

ESCOPO DO TRABALHO E DEFINIÇÕES DE REQUISITOS

Advanced Analytics

INFORMAÇÕES GERAIS

Trabalho	Waysides - Predição de desgaste de rodéis de vagões GDT/GDU
Cliente	Equipe de manutenção de rodas

OBJETIVO DO TRABALHO

Prever o desgaste de rodas de vagões e fornecer uma visão futura da frota de rodéis, para melhor planejamento de manutenção e compra de componentes. Deverá ser criado um modelo de classificação no qual informará se o friso da roda estará abaixo de 26 mm na próxima leitura.

CONTEÚDO

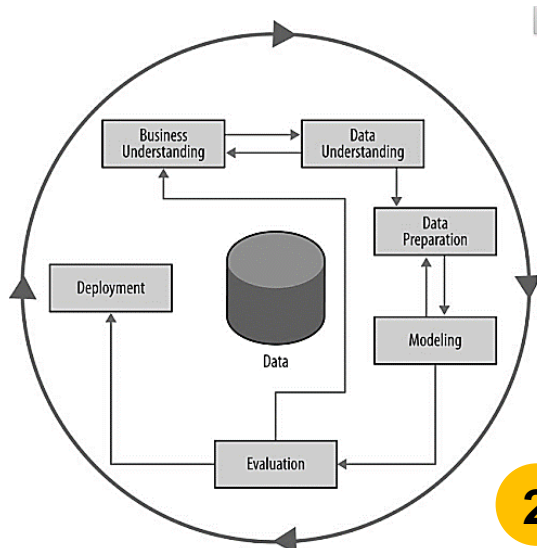
INFORMAÇÕES GERAIS.....	1
OBJETIVO DO TRABALHO.....	1
CONTEÚDO	2
ABREVIATURAS.....	2
ENTENDIMENTO DO NEGÓCIO	4
Estrada de Ferro Carajás	4
RESULTADO ESPERADO	7
ENTENDIMENTO DOS DADOS.....	8
Waysides	8
[WheelSpec] – Medição de perfil de roda.....	9
[T-BOGIE] – Medição de hunting	10
Localização dos sensores	13
DADOS DISPONÍVEIS	14

ABREVIATURAS

Abreviatura	Descrição
PIMS	<i>Plant Information Management System</i> – Sistema de Gerenciamento de informações do processo
CCO	Centro de Controle Operacional – Na ferrovia, responsável pelo controle das linhas de circulação (linhas tronco)
Composição	Sinônimo de Trem
Lote de vagões	Bloco compost por 110 vagões GDT ou GDU
Site Waysides	Localização, ao longo de uma determinada via, onde se encontra instalado o conjunto de sensores para leitura de parâmetros do veículo ferroviário.

CRISP-DM

CROSS INDUSTRY STANDARD PROCESS FOR DATA MINING



O CRISP-DM (*Cross Industry Standard Process for Data Mining*) é um modelo de processo para mineração de dados, com o objetivo de se obter um processo consistente e objetivo. O modelo do processo de mineração de dados proporciona uma visão do ciclo de vida do projeto, contendo suas fases, suas respectivas tarefas e as relações entre essas tarefas. E como é composto este ciclo de vida de um projeto de data mining?

É constituído de seis etapas descritas abaixo:

1

ENTENDIMENTO DO NEGÓCIO

Entender qual problema deve ser resolvido. Apesar de parecer óbvio, muitos projetos podem chegar de forma ambígua, pré-empacotados e até mesmo ser de uma área de negócios desconhecida pelo especialista. Assim, é preciso analisar o contexto em que a demanda está inserida, quais são os cenários previstos (ou não) para que o projeto comece da melhor forma possível.

2

ENTENDIMENTO DOS DADOS

A compreensão dos dados é a matéria prima para que esta solução seja construída. As características e limitações das bases de dados são compreendidas, bem como o histórico, sua composição, seu tipo e se os dados realmente são suficientes para entender o problema proposto.

