

INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL APLICADA AOS PROCESSOS DE MANUTENÇÃO DE VIA PERMANENTE FERROVIÁRIA

Gabriel Silva Nunes

Pós-graduação em Engenharia Ferroviária
Universidade Estácio de Sá

RESUMO

Este trabalho discorre acerca do transporte ferroviário, especificamente a área de manutenção de via permanente. Tem como propósito o estudo de aplicações dos conceitos de Inteligência Artificial e a busca de soluções inovadoras para os processos de manutenção. Através da técnica de pesquisa bibliográfica, permite uma ampliação do conhecimento e análises de diversas aplicações reais de IA no âmbito da manutenção de via permanente ferroviária. Em uma das etapas do desenvolvimento do trabalho, um questionário foi aplicado a profissionais que tem relação com a área de via permanente com o intuito de compreender diferentes opiniões sobre o tema e verificar a sua relevância na atualidade. Observou-se uma transformação nos processos de manutenção e gerenciamento de ativos, que se desdobra fundamentada nos conceitos da Inteligência Artificial. Ficou evidente a relevância do tema em nível global e que a busca pelo seu domínio está crescendo gradativamente no setor ferroviário.

ABSTRACT

This work deals with rail transport, specifically the area of track maintenance. Its purpose is the study of applications of the concepts of Artificial Intelligence and the search for innovative solutions for the maintenance processes. Through the bibliographical research technique, it allows an amplification of the knowledge and analyses of diverse real applications of AI in the scope of the railroad track maintenance. In one of the stages of the work development, a questionnaire was applied to professionals who are related to the track maintenance area to understand different opinions about the topic and verify its relevance nowadays. A transformation in the maintenance and asset management processes was observed, unfolding based on the concepts of Artificial Intelligence. The relevance of the topic was evident at the global level and the search of its dominance is growing gradually in the railroad sector.

1. INTRODUÇÃO

O transporte ferroviário brasileiro registrou crescimento considerável desde o início das concessões das malhas federais à iniciativa privada. Houve um aumento expressivo do volume de produtos transportados e da produção ferroviária nas últimas duas décadas, além de melhorias na segurança e na qualidade do serviço (CNT, 2015). Desse modo, a responsabilidade pela prestação do serviço e manutenção do sistema foi repassada ao setor privado, propiciando ganhos de eficiência e segurança, ao passo que a União passou a arrecadar mais recursos.

Estima-se que a participação do transporte ferroviário na matriz de transportes do Brasil é de cerca de 25% da produção de carga do país. Considera-se que essa atuação ainda é baixa diante do seu potencial de utilização. Diante do cenário atual do país, são esperados novos investimentos para o setor ferroviário de carga visando uma matriz de transporte mais equilibrada, eficiente, segura e competitiva. Consequentemente, há possibilidades de expansão da malha ferroviária nacional, de aumento na capacidade produtiva e do volume de produtos transportados.

O aumento das cargas transportadas por eixo e da velocidade em que os trens trafegam causam uma redução da vida útil da via, resultando em uma degradação mais rápida das condições da ferrovia que estão associadas à geometria e um desgaste maior dos componentes. Como consequência, há necessidade de maior frequência de intervenções para manutenção (SELIG; WATERS, 1994).

A questão econômica para ferrovias de carga está profundamente ligada à frequência de intervenções para a manutenção da via, por isso a importância do conhecimento acerca das condições do sistema como elemento substancial para encontrar a faixa ideal de manutenção. O desempenho de uma via férrea depende das características tecnológicas de todo o sistema, como interação veículo-via, interação entre a plataforma e a via permanente e condições ambientais (ESVELD, 2001; PROFILLIDIS, 2006).

Tendo em conta a importância estratégica das ferrovias na matriz de transportes e o custo elevado de implantação e manutenção, é fundamental que sejam realizadas pesquisas que possam sugerir ou validar metodologias e ferramentas para garantir projetos eficientes e condições favoráveis de funcionamento da via permanente.

Os conceitos da Indústria 4.0 nas ferrovias estão sendo cada vez mais discutidos em busca de eficiência em custos e modernização do setor. O desenvolvimento de plataformas para análise de *Big Data* e Inteligência Artificial (IA), assim como a disseminação da Internet das Coisas (*IoT*) no setor ferroviário possuem papel essencial para a aplicação das tecnologias propostas pela nova revolução industrial.

