

1. INTRODUÇÃO

Ao incidir num meio material a luz pode ser refletida ou transmitida através do meio. A luz que é transmitida pode ser absorvida e/ou espalhada pelas partículas que compõem o mesmo (Figura 1). Meios com alta capacidade de espalhamento são meios densos, e seu estudo é o que chamamos de **óptica de difusão**. O tecido biológico é um meio denso na região do infravermelho próximo do espectro eletromagnético – comprimentos de onda entre 700 e 900 nm.



FIGURA 1: Exemplos da interação da luz com diferentes meios. O primeiro demonstra um meio "absorvedor" de luz, com uma trajetória linear (água e sal em suspensão). O segundo demonstra um meio denso, com uma trajetória "difusa" (gotas de leite - o lipídio do leite "espalha" a luz).

A **Lei de Beer-Lambert Modificada (Equação 1)** nos mostra que informações da composição de um meio denso podem ser obtidas no mesmo plano de incidência da luz. Nos tecidos biológicos, podemos obter as concentrações de **oxi-hemoglobina (HbO)** e **deoxi-hemoglobina (HbR)** do sangue. A soma de HbO e HbR fornece a **concentração total de hemoglobina (HbT)**. O NIRS, do inglês “Near Infra-red Spectroscopy”, é a técnica que utiliza os princípios da óptica de difusão (como a **Lei de Beer-Lambert Modificada**) em diferentes aplicações na medicina. Uma delas é a neurologia.

$$\frac{1}{L'} \Delta OD(t, \lambda) = \Delta \mu_a(t, \lambda)$$

$$\frac{1}{L'} \left[-\ln \frac{I(t, \lambda_j)}{I(t_0, \lambda_j)} \right] = \sum_{i=1}^n \varepsilon_i(\lambda_j) \Delta [c_i], \text{ com } j \geq i.$$

EQUAÇÃO 1: Lei de Beer-Lambert Modificada. ΔOD é a variação da Densidade Óptica – função da intensidade I no instante t e no comprimento de onda λ_j . L' é a distância percorrida pela luz levando em consideração os eventos de espalhamento. $\Delta \mu_a$ é a variação do coeficiente de absorção, produto da variação na concentração $\Delta [c_i]$, da partícula absorvedora e seu coeficiente de extinção ε_i em função do comp. de onda λ_j .

Neste trabalho, revisamos os fundamentos de NIRS e estudamos como a técnica pode ser aplicada para analisar a **conectividade cerebral** em pacientes com **Estenose Carotídea**, uma obstrução na carótida, a principal artéria que leva sangue ao encéfalo. Buscamos métodos de análise explorando diferentes variáveis para um possível diagnóstico a partir do **NIRS**.

2. METODOLOGIA

- Dados de **19** indivíduos, divididos em **4** grupos:
 - Grupo 1:** oclusão total em uma das artérias e normal na outra ($N = 4$);
 - Grupo 2:** oclusão total em uma das artérias e 75-90% de oclusão na outra ($N = 3$);
 - Grupo 3:** 75-90% oclusão em uma das artérias e normal na outra ($N = 10$);
 - Grupo Controle:** ambas as artérias normais ($N = 2$).
- Variações da **intensidade de luz / concentração de hemoglobina** em função do **tempo** (milivolts ou micro mol / intervalos de 40 milissegundos) por um período de **5 minutos**, com indivíduos em **repouso**.
- 28 canais** (pares fonte/detector) em **2 comprimentos de onda** – 690 e 830 nm. A Figura 2 ilustra o arranjo óptico.
- Filtragem dos dados** (0.008 – 0.09 Hz) para um sinal 'mais limpo' – elimina contribuições de alterações fisiológicas/sistêmicas. **Normalização dos dados**, "padronizando" os dados a partir de sua média (Figura 3).

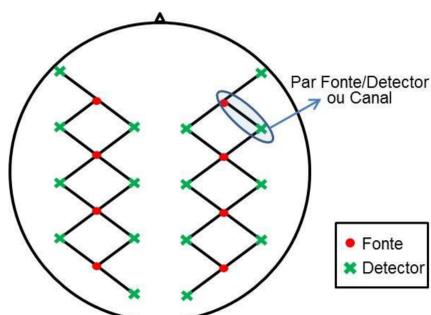


FIGURA 2: Arranjo Óptico utilizado na coleta dos dados.

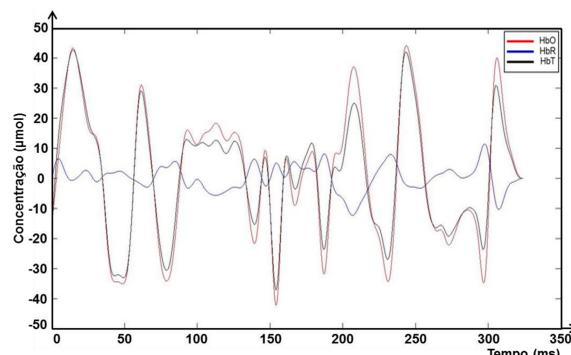
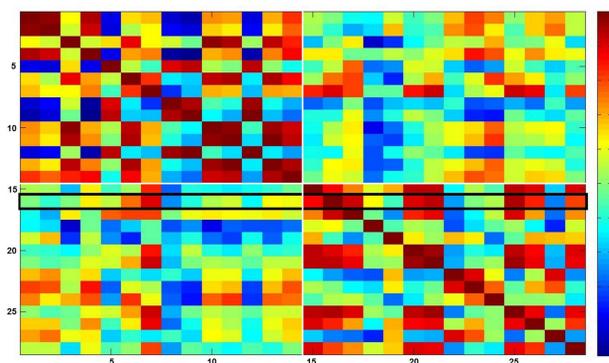


FIGURA 3: Exemplo de análise com NIRS para um voluntário.

