

SUPERVISÃO DE MÁQUINA DE CHAVE (MCH) DO APARELHO DE MUDANÇA DE VIA (AMV)

Humberto Aparecido Brufatto Pereira, humbertobrufatto@msn.com¹

Leandro Cardoso da Silva, leandro.cardoso@sp.senai.br²

Antônio Carlos Carvalho, acarvalho@sp.senai.br³

Carlos Cesar Pestana, carlos.pestana@sp.senai.br⁴

Norberto Gonçalves, norberto.neto@sp.senai.br⁵

^{2, 3, 4, 5}Escola Senai "Roberto Simonsen", Rua Monsenhor Andrade, 298 - Brás - São Paulo/SP - CEP 03008-000

Resumo: A dinâmica de uma grande metrópole como São Paulo é muito complexa em relação a mobilidade. Para atender essa demanda o sistema metro-ferroviário é vital para o transporte da sua população, e quando esse sistema falha, vemos o caos que se instala na vida das pessoas e das empresas. Este estudo tem o objetivo de apresentar uma metodologia de monitoramento dos equipamentos responsáveis pela mudança de via dos trens, utilizando sensores de efeito hall e criando alertas de anomalias. Esses alertas darão à equipe de manutenção tempo hábil para realizar as intervenções antes que a falha se concretize de fato. O monitoramento também trará outro benefício: será possível programar as manutenções, conforme a condição, a partir da coleta da quantidade de acionamentos feitos em determinado período, reduzindo assim os custos de manutenção.

Palavras-chave: mobilidade, trem, AMV, MCH

1. INTRODUÇÃO

Os motores elétricos são amplamente utilizados em vários seguimentos da indústria, para a realização das mais diversas tarefas. Em sua grande maioria são motores de corrente alternada, ao qual possui uma construção e manutenção com menor complexidade e custo em comparação aos motores de corrente contínua. Então, por que o sistema metro-ferroviário usa motores de corrente contínua para acionamento dos AMVs sendo que o custo de aquisição e manutenção são maiores? Pelo fato de poder ter uma fonte de energia ininterrupta de corrente contínua quando o sistema principal de alimentação elétrica apresentar algum tipo de anomalia, ou seja, enquanto a alimentação principal estiver indisponível, o sistema de AMV será alimentado por um banco de baterias capaz de fornecer uma autonomia de aproximadamente 6 horas de operação, dando tempo hábil para as equipes de manutenção restabelecerem o fornecimento de energia principal, aumentando assim a confiabilidade do sistema.

Como exposto, existe a preocupação do sistema metro-ferroviário em garantir o fornecimento de energia para o funcionamento dos AMVs, mas também se faz importante garantir o bom funcionamento do MCH responsável efetivamente pela movimentação do AMV, pois se a MCH apresenta uma falha, esta não tem um sistema de redundância.

Os motores da MCH são responsáveis pela movimentação das pontas de agulha do AMV, as quais direcionam o trem para uma rota em normal ou reverso (entenda “reverso” como desvio a direita ou esquerda). A figura 1 ilustra este funcionamento.

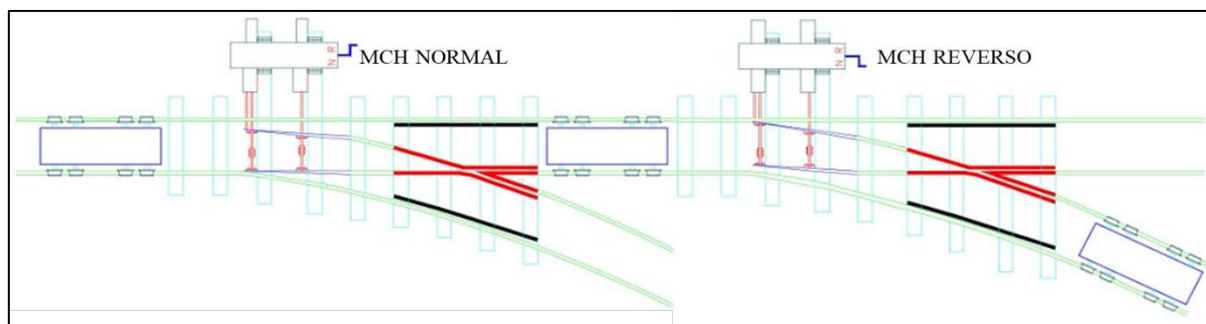


Figura 1. Ilustração de MCH em modo normal e reverso.

