

VIABILIDADE DA TRANSILUMINAÇÃO DENTAL COMO TÉCNICA DE IMAGEAMENTO DAS ESTRUTURAS INTERNAS DO DENTE

C. L. Grandisoli*, P. A. da Ana*, M. M. Costa**, D. M. Zezell***, e E. C. Lins*

* Centro de Engenharias, Modelagem e Ciências Sociais Aplicadas – Universidade Federal do ABC, Santo André, Brasil

** BIOPDI Ind. de Equipamentos Médico-Hospitalares e Odontológicos Ltda., São Carlos, Brasil

*** Centro de Laser e Aplicações – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, São Paulo, Brasil

e-mail: emery.lins@ufabc.edu.br

Resumo: A Transiluminação Dental (TD) é uma técnica utilizada para obtenção de imagens das estruturas dos dentes que funciona através da detecção da radiação infravermelha transmitida através dos mesmos. Este trabalho visa apresentar a TD como técnica de imageamento das estruturas anatômicas internas do dente. Amostras de 16 dentes humanos foram divididas em grupos com espessuras entre 0.5 e 2.5 mm. Para captação das imagens foi utilizada uma câmera FPA InGaAs (900-1700 nm; Xenics, Inc., Bélgica) e uma fonte de lâmpada halógena no infravermelho próximo (Ocean Optics, Inc., USA); além de filtros ópticos de 1000±10nm, 1100±10nm, 1200±10nm e 1300±50nm. Imagens foram capturadas para diferentes tempos de exposição do sensor da câmera. Os melhores resultados revelam a viabilidade de imageamento de estruturas de espessura de até 2,5 mm sem a utilização de filtros. Após a obtenção destes resultados, um experimento piloto foi realizado em mais 4 amostras de dentes íntegros a fim de detectar a câmara pulpar dos dentes. Os resultados provaram a viabilidade da TD no imageamento dental.

Palavras-Chave: Transiluminação dental, Radiações infravermelhas, Câmara pulpar dental.

Abstract: *Dental Transillumination (DT) is a technique for imaging structures of teeth by detecting infrared radiation transmitted throughout the specimens.*

This work aims to present an application of DT to imaging anatomical internal structures of teeth. Slices of 16 human teeth were sectioned varying the thickness in groups from 0.5 mm up to 2.5 mm. For imaging a FPA InGaAs camera (900-1700 nm; Xenics, Inc., Belgium) and a NIR lamp-based broadband light source (Ocean Optics, Inc., USA) were used; bandpass optical filters at 1000±10 nm, 1100±10 nm, 1200±10nm and 1300±50nm spectral region were also applied to spectral selection. Images were captured for different camera exposure times and finally a computational processing was applied. The best results revealed the viability to imaging internal tissue with thickness up to 2,5 mm without a filter (900-1700nm spectral range). After these results a pilot experiment was executed in 4 samples to detect the internal anatomical

structures of pulp chamber of a tooth. The results proved the initial viability of DT to dental imaging.

Keywords: *Dental transillumination, Infrared radiation, dental pulp chamber.*

Introdução

As técnicas ópticas aplicadas a tecidos dentais complexas em função da não-homogeneidade e da natureza anisotrópica dos materiais biológicos presentes [1].

O dente pode ser analisado, simplificada, do ponto de vista óptico de acordo com três componentes primárias do tecido: Esmalte, Dentina e Polpa [2]. O esmalte é uma composição de cristais permeados por uma matriz de proteínas, lipídeos e água. Cristais de hidroxiapatita de aproximadamente 30 a 40 nm de diâmetros e até 10 µm de comprimento são compactados em uma matriz orgânica que compõe os prismas do esmalte. Nos espaços interprismáticos do esmalte são encontradas proteínas que somam apenas 2% de seu volume. A dentina por sua vez possui composição similar à do osso, sendo constituída de fibrilas orgânicas e componentes minerais incorporados em cristais de hidroxiapatita e de água. A polpa dental é o tecido mais interno da anatomia dental, revestida pela dentina e mais externamente pelo esmalte (parte coronária) ou pelo cimento (parte radicular) [3].

