

Science For A Better Life

## DURFLEX - the track system

Absorção de Impacto, Durabilidade e Eficiência

27 de junho de 2012 – Fernanda Porto – Painel Ferroviário



## Agenda

- Desafios da Indústria Ferroviária
- DURFLEX – Tecnologia e Aplicação
- Ensaios físicos realizados e testes em ferrovias-referencia
- Proposta de Valor - Conclusões



# Desafios na Infraestrutura das Ferrovias

## Durabilidade

- Investimentos para renovação
- Custos do “ciclo de vida”

## Vibração

- Ruídos gerados pela estrutura da ferrovia
- Custos para construção de muros anti ruídos

**Objetivo**  
Tecnologia que  
supere estes  
desafios

## Manutenção

- Destruição do Lastro
- Compactação (Socaria)
- Custos Operacionais
- Disponibilidade das linhas

## Atualização para Altas velocidades

- Utilização eficiente da capacidade
- Trens de alta velocidade
- Trens com alta capacidade de carga

# A idéia: Estabilização do Lastro com Espuma de Poliuretano



DURFLEX®



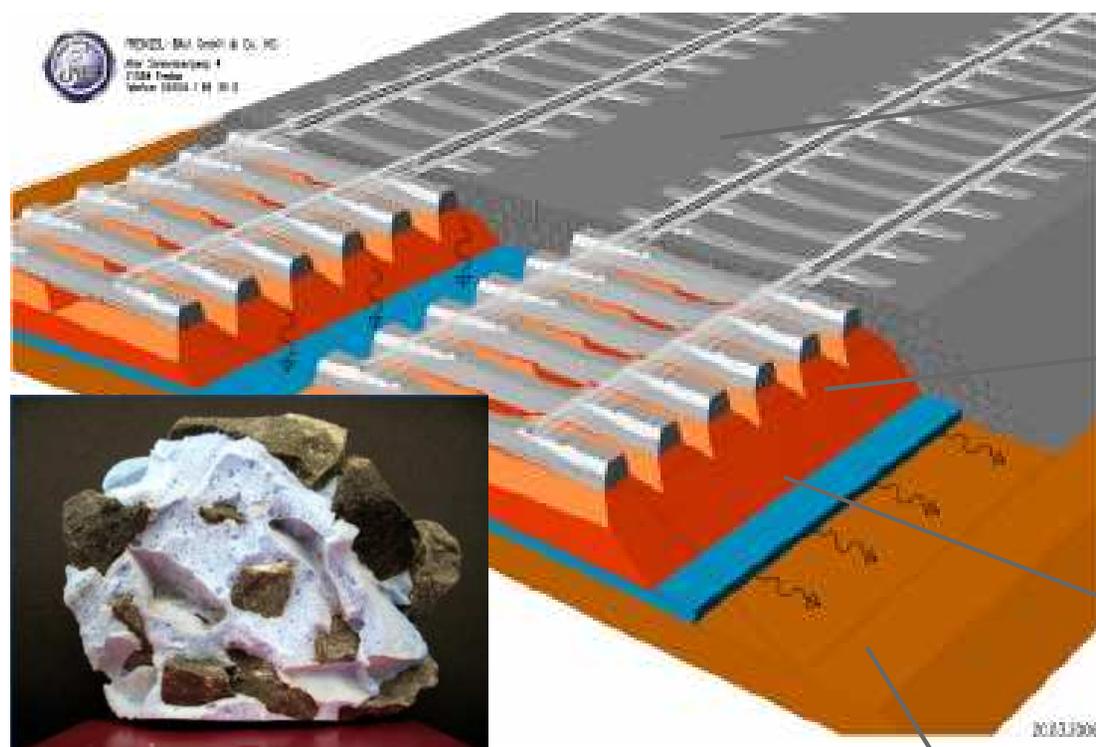
Espuma Flexível de PU  
(Otto Bayer, 1937)

Brita





## DURFLEX® : Conceito de Multi-camadas



**Camada de Brita de Acabamento**  
Proteção contra intempéries

**DURFLEX®**  
Lastro na zona de maior esforço dinâmico é estabilizado pela espuma

**Manta de Drenagem**  
Remove a água para evitar amolecimento do solo

**Solo**  
(compactado)



## DURFLEX® - Processo de Instalação (1º passo)

**Preparação da Ferrovia** (antes aplicação PU – produção de espuma):

- Preparação do substrato (solo)
- Colocação da manta de drenagem e/ou manta de lastro
- Distribuição da brita
- Instalação dos dormentes e do trilho
- Compactação (Socaria)



Tecnologia  
padrão!