Algumas concessionárias de ferrovias de carga no Brasil possuem projetos em andamento que estabelecem novas metodologias de manutenção baseadas nos conceitos da Indústria 4.0, como a utilização de software de Inteligência Artificial para detecção de possíveis anomalias ao longo da via permanente. O emprego dessas novas metodologias tem como objetivo a otimização do ciclo de vida dos equipamentos, aumento da sua vida útil e prevenção de intervenções desnecessárias.

Este artigo aborda a necessidade e a possibilidade de aplicação de conceitos da Inteligência Artificial no âmbito da Engenharia Ferroviária, especificamente, no campo da via permanente. Tem como propósito o estudo de novas aplicações da tecnologia e a busca de soluções inovadoras para os processos de manutenção de via permanente ferroviária. Além disso, avalia a percepção que profissionais do setor ferroviário tem em relação ao tema.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Inteligência Artificial

Para Arariboia (1988), a Inteligência Artificial é um campo que usa técnicas de programação que procuram, por meio de máquinas, resolver problemas da mesma maneira que um ser humano os resolveria.

Segundo Nikolopoulos (1997), a Inteligência Artificial é um campo de estudo multidisciplinar, derivado da computação, da engenharia, da psicologia, da matemática e da cibernética, cujo objetivo central é produzir sistemas que apresentem comportamento inteligente e desempenhem tarefas com um grau de competência equivalente ou superior ao grau com que um especialista humano as desempenharia.

Como a maioria das ciências, a IA é composta de uma série de disciplinas que, ao mesmo tempo em que compartilha uma abordagem primordial para a solução de problemas, está preocupada com aplicações diferentes. Algumas das principais áreas de aplicação da IA são: sistemas especialistas; planejamento e robótica; aprendizado de máquina; representações alternativas – redes neurais e algoritmos genéticos; entre outros.

2.2. Manutenção

A manutenção é uma combinação de todas as ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter ou recolocar um item em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida (ABNT, 1994).

Kardec e Nasfic (2009) consideram que além da função do sistema, a manutenção deve garantir sua confiabilidade e disponibilidade, atendendo ao processo com segurança, preservando o meio ambiente e com custos adequados.

2.2.1. A transformação da manutenção na Indústria 4.0

Essa transformação nos processos de manutenção e gerenciamento de ativos da quarta revolução industrial desdobra-se fundamentada no conceito da computação cognitiva. A computação cognitiva tem como pilares a inteligência artificial e o aprendizado das máquinas. Na era cognitiva, a prevenção de erros ligada à manutenção é realizada de forma preditiva, ou seja, os problemas são corrigidos antes deles acontecerem. Além de maior visibilidade do ativo, pode existir todo um planejamento relacionado à manutenção, de forma que não afete de maneira alguma a produção.

Em relação aos custos de manutenção das máquinas e equipamentos, o Instituto de Estudos para o Desenvolvimento Industrial (2018) afirma que esse novo conceito de indústria proporciona uma economia significativa, porque os elementos são controlados por programas mais sofisticados, que já incluem o acompanhamento de parâmetros para a definição da manutenção. A Inteligência Artificial, viabiliza a manutenção preditiva, reduzindo assim os custos com a manutenção e reduzindo a parada da produção resultante da necessidade de manutenção.

2.3. Via Permanente Ferroviária

Brina (1979) considera a via permanente ferroviária como a superestrutura de uma linha férrea. Os três elementos principais da via permanente são o lastro, os dormentes e os trilhos, estes últimos constituindo o apoio e ao mesmo tempo a superfície de rolamento para os veículos ferroviários. Ainda segundo o autor, deve-se incluir também, como elemento da superestrutura das estradas de ferro, o sublastro, que embora ligado intimamente às camadas finais da infraestrutura, tem características especiais, que justificam a sua inclusão como parte da superestrutura ferroviária.

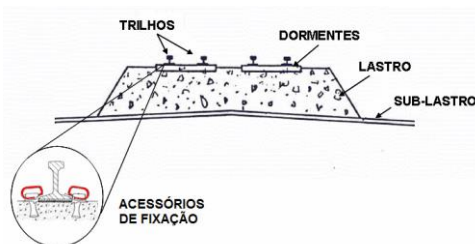


Figura 1: Constituição da Via Permanente

Fonte: Adaptado por COIMBRA de BRINA (1979, p.6)

3. PROJETO DESENVOLVIDO

Uma das técnicas utilizada no desenvolvimento do trabalho foi a de pesquisa bibliográfica. Tal técnica propõe o levantamento de referências teóricas já analisadas, e publicadas por meios escritos e eletrônicos, como livros, artigos científicos, páginas de web sites. A pesquisa busca uma ampliação do conhecimento sobre o tema exposto e permite a análise de diversas

aplicações reais do conceito de Inteligência Artificial no âmbito da manutenção de via permanente ferroviária. Por fim, um questionário foi aplicado a profissionais que tem relação com a área de Via Permanente Ferroviária com o intuito de compreender diferentes opiniões sobre o tema e verificar a sua relevância na atualidade.