As características ópticas do esmalte e da dentina sugerem o desenvolvimento de técnicas de visualização das estruturas internas dos elementos dentais nas faixas do espectro visível e do infravermelho próximo, tais como a transiluminação por infravermelho próximo ou também chamada transiluminação dental (TD) [2]. Nesta técnica uma fonte emissora de radiação infravermelha no espectro do infravermelho próximo, (NIR – do inglês Near Infra-red) que vai de 900nm a 1700nm aproximadamente, irradia um elemento dental e a porção de radiação que é transmitida através dos tecidos internos é detectada por uma câmera com sensor de InGaAs (abreviação da liga de Arseneto

Índio-Gálio) que compõe imagens da transiluminação [4-7]. Uma vez que nesta região do espectro há uma baixa absorção e um baixo espalhamento de radiação por parte dos tecidos dentais, é significativa a quantidade de radiação transmitida através do dente e a imagem formada apresenta um contraste também significativo. Vale destacar que radiações com comprimentos de onda em torno de 1300 nm são as menos absorvidas pelo esmalte dental e também são fracamente absorvida pela água, a qual compõe parte relevante da polpa dental [4-6].

A TD foi utilizada com sucesso em estudos *in vitro* de observação de cáries iniciais em dentes humanos extraídos, compondo imagens da região da oclusal de dentes molares e da região vestibular de dentes incisivos. Nestes testes o contraste mensurável e normalizado apresenta valores entre 0.2 e 0.6, de acordo com a espessura do elemento [5-7].

Objetivo

A proposta desse projeto visa iniciar estudos da viabilidade da TD como técnica alternativa no diagnóstico da saúde pulpar. Esta primeira validação visa correlacionar a passagem de luz em estruturas dentais espessas e a possibilidade da distinção de diferentes estruturas anatômicas dentais.

Materiais e métodos

O arranjo experimental proposto (Figura 1 e Figura 2) envolveu a iluminação das amostras com a fonte NIR (*Near Infra-red*), a limitação da radiação detectada através de filtros ópticos de diferentes comprimentos de onda e da aquisição das imagens através da câmera FPA.

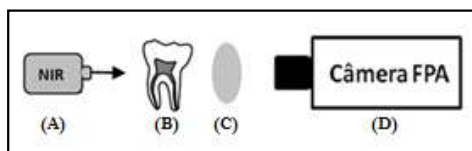


Figura 1: Arranjo experimental: A) Fonte NIR, B) Amostras, C) Filtros Ópticos e D) Câmera FPA.

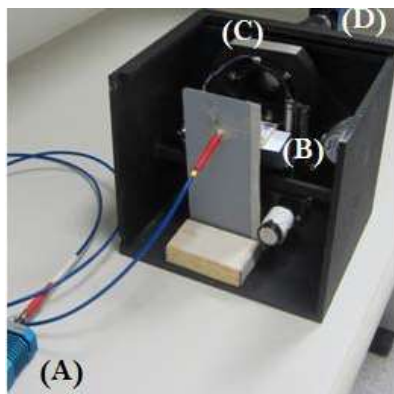


Figura 2: Montagem experimental real utilizada.

As amostras (posição B, Figura 1) foram submetidas à radiação na faixa do NIR através de fonte de lâmpada halógena (modelo HL-2000, Ocean Optics, USA –

representada pelo componente “A” na Figura 1).

A radiação transiluminada foi filtrada através de filtros ópticos com comprimentos de passagem de banda de 1000 ± 10 nm, 1100 ± 10 nm, 1200 ± 10 nm, 1300 ± 30 nm, e contemplando também a aquisição do espectro NIR completo através da não utilização do filtro óptico (componente “C” da Figura 1).

Os resultados obtidos foram adquiridos por câmera de vetor de plano focal – FPA e detector de InGaAs detector (modelo XEVA 1.7 – 320 NIR, Xenics NV, Bélgica).

