



DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES
DIRETORIA DE INFRAESTRUTURA FERROVIÁRIA
COORDENAÇÃO-GERAL DE OBRAS FERROVIÁRIAS

Procedimentos de Inspeção de Materiais – PIMs

PIM 18 - SOLDAGEM ALUMINOTÉRMICA

Contrato DIF/DNIT 127/2008

2015

APRESENTAÇÃO

Os Procedimentos de Inspeção de Materiais (PIMs) têm por objetivo definir as principais características dos materiais ferroviários mais utilizados na via permanente, bem como padronizar sua inspeção e recebimento.

Na elaboração dos PIMs foram abordados os seguintes tópicos referentes ao objeto de cada um:

- Definição e características
- Forma e Dimensões
- Gabaritos (quando aplicado)
- Tolerâncias
- Inspeção
- Recebimento
- Normas utilizadas
- Ficha de Inspeção do Material

Cabem algumas considerações de caráter geral sobre o processo de elaboração, homologação e manutenção dos PIMs.

Como documentos normativos que são, esses procedimentos devem ser objeto de uma revisão quando (1) se identificar algo em seu conteúdo que deva ser corrigido ou aperfeiçoado, (2) quando ocorrer uma importante inovação tecnológica que exija uma atualização nos procedimentos e nas especificações estabelecidas, ou (3) quando as normas que os fundamentaram sofrerem modificações.

No caso do PIM 10, as principais normas que o fundamentaram foram canceladas pela ABNT, mas ainda carecem de substitutas. Ressalte-se que a motivação para o cancelamento foi a evolução dos materiais utilizados – aqueles previstos nas normas então vigentes não são mais utilizados. No entanto, o procedimento permanece útil para nortear serviços de manutenção e recuperação de vias antigas. Quando uma norma substituta for publicada, recomenda-se então a revisão do procedimento, de modo a refletir as novas instruções normativas. Aliás, esse tipo de providência deve-se aplicar a todos os demais PIMs, sempre que ocorrerem mudanças no referencial normativo.

Os documentos normativos geralmente cobrem um universo de aplicação bastante amplo, no âmbito do qual podem ocorrer casos específicos com circunstâncias e características distintas, que exigem uma solução diferente daquela apontada na norma. Esses casos, porém, devem se revestir de um tratamento especial, exigindo uma justificativa sólida para o não cumprimento da norma, bem como a aprovação de quem contratou o serviço.

Segue uma lista completa dos PIMs elaborados, ressaltando-se que foram revisados os PIMs de 1 a 11 e acrescentado o PIM 18. Os outros PIMs não foram objeto de solicitação de revisão, permanecendo válida a versão entregue anteriormente.

PROCEDIMENTOS DE INSPEÇÃO DE MATERIAIS PIMs

Identificação	Nome
PIM 001	Trilho para linha Férrea
PIM 002	Tala de junção
PIM 003	Parafuso e Porca para Tala de Junção
PIM 004	Arruela de Pressão para Parafuso de Tala de Junção
PIM 005	Placa de Apoio Ferro Fundido Nodular
PIM 006	Placa de Apoio Aço Laminado
PIM 007	Tirefão para Via Férrea
PIM 008	Arruela de Pressão Dupla
PIM 009	Prego de Linha
PIM 010	Placa Amortecedora de Borracha para Fixação Ferroviária (palmilha)
PIM 011	Retensor para Via Férrea
PIM 012	Grampo Tipo Deenik para Fixação Elástica
PIM 013	Grampo Tipo Pandrol para Fixação Elástica
PIM 014	Dormente de Madeira
PIM 015	Dormente de Concreto
PIM 016	Dormente de Aço
PIM 017	AMV - Aparelho de Mudança de Via
PIM 018	Soldagem Aluminotérmica