3.1. Aplicação da Inteligência Artificial aos processos de manutenção da via permanente

Uma das atividades desenvolvidas neste projeto foi a investigação de aplicações já existentes do conceito de Inteligência Artificial aos processos e metodologias de manutenção de via permanente ferroviária, sendo três no Brasil e uma no exterior. A seguir, são apresentados os casos encontrados.

3.1.1. Aero inspeção para detecção de possíveis anomalias ao longo da via

A Rumo, operadora ferroviária Brasileira, em parceria com uma startup, desenvolveu um projeto de Inteligência Artificial nas ferrovias. Trata-se de um teste de aero inspeção de 55 quilômetros em trechos da Serra do Mar no Paraná e na Serra de Santos, em São Paulo.

Com uma câmera acoplada à locomotiva, o sistema gera um banco de imagens que detecta possíveis anomalias, otimizando o tempo de inspeção. A inovação permite uma identificação automática de anomalias como excesso de lastro, bolsões de lama e vegetação sobre a via.



Figura 2: Detecção de possíveis anomalias ao longo da via
Fonte: 4VANTS (2018)

Enquanto a câmera filma as áreas que estão à sua frente, um algoritmo de inteligência artificial instalado em um servidor no interior da locomotiva faz o processamento interno das imagens. Como vantagens o sistema apresenta a velocidade de processamento e a detecção das anomalias em tempo real. Por exemplo, enquanto uma equipe de quatro profissionais de ronda faz em média 80 km/semana, a quantidade de captura do sistema depende exclusivamente da locomotiva, ou seja, pode atingir cerca de 400 km/semana.

3.1.2. Automatização dos processos de prospecção de via permanente através do TrackMaster

Em parceria com uma startup da área de visão computacional e inteligência artificial/*machine learning*, a VLI, empresa que oferece soluções logísticas que integram portos, ferrovias e terminais, incluindo as ferrovias Norte Sul (FNS) e Centro-Atlântica (FCA), vem desenvolvendo um projeto que tem como desafio a automatização dos processos de análise de via permanente.

Atualmente, a atividade de prospecção de via permanente é executada anualmente por equipes itinerantes, que necessitam caminhar ao longo de toda a malha ferroviária objetivando contabilizar e classificar todos os componentes existentes na via, fornecendo importantes dados de entrada para os processos de manutenção. O objetivo principal do projeto é que a prospecção

de via permanente possa ser realizada de forma automatizada, remota, reduzindo os esforços e riscos da atividade atual e, também, gerando ganhos em produtividade, custos e qualidade das atividades.

O funcionamento do projeto desdobra-se da seguinte maneira. Na primeira etapa, começando pela prospecção de dormentes, uma câmera instalada em um veículo ferroviário (auto de linha) captou as imagens da via permanente, em conjunto com um aparelho GPS, que levantou as informações de localização de cada imagem. Os dados gerados nesta inspeção foram trabalhados em uma plataforma que tem a capacidade de identificar e dividir de forma automática as imagens dos dormentes existentes na via e cruzar a informação de cada componente com sua posição na malha da VLI. Em sequência, através do software *TrackMaster*, foi gerada uma interface para visualização dos dormentes e classificação de defeitos por um perito avaliador.



Figura 3: Auto de linha (VLI)

Fonte: Inova VLI (2018)

Na primeira etapa do projeto, foram comparados os resultados da análise humana por vídeo com os resultados da inspeção realizada a pé (convencional), com o intuito de quebrar paradigmas e demonstrar a viabilidade de realização do processo de maneira automatizada, mais segura e eficaz. Futuramente, em posse de uma amostragem confiável, o objetivo é que o software seja capaz de aprender a detectar e classificar cada dormente, de acordo com os critérios estabelecidos pela VLI, utilizando os conceitos de inteligência artificial e *machine learning*.

