	12MF30
Circuit000	Am 02	Lins C10 sem Recarga	03/06/2014 1		Des_2_7A_10_5V	ITM_1406_E001	12MF30
Circuit061	Am 03	Lins Rec. + C10 - Rec. PARADA POR VAZ	02/06/2014 1	02/06/2014	Rec_C10_Rec_30Ah	ITM_1406_E001	12MF30
Circuit000	Am 02	Lins Rec. + C10 - Rec. PARADA POR VAZ	02/06/2014 1	02/06/2014	Rec_C10_Rec_30Ah	ITM_1406_E001	12MF30
Circuit061	Am 03	Lins Rec. + C10 - Rec. PARADA POR VAZ	02/06/2014 1	02/06/2014	Rec_C10_Rec_30Ah	ITM_1406_E001	12MF30
Circuit016	Am 36	Bruno - Hiago Exp. Acido Gelado	02/06/2014 1		Cap_Imm_80_Completo	ITM_1405_E007	M50G
Circuit015	Am 35	Bruno - Hiago Exp. Acido Gelado	02/06/2014 1		Cap_Imm_80_Completo	ITM_1405_E007	M50G
Circuit014	Am 34	Bruno - Hiago Exp. Acido Gelado	02/06/2014 1		Cap_Imm_80_Completo	ITM_1405_E007	M30G
Circuit013	Am 33	Bruno - Hiago Exp. Acido Gelado	02/06/2014 1		Cap_Imm_80_Completo	ITM_1405_E007	M50G
Circuit012	Am 32	Bruno - Hiago Exp. Acido Gelado	02/06/2014 1		Cap_Imm_80_Completo	ITM_1405_E007	M50G
Circuit011	Am 31	Bruno - Hiago Exp. Acido Gelado	02/06/2014 1		Cap_Imm_80_Completo	ITM_1405_E007	M30G
Circuit020	Am 40	Bruno - Hiago Exp. Acido Gelado	02/06/2014 1		Cap_Imm_80_Completo	ITM_1405_E007	M50G
Circuit019	Am 39	Bruno - Hiago Exp. Acido Gelado	02/06/2014 1		Cap_Imm_80_Completo	ITM_1405_E007	M50G
Circuit018	Am 38	Bruno - Hiago Exp. Acido Gelado	02/06/2014 1		Cap_Imm_80_Completo	ITM_1405_E007	M30G
Circuit017	Am 37	Bruno - Hiago Exp. Acido Gelado	02/06/2014 1		Cap_Imm_80_Completo	ITM_1405_E007	M50G
Circuit073	Am 07	Rodrigo Seg. tentativa Start Stop Am 07 AC	02/06/2014 0	02/06/2014	Start_Stop	ITM_1405_E002	ACM_80
Circuit042	Am 02	Pedro Recarga apos Resistencia Interna	30/05/2014 1	31/05/2014	Rec_18V_24h	ITM_1404_E005	M48F
Circuit041	Am 01	Pedro Recarga apos Resistencia Interna	30/05/2014 1	31/05/2014	Rec_18V_24h	ITM_1404_E005	M48F
Circuit024	Am 02	Pedro Recarga apos Resistencia Interna	30/05/2014 1	31/05/2014	Rec_14_8V_24h	ITM_1404_E004	M48F
Circuit023	Am 01	Pedro Recarga apos Resistencia Interna	30/05/2014 1	31/05/2014	Rec_14_8V_24h	ITM_1404_E004	M48F

Figura 72. BM Workstation Registration Data.

Com clique duplo sobre o registro será aberta uma janela que descreve todos os procedimentos, mensagens e valores salvos pelo sistema (Figura 73), nela é possível exportar os dados e gerar gráficos. Ao selecionar a opção “Export” o BM gera um arquivo de valores separado por vírgulas que pode ser facilmente convertido pelo MS Excel. Escolhendo a opção “Graph” visualiza-se o gráfico do teste (Figura 74), o usuário pode selecionar quais variáveis serão exibidas.

