

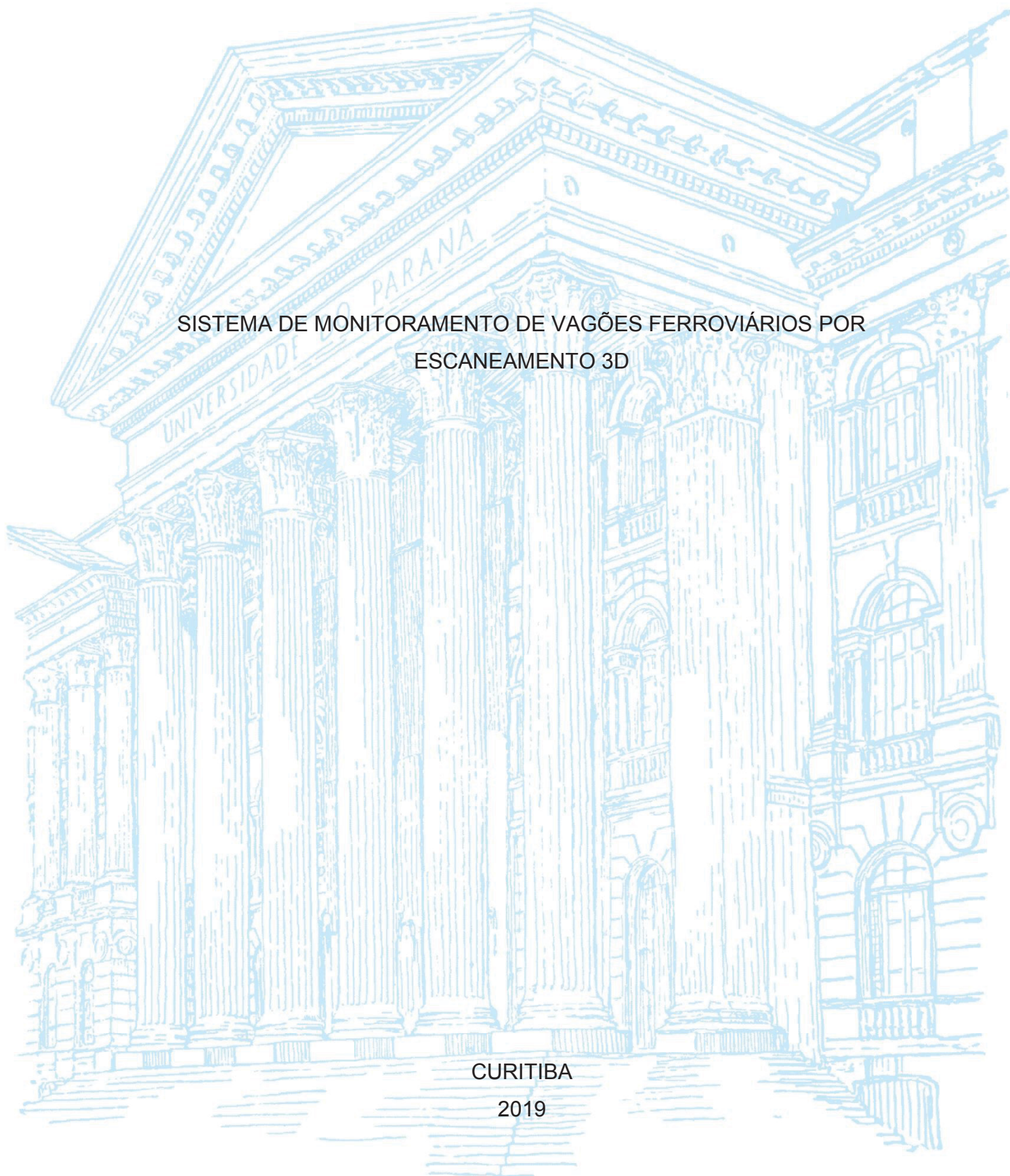
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

EDUARDO HENRIQUE COSTA
JOÃO GABRIEL SANT'ANNA SANTOS

SISTEMA DE MONITORAMENTO DE VAGÕES FERROVIÁRIOS POR
ESCANEAMENTO 3D

CURITIBA

2019



EDUARDO HENRIQUE COSTA
JOAO GABRIEL SANT'ANNA SANTOS

SISTEMA DE MONITORAMENTO DE VAGÕES FERROVIÁRIOS POR
ESCANEAMENTO 3D

Artigo apresentado como requisito parcial à conclusão do curso de Especialização em Engenharia Industrial 4.0 Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná.

Professor: Prof. Dr. Pablo Deivid Valle

CURITIBA
2019

SISTEMA DE MONITORAMENTO DE VAGÕES FERROVIÁRIOS POR ESCANEAMENTO 3D

Eduardo Henrique Costa

João Gabriel Sant'Anna Santos

Universidade Federal do Paraná – Av. Cel. Francisco Heráclito dos Santos, s/nº - Curitiba - Paraná
costa.eduardoh@gmail.com; joao.gabriel@esstres.com.br.

