

MONITORAMENTO DE APARELHOS DE MUDANÇA DE VIA TALONÁVEIS EM ÁREAS DE MANOBRAS NO SETOR FERROVIÁRIO VIA REDE LORA/LORAWAN

MONITORING OF CONTROLLED TRACK SWITCHES IN MANEUVERING
AREAS IN THE RAILWAY SECTOR VIA THE LORA/LORAWAN NETWORK

Rafael Virgílio Miranda¹
Alex Franco Ferreira²

RESUMO: Foi desenvolvido um estudo baseado em IoT para monitorar Aparelhos de Mudança de Via Talonáveis em áreas de manobra no setor ferroviário, tendo em vista conectar diversos equipamentos localizados em áreas com grandes distâncias, utilizando técnicas de modulação sem fio que através de radiofrequência envia informações à um gateway que possibilitará o envio de mensagens à dispositivos móveis informando a ocorrência de incidentes denominados “chave contra”, permitindo ações que garantirão a segurança das manobras ferroviárias. Com o desenvolvimento do algoritmo através da linguagem de programação Ladder, facilitará o entendimento da lógica e testes dos sensores indutivos e ópticos responsáveis pela detecção dos movimentos da máquina de chave. O resultado esperado para esse sistema, é melhorar a gestão da manutenção para os AMV's Talonáveis, tornando as manobras cada vez mais seguras e evitando perdas no processo.

1322

Palavras-chave: Aparelho de Mudança de Via. AMV. Chave Talonável. IoT. LoRa. LoRaWAN. Máquina de Chave. MCH. Monitoramento. Pátio de Manobra Ferroviário. Redes.

ABSTRACT: A study based on IoT was developed to monitor Changeover Devices that can be moved in maneuvering areas in the railway sector, with a view to connecting various equipment located in areas with great distances, using wireless modulation techniques that, through radiofrequency, send information to a gateway that will make it possible to send messages to mobile devices informing the occurrence of incidents called "key against", allowing actions that will guarantee the safety of railway maneuvers. With the development of the algorithm through the Ladder programming language, it will facilitate the understanding of the logic and tests of the inductive and optical sensors responsible for detecting the movements of the switch machine. The expected result for this system is to improve the maintenance management for the AMV's Flyable, making the maneuvers increasingly safer and avoiding losses in the process.

Keywords: Lane Change Apparatus. AMV. Talonable Key. IoT. LoRa. LoRaWAN. Key Machine. MCH. Monitoring. Rail Yard. Networks.

¹ Universidade de Vassouras, Vassouras, RJ, Brasil.

² Universidade de Vassouras, Vassouras, RJ, Brasil.

INTRODUÇÃO

A logística brasileira vem se beneficiando com o crescimento do setor ferroviário, que tem de forma significativa aumentado seu índice de produtividade. Conforme a Associação Nacional dos Transportadores Ferroviários – ANTF (2022), em 2021, a produção ferroviária atingiu 371,4 bilhões de TKU (toneladas por quilômetro útil), o que significa uma elevação de 171% desde o início das concessões - a produção era de 137 bilhões de TKU em 1997.

Na mesma proporção em que se tem um crescimento no setor, consequentemente aumenta-se os trabalhos e a necessidade de tecnologias e inovações para tornar as atividades cada vez mais seguras.

Uma parte importante no processo de formação dos trens, para que possam ser direcionados para seguirem viagem pelas malhas ferroviárias, são as manobras, que são realizadas diariamente em pátios localizados em regiões estratégicas, no qual os vagões são unidos com o auxílio de operadores maquinistas e manobreiros. Para que seja possível tais manobras, a ferrovia é dotada de Aparelhos de Mudança de Via – AMV's, que segundo o Brasil Ferroviário (2023), são conjuntos de acessórios, máquinas e componentes que são projetados para permitir ao material circulante transitar de uma linha para outra, assegurando a continuidade da via para um determinado caminho.

As operações dos AMV's manuais pelos manobreiros são constantes e repetitivas, e para evitar falhas humanas é necessário o cumprimento de procedimentos específicos que visam a segurança durante as manobras.

É comum, porém inadmissível, falhas nas operações, como por exemplo, um AMV não direcionado corretamente para a via em que se deseja circular, e ao passar as composições sobre ele nessas condições, causam enormes prejuízos à circulação e aos equipamentos, como descarrilhamentos, quebra de componentes do AMV e consequentemente atrasos nas entregas dos produtos. É uma das soluções para mitigar essas ocorrências, é a instalação de AMV's Talonáveis, no qual se adequam ao sentido de circulação no caso de erros operacionais.