Registration Data		Battery Type: M60G		Test section : ITM_1406_E006								
<input type="button" value="Refresh"/>	<input type="button" value="New Column"/>	<input type="button" value="Hide Column"/>	<input type="button" value="Graph"/>		<input type="button" value="Export"/>							
	Time Stamp	Step	Status	Prog Time	Step Time	Cycle	Cycle Level	Procedure	Voltage [V]	Current [A]	AhCha [AhCha]	AhDch [AhDch]
1	13/06/2014 17:36:52	1	...	00:00:00.000	00:00:00.000	0	0	Cap_Inm_60_Completo	0,00	0,00		
2	13/06/2014 17:41:02	4	CHA	00:00:00.136	00:00:00.005	0	0	Cap_Inm_60_Completo	12,82	0,00		
3	13/06/2014 17:41:02	4	CHA	00:00:00.136	00:00:00.005	0	0	Cap_Inm_60_Completo	12,82	0,00	0,00	0,00
4	13/06/2014 17:41:02	4	CHA	00:00:00.169	00:00:00.038	0	0	Cap_Inm_60_Completo	12,85	15,00	0,00	0,00
5	13/06/2014 17:41:02	4	CHA	00:00:00.338	00:00:00.207	0	0	Cap_Inm_60_Completo	13,32	15,00	0,00	0,00
6	13/06/2014 17:41:03	4	CHA	00:00:00.560	00:00:00.429	0	0	Cap_Inm_60_Completo	13,85	15,00	0,00	0,00
7	13/06/2014 17:41:03	4	CHA	00:00:00.875	00:00:00.744	0	0	Cap_Inm_60_Completo	14,37	15,00	0,00	0,00
8	13/06/2014 17:41:03	4	CHA	00:00:01.418	00:00:01.287	0	0	Cap_Inm_60_Completo	14,88	15,00	0,00	0,00
...												
38	13/06/2014 19:06:06	4	CHA	01:25:04.433	01:25:04.302	0	0	Cap_Inm_60_Completo	16,00	0,93	2,26	0,00
39	14/06/2014 17:41:02	4	CHA	24:00:00.146	24:00:00.015	0	0	Cap_Inm_60_Completo	16,00	0,56	16,89	0,00
40	14/06/2014 17:41:02	4	CHA	24:00:00.146	24:00:00.015	0	0	Cap_Inm_60_Completo	16,00	0,56		
41	14/06/2014 17:41:02	6	PAU	24:00:00.158	00:00:00.000	0	0	Cap_Inm_60_Completo	16,00	0,00		
42	14/06/2014 17:41:02	6	PAU	24:00:00.158	00:00:00.000	0	0	Cap_Inm_60_Completo	16,00	0,00	0,00	0,00
43	14/06/2014 17:41:05	6	PAU	24:00:03.363	00:00:03.205	0	0	Cap_Inm_60_Completo	15,50	0,00	0,00	0,00
44	14/06/2014 17:41:16	6	PAU	24:00:13.549	00:00:13.391	0	0	Cap_Inm_60_Completo	15,00	0,00	0,00	0,00
45	14/06/2014 17:41:37	6	PAU	24:00:34.798	00:00:34.640	0	0	Cap_Inm_60_Completo	14,50	0,00	0,00	0,00
46	14/06/2014 17:42:20	6	PAU	24:01:17.632	00:01:17.474	0	0	Cap_Inm_60_Completo	14,00	0,00	0,00	0,00
47	14/06/2014 17:47:00	6	PAU	24:05:57.570	00:05:57.412	0	0	Cap_Inm_60_Completo	13,50	0,00	0,00	0,00
48	14/06/2014 19:15:10	6	PAU	25:34:08.292	01:34:08.134	0	0	Cap_Inm_60_Completo	13,00	0,00	0,00	0,00
49	14/06/2014 21:41:02	6	PAU	28:00:00.172	04:00:00.014	0	0	Cap_Inm_60_Completo	12,85	0,00	0,00	0,00
50	14/06/2014 21:41:02	6	PAU	28:00:00.172	04:00:00.014	0	0	Cap_Inm_60_Completo	12,85	0,00		
51	14/06/2014 21:41:02	7	DCH	28:00:00.183	00:00:00.000	0	0	Cap_Inm_60_Completo	12,85	0,00		
52	14/06/2014 21:41:02	7	DCH	28:00:00.183	00:00:00.000	0	0	Cap_Inm_60_Completo	12,85	0,00	0,00	0,00
53	14/06/2014 21:41:02	7	DCH	28:00:00.210	00:00:00.027	0	0	Cap_Inm_60_Completo	12,84	-2,98	0,00	0,00
54	15/06/2014 02:00:13	7	DCH	32:19:10.420	04:19:10.237	0	0	Cap_Inm_60_Completo	12,35	-3,00	0,00	12,96
55	15/06/2014 10:07:41	7	DCH	40:26:38.757	12:26:38.574	0	0	Cap_Inm_60_Completo	11,85	-3,00	0,00	37,33
56	15/06/2014 13:47:51	7	DCH	44:06:48.917	16:06:48.734	0	0	Cap_Inm_60_Completo	11,35	-3,00	0,00	48,34
57	15/06/2014 13:52:10	7	DCH	44:11:07.570	16:11:07.387	0	0	Cap_Inm_60_Completo	10,85	-3,00	0,00	48,55
58	15/06/2014 13:52:35	7	DCH	44:11:33.144	16:11:32.961	0	0	Cap_Inm_60_Completo	10,50	-3,00	0,00	48,57
59	15/06/2014 13:52:35	7	DCH	44:11:33.144	16:11:32.961	0	0	Cap_Inm_60_Completo	10,50	-3,00		
60	15/06/2014 13:52:35	8	PAU	44:11:33.156	00:00:00.000	0	0	Cap_Inm_60_Completo	10,50	0,00		
61	15/06/2014 13:52:35	8	PAU	44:11:33.156	00:00:00.000	0	0	Cap_Inm_60_Completo	10,50	0,00	0,00	48,57
62	15/06/2014 13:52:35	8	PAU	44:11:33.165	00:00:00.009	0	0	Cap_Inm_60_Completo	10,50	0,00	0,00	48,57
63	15/06/2014 13:52:35	8	PAU	44:11:33.165	00:00:00.009	0	0	Cap_Inm_60_Completo	10,50	0,00		
64	15/06/2014 13:52:35	11	CHA	44:11:33.177	00:00:00.000	0	0	Cap_Inm_60_Completo	10,82	0,00		
65	15/06/2014 13:52:35	11	CHA	44:11:33.177	00:00:00.000	0	0	Cap_Inm_60_Completo	11,54	15,00	0,00	0,00
66	15/06/2014 13:52:38	11	CHA	44:11:35.650	00:00:02.473	0	0	Cap_Inm_60_Completo	12,04	15,00	0,01	0,00
67	15/06/2014 13:55:43	11	CHA	44:14:40.899	00:03:07.722	0	0	Cap_Inm_60_Completo	12,54	15,00	0,78	0,00
...												
98	15/06/2014 18:19:51	11	CHA	48:38:48.979	04:27:15.802	0	0	Cap_Inm_60_Completo	16,00	2,48	52,44	0,00
99	15/06/2014 18:50:59	11	CHA	49:09:56.602	04:58:23.425	0	0	Cap_Inm_60_Completo	16,00	1,98	53,59	0,00
100	15/06/2014 19:51:41	11	CHA	50:10:38.715	05:59:05.538	0	0	Cap_Inm_60_Completo	16,00	1,48	55,32	0,00
101	15/06/2014 23:14:13	11	CHA	53:33:10.789	09:21:37.612	0	0	Cap_Inm_60_Completo	16,00	0,98	59,24	0,00
102	16/06/2014 08:58:14	11	MSG	63:17:12.055	19:05:38.878	0	0	Cap_Inm_60_Completo	16,00	0,00	67,14	0,00
103	16/06/2014 08:58:14	11	CHA	63:17:12.055	19:05:38.878	0	0	Cap_Inm_60_Completo	16,00	0,00	67,14	0,00
104	16/06/2014 08:58:14	11	CHA	63:17:12.055	19:05:38.878	0	0	Cap_Inm_60_Completo	16,00	0,00		
105	16/06/2014 08:58:14	9999	CHA	63:17:12.073	19:05:38.896	0	0	Cap_Inm_60_Completo	16,00	0,00	67,14	0,00
106	16/06/2014 08:58:14	9999	CHA	63:17:12.073	19:05:38.896	0	0	Cap_Inm_60_Completo	16,00	0,00		
107	16/06/2014 08:58:14	9999	STO	63:17:12.082	00:00:00.000	0	0	Cap_Inm_60_Completo	15,99	0,00		
108	16/06/2014 08:58:14	9999	STO	63:17:12.082	00:00:00.000	0	0	Cap_Inm_60_Completo	15,99	0,00	67,14	0,00
109	16/06/2014 08:58:14	9999	STO	63:17:12.082	00:00:00.000	0	0	Cap_Inm_60_Completo	15,99	0,00	67,14	0,00
110	16/06/2014 08:58:14	9999	STO	63:17:12.082	00:00:00.000	0	0	Cap_Inm_60_Completo	15,99	0,00		
111	16/06/2014 08:58:14	9999	STO	63:17:12.082	00:00:00.000	0	0	Cap_Inm_60_Completo	15,99	0,00		

Figura 73. Arquivo de registro.