PIM 18 - SOLDAGEM ALUMINOTÉRMICA

SUMÁRIO

1	OBJETIVO	6
2	DEFINIÇÃO - CARACTERÍSTICAS – FABRICAÇÃO	6
2.1	DEFINIÇÃO.....	6
2.2	CARACTERÍSTICAS.....	7
2.3	FABRICAÇÃO	7
3	FORMA E QUALIDADE.....	8
4	CALIBRES PARA INSPEÇÃO	8
5	TOLERÂNCIAS	9
6	INSPEÇÃO E RECEBIMENTO	9
6.1	INSPEÇÃO.....	9
6.1.1	ETIQUETAS DE IDENTIFICAÇÃO	10
6.2	RECEBIMENTO	10
7	ENSAIOS	11
7.1	ENSAIO DE DUREZA	11
7.2	ENSAIO DE FLEXÃO ESTÁTICA	12
8	LIBERAÇÃO PARA EMBARQUE	13
9	LOCAL DE ENTREGA.....	13
10	TERMO DE ACEITAÇÃO PROVISÓRIA.....	13
11	ACEITAÇÃO	13
12	TRANSPORTE E ESTOCAGEM	13
ANEXOS		15
ANEXO 1: NORMAS TÉCNICAS UTILIZADAS		16
ANEXO 2: MODELO DE FICHA DE INSPEÇÃO.....		17

PIM 18 - SOLDAGEM ALUMINOTÉRMICA

1 OBJETIVO

Este Procedimento tem por objetivo definir as principais condições para a produção de **SOLDAGENS ALUMINOTÉRMICAS** de trilhos ferroviários, pelo processo de pré-aquecimento rápido, ao que se refere à inspeção para o recebimento.

2 DEFINIÇÃO - CARACTERÍSTICAS – FABRICAÇÃO

2.1 DEFINIÇÃO

SOLDAGEM ALUMINOTÉRMICA: Processo de união em loco entre duas barras de trilho, que podem ser executados entre barras simples ou “TLS” (Trilho Longo Soldado). Esse processo ocorre de modo a se obter uma via continuamente soldada, eliminando-se assim as juntas mecânicas entaladas, que requerem uma manutenção permanente, aumentando-se o nível de segurança, e conforto e prolongamento a vida útil dos trilhos.

PONTO DE SOLDA: Mistura de componentes químicos, que propicia uma reação aluminotérmica suficiente para preencher o espaço entre as secções dos trilhos a serem soldados.

CADINHO: Recipiente onde é introduzida a porção de solda, para início do processo de fusão, refratário à temperatura da reação exotérmica que ocorre em seu interior, montado em um suporte sobre a fôrma molde.

CADINHO DE LONGA VIDA: Cadinho reutilizável, com durabilidade especificada pelo fabricante.

FÔRMA: Dispositivo receptor e modelador da solda fundida, instalado nas pontas dos trilhos a serem soldados.

FÓSFORO PIROTÉCNICO: Fósforo especial que entra em combustão espontânea ao atingir 130°C a 150°C, elevando a temperatura a 800°C ou até 1.300°C, dando início à reação exotérmica, que produz temperatura de cerca de 2.500°C, até que todo alumínio tenha se oxidado, liberando o metal fundido.

TEMPERATURA NEUTRA: Temperatura na qual pode ser feita a solda aluminotérmica sem alteração das características físico-químicas do trilho

2.2 . CARACTERISTICAS

Devem ser soldados trilhos que não apresentam defeitos superficiais na região de soldagem, como deformações, trincas, empenos e furos abertos com maçarico.

Recomenda-se que os trilhos a serem soldados não contenham furação. Existindo furação, esta deve ser emassada com massa de vedação e deve se situar no mínimo a 4 cm de distância da face (extremidade) do trilho.

Os topos a serem unidos pela solda devem corresponder-se, permitindo os alinhamentos horizontal e vertical pela linha de bitola entre os trilhos, observadas as dimensões especificadas da ABNT NBR 7590.

2.3 FABRICAÇÃO

O processo aluminotérmico consiste em uma aplicação de calor a uma mistura preparada que se expande e provoca a precipitação de metal, envolvendo as extremidades de trilhos garantindo a união desses elementos.

Devem ser aplicadas as porções de solda adequadas aos perfis de trilho diferentes a serem soldados; utilizar a porção específica para o trilho de menor perfil.

Os trilhos e/ou barras devem estar alinhados e com correspondência entre os topes, de forma a garantir uma folga (distância entre os trilhos) especificada pelo fornecedor da porção de solda, de acordo com o processo de soldagem a ser utilizado.

