

# DISPOSITIVO MÓVEL PARA REGARGA DE BATERIAS DOTADO DE SUPERCAPACITORES

Enio Gonzaga <sup>(1)</sup>

Lucas Costa Brito <sup>(2)</sup>

Jorge Nei Brito <sup>(3)</sup>

## RESUMO

Neste trabalho apresenta-se o projeto de um dispositivo móvel, equipado com supercapacitores capazes de fazer partir o motor diesel de uma locomotiva. Para isto será preciso armazenar cargas elétricas de aproximadamente 93 F, a uma extrema baixa tensão, conforme padrões da NR 10. Os benefícios do trabalho são a otimização de recursos, redução do tempo de atendimento do chamado, eliminação da necessidade de uma locomotiva adicional para fazer partir o motor diesel da locomotiva com bateria descarregada, eliminação da necessidade de um operador para realizar esta manobra, sendo que este, raramente está disponível no local da ocorrência.

**Palavras-chave:** Dispositivo móvel; Supercapacitor; NR 10.

## ABSTRACT

The design of a mobile device equipped with supercapacitors capable of breaking the diesel engine of a locomotive is showed. For this it will be necessary to store electrical charges of approximately 93 F, at an extremely low voltage, according to the standards of the NR-10. The benefits of the work are the optimization of resources, reduction of call time, elimination of the need for an additional locomotive to start the diesel engine of the locomotive with a discharged battery, elimination of the need for an operator to perform this maneuver. this is rarely available at the site of the occurrence.

**Keywords:** Mobile device; Supercapacitor; NR 10.

(1) **Enio Gonzaga.** Especialista em Manutenção. Pós-Graduação em Engenharia de Manutenção pelo IESAE - Instituto de Ensino superior Albert Einstein. Graduado em Engenharia Elétrica pelo CES - Centro de Ensino Superior de Conselheiro Lafaiete, MG. Técnico em mecânica pelo Instituto Tenente Ferreira em Barbacena, MG. Eletricista pela Escola Profissional RFFSA parceria com SENAI, Conselheiro Lafaiete, MG.enio.gonzaga@mrs.com.br.

(1) **Douglas Rômulo Cruz Fernandes.** Engenheiro Mecânico Vale S.A. Mestrando em Engenharia de Energia | CEFET-MG Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais. MBA em Engenharia de Manutenção e Gestão de Ativos | IESAE - Instituto de Ensino Superior Albert Einstein. Graduação em Engenharia Mecânica | UNIPAC - Universidade Presidente Antônio Carlos. <http://lattes.cnpq.br/1342901940688153>. douglasrcf@hotmail.com.

(2) **Lucas Costa Brito.** ORIENTADOR. Consultor DYNAMIC Services Consultoria Ltda. Mestrando em Engenharia Mecânica | UFU - Universidade Federal de Uberlândia. Eng. Mecânico | UFSJ - Universidade Federal de São João del-Re) e *Lakehead University | Thunder Bay* - Ontario, Canada. Sócio ABRAMAN | Matrícula: 10045. Diretor Técnico Adjunto II da FENEMI - Federação Nacional de Engenharia Mecânica e Industrial. <http://lattes.cnpq.br/9519306355864837>. lucas.brito@dynamic.services.com.br.

(3) **Jorge Nei Brito.** COORIENTADOR. Sócio da ABRAMAN | Matrícula: 5688. Professor TITULAR. Pós-Doutor e Doutor em Eng. Mecânica | UNICAMP. Mestre Eng. Mecânica | UFU. Eng. Mec. PUC-MG. Coordenador do Curso de Engenharia Mecânica da UFSJ. Coordenador do Gep\_LASID - Grupo de Estudos e Pesquisas do Laboratório de Sistemas Dinâmicos. Primeiro Vicepresidente COPIMERA - *Confederación de Ingeniería Mecánica, Eléctrica, Industrial y Ramas Afines*. <http://lattes.cnpq.br/8160466619165597>. brito@ufsj.edu.br.

## 1. Introdução

A opção pela aplicação do supercapacitor no projeto foi realizado após várias pesquisas e consultas a área acadêmica de Engenharia. A opção pelos supercapacitores, em detrimento aos acumuladores de bateria chumbo ácidas, deve-se, principalmente, às suas características de peso reduzido e alta densidade de energia e de potência.

