

## Detecção de falhas em um tubo por via sonora utilizando Sistema Imunológico Artificial

Igor F. Merizio<sup>1</sup>

DEM/UNESP, Ilha Solteira, SP

Fabio R. Chavarette<sup>2</sup>

DEFM/IQ/UNESP, Araraquara, SP

Roberto Outa<sup>3</sup>

FATEC, Araçatuba, SP

Thiago C. Moro<sup>4</sup>

DEC/UNESP, Ilha Solteira, SP

Luiz G. P. Roefero<sup>5</sup>

DEMA/ITA, São José dos Campos, SP

É apresentada neste trabalho uma proposta inovadora de detecção de falhas em tubos por meios acústicos utilizando um Sistema Imunológico Artificial (SIA). O SIA baseado no Algoritmo de Seleção Negativa [2] deve ser capaz de distinguir os sinais da estrutura em situação normal e com falhas, através do cálculo da afinidade entre cada sinal e o banco de dados do funcionamento da estrutura, sem emitir falsos-positivos ou cometer equívocos na classificação. Os resultados apresentados neste trabalho mostram que é possível detectar falhas em tubos por meios acústicos utilizando um SIA, sendo esta uma proposta inovadora em sua área de aplicação.

O Sistema de Monitoramento de Integridade Estrutural tem seu funcionamento dividido em duas etapas: Censuriamento e Monitoramento. Na primeira fase o SIA deve aprender sobre o funcionamento normal do sistema, em seu estado saudável. No censuriamento gera-se o conjunto de detectores próprios, que são compostos por um grupo de sinais em situação normal e será utilizado no monitoramento dos dados. Os detectores funcionam como parâmetro de comparação para a identificação da falha, esse conjunto recebe o nome de *base-line*. No monitoramento é feita a discriminação entre os sinais como sendo próprio ou não-próprio. Ou seja, os dados são analisados e comparados com os detectores criados anteriormente. Executa-se o módulo de detecção após a aquisição analisando o casamento entre os sinais. Neste trabalho é utilizado o critério de casamento parcial. Sendo a afinidade superior a taxa de afinidade calculada o SIA categoriza o sinal como próprio, caso contrário como não-próprio - e uma falha estrutural é detectada [1, 4].

O sinal experimental é coletado de um tubo cilíndrico de 1 metro de comprimento, com um alto-falante em uma extremidade e uma tampa em outra, feito de PVC. Ao centro da tampa translada horizontalmente uma sonda com um microfone acoplado. Um sinal senoidal de frequência determinada é emitido pelo alto falante. Conforme detalhado no artigo de [1], a coleta experimental é realizada seguindo a normal ISO10534-1(1996). É coletada a pressão sonora da onda estacionária no interior do tubo, formada de acordo com a teoria de transmissão e reflexão [3].

Foram utilizados 13 sinais da estrutura no SIA, 10 em situação normal (sinais 1 ao 10) e 3 em situação de falha (11 ao 13). A Tabela 1 exhibe os resultados da detecção de falhas, o tempo de processamento foi de 0.0044 segundos.

<sup>1</sup>igorfeliciani@gmail.com

<sup>2</sup>fabio.chavarette@unesp.br

<sup>3</sup>roberto.outa@gmail.com

<sup>4</sup>thiago.moro@unesp.br

<sup>5</sup>roefero@ita.br

Tabela 1: Resultados do SIA para a frequência de 500 Hz.

Coleta	Afinidade	Variância	Desvio Padrão
1	100.00%	0.0000000	0.000000000
2	86.00%	0.0000011	0.001060993
3	84.00%	0.0000009	0.000963905
4	81.00%	0.0000011	0.001039188
5	81.00%	0.0000011	0.001030667
6	90.00%	0.0000011	0.001044879
7	86.00%	0.0000008	0.000915053
8	88.00%	0.0000010	0.001009376
9	83.00%	0.0000011	0.001025656
10	85.00%	0.0000011	0.001033977
11	12.00%	0.0000005	0.000737765
12	12.00%	0.0000004	0.000622451
13	14.00%	0.0000008	0.000884878

O SIA foi capaz de identificar as 10 curvas do sistema em situação normal e diferenciar as 3 em situação de falha, através da afinidade. De acordo com [4], é recomendado a utilização de até 70% dos sinais normais da estrutura. No caso do algoritmo desenvolvido, somente uma curva em situação normal foi utilizada - parâmetro suficiente para o aprendizado do SIA.

Sendo a taxa de afinidade calculada 76,92%, o SIA identificou as curvas de 1 a 10 como sendo da estrutura saudável e as curvas 11 a 13 em situação de falha, o que é equivalente a 0 falsos positivos e 0 equívocos cometidos pelo sistema. Com uma taxa de acerto de 100%.

O Sistema Imunológico Artificial mostrou-se robusto e eficaz na discriminação dos sinais como próprio e não-próprio, provando ser uma ferramenta alternativa na detecção de falhas em tubos. O SIA, ainda, pode ser aplicado no sinal de vibração do tubo, além da acústica, apresentando resultados interessantes.

## Agradecimentos

Os autores agradecem à Fapesp (Proc.No.2018 / 16447-8 e Proc.No.2019 / 10515-4), ao CNPq (Proc.No.312972/2019-9), ao Laboratório SISPLEXOS e a UNESP pelo apoio.

## Referências

- [1] Feliciani M., I.; Chavarette, F. R.; Outa, R. Caracterização de um tubo de impedância acústica via computação natural. *Colloquium Exactarum*. ISSN: 2178-8332, v. 11, n. 4, p. 62-72, 26 nov. 2019. DOI: 10.5747/ce.2019.v11.n4.e297.
- [2] Forrest, S. A.; Perelson, A. L.; Cherukuri, R. Self-nonsel self discrimination in a computer. In: IEEE Symposium On Research In Security And Privacy, 1., 1994, Oakland. Proceedings? Oakland: IEEE, 1994. p. 202-212.
- [3] L. E. Kinsler, A. R. Frey, and A. B. Coppens. *Fundamentals of acoustics, 4th. Edition*. Hoboken: John Wiley & Sons, Wiley-VCH, 1999.
- [4] Lima, F. P. A. Monitoramento e identificação de falhas em estruturas aeronáuticas e mecânicas utilizando técnicas de computação inteligente. Dissertação de mestrado em Engenharia Mecânica. Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista - UNESP, Ilha Solteira - SP, 2014.