O corte do trilho deve ser a frio, com serra ou disco de corte (policorte).

Quando houver necessidade pode ser autorizado o corte a maçarico, efetuado por soldador, desde que as faces dos trilhos sejam posteriormente cortadas com serra ou disco de corte (policorte), de modo a eliminar possíveis ranhuras e imperfeições causadas pelo maçarico.

Devem ser liberados no mínimo três dormentes para cada lado da junta.

Materiais sensíveis ao calor necessário à soldagem devem ser removidos das fixações.

Os topes a serem unidos pela solda devem corresponder-se, permitindo os alinhamentos horizontal e vertical pela linha de bitola entre os trilhos, observadas as dimensões especificadas da ABNT NBR 7590.

O molde deve ser montado de forma centralizada com a junta.

Recomenda-se que a soldagem aluminotérmica seja realizada respeitando-se a temperatura neutra, que deve ser calculada pelo proprietário ou concessionário da via, e que, caso seja necessário, sejam utilizados tensores.

Pontas defeituosas devem ser eliminadas por corte e rebarbas devem ser esmerilhadas em uma extensão de 15cm.

3 FORMA E QUALIDADE

Sugere-se que durante o acompanhamento da soldagem, sejam verificados os seguintes fatores para garantir execução de soldas aceitáveis:

- a) As porções de solda não podem ser alteradas, ou seja, somente deverão ser usadas nos volumes fornecidos de acordo com informações dos fabricantes;
- b) As formas devem ser fabricadas com uso de modelos de alumínio originais, próprios para os respectivos tipos (perfis) de trilho e processo de soldagem;
- c) Os espaços entre os topos dos trilhos deverão obedecer às instruções prescritas e os cortes devem ser feitos de modo que, a face do topo do trilho constitua uma seção rigorosamente perpendicular à seção longitudinal do trilho;
- d) Os topos dos trilhos a soldar não podem conter ferrugem ou substâncias oleosas;
- e) A execução da soldagem deverá seguir rigorosamente às instruções de serviço.

Após o corte dos trilhos, deve-se limpar as extremidades dos perfis com escova de aço, de modo a eliminar partículas de óxido, rebarbas e impurezas.

Segundo a ABNT NBR 15997:2011, a solda deve ser esmerilhada a partir do alto do boleto em direção aos seus lados, controlando a execução continuamente com a régua de aço de 1m de comprimento para se obter um rolamento suave das rodas dos veículos ferroviários.

Ao final da soldagem, deve ser realizada uma limpeza no local ao redor da solda e a remoção de restos da fôrma, escória, partículas e aparas de aço existentes. A área embaixo do patim do trilho deve ficar livre de impurezas.

4 CALIBRES PARA INSPEÇÃO

Os calibres devem ser estabelecidos pelos projetistas responsáveis, fundamentados em normas vigentes e recomendações dos fornecedores, tanto dos trilhos quanto das soldas.

5 TOLERÂNCIAS

Segundo a ABNT NBR 15997:2011, a solda deve se esmerilhada a partir do alto do boleto em direção aos seus lados e as tolerâncias após o esmerilhamento são +0,6mm e -0,2mm na superfície de rolamento e $\pm 0,3\text{mm}$ na lateral do boleto, desde que seja compensado o desvio, em ambos os trilhos na extensão de 500 vezes o valor do desvio.

6 INSPEÇÃO E RECEBIMENTO

6.1 INSPEÇÃO

É facultado ao DNIT, através de seus fiscais ou de terceiros devidamente credenciados, o direito de realizar as inspeções que julgar necessárias, tanto na execução quanto na de controle de qualidade, bem como executar contra-ensaios, a seu exclusivo critério, sem prejuízo à atividade normal do executante.

O executante facilita pessoal, máquinas, equipamentos e o que for necessária à fiscalização, sem prejuízo das atividades de soldagem, para fazer proceder às inspeções que entender necessárias, durante quaisquer das fases de execução e de controle de qualidade.

Para a devida programação da inspeção, o executante fornece, por escrito, o plano de execução, mediante antecedência mínima previamente acordada pelas partes.

Segundo a norma ABNT NBR 15997:2011 a solda efetuada é objeto de um registro, no qual conste:

- a) Executante;
- b) Soldador;
- c) Data;
- d) Fabricante da solda;
- e) Lote da solda;
- f) Posição da solda em relação à via;
- g) Temperatura básica do trilho;
- h) Temperatura neutra;
- i) Resultados das verificações e/ou ensaios;
- j) Parâmetros do processo de soldagem:
 - nivelamento e alinhamento;

- tempo gasto no preaquecimento;
 - identificação completa dos trilhos a soldar (inclusive origem);
 - tempo gasto na sangria da solda;
 - tempo de aguardo para o rebarbamento;
- k) Observações.

6.1.1 ETIQUETAS DE IDENTIFICAÇÃO

As porções de solda deverão providas de etiquetas indicando:

- a) O tipo de perfil de trilho a ser soldado;
- b) O processo de soldagem a ser empregado;
- c) A resistência à tração dos trilhos.

6.2 RECEBIMENTO

Os aspectos gerais de cada solda devem ser analisados com atenção. Para garantir uma soldagem adequada, que não provoque danos à via ou aos veículos ferroviários, as soldas devem ser uniformes, não apresentando ondulações e/ou sinuosidades em toda sua extensão.

Sugere-se que se utilize o gabarito do boleto do trilho para avaliar a forma da solda na área de união dos trilhos.

Segundo a norma ABNT NBR 15997:2011, a solda deve ser isenta de:

- a) Falhas de continuidade na superfície de rolamento dentro da zona fundida, com poros, defeitos de fusão, traços ou riscos provocados durante o corte a frio;
- b) Defeitos, como inclusões de escória ou de areia e marcas de retração em particular;
- c) Deformações importantes na estrutura do cordão de solda.
- d) É proibido efetuar o enchimento de vazios ou outros defeitos da soldagem.

Nos casos de soldas defeituosas devem ser adotadas as seguintes providências:

- a) A solda defeituosa e/ou rejeitada deve ser imediatamente substituída.
- b) A nova solda deve ser executada a uma distância mínima definida pela operadora da via.

- c) Quando não for possível puxar a barra, deve ser introduzido um pedaço de trilho com um comprimento mínimo definido pela operadora.

7 ENSAIOS

7.1 ENSAIO DE DUREZA

A porção de solda utilizada deve produzir um aço com dureza levemente superior à do aço do trilho soldado, para evitar um desgaste prematuro no local da solda, devendo alcançar os valores especificados na tabela encontrada na norma ABNT NBR 15997:2011:

Tabela 1.1 – Faixas de durezas da superfície de rolamento

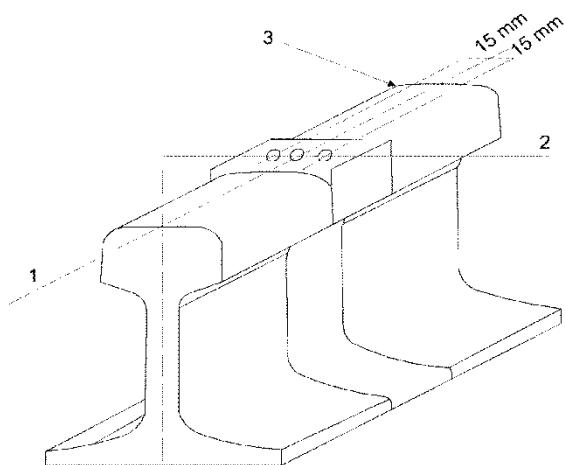
Dureza da superfície de rolamento do trilho	Dureza central da solda
HBW	HBW
200 a 240	230 \pm 20
220 a 260	250 \pm 20
260 a 300	280 \pm 20
260 a 300	300 \pm 20
260 a 300	280 \pm 20
320 a 360	330 \pm 20
350 a 390	350 \pm 20
350 a 390	350 \pm 20

Antes de fazer as impressões de dureza, a superfície de rolamento deve ser esmerilhada 0,5 mm.

Os ensaios de dureza Brinell devem ser conduzidos de acordo com a ABNT NBR NM ISO 6506-1 usando:

- Esfera com diâmetro de 10mm;
- Carga de diâmetro aplicada de 3000 kg/f;
- Tempo de aplicação da carga de 15 s.

A dureza deve ser medida no cordão de solda abaixo da zona de descarbonatação (5 mm abaixo da superfície de rolamento). A medição deve ser efetuada de acordo com a figura que segue:

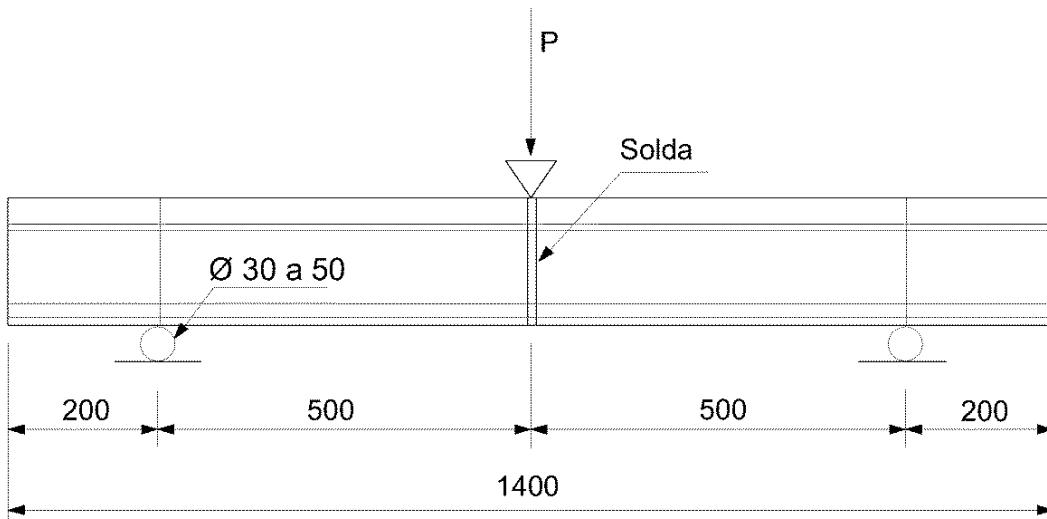


Três valores de dureza devem ser determinados para cada solda, sendo considerada como dureza da solda a média destas três leituras.

7.2 ENSAIO DE FLEXÃO ESTÁTICA

O trilho soldado deve ser submetido a um ensaio de flexão estática com carga crescente no centro da solda até a ruptura.

O macho da prensa deve incidir sobre o boleto no local de solda equidistante dos apoios. Os pontos de apoios devem possuir forma cilíndrica com diâmetro de 30 mm a 50 mm, e a distância entre eles deve ser de 1.000 mm. O corpo de prova deve ter um comprimento aproximado de 1.400 mm à temperatura ambiente. O corpo do trilho soldado deve ser ensaiado de acordo com a figura abaixo:



Para os tipos especificados na ABNT NBR 7590, os valores mínimos de cargas de ruptura são os da tabela 1.2.

Tabela 1.2 – Valores mínimos de cargas de ruptura

Tipo de trilho	Carga de ruptura
	kN
TR 37	521
TR 45	799
TR 50	933
TR 57	1154
UIC 60	1200
GB 60	1244
TR 68	1484
140 RE	1586
141 RE	1519

8 LIBERAÇÃO PARA EMBARQUE

A liberação para embarque da Solda Aluminotérmica dar-se-á após a execução de todas as verificações, ensaios e contraensaios sob a supervisão e fiscalização do **DNIT**, e a correspondente emissão de Termo de Liberação de Inspeção.

9 LOCAL DE ENTREGA

O local de entrega é o estipulado pelo **DNIT** no Contrato de fornecimento.

10 TERMO DE ACEITAÇÃO PROVISÓRIA

Após a chegada da Solda Aluminotérmica nas dependências do **DNIT**, os mesmos, serão vistoriados e, se o **DNIT** julgar necessário, serão realizadas verificações de qualquer ordem. Caso esteja tudo em ordem, inclusive a parte quantitativa, o **DNIT** emitirá o Termo de Aceitação Provisória.

11 ACEITAÇÃO

Serão aceitos somente as soldas aluminotérmicas que atenderem totalmente a Especificação Técnica constante no Termo de Referência do Edital.

12 TRANSPORTE E ESTOCAGEM

As porções de solda devem ser protegidas contra chuva e umidade e não podem ficar em contato com o chão.

Porções molhadas ou mesmo umedecidas não poderão ser usadas, ficando irremediavelmente inutilizadas (não adianta secar a porção, pois a solda sairá defeituosa).

As porções de solda guardadas corretamente em local seco não tem limite de tempo determinado para utilização, devendo ser armazenadas, preferentemente, em prateleiras.

No caso de uma porção de solda entrar em fusão por um descuido ou qualquer outra causa fortuita, deve-se usar somente areia para apaga-la; nunca usar água, pois isso provocaria violenta explosão do aço liquefeito.

ANEXOS

ANEXO 1: NORMAS TÉCNICAS UTILIZADAS

NBR15997:2011 - Título: Trilho – Soldagem aluminotérmica

Data de Publicação: 03/12/2011

Objetivo: Esta Norma especifica os requisitos para a soldagem aluminotérmica de trilhos.

NBR7590/2012 - Título: Trilho Vignole - Requisitos

Data de Publicação: 31/07/2012

Objetivo: Estabelece os requisitos para trilhos Vignole.

NM-ISO 6506-1/2010 - Título: Materiais metálicos – Ensaio de dureza Brinell - Parte 1:

Método de ensaio (ISO 6506-1:2005, IDT)

Data de Publicação: 05/07/2010

Objetivo: Esta parte da ABNT NBR NM ISO 6506 especifica o método de ensaio de dureza Brinell para materiais metálicos e a aplicabilidade até o limite de 650 HBW.

ANEXO 2: MODELO DE FICHA DE INSPEÇÃO

Soldagem Aluminotérmica

FICHA DE INSPEÇÃO DE SOLDAGEM ALUMINOTÉRMICA – 1 / 2

Processo:	Edital:		
Contratada:			
Registro - Disponibilização de registro para cada soldagem contendo:		Sim	Não
Executante		()	()
Soldador		()	()
Data		()	()
Fabricante da solda		()	()
Lote da solda		()	()
Posição da solda em relação à via		()	()
Temperatura básica do trilho		()	()
Temperatura neutra		()	()
Resultados das verificações e/ou ensaios		()	()
Parâmetros do processo de soldagem (nivelamento e alinhamento, tempo gasto no preaquecimento, identificação completa dos trilhos a soldar, tempo gasto na sangria da solda, tempo de aguardo para o rebarbamento).		()	()
Observações		()	()
<i>Propriedades Mecânicas</i>			
Limites	Mínimo	Medição	
Dureza Brinell	Mpa	Mpa	
Flexão Estática	HB	HB	

FICHA DE INSPEÇÃO DE SOLDAGEM ALUMINOTÉRMICA – 2 / 2

Aspectos após esmerilhamento – controlado com régua de aço de 1m de comprimento			
Plano	Tolerância	Medição	
Superfície de rolamento	+ 0,06 mm - 0,20 mm		
Lateral do boleto	± 0,30mm		
<i>Tolerâncias aceitas desde que seja compensado o desvio em ambos os trilhos na extensão de 500 vezes o valor do desvio.</i>			
Verificação do aspecto da solda executada			
As soldagens devem estar isentas de:		Sim	Não
Restos da fôrma e/ou rebarba deixada pelo corte		()	()
Escória		()	()
Sinuosidades		()	()
Ondulações		()	()
Partículas e aparas de aço		()	()
Excesso de material na emenda dos trilhos		()	()
Falhas de continuidade de rolamento dentro da zona fundida		()	()
Deformações importantes na estrutura do cordão de solda		()	()
Defeitos, sendo que a superfície deve ser plana e lisa.		()	()
Defeitos como inclusões de escória ou de areia e marcas de retração		()	()
Ensaios realizados			
Verificação dos ensaios realizados		Atende	Não atende
Dureza Brinell		[]	[]
Flexão Estática		[]	[]

Data e Identificação do Responsável: