

Análise da Correlação entre as Potências de Entrada e de Saída de um Amplificador à Fibra Dopada com Érbio

Ana Nora,¹ Marcela Pires,² Priscilla A. Sousa-Silva,³ Rafael A. Penchel,⁴ Ivan Aldaya⁵
Center for Advanced and Sustainable Technologies (CAST), UNESP, São João da Boa Vista, SP
Faculdade de Engenharia de São João da Boa Vista (FESJ), UNESP, São João da Boa Vista, SP

As aplicações multimídia, em combinação com a migração para plataformas de armazenagem e computação na nuvem e o desenvolvimento de redes de Internet das Coisas, tem emergido como fatores decisivos no aumento da demanda de capacidade de transmissão de dados na Internet [2]. Estes requerimentos de banda somente podem ser atendidos mediante a implantação de infraestruturas de fibra óptica. Porém, essas fibras apresentam perdas de transmissão que limitam o alcance dos enlaces, necessitando da utilização de amplificadores ópticos. Diversos tipos desses dispositivos foram desenvolvidos durante a década de 1980, passando a ser essenciais em sistemas de ondas luminosas já na década de 1990 [3]. Os amplificadores à fibra dopada com érbio (EDFA, do inglês *Erbium Doped Fiber Amplifier*) começaram a ser utilizados em sistemas multiplexados por divisão de comprimento de onda (WDM, do inglês *Wavelength Division Multiplexing*) a partir de 1995. Eles são capazes de amplificar simultaneamente vários canais e tem como meio de ganho o íon de érbio Er^{+3} , ou seja, o núcleo de suas fibras é dopado com esse elemento durante o processo de fabricação [3]. Essas fibras são bombeadas opticamente a fim de excitar os seus íons, causando a chamada inversão da população e favorecendo a probabilidade de emissão estimulada e, conseqüentemente o ganho óptico [1]. Os EDFAs apresentam alta potência de saída, baixa sensibilidade à polarização do sinal de entrada, uma figura de ruído relativamente baixa (4 dB a 6 dB) e sua tecnologia é madura e altamente comprovada. Porém, em sistemas WDM, os feixes do sinal competem pelos íons excitados da fibra e o ganho de cada um deles depende tanto da própria intensidade, como das intensidades dos outros feixes, levando à chamada modulação de ganho cruzado, a qual pode afetar o desempenho do sistema.

Neste trabalho, analisamos a modulação de ganho cruzado usando a matriz de correlação e discutimos os resultados em termos da dinâmica do amplificador. Os dados analisados foram obtidos mediante simulações de um EDFA de dois estágios realizadas no *software* VPI Transmission Maker. Ambos os estágios eram compostos por um laser de bombeio, um trecho de fibra e um isolador. Na primeira etapa, os íons foram bombeados a 980 nm e na segunda foi utilizado um bombeio de 1480 nm. Na simulação foram considerados 4 canais com potências de entrada aleatoriamente distribuídas entre -30 dBm e -10 dBm. Em total, 7412 combinações foram simuladas. Para a análise, utilizou-se o aplicativo Jupyter Notebook, onde os códigos foram implementados na linguagem Python. Após importar as bibliotecas *pandas* e *matplotlib*, importou-se os dados.

O próximo passo foi plotar a matriz de correlação cruzada, entre todas as potências de entrada e de saída, apresentada pela Figura 1. A escala à direita indica o coeficiente de correlação, onde os valores unitários representam total dependência entre os dados. A diagonal desse gráfico relaciona

¹ana.nora@unesp.br

²marcela.p.souza@unesp.br

³priscilla.silva@unesp.br

⁴rafael.penchel@unesp.br

⁵ivan.aldaya@unesp.br

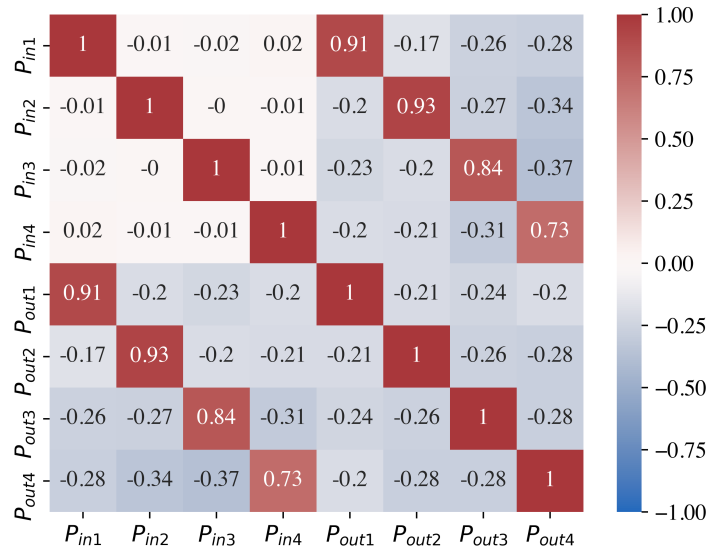


Figura 1: Gráfico da matriz de correlação cruzada entre todas as potências de entrada e de saída.

cada potência de entrada e de saída com ela mesma, apresentando coeficiente de correlação igual a 1. A correlação das potências de entrada entre diferentes canais é aproximadamente nula, o que já era esperado, uma vez que os níveis de potência de entrada foram obtidos usando variáveis aleatórias independentes. Observando a correlação entre a potência de saída e de entrada para cada canal, os canais 1 e 2 apresentam uma correlação superior a 0,9, enquanto que os canais 3 e 4 tem uma correlação significativamente menor, indicando que estes últimos estão mais afetados pela modulação de ganho cruzado. Já a correlação entre a potência de saída de um determinado canal e a de entrada dos outros canais apresenta valores negativos, o que é consequência da competição dos sinais pelos íons de érbio excitados na fibra. Dessa forma, aumentar a potência de um canal causará mais eventos de emissão estimulada, reduzindo a quantidade de íons excitados e, portanto, o ganho experimentado pelos outros canais.

A análise realizada neste trabalho demonstra uma correlação das potências de saída significativa, não unicamente com a potência de entrada do próprio canal, mas também com as dos outros canais. Esta característica sugere que para modelar com precisão a potência de saída, precisamos considerar todas as entradas simultaneamente. Assim, em caso de utilizar inteligência artificial, esta deve levar em conta a informação das potências de entrada de todos os canais.

Agradecimentos

Agradecemos ao CNPq pelo apoio fornecido por meio de PIBIC (proc. núm. 2715) e os projetos 432303/2018-9 e 311035/2018-3.

Referências

- [1] Govind Agrawal. **Sistemas de comunicação por fibra óptica**. Vol. 4. Elsevier Brasil, 2014.
- [2] “Cisco annual internet report (2018–2023) white paper”. Em: **San Jose, CA, USA** (2020).
- [3] Gerd Keiser. **Comunicações por Fibras Ópticas**. 4a. ed. Grupo A, 2014.