

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

THÁLISSON MARTINS TRAVENZOLI

**INTERNALIZAÇÃO DO PROCESSO DE RECUPERAÇÃO DE
BATERIAS DA OFICINA DE COMPONENTES ELÉTRICOS DE UMA
EMPRESA DO RAMO FERROVIÁRIO**

VIÇOSA
2017

THÁLISSON MARTINS TRAVENZOLI

**INTERNALIZAÇÃO DO PROCESSO DE RECUPERAÇÃO DE
BATERIAS DA OFICINA DE COMPONENTES ELÉTRICOS DE UMA
EMPRESA DO RAMO FERROVIÁRIO**

Monografia apresentada ao Departamento de Engenharia Elétrica do Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas da Universidade Federal de Viçosa, para a obtenção dos créditos da disciplina ELT 490 – Monografia e Seminário e cumprimento do requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Orientador: Prof. Dr. Mauro Prates.

VIÇOSA
2017

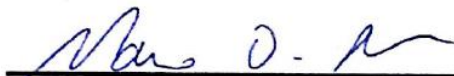
THÁLISSON MARTINS TRAVENZOLI

**INTERNALIZAÇÃO DO PROCESSO DE RECUPERAÇÃO DE
BATERIAS DA OFICINA DE COMPONENTES ELÉTRICOS DE UMA
EMPRESA DO RAMO FERROVIÁRIO**

Monografia apresentada ao Departamento de Engenharia Elétrica do Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas da Universidade Federal de Viçosa, para a obtenção dos créditos da disciplina ELT 490 – Monografia e Seminário e cumprimento do requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Aprovada em 09 de Junho de 2017.

COMISSÃO EXAMINADORA



Prof. Dr. Mauro Prates - Orientador
Universidade Federal de Viçosa



Prof. Msc. Erick Matheus da Silveira Brito - Membro
Universidade Federal de Minas Gerais



B. Sc. Ítalo Nogueira Soares - Membro
Universidade Federal de Viçosa

“Não tentes ser bem sucedido, tenta antes ser um homem de valor”

(Albert Einstein)

Dedico este trabalho aos meus pais e à minha irmã, que são a razão de eu ter chegado onde estou, assim como meus amigos que me ajudaram em diversos momentos ao longo da graduação.

Agradecimentos

Primeiramente, agradeço aos meus pais Antônio Travenzoli e Maria Imaculada, que sempre fizeram tudo que podiam para me educar da melhor forma possível. Agradeço também à minha irmã Natália, que está sempre pronta para me ajudar nos momentos que mais preciso. Sei que o apoio e o amor incondicional dessas três pessoas são a razão de eu ter alcançado as vitórias que tive até hoje, e serão a razão de tantas outras que alcançarei.

Agradeço a Deus, que vem me protegendo e me abençoando em todas as etapas da minha vida.

Agradeço aos meus amigos, que fizeram meus anos de Viçosa serem os melhores da minha vida. Em especial, agradeço à “chatuba”, que foi minha casa e minha família em Viçosa nesses cinco anos, e à galera mais próxima da ELT, que me acompanhou desde as noites de estudo na BBT até as festas mais loucas da cidade.

Agradeço à Universidade Federal de Viçosa pelas oportunidades que me foram dadas.

Agradeço ao Departamento de Engenharia Elétrica e a todos seus funcionários. Principalmente ao professor Mauro Prates, que sempre foi um exemplo de como um professor deve tratar seus alunos com respeito e humildade (sendo elogiado por todos os alunos do curso de Engenharia Elétrica com os quais tive contato), bem como pelo apoio e atenção em me ajudar no desenvolvimento deste trabalho de conclusão de curso.

Agradeço de forma especial ao Lucas Michelinei, coordenador da área na qual estagiei, pelo total suporte durante todo o meu período de estágio, acreditando no meu potencial ao me dar o apoio necessário e total autonomia para enfrentar os desafios e responsabilidades relacionados ao projeto, que me fizeram crescer imensamente como profissional.

Agradeço à Naira, especialista da área na qual trabalhei, por ter sido a minha orientadora desde o início do meu estágio (me dando diversas dicas tanto profissionais quanto pessoais que foram muito importantes para o meu amadurecimento).

Agradeço ao Nesio, líder da área de baterias, que me deu total liberdade de atuação em sua área, além do grande apoio durante toda a realização do projeto.

Sem a ajuda deles (Lucas, Naira e Nesio), a realização desse projeto não teria sido possível. A vocês, o meu “muito obrigado”.

Resumo

O presente trabalho tem como principal objetivo reduzir os custos de uma empresa do ramo ferroviário relacionados com a manutenção de baterias alcalinas utilizadas ao longo da via férrea, deixando de pagar uma empresa terceirizada responsável pela execução desta atividade para começar a realizá-la internamente, garantindo assim a permanência do conhecimento intelectual desse processo dentro da empresa na qual o trabalho foi realizado.

Para isso, fez-se necessário a realização de estudo teórico e acompanhamento diário dos processos de recuperação de baterias, tanto das utilizadas nas locomotivas, que já era realizado na empresa, quanto das utilizadas ao longo da via férrea.

Tais ações resultaram em diversas melhorias no processo de recuperação das baterias de locomotivas, além de tornar possível toda estruturação, tanto física com obras na área, quanto teórica, na criação de um procedimento operacional padrão com informações detalhadas de cada etapa da atividade, necessária para a implementação do processo de recuperação de baterias de via, utilizando a mão de obra presente na célula de baterias.

Os resultados deste trabalho geram uma economia anual de aproximadamente R\$ 60.000,00 (sessenta mil reais) para a empresa na qual o mesmo foi desenvolvido, sem a necessidade de um investimento inicial para tal.

Além do ganho financeiro, esse projeto proporcionou um melhor aproveitamento tanto da mão de obra disponível no setor de baterias, quanto do espaço presente na área, diminuindo perdas em tempo no processo de recuperação das baterias de locomotivas, aumentando assim sua eficiência. Por fim, foi garantido que a empresa na qual o projeto foi realizado obtivesse de forma documentada todo o conhecimento necessário para a realização de cada etapa do processo de recuperação das baterias alcalinas utilizadas ao longo da via férrea.

Abstract

This project has as a main objective to reduce a railway company's expenses related to the maintenance of alkaline batteries used along the railway, failing to pay a third-party company responsible for carrying out this activity to start doing it internally, guaranteeing the intellectual knowledge's permanence of this process within the company in which the work was carried out.

For this, it was necessary to perform a theoretical study and daily monitoring of the recovery processes of batteries, both those used in locomotives, which was already carried out in the company, and those used along the railway.

These actions resulted in several improvements in the locomotive battery recovery process, in addition to making possible both physical, with works in the area, and theoretical structuring, creating a standard operating procedure with detailed information of each step of the activity, necessary for the implementation of the recovery process of the batteries used along the railway, using the labor present in the battery cell.

The results of this work generate an annual savings of approximately R\$ 60,000.00 (sixty thousand reais) for the company in which it was developed, without the need for an initial investment to do so.

In addition to the financial gain, this project provided a better use of both available manpower in the battery sector and the space present in the area, reducing losses in time in the recovery process of locomotive batteries, thus increasing their efficiency. Finally, it was guaranteed that the company in which the project was carried out obtained in a documented way all the necessary knowledge for the accomplishment of each step of the recovery process of the alkaline batteries used along the railway.

Sumário

1	Introdução.....	16
1.1	Trens de carga.....	17
1.1.1	Locomotiva a vapor	17
1.1.2	Locomotiva diesel-hidráulica	17
1.1.3	Locomotiva elétrica	18
1.1.4	Locomotiva diesel-elétrica	18
1.2	Baterias utilizadas no modal ferroviário.....	20
1.2.1	Baterias de locomotiva	20
1.2.2	Baterias de via	21
1.3	Manutenção das baterias utilizadas no modal ferroviário	22
1.4	Objetivo Geral	22
2	Materiais e Métodos	24
2.1	Processo de recuperação de baterias de locomotiva.....	24
2.1.1	Melhora no check list de recebimento das baterias de locomotiva	24
2.1.2	Alteração do Layout da área.....	26
2.1.2.1	Adição da área de pintura	28
2.1.2.2	Adição de uma estrutura para troca dos apoios de baterias Tipo 3	28
2.1.2.3	Mudança na troca de elementos das baterias de locomotiva Tipo3	29
2.1.3	Ferramenta para auxílio diário do processo.....	32
2.2	Processo de recuperação de baterias de via	32
2.2.1	Entendimento teórico do processo.....	33
2.2.2	Implementação do processo na área	34
3	Resultados e Discussões.....	36
3.1	Melhora no checklist de recebimento das baterias de locomotiva	36
3.2	Alteração do Layout da área / adição da área de pintura.....	36
3.3	Adição de uma estrutura para troca dos apoios de baterias Tipo 3	41
3.4	Mudança na troca de elementos das baterias de locomotiva Tipo 3	43
3.5	Análise do ganho total em horas das mudanças na área.....	43
3.6	Ferramenta para auxílio diário do processo.....	44
3.7	Entendimento teórico do processo.....	45
3.8	Implementação do processo na área	47

4	Conclusões.....	48
	Referências Bibliográficas	49
	Anexo A – Modelo antigo do formulário de recebimento de baterias.....	51
	Anexo B – Modelo novo do formulário de recebimento de baterias	53

Lista de Figuras

Figura 1- Locomotiva diesel-elétrica em corte.....	19
Figura 2 - Exemplo de bateria de locomotiva.....	20
Figura 3 - Exemplo de bateria de via.....	21
Figura 4 - 24 monoblocos da bateria Tipo 1.....	25
Figura 5 - 4 dos 8 monoblocos da bateria Tipo 2	25
Figura 6 - Layout inicial da área.....	27
Figura 7 - Bateria modelo Tipo 3 caixa de ferro	29
Figura 8 - Troca dos elementos utilizando a palleteira.....	31
Figura 9 - <i>Layout</i> final da área.....	37
Figura 10 – Antigo escritório da célula de baterias	37
Figura 11 - <i>Boxes</i> de carga/descarga e de pintura	38
Figura 12 – <i>Layout</i> antigo da área na qual foi instalado o escritório.....	39
Figura 13 – Alterações do <i>Layout</i> da área para instalação do escritório	40
Figura 14 - Novo local do escritório da célula de baterias	41
Figura 15 - Estrutura para troca dos apoios das baterias	42
Figura 16 - Destaque do local da estrutura para troca dos apoios de baterias.....	43
Figura 17 - Caixas de entrada de informações dos processos de recuperação de baterias de locomotiva.....	44
Figura 18 - Parte do mapeamento dos processos das baterias de locomotiva	45

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Adaptado de CNT (2014) * Tonelada-Quilômetro Útil	16
--	----

1 *Introdução*

As facilidades de mobilidade e acessibilidade da população de um país, bem como o escoamento de sua produção de mercadorias, tanto na conjuntura nacional quanto na internacional, estão diretamente relacionadas ao seu crescimento econômico. No Brasil, são cinco os modais de transporte de cargas mais usuais: rodoviário, ferroviário, aquaviário, dutoviário e aéreo [1].

Tais modais são mostrados abaixo com a matriz de transportes de cargas no Brasil, dados de 2014 CNT:

Tabela 1 - Adaptado de CNT (2014) * Tonelada-Quilômetro Útil

Matriz do transporte de cargas no Brasil - 2014		
Modal	Milhões (TKU*)	Participação (%)
Rodoviário	485.625	61,1
Ferrovário	164.809	20,7
Aquaviário	108.000	13,6
Dutoviário	33.300	4,2
Aéreo	3.169	0,4
Total	794.903	100,0

Nos países desenvolvidos, de grande ou de pequena extensão territorial, o modal ferroviário se destaca como um dos principais no transporte de mercadorias, por proporcionar uma maior capacidade de carga e ser mais econômico do que o rodoviário [2]. Sua principal característica é a capacidade de movimentar grandes volumes com eficiência energética, prioritariamente em grandes distâncias. Quando comparado com o rodoviário, o sistema ferroviário de transporte de cargas se destaca na segurança, com menores índices de acidentes e roubos de carga [1].

Com relação ao transporte ferroviário de carga no Brasil, algumas características positivas se destacam: Grande capacidade de carga, adequado para grandes distâncias, elevada eficiência energética, baixo custo de transporte, baixo custo de manutenção [1].

1.1 Trens de carga

Os trens de carga são compostos de locomotivas e vagões de carga. As locomotivas são os equipamentos ferroviários responsáveis pela tração do trem, podendo ser classificadas, segundo o seu motor de propulsão utilizado, da seguinte forma:

1.1.1 Locomotiva a vapor

Esse tipo de locomotiva apresenta como característica o fato de ser propulsionada por um motor a vapor, sendo composta pela unidade frontal (a máquina a vapor) e pela unidade posterior (local necessário para armazenamento de combustível e água utilizados na transferência de energia). A locomotiva a vapor exige baixa complexidade técnica na manutenção, mas se tornou obsoleto, principalmente devido aos seguintes fatores:

- Alto consumo volumétrico de água e combustível;
- Baixo rendimento, visto que uma pequena parte do calor produzido é utilizado na movimentação da locomotiva;
- Baixa eficiência de combustível [3][4].

1.1.2 Locomotiva diesel-hidráulica

A locomotiva diesel hidráulica tem sua fonte geradora de energia proveniente de um motor a diesel e usa a transmissão hidráulica para transmitir a força desse motor para as rodas. Normalmente são utilizadas em situações de manobras, devido ao seu alto torque e capacidade de manter velocidade constante em diferentes condições de operação. Suas principais vantagens são:

- Alta relação peso/potência;
- Capacidade de tráfego em qualquer velocidade;
- Pouca ocorrência de defeitos;
- Baixo custo por HP [3][5].

1.1.3 Locomotiva elétrica

A locomotiva elétrica é alimentada por energia elétrica externa captada da rede aérea por um pantógrafo (que se expande até tocar os cabos de aço energizados) ou através de trilhos eletrificados ao lado dos trilhos de rolagem. Devido aos altos custos de manutenção dos equipamentos necessários para o seu funcionamento, a tração elétrica é mais utilizada nos sistemas de transporte de passageiros. As principais vantagens deste tipo de equipamento são:

- Economia de 15 a 20% no custo de transporte;
- Uso de energia renovável, ecologicamente correta;
- Não poluente;
- Maior aceleração com grande velocidade final;
- Capacidade de recuperar energia elétrica nos declives ao usar o freio elétrico [3] [6] [7].

1.1.4 Locomotiva diesel-elétrica

A locomotiva diesel-elétrica tem como característica principal o fato de ser um sistema de produção e geração de energia elétrica, que carrega sua própria estação geradora de energia, sendo o tipo de locomotiva mais utilizado no transporte ferroviário atualmente no Brasil [3].

A Figura 1 apresenta uma locomotiva diesel-elétrica em corte, o que possibilita uma visão geral da disposição dos componentes presentes na mesma.

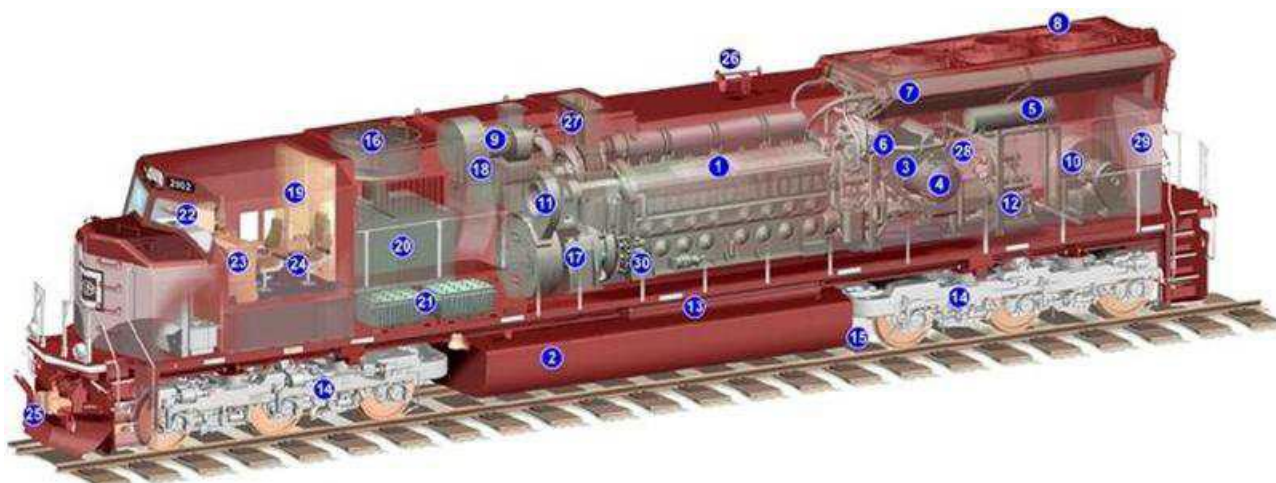


Figura 1- Locomotiva diesel-elétrica em corte

É possível identificar na figura em corte os seguintes elementos principais de uma locomotiva:

- | | |
|---|-------------------------------------|
| 1 – Motor diesel | 16 – Freio dinâmico |
| 2 – Tanque de combustível | 17 – Gerador de tração |
| 3 – Resfriador de óleo lubrificante | 18 – Filtro de inércia |
| 4 – Filtro de óleo lubrificante | 19 – Armário elétrico 1 |
| 5 – Reservatório auxiliar de água | 20 – Armário elétrico 2 |
| 6 – Reservatório da água de resfriamento | 21 – Baterias |
| 7 – Radiadores | 22 – Console do maquinista |
| 8 – Ventiladores do sistema de resfriamento | 23 – Console do auxiliar |
| 9 – Soprador do truque 1 | 24 – Poltronas |
| 10 – Soprador do truque 2 | 25 – Engates |
| 11 – Soprador gerador | 26 – Buzina |
| 12 – Compressor de ar | 27 – Escapamento do motor diesel |
| 13 – Reservatório de ar | 28 – Filtro primário de combustível |
| 14 – Truque | 29 – Reservatório de areia |
| 15 – Motor de tração | 30 – Motores de partida [3] |

Esse tipo de locomotiva tem no motor diesel sua fonte primária de energia, transformando a energia química contida no óleo diesel em energia mecânica. Tal motor é acoplado mecanicamente ao gerador principal de energia elétrica, responsável por alimentar o circuito de alta tensão, composto pelos motores elétricos de tração que acionam os rodeiros (eixos) da locomotiva. As locomotivas mais antigas usam motores de tração CC, que são menos potentes quando comparados com os motores de indução CA trifásicos das mais modernas. A tecnologia CA permite um controle eletrônico mais preciso e um aumento de significativo da capacidade de transporte. Outra grande vantagem, é que ela permite a

circulação das locomotivas de forma mais eficiente em condições extremas, como em curvas estreitas e rampas muito inclinadas, reduzindo os impactos na circulação e a manutenção dos trens [3][6][7][8].

O gerador auxiliar, que também é acoplado ao motor diesel, gera a corrente contínua de baixa tensão. O circuito de baixa tensão (74 volts) alimenta o sistema de iluminação e sinalização, aciona contadores, relés e válvulas solenoides, além de recarregar o conjunto de baterias [9].