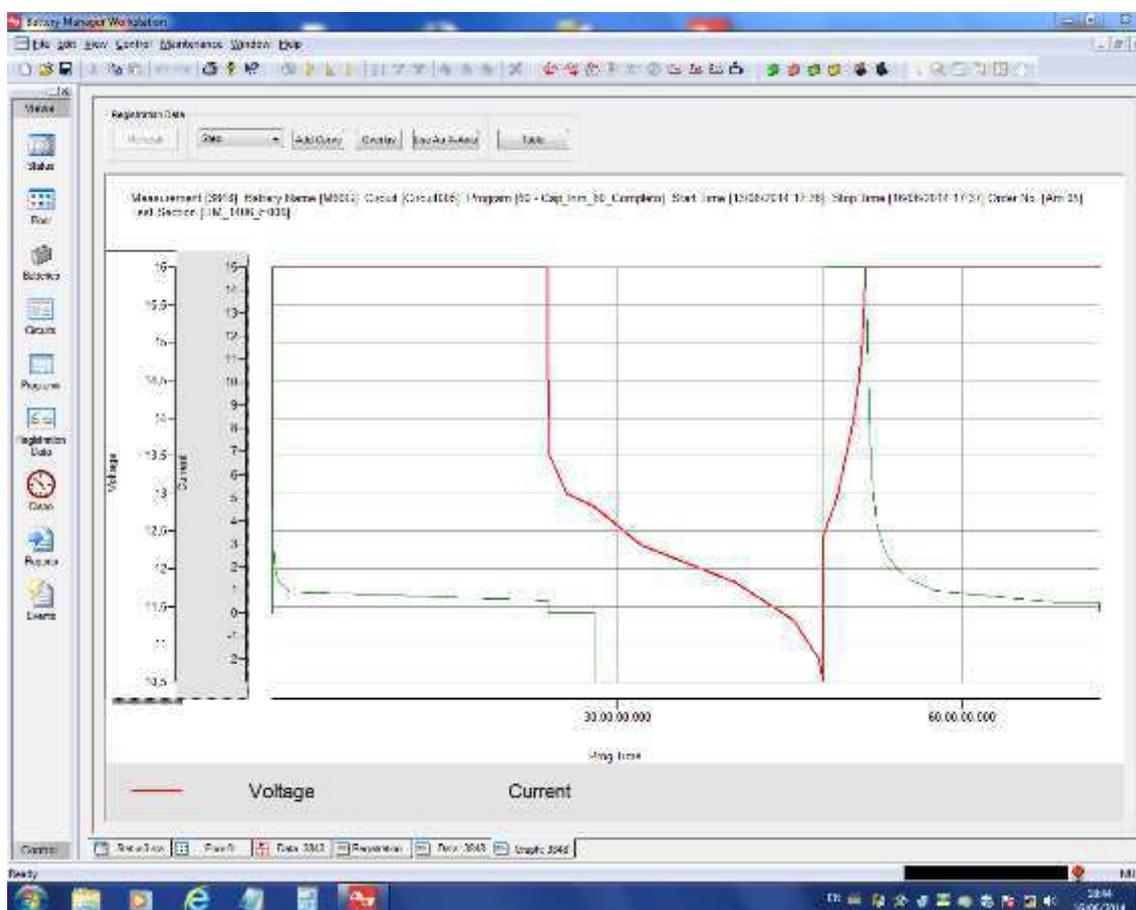


Figura 74. Gráfico de registro.

As telas “Reports”, “Events” e “Circuits” são pouco utilizadas na rotina do laboratório. “Reports” (Figura 75) permitir gerar relatórios sobre o sistema e listar, por exemplo, os programas registrados. “Events” (Figura 76) apresenta mensagens sobre os eventos que ocorrem no BM, é encontrada na porção inferior da tela e exibe, por exemplo, avisos sobre erros e acesso de usuários. “Circuits” é uma janela de acesso restrito ao usuário administrador (“Supervisor”), nela é possível habilitar e desabilitar recursos do sistema (ATENÇÃO: não é recomendado alterar as configurações da janela “Circuits”, consulte a assistência da Digatron para realizar qualquer edição).

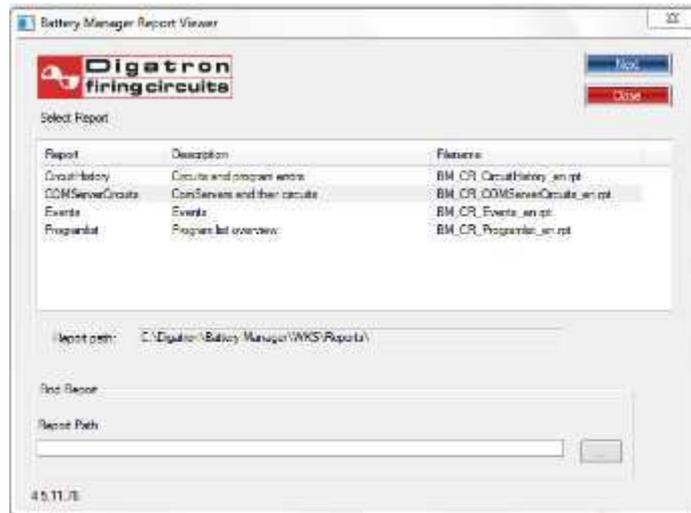


Figura 75. BM Workstation Reports.

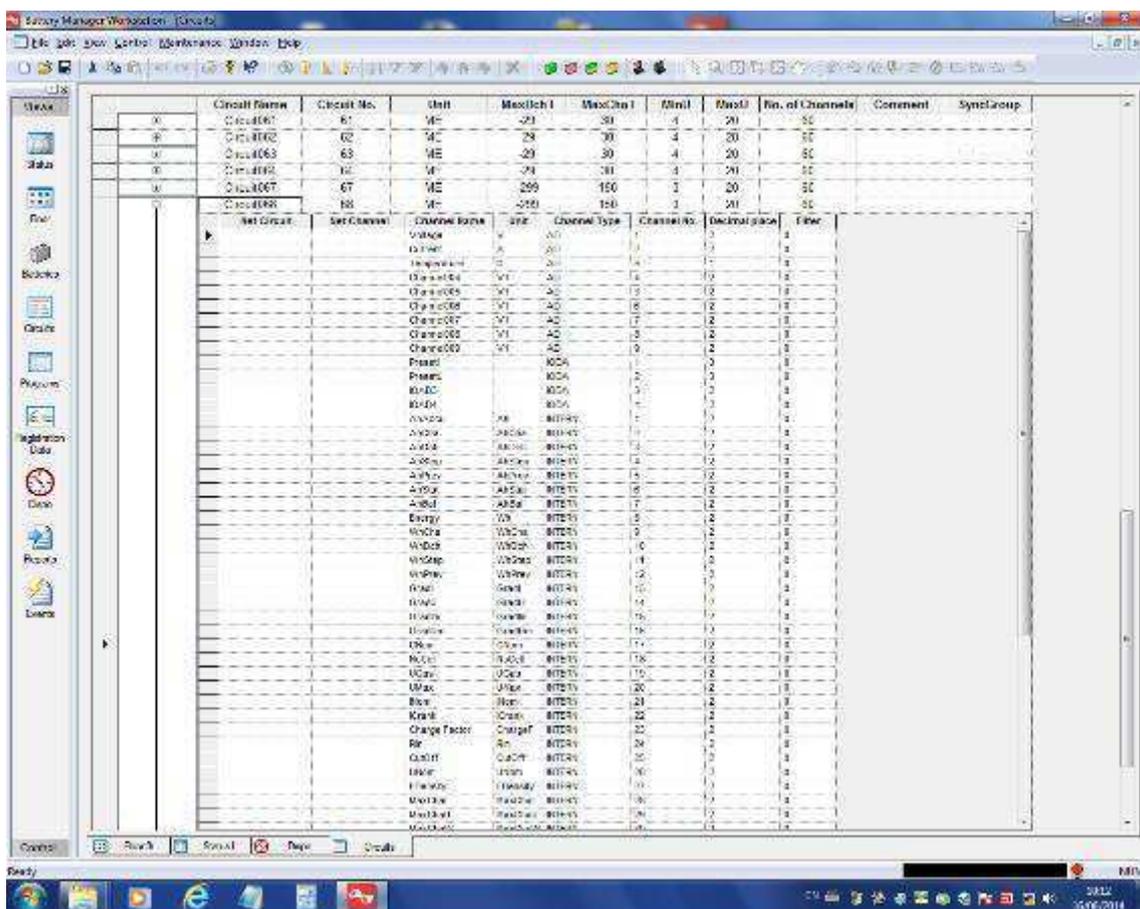


Figura 76. BM Workstation Circuits.

## 4 PROGRAMAÇÃO DE TESTES

Em “Programs” o BM permite que o usuário desenvolva e realize uma compilação prévia de seus programas. O compilador detecta erros de sintaxe, contudo não garante totalmente a ausência de erros (alguns deles só serão encontrados quando se tentar executar o programa em um circuito).

Na Tabela 13 consta breve descrição dos comandos mais utilizados no BM.

Tabela 13. Principais comandos para programação no BM.

Principais Comandos Digatron			
Operador	Inglês	Português	Observações
!	COMMENT	COMENTÁRIO	Utilizado para definir uma linha do programa como comentário e deve ser inserida no campo “Label” (etiqueta/anotações). A linha do programa que recebe esta marcação não é compilada e tem por objetivo auxiliar o programador (registro de comentários e avisos sobre o programa). <b>Não é executado pelo circuito de potência.</b>
CHA	CHARGE	CARGA	Define uma carga (o equipamento se comporta como fonte). <b>Não é seguro mover a bateria.</b>
DCH	DISCHARGE	DESCARGA	Define uma descarga (o equipamento se comporta como carga). <b>Não é seguro mover a bateria.</b>
STO	STOP	PARAR	O módulo pode estar parado (livre) ou pode ser uma ação parar (quando o programa atingir esse comando o teste é parado). <b>Não é seguro mover a bateria.</b>
INT	INTERRUPTION	INTERRUPÇÃO	O teste foi interrompido, ficando em um modo de espera. Neste caso o módulo não foi liberado, mas só irá executar alguma ação quando o operador selecionar o comando “continue” (na tela “Floor” clique sobre o ícone do circuito com o botão direito do mouse e selecione “Continue Circuits”). <b>É seguro mover a bateria.</b>
PAU	PAUSE	PAUSA	O teste está em pausa. Atenção que esta é uma pausa controlada pelo sistema, a qualquer momento o módulo pode passar a um comando seguinte (carga, por exemplo). <b>Não é seguro mover a bateria.</b>
BEG	BEGIN	INÍCIO	Inicia um ciclo de comandos. <b>Não é seguro mover a bateria.</b>
CYC	CYCLE	CICLOS	Define o número de ciclos a serem realizados, sendo utilizado junto com “BEG”. <b>Não é seguro mover a bateria.</b>
GOTO	GO TO	VÁ PARA	Leva a linha de execução do programa para um ponto específico, faz-se necessário informar corretamente o ponto no campo “Label” (etiqueta/anotações). <b>Não é seguro mover a bateria.</b>
PARALLEL	PARALLEL	PARALELIZAR	Estabelece uma relação mestre/escravo para circuitos, no qual o mestre controla todos os circuitos escravos. Permite combinar os módulos (conectando-os em paralelo) e gerar descargas com correntes mais elevadas (combinação de todos os circuitos). <b>Não é seguro mover a bateria.</b>
ERR	ERROR	ERRO	Determina uma condição de erro. Existem diversas classes de erro no BTS-600 (por exemplo, ERR 2 define um erro de tensão). <b>Não é seguro mover a bateria.</b>

O desenvolvimento de um programa no BM requer a correta disposição das variáveis: em “Operator” deve-se selecionar um comando (operador) ou procedure; em “Nominal Value” são especificados os valores do operador (por exemplo, a corrente para uma descarga e a etiqueta para um “GO TO”); “Limit” determina os limites de operação (para um ensaio de capacidade, por exemplo, o limite para interrupção da descarga é atingido quando a tensão da bateria cai a 10,5V, logo a campo deve ser preenchido com  $< 10.5V$ ); “Action” define as ações do sistema ao atingir determinado limite, sendo acionada pela restrição que se encontra em “Limits” na sua mesma linha; por fim, “Registration” seleciona a taxa de amostragem e os parâmetros coletados.

Também é possível gerar programas genéricos. Neste caso são utilizadas variáveis que remetem aos dados cadastrados para as bateria (na janela “Batteries”). ACN20, por exemplo, retorna (com base na capacidade nominal da amostra selecionada) o valor da corrente para uma descarga de vinte horas, enquanto ACN10 para dezcarga de dez horas (exemplo so uso da variável ACN10 na Figura 77).

The screenshot shows a software window titled 'Program: Cap\_C10\_Fotovoltaica' with 'Number: 00384'. Below the title bar are buttons for 'Calculation', 'Save & End', 'Save', 'Save as...', 'Skip step', 'Cancel', and 'Show main progr.'. The main area contains a table with the following data:

Step	Label	Operator	Nominal Value	Limit	Action	Registration
1	!	Protecao e Amostragem				
2		SET		< 2 V	ERR 2	ITEMM 0.5 A 0.5 V
3		PAU		2 sec		
4	!	Iniciado Ensaio				
5		GOTO	recarga			
6	!	Tratamento Previo: recarga em duas etapas				
7	recarga	CHA	1 ACN10	> 14.4 V		
8		CHA	1 ACN10 14.4 V	24 h		
9	!	Descarga C10 controle de parada Vpe < 1.75V -> V < 10.5V				
10	descarga	DCH	1 ACN10	< 10.5 V		0.1 V
11	!	Recarga Final: recarga em duas etapas				
12		CHA	1 ACN10	> 14.4 V		
13		CHA	1 ACN10 14.4 V	24 h		
14	!	Fim do Ensaio				
15	fim	STO				
16						

Figura 77. Ensaio de capacidade C10 (bateria fotovoltaica).