- Correlação entre canais:** Cria-se uma **matriz** (28x28), com os **coeficientes de correlação temporal entre os canais**. Correlações próximas de 1 indicam uma simetria temporal entre dois canais, e próximas de 0 nenhuma correlação. A Figura 4 mostra um exemplo de matriz de correlação.



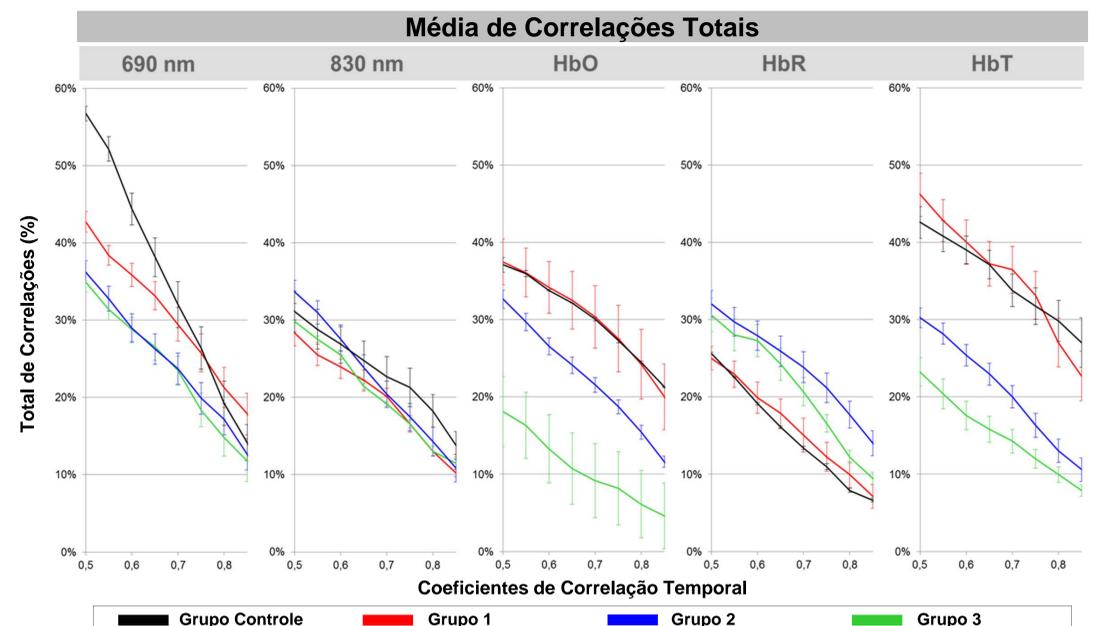
- Para cada indivíduo, **quantificamos as correlações** somando o número de canais que apresentam correlações maior que um limiar. Variamos o limiar de 0.2 a 0.95.

- Procuramos analisar as respostas dos diferentes grupos, e o tipo de dado (intensidade ou concentração de hemoglobina) que maior pode diferenciar os grupos.

FIGURA 4: Exemplo de matriz de correlação. Em destaque temos o canal 16 e suas respectivas correlações com os demais canais. A diagonal principal da matriz traz as correlações dos canais com eles mesmos, por isso seu valor é sempre 1.

3. RESULTADOS

- Os gráficos a seguir mostram a média do percentual de canais com correlação maior que um limiar – entre 0.50 a 0.85, correlações médias – sobre todos os voluntários.



- Encontramos dois padrões: As medidas para o **Controle** e para o **Grupo 1** são **mais próximas**. O mesmo acontece com os **Grupos 2 e 3**. Esses dois conjuntos **se distanciam entre si** com um valor de **14 a 35%**.

- Não existe uma correlação direta entre Intensidade e Concentração**. No entanto, podemos ver **diferenças no número de correlações entre os grupos**, principalmente no comprimento de onda de **690 nm** e nas Concentrações de **HbO** e **HbT**.

4. DISCUSSÃO E CONCLUSÃO

- NIRS é uma ferramenta útil para distinguir o grau de severidade de estenoses carotídeas.**
- Aparentemente, os **dados de HbO e HbT** são os que **melhor distinguem** os grupos.
- O Grupo 1 apresenta resultados similares com o Grupo Controle. Na continuidade do projeto, vamos verificar a **influência de artérias colaterais** para esta semelhança.
- Esperamos também adquirir mais dados para os Grupos 1, 2 e Controle.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- MESQUITA, R. C. **Desenvolvimento de métodos ópticos para o estudo do acoplamento neuro-vascular-metabólico intrínseco à dinâmica cerebral**. Tese (Doutorado) Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), 2009.
- MESQUITA, R. C.; YODH, A. G. Diffuse Optics: Fundamentals & Tissue Applications. **Proceedings of the International School of Physics "Enrico Fermi"**, v. 173, p. 51-74, 2011;