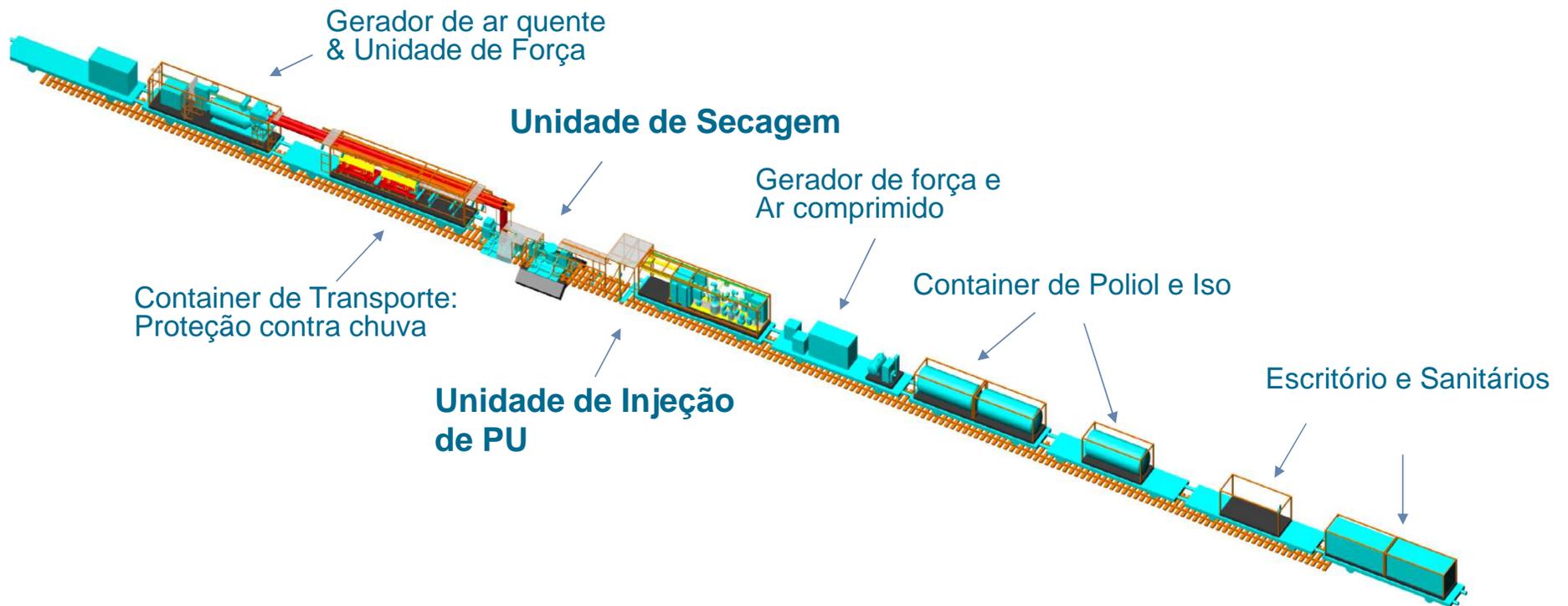
## DURFLEX® - Processo de Instalação (2º passo)

### Processo de Aplicação do DURFLEX®:

- Instalação do Trem (1 - 2 dias antes do início do processo)
- Aplicação da espuma de PU incluindo os seguintes passos:
  - Secagem da brita
  - Injeção de PU sobre a brita
  - Formação de espuma de PU no lastro e cura (dentro de minutos)
- Recobrimento final com uma camada de brita protetora



# Espumação confiável do Lastro com Trem de Aplicação do DURFLEX®



# Proposta de Valor DURFLEX® : Exigências para Estabilização do Lastro



**Excelente  
Absorção de  
Energia**

**Excelente  
Absorção de  
Impacto**



**Sem risco de  
incendio**

**Fácil Reciclagem**

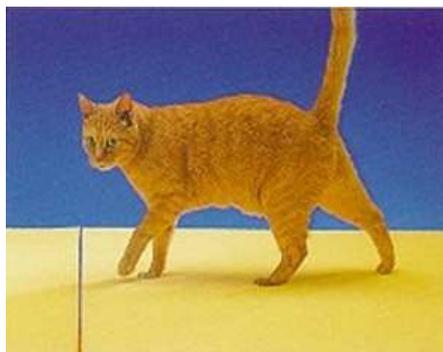
**Excelente  
Durabilidade**

# DURFLEX®: Propriedades de Absorção de Energia



## Teste de Fadiga DURFLEX®:

- Deformação causada por ciclagens de carga



Rígido



Estabilidade + Espuma Flexível



Macio

Resultado do Teste: rigidez suficiente para estabilização em combinação com alta elasticidade e absorção de energia

# DURFLEX®:

## Propriedades de Durabilidade

Excelente  
Durabilidade



### Influências do Meio Ambiente

Fatores de stress  
permanentes -  
**temperatura & ar**

**Impactos Biológicos**  
(Microorganismos,  
contato com o solo)



Fator de stress  
permanente –  
**chuva**

**Ataque Químico**  
(Fluidos lubrificantes,  
óleos, e herbicidas)

# DURFLEX®:

## Propriedades de Durabilidade



### Influencias do Meio Ambiente

Fatores de stress permanentes -  
**temperatura & ar**



#### **Estudo de envelhecimento termico acelerado com DURFLEX®**

Objetivos:

- Previsão da vida util
- Previsão da temperatura máxima de serviço

# Início de um estudo de envelhecimento acelerado com DURFLEX®



Envelhecimento da espuma em diferentes temperaturas [°C]...

<b>150</b>	<b>Antecipação da decomposição do PU</b>
<b>140</b>	
<b>133</b>	<b>Temperaturas elevadas para envelhecimento</b>
<b>124</b>	
<b>115</b>	
<b>105</b>	<b>Faixa de deteriorações pequenas</b>
<b>90</b>	
<b>70</b>	<b>Temperaturas de trabalho real extremas</b>

**Até 200 dias**

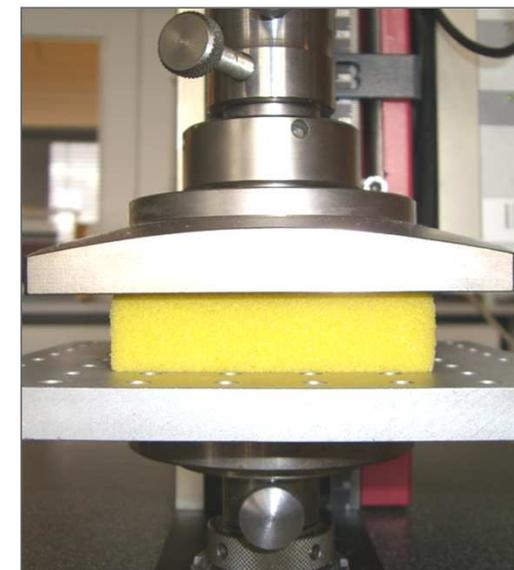
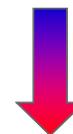
... Seguido por testes normatizados para espumas flexíveis após intervalos de tempo específicos

