OBTENÇÃO DE PARÂMETROS FRACIONÁRIOS UTILIZANDO MACHINE LEARNING NA ANÁLISE DO SINAL FOTOACÚSTICO

Gabriel Burack Rosa (BIC/FA), Aloisi Somer, e-mail: asomer@uepg.br.

Universidade Estadual de Ponta Grossa/Departamento de Física.

Física, Física da Matéria Condensada, Propriedades Térmicas da Matéria Condensada.

Palavras-Chave: *Redes Neurais, Fotoacústica, Propriedades Anômalas.*

Resumo

Este trabalho demonstra a eficácia de Redes Neurais Artificiais (RNAs) na determinação de parâmetros anômalos, a ordem da derivada fracionária (γ) e o tempo de relaxação térmico (τ), a partir do sinal fotoacústico utilizando arquiteturas Multilayer Perceptron (MLP), Long Short-Term Memory (LSTM) e dados sintéticos normalizados. O modelo de melhor desempenho (R1-LSTM1KN) alcançou um erro percentual de apenas 0,00063% para o expoente γ e um R² de 0.9999999994, validando o machine learning como uma boa ferramenta para obtenção de parâmetros fracionários do sinal fotoacústico.

Introdução

O sinal fotoacústico é gerado pela absorção da radiação modulada por um material, que produz variações periódicas de pressão. Ele resulta da combinação de duas componentes principais: a térmica, associada à difusão de calor no material, e a flexão termoelástica devido à expansão não uniforme do material. A utilização de modelos baseados em equações diferenciais fracionárias tem permitido descrever processos de difusão de calor materiais não-homogêneos (1). No entanto, o ajuste desse sinal apresenta alta complexidade e limitada confiabilidade quando feito por métodos convencionais, como Levenberg–Marquardt, devido ao grande número de parâmetros interdependentes que precisam ser estimados simultaneamente. Este trabalho propõe o uso de Redes Neurais Artificiais (RNAs) (2), buscando um método rápido e preciso para determinar estes parâmetros a partir da amplitude do sinal fotoacústico.

Materiais e Métodos

Utilizando o Wolfram Mathematica, foram geradas bases de dados sintéticos (1.000 e 2.000 curvas) para treinamento. Foram avaliadas diversas topologias de redes MLP e LSTM, com as 8 de melhor desempenho selecionadas para a análise comparativa. A avaliação de desempenho concentrou-se na capacidade das redes em prever os parâmetros de referência $\gamma = 0.8$ e $\tau = 5 \times 10^{-11}$ s considerando as propriedades térmicas e termoelásticas do alumínio. A etapa final envolveu a normalização dos dados de entrada para otimizar a precisão.

Resultados e Discussão

Foram testadas ao todo 16 arquiteturas de redes neurais variando número de camadas e de neurônios nas camadas. O aumento no volume de dados de treinamento de 1.000 para 2.000 curvas otimizou o desempenho em algumas arquiteturas. O fator principal que mais impactou o resultado é a normalização dos dados de entrada e de saída no mesmo intervalo. O melhor resultado da análise foi obtido pela rede R1-LSTM1KN, apresentando um erro percentual de 0,00063% na predição do fator γ e 0,21% no valor do τ. O ajuste para essa predição é mostrado na Figura 1.

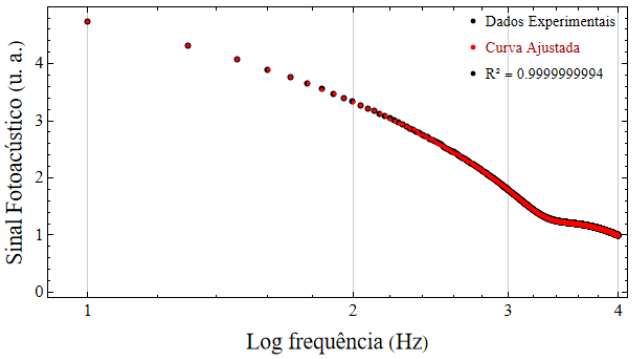


Figura 1. Ajuste da curva obtido pelo modelo R1-LSTM1KN

Conclusão ou Conclusões

Verificamos que as redes MLP e principalmente as LSTM apresentam boa convergência para obtenção de parâmetros fracionários. Assim, este trabalho estabelece uma base para a aplicação de redes neurais como ferramenta de análise na caracterização fototérmicas de materiais com comportamentos anômalos.

Agradecimentos

Agradecemos a Fundação Araucária, pelo suporte financeiro por meio de bolsa de iniciação científica e ao PIBIC/UEPG pela oportunidade.

1 - SOMER, A.; NOVATSKI, A.; LENZI, E. K. Theoretical predictions for photoacoustic signal: Fractionary thermal diffusion with modulated light absorption source**.** *European Physical Jounal Plus*, v. 134, p. 593, 2019. Disponível em: https://doi.org/10.1140/epjp/i2019-12900-y. Acesso em: 12 nov. 2024.
2 - HAYKIN, S. **Redes neurais**: princípios e prática. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001. 900 p.