Amostras de Dentes em Fatias – Para o experimento com amostras em fatias delgadas, dentes íntegros foram fatiados em cortadeira metalográfica (IsoMet® 1000, Buehler, USA) e posteriormente lixados (Aropol 2V, Arotec, Brasil) para a obtenção de fatias divididas em 5 grupos de espessuras: de 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 e 2.5 mm. Das 16 amostras de dente humano disponíveis, 9 espécimes eram pré-molares, 1 espécime de dente molar, 1 dente canino e 1 espécime de dente incisivo, todas cortadas no sentido longitudinal da peça dental, considerando cortes paralelos à face mesial e à face distal.

Amostras de Dentes Íntegros – Assim como para as amostras em fatias, 4 amostras de dentes íntegros foram examinadas através da técnica da transiluminação dental, sendo elas distribuídas entre 1 caninos e 3 dentes incisivos. A utilização de dentes incisivos e caninos procurou restringir a espessura das peças dentais deste experimento, e uniformizar os resultados. Como não foi obtido êxito na utilização de filtros para as amostras em fatias, os mesmos também não foram considerados para as amostras íntegras.

Após a experimentação através da TD as amostras foram cortadas ao meio de acordo com a mesma direção anatômica das amostras em fatias, para que fosse possível a comparação anatômica entre as estruturas, a fim de evidenciar as estruturas anatômicas das amostras íntegras.

Resultados

Amostras de Dentes Fatiados – Na Figura 3 é possível verificar a fotografia de uma amostra de espessura grossa de 2.5 mm testada pela TD para uma exposição de 20 ms. A Figura 4 denota a mesma amostra, agora submetida ao teste de TD (imagem “A” da Figura 4), e posteriormente processada (imagem “B” da Figura 4) de acordo com rotina computacional em MATLAB®. A Figura 4 evidencia a possibilidade de diferenciação das macroestruturas anatômicas em função das diferenças de contrastes apresentadas. A seta com numeração “1” indica a presença do esmalte, a seta com numeração “2” aponta para a dentina, enquanto a seta com numeração “3” identifica o espaço da polpa dental, conforme circulado pela linha verde na mesma Figura.

A partir do grupo amostral utilizado foi possível distinguir a transmissão de radiação através das

amostras com diferentes espessuras, conforme ilustrado na figura 5.

Os dados obtidos para as 16 amostras foram consolidados no gráfico da Figura 5.



Figura 3: Amostra de 2,5 mm submetida ao teste de transiluminação dental.

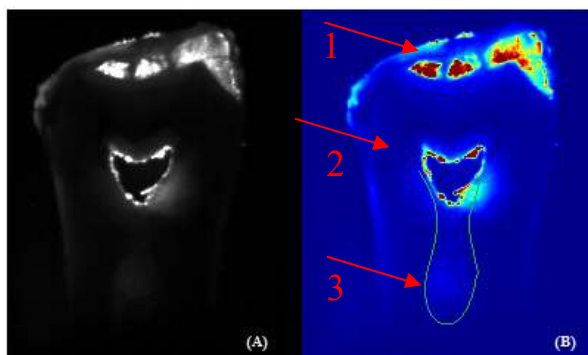


Figura 4 - Imagem obtida com 20 ms de exposição e 2,5 mm de espessura. A) Imagem original da TD e B) Imagem processada, com estruturas internas realçada. Em 1 têm-se o esmalte; em 2: a dentina; e em 3: a cavidade da polpa dental.

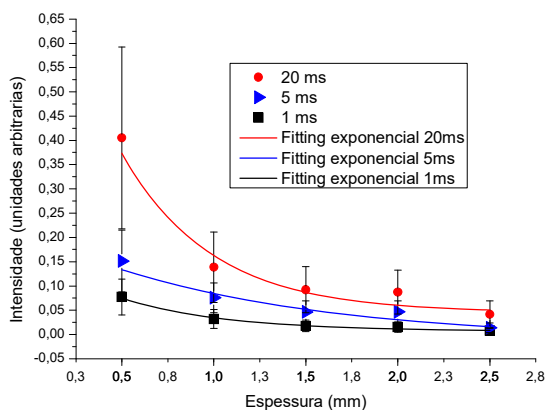


Figura 5 - Intensidade de radiação transmitida em função da espessura das amostras de dentes fatiados e da exposição da câmera.

Amostras de Dentes Íntegros – As imagens das Figuras 6 mostram perfis de TD obtidas para a exposição de 20 ms.