3.1.3. Sistema automático de identificação de modos de falhas em máquinas de chave utilizando Inteligência Artificial

Uma máquina de chave pode ser um conjunto mecânico, elétrico e ou hidráulico, e até mesmo pneumático que conectado ao aparelho de mudança de via (AMV), realiza as funções de destravamento, movimentação, travamento e indicação de posição Normal e Reversa das agulhas do AMV. Em cada posição, Normal ou Reversa, a máquina de chave possui mecanismos de travamento e destravamento. As máquinas de chave elétricas são as mais utilizadas em sistemas que possuem licenciamento automático de trens. Esse tipo de máquina realiza as funções de destravamento mecânico através do acionamento de um motor elétrico de corrente alternada (CA) ou corrente contínua (CC). O travamento mecânico é feito por engrenagens ao final do curso do movimento da chave.

As falhas em máquinas de chave, em sua maioria estão sempre associadas às condições de conservação, ajuste ou montagem do AMV. Uma quantidade pequena dessas falhas é associada diretamente a componentes da própria máquina como seus relés, dispositivos de acionamento

e motor elétrico. Porém a análise de corrente do motor da máquina apresenta indícios de onde está a falha, mesmo não estando ela associada diretamente ao equipamento, mas ao AMV e seus componentes.

Moreira, Kallemback e Barbosa (2016) apresentam um sistema instalado ao longo da Estrada de Ferro Vitória Minas que foi desenvolvido para identificação de modos de falhas em máquinas de chave que se baseia em técnicas de inteligência artificial, como redes neurais, inferência *Fuzzy* e algoritmos especialistas para identificar padrões de falhas elétricas e mecânicas nas MCHs.

A operação do equipamento para a mudança de Normal para Reversa ou o contrário, é realizada tipicamente em um evento com duração menor que oito segundos. Durante esse evento, a chave sofre diversos esforços mecânicos que são percebidos pelo motor como um aumento de carga, o que se reflete diretamente na corrente de trabalho. O evento de operação de uma MCH pode ser dividido em três fases: Fase 1 – Acionamento do motor; Fase 2 – Movimentação da barra até o instante de conexão com a cesta; e Fase 3 – Movimentação do conjunto de frente.

Um ponto importante do sistema proposto foi o desenvolvimento de um algoritmo de detecção automática das fases do evento. Esse algoritmo foi fundamental para a correta classificação das falhas ocorridas em cada instante de operação do equipamento. A figura a seguir mostra o gráfico de corrente de um evento típico de acionamento de MCH, indicando as linhas de separação entre fases.

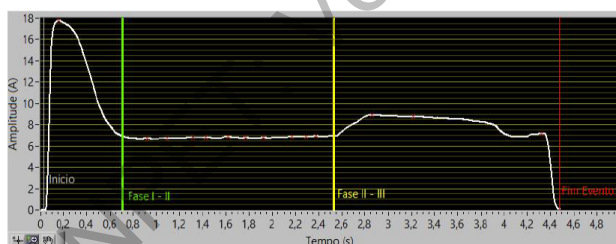


Figura 4: Corrente de acionamento da máquina de chave
Fonte: Moreira, Kallemback, Barbosa (2016)

O método de análise do sistema apresentado por Moreira, Kallemback, Barbosa (2016) consiste na associação híbrida de dois módulos de inteligência artificial, sendo um módulo de inferência *fuzzy* e outro de redes neurais artificiais. Ressalta-se que o método não identifica os defeitos com base em uma “curva padrão”, a identificação ocorre por aprendizado de máquina. No sistema proposto, foi utilizada a abordagem supervisionada de aprendizado, ou seja, os engenheiros de processo analisaram um banco de dados com milhares de eventos de movimentações e classificaram cada um deles tendo como base a vasta experiência com o equipamento. Posteriormente, foi realizado o treinamento do sistema com base nesse banco de dados. Dessa forma, o sistema “aprende” como identificar defeitos no equipamento, além de possuir habilidade para extrapolar o conhecimento adquirido e padrões de defeitos para MCHs de outros tipos.

3.1.4. Aplicação de Inteligência Artificial para um Sistema de Programação de Manutenção Computadorizado

Lai e Chun (2007) descrevem como a *MTR Corporation of Hong Kong*, uma operadora ferroviária responsável pelo sistema de metrô de Hong Kong (China), utilizou a Inteligência

Artificial para informatizar e simplificar a programação de manutenção diária. O Sistema chama-se *Engineering Works and Traffic Information Management System* (ETMS), um sistema de fluxo de trabalho inteligente para programação de manutenção.

