



## TRATAMENTO DE IMAGENS DE TOMOGRAFIA POR MICRO-ONDAS COM ALGORITMOS LPA2v

**Gustavo Costa Pereira da Silva, Dr. Arnaldo de Carvalho Junior, Raimundo Eider Figueredo  
 Sobrinho, Dr. Alexandre Manicoba de Oliveira.**

IFSP – costa.gustavo1@aluno.ifsp.edu.br, IFSP – adecarvalhojr@ifsp.edu.br, IFSP – raimundo@labmax.org, IFSP – amanicoba@labmax.org.

**Resumo** – Reflexões de ondas eletromagnéticas na frequência de micro-ondas de baixa intensidade, irradiadas por uma Antena Vivaldi Antipodal (AVA) podem ser captadas e tratadas através da Lógica Paraconsistente Anotada de dois valores (LPA2v). Aplicando esta técnica em tecidos biológicos, pode-se tornar uma ferramenta eficaz para o tratamento de imagens de tomografia. Este artigo propõe a revisão do algoritmo utilizado no processamento das imagens de tomografia por micro-ondas com a inclusão da LPA2v, com excelentes resultados em um phantom de prova.

**Palavras-chave:** AVA; LPA2v; TDR; NAP; CNAPap<sub>CTX</sub>.

### INTRODUÇÃO

Levando em consideração que um tecido biológico traz consigo constantes dielétricas, pode-se adotar modelos matemáticos ou até mesmo algoritmos que são capazes de decifrar as informações coletadas por uma antena que irradiará micro-ondas, interagindo assim com a radiação eletromagnética produzida pelo próprio tecido. Essa forma de decifrar as informações é feita por meio da produção das imagens, permitindo assim, a visualização do contraste das regiões analisadas [1], [2].

O algoritmo utilizado neste artigo será a Lógica Paraconsistente Anotada de dois valores (LPA2v) que, atualmente vem sendo pautada em pesquisas e trabalhos acadêmicos, como uma nova ferramenta matemática [3], tornando-se capaz de ser utilizada em diversas aplicações, incluindo no tratamento de imagens [3], [4] podendo, estas serem geradas por micro-ondas.

A antena utilizada para irradiar micro-ondas e causar reflexos distintos para que a LPA2v faça o tratamento da imagem, será a Antena Vivaldi Antipodal (AVA) que dispõem de diversas aplicações, incluindo a de imagens médicas [1], [2], [5]. Este trabalho busca revisar o algoritmo LPA2v utilizada no processamento de imagens oriundas da AVA, realizar testes e se possível, corrigir erros.

### DESENVOLVIMENTO

Antes da inserção do uso da LPA2v no processamento de imagem de tumores em tecidos biológicos, o fluxograma funcionava em três estágios: Aquisição de dados; Pré-processamento de sinais; e Extração de envelope quadrático [2]. No primeiro estágio, os dados do *Time Domain Reflectometer* (TDR) ( $i[n]$ ) foram retirados da simulação feita com a AVA. No segundo estágio, divide-se em três etapas: subtração de fundo do sinal (1), função absoluta (2) e energia de Shannon (3). O terceiro estágio, acontece em duas etapas: a função de envelope (4) e a função quadrática (5) [1].

$$s[n] = i[n] - i[1] \quad (1)$$

$$a[n] = ABS(s[n]) \quad (2)$$

$$e[n] = a[n]^4 \times \ln(a[n]^4) \quad (3)$$

$$v[n] = ENV(e[n]) \quad (4)$$

$$q[n] = v[n]^4 \quad (5)$$

Com a inclusão da LPA2v nesse processo, o fluxograma acaba ganhando algumas modificações, como: a inclusão do Nível Médio de Ruído com Paraextrator LPA2v no primeiro estágio e no terceiro, a inclusão do Envelope com filtro LPA2v como mostrado na figura 1.

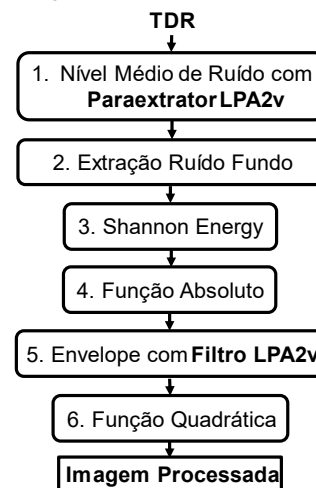


Figura 1 – Fluxograma do Processamento de Imagem.