Exemplo:

## Teste de Compressão

Propriedades de carga e integridade medidas na espuma:

- Tensão de Compressão
- Histerese



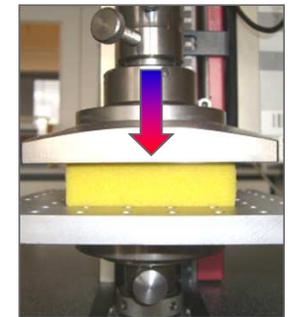
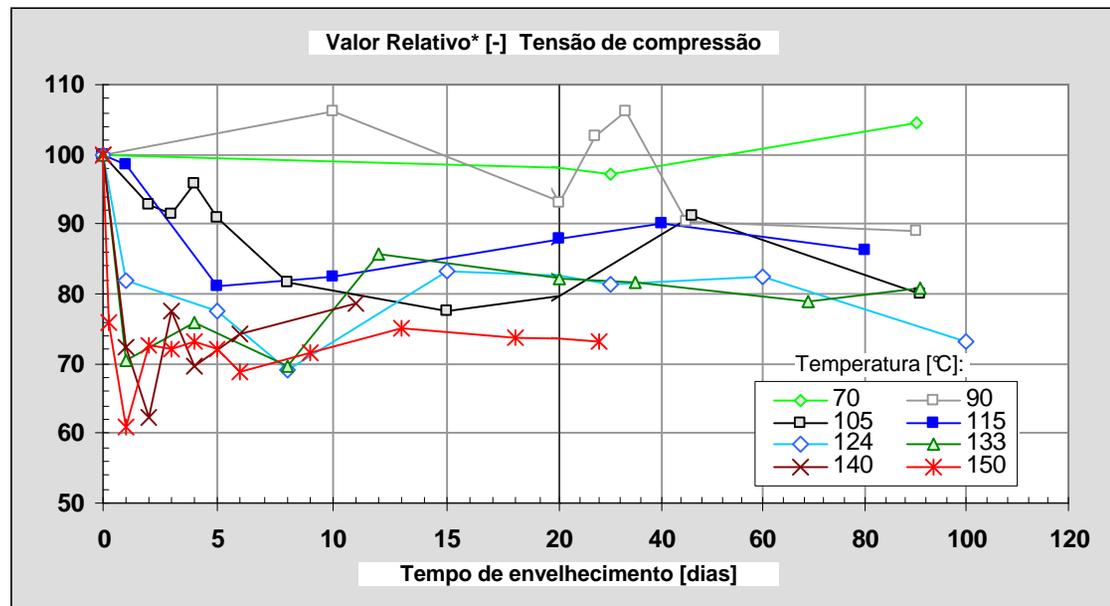
# Estudo de envelhecimento acelerado com DURFLEX®: Tensão de Compressão



Valor Relativo\* de tensão de compressão

Após envelhecimento a 70, 90, 105, 115, 124, 133, 140, e 150°C

Valor média de  
compressão  
inicial:  
53 kPa



Tensão de Compressão a 40% com stress  
(valor da 4ª compressão)

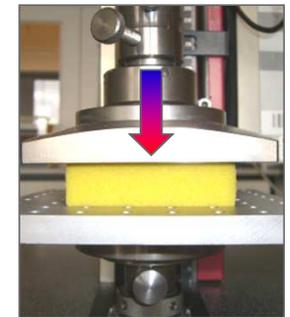
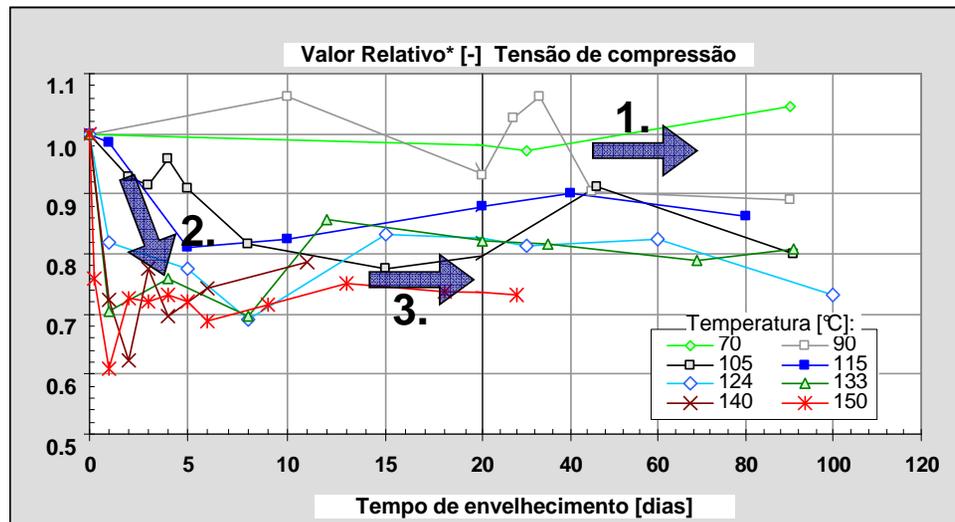
# Estudo de envelhecimento acelerado com DURFLEX®: Tensão de Compressão



Valor Relativo\* de tensão de compressão

Após envelhecimento a 70, 90, 105, 115, 124, 133, 140, e 150°C

Valor média de  
compressão  
inicial:  
53 kPa



1. Não foi visualizada degradação a 70°C até o momento
2. A temperaturas elevadas, ocorre uma perda inicial devido ao início da quebra das moléculas de PU
3. Após esta perda inicial, há uma estabilização dos valores mesmo a temperaturas elevadas

# Estudo de envelhecimento acelerado com DURFLEX®: Tensão de Compressão: Conclusões e Próximos Passos



- No estágio atual do teste de envelhecimento, a espuma provou ser durável e estável a 70°C, que é considerada uma temperatura de trabalho extrema.