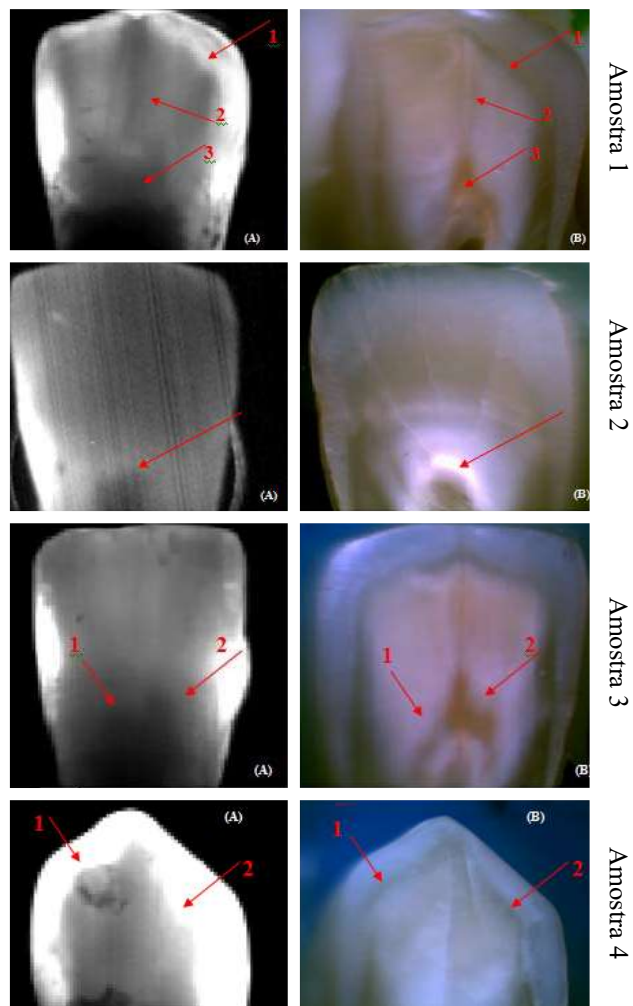


Figura 6 – Os quadros marcados com “A” mostram a técnica de TD enquanto os quadros com “B” mostram as fotos das amostras fatiadas ao meio. As setas são indicadores das diferentes estruturas anatômicas dentais.

Discussão

Em relação à aplicação dos filtros passa-banda, não foi obtido sucesso para as 4 faixas aplicadas, com as 3 exposições do sensor da câmera testadas, e as imagens obtidas não foram suficientes para delinear as diferentes estruturas anatômicas do dente. O que pode explicar a falha na formação das imagens foi a escolha de bandas de filtros inadequadas, muito estreitas (com aberturas de ± 10 nm para os filtros de 1000 nm a 1200 nm, ou ± 10 nm para o filtro de 1300 nm) nas quais grande parte da iluminação proveniente da fonte NIR tenha ficado retida, impossibilitando qualquer formação de imagem ou percepção de contraste entre as estruturas.

Para as amostras de dentes fatiados, pela Figura 4 temos a evidência da possibilidade de diferenciação

das macroestruturas anatômicas do dente em função das diferenças de contrastes apresentadas: a seta com numeração “1” indica a presença do esmalte, a seta 2” aponta para a dentina, enquanto a seta “3” identifica o espaço da polpa dental, conforme marcado pela linha contínua na mesma Figura.

Já, de acordo com os dados experimentais obtidos mostrados na Figura 5, a exposição de 1 ms do sensor não foi suficiente para distinguir as diferentes estruturas do dente, e os fótons que atravessaram a matéria foram capturados com menos eficiência em comparação com aqueles verificados para a exposição de 20 ms em espessuras maiores.

Para as amostras de dentes íntegros, verificadas na Figura 6, no caso da amostra 1, na seta número “1” é possível verificar a interface entre o esmalte e a dentina, enquanto que na seta “2” a confirmação de uma estrutura interna dental, o que auxilia na identificação da amostra, e finalmente na seta “3” possível verificar a região com menor espalhamento de fótons, distinta como uma região mais escura, identificada por comparação como sendo a polpa dental.