Um elemento capaz de tratar um sinal concebido de um grau de evidência e outra de evidência desfavorável, fornecendo uma saída de grau de evidência resultante, baseando-se na Lógica Paraconsistente, é chamado de nó de Análise Paraconsistente [6], [7]. O algoritmo do Nó de Análise Paraconsistente é visto abaixo:

#### Algoritmo do Nó de Análise Paraconsistente (NAP)

**Entre com os valores de Entrada.**

$\mu$  \*/ Grau de Evidência favorável  $0 \leq \mu \leq 1$

$\lambda$  \*/ Grau de Evidência desfavorável  $0 \leq \lambda \leq 1$

**Calcule o Grau de Contradição Normalizado.**

$$\mu_{CTR} = \frac{GCT + 1}{2} = \frac{\mu + \lambda}{2}$$

**Calcule o Intervalo de Evidência Resultante**



$$\varphi_E = 1 - |2\mu_{CTR} - 1|$$

Calcule o Grau de Certeza.

$$G_C = \mu - \lambda$$

Calcule o Grau de Contradição

$$G_{CT} = \mu + \lambda - 1$$

Calcule a distância D

$$D = \sqrt{(1 - |G_C|)^2 + G_{CT}^2}$$

Calcule o Grau de Certeza Real

Se  $G_C > 0$ ,  $G_{CR} = (1 - D)$

Se  $G_C < 0$ ,  $G_{CR} = (D - 1)$

Se  $D \geq 1$ ,  $G_{CR} = 0$

Calcule a saída do Grau de Evidência Resultante real

$$\mu_{ER} = \frac{G_{CR} + 1}{2}$$

O algoritmo Paraextrator LPA2v utiliza esses Nós para filtrarem os efeitos da contradição, até encontrar o grau de evidência resultante. Desta forma, o algoritmo Paraextrator é capaz de extrair gradativamente os efeitos da contradição em sinais de informação originados de banco de dados de conhecimento incerto [7] como o utilizado neste trabalho. Pode-se representar o Algoritmo Paraextrator da seguinte forma:

1. Apresente os  $n$  graus de evidência ( $\mu$ ) da análise;
2. Selecione o maior valor ( $\mu_{max}$ ): Faça  $\mu = \mu_{max}$ ;
3. Selecione o menor valor ( $\mu_{min}$ ): Faça  $\lambda = 1 - \mu_{min}$ ;
4. Execute a análise do NAP;
5. Exclua os valores  $\mu_{max}$  e  $\mu_{min}$  da base de dados em análise;
6. Adicione a saída do NAP ( $\mu_{ER}$ ) à base de dados em análise;
7. Retorne ao passo 1 até que reste somente um valor na base de dados em análise;
8. Faça este valor ser a saída final da análise do Paraextrator.

A composição de uma Rede Neural Artificial Paraconsistente, é preciso ter Células Neurais Artificiais Paraconsistentes [8], a que melhor se destaca atualmente é a Célula Neural Artificial Paraconsistente de Aprendizagem por Extração da Contradição (CNAPap<sub>CTX</sub>) [9]. Pode-se representar a função célula CNAPap<sub>CTX</sub> da seguinte forma, levando em consideração que  $F_L$  é o fator de aprendizagem e pode variar de 0 a 1, sua função de transferência [10], portanto:

$$\frac{\mu_E(z)}{\mu(z)} = \frac{F_L}{1 - (1 - F_L)z^{-1}}$$

Para  $F_L=0.1$ , temos:

$$\frac{\mu_E(z)}{\mu(z)} = \frac{0.1}{1 - 0.9z^{-1}}$$

Para uma organização de 3 células em cascata, temos:

$$\frac{\mu_{E3}(z)}{\mu(z)} = \left(\frac{0.1}{1 - 0.9z^{-1}}\right) \left(\frac{0.1}{1 - 0.9z^{-1}}\right) \left(\frac{0.1}{1 - 0.9z^{-1}}\right)$$

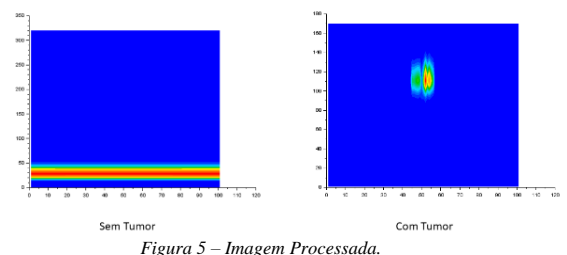
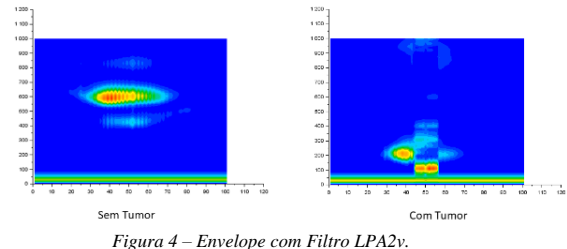
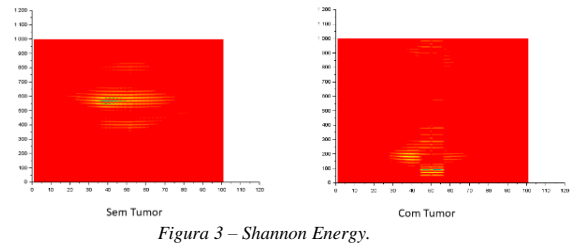
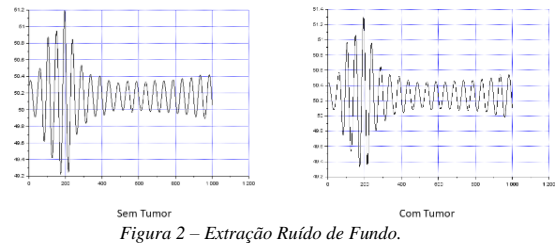
$$\frac{\mu_{E3}(z)}{\mu(z)} = \frac{0.001}{(1 - 0.9z^{-1})^3}$$

$$\frac{\mu_{E3}(z)}{\mu(z)} = \frac{0.001}{1 - 2.7z^{-1} + 2.43z^{-2} - 0.81z^{-3}}$$

