



**EIXO FERROVIÁRIO VALLOUREC.**

TECNOLOGIA A SERVIÇO DA PRODUTIVIDADE.



## MERCADO

No Brasil, as ferrovias são utilizadas para transportar grandes cargas por longas distâncias, com baixo custo de manutenção, pequena emissão de poluentes, grande eficiência energética e excelente nível de segurança.

Entre as tendências atuais do transporte ferroviário, destacam-se o aumento da capacidade de carregamento por vagão, a redução de custos e a renovação tecnológica.



### **SISTEMA FERROVIÁRIO BRASILEIRO**

**EXTENSÃO:**  
30.129 km.

**ABRANGÊNCIA:**  
22 estados.  
Distrito Federal.

**PRINCIPAIS CARGAS:**  
Minério de ferro, carvão mineral,  
combustível, fertilizante, produtos  
agrícolas, siderúrgicos e industrializáveis.

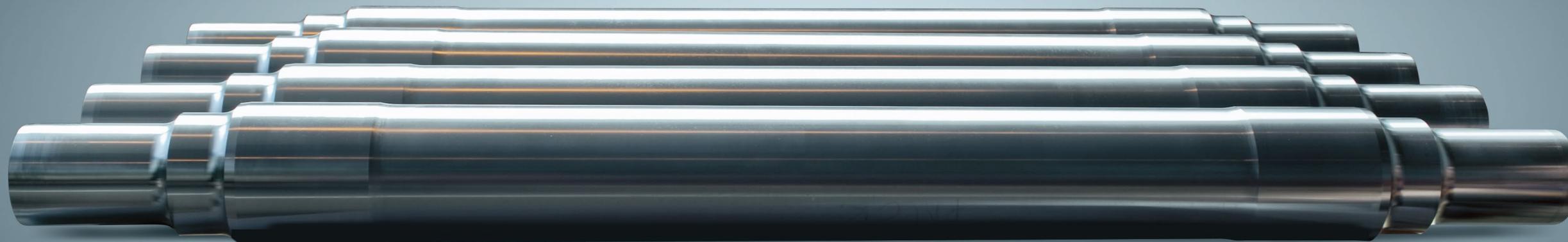
**PRINCIPAIS PORTOS:**  
Santos (SP), Paranaguá (PR),  
Rio de Janeiro (RJ), Itajaí (SC),  
São Francisco do Sul (SC),  
Vitória (ES) e São Luís (MA).

**LIGAÇÕES:**  
Argentina, Bolívia e Uruguai.



## EIXO FERROVIÁRIO TUBULAR

Tecnologia exclusiva Vallourec



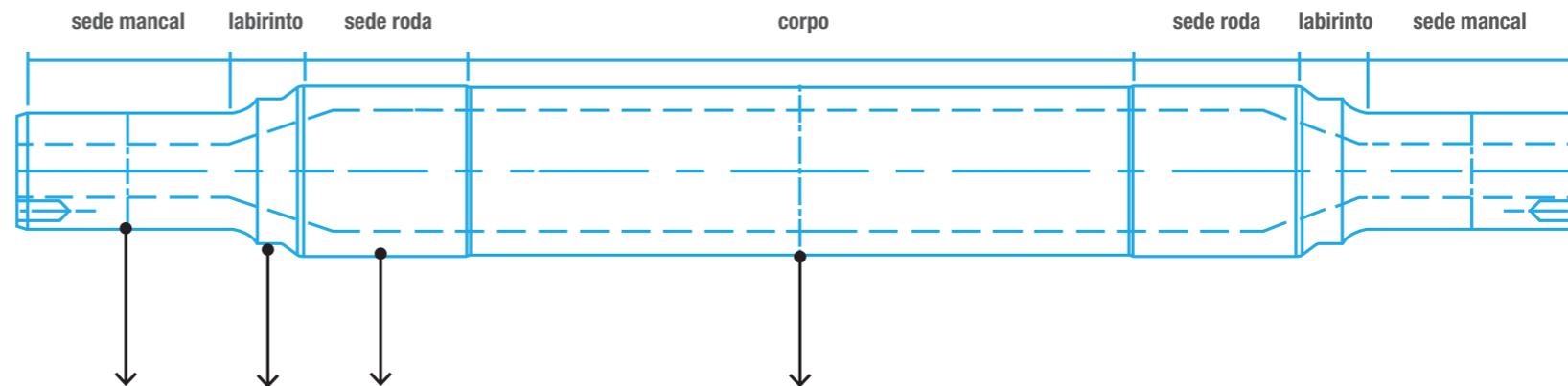
Líder mundial na produção de tubos de aço sem costura, a Vallourec desenvolveu o eixo ferroviário tubular como solução para aumentar a quantidade de carga transportada. Pesando até 250 kg menos que o eixo convencional maciço,

reduz em uma tonelada a tara dos vagões. A diminuição de peso foi possível com a utilização de um elevado grau de aço, capaz de garantir as propriedades mecânicas necessárias à sua aplicação.

**ATÉ 40% MAIS  
LEVE QUE O EIXO  
CONVENCIONAL  
MACIÇO**

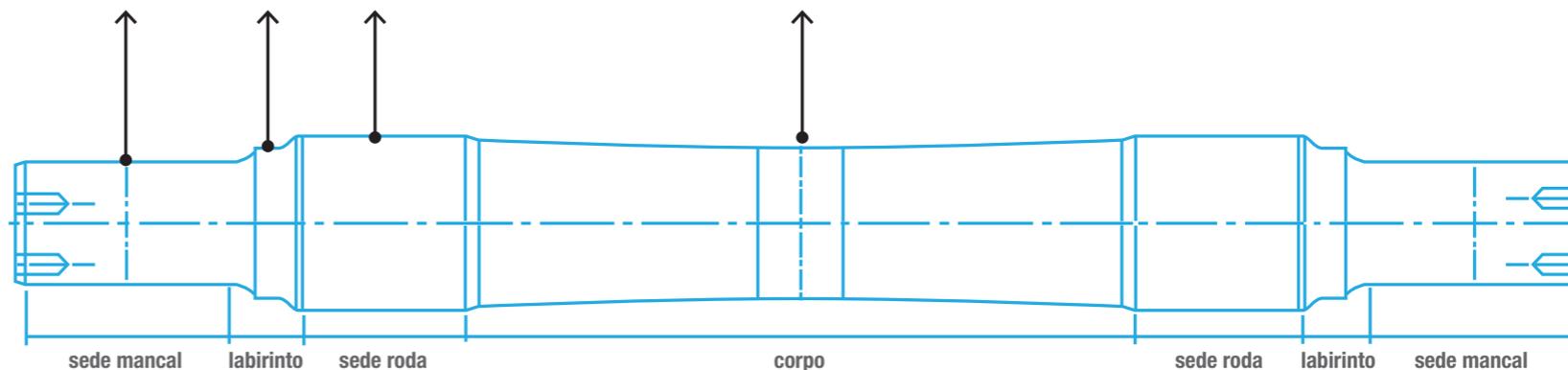


### EIXO FERROVIÁRIO TUBULAR



A sede mancal, o labirinto e a sede roda são iguais

O diâmetro tubular é maior que o maciço



### EIXO FERROVIÁRIO MACIÇO

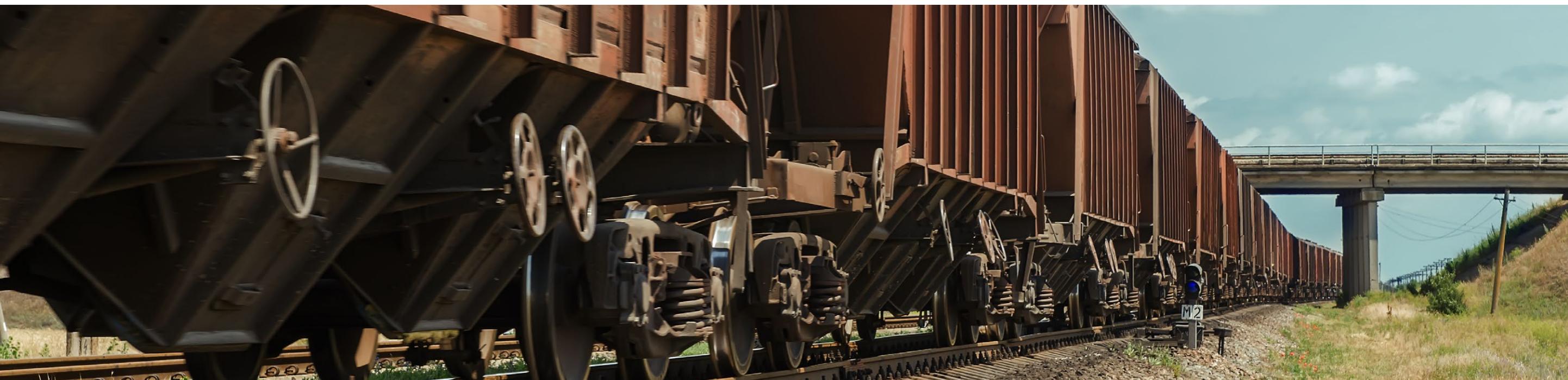
## DESAFIO

Por estar submetido a esforços dinâmicos não amortecidos, devido à sua localização abaixo da suspensão do vagão, o eixo ferroviário possui função crítica para a segurança e o desempenho da ferrovia. O componente trabalha em ambiente agressivo por conta das variações de temperatura, umidade, corrosão e impactos. E sofre, ainda, a influência de agentes mecânicos, em função das interferências de montagem com o rolamento e a roda.

*Design leve  
e inovador*

*Aço com elevado  
grau de resistência*

*Totalmente  
intercambiável  
com o modelo  
convencional*





## PROJETO PILOTO

O *know-how* de mais de 60 anos contribuiu para o desenvolvimento de um novo grau de aço utilizado no eixo ferroviário tubular. Foi desenvolvido a partir da experiência da Vallourec na fabricação de tubos sem costura para as indústrias petrolífera e automotiva.

Os primeiros protótipos foram fabricados após os testes iniciais feitos no Brasil, em 2005. Testes complementares foram realizados na França e na Inglaterra até a validação do produto, em 2010.



*Antes do eixo ferroviário ser levado a campo, foram realizados – pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas da Universidade de São Paulo, contratado pela Vallourec – ensaios de fadiga com protótipos em escala real por dois anos.*

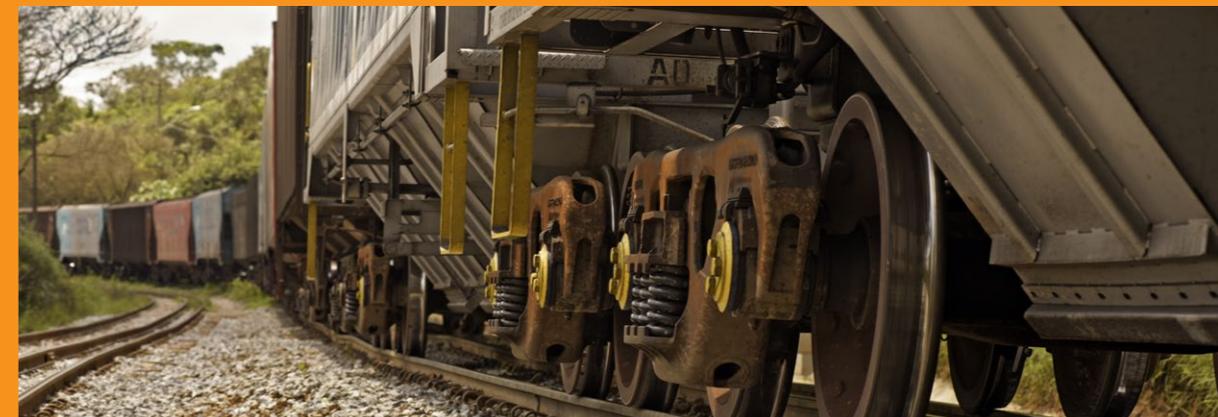
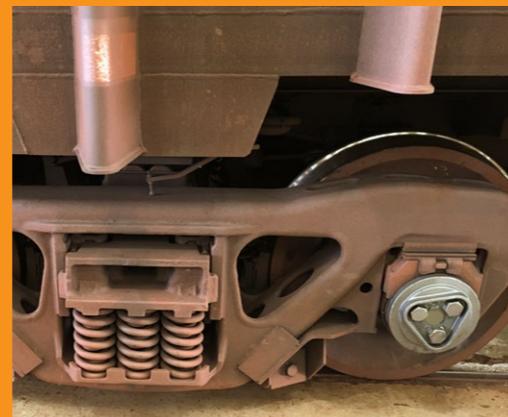
## TESTES DE CAMPO

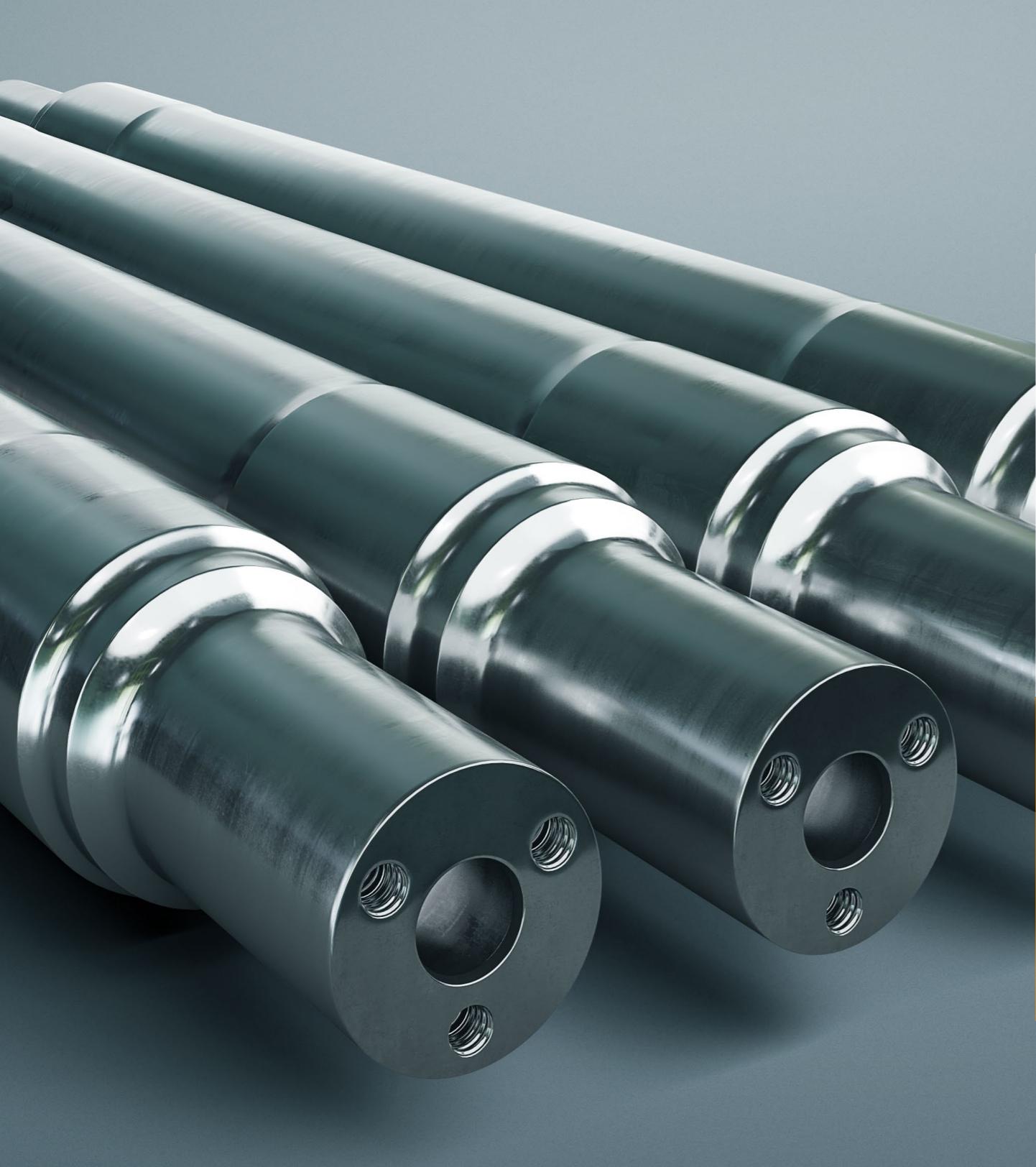
Entre 2007 e 2010, uma das maiores empresas de mineração do mundo – em parceria com a Vallourec – realizou testes de campo, com medição de tensão, temperatura e vibração, incluindo telemetria, por mais de sete meses na última geração de protótipos.

Uma condição imposta pelo cliente para garantir a confiabilidade dos testes é que contassem com o suporte técnico do Transportation Technology Center Inc. (TTCI) – empresa de

tecnologia subsidiária da Associação Americana de Ferrovias (AAR), referência global em normatização e tecnologia ferroviária.

O tratamento e a análise dos dados conforme normas específicas – combinando a curva de fadiga obtida em laboratório e o histograma de tensões atuantes – atestaram que o eixo tubular não acumularia danos, o que, em termos de engenharia, significa um componente com vida infinita. Um eixo ferroviário é projetado para utilização superior a 25 anos, mesmo sob esforço cíclico de fadiga.





## TESTES INSTRUMENTADOS

Em 2014, foram realizados testes instrumentados em outras ferrovias da região Sudeste, com os mesmos resultados positivos. Ao longo do período de testes, a Vallourec adaptou alguns processos de manutenção já existentes e desenvolveu um tipo de inspeção específica para o componente tubular. O novo método foi desenvolvido por técnicos no Brasil e na França, sendo depois patenteadado.

*Encontra-se em fase de elaboração no CB06, Comitê Metroferroviário Brasileiro, a proposta de Norma ABNT relativa ao novo componente e aos requisitos de inspeção.*

# EVOLUÇÃO DO USO DO COMPONENTE

2010

*Venda de 200 eixos de bitola larga. Em operação ainda hoje na região Norte.*

2011

*Venda de 400 eixos de bitola métrica para ferrovia na região Sudeste.*

2016

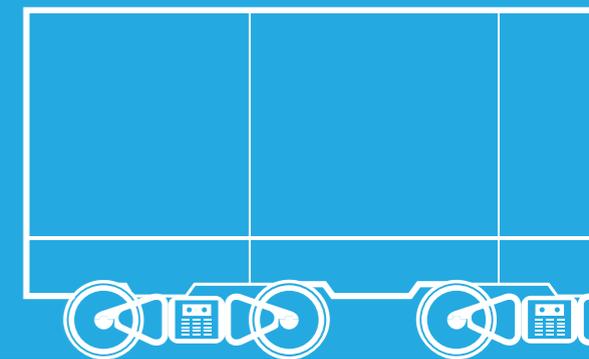
*Venda de 120 eixos de maior capacidade para avaliação de potencial em projeto de expansão.*

2017

*Fechamento do primeiro grande contrato.*

2018

*Fornecidos eixos tubulares para mais de 1.000 vagões.*



## BENEFÍCIOS

# AUMENTO DA CAPACIDADE DE CARGA TRANSPORTADA

Amplia a capacidade de carga transportada, mantendo inalterado o número de viagens e de vagões, com a consequente elevação das receitas com transporte.

## VEJA SÓ

- *Até 40% mais leve do que o eixo convencional maciço, reduzindo a tara dos vagões em até 1 tonelada.*
- *Dispensa a troca de vagões e o aumento da capacidade da via permanente. Totalmente intercambiável, pode ser adaptado em vagões antigos.*



## Tipos de eixos e seus pesos

<b>Peso bruto máximo por vagão</b>	t	150	130	130	110
<b>Bitola da via</b>	m	1,6	1,6	1,6	1,0
<b>Manga de rolamento</b>	-	G – 7” X 12”	F – 6½” X 12”	K – 6½” X 9”	K – 6½” X 9”
<b>Peso do eixo tubular</b>	kg	420	400	395	260
<b>Peso do eixo maciço</b>	kg	670	562	558	360
<b>Redução de peso de cada eixo tubular</b>	kg	250	162	163	100
<b>Redução total de peso de vagão com 4 eixos tubulares ao invés de maciços</b>	kg	1000	648	652	400

Mesmo com a redução do peso teórico do eixo tubular para 420 kg (OFT 39U), o que corresponde a redução de 250 kg sobre o peso de um eixo maciço de 670 kg, ainda é esperado o mesmo desempenho em serviço do eixo maciço GDU.





## BENEFÍCIOS

# ATÉ 1% DE ECONOMIA DE ÓLEO DIESEL

Com o eixo ferroviário tubular, a composição torna-se mais leve no trecho vazio do ciclo. Há economia também quando a capacidade adicional de carga útil não é utilizada no trecho carregado.

## ENTENDA MELHOR

*Considerando uma viagem de retorno porto-mina, esta diferença chega a 330 toneladas para um trem com 330 vagões. Existem modelos matemáticos e ferramentas de simulação que permitem análises comparativas sobre os ganhos com redução do peso com excelente precisão.*

## BENEFÍCIOS

# MENOR QUANTIDADE DE CICLOS PARA TRANSPORTAR A MESMA CARGA

Redução dos custos de frete com a diminuição do número de viagens para escoar o mesmo volume de cargas/ano.



## VEJA ESTE EXEMPLO

*A economia de frete pode chegar a 0,8%, o que representa, em algumas operações de mineração, R\$ 8 milhões por ano.*

## BENEFÍCIOS

# REDUÇÃO DOS CUSTOS DE MANUTENÇÃO

Diminuição dos custos de manutenção da via permanente, do material rodante e dos componentes. Nesse caso, como a composição retorna mais leve, o eixo tubular sofre menos impacto de peso não amortecido sobre trilhos e rodas, aumentando sua vida útil.

## DANOS MINIMIZADOS

*A carga mais leve reduz o aquecimento dos rolamentos, o lascamento das rodas, os danos aos trilhos, a manutenção de lastro e muito mais. Além disso, retarda a necessidade de reparos na via permanente e/ou em obras de arte em situações críticas por razões estruturais.*



## BENEFÍCIOS

# MAIOR CONFIABILIDADE

A combinação da tecnologia Phased-Array com a geometria do eixo tubular permite detectar descontinuidades de apenas 1 mm em qualquer posição.

Um método seis vezes superior ao da técnica convencional, o que contribui para antecipar a detecção de trincas que poderiam se propagar por fadiga.

A inspeção pode ser feita também pela parte interna da manga, diretamente sob a região de *groove* causado pelo anel de desgaste ou pelo *fretting* do rolamento, uma das principais causas de reprovação e falhas de eixos em todo o mundo.

Desde o início de sua utilização, em 2010, os eixos tubulares têm apresentado maior resistência ao *groove* do que os eixos maciços. Isso pode ser atribuído à dureza superficial do eixo tubular, que é 40% superior à do maciço.

### Propriedades mecânicas e metalúrgicas

Eixo	Maciço	Tubular	Variação
Norma	AAR M-101	Vallourec	-
GRAU	F	RR1	-
Tratamento térmico	Duplo normalizado e revenido	Normalizado	-
LE (MPa)	345	552	+60%
RT (MPa)	607	689	+14%
AI (%)	16	14	-12%
Grão ASTM	>5 (<56 µm)	>7* (<28 µm)	50% menor**
Dureza (HB)***	180	250	+40%

(\*) Superfície externa. (\*\*) Usando a lei “Grão ASTM = - 3,2877 - [6,6439 x log(Lmm)]”.

(\*\*\*) Não é especificado pela AAR M-101.

## DANOS MINIMIZADOS

*Garantia de inspeção por ultrassom Phased-Array – na fabricação e em serviço.*

**Groove:** dano gerado pelo “fretting” no eixo – no formato de um anel escurecido, sulco ou cavidade na sede dos rolamentos –, podendo, em casos extremos, levar à nucleação e à propagação de trincas por fadiga.

**Fretting:** atrito entre duas superfícies devido a um movimento microscópico mais prolongado, como acontece entre o rolamento e o eixo. A Norma AAR estabelece fórmula de cálculo para o “índice de fretting” de cada tipo de eixo.

## VALUE PROPOSITION: VALOR AGREGADO COMPROVADO

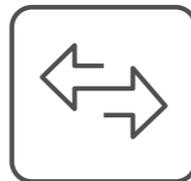
Com o propósito de demonstrar aos clientes o valor dos produtos desenvolvidos, a Vallourec utiliza a metodologia Value Proposition, que analisa diversos fatores para quantificar os ganhos reais com a utilização de um produto ou serviço. Como o eixo tubular Vallourec é um modelo inovador em relação ao utilizado no mundo, os esforços para demonstrar o valor do produto foram um grande desafio estratégico para a empresa.



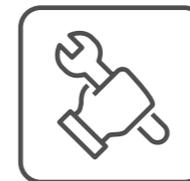
Até 1% de  
economia em  
combustível



Aumento da  
capacidade  
de carga  
transportada



Menos viagens  
para transportar  
a mesma carga



Redução dos  
custos de  
manutenção



Maior  
confiabilidade

***Está interessado em receber uma análise customizada para a sua ferrovia?***

*Fale conosco pelo e-mail [eixoferroviariotubular@vallourec.com](mailto:eixoferroviariotubular@vallourec.com).*

*Se preferir, ligue: +55 (31) 3328-2817.*