Na amostra 2 da mesma Figura é possível identificar na área mais escura, na base da imagem, a polpa dental, estrutura verificada anatomicamente na mesma região da mesma amostra fatiada.

A mesma comparação anatômica é verificada na amostra 3 na qual as setas “1” e “2” apontam para a forma da polpa, evidente na imagem da amostra 3A e confirmada na amostra 3B

O campo de visão da quarta amostra ficou prejudicado durante a aquisição da imagem, impossibilitando nesse caso a visualização da polpa, mas mesmo com os resultados obtidos, foi possível diferenciar as estruturas do esmalte e dentina. É sabido que a dentina e o esmalte são tecidos com espalhamento alto na região do NIR [2]. As características ópticas do esmalte e da dentina denotam que para as faixas do visível e do infravermelho próximo o coeficiente de espalhamento da luz ($15 - 280 \text{ cm}^{-1}$) é muito maior que o coeficiente de absorção ($1 - 4 \text{ cm}^{-1}$), o que explica a presença de maior transmissão de luz nas regiões anatômicas do esmalte e da dentina, em comparação com as regiões de polpa. A diferenciação entre os contrastes que distinguem esmalte de dentina se dão já que na dentina o espalhamento possui uma orientação com maior anisotropia, sendo assim diferenciar as duas estruturas pela imagem no NIR [2].

De maneira geral, e inicial, com as imagens obtidas pela TD e através da comparação anatômica realizada é possível correlacionar as estruturas encontradas na TD e as estruturas internas dentais. A fim de provar a viabilidade dos testes de transiluminação dental para fins de diagnóstico pulpar, seria necessário que fosse estudada a correlação entre os diferentes contrastes obtidos durante a transiluminação um dente sadio e um dente em processo de pulpite, a fim de quantificar esses parâmetros.

Conclusão

Os métodos aplicados para analisar a TD foram

suficientes, neste primeiro experimento, para apontar a viabilidade de um possível sistema de imagens no NIR.

Outras técnicas teriam que ser aplicadas às amostras, com o objetivo de verificar a viabilidade deste procedimento. Um deles seria comparar a TD com a principal técnica de análise anatômica, o exame de Raio-X, e então ser capaz de afirmar definitivamente a validação da TD como técnica de visualização das estruturas internas do dente.

Um segundo passo para este estudo é avaliar a saúde pulpar com base nas diferenciações de contraste apresentadas entre tecidos sadios e tecidos em processo de inflamação ou necrose.

Referências

- [1] Zuerlein, M. J., Fried, D., Featherstone, J. D. B., Seka, W. Optical Properties of Dental Enamel in the Mid-IR Determined by Pulsed Photothermal Radiometry. *IEEE Journal Of Selected Topics In Quantum Electronics*, 1999, Vol. 5, No. 4, p. 1083 – 1089.
- [2] Kishen, A., Asundi, A. *Fundamentals and Applications of Biophotonics in Dentistry*. Vol 4. Imperial College Press Singapore 1st Ed. (2007).
- [3] Scheid, R. C., Weiss, G. *Woelfel's Dental Anatomy*. Wolters Kluwer & Lippincott Williams and Wilkins. 8^a Ed. Philadelphia (2010).
- [4] Vo-dihn, T. *Biomedical Photonics Handbook*. Boca Raton. CRC Press, (2003).
- [5] Jones, R. S., Huynh, G. D., Jones, G. C., Fried, D. Near-infrared transillumination at 1310-nm for the imaging of early dental decay. *Optics Express*, 2003, Vol. 11, No. 18, p. 2259-2265.
- [6] Bühler, C. M., Ngaotheppitak, P., Fried, D. Imaging of occlusal dental caries (decay) with near-IR light at 1310-nm. *Optics Express*, 2005, Vol. 13, No. 2, p. 573-582.
- [7] Karlsson, L., Maia, A. M. A., Kyotoku, B. B. C., Tranæus, S., Gomes, A. S. L., Margulis, W. Near-infrared transillumination of teeth: measurement of a system performance. *Journal of Biomedical Optics*, 2010, Vol. 15, No. 3, p. 036001.