Faz-se necessário despender tempo de estudo e prática para internalizar a programação no BM. O recurso é poderoso, contudo não entrega as soluções prontas: BM garante as ferramentas para que o programador desenvolva sua aplicação da melhor forma possível.

Neste sentido é preciso atenção especial às diretivas de proteção (comandos “SET” e “PAU” no início do programa), operadores de ciclo (“BEG” e “CYC”), limites especificados (“Limits”) e configurações do registro (“Registration”).

Nas Figuras 78 a 80 tem-se exemplos de programas no BM. Na Tabela 14 estão descritas observações sobre estes tópicos e; recomenda-se, contudo, análise mais detalhada do manual de usuário (*Battery Manager User Manual*).

Tabela 14. Observações no desenvolvimento de programas.

Observações e Sugestões	
Ação	Observações
<b>Diretivas de Proteção</b> SET <2V ERR2 PAU 2 sec	<p>Testa se a tensão inicial é maior que 2V (mínimo para segurança do sistema), em caso positivo o programa segue normalmente. O comando “SET” testa a condição, se menor que 2V um erro de tensão é executado e o programa interrompido. Contudo a interrupção não é imediata e o procedimento seguinte começa a ser executado, por este motivo é necessário manter uma pausa (a duração é arbitrária).</p> <p>Estes comandos garantem que o circuito não seja iniciado sem baterias conectadas ou com os cabos curto-circuitados.</p>
<b>Operadores de Ciclo</b> BEG CYC <i>número</i> *	<p>Viabilizam a repetição de trechos de código encerrados pelos operadores “BEG” e “CYC”, no último deve-se informar o número de ciclos de depois adicionar um asterisco. Os ciclos podem ser aninhados.</p>
<b>Limites</b> “Limits”	<p>Apenas algumas das variáveis disponibilizadas no BM podem ser empregadas como limites. Dentre os valores da janela “Register”, não são uma opção válida os registros de tempo (“StepTime” e “ProgramTime”). Contudo, é possível utilizar os registros de tensão e corrente (V, A, AhCha, AhDch e similares), além de intervalos de tempo.</p>
<b>Configurações do Registro</b> SET ITEM 0.5V 0.5A	<p>Define as configurações da coleta e do registro de dados. Conforme as necessidades do ensaio, deve-se selecionar um perfil de coleta (por exemplo, ITEM seleciona a gravação dos valores de V, A, AhCha, AhDch e AhStep) e a amostragem (neste caso a cada variação de meio volt ou meio ampère o valor é salvo no registro). Estes valores são aplicados a todo o programa, a menos que sejam sobrescrevidos.</p>

Step	Label	Operator	Nominal Value	Limit	Action	Registration	
1	!	Protecao e Amostragem					
2		SET		< 2 V	ERR 2	ITEMM_st	
3		PAU		2 sec			
4	!	Inicio do Ensaio					
5		BEG					
6		SET	AhDch = 0				
7		DCH	50 A	< 10.5 V		0.1 V	
8		CHA	14.8 V 25 A	AhStep > 92		0.5 V 0.5 A	
9	!	Testa o tempo de descarga a partir do AhDch					
10	!	T < 1h -> AhDch < 50Ah e T > 1h -> AhDch > 50Ah					
11		PAU		1 sec AhDch > 50 AhDch < 50	GOTO pausa GOTO fim		
12	pausa	PAU		3 h			
13		CYC	10000 *				
14	!	Fim do Ensaio					
15	fim	STO					
16							

Figura 78. Ciclagem com parada por tempo da descarga (conversão em AhDch).

Step	Label	Operator	Nominal Value	Limit	Action	Registration	
1	!	Protecao e Amostragem					
2		SET		< 2 V	ERR 2	ITEMM 0.5 V 0.5 A	
3		PAU		2 sec			
4	!	Inicio do Ensaio					
5		GOTO	primeiro				
6	!	Primeiro_C20					
7	primeiro	CHA	5 ACN20 16 V	24 h			
8		SET	AhCha = 0				
9		PAU		4 h			
10		DCH	1 ACN20	< 10.5 V			
11		PAU		1 sec AhDch < 57 AhDch > 57	GOTO segundo GOTO recarga		
12	!	Segundo_C20					
13	segundo	SET	AhDch = 0				
14		CHA	5 ACN20 16 V	24 h			
15		SET	AhCha = 0				
16		PAU		4 h			
17		DCH	1 ACN20	< 10.5 V			
18		PAU		1 sec AhDch < 57 AhDch > 57	GOTO terceiro GOTO recarga		
19	!	Terceiro_C20					
20	terceiro	SET	AhDch = 0				
21		CHA	5 ACN20 16 V	24 h			
22	!	No caso do solicitante desejar o terceiro C20 basta continuar o teste, caso contrario finalize.					
23		INT					
24		SET	AhCha = 0				
25		PAU		4 h			
26		DCH	1 ACN20	< 10.5 V			
27	!	Recarga Final					
28	recarga	CHA	5 ACN20 16 V	24 h			

Figura 79. Ensaio de capacidade C20 conforme Inmetro (bateria 60Ah).

Step	Label	Operator	Nominal Value	Limit	Action	Registration
1		SET		< 2 V	ERR 2	capa
2		PAU		2 sec		
3		PARALLEL	60			
4		CHA	1 A 14 V	1 min		
5		STO				
6						

Figura 80. Ensaio de capacidade C20 conforme Inmetro (bateria 60Ah).

## 5 RESGATE DE DADOS

O BM Workstation deve ser utilizado para armazenar ensaios em andamento e/ou de consulta frequente. Uma vez que os valores forem exportados se recomenda a limpeza do registro.

O resgate de dados antigos é realizado mediante o “Archive Viwer” (visualizador de arquivos cujo ícone corresponde à Figura 81); interface semelhante ao “Workstation”, mas que só possibilita a visualização de registros. Para acessá-la são efetuados os mesmos passos descritos na sessão 2, com a ressalva

de que ao final não se excuta o Workstation. (ATENÇÃO: consulte o administrador do sistema para conhecer a frequência de *back up*, apenas dados salvos podem ser carregados e acessados pelo “Archive Viwer”).



Figura 81. BM Archive Viwer.

## 6 TRATAMENTO DE ERROS

Quando um programa não é compilado pelo módulo, ou ocorre algum erro durante a execução, o BM informa ao usuário uma mensagem de erro em “Events” e o circuito é exibido na cor preta. Nesta situação é necessário reiniciar o circuito em estado de falta.

Para reinicializar circuitos deve-se abrir o BTS-600 ComServer e, na barra de tarefas realizar o “login”, depois selecionar o referido circuito (representado em vermelho com letras brancas) e clicar sobre o ícone de reinicialização (detalhes conforme a Figura 82).