Resumo. O projeto tem como objetivo desenvolver um sistema que auxiliará a reduzir os gastos com ineficiência de cargas ferroviárias devido à danos em vagões que comprometam o carregamento. Atualmente as inspeções são realizadas em campo por operadores no momento da carga, bloqueando o carregamento de vagões rejeitados sem a possibilidade de substituí-los na composição. O sistema irá fazer o escaneamento 3D dos vagões ao passar por um pórtico, adquirindo dados que serão processados para identificar os vagões defeituosos de forma que estes possam ser substituídos antes da composição entrar no terminal de carregamento.

Palavras chave: Monitoramento. Vagões. Manutenção. Scanner 3D.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente um dos principais modais de transportes de cargas utilizados no mundo é o ferroviário. No Brasil a malha ferroviária é um dos principais meios de escoamento de grãos, minérios, químicos e outros produtos a granel. Segundo dados da Confederação Nacional dos Transportes (CNT) em 2017 a frota ativa eram de 3688 locomotivas, 100158 vagões de carga. A malha ferroviária hoje possui 30576 km ativos. Em 2017 foram transportadas 538780 toneladas no total, distribuído entre diferentes tipos de cargas conforme a Tabela 1.

Tabela 1. Transporte de cargas em toneladas por tipo de mercadoria em 2018
(Anuário CNT do Transporte 2018)

Mercadoria	Ton x 10 ³
Minério de Ferro	416.367
Soja e Farelo de Soja	30.014
Extração Vegetal e Celulose	20.544
Produção Agrícola	18.165
Indústria Siderúrgica	12.986
Granéis Minerais	10.720
Carvão/Coque	10.328
Combustíveis, Derivados do Petróleo e Álcool	8.880
Container	3.678
Carga Geral - Não Containerizada	2.825
Cimento	2.568
Industria Cimenteira e Construção Civil	1.134
Aubos (Fertilizantes)	571
Total	538.780

No transporte de produtos a granel existem diversos fatores que podem reduzir a eficiência do transporte, dentre eles os defeitos na caixaria dos vagões. É comum que os vagões apresentem furos, aberturas ou outros defeitos proporcionem um meio de que a carga caia da caixaria, ou que seja um meio de entrada de água e sujeiras que danifiquem a carga durante o transporte. Estes defeitos em sua grande maioria só são identificados durante uma

inspeção antes da carga que ocorre dentro do terminal de carga. Esta inspeção é realizada por um operador caminhando sobre os vagões, preso por um equipamento de segurança para trabalho em altura. O operador deve observar toda a superfície do vagão, em busca das possíveis aberturas na caixaria. Quando uma falha é encontrada, caso seja avaliado negativamente, o vagão é bloqueado para o carregamento. Quando isto acontece, a composição já está posicionada no terminal de carga, de modo que não seja possível substituir o vagão por um sem defeitos. Neste caso, o vagão irá seguir viagem descarregado, reduzindo a eficiência do transporte, deixando de carregar e gerar lucro consequentemente. Dados internos de uma empresa de logística ferroviária sobre volume de vagões graneleiros que transitaram vazios devido à este tipo de falha indicam uma taxa de 23% de carga útil das composições que deixaram de ser transportadas e entregues.

Tendo em vista o atual sistema de controle da integridade e manutenção dos vagões, que é manual e com dificuldades de ações corretivas, este projeto visa digitalizar o processo de monitoramento de forma que seja possível identificar os vagões com defeitos antes de serem enviados para o carregamento. Este sistema será composto por instalações de pórticos com sensores, posicionados em locais estratégicos nos terminais e pátios de manobra, de modo que sejam feitas leituras de toda a composição a cada passagem pelo equipamento. Os dados adquiridos deverão permitir um mapeamento das superfícies do vagão, de modo que um sistema computacional processe as informações e identifique as falhas ou indicativos de degradação da caixaria do vagão. Estes dados serão armazenados em um banco de dados, formando um histórico de cada vagão que possa ser analisado para gerar informações de desgaste para manutenção preventiva e preditiva. Caso seja detectada uma falha efetiva, um aviso será automaticamente enviado à um centro de controle para que os vagões defeituosos sejam desviados da composição, sendo substituídos antes do carregamento.

2. OPERAÇÃO FERROVIÁRIA DE CARGAS

A operação ferroviária graneleira é dividida em exportação (soja, milho, açúcar, farelo) e importação (trigo, cevada, fertilizantes). São utilizados vagões específicos, do tipo Hopper, para transporte a granel. Estes vagões são compartilhados entre os diferentes produtos, como soja, milho, fertilizante. Na exportação de soja por exemplo, a soja é transportada da origem até um terminal de transbordo, com a finalidade de ser carregada em vagão com destino ao porto, onde é descarregada no terminal de transbordo destino, para posteriormente ser destinada ao navio. Diariamente chegam ao Porto de Paranaguá aproximadamente 500 vagões destinados à exportação. O volume de exportação no Porto de Paranaguá é muito maior que o de importação, fazendo com que de 500 vagões descarregados em um dia de descarga, uma média de 80 vagões sejam destinados à terminais de transbordo de Fertilizante.



