https://eventos.utfpr.edu.br//sicite/sicite2019

# Segmentação de soldas em imagens radiográficas digitais

## Segmentation of welds in digital radiographic images

**Stephanie Soares**
Stephanie.soares7@gmail.com
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil

**Walmor Cardoso Godoi**
walmorgodoi@utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil

### RESUMO

A radiografia digital industrial é uma das técnicas de Ensaio Não Destrutivo que permite a avaliação de peças e materiais sem danificá-los. Tem sido amplamente utilizada na indústria para controle de qualidade e detecção de falhas. Neste trabalho a radiografia digital industrial foi utilizada para detecção de descontinuidades em amostras de soldas TIG e MIG. Com base em parâmetros utilizados em radiografias convencionais foram estabelecidos os parâmetros aproximados para as radiografias com detecção digital em uma cabine de Raios X. Nos pós processamento foi realizada a segmentação das radiografias com o programa IMAGE J. Ao final foi possível determinar a necessidade de alteração dos parâmetros utilizados para aquisição convencional, de maneira que o kVp e o mAs sofreram algumas mudanças para proporcionar imagens radiográficas que apresentassem boa qualidade com detecção digital. A utilização dos filtros Midgrey, Niblack e Bernsen, para a segmentação, auxiliou na evidenciação das descontinuidades no cordão de solda de cada amostra.

**PALAVRAS-CHAVE:** Solda. Segmentação. Radiografia digital industrial.

**Recebido:** 19 ago. 2019.
**Aprovado:** 01 out. 2019.

**Direito autoral:** Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.

### ABSTRACT

Industrial digital radiography is one of the non-destructive testing techniques that allows the evaluation of parts and materials without damaging them. It has been widely used in industry for quality control and fault detection. In this work industrial digital radiography was used to detect discontinuities in TIG and MIG welding samples. Based on parameters used in conventional radiographs, the approximate parameters for digital detection radiographs in an x-ray cabin were established. Post-processing was performed by segmenting the radiographs with the IMAGE J program, for better visualization of the weld bead discontinuities. In the end it was possible to determine the need to change the parameters used for conventional acquisition, so that the kVp and mAs underwent some changes to provide good quality radiographic images with digital detection. The use of Midgrey, Niblack and Bernsen filters for segmentation helped to highlight the discontinuities in the weld bead of each sample.

**KEYWORDS:** Solder. Segmentation. Industrial digital radiography.

## INTRODUÇÃO

Ensaios Não Destrutivos (END) são técnicas utilizadas na inspeção de materiais e equipamentos sem danificá-los, sendo executadas nas etapas de fabricação, construção, montagem e manutenção [1]. A inspeção de soldas por raios X é um método não destrutivo que desempenha um papel de controle de qualidade de materiais [2]. Esta técnica tem como função fornecer informações sobre o grau de defeitos de um produto específico, e sobre as características de um material. Além, de ser utilizada também para monitorar a degradação de componentes, equipamentos e estruturas [3].

A radiografia desempenha papel importante na comprovação da qualidade das soldas para que essa estejam em conformidade com os requisitos das normas, especificações e códigos de fabricação. Ela também proporciona registros importantes para a documentação da qualidade do serviço [2]. As soldas possuem imperfeições volumétricas caracterizadas como, cavidades, falta de solubilização, inclusões, mordeduras, trincas e rupturas [4]. Quando a peça exige alto padrão de qualidade, qualquer tipo de defeitos da solda pode causar grandes danos, podendo custar vidas além de danos ambientais e prejuízos materiais e financeiros [4]. Para identificação de descontinuidades nas radiografias digitais de soldas é possível realizar a segmentação da imagem que consiste na extração ou identificação de regiões de interesse contidos na imagem, onde a região é todo conteúdo semântico relevante para a aplicação desejada. Ou seja, segmentação é a separação do objeto de interesse de outros objetos contendo informação irrelevante [5].

Na literatura pesquisada não foram encontrados parâmetros de mA, kVp e tempo para a realização de radiografias de soldas em amostras em cabines de irradiação com detector digital. Por esse motivo, neste trabalho, foram desenvolvidos os parâmetros para a obtenção de uma imagem de boa qualidade e a segmentação da imagem digital para identificação das descontinuidades das soldas.

## MATERIAL E MÉTODO

Para realização deste trabalho foram cedidas 5 amostras de soldas especificadas na Tabela 1, pelas empresas Tecnofer Industrial e Tecnotooling Mechanical, as quais são: 3 em formato cilíndrico e 2 em formato tipo chapa.

A execução das radiografias fora realizada utilizando um sistema radiográfico digital em cabine de raios X no laboratório de tomografia industrial dos Institutos LACTEC em Curitiba. O equipamento de raios X industrial digital tubo (COMET, Shelton, EUA) de 225 kVp e 12 mA com detector digital (Perkin Elmer, São Paulo, Brasil) com 40 cm².

Na aquisição das imagens a amostra foi posicionada em contato com o detector de imagens, o qual estava a uma distância de 70 cm do gerador de raios X. Nas amostras cilíndricas foram realizadas imagens em três posições (0°, 90° e 270°) por conta da sobreposição das paredes tubulares. Já as amostras de chapas foram adquiridas imagens apenas em 0° por não haver sobreposição de imagens.

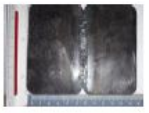
| | Imagem Peça | Material da Peça | Imagem Solda | Tipo de Solda | Imagem Peça com Parâmetros de Medida | Espessura | Tamanho Externo | Corrente de Pico |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Amostra 1 S1 | | Inox 304 | | TIG - Com Adição de Arame-Eletrodo de Inox de 1.6 mm | | 3,28 mm +- 0,25 mm | 89,0 mm | 37 A |
| Amostra 2 S2 | | Inox 304 | | TIG - Caldeado | | 2,00 mm +- 0,25 mm | 94,5 mm | 19 A |
| Amostra 3 S3 | | Aço Carbono 1020 | | MIG - Com Adição de Arame-Eletrodo Cobreado de 1 mm | | 6,46 mm +- 2,30 mm | 63,5 mm | 10 A |
| Amostra 4 S4 | | Aço Carbono 1020 | | TIG - Caldeado |  | 4,23 mm +- 0,25 mm | 121,0 mm x 100,5 mm | 100 A |
| Amostra 5 S5 | | Inox 304 | | TIG - Caldeado | | 2,10 mm +- 0,24 mm | 146,0 mm x 127,5 mm | 100 A |

Tabela 1- Identificação e Características das Amostras. Fonte: Autores.

Para o início do processo foi utilizado o parâmetro de tensão da norma EN-1435 [6], que indica os limites de aplicação da tensão dos Raios X em função da espessura de material e a curva de potência do manual da fonte de 225 kV (COMET, Shelton, EUA), que mostra a relação da tensão com a corrente. Com base nesses parâmetros foram baseadas as primeiras exposições de cada amostra para identificar a melhor corrente e energia utilizada para a espessura e o material de cada amostra, com alteração dos parâmetros: de tensão em quiloVolts pico (kVp), corrente em miliAmpere (mA), tempo de aquisição em segundos (s) e a sensibilidade do detector medida em picoFarad (pF) para melhoria da imagem.

A primeira imagem adquirida foi para o teste de recepção uniforme do detector, e para isso foi feita uma imagem sem exposição à radiação objetivando a imagem toda preta (background), indicando que toda a superfície de detecção está homogênea e sem imagens anteriores. A amostra S1 foi posicionada encostada no detector digital em frente ao feixe de raios X o qual foi determinado como posicionamento padrão para todas as amostras. Foram realizadas 4 imagens entre elas duas com a peça em posição 0°, uma em 90° e outra em 270°. De maneira a avaliar todas as partes da solda. Com parâmetros determinados na posição 0° que serviram para as outras posições. Com a amostra S2 foram realizadas 9 imagens no total, sendo elas 6 em posição 0° e 3 em posição 90°. Todas com parâmetros diferentes para a obtenção de uma imagem de melhor qualidade em contraste e resolução espacial. A amostra S3 totalizou 8 imagens, entre elas 6 imagens na posição 0° até a determinação de um parâmetro adequado, após isso mantendo a última técnica utilizada obtivemos uma imagem na posição 90° e uma na posição 270°. A amostra S4 totalizou 2 imagens, pelo fato de ser uma chapa soldada, dessa maneira foi possível observar toda a solda em uma única posição, sendo realizada somente a mudança dos parâmetros utilizados para a radiografia, na busca por uma imagem radiográfica melhor. E por fim a

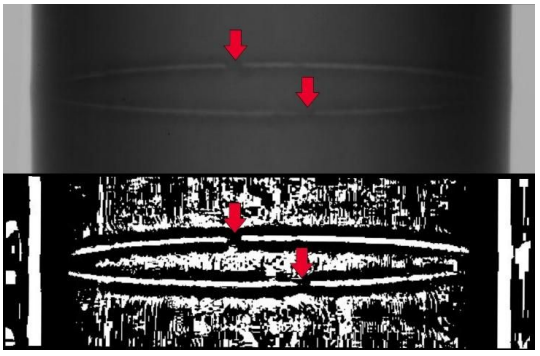
S5 que também é uma chapa soldada, com um total de 2 imagens, sendo realizada somente a alteração de parâmetros para a melhora da imagem.