Figura 82. Barra de tarefas BTS-600 ComServer.

Concluído o procedimento no BTS-600 ComServer, deve-se reiniciar o circuito no BM Workstation. Essencialmente é necessário reiniciar através da janela “Floor”; basta selecionar com o botão direito o circuito em falta (representado em preto com letras brancas) e ativar a opção

“Reset”. Este procedimento é suficiente na maioria das situações, contudo há casos de erro no qual também é necessário reiniciar os circuitos nas janelas “Dispo” e “Status”.

Através da janela “Dispo” o circuito em falta (exibido em amarelo com letras pretas) deve ser selecionado e, clicando com o botão direito do mouse, devidamente reiniciado (opção “Reset”). Na tela “Status” o procedimento é semelhante (atenção para a cor do circuito em falta: preto com letras brancas), entretanto o comando “Reset” só está disponível para usuários administradores (a exemplo de “Supervisor”).

Para problemas com comunicação, no qual os circuitos mesmo ligados não são reconhecidos pelo BW Workstation, a sugestão é reconectar o cabeamento de comunicação, checar cabos partidos e/ou conectores defeituosos. Na ausência de causas físicas, sugere-se reiniciar os sistemas (computador e módulos). Na ocorrência de problemas envolvendo o banco de dados e para situações que não forem solucionadas localmente, consulte o representante Digatron.

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este documento constitui material de estudo introdutório para utilização do sistema Battery Manager Digatron, sua leitura não substitui o manual do usuário (*Battery Manager 4 Manual*) fornecido pelo fabricante. Para maiores informações consulte a documentação oficial ou contate o representante Digatron.

## APÊNDICE B – MODELOS DE FORMULÁRIOS

Os formulários empregadas no Laboratório de Ensaio Elétricos do ITEM correspondem às Figuras 83, 84 e 85. Tais documentos foram desenvolvidas pela autora deste relatório com base nos formulários utilizadas pelo Laboratório Físico da Moura e com auxílio do técnico em eletrotécnica do ITEM.

INSTITUTO DE TECNOLOGIA EDSON MORORÓ MOURA		
Rua Marechal Deodoro, nº 45, Centro, Belo Jardim - PE		
Experiência: _____	Data: ____/____/____	
Solicitante: _____	Setor: _____	
Bateria: _____	Capacidade Nominal: _____	Qte. de Amostras: _____
RC: _____	CCA: _____	Norma: _____
DADOS DE MONTAGEM:		
Qte. (+): _____	Tipo de placa (+): _____	Separador: _____
Qte. (-): _____	Tipo de placa (-): _____	
Tipo / Configuração das baterias:		
Informações Adicionais de Montagem:		
DADOS DE FORMAÇÃO:		
Nível para teste: _____	Densidade para teste: _____	
TESTES SOLICITADOS:		
OBJETIVO DO TESTE:		
DESTINO DAS AMOSTRAS APÓS OS TESTES:		
CARACTERIZAÇÃO DOS ITENS RECEBIDOS (Campo de preenchimento do Laboratório):		
<input type="checkbox"/> Bateria selada	<input type="checkbox"/> Niveladas ou não?	<input type="checkbox"/> Pólos conservados?
<input type="checkbox"/> Bateria aberta	<input type="checkbox"/> Limpa ou suja?	<input type="checkbox"/> Temperatura da bateria
OUTROS:		

Figura 83. Formulário de ensaio.



**INSTITUTO DE TECNOLOGIA EDSON MORORÓ MOURA**  
Rua Marechal Deodoro, nº 45, Centro, Belo Jardim - PE

  
**ITEMM**  
Instituto de Tecnologia Edson Mororó Moura

**FICHA DE COLETA DE DENSIDADE E NÍVEL**

Experiência: \_\_\_\_\_ Solicitante: \_\_\_\_\_ Bateria: \_\_\_\_\_ Responsável: \_\_\_\_\_

Data: / /		Data: / /		Data: / /		Data: / /		
Am:		Am:		Am:		Am:		
Elem.	Densidade (g/cm <sup>3</sup> )	Nível (mm)						
1								
2								
3								
4								
5								
6								

Data: / /		Data: / /		Data: / /		Data: / /		
Am:		Am:		Am:		Am:		
Elem.	Densidade (g/cm <sup>3</sup> )	Nível (mm)						
1								
2								
3								
4								
5								
6								

Data: / /		Data: / /		Data: / /		Data: / /		
Am:		Am:		Am:		Am:		
Elem.	Densidade (g/cm <sup>3</sup> )	Nível (mm)						
1								
2								
3								
4								
5								
6								

Data: / /		Data: / /		Data: / /		Data: / /		
Am:		Am:		Am:		Am:		
Elem.	Densidade (g/cm <sup>3</sup> )	Nível (mm)						
1								
2								
3								
4								
5								
6								

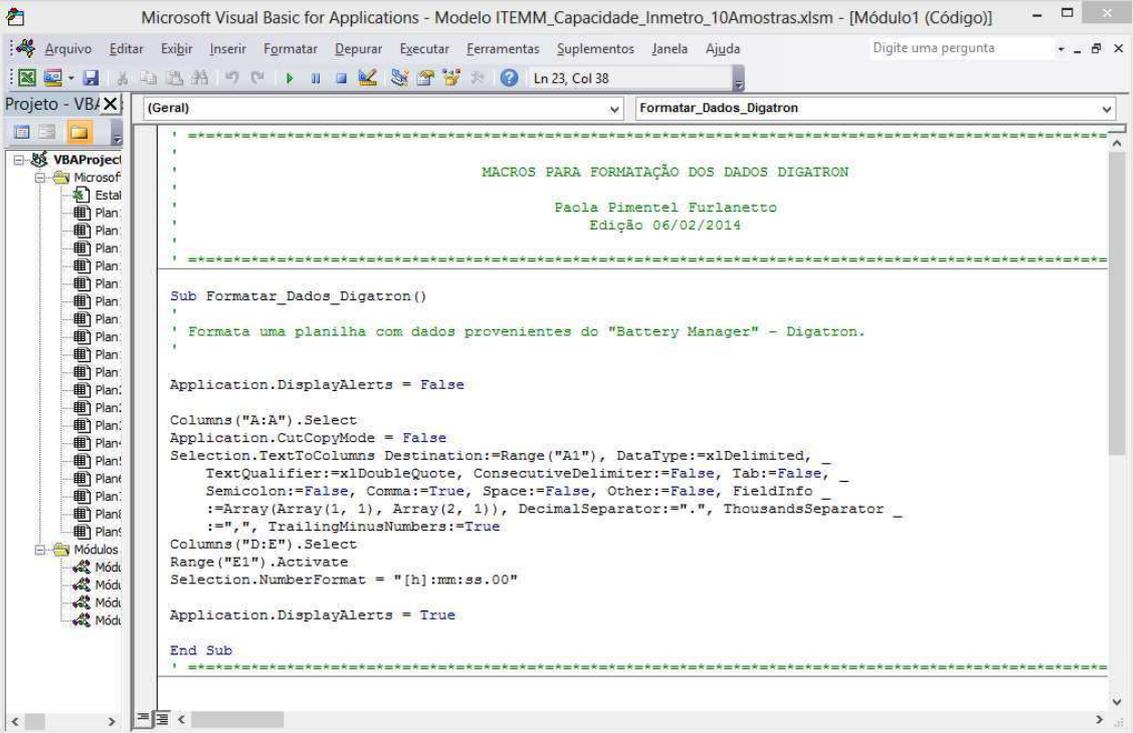
Data: / /		Data: / /		Data: / /		Data: / /		
Am:		Am:		Am:		Am:		
Elem.	Densidade (g/cm <sup>3</sup> )	Nível (mm)						
1								
2								
3								
4								
5								
6								

Figura 85. Formulário de coleta de nível e densidade.