Figura 1. Vagão de carga graneleiro do tipo Hopper
(Rumo Logística)

O produto é descarregado do navio, destinado à um ou mais terminais de transbordo para armazenagem (curta ou longa), ficando então disponível para transbordo pelos modais ferroviário (caso o terminal tenha desvio ferroviário) ou rodoviário.

O vagão ao ser retirado da descarga do terminal de exportação é levado ao terminal de transbordo de Fertilizante para ser carregado. Em um cenário ideal, não haveria qualquer tipo de revestimento entre a retirada e o encoste, contudo hoje há um processo de revestimento de segurança ferroviária (itens que afetem a circulação segura do vagão) e um processo básico na caixaria, contudo devido à necessidade de uma linha de vida para vistoriar a parte superior, apenas as laterais são vistoriadas. Toda a operação logística é baseada de maneira que o ativo (o vagão) fique o menor tempo possível parado, e circule sem carga. Como o volume de exportação é maior que o de importação (9 contra 1 em milhões de toneladas), é necessário que o ativo circule vazio, gerando apenas custos nesta etapa da operação.

3. INEFICIÊNCIAS NO TRANSPORTE CAUSADAS POR FALHAS MECÂNICAS

Baseado na premissa de giro do ativo, ao separar um bloco de vagões (número de vagões varia de acordo com a capacidade de cada terminal) para encoste no terminal de Fertilizante, e retirá-lo vazio por não ter sido carregado por motivo de infiltrações ou avarias na parte superior, significa que o ativo está sendo movimentado mais vezes vazio e seu ciclo sem carga apenas aumenta, gerando uma ineficiência no processo, visto que ele terá de ser separado do bloco de vagões carregados para ser destinado à uma composição de “vazios” (vagões sem carga) para subir a serra e ser carregado com grão (Ponta Grossa, Maringá, Cascavel, Londrina, Rolândia, Marialva, Sarandi)

Atualmente o registro do motivo pelo qual o vagão foi refugado, ou seja, não foi carregado, é feito através de uma informação fornecida pelo terminal ao time de Operação da Estação responsável, e então um colaborador realiza o *input* no sistema, ficando apenas o registro escrito (sem evidências) como “infiltração”, “furos na escotilha”, “rasgo”, etc. Os principais danos existentes nos vagões são perfurações, rasgos ou aberturas na caixaria. Estas falhas podem ocorrer devido à corrosão, abrasão e desgaste, ou impactos ocorridos durante a movimentação do equipamento.