3

PREPARAÇÃO DOS DADOS

Nesta fase existe a transformação de dados não estruturados em estruturados, tratamento de dados ausentes, conversão de diferentes tipos de dados de acordo com a necessidade, entendimento sobre a natureza dos dados, dentre muitas outras tarefas. Nesta etapa também existe a construção de variáveis fundamentais para o sucesso de qualquer modelo.

4

MODELAGEM

Neste ponto são utilizadas técnicas apropriadas ao objetivo do projeto, seja ele uma predição, classificação, agrupamento ou regressão. Nesta etapa se obtém o output do projeto, o que será entregue ao cliente. A etapa de modelagem pode "conversar" livremente com a etapa de preparação de dados, seja para readequação dos dados ou mesmo para criação de novas variáveis que ajudem a explicar o fenômeno.

5

AValiação

Nesta etapa se realiza uma rigorosa avaliação dos resultados, para que haja confiança no projeto que está a uma etapa de ser entregue. Se necessário, o projeto pode voltar para a primeira etapa (Entendimento do Negócio), caso seja entendido que o objetivo do projeto ainda não tenha sido alcançado.

6

ENTREGA

Nesta etapa, o projeto é encerrado com a entrega feita ao cliente. É a etapa menos técnica do processo de data mining, mas não a menos importante. Aqui o resultado é entregue ao cliente em forma de um relatório ou na forma de uma implantação de um sistema para acesso aos dados em tempo real.

ENTENDIMENTO DO NEGÓCIO

Estrada de Ferro Carajás

A Estrada de Ferro Carajás (EFC) é a maior ferrovia de transporte de passageiros em operação no Brasil, sendo, no entanto, especializada no transporte de minérios que correm das minas da Serra dos Carajás em Parauapebas, Canaã dos Carajás e Marabá, até os portos da Baía de São Marcos.



Figura 1 – Transporte simultâneo de Passageiros e Carga

A EFC possui 5 estações, 10 paradas e percorre ao todo 892 KM ligando os municípios de São Luís, Santa Inês, Açailândia, Marabá e Parauapebas.



Figura 2 – Mapa da Estrada de Ferro Carajás

A EFC dispõe de uma frota de vagões destinada exclusivamente ao transporte de Minério (vagões GDT e GDU), possuindo aproximadamente 180 lotes de vagões, sendo cada lote composto por 110 vagões, totalizando 20.000 vagões GDT e GDU.

O lote nunca é desmembrado. Caso haja alguma anomalia em determinado vagão que exija sua substituição, outro vagão com as mesmas características é inserido no seu lugar.

O ciclo médio de circulação de um vagão GDT/GDU, entre uma descarga e outra, é de 87 horas.

Os vagões utilizados no transporte de minério possuem um plano constante de manutenção de seus componentes, principalmente componentes dos sistemas de rodagem e freios.



Figura 3 – Vagão GDT – Destaque em vermelho para sistema de rodagem/freios

Os componentes dos sistemas de rodagem e freios são os que possuem maior taxa de desgaste, necessitando de constantes manutenções preventivas e corretivas.

O truque ferroviário constitui um conjunto de rodas, sapatas de freio, rolamentos, molas, eixos, cilindros de freio, barras estabilizadoras entre outras coisas. Todos os veículos ferroviários que têm dois ou mais conjuntos de rodas possuem truques, ou “bogies”. Os carros e vagões antigos não dispunham de truques e eram montados apenas com dois eixos (quatro rodas), mas com o progresso das estradas de ferro surgiu a ideia de colocar a caixa principal do vagão sobre dois veículos independentes pequenos, denominados truques.

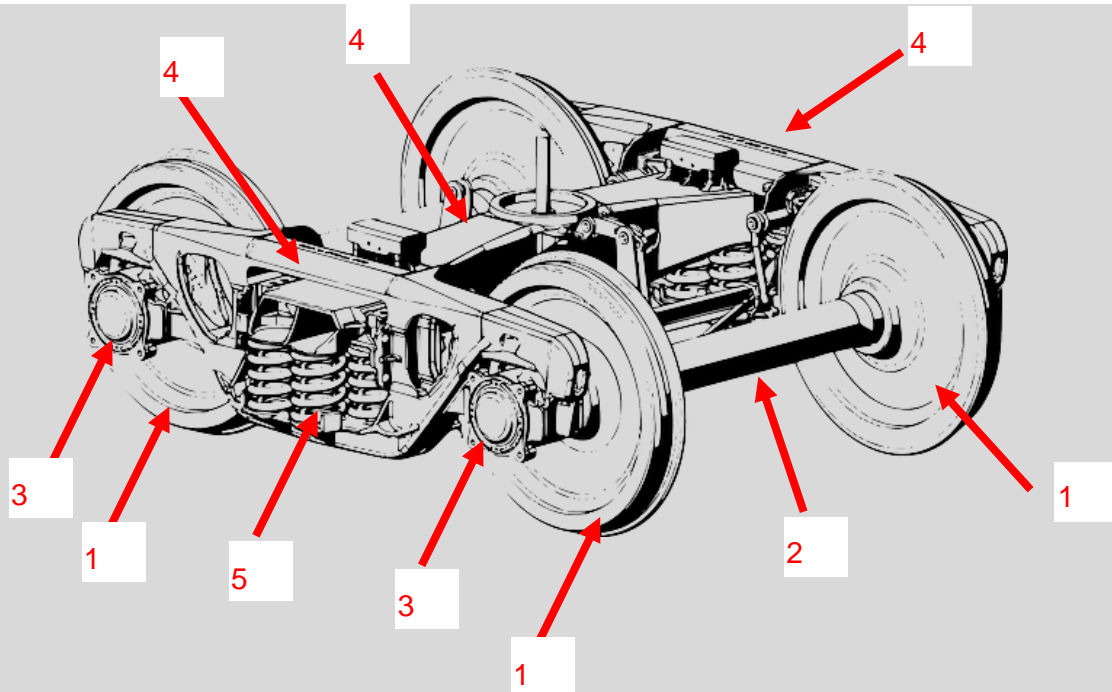


Figura 4 – Visão geral do Truque Ferroviário

1) Roda

4) Estrutura “H” do Truque

2) Eixo

5) Molas

3) Rolamento

1+2+3) Rodeiro

Conforme a figura acima, o rodeiro pode ser compreendido como o conjunto de duas rodas, um eixo e dois rolamentos.

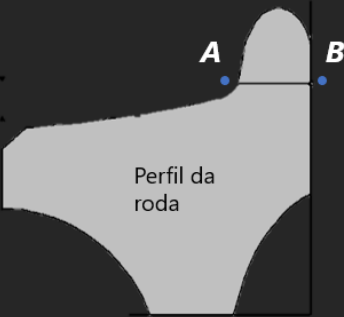
RESULTADO ESPERADO

Desenvolver um modelo que classifique todas as rodas medidas e informe se na próxima leitura o valor de espessura de friso será inferior a 26 milímetros ou não.

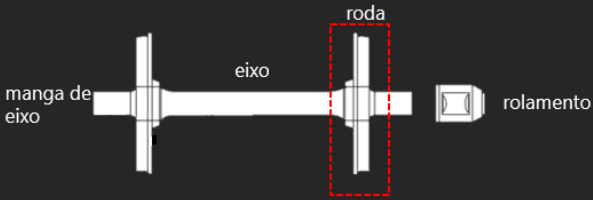
A espessura do friso compreendida entre os pontos A e B e planeja a substituição para mantendo a segurança operacional da ferrovia

O problema atual:

- A área não tem visibilidade do que vai acontecer com o ativo, antecipando as trocas;
- A cada troca o rodeiro é usinado, e sua vida útil é reduzida;
- Incapacidade de visualização de desgastes acelerados em toda a frota de vagões;
- Muitos vagões apresentam reincidência de trocas, e os fatores não são bem claros;



Perfil da roda



manga de eixo eixo roda rolamento

ENTENDIMENTO DOS DADOS

Waysides

A ferrovia conta com uma estrutura para cercar da melhor forma possível tais anomalias. Com o auxílio de um conjunto de equipamentos de monitoramento, chamado de Waysides, é possível identificar os defeitos, rastrear e acompanhar os vagões ao longo de todo trajeto até sua chegada à oficina. Por meio do Waysides, os parâmetros mais críticos do vagão, que tendem a provocar paradas indesejadas dos trens, desgastes dos trilhos e até mesmo incidentes/acidentes ferroviários, são monitorados e sinalizados para avaliar possíveis intervenções mecânicas.

O sistema de instrumentação Waysides é composto por 5 tipos distintos de sensores:

- Sensores para medição de perfil;
- Sensores para medição das condições das sapatas de freio;
- Sensores para medição das condições dos rolamentos;
- Sensores para medição das condições das bandas de rodagem das rodas (Impacto);
- Sensores de performance de truque ótico e detecção de hunting (condições dos truques) – T-BOGIE.

Para prever o desgaste do friso, serão necessários somente os sensores de perfil e TBOGIE.

[WheelSpec] – Medição de perfil de roda

O WheelSpec™ da ImageMap é um sistema composto por hardware e software capaz de realizar a medição do perfil das rodas dos vagões de uma composição enquanto ela se movimenta sobre o conjunto de lasers e câmeras montado em algum ponto da ferrovia.

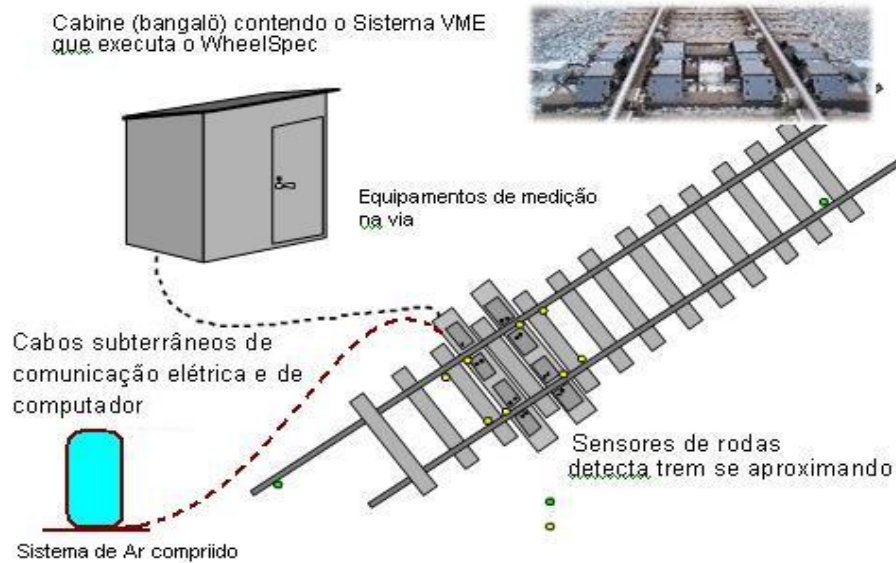


Figura 5 - Sistema WheelSpec™

Através do WheelSpec™ são realizadas as medições das dimensões do perfil, segundo a imagem a seguir.

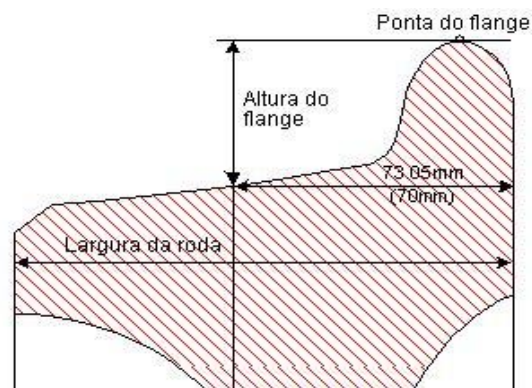


Figura 6 – Perfil do Rodeiro

As informações geradas pelo WheelSpec™ são:

- Medições de Flange:
 - Altura do flange
 - Espessura do flange
 - FRA flange fino
 - FRA flange vertical
 - Gradiente do flange
 - Ângulo do flange
- Banda de Rolamento:
 - Espessura do aro
 - Conicidade da banda de rolamento
 - Banda de rolamento côncava
 - Banda de rolamento ranhurada
 - Banda de rolamento com acúmulo
- Medições dos Eixos:
 - Bitola entre as faces internas das rodas de um eixo;
 - Ângulo de Ataque.

Exemplos de anomalias detectadas pelo Perfilômetro:



Figura 7 – Exemplos de anomalias detectadas pelo Perfilômetro

[T-BOGIE] – Medição de hunting

O T-BOGIE (Truck Bogie Optical Geometry Inspection) é um sistema automático de medição de condições dos rodeiros de uma composição. Utilizando lasers, câmeras e sensores de rodas, este sistema mede o ângulo de ataque e a posição dos rodeiros com relação à via, sendo capaz de detectar falhas como deslocamento ou rotação do rodeiro em relação ao resto da composição e diversos tipos de desalinhamentos dos rodeiros que possam causar o efeito de serpenteamento da composição, gerando problemas tanto nos trilhos quando na dinâmica da mesma.

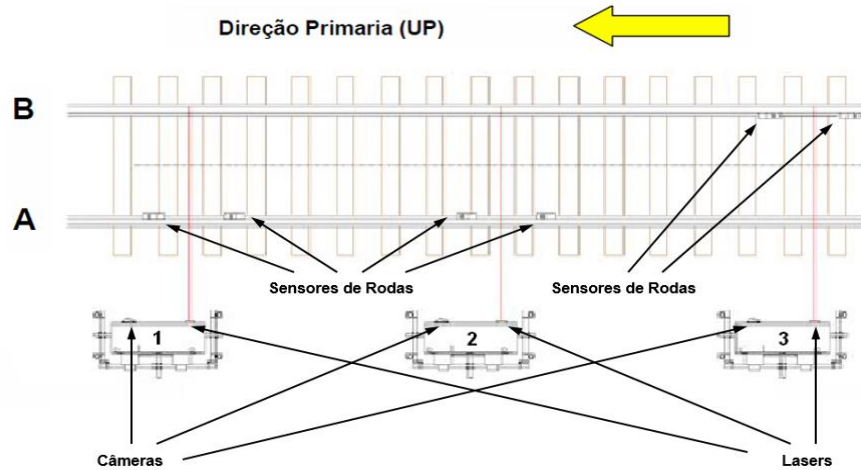


Figura 8 – Sensores do sistema T-BOGIE



Figura 9 – Sensores do sistema T-BOGIE

As seguintes informações são disponibilizadas pelo sistema T-BOGIE:

- Velocidade, direção e número de eixos da composição;
- Ângulo de ataque do eixo;
- Posição do eixo com relação à via;
- Instabilidade lateral do eixo;
- Desalinhamento entre eixos;
- Erro de rastreamento de eixos;
- Deslocamento/Rotação de eixos.

Exemplos de anomalias detectadas pelo T-BOGIE:

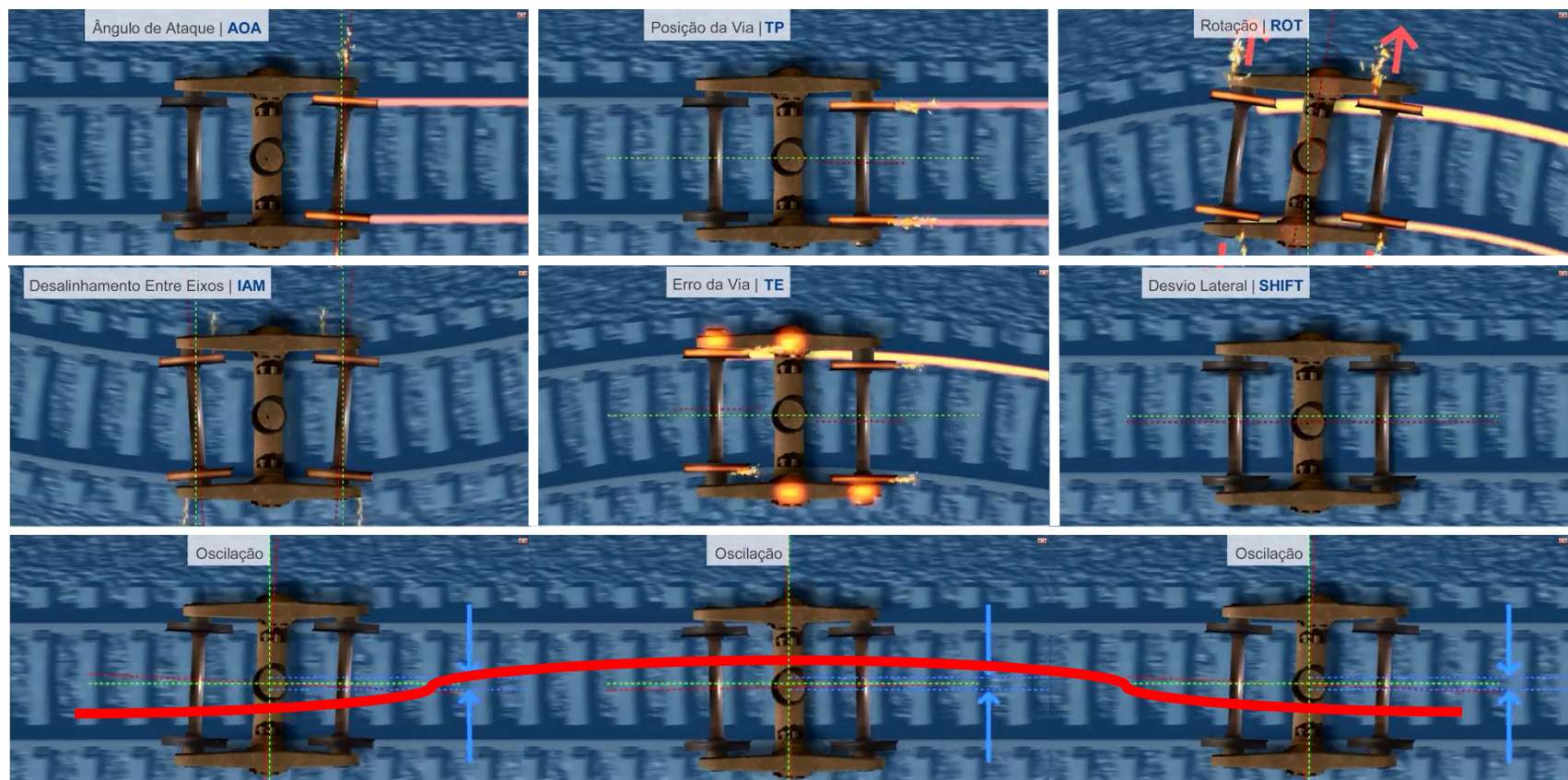


Figura 10 – Exemplos de anomalias detectadas pelo T-BOGIE

Localização dos sensores

Os sensores citados acima estão instalados no KM 16,888 na ferrovia, e fazem a leitura dos vagões a cada passagem na localidade. Ou seja, dentro de um ciclo de 87 horas, são realizadas duas leituras dos vagões, em trens subindo e descendo. Para cada roda será gerado um registro.



Figura 11 – Arquitetura do Waysides

Os sensores podem apresentar erros na leitura dos ativos ferroviários, devido sua exposição à intemperes, anomalias da via e vibrações inerentes à operação ferroviária. Para isso, o PIMS possui regras de faxina, realizando cálculos estatísticos para contornar esses erros aleatórios.

A taxa de erro do sensor é de 1,6 mm.

Trabalho	Waysides - Predição de desgaste de rodeiros de vagões GDT/GDU		
Cliente	Equipe de manutenção de rodas	Pág. 14 / 15	

DADOS DISPONÍVEIS

Coluna	Descrição	Unidade	Min	Max
ROW_ID	Identificador único do registro	Inteiro		
DATA_HORA_LEITURA	Data hora em que o trem foi lido no waysides	Datetime		
CODIGO_VAGAO	Código que identifica o vagão	Texto		
CODIGO_RODEIRO	Código que identifica o rodeiro	Texto		
CODIGO_RODA	Código que identifica a roda	Texto		
LADO_RODA	Lado do vagão (O Waysides já inverte o lado quando o vagão anda no sentido oposto - Valores já corretos)	Texto		
EIXO_VAGAO	Eixo do vagão (O Waysides já inverte o lado quando o vagão anda no sentido oposto - Valores já corretos)	Inteiro		
CICLO_RODEIRO	Ciclo de rodeiro - Utilizado para identificar quando se trata de um novo rodeiro. Quando um rodeiro é trocado, o código se altera, e assim as leituras podem voltar aos parâmetros normais	Texto		
TRAIN_ID	Identificador do trem	Texto		
SENTIDO_TREM	Sentido do trem -> SLZ = Vagão carregado sentido porto, -> QCA -> Vagão vazio sentido mina	Texto-		
VELOCIDADE_ENTRADA_TREM	Velocidade de entrada do trem no waysides	Km/h	0	100
VELOCIDADE_SAIDA_TREM	Velocidade de saída do trem no waysides	Km/h	0	100
POSICAO_VAGAO_COMPOSICAO	Posição do vagão no trem	Inteiro	0	350
ANGULO_FRISO_RODA	Ângulo do friso da roda	graus	55	90
ALTURA_FRISO_RODA	Altura do friso da roda	mm	25	44
ESPESSURA_FRISO_RODA	Espessura do friso da roda – Nossa variável target	mm	19	38
CAVA_RODA	Cava da roda	mm	0	10
ANGULO_ATAQUE_EIXO_FRONTAL_TRUQUE	Ângulo de ataque do eixo frontal do truque	mrاد	-8	8
ANGULO_ATAQUE_EIXO_TRASEIRO_TRUQUE	Ângulo de ataque do eixo traseiro do truque	mrاد	-8	8
TRACKING_POSITION_EIXO_FRONTAL_TRUQUE	Tracking position do eixo frontal do truque	mrاد	-30	-30

Trabalho	Waysides - Predição de desgaste de rodeiros de vagões GDT/GDU		
Cliente	Equipe de manutenção de rodas	Pág. 15 / 15	

Coluna	Descrição	Unidade	Min	Max
TRACKING_POSITION_EIXO_TRASEIRO_TRUQUE	Tracking position do eixo traseiro do truque	mrاد	-30	30
ROTACAO_EIXO	Rotação entre eixos	mrاد	-8	8
ALINHAMENTO_ENTRE_EIXOS_(IAM)	Alinhamento entre Eixos	mrاد	-8	8
DESLOCAMENTO_ENTRE_EIXOS_(SHIFT)	Deslocamento entre eixos	mrاد	-30	30
TRACKING_ERROR_(TE)	Tracking Error	mrاد	-30	30
SERPENTEAMENTO_(HUNTING)	Serpenteamento	mm	0	45