1.2 Baterias utilizadas no modal ferroviário

As baterias desempenham um papel crucial e imprescindível para o funcionamento do modal ferroviário, sendo utilizadas tanto nas locomotivas quanto espalhadas ao longo da própria via férrea.

1.2.1 Baterias de locomotiva

Como dito anteriormente, as baterias das locomotivas são recarregadas pelo gerador auxiliar. Tais baterias alimentam o circuito de baixa tensão (sistema de iluminação e sinalização, contadores, relés e válvulas solenoides) quando o motor diesel não estiver funcionando. Além disso, elas desempenham o importante papel de serem responsáveis por fornecer a corrente de partida da locomotiva, aproximadamente 900A [9]. A Figura 2 mostra um exemplo de bateria ferroviária, sem a tampa superior, para visualização dos monoblocos.



Figura 2 - Exemplo de bateria de locomotiva

1.2.2 Baterias de via

As baterias de via fazem parte do sistema de *back up* presente nas chamadas “houses” que ficam espalhadas ao longo da via, sendo utilizadas para alimentar os circuitos necessários quando há queda de energia, que acontece com uma frequência considerável. Esses circuitos exercem funções distintas, que podem ser:

- Alimentar os motores responsáveis por movimentar os desvios nos trilhos (o que torna possível mudar o caminho no qual o trem irá passar).
- Energizar os trilhos, um lado positivamente e o outro negativamente. Dessa forma, o trem “fecha o circuito” quando passa por eles, ativando assim um relé que envia um sinal para um Controlador Lógico Programável (CLP) que também é alimentado pelo circuito. Vale lembrar que os trilhos são divididos em seguimentos que são isolados um do outro. Assim, o CLP consegue processar, de acordo com os sinais recebidos pelos relés, em qual trecho do malha ferroviária cada trem se encontra.

A Figura 3 mostra um exemplo de conjunto de baterias de via, mostrando como os monoblocos são conectados em série para serem utilizados.



Figura 3 - Exemplo de bateria de via

1.3 Manutenção das baterias utilizadas no modal ferroviário

Devido às condições de operação das baterias de locomotiva (alta temperatura, corrente de partida da locomotiva muito elevada, tempo de recarregamento da bateria pelo gerador auxiliar insuficiente em situações específicas que ocorrem com certa frequência), a manutenção das mesmas é um assunto de grande importância nas empresas ferroviárias brasileiras, e vem recebendo uma atenção especial.

Se não houver uma boa gestão no processo de recuperação dessas baterias, as empresas acabam perdendo muito dinheiro com locomotivas paradas aguardando somente a conclusão da manutenção da bateria para poderem voltar a circular e gerar lucro. O processo completo de recuperação desse tipo de bateria leva aproximadamente de 7 a 10 dias para ser concluído, além dos dias necessários para transportar essa bateria até os respectivos almoxarifados, que fazem as requisições das mesmas.

Já as baterias de via, mesmo trabalhando em ambientes com altas temperaturas, não sofrem tanto desgaste quanto as de locomotiva, visto que são usadas apenas quando há queda de energia e o pico máximo de corrente que podem fornecer é de 20A, em um período de aproximadamente 10s, enquanto seu consumo normal médio não ultrapassa o valor de 5A. Por consequência disso, essas baterias apresentam uma taxa de falha menor do que as de locomotivas, sendo assim um assunto menos problemático para as empresas ferroviárias brasileiras.

Vale ressaltar que, por serem utilizadas em situações distintas com condições de funcionamento diferentes, as baterias de locomotivas são diferentes quanto à capacidade em relação às baterias de via. Na empresa ferroviária analisada, existe uma diferença nas características químicas das baterias. Enquanto as baterias de locomotiva apresentam uma solução ácida, as baterias de via apresentam solução alcalina. Tal diferença resulta em processos de recuperação distintos.

1.4 Objetivo Geral

Este trabalho tem como objetivo geral implementar o processo de recuperação de baterias de via em um setor (com espaço físico restrito e mão de obra limitada) que realiza a

recuperação de baterias de locomotiva em uma planta industrial de uma empresa do setor ferroviário situada na cidade de Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil.

Dado o objetivo geral, têm-se como objetivos específicos:

- Estudar o processo de recuperação das baterias de locomotiva;
- Buscar maneiras de melhorar a eficiência do processo de recuperação das baterias de locomotiva com o intuito de liberar mão de obra para a realização do processo de recuperação de baterias de via;
- Buscar maneiras de melhorar o *Layout* da área destinada ao processo de recuperação de baterias de locomotiva com o intuito de otimizar o uso do espaço disponível, para que seja possível adicionar o processo de recuperação de baterias de via sem impactar negativamente no primeiro;
- Entender quais são as etapas necessárias para a realização do processo de recuperação de baterias de via e qual a melhor forma de realizá-las.
- Garantir uma gestão que consiga atender à demanda de baterias de via de toda a empresa;

2 *Materiais e Métodos*

Para alcançar os objetivos propostos foi necessário acompanhar de perto tanto o processo de recuperação de baterias de locomotiva feito pelos funcionários da empresa do setor ferroviário quanto o processo de recuperação de baterias de via feito por uma empresa terceirizada. Tais atividades estão expostas nessa seção.

2.1 *Processo de recuperação de baterias de locomotiva*

Antes de implementar um novo processo na área, foi preciso melhorar o já existente e, para isso, fez-se necessário adquirir um conhecimento mais aprofundado sobre cada uma das etapas, desde o recebimento das baterias até a sua liberação para o campo. Tal conhecimento foi sendo construído com o acompanhamento diário da rotina de recuperação das baterias. A partir disso, foram identificadas algumas oportunidades de melhorar a eficiência tanto em termos de mão de obra quanto da utilização da área. Tais oportunidades estão presentes abaixo.

2.1.1 *Melhora no check list de recebimento das baterias de locomotiva*

A primeira etapa do processo de reparação das baterias de locomotiva consiste no recebimento das mesmas. Nessa fase, o colaborador da empresa tem uma percepção inicial das características da bateria (tensão nos terminais, nível e densidade da solução, além do estado de conservação de sua estrutura). Tais informações são escritas no chamado *Checklist* de Recebimento, que é um documento da empresa.

Ao analisar o *Checklist* das baterias modelo Tipo 1 e Tipo 2 (descritas dessa forma para preservar suas marcas), foi percebido que certas informações eram repetidas e tinham que ser preenchidas para cada um dos monoblocos da bateria, que dependendo da marca pode ter 8 ou 24, mostrados nas Figuras 4 e 5.



Figura 4 - 24 monoblocos da bateria Tipo 1



Figura 5 - 4 dos 8 monoblocos da bateria Tipo 2

A partir disso, foi feita uma reunião com o líder da área, com o engenheiro do setor, o coordenador e o gerente para expor a existência dessas informações repetidas, que geram retrabalho e aumentam a chance de erros e rasuras no documento, além de propor uma nova versão do *checklist* com a solução do problema. A ideia de utilizar a nova versão foi amplamente aceita pelos participantes da reunião que deram a permissão para realizar a atualização do formulário.

Para um melhor entendimento, o modelo antigo do *checklist* de recebimento das baterias se encontra no Anexo A, enquanto que o novo modelo se encontra no Anexo B. Vale ressaltar que era utilizado um *checklist* do modelo antigo para cada monobloco. Ou seja, para baterias modelo Tipo 2 eram necessários 8 *checklists*, enquanto que para baterias modelo Tipo 1 eram necessários 24. Já com o novo modelo, é usado apenas um *checklist* pra o jogo completo. Além disso, é importante esclarecer que o *checklist* presente no Anexo B se refere às baterias do modelo Tipo 2, pois apresenta 8 “caixas de preenchimento”, enquanto o *checklist* de baterias modelo Tipo 1 apresenta 24, sendo essa a única diferença entre os dois.

2.1.2 Alteração do Layout da área

Ao acompanhar a rotina na área de recuperação de baterias de locomotiva, ficou evidente que o espaço para a realização dessa atividade não era abundante e que havia muitas oportunidades de aproveitá-lo de uma forma mais eficiente. Como era necessário adicionar o processo de recuperação de baterias de via nessa área, foi preciso realizar algumas mudanças no *Layout* para permitir que dois processos distintos, de recuperação de baterias de via e baterias de locomotiva, pudessem ocorrer aonde inicialmente apenas um era realizado. Vale ressaltar que as baterias de via são bem menores fisicamente quando comparadas com as baterias de locomotivas e, como dito anteriormente, possuem uma demanda e urgência de entrega muito menor. Levando isso em consideração, é sensato direcionar a maior parte da área disponível para o processo de recuperação de baterias de locomotivas.

Para a criação de um novo *Layout* foi utilizado o software AutoCAD, que é uma ferramenta amplamente aplicada em diversas áreas, tais como: engenharia (elétrica, mecânica e civil), arquitetura, dentre tantas outras [10]. Conversando com os funcionários que trabalham na área, foi percebido que o *Layout* presente até então não tinha sido planejado para obter um maior aproveitamento do espaço existente. Antes de pensar em como melhorar a

distribuição do espaço, foi necessário mapear toda a área com o *Layout* atual. Para isso, foi preciso medir cada uma das demarcações presentes no local. Com essas informações, foi feita uma planta baixa simples com proporções reais da área de recuperação de baterias (Figura 6).

