

RELATO DE PRÁTICA PEDAGÓGICA: Ensaio Líquido Penetrante

Janaina da Costa Pereira Torres de Oliveira¹

João Henrique Brandenburger Hoppe²

Valmir Torres de Oliveira³

Dados de Identificação

Disciplina: Práticas experimentais em Engenharia Mecânica III

Período: 9º

Curso: Engenharia Mecânica

Objetivo(s) da Ação

Elaborar relatório sintético das conclusões conceituais desenvolvidas após a prática de ensaio não destrutivo de líquido penetrante em peça soldada a arco elétrico em outras práticas de laboratório. A prática envolvida neste relato foi o ensaio não destrutivo de líquido penetrante.

Nesta prática os discentes também tiveram como objetivo:

- detectar discontinuidades abertas na superfície das peças, como trincas, poros, mordedura, que não sejam visíveis a olho nu.

¹ Doutora em Engenharia Metalúrgica e de Materiais (USP), Docente do UGB-FERP.

² Engenheiro Mecânico pós-graduado em Segurança do Trabalho (UniFOA), Docente do IGB-FERP.

³ Mestre em Engenharia Metalúrgica (UFF), Docente do UGB.

Conteúdos Trabalhados

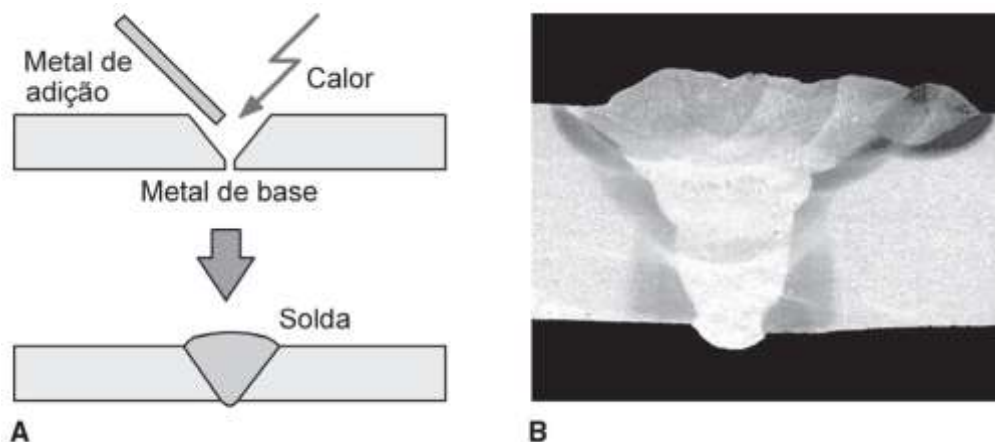
Segundo Wainer *et al.* (1992, p. 1) “denomina-se soldagem ao processo de união entre duas partes metálicas, usando uma fonte de calor, com ou sem aplicação de pressão”.

Na atualidade muitos processos de soldagem ou variações destes, são usados para a deposição de material sobre uma superfície, visando a recuperação de peças desgastadas ou para a formação de um revestimento com características especiais (MARQUES, *et al.* 2017, p. 3).

A definição adotada pela Associação Americana de Soldagem (*American Welding Society – AWS*), não contribui com o aspecto conceitual da soldagem e é meramente operacional, “processo de união de materiais usados para obter a coalescência (união) localizada de metais e não metais, produzida por aquecimento até uma temperatura adequada, com ou sem a utilização de pressão e/ou material de adição” (MARQUES, *et al.* 2017, p. 3).

O método de soldagem por fusão se baseia na aplicação localizada de calor na região de junta até a sua fusão e do metal de adição, quando este é utilizado. Como resultado desta fusão, as superfícies entre as peças são eliminadas e, com a solidificação do metal fundido, a solda é formada (Figura 1) (MARQUES, *et al.* 2017).