Fonte: Modificado de NOTICIANDO (2018)

As MCH são equipamentos eletromecânicos, compostos basicamente por um motor elétrico responsável por produzir a força motriz do acionamento, um conjunto de engrenagens para multiplicar a força do motor elétrico e realizar o movimento linear das pontas de agulha do AMV. Visto todo este conjunto de mecanismos interagindo para realizar essa movimentação, podemos afirmar que qualquer tipo de esforço extra, tal como: travamento de objeto, falta de lubrificação, quebra de componente, entre outros, causam uma dificuldade da movimentação linear da ponta de agulha do AMV, a qual será transmitida ao motor elétrico responsável pelo acionamento de todo o conjunto. Desta forma, durante as medições de acompanhamento, será possível comparar através do gráfico de corrente do motor saudável como parâmetro para indicar que algo está acontecendo com a MCH, onde o responsável pelo acompanhamento poderá enviar um alerta, o que possibilitará que as equipes de manutenção atuem antes de uma falha severa que impossibilite o acionamento da MCH.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Dentre os tipos de falhas da MCH podem ser definidas como:

- Falhas abruptas, aparecem de repente, sem qualquer indicação prévia;
- Falha intermitente, que acontecem esporadicamente;
- Falha incipiente, defeito que se desenvolve gradualmente ao longo do tempo.

Dentro disto o objetivo é trabalhar na falha incipiente monitorando de forma online ou periódica, o comportamento dinâmico da MCH.

As origens das falhas pontuais da MCH podem ser categorizadas da seguinte forma (ASSADA, 2013, p. 23):

- Falhas causadas por componentes na máquina de chave;
- Falhas causadas por componentes externos;
- Falhas causadas por erro humano e desalinhamento;
- Falhas causadas por temperatura, rastreie o movimento da fundação e as mudanças de umidade;
- Falhas causadas por uma obstrução.

Os motores elétricos devem trabalhar dentro da corrente nominal e tipo de regime de trabalho compatível com a aplicação conforme NBR 17094.

O sistema metro-ferroviária funciona como um “carrossel”, logo as MCH mais críticas que devem ser monitoradas são as das estações terminais, visto que qualquer falha que ocorra, interfere diretamente no intervalo entre trens ou paralisando o “carrossel”.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

O mercado oferece diversos fabricantes e modelos de MCH para o sistema metro-ferroviário. Este estudo está sendo feito na MCH modelo MD-2000 fabricada pela DIMETRONIC.

Os materiais utilizados foram:

- Sensor de efeito hall ACS758LCB-050B;
- Microprocessador Arduino Nano;
- Programa Microsoft Excel.

Para mensurar essa corrente elétrica utilizaremos sensores de efeito hall, juntamente com um microprocessador para enviar os dados para uma planilha Excel onde serão tratados. O sensor de efeito hall foi escolhido por ter uma isolamento galvânica entre a parte de potência e a parte responsável pela leitura, aumentando assim o nível de proteção para o sistema de medição.