Segundo Klem (2017), os capacitores são dispositivos que armazenam energia elétrica e tem sido um dos principais componentes da eletrônica. Os capacitores eletrostáticos são compostos por dois condutores (eletrodos) separados, sendo geralmente o volume entre eles preenchido com algum material isolante (dielétrico). Quando uma fonte de tensão elétrica é conectada aos condutores, cargas de sinais opostos são induzidas nas superfícies das mesmas até que a diferença de potencial entre os condutores se iguale à da fonte. Quando a fonte de tensão é retirada, e os condutores conectados diretamente entre si ou através de um resistor, as cargas elétricas se movimentam, de forma a entrar em equilíbrio eletrostático, gerando corrente elétrica.

Ainda segundo Klem (2017), as baterias apresentem energias específicas muito maiores, mas em virtude da sua resistência interna possuem baixas potências específicas. Por essa razão capacitores eletrostáticos são comumente associados às baterias para fornecer energia quando são exigidos picos de potência. Uma classe de dispositivos que possui características intermediárias entre as baterias e os capacitores eletrostáticos, são os denominados eletroquímicos.

Segundo Klem (2017) e ZHANG *et al.* (2009), os capacitores eletroquímicos, também conhecidos como supercapacitores, tem despertado grande interesse devido a potenciais aplicações como dispositivos de armazenamento de energia.

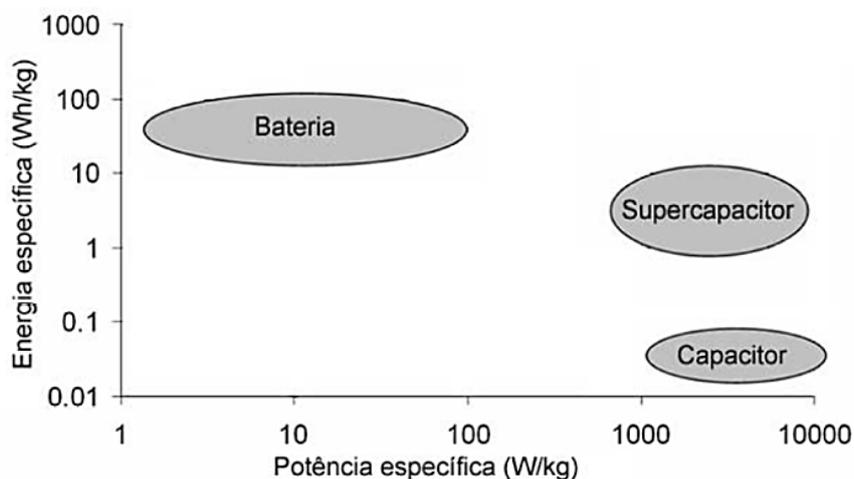
O tipo mais conhecido de supercapacitor é o de eletrodos baseados em materiais carbonosos que apresentam estrutura porosa. Neles a energia é armazenada na dupla camada elétrica, formada na interface entre o eletrodo sólido e um eletrólito (GAMBY *et al.*, 2001).

Segundo Rego (2011), os capacitores comuns apresentam alta densidade de potência (carga e descarga rápida) e baixa densidade de energia (pouca energia acumulada). Uma bateria por sua vez possui exatamente o oposto, baixa densidade de potência e alta densidade de energia. Já o supercapacitor apresenta alta densidade de energia quando comparado com o capacitor comum e alta densidade de potência em relação à bateria". Este fator significa um dos pontos fundamentais na escolha do supercapacitor para aplicação no projeto.

Um dos principais parâmetro de um capacitor deve ser a sua capacitância. Segundo Rego (2011), a capacitância (C) refere-se a quantidade de carga por Volt de potencial que um capacitor consegue manter, e tem o Farad, como unidade básica de representação, entretanto na maioria das vezes a medida de capacitores ocorre com submúltiplos de Farads, como Micro e Pico. Ultimamente, com o desenvolvimento dos supercapacitores esta realidade mudou sensivelmente existindo inclusive componentes com capacitância de alguns Farads.

