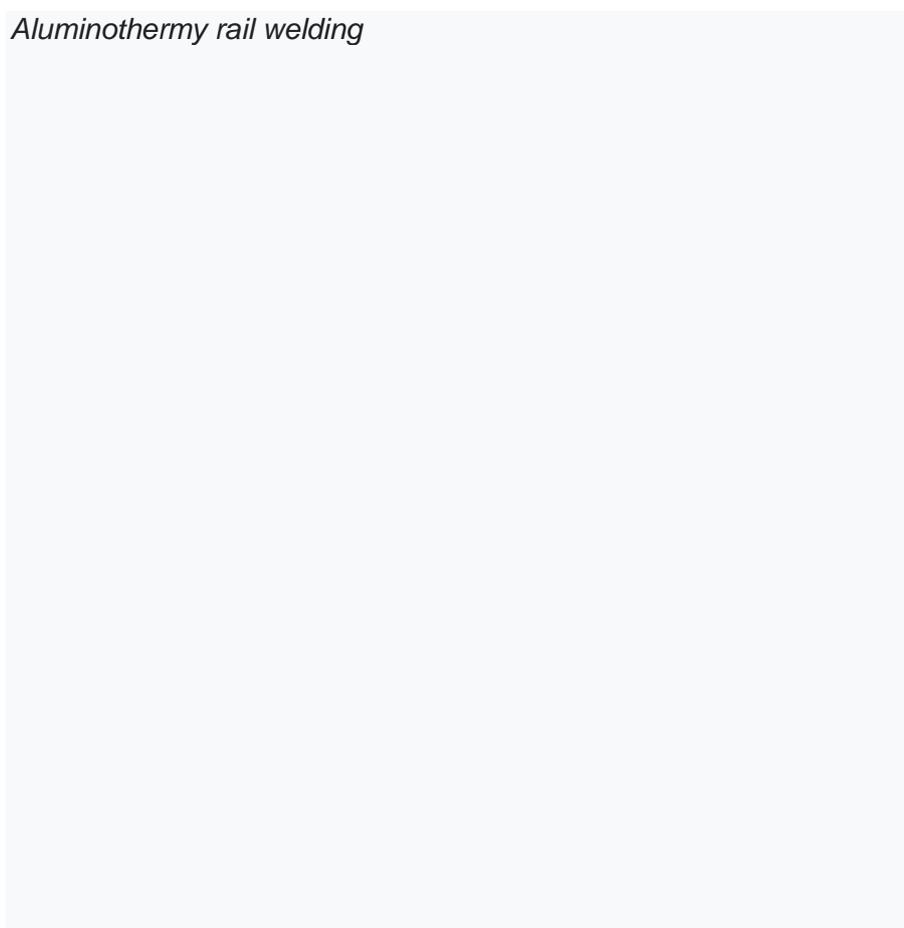


## **Soldagem de trilho por aluminotermia**

*Aluminothermy rail welding*



© INFRA S.A. 2025

Todos os direitos reservados. A menos que especificado de outro modo, nenhuma parte desta publicação pode ser reproduzida ou utilizada em qualquer forma ou por qualquer meio, eletrônico ou mecânico, incluindo fotocópia e microfilme, sem permissão por escrito da INFRA S.A.

Sede da INFRA S.A.  
SAUS, Quadra 01, Bloco 'G', Lotes 3 e 5. - CEP: 70.070-010  
Asa Sul Brasília - DF  
Telefone:+55 61 2029-6100  
<https://www.infrasa.gov.br>

## Sumário

|   |    |
|---|----|
| Prefácio .....  | iv |
| 1 Objetivo .....  | 1  |
| 2 Finalidade da soldagem.....   | 1  |
| 3 Disposições normativas .....  | 1  |
| 4 Unidades de medida .....  | 1  |
| 5 Emprego da solda.....   | 1  |
| 6 Considerações referentes à solda .....  | 1  |
| 7 Material, equipamento e ferramentas .....   | 2  |
| 7.1 Orientações sobre material, equipamento, ferramentas e condições necessárias à execução do serviço de soldagem..... | 2  |
| 8 Execução da solda.....  | 4  |
| 9 Controle de qualidade .....   | 9  |
| 9.1 Controle de qualidade pré-soldagem.....   | 9  |
| 9.2 Controle de qualidade durante a execução .....  | 10 |
| 9.3 Controle de qualidade pós soldagem .....  | 11 |
| 10 Reexecução de solda.....   | 12 |
| 11 Soldagem com a linha em tráfego.....   | 12 |
| 12 Garantia.....  | 12 |
| 13 Manejo ambiental.....  | 13 |
| 14 Critério de medição .....  | 13 |

## Prefácio

A INFRA S.A. é uma empresa pública, organizada sob a forma de sociedade anônima, de capital fechado, controlada pela União e vinculada ao Ministério dos Transportes, nos termos previstos na Lei nº 11.772, de 17 de setembro de 2008. A INFRA S.A. está sujeita ao regime jurídico das empresas privadas, inclusive quanto aos direitos e obrigações civis, comerciais, trabalhistas e tributárias.