Para um melhor entendimento da Figura 6, é válido explicar que a empresa na qual o projeto foi desenvolvido tem como regra que todos os objetos que sejam fixos nas oficinas de produção industrial possuam uma demarcação com faixa amarela ao seu redor. No caso dessa área em específico, esses objetos podem ser mesas, armários, bancadas, pallets com baterias, caixas com peças de baterias, carregadores e descarregadores de baterias. Além disso, as áreas nas quais os processos de recuperação de componentes efetivamente ocorrem são separadas das áreas de trânsito de pedestres e paleteiras (parte central da Figura 6) por meio de uma faixa branca. O quadrado em vermelho presente na imagem representa a área destinada ao extintor, que é um item obrigatório em todas as células da área. Os cinco retângulos presentes na parte superior são os *boxes* nos quais acontece o processo de recuperação das baterias de locomotiva (que são levadas até lá por meio das paleteiras). O objetivo dessa melhoria do *Layout* da área foi adicionar um espaço para a recuperação de baterias de via sem diminuir a capacidade de recuperação das baterias de locomotiva, que ocorre nos *boxes* citados anteriormente.

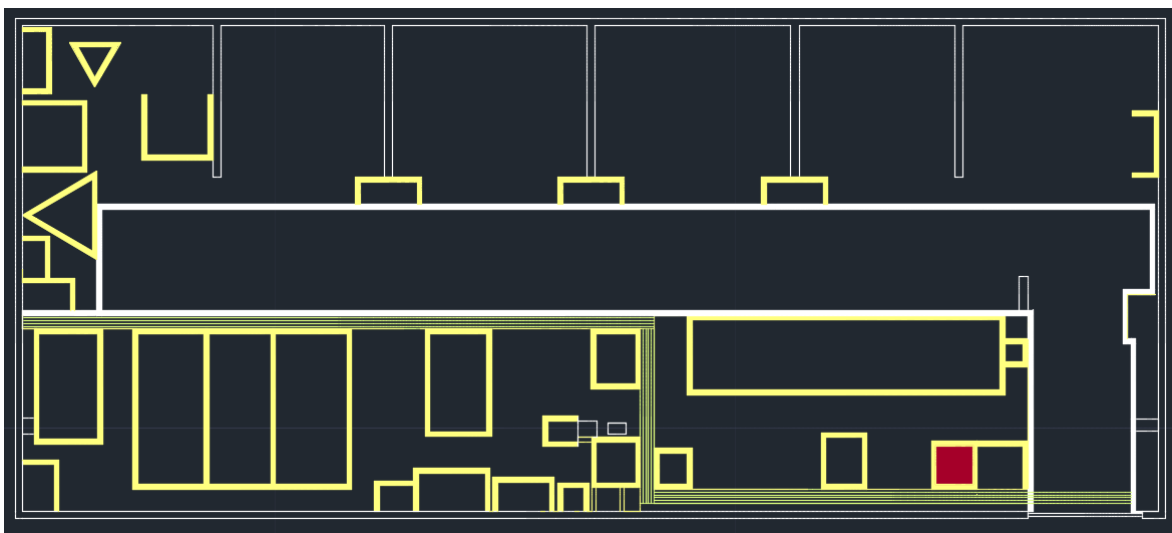


Figura 6 - Layout inicial da área

Tendo o *Layout* da área feito e impresso, foi possível começar uma análise detalhada das possibilidades de melhoria a serem feitas, bem como um estudo do melhor local para se introduzir o processo de recuperação de baterias de via. A partir daí, deu-se início a um processo de constantes medições e alterações na planta com o objetivo de conseguir

aproveitar da melhor maneira possível o espaço disponível. Os avanços obtidos foram sendo apresentados dentre as inúmeras reuniões tanto com o líder da área quanto com o coordenador do setor. Durante esse trabalho de constante estudo do processo e procura por melhorias, foram descobertas três possibilidades de diminuir o desperdício de tempo durante o processo de recuperação das baterias de locomotivas. Tais possibilidades são apresentadas a seguir.

2.1.2.1 Adição da área de pintura

Independente da marca, todas as baterias de locomotiva recebem um acabamento com tinta spray ao final do processo de recuperação. Como a área não possuía um local apropriado para realização de tal atividade, de acordo com os padrões de segurança do trabalho e meio ambiente, era necessário deslocar cada bateria até a cabine de pintura presente em outra área do setor de recuperação de componentes elétricos. Tal atividade impacta negativamente no tempo total do processo, além de incluir riscos, visto que a bateria tem que ser deslocada de uma área para a outra por meio de palleteira.

Entendendo a necessidade da realização dessa etapa de pintura dentro da área de baterias, foi proposta a construção de um local que, atendendo aos requisitos pré-determinados pela equipe de segurança do trabalho e meio ambiente, seria capaz de tornar isso uma realidade. Tais requisitos são relacionados com os impactos que a realização da nova atividade pode gerar tanto para o meio ambiente (poluição, caso não haja um filtro específico do exaustor) quanto para os próprios funcionários (danos à segurança, caso os devidos equipamentos de proteção não sejam utilizados, ou a estrutura seja construída de tal forma que induza a execução da atividade de maneira incorreta quanto à ergonomia).

Após adição desse local no *Layout*, foi feita uma reunião com o líder da área e o coordenador do setor para apresentação da ideia (que foi aprovada imediatamente).

2.1.2.2 Adição de uma estrutura para troca dos apoios de baterias Tipo 3

Dentre os modelos de baterias de locomotiva que a empresa em questão trabalha, o modelo Tipo 3 caixa de ferro (Figura 7) precisa passar por uma etapa extra durante sua manutenção. Esse modelo possui seu revestimento de ferro e tem 4 apoios feitos de material isolante (para que a superfície condutora da bateria não encoste com a superfície condutora da locomotiva) que reforçam o isolamento da bateria. Tais apoios costumam desgastar e precisam ser trocados sempre que esse modelo passa por manutenção.



Figura 7 - Bateria modelo Tipo 3 caixa de ferro

O problema é que para realizar essa troca dos apoios isolantes é necessário elevar a bateria, que pesa 590 Kg. Tal atividade era feita em um elevador específico situado no setor de Recuperação de Componentes Elétricos, que fica fora da área de baterias. Conversando com o líder da área e com o coordenador do setor, foi percebido que seria vantajoso realizar essa troca dos apoios dentro da área da baterias pelos mesmos motivos que levaram à criação da área de pintura citada anteriormente.

A partir daí, foi feito um estudo sobre a criação de uma estrutura específica para essa atividade e sua possível fixação dentro da área de baterias. Para isso, foram feitas algumas reuniões com o desenhista técnico presente no setor (para apresentar a ideia e a necessidade de um suporte), além de alterações no *Layout*. O resultado dessa ideia foi aprovado com grande entusiasmo pelo coordenador do setor e pelo líder da área, e será mostrado na seção de resultados presente posteriormente.

2.1.2.3 Mudança na troca de elementos das baterias de locomotiva Tipo3

Durante o processo de recuperação das baterias modelo Tipo 3 é normal que alguns elementos não tenham capacidade de ser recuperados, sendo assim sucateados. Esses elementos são substituídos por outros, em bom estado, para completar o jogo que será enviado para ser instalado em uma locomotiva. Acompanhando o processo de troca desses elementos,

e conversando com os funcionários a respeito de melhorias no processo, foi percebida a possibilidade de otimizar essa atividade, que era realizada com o auxílio de uma das pontes rolantes presentes na oficina.

Como a ponte rolante fica em uma região externa à célula das baterias, é preciso que o funcionário se desloque para pegar o controle da ponte e movimentá-la até o local no qual ocorre a troca dos elementos. Além disso, não é sempre que a ponte rolante está disponível, sendo necessário esperar até que ela possa ser utilizada, o que atrasa ainda mais o processo.

A ideia de melhoria dessa atividade é deixar de executá-la com a ponte rolante, passando a utilizar a palleteira para movimentar os elementos. Para que essa mudança fosse possível, fez-se necessário uma demonstração da nova forma de realizar o processo para a equipe de segurança do trabalho e meio ambiente, visto que é preciso que haja uma aprovação dos mesmos quanto à segurança da nova forma proposta de se realizar a atividade. A Figura 8 apresenta a troca de um dos elementos da bateria utilizando a palleteira durante a demonstração citada anteriormente.

Após a aprovação da equipe de segurança do trabalho e meio ambiente, a atividade passou a ser realizada utilizando a palleteira, e os ganhos serão mostrados na seção dos resultados.



Figura 8 - Troca dos elementos utilizando a palleteira

2.1.3 Ferramenta para auxílio diário do processo

Acompanhando a rotina de recuperação das baterias de locomotiva, notou-se a necessidade de uma ferramenta capaz de ajudar o líder da área no controle com relação às etapas em que cada bateria se encontrava, visto que podem ocorrer 10 processos distintos simultaneamente dentro da área.

Uma bateria que está sendo recuperada não precisa ser acompanhada em tempo integral pelo funcionário. Existem momentos específicos, dependendo da etapa do processo e do modelo da bateria, nos quais o funcionário precisa realizar certas atividades atuando fisicamente no processo. Tendo em vista essa realidade, foi desenvolvida uma ferramenta com o intuito de auxiliar o líder da área de baterias, que é o responsável por delegar as atividades diárias de cada membro da sua equipe. Para a criação dessa ferramenta, foi utilizado o software Microsoft Excel, que é mundialmente conhecido e pode ser aplicado para realizar diversas tarefas, tais como: cálculos simples e complexos, elaboração de gráficos, criação de lista de dados, projeções e análise de tendências, dentre outras [11][12].

A ideia da ferramenta criada é simples. Toda manhã o líder da área preenche no campo específico de cada um dos 10 processos, as seguintes informações: modelo da bateria, etapa do processo e nível da etapa (caso seja necessário). Tendo essas informações, a ferramenta mostra para o usuário os horários nos quais haverá necessidade da presença de funcionários em cada um dos processos durante todo o dia de serviço, além do número de funcionários disponíveis (de acordo com o turno de cada um). Com essas informações, o líder tem mais facilidade para delegar as funções dos seus subordinados de uma forma mais eficiente (de tal forma que os atrasos em cada processo possam ser minimizados ao máximo). Um exemplo da utilização dessa ferramenta é mostrado na seção dos resultados.

