



CLASSIFICAÇÃO DE SINAIS ULTRASSÔNICOS PRÉ-PROCESSADOS PELA TRANSFORMADA DE FOURIER ATRAVÉS DAS REDES NEURAIIS ARTIFICIAIS UTILIZANDO A TÉCNICA PULSO ECO PARA IDENTIFICAÇÃO DE DEFEITOS EM JUNTAS SOLDADAS DE AÇOS ESTRUTURAIS

Renata T. M. Sotero¹, Maria Cléa S. de Albuquerque², Francisco G. de Paula³, Cláudia T. T. Farias⁴,
Eduardo F. de Simas Filho⁵

¹Graduanda, Engenharia Industrial Mecânica – LEUS/GPEND/IFBA. email: renata.sotero@hotmail.com

²Drª Engenharia de Processos - LEUS/GPEND/IFBA. e-mail: cleaalbuquerque@ifba.edu.br

³Graduando, Engenharia Mecânica - LEUS/GPEND/IFBA. e-mail: franciscodepaula@ifba.edu.br

⁴Drª Engenharia Metalúrgica e de Materiais - LEUS/GPEND/IFBA. email: cfarias@ifba.edu.br

⁵Dr Engenharia Elétrica – DEE/UFBA, email: eduardosimas@gmail.com

Resumo: É devido à necessidade de garantir a segurança e integridade dos equipamentos, que os ensaios não destrutivos têm sido cada vez mais utilizados no setor industrial. Dentre esses, a técnica ultrassônica pulso eco é a mais utilizada na indústria, principalmente pela sua simplicidade e eficiência. Apenas com um transdutor é possível emitir o pulso ultrassônico e receber o eco. As Redes Neurais Artificiais (RNA's) constituem técnicas de Inteligência Artificial que, treinadas adequadamente, aliam-se aos ensaios de inspeção tornando-se uma ferramenta poderosa na detecção e identificação de falhas. Neste trabalho a técnica pulso eco foi utilizada para detectar descontinuidades em juntas soldadas, onde RNA's foram alimentadas a partir das informações obtidas através de técnicas de processamento digital de sinais (Transformada de Fourier), para identificar e classificar três classes distintas de defeitos. Os resultados permitiram observar que com a combinação da extração de características através da transformada de Fourier e a classificação com redes neurais é possível se obter um sistema automático de detecção de defeitos em juntas soldadas com eficiência média satisfatória.

Palavras-chave: ensaios não destrutivos, processamento digital de sinal, redes neurais, pulso eco, ultrassom

1. INTRODUÇÃO

Os Ensaios não destrutivos são cada vez mais utilizados na detecção de defeitos em juntas soldadas, como forma de garantir a confiabilidade e a qualidade dos equipamentos e produtos industriais. Durante o processo de fabricação, descontinuidades podem surgir e, se não forem detectadas e reparadas, poderão causar grandes danos.

Entre os diversos ensaios ultrassônicos, o método Pulso Eco é muito utilizado. Uma das vantagens desta técnica é sua grande sensibilidade na detecção de descontinuidades pequenas e precisão na detecção de descontinuidades no campo próximo do feixe sônico (VEIGA et al., 2003). Na técnica por pulso eco, são introduzidos no material, pulsos emitidos pelo transdutor em intervalos de tempo uniformes (SANTIN, 2003). Um único transdutor emite e recebe as ondas ultrassônicas, permitindo a localização, as dimensões e as descontinuidades presentes na peça.

As Redes Neurais Artificiais (RNA's) são ferramentas matemáticas não lineares inspiradas na funcionalidade dos neurônios biológicos, aplicadas no reconhecimento de padrões, previsão e otimização de sistemas complexos (BRUMATI, ca 2005). As RNA's são capazes de adquirir conhecimento a partir dos exemplos utilizados para treinamento e generalizar para novas entradas que não estavam presentes no conjunto de treino (VEIGA, 2003).