## Próximos passos:

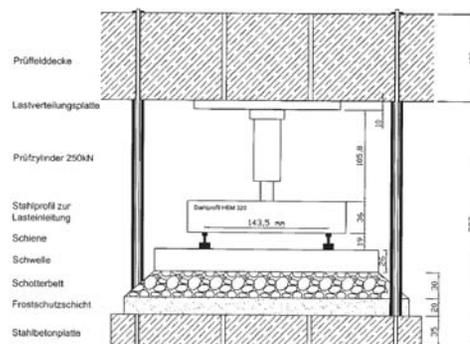
- Apresentar um resultado confiável de tempo de vida para o material na temperatura de serviço típica (30°C) finalizando os testes e avaliações de todos os dados obtidos durante os testes.

# DURFLEX®:

## Propriedades de Durabilidade



Testes de durabilidade planejados para DURFLEX®:  
Demonstração de que DURFLEX® mantém suas propriedades iniciais sobre influência do meio ambiente: sem deformações causadas por ciclos de carga em uso.



### Início do Teste de Fadiga:

- Corpo de Prova de DURFLEX® em teste com 5 dormentes
- Variação da frequência para simular tráfego com diferentes tipos de trens e composições.
- Câmara climática: Simulação de chuva (<20mm/dia) and variação de temperatura (-3°C até 25°C)

# Comportamento a Queima: Exigências Legais



- As legislações de segurança existentes para ferrovias na Europa, por exemplo a TSI - SRT (Segurança em Túneis em Ferrovias) não especificam os materiais que devem ser utilizados nas ferrovias, tampouco as normas de testes a serem utilizadas para avaliação do comportamento a fogo destes.
- O comportamento a fogo do DURFLEX® foi investigado utilizando-se métodos normatizados de ensaios para construção civil e para materiais de utilização para construção dos trens. Além disso, os testes foram orientados objetivando-se avaliar o material no que diz respeito a segurança das pessoas em situações de incendio, por exemplo, segurança das pessoas e risco de propagação da chama. As características de desempenho gerais também foram avaliados com base em requisitos de materiais utilizados para veículos ferroviários

*Observação: O risco oferecido as pessoas em situação de incêndio para passageiros e tripulação dentro do trem é maior do que fora, por causa da possibilidade de diluição do volume da fumaça gerada e possibilidade de escape das pessoas.*

# Comportamento a Queima: Normas existentes para Construção Civil



DIN 4102-14 : DURFLEX® atende os requisitos da norma para produtos para uso em residências para paredes, tetos, divisórias e chão, atingindo classificação B1 (retardante a chama). Fazendo-se a correspondência para a norma atual em uso na Europa, presume-se classificação B.

*Importante: A espuma de PU sem combinação com as britas atinge classificação B2 (normalmente inflamável), correspondendo a classe E segundo a nova norma.*



# Taxa de geração de calor, densidade de fumaça, toxicidade da fumaça



CEN/TS 45545-2 (segurança ao fogo em veículos ferroviários) possui um sistema de classificação para taxa de geração de calor, densidade e toxicidade de fumaça dos materiais. DURFLEX® atende o máximo nível de demanda do teste (Nível de Perigo 3, exigência R1), determinado pelo teste em Calorímetro Cônico e ISO – Caixa de Fumaça





## Reação a Fogo: Investigações sob condições específicas

As características de reação a fogo do DURFLEX® foram investigada em larga escala no laboratório (corpo de prova de 1.2m x 1.2m x 0.5m) simulando uma situação real de uma ferrovia em um incêndio onde há contato com líquidos inflamáveis (1 l de óleo quente / mistura de gasolina). Nem horizontal nem verticalmente foi observada uma propagação da chama, o fogo nas amostras avaliadas auto extinguiu-se após o consumo do líquido combustível.



# Comportamento a Queima: Conclusões



Baseado em investigações experimentais não há risco relevante de propagação de fogo na ferrovia com DURFLEX®.

Comparando a performance nos testes com as exigências para os materiais estruturais internos atualmente utilizados no interior dos trens, em relação a densidade e toxicidade de fumaça; uso de DURFLEX® não acarretará em prejuízos!

# Conceito de Reciclagem: Opções



## Deposição

- ... em lixões, sem necessidade de tratamento especial

## Reutilização

- ... em outras aplicações (ex. construção de estradas, preenchimento de terra, etc)

## Conceito de Reciclagem

## Incineração

- ... tal como um material orgânico

# Conceito de Reciclagem: Desmontagem do trilho com DURFLEX®



## 1 - Requisitos para a desmontagem:

- Tecnologia simples (ex. escavadeira)
- Uso de equipamentos tradicionais de construção