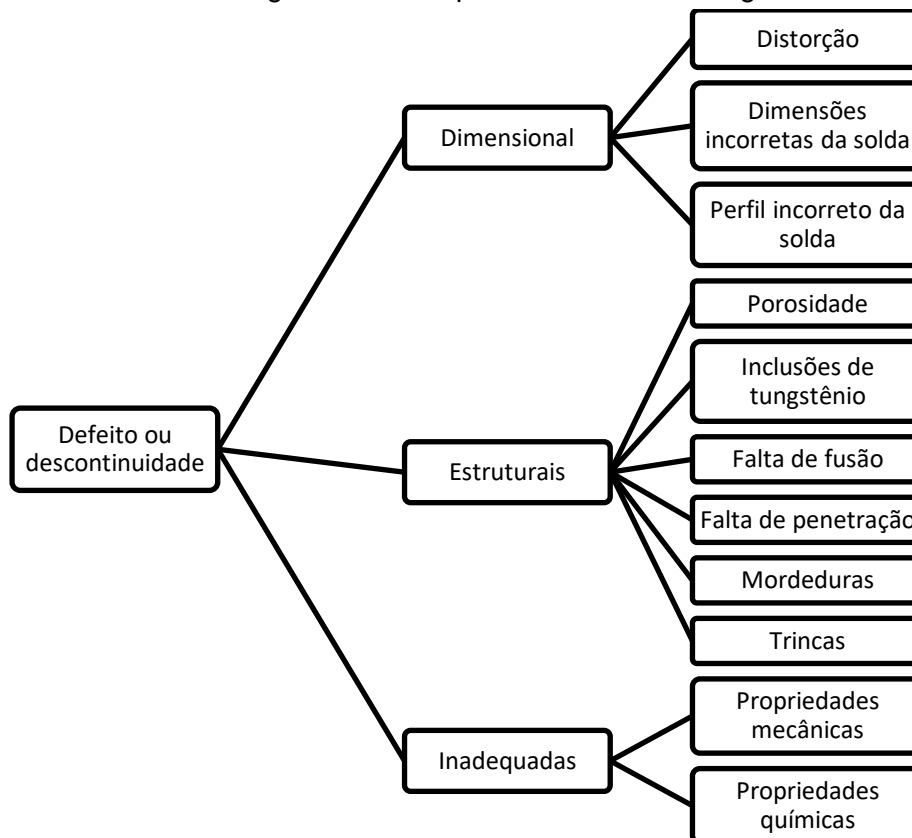
Figura 1 – A – representação esquemática da soldagem por fusão; e B – macrografia de uma junta.



Fonte: Marques, *et al.* 2017

Durante o processo de soldagem por fusão é muito difícil se conseguir um cordão com zero defeito ou descontinuidade, e uma descontinuidade pode ser considerada prejudicial para a utilização futura da junta, constituindo-se, desta forma, em um defeito e exigindo ações corretivas. Existem três categorias básicas de defeitos ou descontinuidades, representados na Figura 2.

Figura 2 – Principais defeitos de soldagem



Fonte: Marques, *et al.* 2017

Durante o processo de soldagem é fundamental que exista a garantia da qualidade, pois, minimiza ou evita a geração de possíveis defeitos, que é inerente ao processo de soldagem, assegurando que o produto esteja de acordo com as especificações e adequados ao seu uso (GEREMIA, 2012).

Durante o processo de soldagem defeitos são gerados, porém, nem todos são graves, mas a maioria são indesejados e precisam ser devidamente detectados, sendo usualmente selecionados para este fim os ensaios de materiais (GARCIA, *et al.* 2017), sendo que, quando é necessário preservar a integridade da peça são

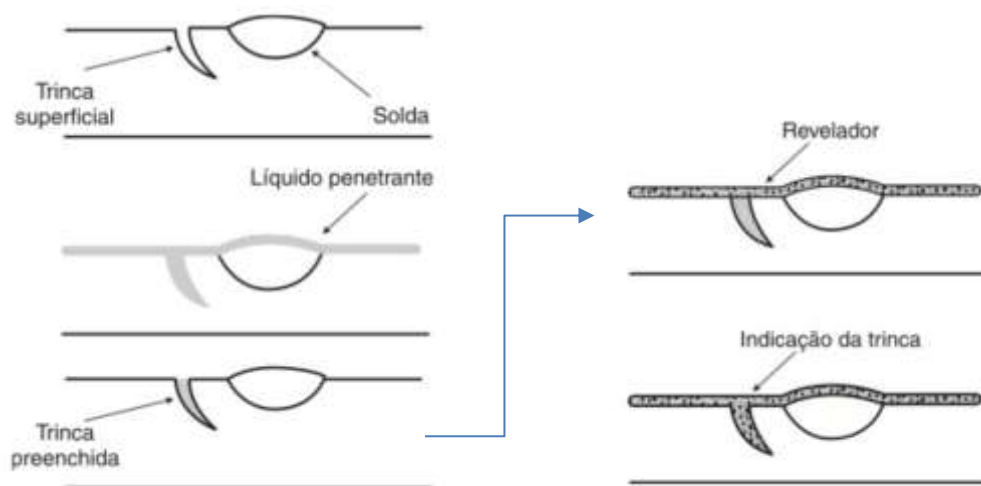
utilizados os Ensaios não Destrutivos (ENDs). Um dos tipos de END é o por líquido penetrante. dentre os quais se destacam os ensaios mecânicos, por sua grande abrangência e relevância atual.

O ensaio não destrutivo por líquido penetrante baseia-se na penetração de líquidos em trincas e rachaduras superficiais de peças, por ação do fenômeno da capilaridade⁴, difíceis de serem observadas a olho nu (GARCIA *et al.*, 2017). Esse ensaio se baseia na capacidade que o líquido de coloração vermelha ou fluorescente tem em penetrar em pequenas aberturas (ANDREUCCI, 2018).

Segundo a NBR 15691 (ABNT, 2009) os ensaios não destrutivos por líquido penetrante são aplicáveis durante o processo de fabricação, inspeção final e inspeções de manutenção, durante o uso. Estes processos são apropriados para a detecção de discontinuidades como falta de fusão, corrosão, trincas, dobras, gotas frias e porosidade que estejam abertas ou em conexão com a superfície do material ou componente sob ensaio.

O ensaio não destrutivo por líquido penetrante contempla as seguintes etapas (GARCIA *et al.*, 2017), conforme pode ser visto na Figura 3:

Figura 3 – Etapas do processo de ensaio por líquidos penetrantes



Fonte: Garcia *et al.* (2017)

⁴ Capilaridade é o poder de penetração de um líquido em áreas extremamente pequenas devido a sua baixa tensão superficial

- limpeza e desengraxamento da peça, seguidos de secagem;
- aplicação do líquido penetrante, por imersão ou aspersão;
- limpeza superficial, com retirada do excesso de líquido penetrante, cuidando-se para que não seja removido o líquido que penetrou nas eventuais trincas;
- aplicação de um pó revelador (ou líquido volátil) que absorve o líquido penetrante, revelando o local das trincas e rachaduras;
- observação das trincas;
- limpeza e secagem final para remoção dos resíduos dos líquidos utilizados no ensaio.

Procedimentos

Todos os equipamentos utilizados fazem parte do Laboratório Mecânico do curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário Geraldo di Biase (UGB). Os passos para execução dessa prática foram:

- Inicialmente, os discentes, o professor e o instrutor discutiram os objetivos, a parte teórica e a metodologia do trabalho.
- O instrutor apresentou o equipamento a ser usado e demonstrou o seu funcionamento. As regras de segurança foram lembradas.
- Preparação da superfície e pré-limpeza foram feitas com escova de aço.
- Aplicação do penetrante, tempo de penetração, remoção do excesso do penetrante, secagem da peça.
- Aplicação do revelador Metal-Chek D 70, tempo de revelação.
- Inspeção.
- Verificação da revelação das indicações e enquadrá-las no critério de aceitação e rejeição.
- Ao final da prática, os discentes, professor e o instrutor discutiram os resultados.
- Foi gerado pelos discentes o relatório individual da prática do ensaio não

destrutivo por líquidos penetrantes, com o registro dos resultados obtidos no ensaio.

Resultados

Essa prática foi realizada no Laboratório Mecânico do curso de Engenharia Mecânica, do Centro Universitário Geraldo di Biase (UGB/FERP). A Figura 6 apresenta as latas de aerossol utilizadas nesta prática, a Figura 6a é o Líquido Penetrante Visível Metal-Chek VP-30 e a Figura 6b é o Revelador Metal-Chek D 70, ambos utilizados para verificar as descontinuidades que ocorreram em chapa soldada.

Figura 4 – a) Líquido Penetrante Visível Metal-Chek VP-30; b) Revelador Metal-Chek D 70



a)

b)

Fonte: Os autores (2023)

A amostra utilizada foi uma chapa com três cordões de solda, oriunda de práticas anteriores (Figura 5), ela foi limpa com uma escova de aço (Figura 6).

Figura 5 – Amostra utilizada



Fonte: Os autores (2023)

Figura 6 – Escova de aço



Fonte: Os autores (2023)

A temperatura da amostra era de 27 °C, medida por meio de um termômetro digital infravermelho, essa temperatura é considerada uma temperatura ideal para o ensaio, pois a norma ASTM E165 (2012) recomenda temperaturas de 4 a 52 °C para penetrantes visíveis com luz normal. Após a preparação da amostra, foi aplicado o líquido penetrante da marca Metal-Chek VP 30 lavável em água por pulverização, conforme pode ser visto na Figura 7. O tempo de espera foi de vinte minutos, para que por efeito de capilaridade do líquido penetre nos defeitos originados pela solda.

Figura 7 – Aplicação do líquido penetrante Metal-Chek VP 30



Fonte: Os autores (2023)

A remoção do penetrante foi realizada de forma cuidadosa e eficaz, utilizando água corrente, pois o líquido penetrante era solúvel em água. Segundo Silva (2011) deve-se ter o máximo de cuidado, durante a remoção do excesso do líquido penetrante, para não remover o penetrante de dentro das descontinuidades, o que pode levar à redução do volume do penetrante e, conseqüentemente, apresentar uma indicação menor do que deveria apresentar, ou até mesmo, não apresentar indicação, reduzindo a sensibilidade do ensaio.

Depois da etapa de remoção do excesso de líquido penetrante foi aplicado o revelador Metal-Chek D 70, pelo método de pulverização a fim de se obter uma camada fina e uniforme por toda área inspecionada (Figura 8). A função básica do revelador é extrair o líquido penetrante contido dentro das descontinuidades trazendo-o para a superfície da peça em análise, isto torna a indicação visível a olho nu para o inspetor (SILVA, 2011). O tempo de revelação neste caso foi de dez minutos. A última etapa foi a identificação dos defeitos encontrados na amostra ensaiada. Eles são: poros, trincas, mordeduras.

Figura 8 – Amostra após aplicação do revelador



Fonte: Os autores (2023)

Essa prática de ensaio não destrutivo por líquido penetrante permitiu, aos discentes, adquirir conhecimento de diversos aspectos e o esclarecimento dos possíveis defeitos ou discontinuidades que podem ocorrer numa solda. O aprendizado foi percebido nos relatórios da prática, que demonstrou o domínio do tema.

Referências

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM E165/165M:** Standard Practice for Liquid Penetrant Examination for General Industry. Pensilvânia: ASTM, 2012.

ANDREUCCI, Ricardo. **Ensaio por Líquidos Penetrantes.** Edição nov./ 2018. São Paulo, ABENDI, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15691:** Ensaio não destrutivo – Líquido penetrante – Prática padronizada. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

GARCIA, Amauri; SPIM, Jaime Alvares; SANTOS, Carlos Alexandre dos. **Ensaio dos materiais.** 2.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2017.

GEREMIA, Giovani. **Sistema Autônomo de Inspeção de Dutos.** 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

MARQUES, Paulo Villani; MODENESI, Paulo José; BRACARENSE, Alexandre Queiroz. **Soldagem:** Fundamentos e Tecnologia. 4ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2017.

SILVA, Luiz Eduardo da. **Líquido penetrante.** 5ª ed. São Paulo, ABENDI, 2011.

WAINER, Emílio; BRANDI, Sérgio Duarte; MELLO, Fábio Décourt Homem de.

Soldagem: processos e metalurgia. São Paulo: Blucher, 1992.