Neste trabalho, as Redes Neurais Artificiais (RNA's) foram utilizadas para auxiliar na distinção dos sinais ultrassônicos de três classes distintas de defeitos em juntas soldadas de aços estruturais previamente produzidas. Para auxiliar no seu melhor desempenho, as RNA's passaram por um processamento digital utilizando a Transformada de Fourier, uma ferramenta muito utilizada no processamento de sinais ultrassônicos para constatar diferentes componentes de frequência dos sinais

(FARIAS, 2006). Esta transformada permite a representação de sinais definidos no tempo no domínio da frequência (KRÜGER, 1996).

2. MATERIAL E MÉTODOS

O material utilizado para o desenvolvimento deste trabalho consistiu em uma chapa de aço comum ao carbono soldada pelos processos de soldagem ao arco elétrico TIG e Eletrodo Revestido. Suas dimensões são exibidas na Figura 1 abaixo. Durante a soldagem, alguns defeitos como falta de penetração, porosidade e inclusão de escória foram inseridos propositamente e aleatoriamente ao longo da peça. Suas dimensões são exibidas na Figura 1 abaixo.

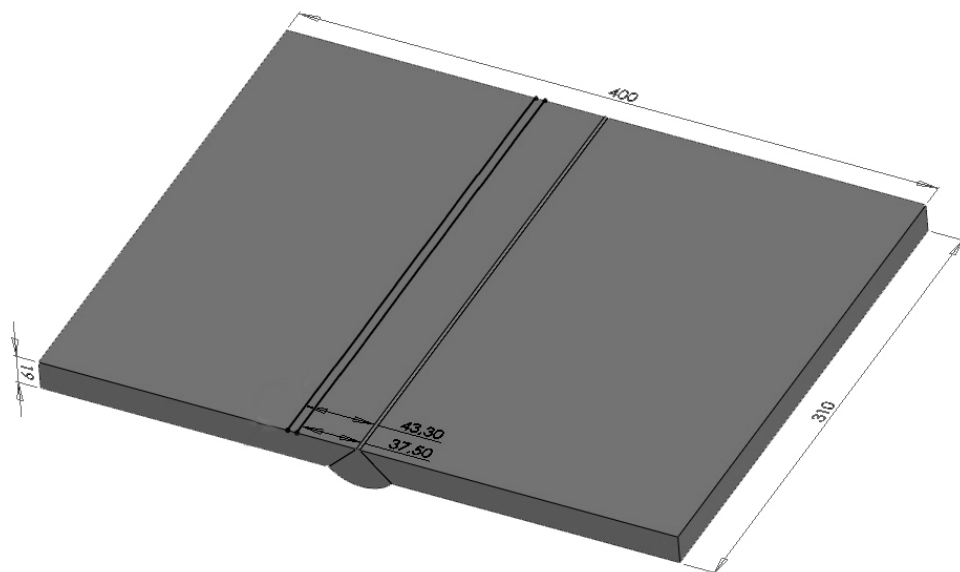


Figura 1- Dimensões da chapa de aço

A metodologia empregada no desenvolvimento do trabalho consistiu na realização de ensaios ultrassônicos por pulso eco, para obter sinais das regiões do corpo de prova que apresentavam defeitos, identificadas primeiramente por um ensaio radiográfico. Foram adquiridos 100 sinais de cada região: sem defeito, e daquelas regiões onde haviam sido identificadas: porosidades, falta de penetração e inclusões de escória. O sistema utilizado para a aquisição de sinais consistiu de um gerador de impulsos, um osciloscópio e um computador.

Para a aquisição de sinais de ensaios de pulso eco, foram demarcadas duas linhas paralelas ao cordão de solda. A primeira linha foi traçada com uma distância de 37,50 mm em relação ao cordão de solda e a segunda, com 43,30 mm. Tais distâncias foram escolhidas devido à interferência do campo próximo do transdutor em relação a distâncias menores ao cordão de solda.

