

Modelo Matemático do Ruído da Fibra Óptica do Espectrômetro Raman

Pedro Mendes Júnior¹, Patrícia Marcondes dos Santos², Landulfo Silveira Júnior³

UNIVAP/FEAU, Av. Shishima Hifumi, 2911 – Urbanova – São José dos Campos – S.P.,
pedro.mendes.jr@terra.com.br, patricia.marcondes@terra.com.br, landulfo@univap.br

Resumo- O presente trabalho tem como finalidade esboçar o modelo matemático do ruído embutido, ocasionado pela guiagem do laser utilizando cateter de fibra óptica e pelo forte sinal Raman, utilizado no experimento. Ruído este que pode estar mascarando um importante sinal coletado pelo espectrômetro Raman e que por simples subtração deste ruído não resolveria o problema, pois parte do sinal poderia estar contida no ruído, afetando no resultado final. Conhecendo o modelo matemático do ruído será possível obter o sinal sem a interferência do ruído.

Palavras-chave: modelo matemático, fibra óptica, Raman, ruído

Área do Conhecimento: engenharia biomédica

Introdução

O espalhamento Raman está relacionado à mudança de frequência de uma luz incidente espalhada pela matéria.

Descoberto pelo físico indiano Chandrasekhar Raman e descrito no artigo que ele publicou na revista Nature, em 1928, com co-autoria de K. S. Krishnan. Por esse trabalho, Raman recebeu o prêmio Nobel de Física em 1930.

O espalhamento Raman acontece quando fótons (partículas de luz) se chocam com moléculas de uma amostra que pode ser de gás, líquido ou sólido. Um fóton que atinge uma molécula pode ser espalhado, isto é, ter sua direção modificada.

Podemos considerar dois tipos de espalhamento: elástico quando o fóton se choca com a matéria não havendo a troca de energia e o inelástico, onde o fóton excita a molécula fornecendo ou retirando energia da mesma, este é o espalhamento Raman.

Portanto as frequências Raman estão relacionadas com a mudança de energia das excitações elementares de cada amostra. Mais especificamente, as frequências Raman correspondem às transições entre estados quânticos de excitações elementares (fônons, mágnons, estados eletrônicos, etc.) da matéria em estudo.

Técnicas de espectroscopia têm sido utilizadas para análise de tecidos biológicos, apresentando resultados bastante confiáveis, uma vez que se consiga adequar a técnica espectroscópica às informações necessárias para uma análise precisa da amostra (SILVEIRA JR., L. et al., 2001).

Outra modalidade de diagnóstico muito estudada nos últimos anos é conhecida como biópsia óptica. Nesta, é utilizada luz como fonte de excitação para se obter informações sobre o material a ser analisado. Uma técnica muito utilizada como biópsia óptica é a Espectroscopia Raman, onde esta técnica oferece informações

importantes sobre uma análise histoquímica e histopatológica de tecidos biológicos (MANOHARAN et al., 1996; RÖMER et al., 1998), além disso, uma bioanálise destes tecidos (BAENA et al., 2004; PAPPAS et al., 2000)

A espectroscopia Raman é uma poderosa ferramenta analítica para o estudo de mudanças físicas e químicas que ocorrem em tecidos biológicos, oferecendo inúmeras possibilidades de aplicações clínicas terapêuticas. Para a guiagem do laser são utilizados cateteres de fibras ópticas, onde os sinais da amostra depois de obtido contêm o ruído da fibra óptica embutida.

Por outro lado, Pilotto et al 2001 descreveram as dificuldades encontradas no uso do sistema Raman de fibra óptica, principalmente no que diz respeito à intensidade de ruído causado pelo forte sinal Raman emitido pela própria fibra óptica, interferindo diretamente no sinal do ácido láctico.

O objetivo deste trabalho é desenvolver uma ferramenta matemática para eliminar o ruído causado pela fibra óptica quando um material biológico é analisado pelo Raman via cateteres.

Metodologia

Foram analisados seis sinais biológicos coletados pela fibra óptica no espectrômetro Raman: 2 sinais de dente com o ruído da fibra, 2 sinais de colesterol com o ruído da fibra e 2 sinais somente da fibra, sem material biológico.