2.2 Processo de recuperação de baterias de via

Para implementar o processo de recuperação das baterias de via da melhor forma possível, foi preciso dividir esse assunto em duas vertentes, sendo a primeira relacionada com o aprofundamento do conhecimento teórico do processo, e a segunda relacionada com as

medidas necessárias a serem tomadas na empresa para possibilitar a realização do projeto. Tais vertentes estão presentes abaixo.

2.2.1 Entendimento teórico do processo

Antes de pensar na etapa de implementação do novo processo de recuperação de baterias, foi preciso entender como o mesmo era feito pela empresa terceirizada. Para isso, foram feitas algumas visitas ao laboratório no qual tal processo acontecia, com o objetivo de absorver o máximo de informações possível. Nessas visitas, foi possível conversar com o funcionário responsável pela realização da reparação das baterias de via, além de registrar (por meio de fotos e medições das dimensões dos equipamentos) as informações mais importantes, que foram necessárias para se estudar a possibilidade de realizar tal processo no espaço disponível no setor de baterias da empresa na qual o projeto foi desenvolvido.

Conversando com o funcionário em questão foi percebido que o mesmo não cumpria o que estava pré-definido no contrato assinado pelas duas empresas para a reparação das baterias de via. A empresa terceirizada não possuía nenhum controle do fluxo de baterias que eram recuperadas, não havia um controle de demanda, de tempo de entrega, de sucateamento e de rastreabilidade. Além disso, houve certa resistência por parte do funcionário da empresa terceirizada em compartilhar os seus conhecimentos sobre a realização das etapas de recuperação das baterias. Tal realidade dificultou a realização do projeto, visto que não foram adquiridas as informações de onde se era esperado.

Para contornar essa situação, foi preciso desenvolver uma nova estratégia. Com as poucas informações adquiridas nas visitas citadas anteriormente, foi possível começar uma pesquisa mais direcionada a respeito do processo de recuperação de baterias alcalinas. Depois de muita pesquisa, foram encontrados manuais da empresa SAFT, grupo francês que é líder mundial em baterias de alta tecnologia, que possibilitaram um entendimento mais aprofundado sobre as características das etapas necessárias para a realização da manutenção das baterias em questão, como por exemplo: porcentagem da corrente nominal que deve ser usada nas etapas de carga e descarga da bateria; tempo de carregamento necessário para que a bateria armazene sua quantidade máxima de carga; e características de armazenamento, preparo e conferência do nível da solução alcalina utilizada na bateria.

Como boa parte das baterias de via utilizadas pela empresa na qual o projeto foi proposto são da marca SAFT, foi possível a realização de uma reunião presencial com dois representantes da multinacional no Brasil. Devido às informações adquiridas, tanto nas visitas à empresa terceirizada quanto na leitura do material encontrado nas pesquisas, foi possível ter uma conversa mais aprofundada com os representantes, que proporcionou um conhecimento ainda maior das características do processo. Tal conhecimento tornou possível a evolução do projeto para a etapa de real implementação do processo na área.

2.2.2 Implementação do processo na área

Para realizar o processo na área foi preciso uma iteração intensa com diversos outros setores da empresa. Primeiramente, foi preciso conseguir a permissão da empresa para dar início às obras. Para tal, foram realizadas algumas reuniões e visitas na área com a finalidade de adequar o projeto às condições impostas pela Gerência de Segurança do Trabalho e Meio Ambiente, equipe responsável por garantir que todas as atividades realizadas na empresa não sejam nocivas tanto para os funcionários quanto para o meio ambiente.

Tendo essa permissão, foi preciso entrar em contato com a Gerência de Serviços Compartilhados, equipe responsável por dar suporte na área de pequenas obras dentro da empresa, para explicar o projeto e dar início às alterações na área de baterias. Enquanto as obras estavam em andamento, foi necessário garantir que os equipamentos necessários para realização do processo de recuperação das baterias seriam adquiridos a tempo para dar continuidade ao projeto. Com o conhecimento teórico do processo, foi criada uma lista com todos os equipamentos, ferramentas e utensílios necessários.

A partir daí, deu-se início a dois processos distintos: o de compra (de ferramentas e utensílios) e o de transporte (de equipamentos pertencentes à empresa que estavam alocados na planta de Juiz de Fora, MG). Para realização da compra foi preciso contatar a Gerência de Suprimentos, equipe responsável pela compra de qualquer equipamento, componente ou material utilizado nos processos da empresa. No caso do transporte, foi necessário entrar em contato com a Gerência de Programação de Controle de Manutenção, equipe responsável pela logística dos equipamentos, componentes e materiais que precisam ser transportados.

Em paralelo com tais ações, foram realizadas reuniões com os coordenadores que passariam a ser os clientes do processo de recuperação de baterias de via (visto que eles

coordenam as áreas responsáveis pelas inspeções ao do trecho que substituem as baterias que não estão funcionando por baterias em bom estado) para explicar a mudança dos serviços que deixariam de ser feitos pela empresa terceirizada para começarem a ser realizados internamente na empresa ferroviária. Com as obras finalizadas, e tendo os equipamentos fisicamente na planta da empresa em Belo Horizonte, deu-se início ao processo de instalação dos mesmos. Para isso, foi preciso contatar a Gerência de Infraestrutura, equipe responsável pela instalação elétrica e manutenção de todos os equipamentos utilizados nos processos da empresa.

Equanto o processo de instalação dos equipamentos era concluído, deu-se início à pintura da área (para a atualização do *Layout* proposto anteriormente) e à construção tanto das bancadas necessárias para o processo de baterias de via quanto da bancada necessária para a realização da pintura das baterias de locomotiva. Com isso, obteve-se todo o aparato necessário para dar início ao processo de recuperação das baterias de via.

3 *Resultados e Discussões*

Por consequência da maneira como a seção anterior foi dividida, o projeto apresenta diferentes resultados, nas diferentes áreas de atuação. Tais resultados serão apresentados separadamente a seguir.

3.1 *Melhora no checklist de recebimento das baterias de locomotiva*

As alterações feitas no *checklist* de recebimento das baterias modelo Tipo 1 e Tipo 2 geraram bons resultados. O primeiro deles foi na quantidade de páginas gastas por documento, que diminuiu de 16 para 3 páginas no caso da bateria Tipo 2, e de 48 para 5 páginas no caso da bateria Tipo 1. Essa mudança em páginas por *checklist* de recebimento representa mais do que uma economia de folhas considerável, tendo em vista que esses documentos são utilizados diariamente, pois diminui as chances de erro do funcionário que preenche os campos necessários, visto que houve uma diminuição da quantidade desses campos, evitando assim um possível retrabalho por parte do funcionário.

Outra consequência direta dessas alterações é a diminuição do tempo gasto com preenchimento desnecessário (aproximadamente 66% do tempo total da atividade de recebimento), que gerou uma grande diferença ao final de um mês. Somando os ganhos em tempo dos dois modelos de bateria, chegou-se a uma economia mensal de aproximadamente 30 horas.

3.2 *Alteração do Layout da área / adição da área de pintura*

A Figura 9 mostra a versão final do *Layout* da célula de baterias.

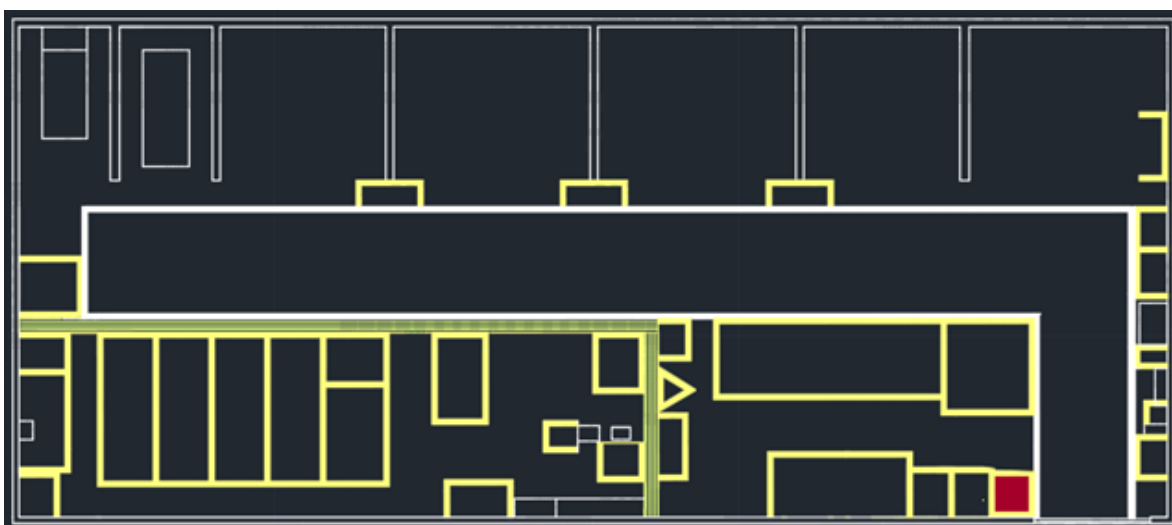


Figura 9 - Layout final da área

Dentre as diversas alterações presentes no Layout, duas são destacadas a seguir. A primeira foi a criação dos boxes de carga/descarga das baterias de via e de pintura das baterias de locomotiva no espaço utilizado anteriormente como escritório. As fotos da área de antes e depois dessa alteração estão presentes respectivamente nas Figuras 10 e 11.



Figura 10 – Antigo escritório da célula de baterias



Figura 11 - Boxes de carga/descarga e de pintura

De acordo com a produção média mensal de baterias de locomotivas e com o ganho em tempo na pintura de cada uma devido à eliminação da necessidade de movimentação com palleteira até uma área externa para realização do processo, foi obtida uma economia média mensal de aproximadamente 8 horas.