A INFRA S.A. tem por objeto social prestar serviços na área de projetos, estudos e pesquisas, destinados a subsidiar o planejamento da logística e dos transportes no País, considerando as infraestruturas, as plataformas e os serviços pertinentes aos modos rodoviário, ferroviário, dutoviário, aquaviário e aeroaviário.

A Superintendência de Projetos e Custos (SUPRO) da INFRA S.A. tem por objetivo criar, revisar, zelar e organizar o acervo de Normas Técnicas de engenharia, com o intuito de melhorar os procedimentos da empresa. Ainda que a responsabilidade do conteúdo das normas seja de todo o corpo técnico da INFRA S.A., a SUPRO é a responsável pela gestão do processo de manutenção do acervo de Normas Técnicas de engenharia.

Para estabelecer a estrutura técnica aplicada à infraestrutura de logísticas de transporte nacional, foi elaborada a Norma Técnica INFRA S.A. REG-00001 – Numeração e organização das Normas Técnicas INFRA S.A., para regulamentação da padronização das Normas Técnicas da Instituição.

Esta Norma deve substituir a VALEC 80-ES-035A-56-8004 Rev 01.

# Soldagem de trilho por aluminotermia

## 1 Objetivo

Esta especificação estabelece as diretrizes básicas a serem seguidas na execução do serviço de Soldagem de Trilho por Aluminotermia. São também aqui apresentados requisitos concernentes a materiais, execução, controle da qualidade, garantias e critério de medição.

## 2 Finalidade da soldagem

A soldagem aluminotérmica tem por finalidade promover a união dos trilhos de modo a se obter uma via com trilhos continuamente soldados, eliminando-se, assim, as junções mecânicas, as quais requerem manutenção permanente. A soldagem propicia, ainda, como resultado, o aumento do nível de segurança e conforto na via, além de prolongar a vida útil dos trilhos, dentre outras vantagens.

## 3 Disposições normativas

A execução deste serviço, assim como os materiais nele empregados, devem ter como fundamentação técnica as disposições das normas abaixo relacionadas, sempre na sua última edição, além de critérios julgados cabíveis pela INFRA S.A., os quais prevalecem sobre os demais.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas; e

AREMA – American Railway and Maintenance of Way Engineering Association, com ênfase especial para o Manual for Railway Engineering, chapter 4.2.52-60.

## 4 Unidades de medida

As unidades utilizadas nesta especificação pertencem ao Sistema Internacional de Unidades, que é o sistema legal brasileiro. Para fins de transformação, são utilizadas as seguintes relações:

- 10 kN = 1 tf; e
- 1 Mpa = 10 kgf/cm<sup>2</sup>.

## 5 Emprego da solda

- a) Além do uso na via corrida, esse tipo de solda é também empregado nos desvios, pátios e terminais.
- b) Com esse processo, a soldagem pode ser executada in loco, com equipamentos simples e materiais de fácil transporte e manuseio.

## 6 Considerações referentes à solda

- a) A massa aluminotérmica da solda consiste de uma mistura estequiométrica (proporção dos componentes) de óxido de ferro com grãos de alumínio e outros componentes usados para a aceleração do processo. Com a inflamação inicial, ao atingir temperatura em torno de 1.300°C, a mistura reage de maneira exotérmica, dando como resultado da reação a precipitação de ferro em estado puro, e escória.

## **SUP-00105**

b) A solda deve ter resistência à tração mínima igual à dos trilhos a serem soldados.

c) A porção de solda, assim como seus materiais acessórios e de consumo, tais como forma, cadinho, pasta de vedação, bujão de vedação e acendedor, devem ser adquiridas de fabricante que comprove a utilização do seu material no Brasil e/ou em países de tecnologia ferroviária reconhecida. O fornecedor deve ser aprovado pela INFRA S.A. antes do início dos serviços de soldagem.

d) Uma cópia do manual do fabricante, com instruções de execução da solda em função do tipo a ser empregado e procedimentos a serem seguidos na sua utilização, deve ser entregue à fiscalização, assim como uma outra à equipe de soldagem, antes do início dos serviços, devendo esta equipe, obrigatoriamente, ter em mãos a sua cópia na frente de trabalho.

## **7 Material, equipamento e ferramentas**

É de responsabilidade da contratada o fornecimento de todos os insumos necessários à execução da solda, tais como: gases, maçarico de corte e pré-aquecimento completos, cadinho completo com seus acessórios, suportes, presilhas para formas, alavanca e barras especiais, depósito de escória, gabarito para folga de junta, régua de aço de 1m, marreta, cunhas, máquina de esmerilhar trilho, rebarbadora hidráulica, dispositivo protetor de calor, termômetro, chave de junta, chave de ajuste, grampeador, gadanho, picareta de soca, ferramenta para regulagem dos equipamentos, material de limpeza, bem como as porções de solda, formas, areia de vedação e outros, a serem empregados neste serviço.