Os sinais foram coletados no espectro Raman dispersivo. O diagrama em blocos do sistema Raman é mostrado na figura 1. Um laser de argônio de 5W é usado para bombear um laser de estado sólido de Ti:safira. O laser de argônio foi instalado e alinhado de maneira a fornecer a máxima potência. O laser de Ti:safira foi instalado e alinhado de maneira a fornecer a máxima ação laser nos comprimentos de onda sintonizáveis entre 750 e 950nm.

O sinal Raman espalhado na amostra é coletado a 90 graus utilizando-se filtros de rejeição do tipo notch e focalizados na entrada da fenda do espectrógrafo. Os filtros notch eliminam a luz Rayleigh espalhada e transmitem o sinal Raman para o espectrógrafo para dispersão.

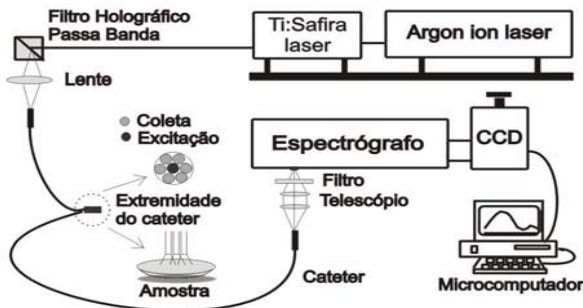


Figura 1: Sistema de espectroscopia Raman bancada.

A luz dispersada pelo espectrógrafo é detectada por um CCD Deep Depletion refrigerado por nitrogênio líquido. O CCD, em conjunto com uma interface de controle e um microcomputador são usados para controlar, gravar e processar o sinal Raman. O comprimento de onda de excitação do laser de Ti:safira passa por um filtro holográfico "passa-faixa", eliminando a luz indesejada, transmitindo somente o comprimento de onda desejado. Então, o laser de excitação é focalizado na amostra após passar pela óptica de dispersão.

Resultados

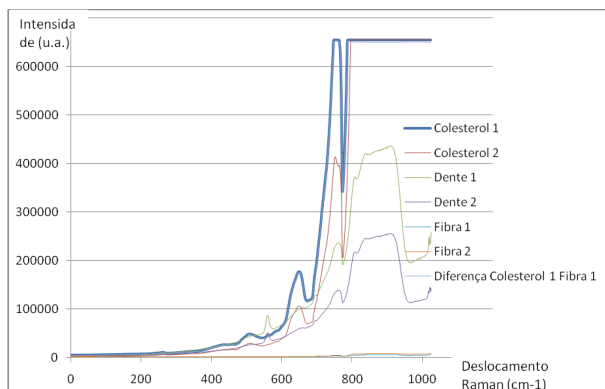


Gráfico 1: Amostra de todos os sinais analisados

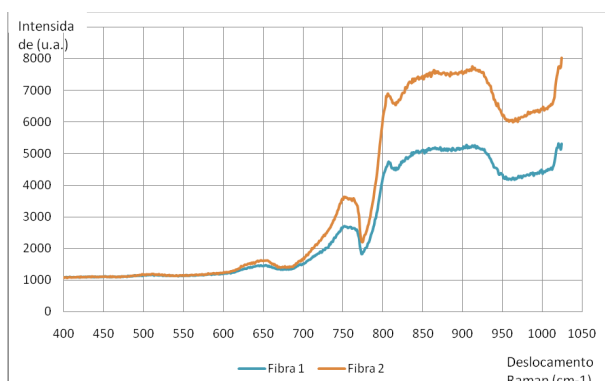


Gráfico 2: Amostra apenas do ruído

Discussão

Atualmente a medicina vem buscando novas técnicas de diagnóstico minimamente invasivas, já que muitas destas técnicas são realizadas com procedimentos cirúrgicos, como exemplo a biópsia tecidual. Muitas destas técnicas invasivas de diagnósticos estão sendo substituídas por Resonâncias Magnética, ultra-som, angiocoronariografia seletiva, entre outros (WOLFSON, LEACH, 2006; BRAUNWLAD, 1999).

A espectroscopia Raman vem abrindo novas frentes para a prática da biópsia óptica, as mais novas são as técnicas de diagnóstico minimamente invasivas, utilizando cateteres à fibra óptica (LIMA et al., 2000), dentre alguns destes estudos estão o diagnóstico de cânceres em bexiga e próstata (CROW et al., 2005), e a detecção de placas de aterosclerose (MOTZ, 2003; NOGUEIRA et al., 2005).