A segunda alteração foi a realocação do escritório da célula de baterias em outra área (na qual não havia um bom aproveitamento do espaço). A Figura 12 mostra o espaço da área necessário para acesso aos capacetes pendurados nos suportes presentes na parede, bem como a existência de espaço sobrando dentro da demarcação feita no chão para o carrinho de furadeira (situado ao lado esquerdo do extintor).



Figura 12 – Layout antigo da área na qual foi instalado o escritório

A Figura 13 apresenta alterações feitas no Layout da área. Primeiramente, foi encontrado um novo local para pendurar os capacetes (portão de saída da célula de baterias). Dessa forma, o espaço que até então era necessário para acesso aos capacetes no Layout anterior fica livre para ser utilizado de outra de outra maneira. Além disso, foi feita uma nova demarcação para o carrinho de furadeira (para ganho do espaço livre), e uma troca de posição do mesmo com o extintor, aumentando assim sua acessibilidade (pensando em uma situação de necessidade de acesso rápido ao extintor). E por fim, uma alteração da posição da máquina utilizada para apontar as atividades os funcionários realizam duante o dia (presente no canto direito da imagem).



Figura 13 – Alterações do *Layout* da área para instalação do escritório

Com essas alterações, foi possível adicionar tanto as mesas quanto o armário do escritório no espaço liberado, como mostra a Figura 14.



Figura 14 - Novo local do escritório da célula de baterias

Com isso, foi possível inserir tanto a área para carregar/descarregar as baterias de via quanto o espaço necessário para a pintura das baterias de locomotiva, sem interferir negativamente na área destinada para a produção do segundo tipo de bateria.

3.3 Adição de uma estrutura para troca dos apoios de baterias Tipo 3

Tendo a permissão do coordenador da área, foi realizado o estudo necessário para determinação das medidas e espessura das chapas de sustentação utilizadas na construção da estrutura, levando em consideração o peso e as medidas do modelo de bateria que será apoiado na mesma.

Com tais informações, foi feito um desenho da estrutura no software AutoCAD para que o caldeireiro da oficina de recuperação de componentes elétricos pudesse construir a estrutura. Como esse funcionário possui demandas programadas com antecedência, a construção da estrutura teve que ser adicionada à lista de espera (aonde se encontra até o

momento). A Figura 15 mostra o desenho da estrutura (as cotas foram removidas da imagem para proporcionar uma melhor visualização).

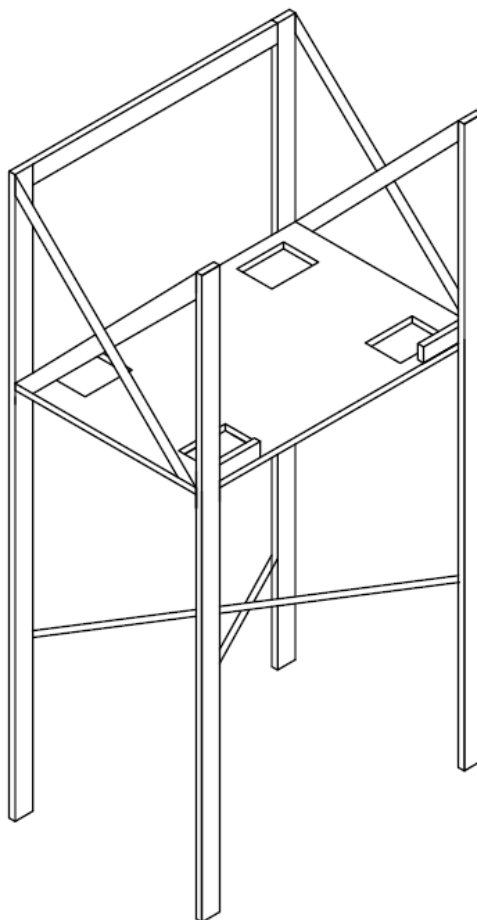


Figura 15 - Estrutura para troca dos apoios das baterias

A Figura 16 destaca o local destinado para instalação dessa estrutura no novo *Layout* da célula de baterias.



Figura 16 - Destaque do local da estrutura para troca dos apoios de baterias

De acordo com a produção média ao longo do mês do modelo de bateria de locomotivas que necessita da troca de seus apoios, e com o ganho em tempo na realização dessa troca devido à eliminação da necessidade de movimentação com palleteira até uma área externa para realização do processo, foi obtida uma economia média mensal de aproximadamente 10 horas.

3.4 Mudança na troca de elementos das baterias de locomotiva

Tipo 3

Após a aprovação da mudança, mediu-se o tempo gasto para a realização do processo e comparou-se o mesmo com o tempo gasto na forma antiga. Tendo em vista a produção média no mês do modelo da bateria em questão, foi possível conseguir um ganho médio mensal de aproximadamente 5 horas.

3.5 Análise do ganho total em horas das mudanças na área

Somando o ganho em horas obtido em todas as mudanças descritas anteriormente, chega-se a um valor de aproximadamente 51 horas mensais. Para entender a proporção desse ganho, foi preciso analisar o sistema de controle de apontamento de atividades da área, que mostra em quais atividades cada funcionário da área trabalhou durante o dia, bem como suas pausas.

Estudando os dados, foi percebido que das 220 horas mensais que cada funcionário da célula de baterias passa na empresa, aproximadamente 142 horas são denominadas “horas produtivas”, horas nas quais o funcionário está realmente realizando atividades úteis para a produção da área (nas quais foi obtido um ganho de aproximadamente 51 horas). Comparando os valores, percebemos que o ganho em horas devido às mudanças do projeto representa aproximadamente 36% das horas que um funcionário da célula de baterias trabalha mensalmente. Tal resultado foi muito elogiado tanto pelo coordenador da área, quanto pelo gerente e pelo gerente geral.

3.6 Ferramenta para auxílio diário do processo

Tendo as informações sobre os tempos de cada uma das etapas do processo de recuperação para cada um dos modelos de baterias de locomotivas, foi possível criar a ferramenta para auxiliar diariamente nesse processo. A Figura 17 mostra quatro das dez caixas de entrada das informações dos processos de recuperação (para melhor visualização do leitor) que devem ser preenchidas no começo do dia pelo líder da área.

08:28	Box1 D	Box1 E	Box2 D	Box2 E
Modelo	Tudor	GNB	Moura GE	Tudor
Etapa	Padronização	Equalização	Padronização	Descarga
Subetapa	0	3	0	0
Horário	06:00	06:15	08:30	08:00
Carga Final Extra ?	0	0	0	0

Figura 17 - Caixas de entrada de informações dos processos de recuperação de baterias de locomotiva

Com esses dados de entrada, a ferramenta gera um mapeamento com todos os horários ao longo do dia nos quais serão necessárias intervenções presenciais por parte dos funcionários em cada um dos *boxes* das baterias de locomotiva, facilitando assim um melhor planejamento da distribuição das atividades do dia feita pelo líder da área. A Figura 18 mostra uma parte desse mapeamento.

Hora	Colab.	Box1 D - Tudor	Box1 E - GNB	Box2 D - Moura GE	Box2 E - Tudor
6:00	2	Início da Padronização			
6:15	2		Início da Equalização		
6:30	2				
6:45	2				
7:00	4				
7:15	4				
7:30	4				
7:45	4				
8:00	4				Início da Descarga
8:15	4				
8:30	4			Início da Padronização	1ª Leitura da Descarga
8:45	4				
9:00	4	1ª Leitura da Padronização			2ª Leitura da Descarga
9:15	4				
9:30	4				3ª Leitura da Descarga
9:45	4				
10:00	4				4ª Leitura da Descarga
10:15	4		4ª Leitura da Equalização		
10:30	4				5ª Leitura da Descarga
10:45	4				
11:00	2				
11:15	2				
11:30	2			1ª Leitura da Padronização	
11:45	2				
12:00	2	2ª Leitura da Padronização			
12:15	2				
12:30	2				
12:45	2				
13:00	6				

Figura 18 - Parte do mapeamento dos processos das baterias de locomotiva

É válido ressaltar que além das intervenções presenciais nos *boxes*, os funcionários realizam outras diversas atividades que são cruciais para a recuperação das baterias. Dessa forma, a ferramenta criada mapeia uma parte considerável do processo, mas não ele como um todo.

3.7 Entendimento teórico do processo

Com o conhecimento adquirido nas visitas, no estudo dos manuais e na reunião com os representantes da marca SAFT, foi possível criar a versão inicial de um Procedimento Operacional Padrão (POP), documento que apresenta todas as etapas detalhadas do processo de recuperação de um componente (nesse caso, a bateria de via). A existência do POP garante que o conhecimento do processo não se perca, pois todos os passos a serem seguidos estão devidamente documentados, garantindo assim a segurança da empresa sobre a posse do conhecimento intelectual da atividade (o que não acontecia quando se pagava para a empresa terceirizada realizar a recuperação das baterias de via).

A primeira etapa do processo de recuperação das baterias de via é o recebimento. Nessa etapa as baterias são analisadas em relação ao estado físico de conservação, ao nível de tensão e ao nível e densidade de sua solução. Caso a densidade esteja muito abaixo do padrão, é preciso trocar a solução presente na bateria por uma que esteja dentro dos padrões especificados pelo fabricante. Para que as baterias entrem no processo de carga, é necessário que as mesmas estejam descarregadas. Tais baterias possuem tensão de 1,5V e, devido a sua resistência interna, apresentam uma tensão nominal de funcionamento de 1,2V. Um elemento é considerado descarregado quando apresenta uma tensão de 1,3V em circuito aberto, que equivale a 1,0V em processo de descarga. Com isso, as baterias que apresentarem uma tensão superior a 1,3V na etapa de recebimento, precisam passar por um processo de descarga até alcançarem o nível de tensão de 1,0V.

A etapa seguinte do processo consiste no abastecimento, com água destilada, das baterias que apresentarem nível de solução inferior ao mínimo necessário. Com a solução no nível correto, os elementos são submetidos ao processo de carga, que é realizado com uma corrente equivalente a 20% da corrente nominal por um intervalo de dez horas. Após o fim do processo de carga, é necessário que os elementos “descansem” por doze horas, para que possam então entrar no processo de descarga. Nessa etapa é feita a conferência da capacidade da bateria, monitorando quanto tempo ela suporta uma descarga com uma quantidade específica de corrente.

Foi feito um levantamento no trecho com o intuito de compreender a capacidade mínima necessária da bateria para atender aos requisitos da empresa quanto ao tempo mínimo que os circuitos devem ser alimentados pelo sistema de *backup*, em caso de queda da energia proveniente da rede elétrica, bem como a corrente que os mesmos consomem. Como resultado do levantamento, foi descoberto que tais baterias precisam fornecer aproximadamente 5A por três horas consecutivas quando o sistema de *backup* está em funcionamento. Logo, as baterias são submetidas a uma descarga de 6A, para garantir sua qualidade no campo, e baseado no tempo em que as mesmas suportam esse processo, são aprovadas ou não para serem utilizadas no campo novamente.

3.8 Implementação do processo na área

Tendo o aparato necessário, deu-se início ao processo de recuperação de baterias de via, que começou com uma fase inicial de testes (para que todas as etapas do processo pudessem ser executadas com cautela, tendo seus dados estudados), realizando reuniões de alinhamento com as coordenações que são clientes do processo (enviam baterias para serem recuperadas).

Nessas reuniões foi discutida a realidade de atuação da bateria no campo, que foi crucial para determinação dos parâmetros mínimos necessários para liberação da mesma no processo de recuperação. Com posse desses parâmetros, o processo de recuperação tem sido acompanhado de perto para garantir que as baterias recuperadas sejam capazes de exercer sua função no campo apresentando o padrão de qualidade exigido pela empresa.

4 Conclusões

A realização desse trabalho tornou possível a minimização dos custos da empresa na qual o projeto foi desenvolvido, eliminando os gastos do contrato com a empresa terceirizada que realizava a manutenção das baterias de via, além de garantir que a empresa em questão tenha todo o conhecimento intelectual da realização do processo, que passou a ser feito internamente com o aproveitamento da mão de obra e espaço presentes na célula de baterias da oficina de recuperação de componentes elétricos.

Para isso, foi preciso estudar e acompanhar diariamente o processo de recuperação das baterias de locomotiva com o intuito de melhorar o aproveitamento tanto da mão de obra presente na célula de baterias, quanto do espaço disponível. Tal estudo se transformou em ações que resultaram em melhorias significativas na eficiência das atividades realizadas na célula de baterias.

Além disso, foi feito um estudo sobre o processo de recuperação das baterias de via, que gerou o conhecimento necessário para implementar tal atividade na área da empresa na qual o projeto foi desenvolvido. Com isso, aumentou-se a quantidade de componentes produzidos na oficina, situação que foi muito bem vista pelo coordenador da área.

Tal implementação gera uma economia anual de aproximadamente R\$ 60.000,00 (sessenta mil reais) para a empresa na qual o projeto foi desenvolvido, sem a necessidade de um investimento inicial.

Por fim, o desenvolvimento desse trabalho mostrou que ações simples, quando realizadas com base em conhecimento teórico e experiência prática, podem gerar grandes resultados dentro de uma empresa.

Referências Bibliográficas

1. Colavite, A.S., 2015. A matriz do transporte no Brasil: uma análise comparativa para a competitividade. Em: Anais do XII Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia, 1-11.
2. Transporte. Disponível em: <http://netopedia.tripod.com/geogra/transporte2.htm>. Acesso em 25/05/2017.
3. Michel, P. daT.S., 2012. Aplicação de técnicas de manutenção preditiva para o aumento da confiabilidade de locomotivas diesel. Trabalho de conclusão de curso de Pós Graduação, IME. Rio de Janeiro.
4. Teixeira, D. de C., 2009. O transporte ferroviário e os impactos ambientais: Um Estudo de Caso da Viação Férrea Federal Leste Brasileiro nas Décadas de 30 e 40. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Estadual de Feira de Santana.
5. Leintner e Giacon - Soluções ferroviárias e eletroímãs industriais. Diesel – Hidráulicas. Disponível em: <http://www.leistnergiacon.com/servi%C3%A7os/locomotivas/diesel-hidraulicas/>. Acesso em 07/01/2017.
6. Mio Dal Pai, L.R., 2012. Estudo do custo do ciclo de vida de um motor diesel de locomotiva. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba.
7. Danilo, B.V., 2012. Análise de causas de falhas em locomotivas com subsídio da árvore de falhas. Trabalho de conclusão de curso de Pós Graduação, IME. Rio de Janeiro.
8. Leintner e Giacon - Soluções ferroviárias e eletroímãs industriais. Diesel – Elétricas. Disponível em: <http://www.leistnergiacon.com/servi%C3%A7os/locomotivas/diesel-hidraulicas/>. Acesso em 25/05/2017.
9. Alas, L.F.A., 2012. Aplicação da metodologia de manutenção centrada na confiabilidade em locomotivas da frota RJ – MRS. Trabalho de conclusão de curso de Pós Graduação, IME. Rio de Janeiro.
10. AutoCAD. Disponível em: <http://www.infoescola.com/informatica/autocad/>. Acesso em 23/01/2017.
11. A importância do AutoCAD para estudante de engenharia. Disponível em: <https://blog.4partner.com.br/importancia-autocad-para-estudantes-engenharia/>. Acesso em 23/01/2017.

12. O que é Excel? Disponível em: <http://www.aprenderexcel.com.br/2013/artigos/o-que-e-excel>. Acesso em 28/01/2017.

Anexo A – Modelo antigo do formulário de recebimento de baterias

EFETOS: <input type="checkbox"/> BATERIA NÃO FORNECE CARGA <input type="checkbox"/> VAZAMENTO DE ELETRÓLITO <input type="checkbox"/> BATERIA ATERRADA / BAIXO ISOLAMENTO <input type="checkbox"/> BATERIA EM CURTO-CIRCUITO <input type="checkbox"/> TENSÃO BAIXA <input type="checkbox"/> RETIRADA MANUTENÇÃO PREVENTIVA <input type="checkbox"/> BAIXA DENSIDADE <input type="checkbox"/> OUTROS (DESCREVER EM OBS) <input type="checkbox"/> ELETRÓLITO FERVENDO <input type="checkbox"/> ÁGUA ACUMULADA NA CARÇAÇA <input type="checkbox"/> BATERIA SECA <input type="checkbox"/> BATERIA DANIFICADA POR AGENTE EXTERNO	BTGRE04 BTGRE06 BTGRE07 BTGRE08 BTGRE09 BTGRE11 BTGRE12 BTGRE13 BTGRE14 BTGRE15 BTGRE16 BTGRE17	NÚMERO DE SÉRIE: _____ LOCOMOTIVA: _____ DATA DA RETIRADA: ___/___/___ DATA DO RECEBIMENTO: ___/___/___ OP: _____ LOCAL DA RETIRADA: <input type="checkbox"/> Barra do Piraí <input type="checkbox"/> Lapa <input type="checkbox"/> Jundiaí <input type="checkbox"/> Horto Florestal <input type="checkbox"/> P1-07 <input type="checkbox"/> Piapaguera <input type="checkbox"/> Não encontrado
---	--	---

ITEM	CÓDIGO	SUBCOMPONENTE PAI	SUBCOMPONENTE FILHO	MODOS DE FALHA	SINNA
1	BTGR201M19	Monobloco de bateria	Pólo	Derretido	
2	BTGR202M52		Carçaça	Trincado	
3	BTGR202M18		Elementos	Em curto	
4	BTGR203M54		Eletrolito	Nível alterado	
5	BTGR203M61			Falta (seco)	
6	BTGR203M55			Densidade Alterada	
7	BTGR202M53		-	Tensão alterada (baixo)	

Legenda: \$ - Existe o modo de falha. N – Não Existe o modo de falha. NA – Não

INSPEÇÃO DETALHADA:

MONOBLOCO					
INSPEÇÃO	TENSÃO	DENSIDADE	NÍVEL ÁGUA (OK/NOK/SECO)		
ELEMENTO 01	A1 V	A2 g/l	A3		
ELEMENTO 02	B1 V	B2 g/l	B3		
ELEMENTO 03	C1 V	C2 g/l	C3		
ELEMENTO 04	D1 V	D2 g/l	D3		
Tensão Total: _____ V		Temperatura Geral: _____ °C			
Legenda - OK: Nível de água bom			NOK: Nível de água baixo		SECO: Elemento seco
OBS.:					

OBS:

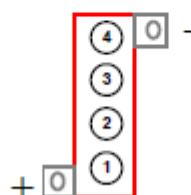
- 1 - A referência de temperatura geral pode ser retirada do elemento 2 no monobloco.
- 2 - A referência para o modo de falha "tensão alterada" cada monobloco devera estar abaixo de 8Vcc.
- 3 - O elemento devera ser considerado "em curto" quando a tensão estiver abaixo de 1Vcc.
- 4 - A referência para o nível alterado do eletrólito é estar abaixo do quebra ondas.