### **7.1 Orientações sobre material, equipamento, ferramentas e condições necessárias à execução do serviço de soldagem**

#### **7.1.1 Porção de solda**

a) Toda porção de solda deve ser provida de etiqueta de identificação, indicando:

- O tipo de trilho a ser soldado;
- O processo de soldagem a ser empregado;
- A resistência à tração dos trilhos a serem soldados; e
- O número do lote de fabricação da solda para rastreio.

b) A porção de solda vem acompanhada do pino de vedação do cadinho (bujão), determinada quantidade de material refratário para vedação da forma e cadinho e o acendedor especial.

c) Na execução da solda, deve ser empregada somente porção cujo volume e tipo correspondam ao tipo de trilho a ser soldado e à sua resistência à tração.

d) A quantidade de material produzido no processo deve ser suficiente para a execução de uma solda perfeita, devendo ser ainda atendidos os seguintes requisitos:

I. A porção de solda não pode ser alterada, ou seja, somente deve ser usado o volume fornecido;

II. A forma deve ser própria para o perfil do trilho e o processo de soldagem utilizados;

III. A folga entre os topos dos trilhos a serem soldados deve obedecer às instruções prescritas pelo fabricante da solda e os cortes executados nessas extremidades, caso existam, devem ser feitos de modo que as superfícies resultantes fiquem rigorosamente perpendiculares ao eixo longitudinal dos trilhos;

- IV. Os topos dos trilhos a soldar não podem apresentar ferrugem ou substância oleosa;
- V. A execução da solda deve seguir, rigorosamente, esta especificação e as instruções do fabricante; e
- VI. As porções de solda devem ser protegidas contra chuva e umidade e não podem ficar em contato com o piso; porções molhadas, ou mesmo úmidas, não devem ser usadas, sendo, portanto, descartadas.

### **7.1.2 Acendedor especial**

a) Para iniciar a reação da porção de solda, são utilizados acendedores especiais, fornecidos em cartuchos plásticos. Em caso de incêndio, os acendedores entram em combustão espontânea a uma temperatura entre 130 a 150°C, enquanto as porções de solda entram em fusão a uma temperatura de, aproximadamente, 1.300°C. Por esse motivo, o acendedor deve sempre ser embalado, transportado e armazenado separadamente da porção de solda.

b) A temperatura de ignição das porções situa-se em torno de 1.300°C. Porém, se o material for pré-aquecido, o que aumenta o poder de reação, sua temperatura de ignição baixa consideravelmente. Com temperatura da mistura em torno de 500°C, uma centelha pode provocar o início da reação, que se desenvolverá impetuosamente ou, até mesmo, de maneira explosiva, eliminando o aproveitamento técnico desejado do processo. Portanto, uma porção de solda de maneira alguma deve ser aquecida por meio da chama de pré-aquecimento.

### **7.1.3 Forma pré-moldada**

a) A forma pré-moldada é fornecida de acordo com o perfil dos trilhos a soldar.

b) O material de confecção da forma é de responsabilidade do seu fabricante.

c) Em relação ao armazenamento da forma, esta deve ser protegida contra umidade, a qual provoca a queda na rigidez da mesma, diminuindo sua resistência. Para maior segurança, recomenda-se evitar a estocagem da forma em ambiente úmido. Deve-se, ainda, tomar especial cuidado para evitar choques mecânicos às mesmas.

d) A areia utilizada na pasta para vedação da forma deve ter elevado grau de pureza, isto é, deve ser isenta de argila e de qualquer outra impureza, sendo imprescindível que possua granulometria uniforme.

### **7.1.4 Cadinho**

a) Para cadinhos reutilizáveis, a sua preparação é efetuada durante a fase de pré-aquecimento, promovendo a limpeza dele e o seu aquecimento.

b) Quando se tratar de cadinho do tipo descartável, apenas sua retirada da embalagem já o torna apto para sua utilização, salvo disposição contrária do fabricante

c) Não é aceita a utilização do cadinho, seja ele reutilizável ou descartável, quando ele apresentar rachadura ou estiver úmido, devendo, nestes casos ser feito o seu descarte na presença da fiscalização.

#### **7.1.4.1 Forro do cadinho**

a) Deve ser de material refratário - magnesita - e destinado a suportar altas temperaturas.

## **SUP-00105**

b) Deve ser guardado em local seco e protegido contra choques e assentado no cadinho com uma mistura bem molhada de areia e argila na proporção de 3:1; para esse fim, limpa-se o cadinho internamente e espalha-se a mistura numa espessura de cerca de 2 cm, cobrindo toda sua parede interna; em seguida, coloca-se o forro, batendo, então, o fundo do cadinho levemente no chão para propiciar o seu bom assentamento.

c) Feito isso, coloca-se o anel do cadinho, que deve ser fixado a este por meio de seus parafusos.