De acordo com Boylestad (2006 p. 272), a capacitância é definida como uma medida da quantidade de carga que o capacitor pode armazenar em suas placas.

Segundo Rego (2011), o "Gráfico de Ragone", Figura 1, apresenta a posição dos supercapacitores tomando-se por base a potência específica e energia específica acumulada. De acordo com suas características o supercapacitor pode ser usado para diversas aplicações de armazenamento de energia.



**Figura 1.** Gráfico de Ragone - Classificação de dispositivos de carga elétrica.  
Fonte: Adaptado de Johansson e Andersson (2008, p.3).

Rego (2011) e Maxwell (2011), descrevem que um supercapacitor é composto por dois eletrodos idênticos imersos em um eletrólito (orgânico ou aquoso) e separados por uma membrana porosa (papel, fibra de vidro ou polímero) chamado separador. No momento de carga do supercapacitor os elétrons do catodo atraem os íons positivos e no anodo as lacunas de elétrons atraem os íons negativos. Isso resulta na capacitância entre os íons e a superfície do eletrodo. A definição dupla-camada significa que cada eletrodo possui duas camadas de íons, sendo que a camada mais próxima do eletrodo atua como dielétrico e a mais distante contém as cargas. Isso ocorre nos dois eletrodos e a capacitância total é dada pela associação em série. A composição de um capacitor de dupla-camada é similar a de uma bateria, mas como não envolve processo químico para realizar o ciclo de carga e descarga, não há deterioração dos eletrodos, consequentemente os capacitores de dupla camada são capazes de efetuar, 100000 ciclos de carga e descarga.

Ainda segundo Rego (2011) e Maxwell (2011), para análise de desempenho de um capacitor, existe um elemento fundamental, representado pela sigla ESR (*Equivalent Series Resistance*), ou seja uma resistência equivalente em série. Composta basicamente pelas resistências do dielétrico, do material das placas, da solução eletrolítica, e dos terminais sob uma determinada frequência, a ESR representa uma resistência em série com o capacitor, por isso o seu nome. Apesar de ser de pequeno valor, esta resistência pode causar acúmulo de calor por todo o corpo do dispositivo.

## 2. Cablagem e Acessórios

Cabos de realimentação e seus acessórios necessitam passar por testes e comissionamento. Segundo Suzuki *et al.* (2011), em cada obra executada é

comum a necessidade da certificação para os cabos de média tensão. Desse modo, obrigatoriamente, é realizada a análise de desempenho dos alimentadores através de ensaios, entre outros, o de tensão aplicada. Tais ensaios são de grande relevância para garantir a confiabilidade da instalação, uma vez que asseguram a qualidade esperada dos cabos utilizados.

Segundo ELETROTESTE (2010), os ensaios são destinados a demonstrar a integridade do cabo e seus acessórios, durante a instalação e após a sua conclusão desta, conforme consta na NBR 7286 (2001, p. 08).

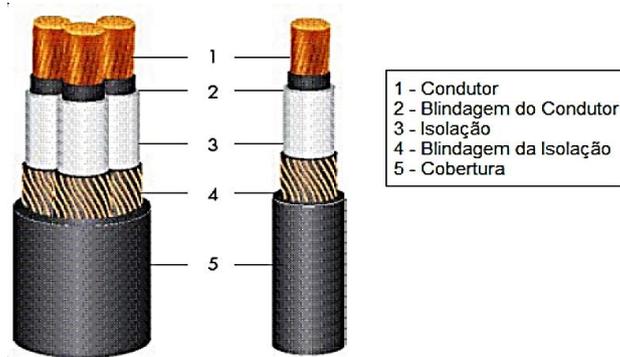
De acordo com a NBR 6881 (1981, p. 04), para a realização do ensaio supracitado, a tensão a ser aplicada deve ser elevada a partir de um valor inicial o menor possível, mas não superior a 20% da tensão nominal dos cabos submetidos ao ensaio". Com a aplicação de tensão contínua, há um carregamento elétrico no cabo de média tensão e ocorre um fenômeno capacitivo em cabos blindados de média tensão. No decorrer do teste a tensão injetada no cabo é elevada gradativamente.