Para por esses modelos em prática e realizar o processamento das imagens do presente trabalho, foi-se utilizado a ferramenta Scilab, versão 6.1.0.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

As primeiras alterações feitas no algoritmo desenvolvido no Scilab, inicialmente voltado para o Tratamento de Imagem de Câncer de Pulmão [1], foi uma pequena correção no Filtro LPA2v na terceira célula em cascata. O Fator de aprendizagem  $F_L$  utilizado para os testes, foi o de 0,1. Além disso, mudou-se os valores do grau de potencialização da imagem na Função Exponencial, elevando o valor a 5ª potência, a anterior utilizava o valor 4 [1] e buscando ter uma melhor seleção de pontos, foi-se alterado o valor dos pontos de seleção de trecho relevante para 320 pontos. Com isso, os testes do algoritmo para cérebro sem e com a presença de um tumor, revelou as seguintes formas:





Os parâmetros utilizados em ambos os experimentos são os mesmos, os resultados dos processos de Extração de ruído, Shannon Energy, Envelope com Filtro LPA2v e a Imagem Processada são vistos nas figuras 2, 3, 4 e 5 respectivamente.

Comparando as imagens da figura 5, temos a visível diferença entre um cérebro sem tumor e outro com a presença dessa anomalia.

#### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao programa de Iniciação Científica PIBIIFSP-2021 do Instituto Federal de São Paulo, campus Cubatão.

#### REFERÊNCIAS

- [1] R. E. Figueredo et al., "A Vivaldi Antenna Palm Tree Class with Koch Square Fractal Slot Edge for Near-Field Microwave Biomedical Imaging Applications," 2020 Third International Conference on Vocational Education and Electrical Engineering (ICVEE), 2020, pp. 1-6, doi: 10.1109/ICVEE50212.2020.9243220.
- [2] A. M. De Oliveira et al., "A Fern Antipodal Vivaldi Antenna for Near-Field Microwave Imaging Medical Applications," in IEEE Transactions on Antennas and Propagation, doi: 10.1109/TAP.2021.3096942.
- [3] CONCEIÇÃO MARIO, M. Modelo de análise de variáveis craniométricas através das Redes Neurais Artificiais Paraconsistentes. 2006. 176 p. Tese (Doutorado) – Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.
- [4] MARIO, M. C.; SILVA FILHO, J. I.; ABE, J.M. Modelo de Análise de Mamografias através do Uso de Lógica Paraconsistente Anotada para Auxílio de Diagnóstico de Patologias da Mama. Tópicos de Sistemas Inteligentes Baseados em lógicas não-classicas, p.97-115. 2016.
- [5] De Oliveira, Alexandre & Justo, J. & Perotoni, Marcelo & Kofuji, Sergio & Neto, Alfredo & Boeno, R. & Baudrand, Henri. (2016). A High Directive Koch Fractal Vivaldi Antenna Design for Medical Near-field Microwave Imaging Applications. Microwave and Optical Technology Letters. 59. 337. 10.1002/mop.30293.
- [6] SILVA FILHO, J. I. da. Analysis and Diagnosis of Cardiovascular Diseases through the Paraconsistent Annotated Logic. New Advances in inteligente Decision Technologies, v.199. p. 295-303. 2009.
- [7] da Silva Filho, João & Lambert-Torres, Germano & Ferrara, Luís & Mário, Maurício & Santos, Marcos & Onuki, Alexandre & Camargo, José & Rocco, A.. (2011). Paraconsistent Algorithm Extractor of Contradiction Effects - ParaExtctr. JSEA. 4. 579-584.
- [8] Minicz, Marcio & Matuck, Gustavo & Tasinaffo, Paulo & da Silva Filho, João. (2014). Célula Neural Artificial Paraconsistente de Aprendizagem por Extração do Efeito da Contradição. Seleção Documental.
- [9] DE CARVALHO JUNIOR, A. Proposta de Estimador de Qualidade de Enlace em Redes de Sensores Industriais Sem Fio Utilizando Rede Neural Artificial Paraconsistente. 2017. 196 p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Santa Cecília (UNISANTA), Santos-SP, 2017.
- [10] DE CARVALHO JUNIOR, A. Identificação e Controle de Sistemas Dinâmicos com Rede Neural Paraconsistente. 2021. 196 p. Tese (Doutorado) – Programa de Engenharia Elétrica, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2021.