Este trabalho teve como objetivo desenvolver soluções de monitoramento para os modelos de AMV's Talonáveis, permitindo informar aos agentes de estação e gestores, a ocorrência de incidentes denominados “chave contra”.

Com isso possibilitam-se tratativas como medidas administrativas, inspeções nos equipamentos e programações de manutenção, visto que segundo o fabricante, há uma quantidade de vezes permitidas para que o aparelho seja incidentado, pois, após seu limite, poderá trazer insegurança para a circulação se não for mantido.

Para que seja possível a detecção dos movimentos da máquina de chave, sensores indutivos e ópticos serão instalados em locais estratégicos do aparelho, que além da sua característica construtiva, será composto por um componente denominado Barreira Borboleta que permitirá ou não a progressão do laser do sensor óptico.

As informações dos sensores serão enviadas à um microcontrolador dotado da tecnologia LoRa, possibilitando o envio de informações através de radiofrequência para um concentrador de dados, e posteriormente disponibilizadas em um dashboard de monitoramento e controle.

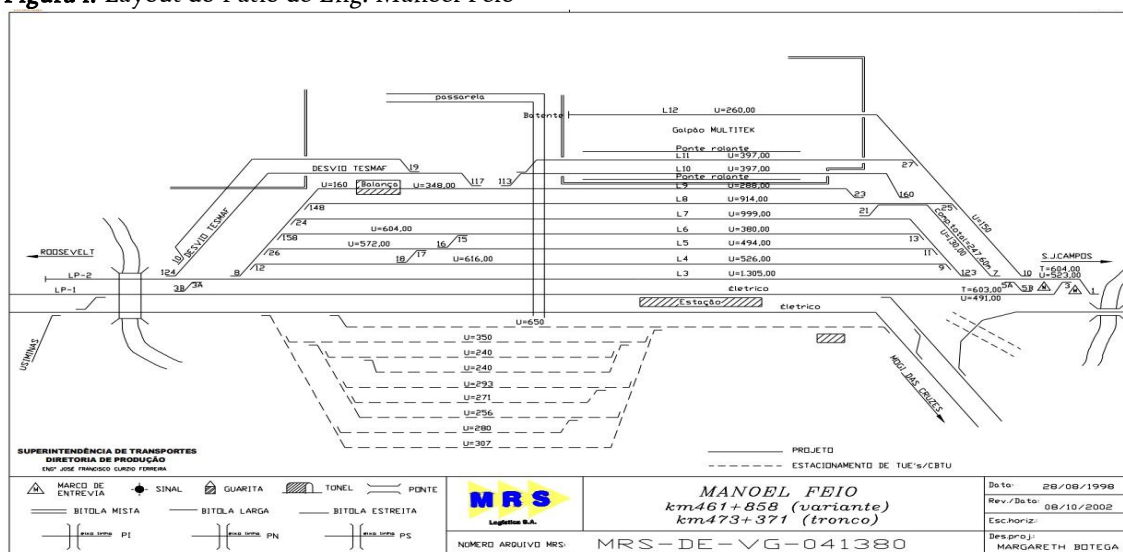
Pátios de Manobras Ferroviários

Os pátios de manobras são grandes e complexas áreas com um conjunto de vias dotadas de AMV's que proporcionam a formação de trens como explicito na Figura 1.

Os pátios são essenciais a todos os tipos de linhas ferroviárias, já que as paradas para abastecimento de cargas, a separação, o agrupamento de vagões e a manutenção só acontecem com o menor tempo possível, se feitos isoladamente (MASSA, 2021).

Pela sua extensão, grandes quantidades de AMV's e constantes operações para formação dos trens, utilizam-se nos pátios de manobra AMV's manuais, sendo operados por manobreiros.