As radiografias foram adquiridas em formato .his4, e convertidas em imagens radiográficas jpg de 16 bits para a manipulação utilizando o programa IMAGE J (*Image Processing and Analysis in Java*). Aplicando a ferramenta de ajuste para segmentação das imagens radiográficas *Auto Local Threshold* com ênfase nos filtros: Midgrey, Niblack e Bernsen, foi possível perceber maior diferenciação do cordão de solda para o material da peça e principalmente as descontinuidades identificadas nas imagens do cordão de solda.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi selecionada a melhor imagem radiográfica de cada solda para a realização da segmentação. Com isso para Amostra 1 foi selecionada a imagem radiográfica na posição 0°, utilizando a técnica de exposição parede dupla vista dupla, com os parâmetros de 150 kV, 4 mA, 3 s e 4 pF. E para a segmentação foi utilizado o filtro Niblack no programa Image J. A Figura 1 mostra a comparação entre a radiografia e a segmentação da Amostra 1, sendo observada falta de continuidade no cordão da solda em 2 pontos indicado pelas setas, em que a área escura corresponde ao ar, ou seja, o defeito. Já a área mais densa e clara corresponde ao cordão da solda.

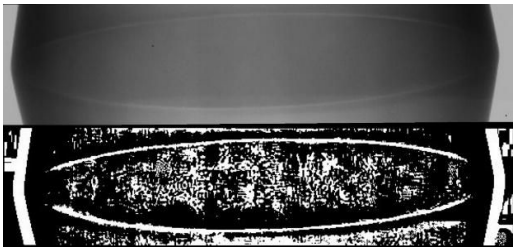
Figura 1- Imagem comparativa entre a radiografia e a imagem segmentada da Amostra.



Fonte: Autores

Para amostra 2 foi selecionada a imagem radiográfica na posição 0° inclinada aproximadamente 10° para evitar sobreposição na imagem do cordão de solda, utilizando a técnica de exposição parede dupla vista dupla, com os parâmetros de 130 kV, 3 mA, 3 s e 4 pF. E para a segmentação foi utilizado o filtro Niblack no programa Image J. A Figura 2 mostra a comparação entre a radiografia e a segmentação da Amostra 2, que apresentou uma solda perfeita e sem descontinuidade, tanto na radiografia quanto na segmentação.

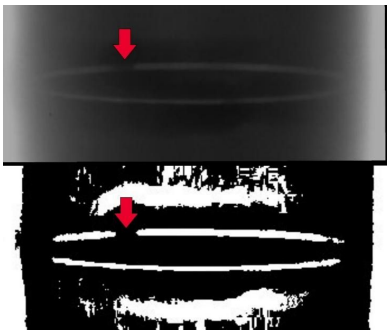
Figura 2 - Imagem comparativa entre a radiografia e a imagem segmentada da Amostra 2.



Fonte: Autores

Na amostra 3 foi selecionada a imagem radiográfica na posição 0°, realizada utilizando a técnica de exposição parede dupla vista dupla, com os parâmetros de 160 kV, 4,5 mA, 4 s e 4 pF. E para a segmentação foi utilizado o filtro Midgrey no programa Image J. A Figura 3 mostra a comparação entre a radiografia e a segmentação da Amostra 3, que apresentou uma interrupção no cordão de solda indicado pela seta, em um ponto que está bem destacado na imagem segmentada, onde a falta de continuidade tem aspecto escuro do ar e o cordão de solda é denso e branco.

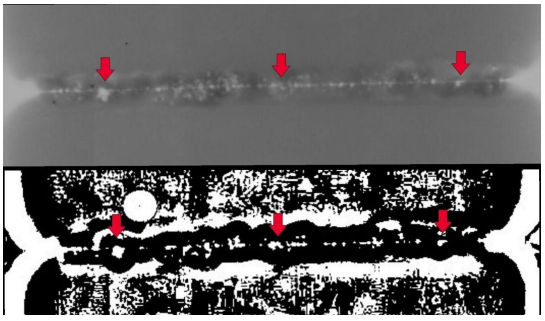
Figura 3- Imagem comparativa entre a radiografia e a imagem segmentada da Amostra 3.