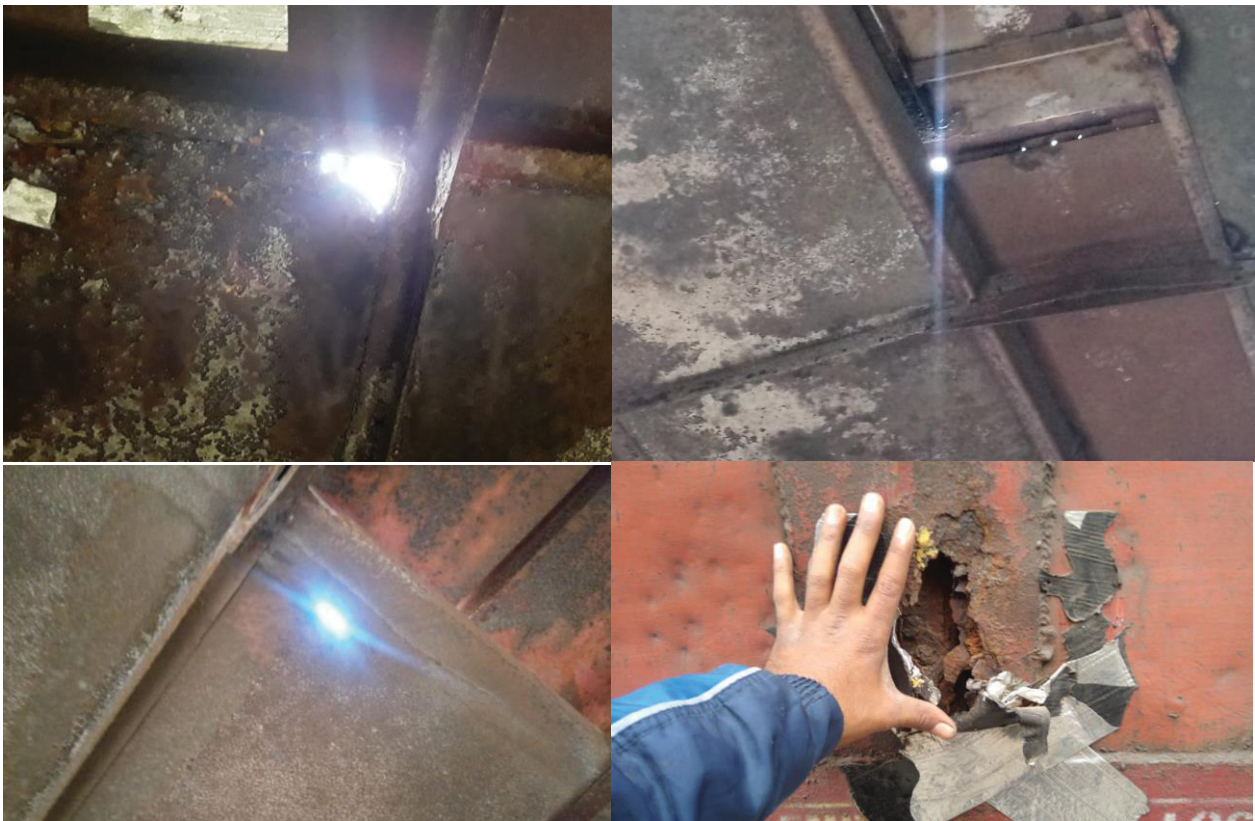


Figura 2. Imagens de furos e corrosões na caixaria de vagões que foram motivos de refugo do vagão que impediram o seu carregamento

Ao serem encostados, a equipe do terminal verifica o estado e qualidade dos vagões. Verificando as condições internas (limpeza para retirar resíduos de grãos), o estado da parte superior do vagão, efetuando pequenos reparos com o uso de manta asfáltica para furos de dimensões pequenas (< 50mm). Caso identifiquem rasgos e/ou furos maiores, o terminal classifica aquele vagão como refugado e não irá carregá-lo, gerando além da falta do faturamento, improdutividade uma vez que gera mais manobras por parte do terminal.

Ao término do carregamento é realizada uma manobra de retirada de todos os vagões, e é preciso realizar manobras para separar da composição os vagões vazios dos carregados, uma vez que por questões de engenharia, segurança e eficiência não é permitida a circulação de vazios e carregados intercalados, podendo ocasionar algum tipo de acidente no trecho.

4. OBJETIVOS DO PROJETO

Tendo em vista as dificuldades e tempo gasto para realizar as vistorias de integridade dos vagões, aliado aos problemas de logística gerados quando um vagão é refugado no terminal de carga, propõe-se um sistema de monitoramento digital que possa reduzir e prever as falhas nos vagões. O sistema deverá identificar o vagão ao passar por um pórtico, fazer o escaneamento da superfície da caixaria e por meio de câmeras e sensores. Com os dados obtidos, haverá um sistema de processamento de imagens e dados que deverá identificar as falhas existentes. Constatadas as falhas existentes que não estejam dentro do limite estabelecido, o usuário do sistema será notificado com a indicação de quais vagões devem ser removidos do bloco antes de que sejam enviados para um terminal para carregamento.

A longo prazo, através de uma inteligência artificial e do banco de dados com o histórico das informações obtidas nos escaneamentos, uma possibilidade é criar previsões de falhas para os vagões. Com um histórico cronológico de imagens e dados armazenados de cada vagão, será possível visualizar a evolução dos danos causados por intempéries, desgastes durante a operação entre outros motivos. Com a grande quantidade de diferentes vagões analisados, poderão ser identificados os padrões visuais dos modos de falha, aprendendo-se a identificar as características superficiais de uma corrosão ou abrasão com potencial de furar a caixaria antes mesmo que o defeito chegue ao ponto de abrir a caixaria e causar infiltrações ou vazamentos da carga.

Através das indicações em tempo real ao usuário quando um vagão defeituoso for identificado na linha, ou pelas previsões através do histórico de dados, o sistema deverá fornecer ao cliente informações que otimizem a operação como um todo. Há possibilidade de redução do tempo gasto com as vistorias, por serem detectadas as falhas diretamente pelos sensores. Será possível evitar possíveis danos às cargas por infiltração ou vazamento. No geral, deverá ocorrer um aumento da eficiência no carregamento e redução de custos com manutenções corretivas.

5. INFRAESTRUTURA DO SISTEMA DE MONITORAMENTO

O sistema é dividido em uma instalação fixa, identificadores RFID nos vagões, uma central de processamento local de aquisição e transmissão de dados, uma central de armazenamento de processamento de dados e uma interface de comunicação com os usuários. Um conjunto de pórticos deverão ser instalados em locais estratégicos na malha, por onde as composições passarão com uma velocidade que possibilite a leitura da superfície da caixaria. Quanto maior o número de pórticos instalados, mais frequente será a leitura e melhor será a qualidade dos dados analisados. Sensores irão fazer um escaneamento na superfície externa das caixarias dos vagões, identificando possíveis pontos com furos e aberturas. Esta informação será enviada a uma central, que irá processar e identificar os vagões com problemas. Esta informação será enviada para as centrais de operação ou até mesmo diretamente aos operadores no terminal onde o trem se encontra.

5.1. Pórticos de sensores

Serão construídas e instaladas estruturas em formato de pórtico sobre a linha férrea, de forma que seja possível a passagem das composições sem interferência. Os sensores responsáveis por fazer a identificação dos vagões e escaneamento das superfícies dos vagões estarão instalados na estrutura. Estas estruturas deverão resistir a intempéries, de maneira que os equipamentos eletrônicos fiquem protegidos contra possíveis objetos projetados durante a passagem da composição.