5 - De acordo com a temperatura a densidade do eletrólito deverá estar maior ou igual aos valores da tabela abaixo:

Temperatura do eletrólito (°C)		Valor mínimo de densidade (g/dm³)
DE	ATÉ	
0	6	1,215
6,1	13	1,210
13,1	20	1,205
20,1	27	1,200
27,1	35	1,195
35,1	42	1,190
42,1	49	1,185
49,1	56	1,180
56,1	63	1,175

6 - Para numerar cada célula, o primeiro elemento deverá ser sempre o mais próximo do polo positivo do monobloco, como no exemplo a seguir:

ELEMENTOS



Instrumentação de Medição:

INSTRUMENTO	TAG	DATA PRÓXIMA CALIBRAÇÃO*	MANTENEDOR
DENSÍMETRO	A1	A2	
MULTÍMETRO	B1	B2	
TERMOMETRO	C1	C2	

* Preencher o campo "DATA DA PRÓXIMA CALIBRAÇÃO" conforme data escrita na etiqueta do instrumento.



OBS:

Mantenedor responsável: _____ Matrícula: _____

Inspetor responsável: _____ Matrícula: _____

Anexo B – Modelo novo do formulário de recebimento de baterias

EFETOS: <input type="checkbox"/> BATERIA NÃO FORNECE CARGA BTGRE04 <input type="checkbox"/> VAZAMENTO DE ELETRÓLITO BTGRE06 <input type="checkbox"/> BATERIA ATERRADA / BAIXO ISOLAMENTO BTGRE07 <input type="checkbox"/> BATERIA EM CURTO-CIRCUITO BTGRE08 <input type="checkbox"/> TENSÃO BAIXA BTGRE09 <input type="checkbox"/> RETIRADA MANUTENÇÃO PREVENTIVA BTGRE11 <input type="checkbox"/> BAIXA DENSIDADE BTGRE12 <input type="checkbox"/> OUTROS (DESCREVER EM OBS) BTGRE13 <input type="checkbox"/> ELETRÓLITO FERVENTO BTGRE14 <input type="checkbox"/> ÁGUA ACUMULADA NA CARÇAÇA BTGRE15 <input type="checkbox"/> BATERIA SECA BTGRE16 <input type="checkbox"/> BATERIA DANIFICADA POR AGENTE EXTERNO BTGRE17	LOCOMOTIVA: _____ DATA DA RETIRADA: ____/____/____ LOCAL DA RETIRADA: <input type="checkbox"/> Barra do Piraí <input type="checkbox"/> Lapa <input type="checkbox"/> P1-07 <input type="checkbox"/> Horto Florestal <input type="checkbox"/> Jundiaí <input type="checkbox"/> Não Encontrado <input type="checkbox"/> Piaçaguera
---	--

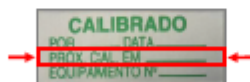
ITEM	CÓDIGO	SUB-COMPONENTE PAI	SUB-COMPONENTE FILHO	MODO DE FAUZA	NÚMEROS DOS MONOBLOCOS
1	BTGR203M19	Monobloco de bateria	Pólo	Derretido	
2	BTGR202M52		Carçaça	Trincado	
3	BTGR202M18		Elementos	Em curto	
4	BTGR203M54		Eletrolito	Nível alterado	
5	BTGR203M61			Falta (peço)	
6	BTGR203M55			Densidade Alterada	
7	BTGR202M53		-	Tensão alterada (baixo)	

*Preencher o campo "NÚMERO DOS MONOBLOCOS" com valores separados por "-".

Instrumentação de Medição dos monoblocos:

INSTRUMENTO	TAG	DATA PRÓXIMA CALIBRAÇÃO*	MANTENEDOR
DENSÍMETRO	A1	A2	
MULTÍMETRO	B1	B2	
TERMÔMETRO	C1	C2	

* Preencher o campo "DATA DA PRÓXIMA CALIBRAÇÃO" conforme data escrita na etiqueta do instrumento.



OBS.:

INSPEÇÃO DETALHADA DOS MONOBLOCOS

Monobloco 1 - Nº SÉRIE: _____		OP: _____	
DATA DO RECEBIMENTO: _____			
TENSÃO TOTAL: _____ V		TEMP. GERAL: _____ °C	
INSPEÇÃO	TENSÃO	DENSIDAD E	NÍVEL ÁGUA (OK/NOK/SECO)
ELEMENTO 01	A1 V	A2 g/l	A3
ELEMENTO 02	B1 V	B2 g/l	B3
ELEMENTO 03	C1 V	C2 g/l	C3
ELEMENTO 04	D1 V	D2 g/l	D3

Monobloco 2 - Nº SÉRIE: _____		OP: _____	
DATA DO RECEBIMENTO: _____			
TENSÃO TOTAL: _____ V		TEMP. GERAL: _____ °C	
INSPEÇÃO	TENSÃO	DENSIDAD E	NÍVEL ÁGUA (OK/NOK/SECO)
ELEMENTO 01	A1 V	A2 g/l	A3
ELEMENTO 02	B1 V	B2 g/l	B3
ELEMENTO 03	C1 V	C2 g/l	C3
ELEMENTO 04	D1 V	D2 g/l	D3

Monobloco 3 - Nº SÉRIE: _____		OP: _____	
DATA DO RECEBIMENTO: _____			
TENSÃO TOTAL: _____ V		TEMP. GERAL: _____ °C	
INSPEÇÃO	TENSÃO	DENSIDAD E	NÍVEL ÁGUA (OK/NOK/SECO)
ELEMENTO 01	A1 V	A2 g/l	A3
ELEMENTO 02	B1 V	B2 g/l	B3
ELEMENTO 03	C1 V	C2 g/l	C3
ELEMENTO 04	D1 V	D2 g/l	D3

Monobloco 4 - Nº SÉRIE: _____		OP: _____	
DATA DO RECEBIMENTO: _____			
TENSÃO TOTAL: _____ V		TEMP. GERAL: _____ °C	
INSPEÇÃO	TENSÃO	DENSIDAD E	NÍVEL ÁGUA (OK/NOK/SECO)
ELEMENTO 01	A1 V	A2 g/l	A3
ELEMENTO 02	B1 V	B2 g/l	B3
ELEMENTO 03	C1 V	C2 g/l	C3
ELEMENTO 04	D1 V	D2 g/l	D3

Monobloco 5 - Nº SÉRIE: _____		OP: _____	
DATA DO RECEBIMENTO: _____			
TENSÃO TOTAL: _____ V		TEMP. GERAL: _____ °C	
INSPEÇÃO	TENSÃO	DENSIDAD E	NÍVEL ÁGUA (OK/NOK/SECO)
ELEMENTO 01	A1 V	A2 g/l	A3
ELEMENTO 02	B1 V	B2 g/l	B3
ELEMENTO 03	C1 V	C2 g/l	C3
ELEMENTO 04	D1 V	D2 g/l	D3

Monobloco 6 - Nº SÉRIE: _____		OP: _____	
DATA DO RECEBIMENTO: _____			
TENSÃO TOTAL: _____ V		TEMP. GERAL: _____ °C	
INSPEÇÃO	TENSÃO	DENSIDAD E	NÍVEL ÁGUA (OK/NOK/SECO)
ELEMENTO 01	A1 V	A2 g/l	A3
ELEMENTO 02	B1 V	B2 g/l	B3
ELEMENTO 03	C1 V	C2 g/l	C3
ELEMENTO 04	D1 V	D2 g/l	D3

Monobloco 7 - Nº SÉRIE: _____		OP: _____	
DATA DO RECEBIMENTO: _____			
TENSÃO TOTAL: _____ V		TEMP. GERAL: _____ °C	
INSPEÇÃO	TENSÃO	DENSIDAD E	NÍVEL ÁGUA (OK/NOK/SECO)
ELEMENTO 01	A1 V	A2 g/l	A3
ELEMENTO 02	B1 V	B2 g/l	B3
ELEMENTO 03	C1 V	C2 g/l	C3
ELEMENTO 04	D1 V	D2 g/l	D3

Monobloco 8 - Nº SÉRIE: _____		OP: _____	
DATA DO RECEBIMENTO: _____			
TENSÃO TOTAL: _____ V		TEMP. GERAL: _____ °C	
INSPEÇÃO	TENSÃO	DENSIDAD E	NÍVEL ÁGUA (OK/NOK/SECO)
ELEMENTO 01	A1 V	A2 g/l	A3
ELEMENTO 02	B1 V	B2 g/l	B3
ELEMENTO 03	C1 V	C2 g/l	C3
ELEMENTO 04	D1 V	D2 g/l	D3

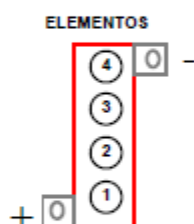
Legenda - OK: Nível de água bom NOK: Nível de água baixo SECO: Elemento seco
QRS: _____

OBS:

- 1 - A referência de temperatura geral pode ser retirada do elemento 2 no monobloco.
- 2 - A referência para o modo de falha "tensão alterada" cada monobloco deverá estar abaixo de 8Vcc.
- 3 - O elemento deverá ser considerado "em curto" quando a tensão estiver abaixo de 1Vcc.
- 4 - A referência para o nível alterado do eletrólito é estar abaixo do quebra ondas.
- 5 - De acordo com a temperatura a densidade do eletrólito deverá estar maior ou igual aos valores da tabela abaixo:

Temperatura do eletrólito (°C)		Valor mínimo de densidade (kg/dm ³)
DE	ATE	
0	6	1215
6,1	13	1210
13,1	20	1205
20,1	27	1200
27,1	35	1195
35,1	42	1190
42,1	49	1185
49,1	56	1180
56,1	63	1175

- 6 - Para numerar cada célula, o primeiro elemento deverá ser sempre o mais próximo do pólo positivo do monobloco, como no exemplo a seguir:



Mantenedor responsável: _____ Matrícula: _____

Inspetor responsável: _____ Matrícula: _____