### **7.1.4.2 Secagem do cadinho reutilizável**

a) Preparado, e antes de entrar em uso, o cadinho deve ser seco a uma temperatura de 300°C, durante aproximadamente 30min. Para essa secagem, pode ser usado maçarico de pré-aquecimento. Contudo, uma pequena fogueira de lenha, dentro do próprio cadinho, é mais indicada para tal.

b) Antes do uso diário, o cadinho deve ser seco a uma temperatura de 60°C, durante 10 min, e, em seguida, limpo, para ficar isento de fragmentos de escória que a ele se prenderam.

### **7.1.4.3 Bujão para cadinho**

a) O bujão de material refratário – magnesita é colocado no forro do cadinho de maneira a se adaptar perfeitamente à parte inferior do mesmo, sem folgas que possam permitir vazamento.

b) Antes de ser colocado no cadinho, é absolutamente necessário secar o bujão, operação efetuada com maçarico.

c) O orifício do bujão deve ser mantido com diâmetro de 15 mm, a fim de garantir a vazão correta da solda. Quando a abertura deste orifício for reduzida pela adesão de escória, a mesma deve ser retrabalhada com alargador de bujão, de maneira a manter o orifício com os 15 mm necessários.

### **7.1.5 Calha para a corrida do aço**

a) Tem a finalidade de receber o aço que escoar do cadinho e passa para a forma.

b) Quanto ao seu armazenamento, devem ser atendidas as mesmas prescrições para os outros materiais e equipamento para solda.

### **7.1.6 Areia de vedação da forma**

a) O seu preparo é feito através da mistura de areia de quartzo com bentonita, na proporção de 7:1 (sete partes de areia para uma parte de bentonita), com um teor de água entre 6% e 10%, a fim de assegurar a perfeita trabalhabilidade da mistura.

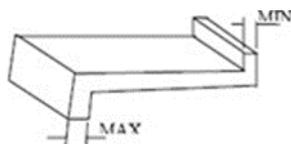
b) Essa areia é normalmente fornecida em sacos com aproximadamente 20 kg do material.

## **8 Execução da solda**

a) O processo de soldagem deve ser realizado estritamente em acordo com os procedimentos técnicos recomendados pelo fabricante da solda, principalmente no que tange ao emprego de ferramental e material para o mesmo.

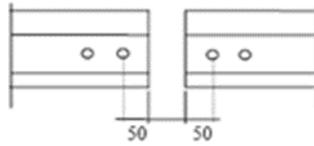
b) São relacionadas, a seguir, as principais providências e etapas a serem seguidas nos serviços necessários à soldagem das extremidades dos trilhos, por qualquer processo que se utilize do princípio da aluminotermia:

- I. Desmontagem da junta mecânica que foi aplicada quando da montagem da grade;
- II. Retirada da fixação - para a operação de soldagem, é necessário soltar as fixações das barras a serem soldadas em uma extensão de, no mínimo, 6,0 m de cada lado da junta, distância esta medida a partir das extremidades a serem soldadas;
- III. Preparação dos topos dos trilhos - os topos devem estar isentos de defeitos e deformações, os quais, se existirem, devem ser removidos com o corte da extremidade ou das extremidades defeituosas, de forma a eliminá-las; esse corte, quando necessário, é executado de forma a garantir a sua ortogonalidade em relação ao eixo longitudinal do próprio trilho e é feito exclusivamente com a utilização de máquina de serrar ou de cortar trilho, sendo vedada a utilização de maçarico para sua realização;
- IV. Folga entre os topos dos trilhos - para o processo de soldagem, é necessária a existência de determinada folga entre os topos dos trilhos a serem soldados; esta folga deve ser rigorosamente respeitada, devendo, na sua preparação, serem seguidas as seguintes recomendações:
  - Antes da execução do corte do trilho para estabelecimento da folga necessária à soldagem, todo e qualquer resíduo de óleo e graxa deve ser removido da região do corte;
  - A regulagem da abertura (folga) entre os topos dos trilhos a serem soldados, assim como os seus respectivos limites de tolerância, devem obedecer às instruções prescritas pelo fabricante, em função do tipo de solda e procedimento utilizados, sendo estes rigorosamente respeitados e verificados por meio de calibrador ou gabarito específico, tipo “passa - não passa” - vide fig. 1 a seguir:



**Figura 1**

- A folga pode ser obtida por deslocamento longitudinal dos trilhos ou por corte de uma ou das duas extremidades dos mesmos; neste caso, cada corte também é executado de forma a garantir a sua ortogonalidade em relação ao eixo longitudinal do trilho e é feito exclusivamente, com máquina de serrar ou de cortar trilho, sendo vedada a utilização de maçarico para a sua realização;
- No caso de trilhos com furos para talas e quando não for possível obter a folga por deslocamento dos mesmos, esta deve ser estabelecida mediante o corte de igual comprimento nas duas extremidades a serem soldadas;
- Corte em apenas uma das extremidades somente é permitido quando a folga existente tiver que ser alargada em, no máximo, 7 mm;
- No preparo da junta a soldar, a distância mínima permitida entre a extremidade do trilho e o furo mais próximo é de 50 mm – vide fig.2 a seguir:

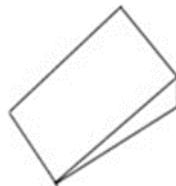


**Figura 2**

- Após o corte, deve ser efetuada a limpeza dos topos para a eliminação de rebarba ou qualquer outro resíduo existente.

V. Regulagem da junta em relação ao alinhamento e ao nivelamento dos trilhos:

- Os procedimentos para o correto alinhamento e nivelamento dos trilhos a serem soldados, tanto em curva quanto em tangente, devem ser, obrigatoriamente, descritos nas instruções do fabricante da solda e verificados com auxílio de régua de precisão, com comprimento de 1.000 mm, fabricada em aço carbono temperado e retificada, com precisão de 0,01 mm;
- A regulagem da junta é feita promovendo o seu nivelamento e alinhamento com a utilização de cunhas – vide fig. 3 a seguir:



**Figura 3**

- Para o início da operação de nivelamento das juntas as fixações envolvidas devem ser retiradas.

VI. Montagem da forma para solda – a montagem da forma é executada seguindo, rigorosamente, as orientações apresentadas pelo fabricante da solda a ser utilizada, devendo, dentre outras, serem tomadas as seguintes precauções:

- Fazer coincidir o eixo da forma com o eixo da folga entre os trilhos;
- Verificar o estado da forma, identificando a existência de rachaduras, umidade e coincidência do seu perfil com o dos trilhos; observada qualquer irregularidade, a forma é descartada, devendo o descarte ser feito na presença da fiscalização;
- Assegurar que a vedação da forma seja feita com método e material especificado pelo fabricante da solda, conforme o processo utilizado, garantindo a perfeita estanqueidade na sua montagem;
- Assegurar que a vedação somente seja feita pouco antes do pré-aquecimento dos topos a serem soldados, uma vez que a umidade contida na areia passa para a forma, diminuindo, consideravelmente, a sua resistência; e
- Atentar para o fato de que qualquer defeito de vedação ocasiona vazamento e provável perda da solda.

VII. Colocação da calha e da concha de escória para a corrida do aço;

- Após o posicionamento e vedação da forma, deve ser colocada, de um lado da mesma, a calha de corrida do aço e, do outro, a bandeja para recebimento da escória; e
- A calha deve ficar perfeitamente ajustada e nivelada no seu suporte.

VIII. Pré-aquecimento das partes a serem soldadas - a operação de pré-aquecimento dos topos dos trilhos é considerada a mais importante em todo o processo de soldagem e, se bem executada, é a melhor garantia para uma solda homogênea e correta do ponto de vista metalúrgico, devendo ser seguidas as seguintes orientações:

- A operação é executada seguindo, rigorosamente, as instruções prescritas pelo fabricante da solda, em conformidade com o processo utilizado para a soldagem;
- Os dados relativos aos controles de tempo, temperatura, pressão de oxigênio e de propano, durante o processo de pré-aquecimento, fazem parte da planilha de controle de qualidade da solda a ser elaborada pela contratada e encaminhada à fiscalização; esta planilha deve também conter identificação da porção, data e lote de fabricação da solda; e
- Especial atenção deve ser dada ao maçarico de pré-aquecimento dos topos das barras, devendo também este equipamento ser especificado pelo fabricante da solda, assim como informado o seu correto posicionamento para este trabalho.

IX. Pré aquecimento:

- Atendimento ao tempo mínimo de pré-aquecimento;
- Alcance de coloração uniforme e própria (amarela alaranjada) das extremidades dos trilhos;
- Observação durante o processo de pré-aquecimento para garantir que as extremidades dos trilhos não derretam e nem haja quebra da forma;
- O GLP a ser utilizada deverá ser o industrial que é comercializado em botijão de 45 kg;
- Os trilhos devem ser aquecidos de maneira uniforme. Caso um lado do trilho aqueça mais rapidamente que outro, se faz necessária a correção do alinhamento do maçarico;
- A alma do trilho pré-aquecido deve apresentar uma coloração brilhosa amarelo alaranjado sem sinais de fusão. Durante o pré-aquecimento a alma do trilho pode começar a amolecer. Caso esta condição aconteça, a chama do maçarico deve ser atenuada através do aumento da vazão de propano ou GLP (por um período curto). Esta ação irá readequar a temperatura do trilho. Caso não seja feita esta alteração na chama, o trilho começará a fundir;
- O patim dos trilhos pré-aquecidos deve apresentar uma coloração amarela alaranjada;
- Caso, por alguma razão, o pré-aquecimento seja interrompido ou parado, cabe ao soldador julgar quanto tempo mais de pré-aquecimento deve ser aplicado ao trilho. Neste caso, o melhor indicador é a coloração do trilho (análise visual);
- Quando o tempo mínimo de pré-aquecimento for alcançado e o trilho apresentar a coloração correta. O pré-aquecimento deve ser finalizado e a solda ser executada.