Fonte: Autores

Na amostra 4 foi selecionada a imagem radiográfica na posição 0°, realizada utilizando a técnica de exposição parede simples vista simples, com os parâmetros de 130 kV, 3,3 mA, 3 s e 4 pF. E para a segmentação foi utilizado o filtro Midgrey no programa Image J. A Figura 4 mostra a comparação entre a radiografia e a segmentação da Amostra 4. A qual foi feita propositalmente com porosidades para identificação na radiografia, onde a descontinuidade de poros aparece como pontinhos brancos no cordão da solda e da mesma maneira na imagem segmentada como indicam as setas.

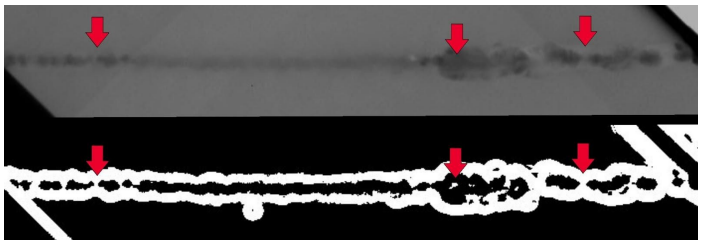
Figura 4- Imagem comparativa entre a radiografia e a imagem segmentada da Amostra 4.



Fonte: Autores

Na amostra 5 foi selecionada a imagem radiográfica na posição 0°, realizada utilizando a técnica de exposição parede simples vista simples, com os parâmetros de 110 kV, 2,6 mA, 3 s e 4 pF. E para a segmentação foi utilizado o filtro Bernsen no programa Image J. A Figura 5 mostra a comparação entre a radiografia e a segmentação da Amostra 5, que apresentou rupturas no cordão da solda e porosidades no interior da parte mais espessa do mesmo onde indicam as setas, mas as mesmas só podem ser identificadas pela imagem segmentada, na qual a solda tem aspecto escuro e as descontinuidades tem aspecto branco representando o ar na ruptura.

Figura 5 - Imagem comparativa entre a radiografia e a imagem segmentada da Amostra 5.



Fonte: Autores

Nem todas as amostras seguiram os parâmetros referenciais da norma, que indica os limites de aplicação da tensão dos raios X em função da espessura dos materiais e ao da norma. Pelo modo de detecção ter sido feito digitalmente é possível que este seja o principal motivo da variação dos parâmetros radiográficos utilizados para aquisição das imagens. Com a segmentação das imagens foi possível delimitar melhor o cordão da solda e consequentemente detectar as descontinuidades presentes no mesmo, facilitando a visualização para o controle de qualidade.

## CONCLUSÃO

Não foi possível aderir todas as técnicas propostas pela norma e pelo manual, de maneira que se fez necessário a mudança dos parâmetros para obtenção uma boa qualidade de imagem, com contraste e resolução espacial adequados para visualização da solda contida nas amostras. Com a utilização dos filtros de segmentação foi possível destacar e delimitar melhor o cordão de solda e suas descontinuidades, para maior facilidade no diagnóstico e controle de qualidade da soldagem.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que possibilitaram a realização deste artigo. Em especial as empresas Tecnofer Industrial e Tecnotooling Mechanical que cederam as amostras para análise. Ao laboratório de tomografia industrial dos Institutos Lactec, que cedeu a cabine de ionização para a realização das radiografias.

## REFERÊNCIAS

1. ABENDI. *Ensaios Não Destrutivos e Inspeção.* 2019. Disponível em : <http://www.abendi.org.br/abendi/default.aspx?mn=630&c=17&s=>. Acesso em 04 jun.2019.
2. ANDREUCCI, Ricardo**.** *Radiologia Industrial.* 2017. Disponível em: <http://www.abendi.org.br/abendi/Upload/file/radiologia_maio_2017.pdf>. Acesso em: 30 mai. 2018.
3. PROAQT. *Inspeção de solda por raio X.* Osasco. Disponível em: <http://www.proaqt.com.br/inspecao-solda-raio-x>. Acesso em: 30 mai. 2018.
4. QUITES, Almir. *Inspeção de Juntas Soldadas por Radiografia.* 2009. Volume 1, 6-8.
5. W. C. GODOI. Tese de Mestrado. *Detecção de Defeitos em Isoladores Poliméricos Por Radiografia Digital*, UFPR, 2005.
6. EN 1435:1997 Non-destructive examination of welds. Radiographic examination of welded joints