As fibras ópticas utilizadas para manufaturar os cateteres utilizados em Espectroscopia Raman apresentam algumas regiões de picos característicos da sílica, material de que é constituída a fibra óptica (LIMA et al., 2000).

A espectroscopia Raman é uma técnica de espectroscopia vibracional usada para determinação de estrutura molecular e para a identificação e quantificação de materiais. Aliada a utilização de cateteres de fibra óptica tem apresentado soluções importantes no campo da medicina, com exames menos invasivos, pós operatórios sem complicações e resultados mais rápidos. (LIMA et al., 2000). Devido à constituição dos cateteres é necessária a identificação da modelo matemática que rege a interferência (ruído) causada pela fibra óptica no sinal Raman recolhido na amostra biológica.

Conhecendo o modelo matemático do ruído será possível obter o sinal sem a interferência do ruído.

Conclusão

Até o momento não foi encontrado uma equação matemática que represente o ruído da fibra óptica, como o ruído não é uma forma de onda simples conhecida, os resultados encontrados não foram satisfatórios.

Para os próximos ensaios serão utilizados softwares de manipulação de gráficos, como: Mathematica 6, OriginPro 7, Grams 8 e MathCAD 12, com a finalidade de identificar o modelo matemático do ruído ou simular uma equação que mais se aproxima do ruído.

Referências

- SILVEIRA JR., L. Correlação entre a técnica de espectroscopia Raman e a análise histopatológica das placas ateromatosas em artérias coronárias humanas (Tese de Doutorado). São Paulo: Universidade de São Paulo, 2001.
- PILOTTO S., PACHECO M.T., SILVEIRA JR., L., VILLAVARDE A.B., ZANGARO R.A. Analysis of near-infrared Raman spectroscopy as a new technique for a transcutaneous non-invasive diagnosis of blood components. *Lasers Med Sci* 2001;16:2-9.
- WOLFSON, A.H., Magnetic Resonance Imaging and Positron-Emission Tomography Imaging in the 21st Century as tool for the Evaluation and Management of Patients With Invasive Cervical Carcinoma. *Seminars In Radiation Oncology* V.16, n.3, pag 186-191, Jul 2006
- BRAUNWLAD, E. Tratado de Medicina Cardiovascular. Vol. 1, 5 Ed., São Paulo, Roca, 1999, 934P (374)
- MANOHARAN, R.; WANG, Y.; FELD, M.S. Histochemical analysis of biological tissues using Raman. *Spectrochimica Acta Part A*, V. 52 pag. 215-249, 1996.
- RÖMER, T.J.; BRENNAN III, J.F.; FITZMAURICE, M.; FELDSTEIN, M.L.; DEINUM, G; MYLES, J.L.; KRAMER, J.R; LEES, R.S; FELD, M. S. Histopathology of Human Coronary Atherosclerosis by Quantifying Its Chemical Composition With Raman Spectroscopy. *Circulation*, V. 97, pag. 878-885, 1998.
- BAENA, J.R.; LENDI, B. Raman Spectroscopy Bioanalysis. *Current Opinion in chemical biology*, V. 8, pag. 534-539, 2004.
- PAPPAS, D.; SMITH, B.W; WINEFORDNER, J.D. Raman Spectroscopy in Bioanalysis. *Talanta*, V.51, pag. 131-144, 2000.
- LIMA, C.J.; SATHAIAH, S; SILVEIRA JR, L.; ZÂNGARO, R.A.; PACHECO, M.T.T. Development of Catheter With Low Fiber Background Signals for Raman Spectroscopic Diagnosis Applications. *Artificial Organs*, V. 24, n.3, pag. 231-234, 2000.
- CROW, P.; MOLCKOVSKY, A.; STONE, N.; UFF, J.; WILSON, B.; WONGKEESONG, L.M. Assessment of Fiberoptic Near-Infrared Raman Spectroscopy for Diagnosis of Bladder and Prostate Cancer. *Urology*, V. 65, n. 6, pag. 1126-1130, 2005.
- NOGUEIRA, G.V.; SILVEIRA JR.,L.; MARTIN, A.A.; ZÂNGARO, R.A; PACHECO, M.T.T.; CHAVANTES, M.C.; PASQUALUCCI, C.A. Raman Spectroscopy Study of Atherosclerosis in Human Carotid Artery. *Journal of Biomedical Optics*, V. 10, n. 3, pag. 031117, 2005