## SUP-00105

### X. Execução da solda propriamente dita:

- Para a execução da solda, é empregada somente porção cujo volume e especificação correspondam ao tipo, composição química e resistência à tração do trilho a ser soldado;
- A porção de solda não pode ser alterada, ou seja, somente deve ser usada porção fornecida pelo fabricante para o tipo de trilho em questão e em embalagem inviolável com etiqueta onde conste informação sobre o trilho a ser soldado, o processo de soldagem, identificação da porção, data e lote de fabricação;
- A colocação da porção de solda no cadinho, assim como o posicionamento do mesmo sobre a forma, são executados em acordo com a descrição do processo de soldagem feita pelo fabricante da solda utilizada; e
- Quando se observar que o pré-aquecimento dos topos a serem soldados estão de acordo com as condições especificadas, deve ser feita a preparação para sangramento e corrida do aço, sempre conforme instruções do fabricante da solda.

### XI. Retirada da forma - para a retirada da forma e dependendo do processo utilizado, deve-se aguardar entre 5 e 10 min após a sangria; durante este intervalo, não pode ser provocado qualquer tipo de abalo à solda; as formas são, então, retiradas com pequenas pancadas de corta quente - vide fig. 4 a seguir:



**Figura 4**

### XII. Acabamento:

- Rebarbagem
  - Após constatação da boa qualidade da solda, o que é feito, nesta fase, através de exame visual, é iniciada a operação de acabamento da mesma;
  - A rebarbagem pode ser feita com máquina hidráulica especial fixada aos trilhos ou manualmente, com o auxílio do corta quente e marreta; e
  - Na operação de rebarbagem, deve-se evitar o afundamento do corta quente na solda, deixando-se sempre uma rebarba de, aproximadamente, 5 mm sobre a superfície superior do boleto.
- Esmerilhamento
  - Efetuada a remoção da rebarba e o esfriamento da solda, a mesma deve ser esmerilhada nas partes superior e laterais, interna e externa do boleto, acompanhando o perfil do trilho, assegurando, assim, a perfeita continuidade da superfície de contato com as rodas; e
  - O esmerilhamento deve ser iniciado a partir da superfície superior, estendendo-se, daí, a ambos os lados do boleto.

### XIII. Identificação da solda:

- A solda é marcada com indicação do mês e ano da sua execução, identificação da equipe executora do serviço e logotipo/nome da contratada, utilizando, para tal, colagem de placa metálica contendo estes dados, próxima à solda; e
- A colagem é feita com produto à base de resina epóxi, do lado externo do trilho.

## 9 Controle de qualidade

O controle de qualidade é realizado em duas fases como a seguir descritas.

### 9.1 Controle de qualidade pré-soldagem

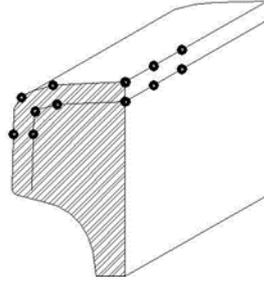
Neste controle, é tomada, aleatoriamente, 01 (uma) porção de solda do lote a ser recebido, sendo a mesma submetida aos testes a seguir descritos, em laboratório aprovado pela INFRA S.A.. Os laudos destes testes devem ser enviados à INFRA S.A.. Deverá ser verificado cada lote de solda a ser utilizado.

#### 9.1.1 Ensaio de flexão estática

- a) O corpo de prova deverá ser composto de 2 segmentos de trilho soldados entre si, tendo um comprimento total de 1,40 m.
- b) A carga deverá ser aplicada ao corpo de prova incidindo sobre o boleto, perpendicular ao plano da base do patim, no local da solda, estando esta equidistante dos pontos de apoio. Os apoios deverão ter forma cilíndrica, com diâmetro variando entre 20 e 50 mm, distando entre si de 1 m.
- c) O corpo de prova deverá ser submetido a flexão estática, com carga crescente. Para trilhos TR-57 e UIC-60, com resistência mínima à tração de 965 N/mm<sup>2</sup>, é exigida uma deflexão/flecha de 10 mm sem ruptura. A carga para que se atinja esta deflexão deverá estar entre 70 e 90 t.