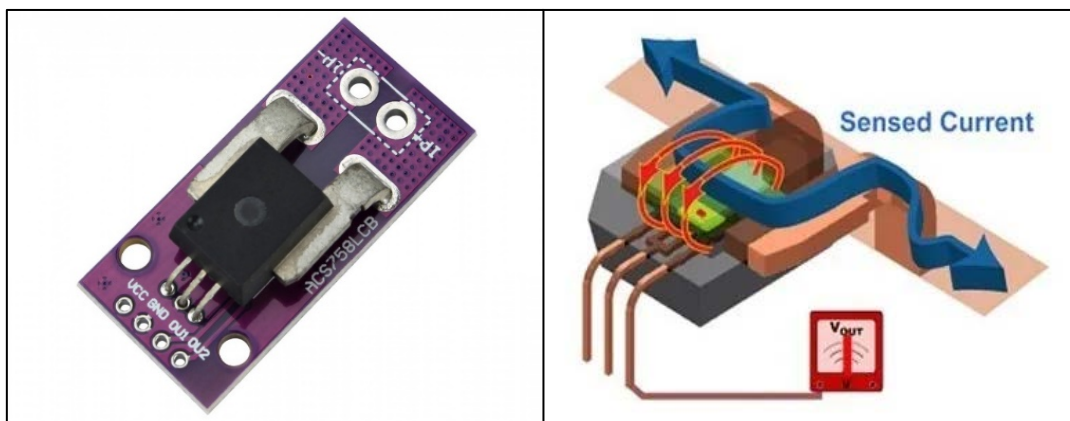


Figura 2. Sensor de corrente por efeito hall.
Fonte: USINAINFO (2022); MERCADO LIVRE (2019)

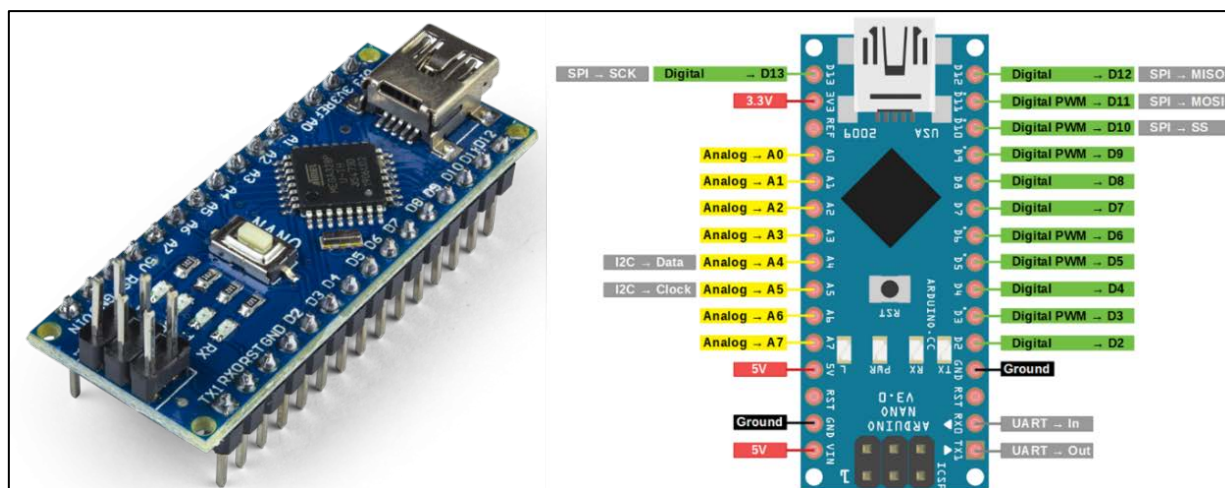


Figura 3. Arduino nano V3.
Fonte: ROBOCORE (2022); LOBO DA ROBÓTICA (2019)

O microprocessador utilizado na captura dos dados foi um Arduino Nano, pois tem um custo-benefício interessante por possuir um bom conversor de analógico para digital de 10 bits, ser de fácil utilização e ter um preço bem acessível.

O programa Microsoft Excel foi escolhido pois é amplamente utilizado e possui boa capacidade para analisar os dados e para compartilhar em outras plataformas.

A metodologia consiste em analisar a corrente elétrica em função do tempo. O ciclo de movimentação de um AMV produz uma curva característica da corrente elétrica no motor da MCH. Esta curva característica consegue demonstrar o processo de destalonamento – movimentação – talonamento (entenda “destalonamento” e “talonamento” como destravamento e travamento mecânico respectivamente) da MCH, tanto no sentido de normal para reverso quanto o contrário.

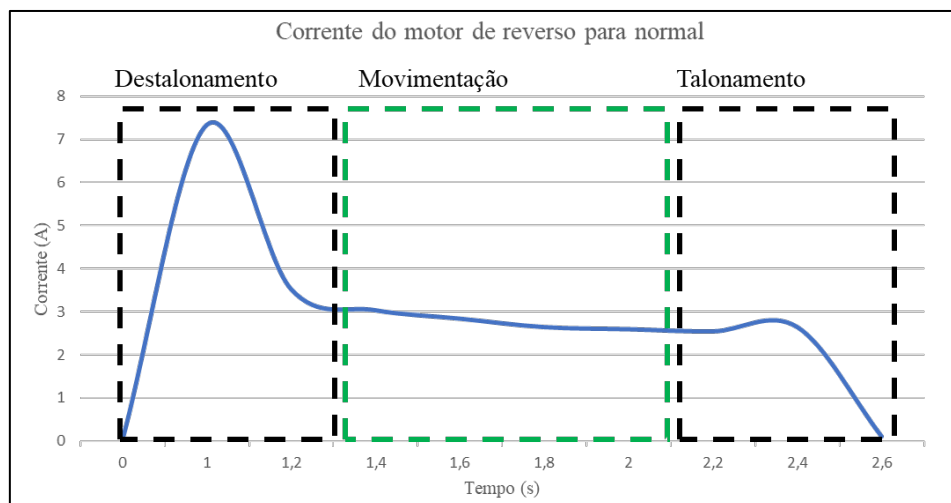


Figura 4. Ilustração da corrente da MCH.
Fonte: elaborado pelo autor Humberto Brufatto

Durante as movimentações da MCH, quando ocorrer uma corrente superior a 15% do padrão normal para o seu funcionamento, devido ao tempo de normal de atuação ser de 2 a 3 segundos conforme descrito no manual de MD2000, a essa diferença estará representada no gráfico, como mostra a figura 5, e a partir desta informação o responsável pelo acompanhamento das medições, poderá disparar um e-mail para a equipe de manutenção comunicando que a máquina de chave está com algum tipo de anomalia.

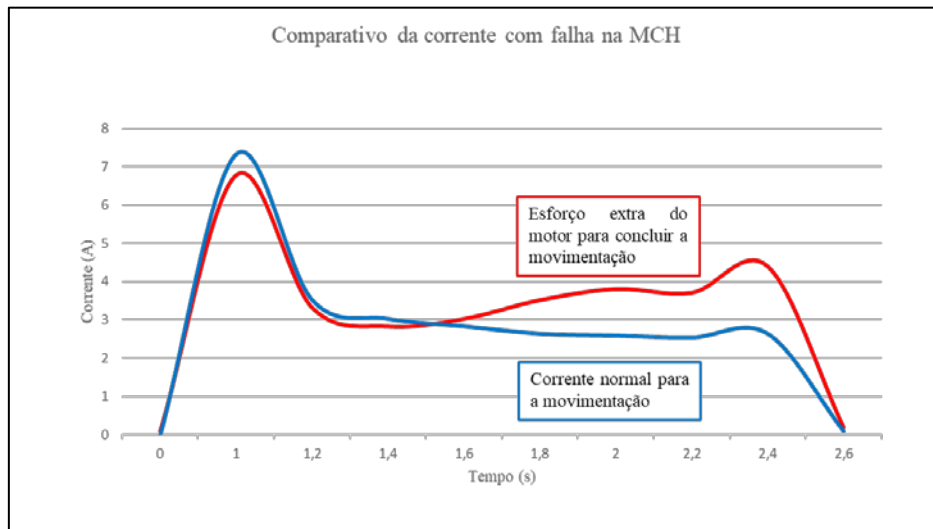


Figura 5. Comparativo de corrente.
Fonte: elaborado pelo autor Humberto Brufatto

Na figura 6 abaixo mostra o e-mail recebido pela equipe de manutenção.

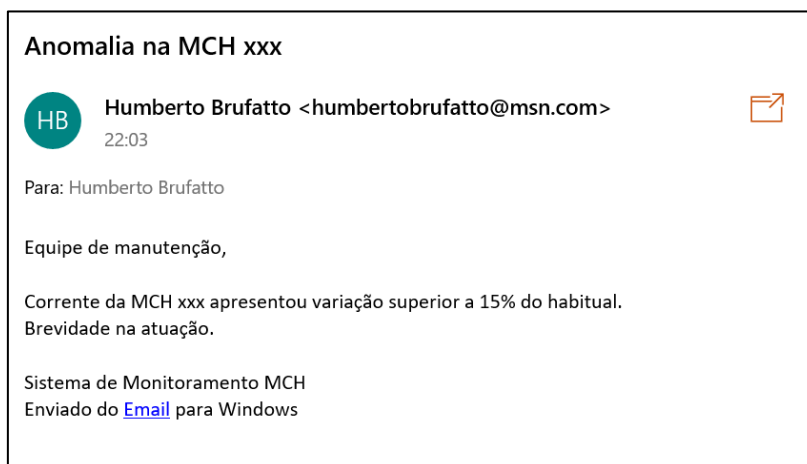


Figura 6. Ilustração de modelo de e-mail.
Fonte: elaborado pelo autor Humberto Brufatto

Desta forma, antes que essa falha possa tornar a MCH inoperante, a equipe de manutenção será acionada para realizar a manutenção corretiva programada. Para que essa manutenção seja realizada, os técnicos acionarão o CCO (Centro de Controle Operacional) para estabelecer uma estratégia operacional que possibilite a atuação dos técnicos durante o “horário de VALE” (nomenclatura dada para o horário de menor circulação de passageiros no sistema metro-ferroviário). Se não for possível realizar a manutenção durante o “horário de VALE”, a equipe fará após o término da operação comercial. Essas atitudes permitem realizar a manutenção de forma que não causem impacto na operação comercial e na prestação do serviço à população.

Quando ocorrer um obstáculo, o sistema de sinalização enviará um sinal para o CCO, informando que a máquina de chave está sem indicação de status (normal ou reverso). A problemática desse tipo de ocorrência é que a manutenção deve ser feita de imediato, não havendo tempo para o planejamento prévio, ocasionando a paralisação do sistema metro-ferroviário para que os técnicos possam realizar o reparo na região da MCH e restabelecer o sistema. Consequentemente, a prestação de serviço será prejudicada trazendo transtornos à população.

O sensor de corrente está inserido em serie na ligação do motor CC da MCH e consequentemente ligado ao Arduino, responsável pela captação dos dados e envio para Excel. Ao realizar as leituras de forma pontual o sistema se comportou de forma satisfatória, já quando foi deixado em modo de leitura constante, não conseguiu sincronizar os dados, junto com o comando de início de movimentação da MCH, o delay das interfaces se mostrou prejudicial neste ponto.

A figura 7 demonstra a corrente do motor com um obstáculo no movimento da MCH.

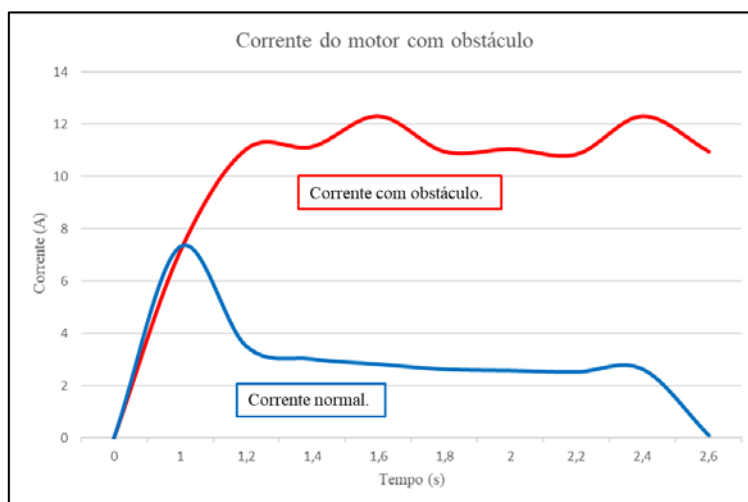


Figura 7. Corrente do motor com obstrução.
Fonte: elaborado pelo autor Humberto Brufatto

A MCH possui uma embreagem de segurança que protege o motor contra o bloqueio do rotor evitando que haja a queima do motor, até que o tempo limite de movimentação pré-determinado desligue o motor. A figura 8 mostra a embreagem de segurança.



Figura 8. Embreagem de segurança.
Fonte: elaborado pelo autor Humberto Brufatto

4. RESULTADOS

Verificado que o sistema online precisa de aprimoramentos, visto que a leitura dos dados possui um tempo de resposta muito lento, devido a estar passando por várias interfaces de software. Já para aplicação de uma leitura pontual o sistema se mostra eficiente, visto que gera dados de curva característica de uma determinada MCH. Tais dados podem ser utilizados para elaboração de uma curva de tendência, onde quanto mais dados forem inseridos ao longo do tempo, melhor será a previsibilidade do equipamento e juntamente com todo o histórico de intervenções, alguns processos podem ser otimizados, por exemplo: Com base na coleta dos dados de performance, pode se concluir que a lubrificação do equipamento pode ser ampliada de 15 dias para 20 dias ou que, para garantir a performance, o intervalo de lubrificação deve ser reduzido para 10 dias. Isso impacta diretamente nos custos e nas estratégias de manutenção adotadas. Os testes realizados demonstram que o sistema de monitoramento funciona, pois diante de uma possível falha, o colaborador que está coletando os dados tem como emitir um e-mail para a equipe de manutenção possam identificar e corrigir uma anomalia. Após a atuação dos técnicos, vemos na figura 9 que a curva da MCH se aproxima muito da curva padrão.

A geração automática dos alertas para a equipe de manutenção é possível com um investimento mais vultuoso no aprimoramento das interfaces de software.

Nem todas as possibilidades de falhas possíveis foram estudadas no plano de investigação devido aos custos envolvidos e indisponibilidade de material para os ensaios, pois a MCH modelo MD2000 já não é mais fabricada e suas peças sobressalentes possuem um alto custo para aquisição.

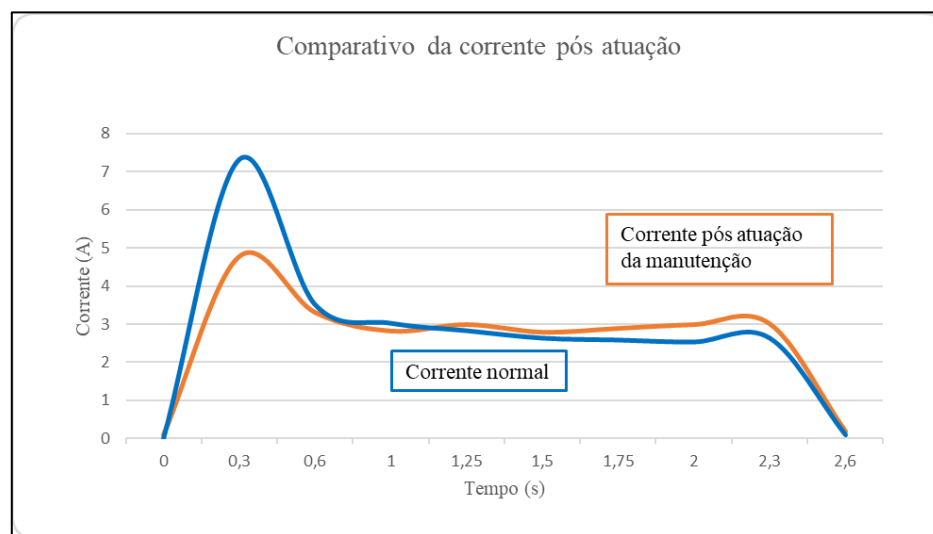


Figura 9. Comparativo da corrente após atuação da manutenção.

Fonte: elaborado por Humberto Brufatto

5. CONCLUSÃO

A metodologia aplicada nesse estudo mostra como aumentar a confiabilidade de um sistema complexo onde existe um ponto de fragilidade, e neste estudo, esse ponto de fragilidade é a MCH, pois quase todos os sistemas elétricos possuem redundância, porém nos AMV's o atuador MCH não tem redundância.

O sistema de monitoramento mostra-se uma ferramenta para mitigar o risco de falha durante a operação comercial, pois a atuação da manutenção antes da quebra de um componente evitará a quebra dos demais componentes, além do mais, o sistema de monitoramento evitará que a operadora tenha outros custos adicionais decorrentes da paralisação ou degradação do sistema metro-ferroviário.

Portanto, este estudo mostra os benefícios da implementação desse sistema de monitoramento, tanto em sistemas metro-ferroviários já existentes, quanto em projetos futuros.

6. REFERÊNCIAS

- Alegro Microsystems. Datasheet ACS758. In *Alegro MicroSystems*. Disponível em: <https://www.allegromicro.com/en/search?q=acs758>. Acesso em: 22 jan. 2022.
- Asada, Tomotsugu, 2013. "Novel condition monitoring techniques Applied to improve the dependability of railway point machines". *Thesis (Doctor of Philosophy to School of Engineering) - University of Birmingham*. Birmingham – United Kingdom. Disponível em: <https://etheses.bham.ac.uk/id/eprint/4155/1/Asada13PhD.pdf>. Acesso em: 22 jan. 2022.
- Canal, Ivan Paulo; Valdiero, Antonio Carlos; Reimbold, Manuel Martín Pérez, 2016. "Modelagem matemática de motor de corrente contínua e análise dinâmica". *Monografia (Pós-graduação em Modelagem Matemática) – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. Ijuí*. Disponível em: <https://proceedings.sbmec.org.br/sbmec/article/download/1358/1372>. Acesso em: 22 jan. 2022.
- Dimetronic, [2012?]. "Manual de serviço da máquina de chave MD2000". São Paulo.
- Escola Politécnica Da Universidade De São Paulo. "Motor de corrente contínua". Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/1230461/mod_resource/content/1/MCC_Resumo.pdf. Acesso em: 22 jan. 2022.
- Lobo Da Robótica. "Arduino nano pinout". Disponível em: <https://lobodarobotica.com/blog/arduino-nano-pinout/>. Acesso em 06 mar. 2022.
- Mercado Livre. "Acs758 sensor corrente hall Acs758lcb-050b 50a Bidirecional". Disponível em: https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-855168220-ac758-sensor-corrente-hall-ac758lcb-050b-50a-bidirecional-_JM. Acesso em 06 mar. 2022.
- Noticiando. "Curiosidades do transporte: conheça e entenda sobre o AMV". Disponível em: <https://noticiando.net/curiosidades-do-transporte-conheca-e-entenda-sobre-o-amv/>. Acesso em: 06 mar. 2022.

Robocore. "Placa nano v3". Disponível em: https://www.robocore.net/placa-arduino/placa-nano-v3-com-cabo-usb-para-arduino?gclid=EAIaIQobChMI98KLxoKy9gIVFwaRCh0rmgAQEAQYASABegJQ1vD_BwE. Acesso em 06 mar. 2022.

Usinainfo. "Módulo sensor de corrente AC/DC ACS758 50A efeito hall". Disponível em: https://www.usinainfo.com.br/sensor-de-corrente-arduino/modulo-sensor-de-corrente-ac-dc-ac758-50a-efeito-hall-5467.html?gclid=EAIaIQobChMIisiw-P6x9gIVkQ2RCh3v7AixEAQYAyABegJX8_D_BwE. Acesso em 06 mar. 2022.

7. RESPONSABILIDADE AUTORAL

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste trabalho.

SUPERVISION OF THE POINT MACHINE IN THE SWITCHES CROSSING

Humberto Aparecido Brufatto Pereira, humbertobrufatto@msn.com¹

Leandro Cardoso da Silva, leandro.cardoso@sp.senai.br²

Antônio Carlos Carvalho, acarvalho@sp.senai.br³

Carlos Cesar Pestana Pestana, carlos.pestana@sp.senai.br⁴

Norberto Gonçalves, Norberto.neto@sp.senai.br⁵

^{2, 3, 4, 5}School Senai "Roberto Simonsen", Monsenhor Andrade street, 298 - Brás - São Paulo/SP - CEP 03008-000

Abstract. *The dynamics of a large metropolis like São Paulo is very complex in terms of mobility. To meet this demand, the metro-railway system is vital for the transport of its population, and when this system fails, we see the chaos that settles in the lives of people and companies. This study aims to present a methodology for monitoring the equipment responsible for changing lanes of trains, using hall effect sensors and creating anomalies alerts. These alerts will give the maintenance team time to carry out interventions, before the failure actually materializes. Monitoring will also bring another benefit: it will be possible to schedule maintenance, according to the condition, from the collection of the number of activations made in a given period, thus reducing maintenance costs.*

Keywords: *mobility, train, point machine, switches crossing*