

# ANÁLISE DE FALHA DE SOLDA ALUMINOTÉRMICA FRATURADA EM SEGMENTO DE TRILHO FERROVIÁRIO

Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Airton Burille



## 1. Introdução:

O setor ferroviário é o grande responsável pelo transporte de minérios de ferro, manganês, coque e outros insumos para a indústria do aço. Os trilhos, perfis de aço laminado, são os responsáveis por guiar as rodas dos trens na estrada de ferro, e estão sujeitos ao desgaste, defeitos e falhas. O processo mais utilizado na união de trilhos atualmente é a soldagem aluminotérmica. Embora o processo produza soldas com desempenho aceitável, às juntas soldas por aluminotermia constituem-se no ponto fraco da via.

## 2. Materiais e Métodos:



Figura 1. Imagem do componente fraturado

Foram realizadas as seguintes análises: Inspeção visual em lupa de baixo aumento, análise metalográfica, análise química e análise via MEV/EDS.

Análise fractográfica: A figura 2 apresenta a superfície de fratura na região do boleto onde destaca-se uma área de tonalidade mais escura na curvatura entre o boleto e alma.

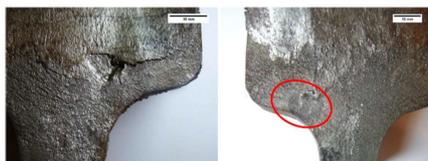


Figura 2: Imagem apresentando região de início da falha.

Nesta análise pode-se observar as superfícies de fratura rugosa, com amassamento, como mostrado na figura 3 a presença de marcas radiais mostrando como origem uma macroinclusão (setas - figura 4) na região de início de fratura.

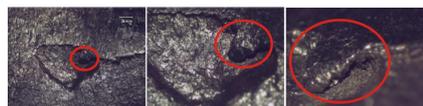


Figura 3: Região na superfície de fratura na região de provável início.

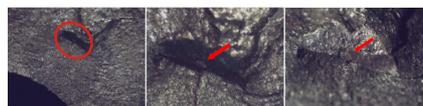


Figura 4: Imagem mostrando a macroinclusão na região de provável início.

## 3. Análise em MEV/EDS:

A figura 5 mostra em menos aumento a região de início da falha e sua vizinhança onde observa-se a presença da macroinclusão.

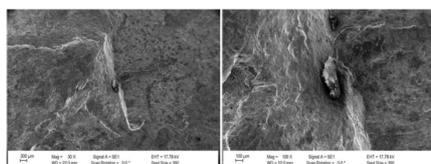


Figura 5: mostrando a inclusão em superfície de fratura.

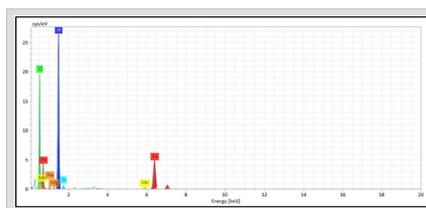


Figura 6: Resultado da análise via EDS.

## 4. Análise metalográfica:

Foi embutida em resina uma amostra referente a região da macroinclusão, após preparada foi feito o ataque químico com Nital 2%.

Observou-se a presença de inclusões globulares e porosidades (indicados pelas setas, figura 7) e a localização da inclusão (elipse). A microestrutura na região é perlitica, não evidenciando presença de ferrita e martensítica.

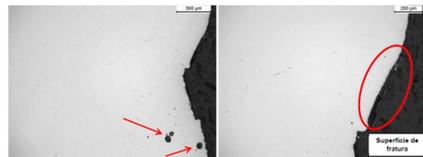


Figura 7: Micrografias em MO da região da superfície de fratura nas vizinhanças da inclusão. À direita em maior aumento. Sem Ataque químico.

A figura 8 mostra toda a vizinhança da região de início, onde observa-se a interface metal de solda - ZTA, a presença de deformação plástica (amassamento, seta) e a presença de inclusões globulares logo abaixo da macroinclusão.



Figura 8: Micrografias em MO na região da amostra onde a superfície de fratura caracteriza a trinca propagada, ataque Nital 2%.

## 5. Análise macrográfica:

A análise macrográfica foi efetuada na secção longitudinal central dos segmentos recebidos.

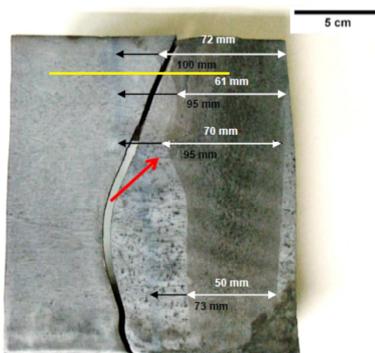


Figura 9: Imagem em câmera digital apresentando macrografia da seção longitudinal do segmento de trilho.

Nota-se uma alteração no perfil da zona fundida logo abaixo do boleto (seta) sugerindo irregularidade no processo de soldagem.

## 6. Ensaio de dureza:

O ensaio de perfil de dureza foi realizado na seção longitudinal na região do boleto. Este ensaio foi efetuado utilizando-se um durômetro universal Wolpert, modelo Diatetor na escala Brinell, com esfera de 2,5mm de diâmetro e carga de 187,5 kgf. Foram realizadas endentações em cada amostra, de modo a contemplar o metal de solda, zona termicamente afetada (ZTA) e metal de base, sendo o ponto zero o possível centro da solda.

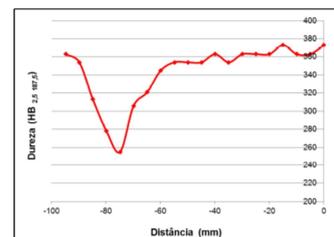


Gráfico mostrando o perfil de dureza na região do boleto (linha amarela na Fig.:9)

## 7. Análise química:

A análise química foi realizada na região do metal de solda. A superfície da amostra foi preparada mediante lixamento para planificação e retirada de possíveis contaminantes. Em seguida a análise foi efetuada através de Espectrometria de emissão ótica utilizando um espectrometro da marca Spectro - SpectroLab

Composição Química Segmento de trilho (% em massa)								
Elemento	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni
Amostra	0,72	0,78	1,05	0,02	0,012	0,389	0,026	0,068
Elemento	Al	Co	Cu	Nb	Sn	V	Fe	
Amostra	0,0734	<0,0100	0,0828	0,00340	0,00490	0,164	Balanço	

Tabela 1: Resultados da análise química do metal de solda.

## 7. Conclusão:

O componente falhou por fadiga facilitada pela presença de uma macro inclusão que facilitou o processo de iniciação da falha. A análise via MEV sugeriu se tratar de uma inclusão de Alumina. A análise metalográfica de todas as regiões indicou uma microestrutura composta por perlita e com inclusões dispersas. Além da presença da macro inclusão não foram observadas alterações metalúrgicas significantes nestes locais.

A análise química apresentou resultados condizentes com a composição esperada para um metal de solda e o ensaio de dureza efetuado na região de solda indicou valor médio, no metal de solda de 360 HB para a amostra.

A análise macrografica efetuada no sentido longitudinal, região central da solda indicou a presença de uma irregularidade no perfil do metal de solda, sugerindo alteração no processo de soldagem.