## APÊNDICE C – GERAÇÃO AUTOMÁTICA DE RELATÓRIOS

A geração automática de relatórios foi desenvolvida pela estagiária para facilitar as atividades no Laboratório do ITEM e minimizar a ocorrência de erros. Os documentos são auto explicativos, permitindo que executantes sem conhecimento avançado do MS Excel e em linguagens de programação os utilizem.

Na Figura 86 apresenta-se um exemplo de programação VBA para MS Excel. Nas Figuras 87 e 89 estão as abas explicativas presentes nos relatórios. Por fim, as Figuras 88 e 90 demonstram as informações enviadas ao cliente para ensaio de capacidade nominal em vinte horas (C20) e reserva de capacidade com eletrodo de cádmio.



```
Microsoft Visual Basic for Applications - Modelo ITEM_Capacidade_Inmetro_10Amostras.xlsm - [Módulo1 (Código)]
Arquivo  Editar  Exibir  Inserir  Formatar  Depurar  Executar  Ferramentas  Suplementos  Janela  Ajuda  Digite uma pergunta
Ln 23, Col 38
Formatar_Dados_Digatron

MACROS PARA FORMATAÇÃO DOS DADOS DIGATRON

Paola Pimentel Furlanetto
Edição 06/02/2014

Sub Formatar_Dados_Digatron()
' Formata uma planilha com dados provenientes do "Battery Manager" - Digatron.
Application.DisplayAlerts = False
Columns("A:A").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.TextToColumns Destination:=Range("A1"), DataType:=xlDelimited, _
TextQualifier:=xlDoubleQuote, ConsecutiveDelimiter:=False, Tab:=False, _
Semicolon:=False, Comma:=True, Space:=False, Other:=False, FieldInfo _
:=Array(Array(1, 1), Array(2, 1)), DecimalSeparator=".", ThousandsSeparator _
:=",", TrailingMinusNumbers:=True
Columns("D:E").Select
Range("E1").Activate
Selection.NumberFormat = "[h]:mm:ss.00"
Application.DisplayAlerts = True
End Sub
```

Figura 86. Programação VBA: macros para formatação dos dados.

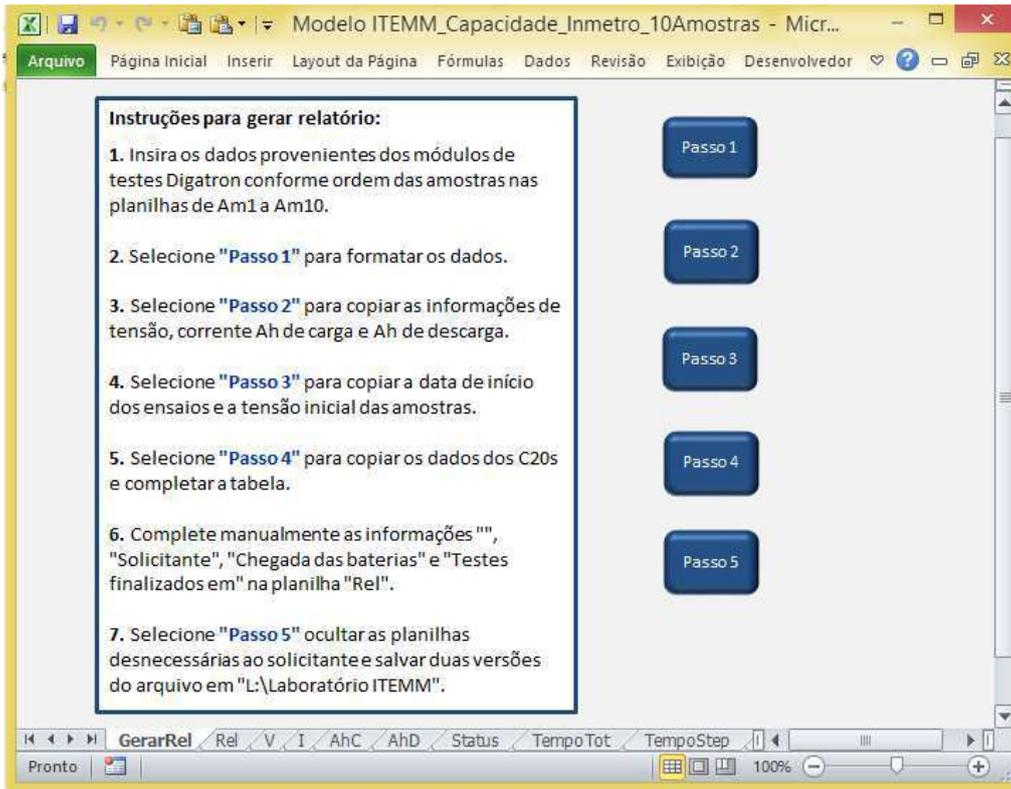


Figura 87. Aba explicativa em relatório de ensaio Capacidade Inmetro (C20).