Ainda de acordo com a NBR 6881 (1981, p. 04), o valor de tensão, e o tempo de aplicação, estão especificados nas normas validas para cada tipo de material. Para o caso de cabos de EPR de 1 kV a 35 kV, de acordo com a NBR 7286 (2001, p. 08), após a conclusão da instalação do cabo e seus acessórios, e antes destes serem colocados em operação, pode ser aplicada uma tensão elétrica contínua de valor igual a 80% do valor, durante 15 minutos consecutivos.

De acordo com Fink Junior (2013), dependendo da aplicação, os cabos de média tensão possuem isolamento, sendo variável de acordo com a classe de tensão e podendo ter formação em alumínio ou cobre, entre outras características como: unipolar, multipolar, blindagem do condutor, blindagem da isolação, tipo de isolação, classe de encordamento e cobertura. O cabo é especificado de acordo com a sua aplicação e cálculos de projeto.

A NBR 6251 (2000, p. 2) constata que há uma padronização para a construção dos cabos de potência para instalações fixas, sejam unipolares, multipolares ou multiplexados, para tensões nominais de 1kV a 35kV.

Na Figura 2 tem-se o detalhe construtivo do cabo isolado de cobra unipolar e multipolar 12/20kV.



**Figura 2.** Detalhe Construtivo Cabo Isolado de Cobre Unipolar e Multipolar 12/20kV.  
Fonte: NEXANS (adaptado).

A especificação correta do cabo isolado é fundamental para se ter segurança na instalação em qualquer sistema elétrico. Em cabos de potência para média tensão é preciso considerar vários fatores como custo da instalação, possíveis ampliações, melhor aproveitamento da capacidade de condução de corrente do cabo, necessidade de manutenção da linha etc. Dentre as normas aplicáveis aos cabos isolados de média e alta tensão podem ser citadas: NBR7287, NBR7286, IEC60840. (Dodge, 2012).

### **3. Segurança**

Segundo Fink Junior (2013), a NR-10, norma regulamentadora nº 10, do Ministério do Trabalho e Emprego (MTE), estabelece os requisitos e condições mínimas objetivando a implementação de medidas de controle e sistemas preventivos, de forma a garantir a segurança e a saúde dos trabalhadores que, direta ou indiretamente, interajam em instalações elétricas e serviços com eletricidade.

De acordo com o MTE, Portaria GM n.º 598, 2004), todas as instalações elétricas deveriam estar de acordo com todas as exigências da NR-10, mas na prática não é o que se encontra na maioria das fábricas e indústrias. A segurança envolvendo atividade com eletricidade é um assunto de grande importância na indústria, não somente devido as questões de segurança e exigências do ministério do trabalho e emprego, mas às necessidades de homologações de selos ou certificações de qualidade.”

Segundo Fink Junior (2013) e Barros (2010), o arco elétrico é um fenômeno físico inerente a instalações e equipamentos elétricos e ocorre sempre que há uma passagem de corrente elétrica por um meio não condutor, por exemplo o ar, devido ao rompimento de suas características isolantes, normalmente envolve partes metálicas que não estão em contato direto, porém apresentam diferença de potencial. Tal fenômeno tem curta duração e consiste na transformação da energia elétrica em calor, energia acústica, onda de pressão e energia luminosa

Geralmente ocorre na conexão ou desconexão de dispositivos elétricos, em curto circuitos, em equipamentos elétricos com mau contato, defeitos em isolações de cabos, manutenção inadequada, contatos acidentais, medições de tensão e testes, sendo a energia produzida pelo arco convertida em calor, pressão, luz visível e radiação. Essa energia é medida em cal/cm<sup>2</sup> e pode provocar incêndios, queimar vestimentas, emitir vapores de material ionizado e raios ultravioleta. O arco elétrico pode causar o efeito de ondas térmicas e ondas eletromagnéticas e quando em contato com o corpo, o arco elétrico pode provocar queimaduras por onde a corrente circular. Portanto ao realizar atividades em locais energizados com risco de arco deve-se determinar a exposição da energia incidente em cal/cm<sup>2</sup>, e de acordo com a energia determinar a roupa resistente que atenda, além dos EPI's necessários. Para determinar a energia precisa-se saber o valor da corrente de curto circuito de projeto, o nível de tensão do local, o tempo de abertura do arco e o afastamento do ponto de origem do mesmo.”