A célula de Inteligência Artificial dentro do ETMS ajuda a agilizar todo o processo de planejamento, programação e alteração dinâmica da programação para planos diários, semanais e trimestrais. O sistema detecta automaticamente conflitos, otimiza a utilização de recursos e maximiza a quantidade de trabalhos de engenharia que podem ser executados.

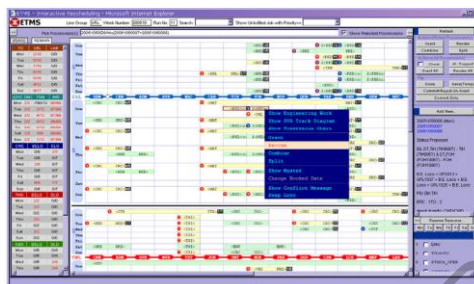


Figura 5: Uma das telas no sistema ETMS

Fonte: Lai e Chun (2007)

Através do uso de IA, o ETMS simplifica e automatiza planejamento trimestral e programação semanal de todos os trabalhos de engenharia para serem executados à noite, fora dos horários de pico da operação da MTR, de modo que a utilização de recursos seja maximizada. Dessa forma, permite que mais trabalho seja feito com o mesmo conjunto de recursos e garante que todas as regras, regulamentos e diretrizes sejam seguidos. Lai e Chun (2007) estimam que o ETMS resultou em uma melhoria geral de eficiência no processo de planejamento de pelo menos 51% e gerou economias significativas de tempo e custo.

3.2. Pesquisa de abordagem mista

Levando em consideração as características das pesquisas de abordagem mista (quali-quantitativas), foi gerado um questionário on-line através da ferramenta livre *Google Forms*. O link de acesso ao questionário foi disponibilizado a profissionais que atuam, ou têm alguma relação, com a área de Via Permanente Ferroviária. O questionário foi aplicado com o objetivo de compreender diferentes posicionamentos em relação ao tema “*Inteligência Artificial aplicada aos processos de manutenção de Via Permanente Ferroviária*” e verificar a sua relevância na atualidade. Adotou-se uma amostra pequena, cerca de 40 entrevistados, a fim de obter uma compreensão aprofundada, incluindo um público alvo determinado.

4. RESULTADOS OBTIDOS

Através da pesquisa de quatro casos que apresentam aplicações reais dos conceitos de Inteligência Artificial no âmbito da manutenção de via permanente ferroviária foi possível identificar alguns benefícios propiciados pelo uso inovador dessa tecnologia, tanto no Brasil quanto no exterior. Ficou evidente a relevância do tema à nível global e que a busca pelo seu domínio está crescendo gradativamente no setor ferroviário. Entre as melhorias apresentadas destaca-se a capacidade de contribuir significativamente para maximizar a qualidade do serviço prestado, melhorando a produtividade e a rentabilidade. Pode-se notar que o ciclo de manutenção pode ser otimizado com o uso de IA de modo a substituir a manutenção preventiva pela manutenção preditiva, fato que proporciona à equipe de campo informações privilegiadas

e a capacidade de reduzir o tempo de reparação. Reduz também a subjetividade das análises e melhora as condições dos profissionais responsáveis pelos serviços de manutenção. Com o uso de IA obtém-se uma redução dos tempos de apuração e análise das falhas, aumenta a confiabilidade do processo e garante mais segurança para as equipes de campo.

A seguir são apresentados os resultados principais referente ao questionário aplicado a profissionais que tem relação com a área de Via Permanente Ferroviária. O questionário contou com 10 perguntas e foi utilizado com o intuito de compreender diferentes posicionamentos a respeito do tema proposto neste trabalho e confirmar a sua relevância na atualidade.

4.1. Área de atuação dos profissionais entrevistados

A primeira pergunta tinha como objetivo validar a área de atuação do entrevistado, já que o questionário era direcionado a um público alvo determinado. Foi possível constatar que todas as áreas mencionadas têm relação com a área de manutenção de via permanente ferroviária, garantindo assim uma compreensão mais aprofundada e níveis de respostas satisfatórios.

Quanto a área de atuação, as principais respostas foram: Manutenção de Via Permanente; Engenharia de Manutenção de Via Permanente; Engenharia de Confiabilidade e Manutenção; Engenharia de Transportes; Gestão de Projetos de Transportes; e Engenharia Civil.

4.2. Função dos profissionais entrevistados

Em relação a função exercida, foram apresentadas diversas respostas, entre elas: gerente, mantenedor de via, técnico, operador, engenheiro, especialista ferroviário, supervisor e coordenador. Mais uma vez, foi possível verificar que todas as funções têm relação com área de via permanente ferroviária, mantendo assim o objetivo do público alvo determinado.

4.3. Conhecimento acerca do tema “Inteligência Artificial”

Os entrevistados foram questionados em relação ao conhecimento acerca do tema “Inteligência Artificial”. O gráfico a seguir apresenta o resumo das respostas obtidas, considerando uma escala de 0 a 5, em que 0 significa “desconheço completamente o tema” e 5 “completo domínio sobre o tema”. Percebe-se que a maioria dos entrevistados atribuiu um nível intermediário ao seu conhecimento em relação ao tema “Inteligência Artificial”.

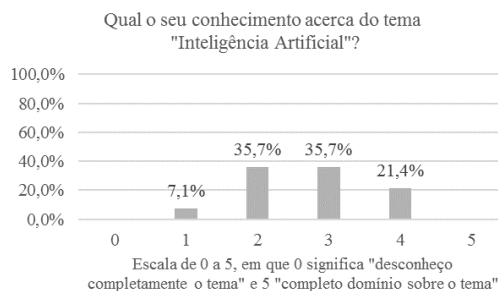


Figura 6: Gráfico conhecimento acerca do tema “Inteligência Artificial”

4.4. Importância atribuída à Inteligência Artificial aplicada aos processos de uma ferrovia

Nesta pergunta em destaque, os profissionais foram submetidos a um questionamento acerca da importância que eles atribuem à Inteligência Artificial aplicada aos processos de uma ferrovia. O resumo das respostas é apresentado no gráfico a seguir. A maior parte dos entrevistados consideraram a Inteligência Artificial como elemento muito importante para os

processos de uma ferrovia. Presume-se que é um tema relevante e discutido em diversos setores das ferrovias na atualidade.

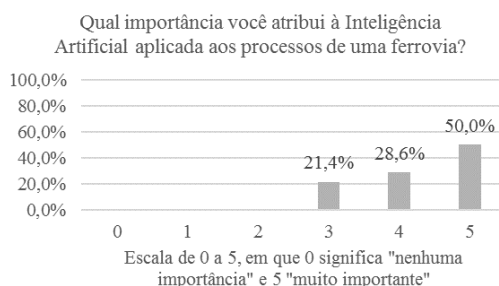


Figura 7: Gráfico importância atribuída à Inteligência Artificial aplicada aos processos de uma ferrovia

4.5. Importância atribuída à Inteligência Artificial aplicada aos processos de manutenção de Via Permanente Ferroviária

O presente questionamento tentou avaliar qual a importância os profissionais entrevistados atribuem à Inteligência Artificial, particularmente aplicada aos processos de manutenção de via permanente ferroviária. Conforme o gráfico abaixo, pode-se verificar que os profissionais atribuem importâncias variadas, mas de forma geral, não apontam baixos índices de relevância.

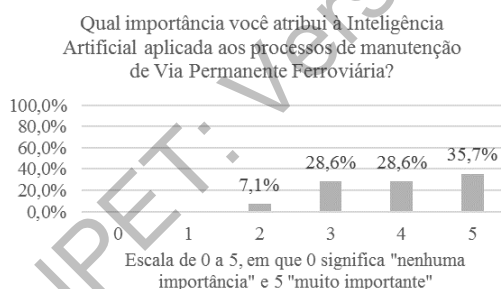
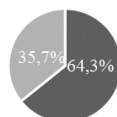


Figura 8: Gráfico importância atribuída à Inteligência Artificial aplicada aos processos de manutenção de Via Permanente Ferroviária

4.6. Conhecimento sobre projetos desenvolvidos em ferrovias que tem como base os princípios da Inteligência Artificial

Os profissionais foram interrogados se tinham ciência acerca de projetos desenvolvidos em ferrovias baseados nos princípios da IA. Grande parte dos entrevistados responderam positivamente, confirmando assim a aplicação do conceito a processos do setor ferroviário.

Você conhece algum projeto desenvolvido em ferrovias que tem como base os princípios da Inteligência Artificial?



■ Sim ■ Não

Figura 9: Gráfico conhecimento sobre projetos em ferrovias baseados nos princípios da Inteligência Artificial

4.7. Local de desenvolvimento dos projetos mencionados

Em relação ao local de desenvolvimento dos projetos mencionados na pergunta apresentada anteriormente, a maior parte dos profissionais apontaram o Brasil. É possível inferir que o tema tem aplicação em nível global, já que uma parcela dos entrevistados informou a existência de projetos no exterior.

Onde o projeto foi desenvolvido?

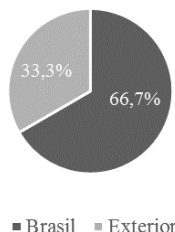


Figura 10: Gráfico local de desenvolvimento dos projetos mencionados

4.8. Relação dos projetos com a área de manutenção de Via Permanente Ferroviária

Os profissionais também foram questionados se os projetos apontados por eles tinham ou não relação com a área de manutenção de VP. Analisando o gráfico a seguir, é possível afirmar que parte expressiva das respostas indicaram a relação com área.

O projeto tem relação com a área de manutenção de Via Permanente Ferroviária?

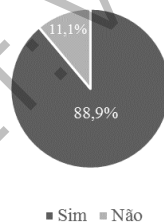


Figura 11: Gráfico relação dos projetos com a área de manutenção de Via Permanente Ferroviária

4.9. Descrição dos projetos citados

Em caso positivo em relação ao conhecimento de um projeto que tem como base os princípios da IA, foi solicitado aos profissionais entrevistados que dessem uma breve descrição das aplicações. Dentre os projetos mencionados, destacam-se:

- Prospecção de dormentes inservíveis através de padrões de imagens;
- Plataforma de integração de Big Data a partir de arquitetura de software modular (*IoT*, *Cloud Computing*, *Deep e-learning*, etc.) com o objetivo de atuação (predição de falhas) na *Condition-based Maintenance*;
- Robô de esmerilhamento de soldas;
- Prospecção de via permanente por análise de imagens;
- Mecanismo de IA em carro controle responsável pela leitura de diversos tipos de defeitos na linha durante o processo de inspeção;
- Processo de socaria automatizado e controlado por IA;
- Entre outros.

A partir das descrições disponibilizadas foi possível constatar a real relação dos projetos assinalados com a área de manutenção de via permanente ferroviária.

4.10. Principais benefícios gerados pela aplicação de conceitos da Inteligência Artificial aos processos das ferrovias

Ao final do questionário, os profissionais foram interrogados a respeito do principal benefício produzido pela aplicação de conceitos da Inteligência Artificial aos processos das ferrovias. Os benefícios mencionados estão destacados no gráfico abaixo. As melhorias que tiveram maior destaque foram “aumento da confiabilidade dos processos” e “aumento da eficiência operacional”.

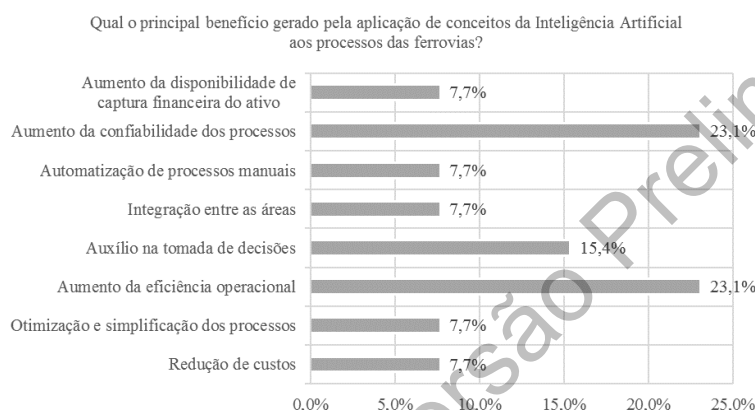


Figura 12: Gráfico principais benefícios gerados pela aplicação de conceitos da Inteligência Artificial aos processos das ferrovias

4.11. Afinidade das áreas com o tema Inteligência Artificial

Através das informações fornecidas relativas à área de atuação e função exercida, os entrevistados foram agrupados em quatro grupos: Gerência; Coordenação; Engenharia; e Equipe Técnica. Cada resposta relacionada ao tema apresentado teve um valor atribuído com intuito de traçar um perfil de afinidade do entrevistado com o conceito de Inteligência Artificial. Dessa forma, foi possível atribuir uma média da afinidade com o tema à cada um dos grupos.

Observou-se que o grupo definido como Equipe Técnica apresentou maior afinidade com o tema, 76,4%, seguido dos grupos Gerência, Engenharia e Coordenação.

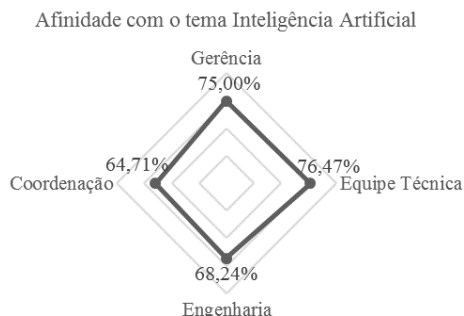


Figura 13: Afinidade com o tema Inteligência Artificial

5 CONCLUSÕES

Este trabalho apresentou uma avaliação a respeito do conhecimento de conceitos da Inteligência Artificial aplicados aos processos de manutenção de Via Permanente Ferroviária. Buscou a compreensão de diferentes posicionamentos a respeito do tema e confirmação da sua relevância na atualidade.

Através da técnica de pesquisa bibliográfica, foi possível identificar uma transformação nos processos de manutenção e gerenciamento de ativos do setor ferroviário que se desdobra fundamentada nos conceitos da Inteligência Artificial. A pesquisa de casos que apresentam aplicações reais dos conceitos de IA no âmbito da manutenção de via permanente permitiu identificar alguns benefícios gerados pelo uso inovador dessa tecnologia, tanto no Brasil quanto no exterior. Ficou evidente a relevância do tema à nível global e que a busca pelo seu domínio está crescendo gradativamente no setor ferroviário.

Conclui-se que é pertinente a aplicação de conceitos da Inteligência Artificial no âmbito da Engenharia Ferroviária, especificamente, no campo da via permanente com intuito de garantir projetos eficientes e condições favoráveis de funcionamento da via.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARARIBOIA, G. Inteligência Artificial. Rio de Janeiro: Ed. LTC, 1988.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5462: Confiabilidade e manutenibilidade. Rio de Janeiro, 1994. 37 p.
- BRINA, Hélvécio Lapertosa. Estradas de Ferro I. 258 p.: Editora LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., Rio de Janeiro, 1979.
- CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA (CNI). Desafios para a indústria 4.0 no Brasil. Brasília, 2016.
- CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE (CNT). Pesquisa CNT de Ferrovias 2015. Brasília, 2015. 234 p. Disponível em: <<http://www.cnt.org.br/Pesquisa/pesquisa-cnt-ferrovias>>. Acesso em: 10 out. 2018.
- ESVELD, C. Modern railway track. MRT Productions, 2001, 654p.
- INOVA VLI. VLI Multimodal S.A.. Tecnologia para transformar o setor ferroviário. 2018. Disponível em: <<https://www.inovavli.com.br/tecnologia-para-transformar-o-setor-ferroviario/>>. Acesso em: 22 out. 2018.
- INSTITUTO DE ESTUDOS PARA O DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL (IEDI). Políticas para o Desenvolvimento da Indústria 4.0 no Brasil. São Paulo, 2018. 31 p.
- KARDEC, A.; NASFIC, J. Manutenção: função estratégica. 3ª. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2009.
- LAI, Daniel; CHUN, H.W. Application of Artificial Intelligence for a Computerized Maintenance Scheduling System. In the Proceedings of the Asia Pacific Rail 2007 Conference, Hong Kong, 19-23 March, 2007.
- MOREIRA, Gustavo; KALLEMBACK, Guilherme Miranda; BARBOSA, Wallison. Desenvolvimento de sistema automático de identificação de modos de falhas em máquinas de chave utilizando inteligência artificial. In: 22ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA, 2016, São Paulo. AEAMESP, 2016. p. 1 - 32.
- NIKOLOPOULOS, C. Expert systems: introduction to first and second generation and hybrid knowledge-based systems. New York: Marcel Dekker, Marcel Dekker Inc, 1977. 331 p.
- PROFILLIDIS, V.A. Railway Management and Engineering. Avebury Technical, Ashgate Publishing Ltd, UK, 2006.
- SCHWAB, K. A quarta revolução industrial. São Paulo: Edipro, 2016.
- SELIG, E.T., WATERS, J.M. Track geotechnology and substructures Management. Thomas Telford Services Ltd., Londres, 1994. 446 pp.