Os pórticos deverão ser instalados em locais estratégicos, de forma que o mapeamento dos vagões ocorra com a maior frequência possível. Também deverá ser avaliada a velocidade média da passagem dos trens nestes pontos, de forma que haja tempo hábil para que ocorra o escaneamento com a qualidade mínima necessária para a identificação dos defeitos.

Preferencialmente o ponto de instalação na linha férrea deverá ser por onde os trens cheguem no pátio de manobra, de forma que caso seja identificada uma falha, seja possível indicar a substituição do mesmo antes de seguir para o terminal de carga.

5.2. Identificação dos vagões

A identificação dos vagões deverá ser feita de maneira que seja possível determinar exatamente o momento de início e término do escaneamento de cada unidade. Isso será feito por uma barreira com sensor laser, que estará instalado nas colunas do pórtico. Este sensor irá monitorar constantemente se existe algum objeto bloqueando a passagem do laser entre o emissor e receptor no lado oposto. Quando houver acionamento deste sensor, é iniciada a gravação dos scanners e do leitor de identificação. O sistema de identificação será por meio de um leitor e etiquetas RFID.

Cada vagão a ser monitorado deverá ter uma etiqueta (transponder) RFID, codificado com a numeração do vagão. Ao passar pelo pórtico, o leitor(antena) irá emitir o sinal de radiofrequência e então a etiqueta RFID responderá com um sinal identificando qual o vagão está passando naquele instante. Esta informação será sincronizada com os dados

que estão sendo adquiridos pelo *scanner* para ser processado junto ao banco de dados. A identificação do vagão no banco de dados deverá conter o modelo e tempo de operação, para que seja criada uma relação com os dados obtidos pelo escaneamento. Desta maneira será possível criar um banco de dados correlacionando o avanço da deterioração padrão para cada modelo.



Figura 2. Antena receptora RFID UHF – Fabricante Sick modelo RFA630-001



Figura 3. Transponder RFID UHF - Fabricante Sick modelo ETSI 6060472

Também poderão ser adicionadas uma série de outras informações ao banco de dados de cada vagão, como histórico de manutenções, histórico de cargas, distâncias percorridas, principais rotas, entre outros. Com o passar do tempo e aumento do número de informações, estes dados poderão otimizar a identificação das falhas e potenciais causas com mais precisão.

5.3. Escaneamento dos vagões

O escaneamento dos vagões será feito por um conjunto de sensores e câmeras que irão gerar dados para identificar os possíveis danos e aberturas na superfície da caixaria. O objetivo primário é identificar furos ao longo da superfície, de forma que sejam evitados danos por causa de infiltração de água na carga, ou derramamento de carga ao longo da viagem. Para isto, existem algumas possibilidades de sensoriamentos.

Uma delas, seria um sistema com emissor de um feixe luz e um receptor em formato de barras, que consiga cobrir toda as superfícies laterais e superior do vagão. Este feixe, deverá ter um percentual de reflexão da superfície caso ela esteja íntegra. No caso de haver furos, estes pontos não deverão refletir a luz, sendo detectados pelos receptores. Estes dados poderão ser somados à uma câmera de alta resolução e taxa de quadros, que irá gerar um registro fotográfico de alta qualidade de toda a superfície analisada. Uma das câmeras comerciais que pode ser utilizada é da marca Flir,

modelo Quasar 4K Fixed Box, com resolução de 3840 x 2160 pixels, fornecendo imagens de altíssima qualidade para serem processadas.



Figura 1. Camera Flir Quasar 4K Fixed Box

Estas imagens serão processadas por um software aliado a uma inteligência artificial com capacidade de reconhecer e identificar nas imagens os defeitos, confirmando as informações dos sensores de reflexão. Em um nível mais avançado, com o aumento do banco de dados gerados pelo recorrente monitoramento dos vagões, será possível criar um sistema de inteligência artificial que processe as imagens adquiridas, identificando as características da superfície antes que os furos surjam. Desta forma é possível indicar quais são os vagões que necessitam de manutenções preventivas.

5.4. Unidade de processamento local

Toda instalação de um pórtico irá conter uma unidade de processamento local, onde os sensores serão conectados primariamente. Este equipamento será o responsável por adquirir inicialmente os dados dos sensores, e fazer o armazenamento e organização dos dados em cada passagem de uma composição. Este equipamento deverá ser robusto para resistir a intempéries, e também com capacidade de processamento para gerar os dados e transmiti-los à uma central de dados.

Esta central deverá ter fonte de energia constante para garantir o seu funcionamento, porém recomenda-se a instalação de baterias para caso ocorram falhas no fornecimento de energia. Desta maneira podem ser evitadas falhas durante o escaneamento dos vagões, ou até mesmo aquisição de dados offline para transmissão posterior com o retorno da energia.

Outra alternativa para garantir a segurança da operação ininterrupta é a instalação de painéis fotovoltaicos para fornecer a energia aos equipamentos durante o dia, e carregamento da bateria para funcionamento durante a noite.

5.5. Conexão de rede ou internet

A transmissão dos dados poderá ser feita via conexão com a internet, para um servidor em nuvem ou uma rede física com servidor local próprio do cliente. Devido à esta necessidade de transmissão, é necessário que haja uma infraestrutura de conexão à internet nas proximidades do local de instalação do pórtico. É possível que a conexão seja feita por tecnologias de menor velocidade caso haja indisponibilidade de rede banda larga. Neste caso, pode ocorrer uma demora no envio dos dados ao servidor e conseqüentemente redução na resposta do processamento com os resultados do escaneamento dos vagões.

5.6. Unidade de processamento central e de armazenamento

Em algum local a ser definido pelo usuário, será instalado um servidor para onde todos os dados gerados pelas unidades de processamento local de cada pórtico serão enviados. Este servidor será o responsável por realizar todo o processamento dos dados, armazenar os históricos e enviar informações aos centros de operação em cada terminal de carga ou pátio de manobras.

Este equipamento deverá ter a robustez necessária na capacidade de processamento para conseguir receber, processar os dados dos pórticos e enviar os dados aos centros de operação com a maior velocidade possível. Esta capacidade irá garantir um rápido tempo de resposta para a tomada de decisão caso seja necessário substituir algum vagão danificado.

5.7. Interface com o usuário

A partir do momento em que os dados de escaneamento forem processados e estiverem disponíveis, esta informação deverá ser disponibilizada para que sejam tomadas ações operacionais caso necessário. Existem algumas maneiras de utilizar estas informações, de acordo com a demanda do usuário.

No caso de identificado um potencial defeito que ainda está em um estágio inicial, este vagão pode ser sinalizado para ser enviado ao setor de manutenção. Desta forma, podem ser feitas ações preventivas, evitando falhas maiores ou danos à carga. Neste caso, a comunicação não exige urgência, podendo ser feita via consulta em algum computador no setor de gestão da manutenção, ou por meio de relatórios automáticos programados para serem enviados com a periodicidade desejada.

Quando o escaneamento identificar que um vagão possui uma falha de nível avançado, que possa causar danos à carga ou a eficiência do transporte, esta informação deverá ser imediatamente enviada aos responsáveis pela operação em questão. Neste caso, dependendo do ponto onde o pórtico que realizou esta leitura está instalado, pode ser que ainda seja possível substituir o vagão com defeito para que este não seja inutilizado no momento do carregamento. Esta informação pode ser enviada automaticamente ao responsável da manutenção, da manobra no terminal e até mesmo ao gestor comercial, estando ele ciente de possíveis atrasos ou variação no volume a ser carregado.

Como as informações estarão disponíveis em um banco de dados central, existem diversas maneiras de utilizá-las, ficando a critério do cliente. Um acesso via internet por qualquer computador, envio de e-mails automáticos ou até mesmo um aplicativo dedicado para usuários que estejam na operação em campo. Toda esta comunicação pode ser modelada de acordo com a necessidade operacional e estratégia, uma vez que os dados estarão disponíveis em pouco tempo após a passagem do trem por um pórtico.

6. IMPLEMENTAÇÃO E OPERACIONALIZAÇÃO DO SISTEMA

Para atingir objetivo de identificar as falhas nos vagões a partir destes dados, existirão algumas etapas a serem seguidas: instalação da infraestrutura; parametrização e testes iniciais; aquisição de base de dados; aprendizado da inteligência artificial e operação plena.

Inicialmente, deverá ser estudado em conjunto com o cliente quais são os pontos estratégicos na malha ferroviária para instalar os primeiros pórticos. Estes pontos servirão para iniciar a coleta de dados e calibração dos sensores. Este é o período onde serão avaliadas quais são as melhores condições para aquisição dos dados. Isto inclui variações climáticas, luminosidade, velocidade de passagem dos vagões, frequência de aquisição de dados de cada sensor, entre outros fatores. É o momento de entender como o equipamento irá se comportar na prática e aprender a regular suas funcionalidades e configurações para que em cada condição de leitura existente, o sistema possa ser otimizado para uma melhor leitura dos dados. A partir do momento em que estas condições e configurações estejam fornecendo dados de boa qualidade na maioria dos escaneamentos, pode-se avançar em paralelo com a próxima etapa.

Em um segundo momento, quando houver uma regularidade e padronização nos dados adquiridos, é hora de iniciar o treinamento do processamento das imagens e dados dos vagões. Este é um sistema que será baseado em uma inteligência artificial, que deverá aprender a correlacionar os dados obtidos com os parâmetros de o que é uma falha. Existem diversos modelos de vagões, de modo que para cada variação geométrica construtiva, os critérios de avaliação dos dados deverão estar parametrizados para que a análise seja feita de acordo com o modelo do vagão. Desta forma, deverá existir para cada modelo de vagão uma versão digital a ser modelada e servir de comparação com os dados obtidos em cada escaneamento. Ao longo do tempo, com a formação de uma base de dados maior e com um acompanhamento periódico de cada vagão com registro de imagens com a progressão dos defeitos, será possível compreender alguns mecanismos de desgaste e deterioração do vagão. Este será o conhecimento adquirido pelo sistema que cada vez melhor irá prever quando um vagão necessitará de manutenção.

Após estes períodos de calibração e aprendizado do sistema, será possível colocar todas as funcionalidades em operação plena, expandindo o número de pórticos e vagões monitorados. A partir deste momento a maior dificuldade fica a cargo do cliente em entender a dinâmica de desgaste dos equipamentos e estruturar a gestão de manutenção da frota com esta nova ferramenta.

7. POSSIBILIDADES DE MELHORIAS E EXPANSÃO

Este modelo de sistema também pode ser replicado para outros tipos de vagões e tipos de transportes. Existem outros problemas que podem ocorrer no transporte ferroviário de cargas. Um outro caso, é o de mal descarregamento em vagões tipo gôndola. Neste caso, muitas vezes uma parte do material não sai por completo do vagão ao ser tombado, de forma que o controle da quantidade de material transportado tem que considerar um volume morto médio, podendo haver variações entre a quantidade contratada e a carregada. Neste caso, um sensor que identifique volumes dentro do vagão após o descarregamento poderia controlar melhor estes volumes não contabilizados.

Outro problema existente é a ocorrência de pessoas ou animais que entram nos vagões irregularmente, e acabam podendo sofrer ou causar acidentes. A adição de sensores de temperatura por luz infravermelha poderia identificar essas ocorrências e notificar o centro de controle para que sejam tomadas medidas de segurança.

Um outro mercado a ser explorado são os contêineres usados tanto no transporte ferroviário quanto no marítimo. O sistema pode monitorá-los para verificar se existem furos ou aberturas na estrutura e sinalizar um responsável para prevenir danos às cargas.

Este sistema também pode ser aplicado no monitoramento de caminhões, verificando a integridade do compartimento de carga. Outra possibilidade seria a identificação de pontos onde as lonas ou caixaria possam estar danificadas, levando a perda de parte da carga durante a circulação, ou até mesmo infiltração de água danificando os produtos.

Em todos estes casos seria necessário estudar a demanda de quais informações são relevantes para o monitoramento, e entender os mecanismos de falha de cada tipo de equipamento. Na sequência, seguir o roteiro de implementação dos pórticos iniciais e realizar testes para calibração e aprendizagem do sistema.

8. CONCLUSÃO

Tendo em vista os problemas de ineficiência no transporte a granel, causados por defeitos nos vagões, este sistema pode proporcionar uma forma de reduzir o tempo e cargas perdidas devido aos problemas não identificados anteriormente. Esta proposta tecnologia tem como objetivo principal monitorar e entender o mecanismo de falha que gera os danos críticos aos vagões, de forma que seja possível prever a falha com antecedência e agendar manutenções preventivas. Caso a falha ocorra inevitavelmente, ele também deverá possibilitar a rápida intervenção caso seja necessário substituir algum vagão identificado com problemas. A grande dificuldade está no desenvolvimento e evolução do processamento de imagens que possibilitará o reconhecimento dos defeitos. Este será o componente chave do sistema para garantir que funcione com eficiência e qualidade.

Atualmente o processamento de imagens e desenvolvimento de aprendizados de máquina tem evoluído rapidamente, sendo uma grande oportunidade de aplicação prática de tecnologias relacionadas à inteligência artificial e machine learning. Este sistema demanda uma multidisciplinaridade, relacionando engenharia mecânica, gestão da manutenção, engenharia eletrônica e computação. Este trabalho se resume à etapa inicial de contextualização e conceituação do projeto, delimitando o seu escopo e principais objetivos. Ainda existem diversos tópicos a serem aprofundados tecnicamente e operacionalmente, porém a demanda de uma melhoria no sistema de monitoramento de manutenção dos vagões de trem é clara e necessária. Desta forma, concluímos que a ideia do projeto é válida, tem uma base suficiente para validar a aplicação e pode ser dada continuidade ao seu desenvolvimento.

9. AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Universidade Federal do Paraná e a todo o corpo docente envolvido no curso de Especialização em Engenharia Industrial 4.0, que nos proporcionou um ambiente colaborativo e inovador nos últimos dois anos. Foram momentos de muito aprendizado, contato teórico e prático com diversas novas tecnologias aplicadas não só a Indústria, mas às atividades cotidianas, em um mundo cada vez mais conectado. A somatória das experiências e conteúdos apresentados à nos proporcionou uma capacidade de enxergar novas oportunidades de aplicações, otimizações e resolução de problemas onde a pouco tempo não era possível criar soluções conectadas e de rápida resposta desta maneira.

10. REFERÊNCIAS

- Ministério dos Transportes, Portos e Aviação Civil (MTPA), Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Laboratório de Transportes e Logística (LABTRANS). “Plano Mestre do Complexo Portuário de Paranaguá e Antonina”. Setembro/2018
<https://www.infraestrutura.gov.br/images/SNP/planejamento_portuario/planos_mestres/versao_completa/pm22.pdf>
- “Anuário CNT do Transporte 2018 – Estatísticas Consolidadas”, Conferência Nacional dos Transportes. 2019.
< <http://anuariodotransporte.cnt.org.br/2018/Ferroviano>>
- AGROTVM, 2019. Acesso em 15/10/2019.
<<https://agrotvm.wordpress.com/2014/09/25/qual-o-tipo-de-vagao-utilizado-para-o-transporte-de-produtos-agricolas/>>

Figura 1. Website da Rumo Logística. Acesso em 17/10/2019.

<http://pt.rumolog.com/images_inst/slideshow/Rumo1_20190412.png>

Figura 2. Website da Sick. Acesso em 15/10/2019.

<<https://cdn.sick.com/media/150/7/37/537/IM0047537.png>>

Figura 3. Website da Sick. Acesso em 15/10/2019.

<<https://cdn.sick.com/media/150/6/06/406/IM0064406.png>>

Figura 4. Website da Flir. Acesso em 14/10/2019

<<https://www.flir.com/globalassets/imported-assets/image/flir-quasar-4k-fixed-box-cf-6308.png>>

10. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

Os autores são os únicos responsáveis pelas informações incluídas neste trabalho.

3D SCAN RAILWAGON MONITORING SYSTEM

Eduardo Henrique Costa

João Gabriel Sant'Anna Santos

Federal University of Paraná – Coronel Francisco Heráclito dos Santos Avenue - Curitiba - Paraná
costa.eduardoh@gmail.com; joao.gabriel@essetres.com.br.

***Abstract.** The project aims to reduce rail freight inefficiency costs due to damage to freight-compromising wagons. Currently inspections are performed by operators at the time of loading, blocking the loading of discarded wagons without the possibility of replacing them in the composition. The system will scan the wagons 3D through a gantry, acquiring data that will be processed to identify defective wagons so that they can be replaced before the composition enters the loading terminal.*

***Keywords:** Monitoring. Wagons. Maintenance. 3D scanner.*

RESPONSIBILITY NOTICE

The authors are the only responsible for the printed material included in this paper.



SmartWagon



Problema | Necessidade

Empresas logísticas ferroviárias têm problemas frequentes com a caixa de vagões danificadas, escotilhas abertas ou com problemas de vedação, porém não há um registro de acompanhamento da deterioração dos vagões. Além disso, a inspeção é realizada de forma visual e por operadores em situação de periculosidade e necessidade de treinamentos e uso de EPIs especiais.

Os vagões são posicionados pra carregar e somente nesta hora ocorrem inspeções, buscando por furos, rachaduras e defeitos, gerando perdas no carregamento.

Só em 2019, na principal empresa logística da américa latina mais de 900 vagões já foram refugados, deixando de transportar aproximadamente 54.000t de produtos e movimentando vagões vazios, gerando ainda mais custos.

Requisitos | Viabilidade

- 1 Pórtico metálico em cada terminal, com instalação dos seguintes equipamentos:
 - 1 leitor RFID
 - 1 etiqueta RFID por vagão
 - 1 câmera de alta resolução (FLIR 4K FIXED BOX)
 - 1 sensor a laser (SICK WT89 3P2461)
- Software para tratamento dos dados
- 1 Raspberry
- Cabo de fibra ótica
- Internet wireless
- Sistema de informação/banco de dados interno;
- Equipamento eletrônico para acessar o software (celular, tablet, notebook...)

equipe

-  Eduardo Henrique Costa
-  João Gabriel Sant'Anna Santos
-  Lívia Maia Braga
-  Rogério Cruz dos Santos

ideia

Produto:

Um pórtico metálico com 1 câmera de alta resolução, 1 sensor a laser e 1 leitor RFID instalados.

+ Um software que:

- identifica o vagão por meio do RFID;
- recebe os dados vindos da câmera e do sensor,;
- mapeia a superfície de cada vagão
- identifica os defeitos atuais do vagão;
- compara com o histórico de dados do vagão;
- registra no histórico do vagão;
- sinaliza no sistema da empresa o estado atual do vagão ou a necessidade de intervenção (vagão útil, corretiva emergencial, corretiva planejada, preventiva ou preditiva).
- Ao passar pelo pórtico, os vagões problemáticos são sinalizados e então removidos da composição antes do carregamento. Vagões com potencial falha são sinalizados para inspeção física.

User Experience & Público Alvo

Empresas de logística em geral, pode ser replicado em outros tipos de sistemas de transporte:

- Ferroviário;
- Rodoviário;
- Terminais de contêineres portuários

Redução de movimentação de vagões improdutivos;
Redução de custos gerados por falhas e avarias;
Redução de tempo gasto com inspeções;
Gerar dados para planejamento de manutenção;
Ganhos de produtividade;
Redução do passivo trabalhista por periculosidade.
Redução de multas por atrasos e danos na carga.

Monetização e/ou Investimento

Custos:

- Pórtico metálico: 1100,00
- Câmera: R\$3000,00
- Sensor a laser: R\$450,00
- Leitor RFID: R\$400,00
- Transporte e instalação: R\$900,00
- Projeto estrutural: 2000,00
- Programação: relativo em relação à quantidade de pórticos vendidos

- Custo por produto: R\$7850,00
- Programação: R\$20000,00
- Valor de venda: R\$90000,00
- Lucro: R\$62150,00 por produto instalado

SAS de manutenção: R\$100,00 mensais por pórtico instalado

ROI do cliente: 6 meses