Em seguida, utilizando o ambiente computacional MATLAB, os sinais ultrassônicos foram pré-processados (conforme a figura 2), através da Transformada de Fourier para alimentar o treinamento da RNA. Foram utilizados aproximadamente 70% dos sinais de cada região para a formação das Redes Neurais e 30% para a realização do teste.

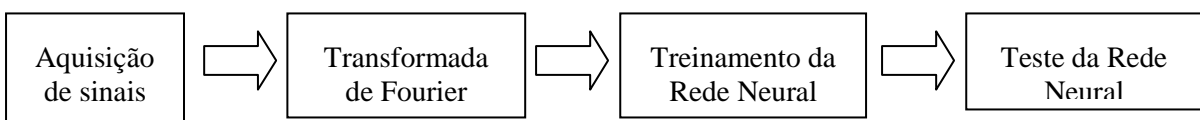


Figura 2- Fluxograma do Classificador Neural (SOUZA, 2012)

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na etapa de aquisição foram obtidos 100 sinais de cada uma das regiões com e sem os defeitos de solda: inclusão de escória, falta de penetração e porosidade. A Transformada de Fourier foi aplicada no pré-processamento do sinal. Em seguida foram feitos aproximadamente 30 treinamentos da Rede Neural e a rede de melhor desempenho escolhida para operação do sistema.

A Figura 3 apresenta os sinais típicos do eco no domínio do tempo para as quatro regiões. Os sinais típicos do domínio da frequência são ilustrados na Figura 4.

Para demonstrar a eficiência do discriminador, a Tabela 1 apresenta os resultados obtidos pelo classificador neural alimentado pela transformada discreta de Fourier. Analisando os dados pode-se observar que a maior eficiência foi obtida para a classe de porosidade (83%). O maior erro foi para a região de inclusão de escória (60%). Assim, foi atingido uma eficiência média (geométrica) de 73,5%.

SOUZA (2012) comparou a aplicação das técnicas de processamento digital de sinais, Fourier e Wavelet, na identificação de falhas em juntas soldadas. Em comparação aos seus estudos, vimos que há uma semelhança nos resultados obtidos, provando assim que a técnica é válida para detecção de defeitos em juntas soldadas de uma chapa de aço carbono.

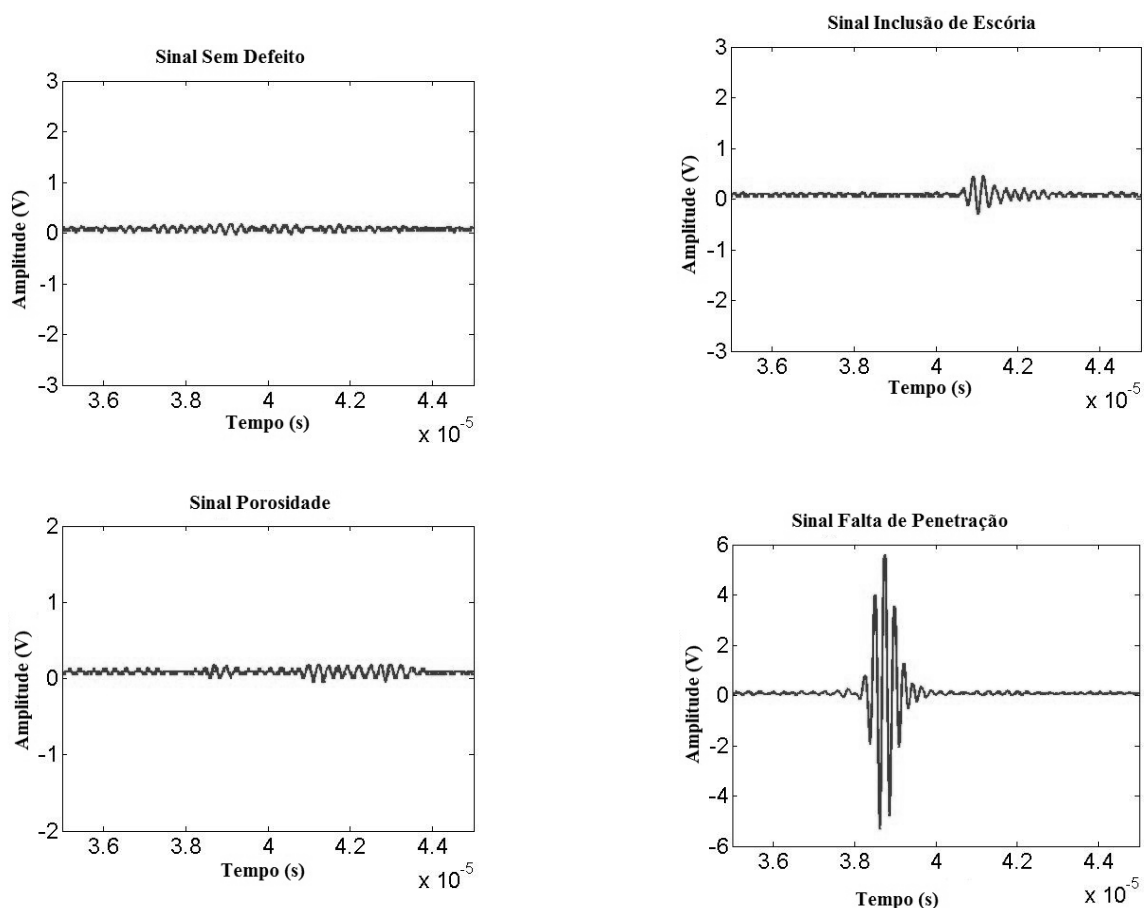


Figura 3- Sinais típicos de pulso eco de regiões sem defeito, com inclusão de escória, porosidade e falta de penetração.

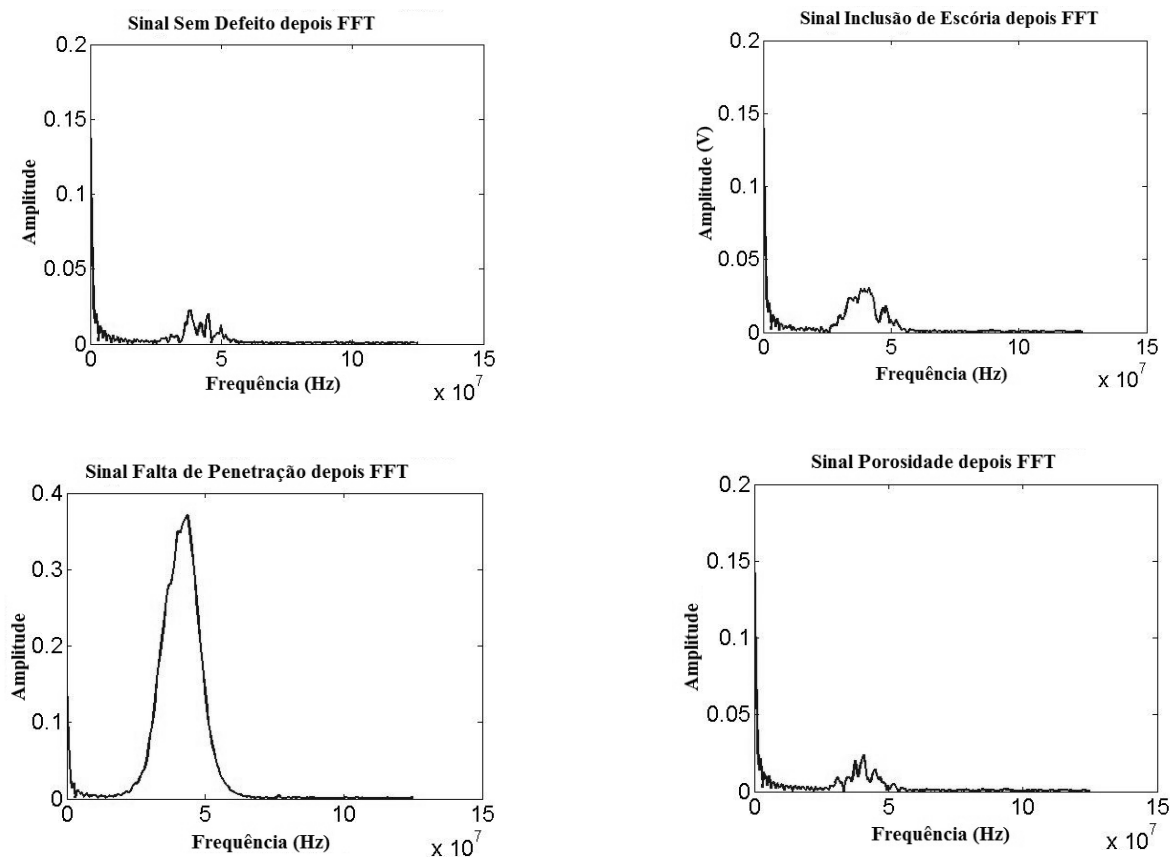


Figura 4 - Sinais típicos após o pré-processamento pela Transformada de Fourier obtidos das regiões sem defeito e contendo inclusão de escória, porosidade e falta de penetração

Tabela 1 – Matriz de confusão (em %) obtida após o treinamento de um classificador neural alimentado pelos coeficientes da Transformada de Fourier.

Classes	Sem defeito	Falta de Penetração	Inclusão de Escória	Porosidade
Sem defeito	69	8	12	12
Falta de Penetração	4	82	4	3
Inclusão de Escória	3	1	60	2
Porosidade	24	9	24	83

4. CONCLUSÕES

Os ensaios não destrutivos são importantes para garantir a confiabilidade de equipamentos e estruturas. O ensaio ultrassônico na configuração pulso eco é muito utilizado por apresentar características como simplicidade de execução e eficiência na detecção de discontinuidades. Neste trabalho foi proposto um sistema automático para a identificação de defeitos em juntas soldadas que combinou o pré processamento dos sinais ultrassônicos pela transformada de Fourier, com um classificador baseado numa rede neural artificial. Foi alcançada uma eficiência média de 73,4% para as classes de interesse no problema.



AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FAPESB pelo apoio financeiro concedido durante a realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS

BRUMATTI, M., **Redes Neurais Artificiais**, Vitória, Espírito Santo, ca 2005.

FARIAS, C. T. T., **Utilização das Ondas Ultra-sônicas de Lamb na Inspeção de Materiais Compósitos Laminados Fibra-Metal**. Dissertação de Doutorado em Engenharia Metalúrgica e de Materiais, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil, 2006.

KRÜGER, S. E., **Análise Espectral de Ecos e Sinal Retroespalhado Ultra-sônicos Aplicada a Detecção de Danos por Hidrogênio em Aço**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Metalúrgica e de Materiais) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1996;

SANTIN, J. L. **Ultra-som: técnica e aplicação**. 2 ed. Curitiba: Artes Gráficas e Editora Unificado, 2003;

SOUZA, I.S.S., ALBUQUERQUE, M.C.S., FILHO, E.F.S., FARIAS, C.T.T., **Signal Processing Techniques for Ultrasound Automatic Identification of Flaws in Steel Welded Joints – A Comparative Analysis**, 18th World Conference on Nondestructive Testing, Durban, South Africa, 2012.

VEIGA, J. L. B. C., ALVES, A. C., SILVA, I. C., REBELLO, J. M. A., **Automação da Análise do Ensaio Ultra-Sônico Pulso-Eco Utilizando Redes Neurais Artificiais**, In: PANDT, Rio de Janeiro, 2003.