Segundo Fink Junior (2013) e Barros (2010), no desenvolvimento de serviços em instalações elétricas e em suas proximidades devem ser previstos e adotados equipamentos de proteção coletiva. Os Equipamentos de Proteção Coletiva (EPC's) são dispositivos destinados a preservar a integridade física e a saúde

dos trabalhadores através de sinalizações, indicações e qualquer mecanismo que forneça proteção ao grupo. Dentre os principais EPC's podem ser destacados o cone de sinalização com ou sem strobo, combinado com a fita de sinalização e com utilizadas grades metálicas dobráveis, que delimitam e isolam a área do trabalho.

Ainda segundo Fink Junior (2013) e Barros (2010), durante as manobras de desligamento ou religamento de equipamentos, deve-se utilizar de estrados ou tapetes de borracha isolantes e se necessário cobertura isolante. Outro equipamento de proteção coletiva utilizado são as placas de sinalização e cartões de travamento, conforme consta na NR 26, com a função de orientar, alertar, avisar e advertir os trabalhadores a respeito dos riscos e perigos existentes, proibindo o acesso de pessoas estranhas à atividade que está sendo desenvolvida.

#### 4. Desenvolvimento do Dispositivo

Para o desenvolvimento do dispositivo portátil (protótipo), optou-se pelo uso do supercapacitor modelo LS 86.4V/ 93F, Figura 3. A opção pelo supercapacitor deve-se ao fato de ser um dispositivo mais eficaz que os acumuladores químicos (baterias). O supercapacitor é mais fácil de ser transportado, é mais leve e tem alta potência e baixa ESR (*Equivalent Series Resistance* - Resistência Equivalente em Série). A ESR representa a resistência resultante da combinação dos terminais, conexões internas, placas, dielétrico, para atender armazenamento e requisitos de entrega de energia.



**Figura 3.** Ultracapacitor LS 86.4V / 93F com polos curto-circuitado S, para armazenamento.

Como o supercapacitor LS 86.4V / 93F tem sua faixa de temperatura operacional ideal entre -40 a 65, a temperatura de trabalho não deve exceder este valor, para que não seja alterado seu desempenho e seu ciclo de vida. Cuidado especial deverá ser tomado, pois o conjunto não deverá ser exposto à luz solar de forma direta, sendo que isto poderá aumentar a temperatura dentro do módulo e alterar seu funcionamento.

#### 4.1. Cuidados com a manutenção das baterias chumbo-ácido

A equipe de atendimento externa, deverão verificar, antes da aplicação do dispositivo, as condições da bateria, sendo que modelo usado são baterias chumbo-ácido projetadas para estarem em constante recarga, recebendo tensão do gerador auxiliar em tempo integral de funcionamento da locomotiva.

Enquanto a locomotiva estiver fora de operação, com motor diesel desligado, a bateria não deve ter sua carga drenada por nenhum circuito, ou seja, a chave faca deve ser aberta e todos os disjuntores estarem desligados, porque mesmo desligando todo o circuito elétrico, teremos uma auto descarga que ao longo do tempo vai drenando a carga da bateria numa estimativa de 0,85Ah.

Questões como temperatura alta e impurezas no eletrólito podem acelerar o processo de auto descarga da bateria. Considerando que a bateria deve estar com no mínimo 40% de sua carga nominal para efetuar uma partida do motor diesel e que em geral a mesma é liberada de oficina com o valor mínimo de 70%, existe por volta de 30% de sua carga para utilização.

As baterias sem a recarga apropriada podem resultar em sulfatação excessiva das placas, o que é prejudicial à vida e ao desempenho da bateria, pois pode causar danos irreversíveis. Porém, antes da aplicação da carga, o nível de eletrólito da bateria deverá ser conferido com gatilho gabarito, para garantir que as placas internas estejam cobertas pelo eletrólito, e que haja espaço entra a extremidade superior das placas e a extremidade superior da caixa da bateria.