#### 9.1.2 Teste de dureza

- a) A finalidade deste teste é definir a variação da dureza ao longo do boleto, alma e patim do trilho, no sentido longitudinal da barra, devendo, para tanto, ser analisada uma extensão um pouco superior ao comprimento da zona termicamente afetada pela soldagem.
- b) O corpo de prova para este teste deverá ser constituído por segmentos de trilho soldados entre si, devendo a peça daí resultante ser cortada perpendicularmente ao eixo longitudinal da barra, incluindo, obrigatoriamente, a solda e a região termicamente afetada pela soldagem.
- c) O teste deverá ser efetuado por equipamento estacionário, conforme método Brinell.
- d) Deverá ser verificada a dureza na solda e em toda a extensão termicamente afetada pela soldagem, a 5 mm abaixo da superfície de rolamento e nas laterais do boleto, equidistantes entre si de 3 mm, em pontos tomados nas partes colocadas de cada lado da solda, como mostrado no desenho abaixo. O ponto de partida das medições deverá ser sempre a linha de solda.



**Figura 5**

e) A dureza da solda deve ser compatível com a das barras de trilho soldadas, sendo admitida uma variação máxima de  $\pm 15$  HB em relação à dureza das mesmas.

### **9.1.3 Análise química**

Devem ser pesquisados os teores de enxofre (S) e fósforo (P) existentes na solda.

### **9.1.4 Exame metalográfico**

A parte da amostra não utilizada no ensaio de dureza deve ser cortada no centro da solda, perpendicularmente ao eixo longitudinal do trilho. No corpo de prova daí resultante devem ser feitos os exames metalográficos.

### **9.1.5 Ensaios de fadiga sob flexão**

a) Estes ensaios podem ser exigidos pela fiscalização. Nesse caso, o corpo de prova deve ser idêntico ao utilizado no teste de flexão estática.

b) No ato do recebimento do lote, a fiscalização deve executar em 2 (dois) segmentos de trilho que contenham juntas soldadas, os ensaios de flexão estática, de dureza e metalográficos.

c) Se os laudos fornecidos apresentarem, em qualquer uma das verificações exigidas por esta especificação, resultados fora dos valores aceitos, todo o lote será rejeitado.

## **9.2 Controle de qualidade durante a execução**

a) Devem ser realizados, durante o processo produtivo, os controles básicos da soldagem, tais como:

- Empeno das extremidades dos trilhos;
- Abertura da junta;
- Temperatura de pré-aquecimento;
- Pressão de operação no maçarico e altura de colocação do mesmo;
- Tempo de pré-aquecimento; e
- Tempo de reação e instante da corrida do aço.

b) Destaca-se que podem ser utilizados os gases butano (GLP), propano ou propileno para o pré-aquecimento dos trilhos a serem soldados.

c) As soldas devem estar isentas dos seguintes defeitos:

- I. Falhas de continuidade na superfície de rolamento dentro da zona fundida, tais como: poros, defeitos de fusão, traços ou riscos provocados durante a rebarbagem;
- II. Inclusões de "corindon" ou areia, e marcas de retração em particular; e
- III. É inaceitável o preenchimento de vazios ou de outras falhas de soldagem.

### 9.3 Controle de qualidade pós soldagem

#### 9.3.1 Controle geométrico da solda

Após a soldagem deve também ser feito o controle geométrico, como descrito a seguir:

a) As condições geométricas são verificadas com régua metálica de 1m de comprimento, precisão retilínea de +0,1 mm, devidamente aferida, estando as barras da junta soldada a examinar niveladas e alinhadas; e

b) São admitidas na superfície do boleto (rolamento e laterais), as seguintes tolerâncias máximas:

| Empeno - mm |         |          |         |
|-------------|---------|----------|---------|
| Horizontal  |         | Vertical |         |
| convexo     | côncavo | convexo  | côncavo |
| 0,75        | 0,75    | 0,75     | 0,00    |

#### 9.3.2 Controle por líquido penetrante

a) Este teste destina-se a detectar descontinuidades superficiais, baseado na capacidade dos líquidos de baixa tensão superficial (alta molhabilidade) penetrarem em fissuras finas.

b) O teste deverá ser executado seguindo a metodologia abaixo descrita, e nessa ordem de procedimentos:

- I. Aplicação do líquido penetrante após limpeza da superfície da solda;
- II. Remoção do excesso de líquido da superfície testada após algum tempo de penetração; e
- III. Aplicação de revelador, o qual irá absorver parte do líquido contido nas descontinuidades.

c) Pelo contraste entre o líquido penetrante e o revelador, determina-se a extensão das descontinuidades, caso existam.

d) Os produtos utilizados neste teste deverão ser previamente aprovados pela INFRA S.A., sendo os inspetores responsáveis pelo procedimento devidamente certificados em conformidade com a norma da Associação Brasileira de Ensaio Não Destrutivos e Inspeção - ABENDE, para o nível LP-2.

e) Este teste deve ser efetuado em 25% (vinte e cinco por cento) das soldas efetuadas na barra.

## **SUP-00105**

f) Havendo qualquer anomalia que caracterize defeito na solda, esta é eliminada por corte do segmento do trilho onde ela se encontra, e refeita a seguir.

g) O ensaio de líquido penetrante será realizado pelo construtor e acompanhado pela fiscalização ou seu preposto como forma de atestar a qualidade do produto fornecido ao contratante, portanto não será objeto de medição.

### **9.3.3 Controle por ultrassonografia**

a) Este teste é utilizado para a verificação de solda com possíveis defeitos como ruptura, poros e desagregações.

b) Neste controle deverá ser empregado o processo de ondas sonoras de pequeno comprimento, com frequência superior a 20 kHz, acima, portanto, da faixa audível (que está entre 20 Hz e 20 kHz), podendo estas ondas serem geradas através de vibração de cristal Piezométrico.

c) Todas as soldas devem ser inspecionadas por processo de ultrassonografia, objetivando verificar a existência de defeitos internos nas mesmas.

d) Identificada qualquer anomalia que caracterize defeito da solda, esta deve ser cortada e refeita.

e) A inspeção ultrassônica deverá ser executada por inspetor com qualificação mínima de nível 2-N2, da ASTM ou qualificação equivalente promovida por entidade reconhecida como autoridade no desenvolvimento, qualificação e certificação de pessoal destinado a atividades.

f) O ensaio de ultrassonografia será realizado pelo construtor e acompanhado pela fiscalização ou seu preposto como forma de atestar a qualidade do produto fornecido ao contratante, portanto não será objeto de medição.

## **10 Reexecução de solda**

- I. Sempre que uma solda for refeita, a nova solda deve ser executada a uma distância mínima de 50 cm da solda a ser substituída, usando-se uma “emenda” de, no mínimo, 3 m de comprimento.
- II. Deve ser também observada a existência de outras soldas, em ambos os trilhos da via, sejam elas aluminotérmicas ou por caldeamento, nas proximidades da execução da nova solda. Caso existam, não são permitidas soldas com distância inferior a 3 m uma da outra.

## **11 Soldagem com a linha em tráfego**

Quando ocorrer a execução de soldagem na linha com tráfego, a passagem de trens pode ser permitida após, no mínimo, 30 min. da rebarbagem da solda e com o acabamento da parte superior do boleto já executado.

## **12 Garantia**

a) O prazo de garantia para a solda é de 100x106 TBT (cem milhões de toneladas brutas trafegadas).

b) Durante o período de garantia, o fornecedor deve substituir, sem ônus para a INFRA S.A., toda solda que apresentar qualquer defeito decorrente da soldagem.

- c) Caso não atendida pela contratada no prazo indicado em d, a seguir, o fornecedor indenizará a INFRA S.A. pela solda que for por ela refeita, ao valor da data da substituição, mesmo em caso de defeito não constatado por ocasião do recebimento.
- d) No caso de substituição da solda pela contratada, deve ser concedido um novo prazo de garantia idêntico ao inicial.
- e) A correção da solda deve ser procedida em tempo hábil, isto é, em prazo comprovadamente necessário, sob pena de o fornecedor responder pelos prejuízos de qualquer natureza advindos do atraso na reposição. Tal prazo nunca deve ser superior a 5 (cinco) dias, a contar da notificação formal ao fornecedor.
- f) Caso não haja acordo entre o fornecedor e a INFRA S.A. quanto às causas da falha, prevalece parecer de exame procedido por instituição, governamental ou particular, aceita de comum acordo pelas partes.
- g) O fornecedor deve evidenciar os termos e prazo da assistência técnica a serem oferecidos à INFRA S.A.. Pelo menos durante o período de garantia, tal assistência corre, necessariamente, por conta do fornecedor.

### **13 Manejo ambiental**

- a) Durante a execução da obra, devem ser preservadas as condições ambientais, com a exigência, entre outros, dos seguintes procedimentos:
- I. Todo o material excedente ou sobras, devem ser removidos das proximidades da obra, devendo ser transportado para local pré-definido em conjunto com a fiscalização, sendo vedado seu lançamento na faixa de domínio, nas áreas lindeiras, no leito de rios e em quaisquer outros locais onde possam causar prejuízos ambientais;
- II. O tráfego de máquinas e funcionários deve ser disciplinado de forma a evitar a abertura indiscriminada de caminhos e acessos, pois acarretaria desmatamento desnecessário;
- III. A área afetada pelas operações de construção deve ser recuperada mediante a limpeza do canteiro de obras, devendo ainda ser efetuada sua recomposição ambiental; e
- IV. Durante o desenvolvimento da obra deve ser evitado o tráfego desnecessário de veículos e equipamentos por terrenos naturais de modo a evitar a sua desfiguração.
- b) Além destas, devem ser observadas, no que couber, as disposições da série Norma Ambiental INFRA S.A. (NAVA) e a Política de Meio Ambiente da INFRA S.A., nas suas edições mais recentes.

### **14 Critério de medição**

- a) A soldagem é medida por unidade de solda executada.
- b) Os serviços de reparos e de novas soldas durante a execução da obra e até o término do prazo de garantia, são ônus da contratada, não sendo, portanto, passíveis de medição.
- c) A verificação pelos ensaios ultrassonografia e líquido penetrante da solda executada não é passível de medição.