Figura 1: Layout do Pátio de Eng. Manoel Feio



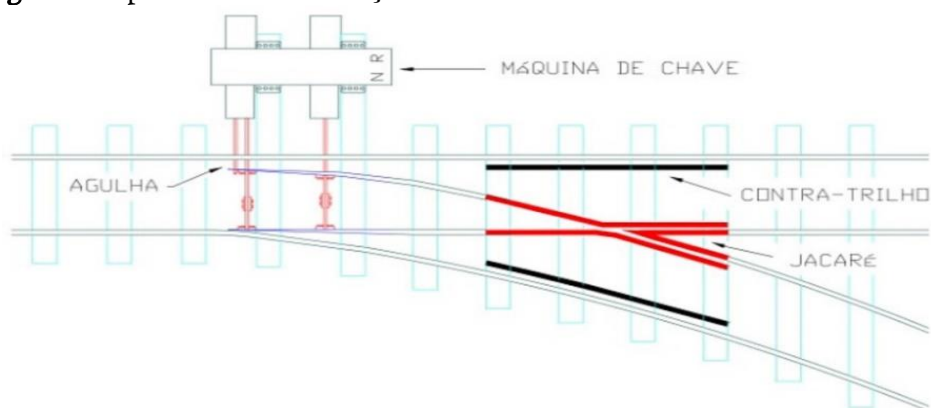
Fonte: MRS Logística, [s.d.]

Aparelho de Mudança de Via – AMV

Existem vários modelos de AMV's, instalados de acordo com a estratégia das Concessionárias visando a sua forma de funcionamento e a engenharia de cada pátio, podendo ser manual, elétrico, por mola ou hidráulico.

Os AMV's são compostos de cruzamento ou jacaré, contratrilhos, trilhos de ligação, agulhas e máquina de chave como representado na Figura 2.

Figura 2: Aparelho de Mudança de Via



Fonte: Massa, 2020

No presente artigo, ressalta-se o componente máquina de chave, com foco no AMV Talonável, que segundo o Brasil Ferroviário (2023), é um tipo de AMV mais complexo, pouco utilizado que é dotado de sistemas hidráulicos que trava as agulhas quando for feita a alteração, não permitindo que elas retornem à posição anterior.

A Figura 3 se trata de um AMV Talonável instalado em um pátio de manobra localizado na cidade de Barra Mansa RJ.

Figura 3: Máquina de Chave Manual – AMV Talonável



Fonte: Do Autor, 2023

Rede LoRa

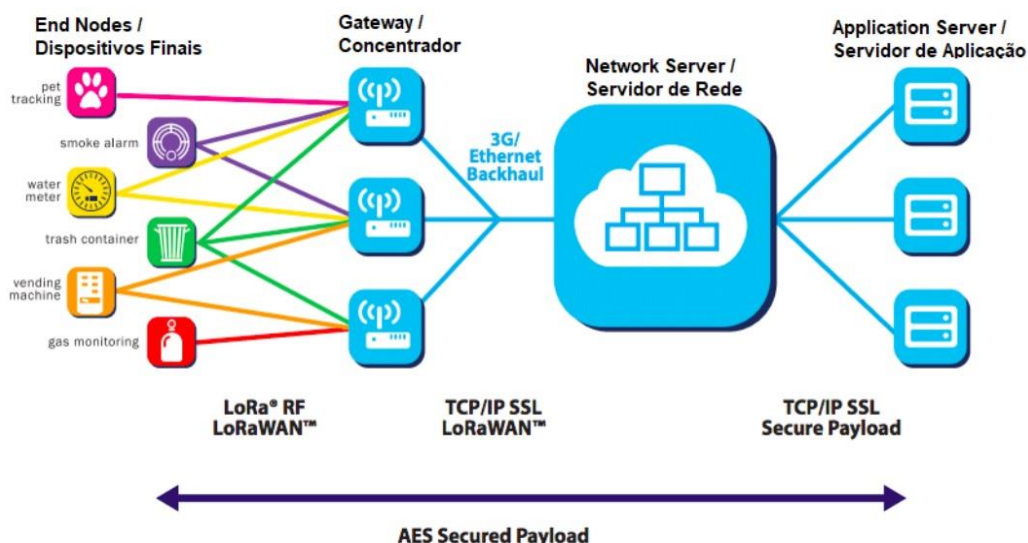
Para o envio de informações dos AMV's, visando a grande extensão dos pátios de manobras, foi escolhido a tecnologia LoRa, que tem sua origem do inglês, com a expressão “Long Range”, que significa em português longo alcance, sendo uma técnica de modulação sem fio operando em um espectro de radiofrequência com um consumo mínimo de energia, tendo precisão por ser robusta contra distúrbios, podendo operar nas bandas sub-gigahertz sem licença, como por exemplo 915Mhz. De acordo com a Logpyx (2021), o seu alcance é de 3 a 4 km em áreas urbanas, já em áreas rurais, esse mesmo alcance chega a 12 km ou mais.

Arquitetura LoRaWAN

LoRaWAN é um protocolo de rede construído sobre a modulação LoRa, como é mostrado na Figura 4, projetado para conectar vários equipamentos, ou “coisas” no conceito de IoT.

A topologia de uma rede LoRa é composta pelos meios físico e digital, e é organizada em camadas. Em seu mais baixo nível, há os sistemas-finais, todos podendo apresentar especificações diferente quando a sua bateria e a sua vazão para transmissão de dados. Esses dispositivos, por meio do protocolo *Long Range Wide Area Network (LoRaWAN protocol)*, transmitem para e recebem dados de um gateway, conectados a um salto de distância (topologia do tipo *Star-of-Stars*). Os *gateways* funcionam como uma ponte de dados entre os dispositivos finais e a rede internet. Eles, por meio do protocolo de internet, transmitem para e recebem pacotes de um servidor. (UFRJ, 2019).

Figura 4: Estrutura da arquitetura de rede LoRa

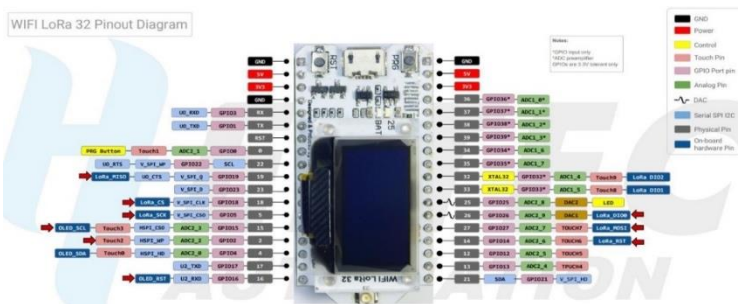


Fonte: ResearchGate, 2023

Hardware

O equipamento escolhido para o sistema embarcado foi o ESP32 LORA WIFI SX1278, que integra três formas diferentes de comunicação: Bluetooth, Wifi e rede de comunicação de longo alcance (rede LoRa). E através da IDE do Arduino, possibilitará a inserção da lógica de funcionamento para nosso sistema em estudo. Para o ideal funcionamento é preciso conhecer o diagrama de pinagem conforme ilustrado na Figura 5.

Figura 5: Diagrama de pinagem ESP32 LORA WIFI SX1278



Fonte: USINAINFO, 2019

IDE do Arduino

Tendo origem do inglês, a sigla IDE - *Integrated Development Environment*, que significa ambiente de Desenvolvimento Integrado, é um espaço onde você tem tudo que precisa para programar sua placa baseada nessa plataforma escrevendo seus códigos de maneira satisfatória, rápida e eficiente. (URA, 2013). É compatível com quase todos os sistemas operacionais, com um layout completo e de fácil navegação, como é mostrado na Figura 6.

Figura 6: IDE do Arduino



Fonte: Arduino, 2023

Representação da programação

Devido à complexidade para o entendimento da programação escrita em função de C e C++, no presente artigo a programação será representada na linguagem de programação Ladder, que segundo Kalatec (2023), suas funções são de fácil compreensão por aqueles que tem noção sobre circuitos elétricos, pois são baseadas na lógica de relés, representadas por contatos (chaves) e bobinas.

Sensores utilizados

No trabalho realizado foram instalados dois tipos de sensores: indutivos e ópticos.

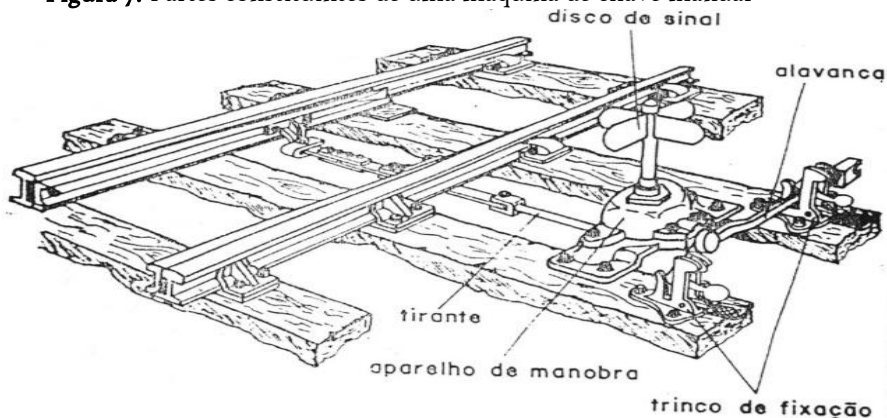
Os sensores indutivos detectam a presença de materiais condutores metálicos, que segundo Digel (2023), essa detecção é feita através da incidência de um campo eletromagnético oscilante sobre o espaço, quando um metal entra nesse campo, ele absorve parte do campo tornando-o mais fraco. Sendo assim, um circuito eletrônico detecta a perda de força do campo eletromagnético, e envia informações através de um sinal de saída.

Os sensores ópticos convertem raios de luz em sinais eletrônicos, medindo a quantidade de luz e traduzindo para um sistema de medição.

Para detecção dos movimentos do AMV em casos de operações normais ou na ocorrência de “chave contra”, foi utilizado sensores indutivos para detectar a presença das alavancas das máquinas de chave e sensores ópticos para detectar o giro do disco de sinal.

A Figura 7 apresenta as partes constituintes de uma máquina de chave manual visando o claro entendimento das disposições dos sensores.

Figura 7: Partes constituintes de uma máquina de chave manual



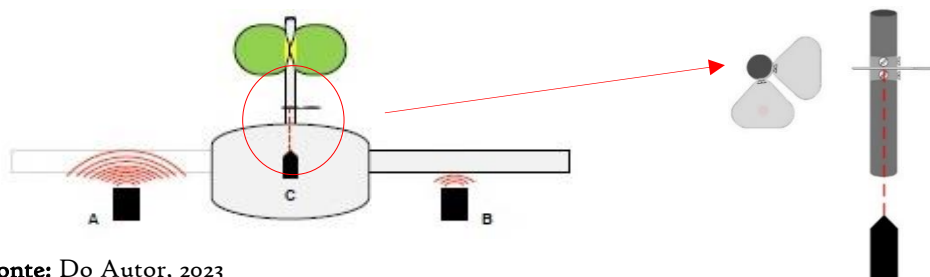
Fonte: MRS Logística, [s.d.]

Lógica de funcionamento

Na linguagem ferroviária é utilizado a terminologia “normal” e “reverso” para a movimentação dos AMV’s, visando o posicionamento das agulhas, sentido linha principal ou desvio respectivamente. Sendo assim, baseado na posição das agulhas, alavanca e disco de sinal, foi desenvolvido a lógica de funcionamento que detectará a ocorrência de “chave contra”, possibilitando ações posteriores.

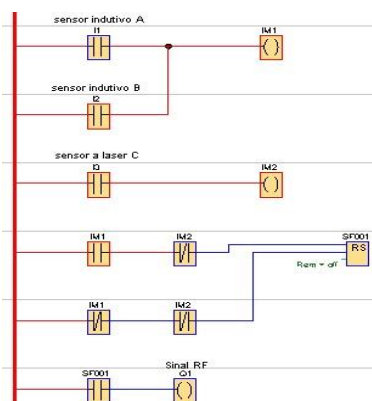
Na representação da Figura 8, quando o AMV Talonável está na posição de normal, o sensor indutivo B detecta a alavanca, enviando para o microcontrolador um sinal de nível lógico alto. O disco de sinal, que foi adaptado com uma barreira denominada Barreira Borboleta impede a progressão do laser do sensor óptico C, que estável, envia ao microcontrolador um sinal de nível logico alto. Sendo assim, o sistema certificará que o AMV está em perfeito funcionamento. A Figura 9 demonstra a programação em Ladder para melhor entendimento da lógica de funcionamento.

Figura 8: Representação de funcionamento – posição normal



Fonte: Do Autor, 2023

Figura 9: Programação Ladder – posição normal

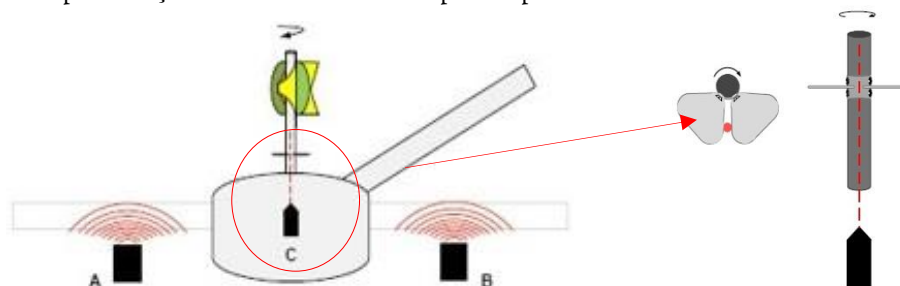


Fonte: Do Autor, 2023

Quando o Aparelho de Manobra é operado pelo Manobrador, o sistema reconhece que todos os sensores por algum instante enviam sinais de nível lógico baixo, percebendo que se trata de uma situação corriqueira, sendo assim, não gerando

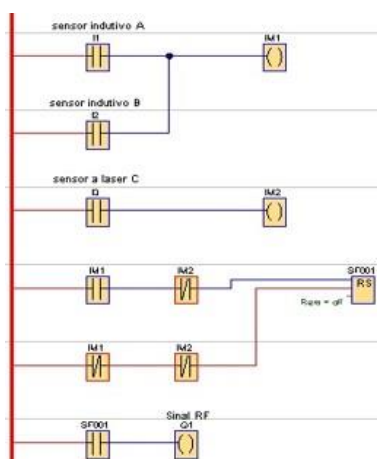
alarme, como é mostrado na Figura 10. A Figura 11 demonstra nesse caso as entradas referentes aos sensores, não atuadas.

Figura 10: Representação de funcionamento – operado pelo manobrador



Fonte: Do Autor, 2023

Figura 11: Programação Ladder – entradas não atuadas



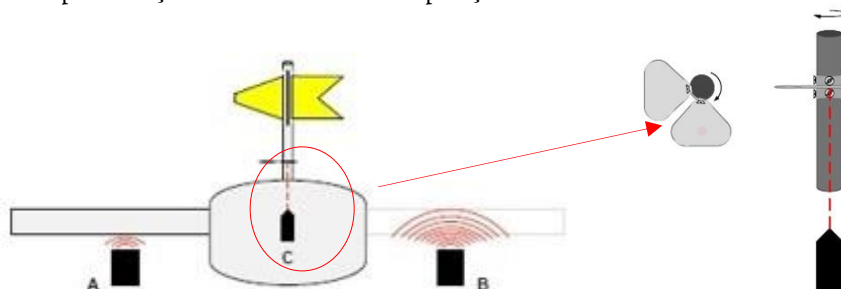
Fonte: Do Autor, 2023

Quando o AMV Talonável estiver na posição de reverso, como é mostrado na Figura 12, o sensor indutivo A detectará a alavanca, enviando para o microcontrolador um sinal de nível lógico alto.

O disco de sinal impedirá a progressão do laser do sensor óptico C, que estável, enviará ao microcontrolador um sinal de nível lógico alto.

Sendo assim o sistema certificará que o AMV está em perfeito funcionamento.

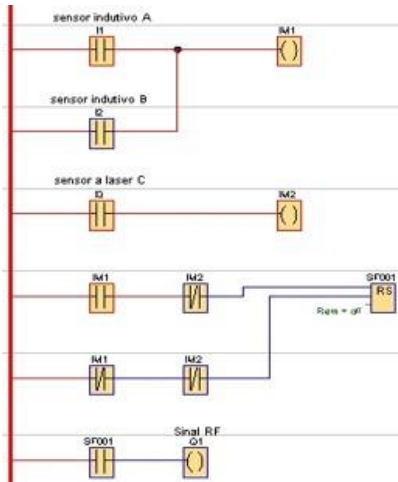
Figura 12: Representação de funcionamento – posição reverso



Fonte: Do Autor, 2023

A Figura 13 demonstra os estados das entradas e saídas para a posição de reverso.

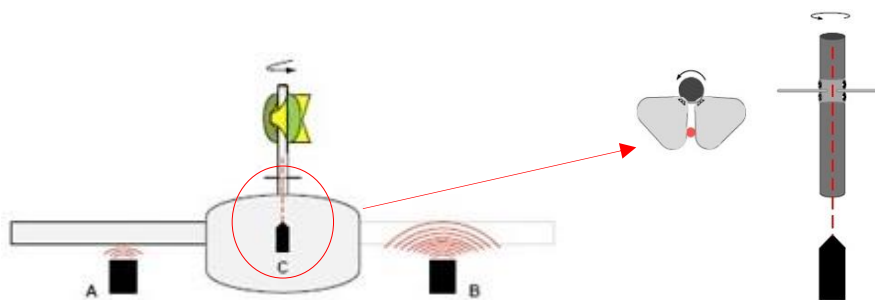
Figura 13: Programação Ladder – posição reverso



Fonte: Do Autor, 2023

Quando houver ocorrência de “chave contra”, o disco de sinal rotacionará de acordo em que os rodeiros da composição empurrar as agulhas para o sentido oposto. Sendo assim, por um instante o sensor óptico C enviará um sinal de nível lógico baixo para o microcontrolador, e com os sensores indutivos A ou B acionados, que significa que a alavanca não foi operada pelo manobrador, permitirá o envio do sinal de radiofrequência ao gateway, dando condições para o envio de mensagens aos gestores e agentes de estação informando o ocorrido, como é mostrado na Figura 14.

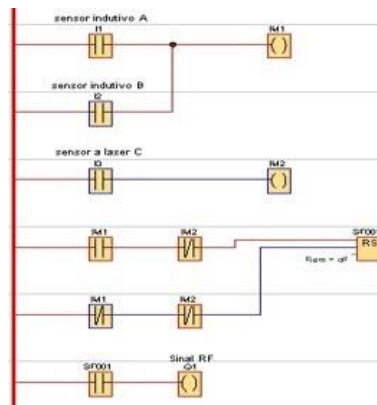
Figura 14: Representação de funcionamento – ocorrência de “chave contra”



Fonte: Do Autor, 2023

A lógica para o envio do sinal informativo de incidente é apresentada na Figura 15.

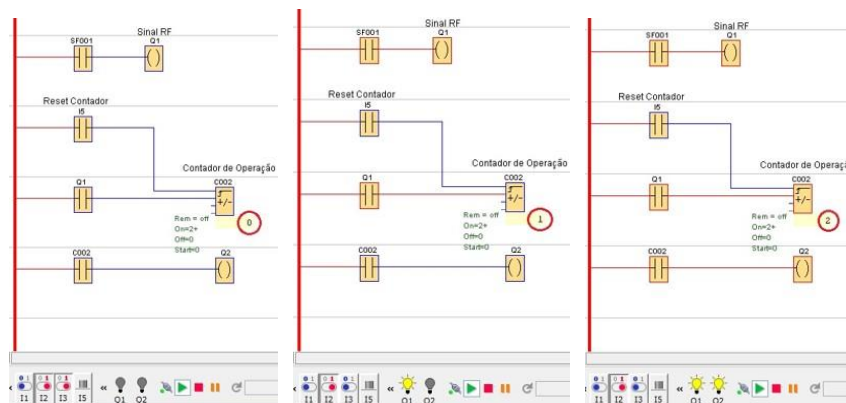
Figura 15: Programação Ladder – condição para envio do sinal de RF na saída Q1



Fonte: Do Autor, 2023

Como o fabricante garante 3 operações em chave contra, e após isso necessitando de uma manutenção mais detalhada, o sistema será provido de um contador de operações, que além das mensagens informando o ocorrido, permitirá o envio de uma mensagem específica para os gestores e agentes de estação com o número de vezes que o ativo foi incidentado, permitindo o controle e intensificação das ações, como é representado na Figura 16.

Figura 16: Programação Ladder – contador de operação



Fonte: Do Autor, 2023

CONCLUSÃO

O objetivo geral desse trabalho foi alcançado ao se desenvolver um sistema que garanta a segurança nas manobras ferroviárias levando em conta a constante operação e repetitivos movimentos dos manobreadores nos pátios, sendo que, a ocorrência de erros operacionais não estão isentos de acontecer.

O AMV Talonável é uma das soluções mais seguras para evitar perdas e danos, porém, se não houver um sistema que monitore os eventos, o aparelho se tornará inseguro trazendo resultados contrários à proposta do equipamento.

O sistema em questão traz confiabilidade às operações de manobras e permite aos responsáveis gerenciar a manutenção tomando ações de forma assertiva.

A tecnologia LoRa possibilitou a automação dos dispositivos em ambientes remotos, no qual a grande extensão dos pátios de manobra seria uma barreira impeditiva para soluções de baixo custo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABTC. (2022). *Transporte de cargas por ferrovias cresceu 3,6% em 2021 no Brasil*. Recuperado 03 de janeiro de 2023, de <https://www.abtc.org.br/index.php/noticias/noticias-do-setor/item/7525-transporte-de-cargas-por-ferrovias-cresceu-3-6-em-2021.html#:~:text=Em%202021%2C%20o%20setor%20ferrovi%C3%A1rio,TU%2C%20per%20o%20pr%C3%A9%20pandemia.>

ANTF. (2022). *Carga Geral: expansão anual média chega a 4,2%*. Recuperado 03 de janeiro de 2023, de <https://www.antf.org.br/releases/carga-geral/>

ANTT. (2022). *Manuais das Ferrovias*. Recuperado 05 de janeiro de 2023, de <https://www.gov.br/antt/pt-br/assuntos/ferrovias/manuais-das-ferrovias>

BRASIL FERROVIÁRIO. (2023). *AMV's*. Recuperado 15 de janeiro de 2023, de <https://www.brasilferroviario.com.br/amvs/>

DIGEL. (2023). *O que é um sensor indutivo?*. Recuperado 15 de janeiro de 2023, de <https://www.digel.com.br/artigos/9/-o-que-e-um-sensor-indutivo>

KALATEC AUTOMAÇÃO. (2023). *Linguagem de programação Ladder: aplicações, exemplos e dicas!* Recuperado 22 de fevereiro de 2023, de <https://blog.kalatec.com.br/linguagem-programacao-ladder/>

LANGONI, Rafael. (2006). *Metodologia para análise operacional de pátios ferroviários de classificação*. Recuperado 10 de janeiro de 2023, de <https://transportes.ime.eb.br/etfc/monografias/MON025.pdf>

LOGPYX. (2020). *LoRa: o que é essa solução para conectividade das coisas*. Recuperado 16 de janeiro de 2023, de <https://logpyx.com/blog/lora-solucao-para-conectividade-das-coisas/#:~:text=da%20rede%20LoraWAN%3F,O%20que%20%C3%A9%20a%20tecnologia%20LoRa%3F,module%C3%A7%C3%A3o%20de%20espectro%20de%20espalhamento.>

MANZATO, Gustavo. (2017). *Pátios de manobra formação de trens*. Recuperado 06 de janeiro de 2023, de https://pessoas.feb.unesp.br/barbara/files/2011/02/Aula_09_barbara.pdf

MASSA. (2021). *Manobras ferroviárias: descubra quais são e como são feitas*. Recuperado 05 de janeiro de 2023, de <https://massa.ind.br/manobras-ferroviarias/>

MASSA. (2020). *Tabela de AMV: entenda o que é e qual sua função*. Recuperado 06 de janeiro de 2023, de <https://massa.ind.br/tabela-de-amv-entenda-o-que-e-e-qual-sua-funcao/>

MAKERHERO. (2021). *O que é IDE Arduino?* Recuperado 20 de fevereiro de 2023, de <https://www.makehero.com/blog/o-que-e-ide-arduino/>

PAHC AUTOMAÇÃO. (2021). *Entenda o funcionamento dos sensores ópticos*. Recuperado 15 de janeiro de 2023, de <https://www.pahcautomacao.com.br/entenda-o-funcionamento-dos-sensores-opticos/>

RESEARCHGATE. (2020). *Estrutura da arquitetura de rede LoRa*. Recuperado 16 de janeiro de 2023, de https://www.researchgate.net/figure/Estrutura-da-arquitetura-de-rede-LoRaR_fig2_344567547

UFRJ. (2019). *Arquitetura da rede*. Recuperado 20 de janeiro de 2023, de <https://www.gta.ufrj.br/ensino/eel878/redes1-2019-1/vf/lora/arquitetura.html>

URA. (2013). *Socorro: o que é a IDE do Arduino?!*. Recuperado 20 de fevereiro de 2023, de <http://www.natalnet.br/ura/?p=438>

USINAINFO. (2019). *ESP32 LoRa wifi SX1278*. Recuperado 01 de fevereiro de 2023, de <https://www.usinainfo.com.br/blog/esp32-lora-wifi-sx1278/>

USINAINFO. (2019). *ESP32 wifi: comunicação com a internet*. Recuperado 01 de 2023, de <https://www.usinainfo.com.br/blog/esp32-wifi-comunicacao-com-a-internet/>