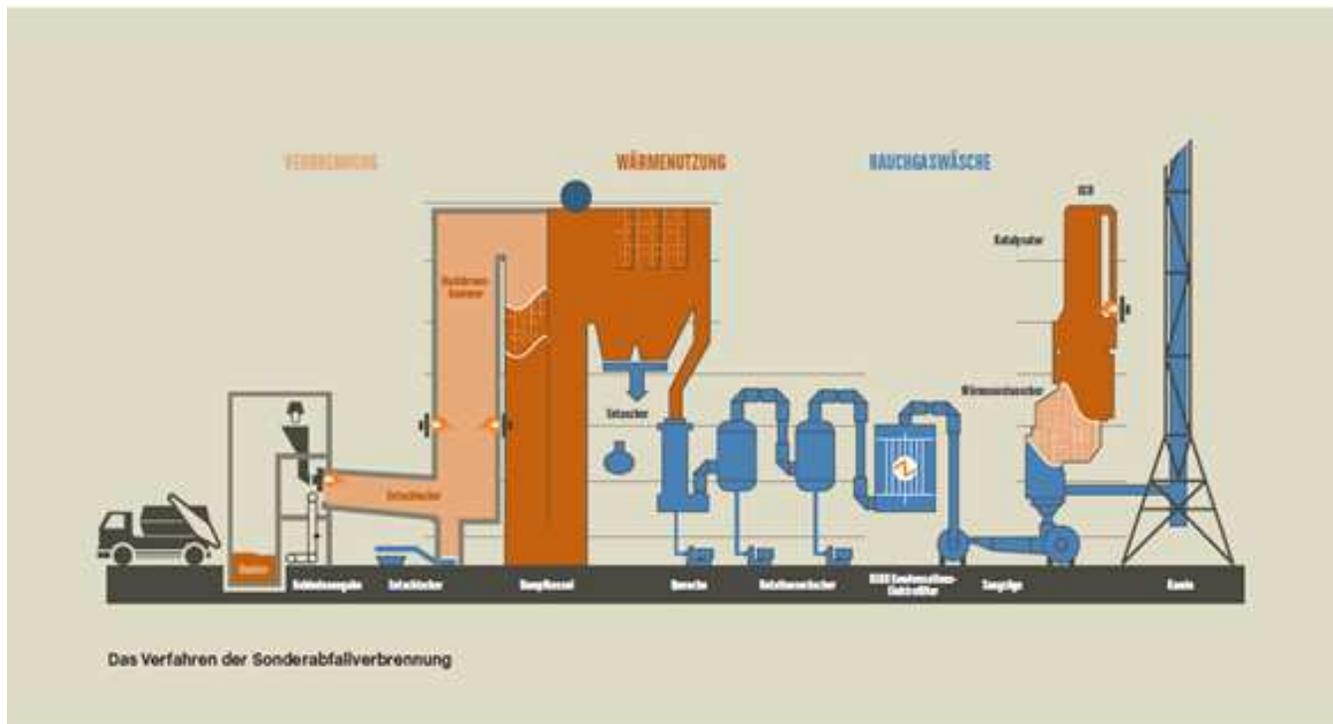
## 2 – Passos do processo:

- Remoção dos dormentes
- Remoção do DURFLEX® (Britas + espuma PUR - compósito)

# Conceito de Reciclagem: Processo de Incineração



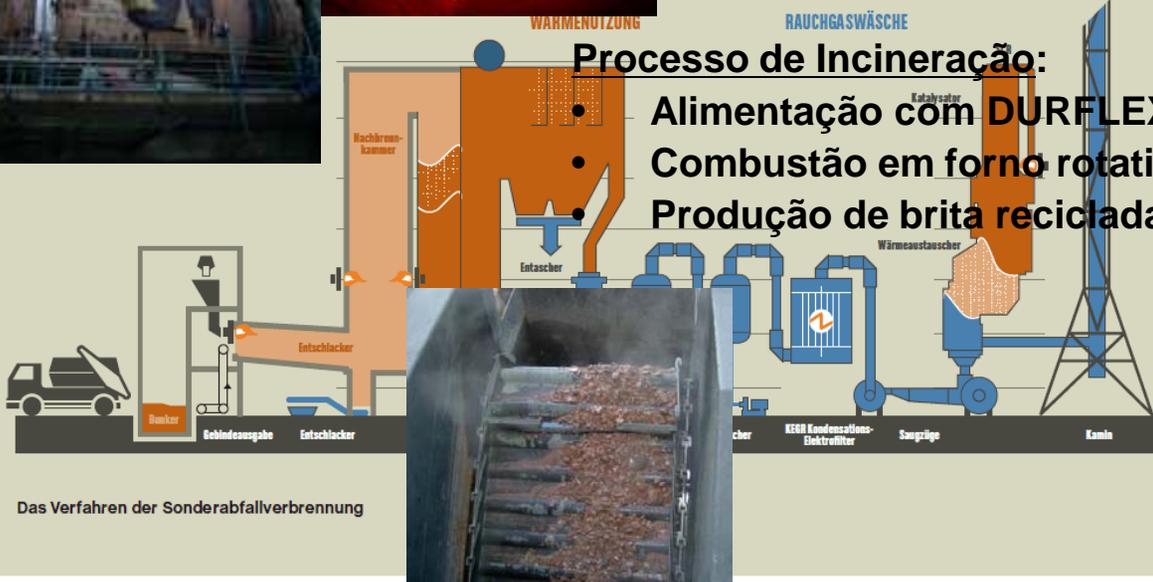
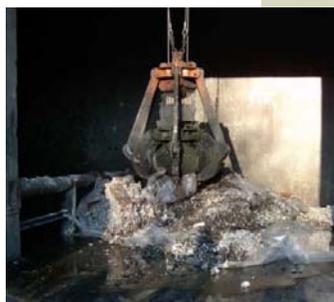
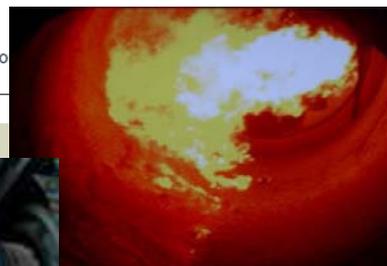
SONDERABFALLVERBRENNUNG – Sonderabfallverbrennungsanlagen (VA1 und VA2)



# Conceito de Reciclagem: Processo de Incineração



SONDERABFALLVERBRENNUNG - So



Das Verfahren der Sonderabfallverbrennung



# DURFLEX® - Ferrovias Referência



UELZEN, ALEMANHA, 2007

TIANXING BRIDGE, CHINA, 2009



# DURFLEX® - Ferrovias Referência UELZEN, Junho de 2007



Ferrovia Referência Uelzen (Hannover - Hamburgo; 300 m):

- Maior ferrovia da Alemanha (desde Junho 2007: 140 Milhões de Toneladas transportadas); trens de alta velocidade (230 km/h) e trens com alta capacidade de carga (25 to/eixo)
- Avaliação do sistema de construção do DURFLEX - Dynamik

# DURFLEX® - Ferrovias Referência WHUHAN 1, Outubro de 2009



Ferrovia referência Ponte Tianxing, Rio Amarelo (240m):

- Maior ferrovia de conexão entre Wuhan para Guangzhou e Shanghai
- Trens de Passageiros de Alta Velocidade (200 km/h)
- Avaliação em conjunto com Evaluation Academia Chinesa de Ciência Ferroviária

# Áreas de aplicação DURFLEX®

## Proposta de Valor



- Melhoria na estabilidade e durabilidade da ferrovia
  - menor custo de manutenção e maior vida útil em serviço
  - maior capacidade de transporte de carga
  - maior velocidade dos trensFerrovia com maior frequência, maior capacidade e maior velocidade de tráfego
- Redução de Vibração e Ruído
  - menor custo de investimento quando comparado a outras tecnologiasPontes e zonas sensíveis a vibração e ruído em cidades
- Impedimento a penetração de materiais na área do lastro
  - menor custo de manutenção e substituição dos materiaisTransporte de minérios, carvão e em desertos

**... para ser avaliado em parceria!**

## Aumento da Estabilidade da Ferrovia

### Lastro

Um trem passando sobre uma ferrovia convencional pode gerar ...

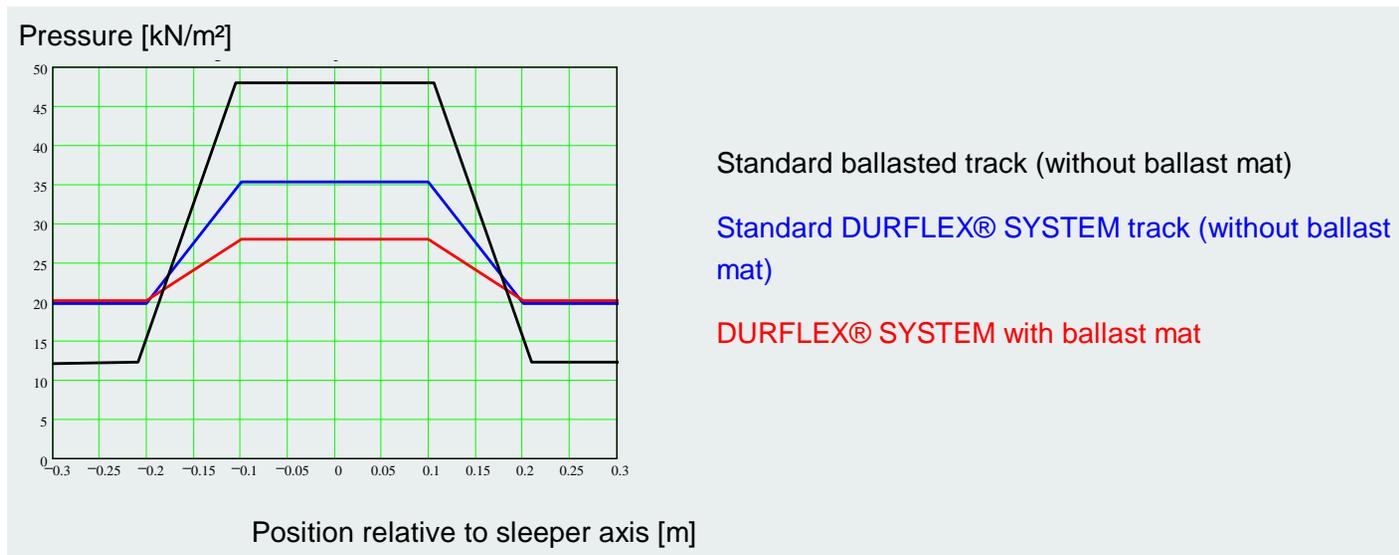
- Desgaste e necessidade de rearranjo do lastro
- Abaixamento da ferrovia (o lastro cede)

### Lastro com DURFLEX®

A estabilização da brita do lastro pode gerar ...

- Inibir o desgaste e necessidade de rearranjo do lastro
- Menos manutenção e interrupção dos serviços

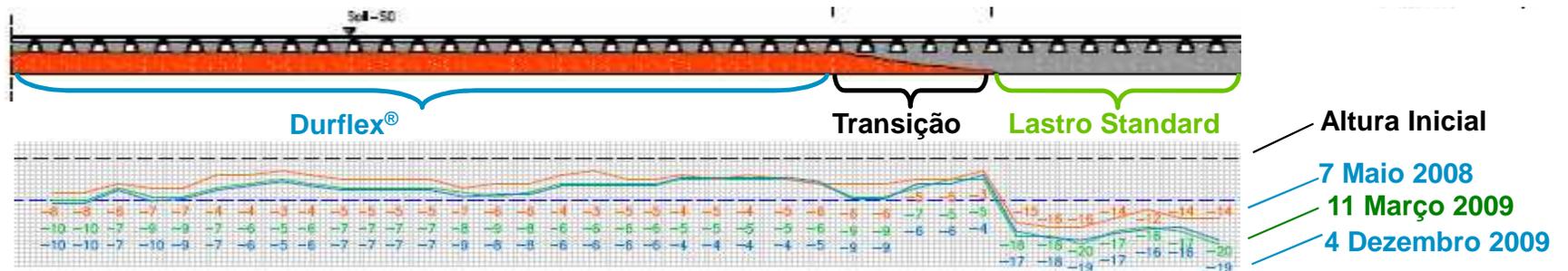
# Aumento da Estabilidade da Ferrovia: Comparação da Pressão sobre o Lastro



Quando comparado com o lastro padrão ...

- O DURFLEX® **standard** reduz os níveis de stress em até 25%
- O DURFLEX® combinado com **manta de brita** a redução irá atingir 40%

# Aumento da Estabilidade da Ferrovia: Ferrovia Referência - Uelzen 2007 - 2010



Média de Chuva: 700 mm por ano; Média de Temperatura: -19°C to + 34°C

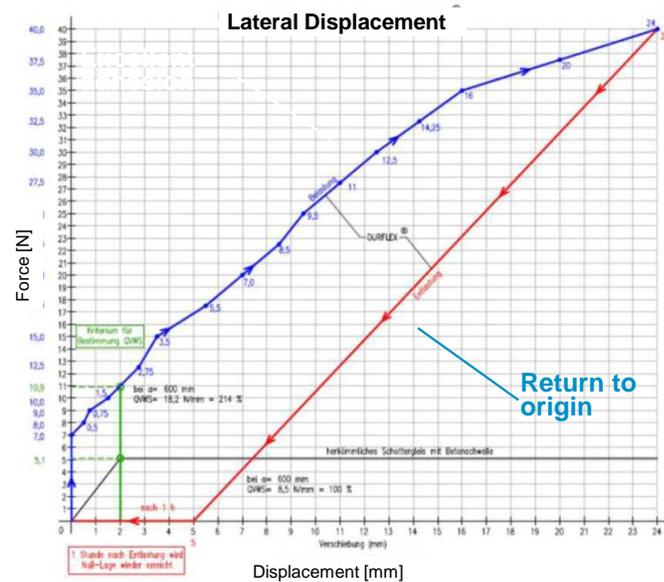
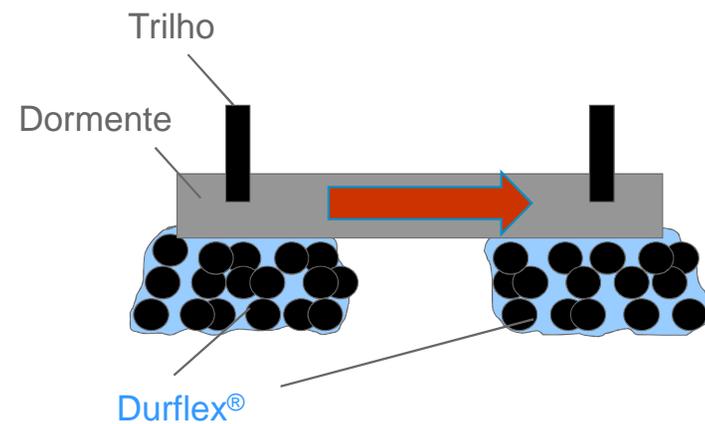
	Tons de Carga	DURFLEX®	Lastro Standard
Altura do Trilho			
1 dia	0 Mio	< 2 mm	< 4 mm
6 semanas	7 Mio	< 2 mm	< 18 mm
6 meses	23 Mio	< 6 mm	< 20 mm (socaria!)
1 ano	46 Mio	< 8 mm	< 16 mm
2 anos	88 Mio	< 10 mm	< 20 mm
3 anos	126 Mio	< 10 mm	< 20 mm

# Aumento da Estabilidade da Ferrovia: Boa Resistência a Deslocamento Lateral Horizontal



## Teste de Resistência Lateral:

- Removem-se todos os fixadores
- Aplica-se força lateral (N) ao dormente
- Mede-se o deslocamento lateral [mm]



## Resultados do Teste:

- O deslocamento lateral foi dificultado em 8 vezes
- Após o relaxamento da força, o dormente retorna a sua posição inicial

## Redução de Vibração e Ruído

### Lastro Convencional

Um trem passando sobre um lastro convencional pode gerar ...

- Vibração e ruído (secundário)
- Vibrações que danificam instalações menos robustas
- Ruídos em baixas frequências causam inconvenientes aos habitantes

### Lastro com DURFLEX®

Pode reduzir as vibrações e ruídos; além de ...

- Poucas vibrações são transmitidas para o solo e vizinhanças
- Combinado com mantas de britas, pode reduzir vibrações e ruídos ainda mais

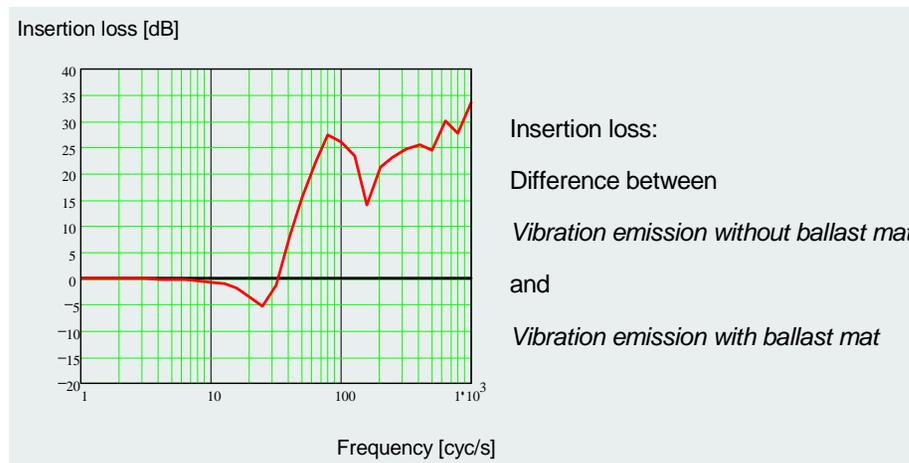


# Redução de Vibração e Ruído: Perda de inserção



## Resultado dos Testes:

- Redução significativa da vibração devido ao DURFLEX®
- (pela primeira vez) a instalação da manta de brita é possível sem confinamento lateral (calha de concreto, paredes de concreto, etc.)
  - Menos custo para proteção contra ruídos quando comparado com outras tecnologias existentes

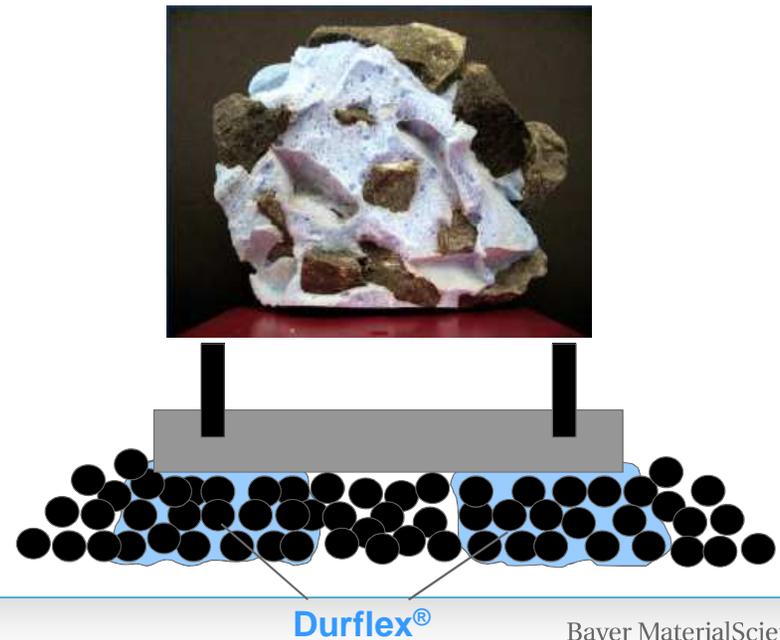
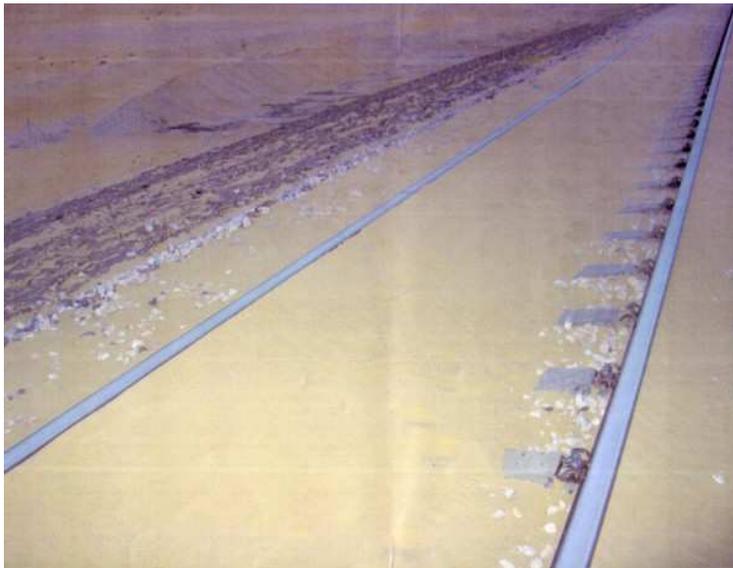


# Impedimento a Penetração de Materiais: Selagem da região dos dormentes



Hipótese para DURFLEX® :

- Sem perda de elasticidade do trilho devido a penetração de areia, pó, minérios, carvão, etc
- Menor destruição do lastro durante a compactação (ex. Causada pela areia)



# Impedimento a Penetração de Materiais: Resistencia a jateamento de areia



Teste de Simulação de uma *Tempestade no Deserto* :



Início

1 min

5 min

30 min

- Todo o lastro é atingido por um jato de areia de 208km/h
- Após algum tempo, o dormente de concreto sofre danos significativos
- Nenhum dano é observado em relação ao material DURFLEX®

# DURFLEX - the track system

## Absorção de impacto, durabilidade e eficiência



- Estabilização do lastro usando-se espuma flexível de Poliuretano
- Torna a operação e as atividades de manutenção mais confiáveis e econômicas
- Casos reais de sucesso de aplicação em Ferrovias Referência
- Testes de Avaliação de DURFLEX apresentando muitos benefícios:
  - Durabilidade maior da Ferrovia
  - Redução de Vibração e Ruído
  - Impedimento a Penetração de Materiais
- Avaliação dos benefícios potenciais de implementação do DURFLEX a ser avaliado em parceria entre a Bayer e clientes



Science For A Better Life

# Obrigada!

Fernanda de Luca Porto

Laboratório de Desenvolvimento de Espumas de Poliuretano

Tel: 55 11 5694 5161

[fernanda.porto@bayer.com](mailto:fernanda.porto@bayer.com)

Bayer MaterialScience