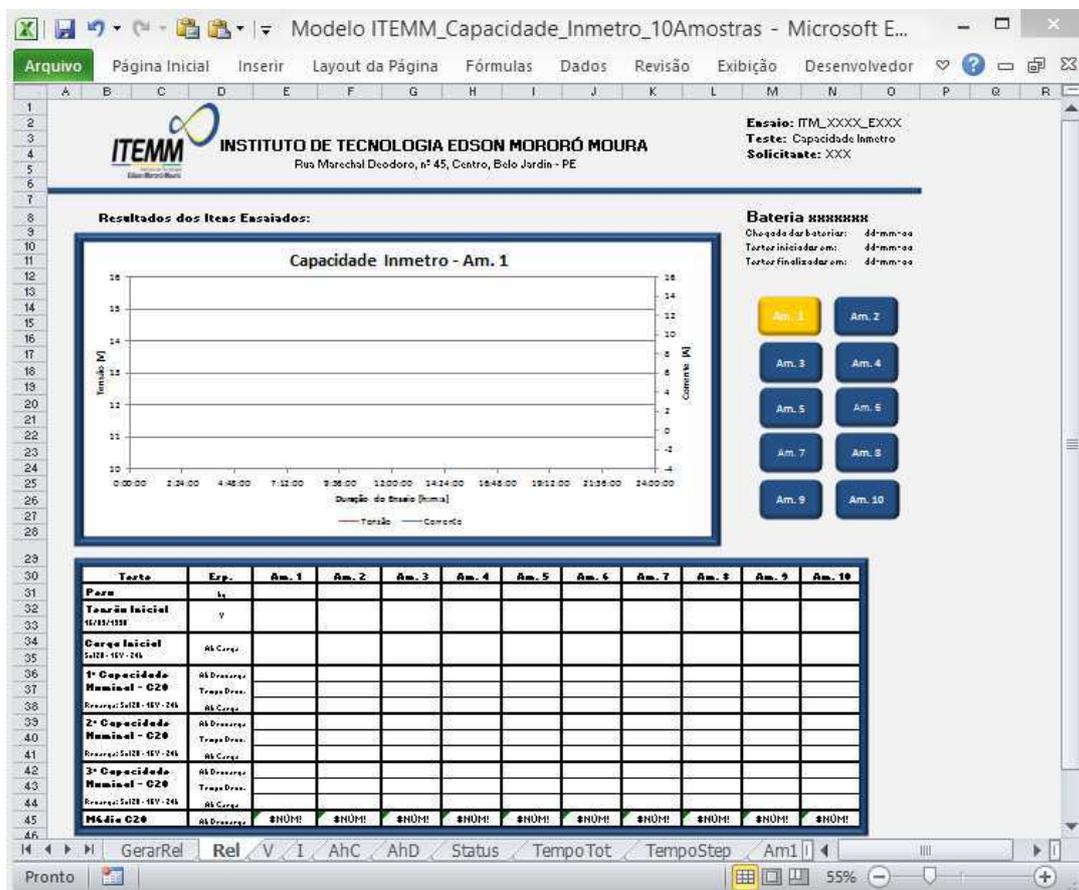


Figura 88. Relatório de ensaio Capacidade Inmetro (C20).

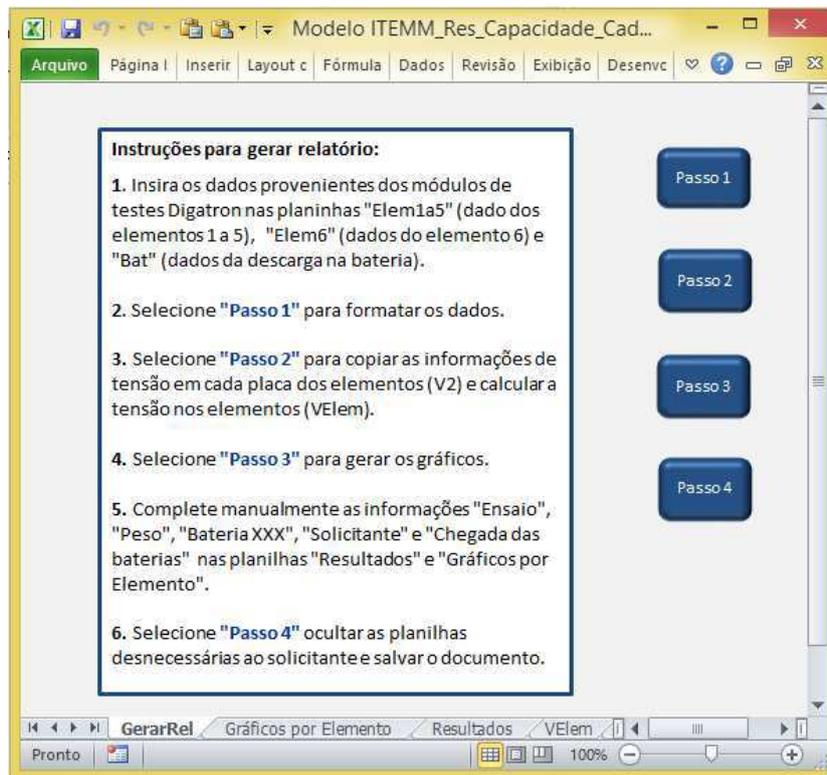


Figura 89. Aba explicativa em relatório de ensaio RC Cádmi.

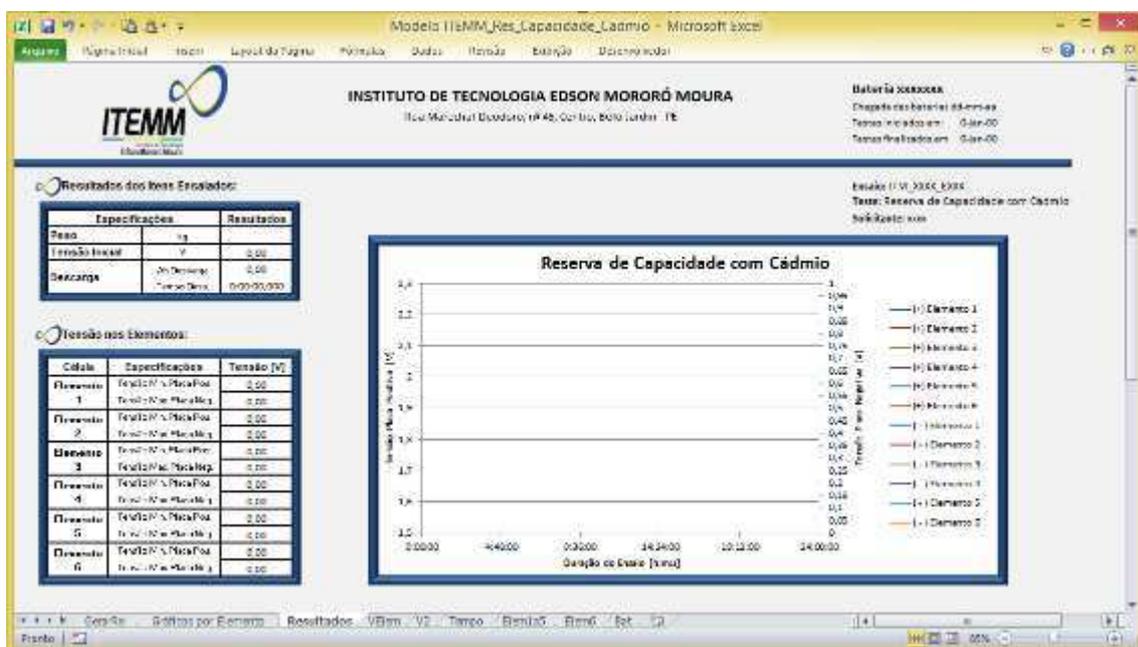


Figura 90. Relatório de ensaio RC Cádmi.