O gabarito, determina a medida mínima da altura do eletrólito em relação ao topo da caixa da bateria, sendo que o circuito do gatilho deve fechar o polo adjacente da bateria com o eletrólito, que em contato com a extremidade do gabarito, fechará o circuito e acenderá um LED, indicando que o o nível de eletrólito está dentro do padrão ideal de funcionamento. Na Figura 4 tem-se o gatilho desenvolvido para verificação do nível de eletrólito na bateria.



**Figura 4.** Gatilho desenvolvido para verificação gatilho na bateria. Fonte: Autor (2018).

## 2.2. Cabos

Os cabos são aplicados para fazer a conexão entre os polos positivos e negativo do ultracapacitor e o circuito de partida da locomotiva. A bitola do cabo deverá ser especificada levando em conta capacidade de carga, mas também o baixo peso para transporte. A especificação do cabo deverá ser cabo flexível diâmetro de 70 mm<sup>2</sup>, isolamento 750 V, 90°C, NBR 8762, com o total de 36 metros, para que alcance onde possam existir acessos de maior dificuldade.

## 2.3. Garras

As garras atendem a especificação "GARRA BRONZE 500A", sendo que após a aquisição, as mesmas precisaram passar pelo processo de teste de isolamento elétrico, conforme pesquisa realizada atendendo a classe de Isolamento de 1KV. Pelo tipos de garras testados, a opção pela garra tipo indicado na Figura 5, foi escolhido como tendo maior segurança, por apresentar maior rapidez na aplicação da carga no circuito de partida da locomotiva. A construção das garras foi levada em consideração a correta identificação da polaridade, para proteção contra a inversão acidental da polaridade, conforme pesquisa, pode envolver o risco da formação do arco voltaico.

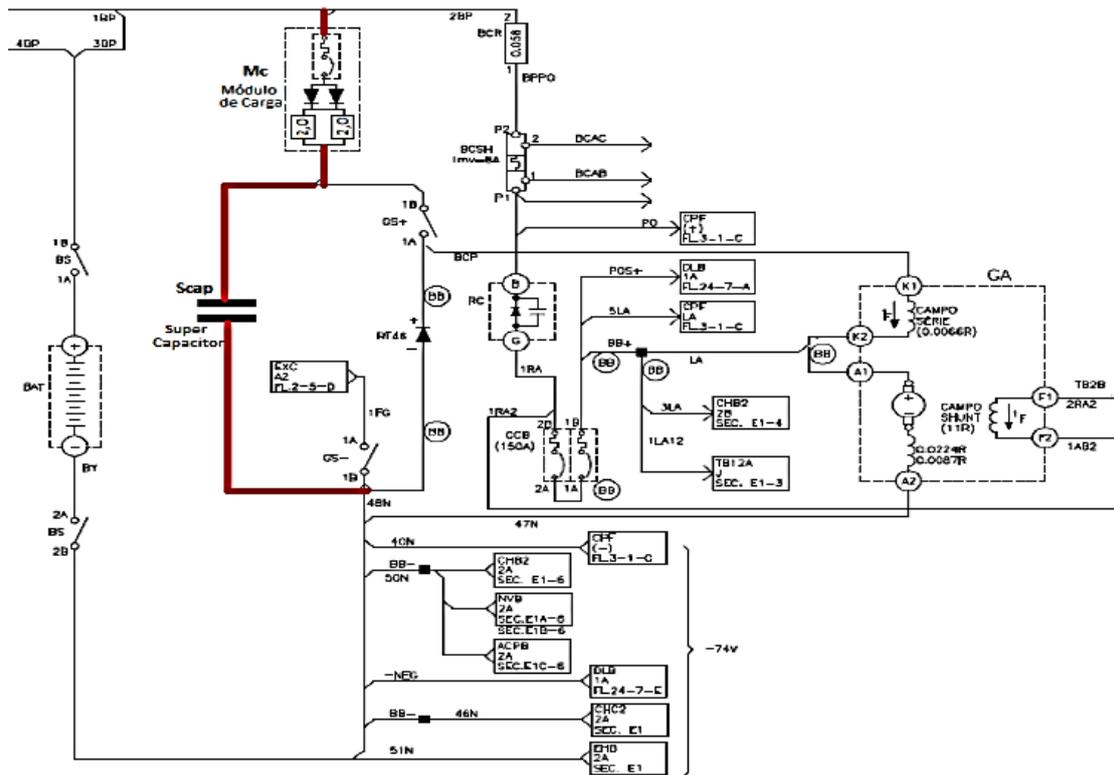


**Figura 5.** Garras para aplicação de carga no circuito de partida. Fonte: Autor (2018).

## 2.4. Garras

O circuito mostrado na Figura 6, indica a aplicação do dispositivo com supercapacitor e módulo de carga Mc, que é composto por dois diodos de bloqueio, para que a carga de recarga do supercapacitor seja realizada de forma lenta e gradual, mas a entrega da carga seja plena passando pelos contatos dos contadores de partida GS+ e GS-, conforme diagrama esquemático elétrico da locomotiva.

O mantenedor deverá conectar garras de carga no barramento da chave faca, conforme indicado pelas setas na Figura 6, do circuito da bateria e o mantenedor auxiliar deverá proceder a partida da locomotiva, acionando a botoeira de partida, que energizará o contator de partida GS+ e GS-, fechando o circuito do supercapacitor para o enrolamento do motor de partida GA do motor diesel da locomotiva.



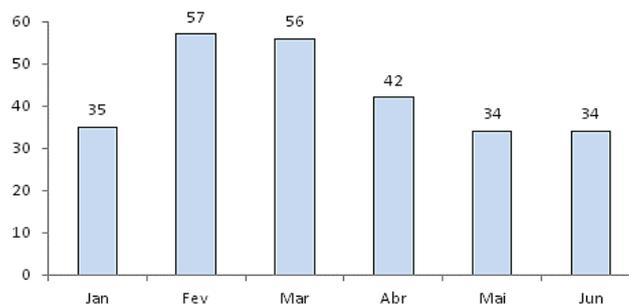
**Figura 6.** Diagrama elétrico da locomotiva com supercapacitor inserido no circuito durante testes. As setas indicam local para aplicação das garras. Fonte: Autor (2018).

## 2.5. Resultados

O indicador é medido em horas de imobilização de locomotivas, disponibilizado pelo PCM (Planejamento e Controle da Manutenção), que atualmente inclui medição da malha nos estados de Minas Gérias, Rio de Janeiro e São Paulo.

O indicador atual também inclui os demais sintomas de falhas. O PCM, para o ano de 2019, planeja separar o indicador por sintoma. Dessa forma será possível avalia-lo de forma corporativa. Portanto, é possível estimar uma redução 40% no tempo de imobilização de locomotivas programadas pelo PCM para manutenção de via, incluindo no cálculo a disponibilização de três dispositivos móveis por estado.

A implementação na extensão da malha nos três estados, também poderá representar uma redução no número de falhas, conforme apresentado na Figura 7



**Figura 7.** Histórico de falhas | Sintoma bateria descarregada | Não parte motor Diesel. Fonte: Autor (2018).

### 3. Resultados

Neste trabalho foram apresentados os elementos essenciais para a partida de motores a Diesel de locomotivas utilizando ultracapacitores. O trabalho foi desenvolvido em paralelo com a oportunidade interna, identificada na Empresa, usando recursos internos.

Foi desenvolvido um dispositivo móvel (protótipo) composto por um carro de transporte provido por rodas, com quatro unidades supercapacitores, cabos e dispositivos auxiliares, para aplicar carga e realizar a partida do motor Diesel de locomotivas em pátios, ao longo da Ferrovia, imobilizadas por bateria descarregada causando sintoma de motor diesel não parte.

Conforme a proposta inicial, o dispositivo atende o pré-requisito de ser leve para transporte e seguro, conforme Normas Regulamentadora NR 10 , sendo que os ganhos em horas, são medidos através do indicador do PCM (Planejamento e Controle da Manutenção), com a melhoria do nível de serviço de manutenção prestado aos clientes internos da Empresa.

### REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6251: Cabos de potência com isolamento extrudada para tensões de 1 kV a 35 kV - Requisitos construtivos.** Rio de Janeiro, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7286: Cabos de potência com isolamento extrudada de borracha etilenopropileno (EPR) para tensões de 1 kV a 35 kV - Requisitos de desempenho.** Rio de Janeiro, 2001.

BARROS, B. F. *et al.* **NR-10 Norma Regulamentadora de Segurança em Instalações e Serviços de Eletricidade: Guia Prático de Análise e Aplicação.** 1ª Edição. São Paulo: Erica, 2010.

BOYLESTAD, Robert L. **Introdução à análise de circuitos.** Rio de Janeiro: Prentice-Hall, 1998.

DODGE, P. Disponível em: [http://www.pdic.com/PRODUCTS/PRODUCTSLANDING/CERTIFICATIONS-\(1\).aspx?path=2.+medium+voltage](http://www.pdic.com/PRODUCTS/PRODUCTSLANDING/CERTIFICATIONS-(1).aspx?path=2.+medium+voltage)>. Acesso em: 18 de março de 2013.

ELETROTESTE IND. E COM. LTDA. **Manual de utilização: Equipamento para ensaio de tensão aplicada - HIPOT mod.: EH5005C mod.: EH6005C.** Santa Rita Do Sapucaí: ELETROTESTE. 2010. 24 p.

FINK JUNIOR, O. J. 2013. Monografia apresentada para obtenção do título de Especialista no Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho. Departamento Acadêmico de Construção Civil. Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR.

GAMBY, J.; TABERNA, P. L.; SIMON, P.; FAUVARQUE, J. F.; CHESNEAU, M. **Studies and characterisations of various activated carbons used for**

**carbon/carbon supercapacitors.** Journal of Power Sources, v. 101, n. 1, p. 109-116, 2001.

IT-ENG-4034. Departamento de Engenharia da Empresa. **Tratamento para uma boa funcionalidade de locomotivas desviadas a disposição da operação.**

IT-ENG-4034. Departamento de Engenharia da Empresa. **POP-ENG-4551 Instalação, Desinstalação e Manutenção em Supercapacitores.**

MAXWELL 2011. Disponível em: <[http://www.maxwell.com/products/ultracapacitors/docs/DATASHEET\\_K2\\_SERIES\\_1015370.PDF](http://www.maxwell.com/products/ultracapacitors/docs/DATASHEET_K2_SERIES_1015370.PDF)>. Acesso em: 10 ago. 2011.

KLEM, M.S. Dissertação apresentada como requisito à obtenção do título de Mestre à Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho". Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Materiais.

MINISTÉRIO DO TRABALHO. **NR 26: Sinalização e Segurança.** Brasil. 2011.

NEXANS BRASIL Disponível em: < [http://www.nexans.com.br/eservice/Brazilpt\\_BR/navigate\\_210523\\_149\\_40\\_5082/Cabos\\_de\\_cobre\\_isolados\\_para\\_media\\_tens\\_o.html](http://www.nexans.com.br/eservice/Brazilpt_BR/navigate_210523_149_40_5082/Cabos_de_cobre_isolados_para_media_tens_o.html)>. Acesso em: 18 de março de 2013.

REGO, E. H. C. **Power supply to battery with different load levels by supercapacitors.** 2011. Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação. Curso Superior de Tecnologia em Manutenção Industrial do Departamento Acadêmico de Eletromecânica - COELM. Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR.

ZHANG, S.; PENG, C.; NG, K. C.; CHEN, G. Z. **Nanocomposites of manganese oxides and carbon nanotubes for aqueous supercapacitor stacks.** Electrochimica Acta, v. 55, n. 25, p. 7447–7453, 2010.

ZHANG, Y.; FENG, H.; WU, X.; WANG, L.; ZHANG, A.; XIA, T.; DONG, H.; LI, X.; ZHANG, L. **Progress of electrochemical capacitor electrode materials: A review.** International Journal of Hydrogen Energy, v. 34, n. 11, p. 4889–4899, 2009.

ZHONG, C.; DENG, Y.; HU, W.; QIAO, J.; ZHANG, L.; ZHANG, J. **A review of electrolyte materials and compositions for electrochemical supercapacitors.** Chemical Society reviews, v. 44, n. 21, p. 7484–7539, 2015.

SUZUKI, K. K. KONDLATSCH, P. C., GOMES, T. S. 2011. Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação. Curso de Engenharia Industrial Elétrica - Ênfase em Eletrotécnica. Departamento Acadêmico de Eletrotécnica - DAELT. da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR.