FÁBIO RENATO PEREIRA ROBLES

**O SOM DA ABLAÇÃO DO TECIDO DENTINÁRIO COM LASERS DE
ÉRBIO COMO POSSÍVEL PARÂMETRO DE MÍNIMA INTERVENÇÃO**

São Paulo

2007

Fábio Renato Pereira Robles

**O som da ablação do tecido dentinário com lasers de Érbio como
possível parâmetro de mínima intervenção**

Tese apresentada à Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo, para obter o título de Doutor, pelo Programa de Pós-Graduação em Odontologia.

Área de Concentração: Dentística

Orientador: Prof. Dr. Adriana Bona Matos

São Paulo

2007

Catálogo-na-Publicação
Serviço de Documentação Odontológica
Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo

Robles, Fábio Renato Pereira

O som da ablação do tecido dentinário com lasers de Érbio como possível parâmetro de mínima intervenção / Fábio Renato Pereira Robles; orientador Adriana Bona Matos. -- São Paulo, 2007.

110p. : fig., graf.; 30 cm.

Tese (Doutorado - Programa de Pós-Graduação em Odontologia. Área de Concentração: Dentística) -- Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo.

1. Lesão de cárie – Remoção – Lasers de Érbio 2. Lasers de Érbio – Dentina – Aplicações 3. Dentística

CDD 617.675
BLACK D2

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE E COMUNICADO AO AUTOR A REFERÊNCIA DA CITAÇÃO.

São Paulo, ____/____/____

Assinatura:

E-mail:

FOLHA DE APROVAÇÃO

Robles FRP. O som da ablação do tecido dentinário com lasers de Érbio como possível parâmetro de mínima intervenção [Tese de Doutorado]. São Paulo: Faculdade de Odontologia da USP; 2007.

São Paulo, 10/03/2008

Banca Examinadora

1) Prof(a). Dr(a). _____

Titulação: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

2) Prof(a). Dr(a). _____

Titulação: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

3) Prof(a). Dr(a). _____

Titulação: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

4) Prof(a). Dr(a). _____

Titulação: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

5) Prof(a). Dr(a). _____

Titulação: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

DEDICATÓRIA

Dedico o suor, as noites mal dormidas, a angústia, as lágrimas, a preguiça, os escapismos, a culpa e a depressão que, muitas vezes, me abateu no difícil término deste estudo ao meu querido pai, **Antonio Robles Junior**, que representou tudo no desenvolvimento deste trabalho. Foi meu alicerce e grande incentivador. Creio que, com mais do que justiça, com orgulho e devoção, não há alguém que mereça mais a dedicatória deste trabalho. Com sua experiência acadêmica e de vida, sempre vislumbrou a importância deste título para minha carreira e não me deixou esmorecer, mas obrigou-me a, diversas vezes, nos momentos mais difíceis e solitários deste desafio, quando praticamente prostrado estava diante do desânimo e da derrota, ter a mais preciosa e fiel companheira: a fé. Você, pai. é o exemplo da perseverança, do esforço e de “levantar, sacudir a poeira e dar a volta por cima”. Obrigado pelo seu exemplo, carinho e amor infinitos.

AGRADECIMENTOS

A **Deus**, que acolhe minhas imperfeições, aflições e angústias, permitindo que eu tenha forças para prosseguir. Pelo santo problema de ter uma lista enorme de pessoas a quem devo creditar o registro de meu humilde e, muitas vezes, não merecido muito obrigado.

A **Maria**, Nossa Senhora, a mãe de que todos precisamos e que nos conforta em nossas orações.

À minha mãe **Laura**, amiga, companheira, colega de profissão e de “pós-graduações”, que também, junto com meu pai **Antonio**, foi imprescindível para a conclusão deste trabalho. Inspirei-me na odontologia pela admiração que tenho e inspiro-me ainda mais na vida, pelo mesmo motivo. Como já dito em minha dissertação de mestrado, aqui reitero eterna gratidão e respeito. Obrigado aos dois excelentes pais que sempre estiveram ao alcance dos meus braços para, incondicionalmente, tudo; obrigado pela formação intelectual e de caráter que me foram legadas por ninguém mais do que vocês dois, que amo tanto quanto vocês dedicam todo amor a mim e meus irmãos.

AGRADECIMENTO ESPECIAL

Um agradecimento carinhoso e especial àquela que foi mais do que uma mestra; foi a irmã mais velha que eu não tive, foi o meu “grilo-falante”, minha consciência, amiga, companheira e o maior presente que, com honra, pude ter na minha formação acadêmica e de vida:

À minha orientadora, **Profa. Adriana Bona Matos**, que tocou no fundo da minha alma e ensinou-me tudo. As lágrimas espontâneas que, emocionado e sincero, derramo agora ao tentar expressar o amor, admiração e respeito que tenho por você são testemunhas físicas de toda a subjetividade e experiência que foi a nossa relação ao longo destes muitos anos em que nos conhecemos e, sobretudo, durante o meu doutoramento. Você me carregou no colo e me conduziu até aqui. Jamais me esquecerei de tudo o que passou; foram impressos em minha alma tudo o que não se pode nomear, a honra em você fazer questão de ter-me como orientado (mesmo que eu não tenha correspondido à altura do que você mereceria), as palavras ditas e não ditas, as broncas severas justas e autênticas, dignas de uma baiana arretada, a sua disponibilidade e ajuda, sua presença em rir e sofrer comigo sem nunca me abandonar. Tenho muito orgulho de você lhe e desejo o que há de mais singelo e bonito a você e sua família. “O essencial é invisível aos olhos” (Exupéry).... eu também acrescentaria: “e não precisa ser dito”.

Ao meu filho **Américo** e minha esposa **Lia**, que testemunharam toda esta luta e foram privados de minha companhia, principalmente nos momentos finais de conclusão deste trabalho; mesmo, antes, não puderam ter cem por cento de qualidade de minha presença, pela minha pressa, culpa e angústia. Que o meu filho, que é a criatura mais linda do mundo, seja muito feliz e possa se espelhar no grande exemplo de meu avô Américo, que lhe emprestou seu nome.

Aos meus irmãos **Fernando Luís** e **Flávia Maria**, amigos e companheiros eternos.

Àquela que é e será minha grande amiga, minha avó **Ernestina**, por estar presente em tudo, impressionantemente. A senhora, além do imenso amor, mostrou-me o quanto é importante ser amiga para ter amigos.

A todos os meus tios e tias, que sempre torceram por mim: **Leo**, **Heloísa**, **Isabel**, **Francisco**, **Charles** e **Flávia**. Minha madrinha e mestra **Maria Eugênia**, por quem tenho profunda admiração e respeito, pela ajuda na correção deste trabalho.

Minha prima **Cristina**, amiga, colega e incentivadora, exemplo de trabalho e estudo.

Meu primo e cartunista **Leandro Robles**, a quem devo os créditos pelas lindas ilustrações deste trabalho.

À minha sogra **Nereide**, pelo incentivo e apoio.

À **CAPES**, pela concessão da bolsa de estudo durante dezoito meses de pós-graduação.

Ao **Programa de Apoio à Pós-Graduação**, pela concessão de auxílio para a participação de eventos científicos no Brasil, microscopias, custos laboratoriais e à compra da ponta de safira do Er,Cr:YSGG que utilizei neste estudo.

À **Universidade de São Paulo**, representada pela Magnífica Reitora, **Profa. Dra. Suely Vilela**.

À **Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo**, representada por seu Diretor, Prof. Dr. Carlos de Paula Eduardo. Eterno líder, mestre, exemplo e referência na Odontologia e na maneira de lidar com as pessoas, pelo carinho, entusiasmo, força, motivação, trato e dedicação religiosa e paixão à vida acadêmica, e à nossa escola. Meu orientador de mestrado, de quem me orgulho e aquele que me conduziu à vida acadêmica, minha gratidão e respeito.

Ao **Prof. Dr. Reinaldo Brito e Dias**, Coordenador Geral da Pós-Graduação da FOUSP.

À **Profa. Dra. Márcia Martins Marques**, Coordenadora do Programa de Pós-Graduação em Dentística, pela oportunidade de realizar este curso, paciência e amizade verdadeira. Superação, competência, liderança, garra e força que honram e servem de exemplo às mulheres em geral e a todos nós, privilegiados em testemunhar seu dia-a-dia. Não é preciso ser clínico para saber ciência e dentística!

Ao **Prof. Dr. Antônio Carlos Bombana**, Chefe do Departamento de Dentística da FO-USP.

Aos demais **professores do departamento de Dentística da FOU SP**, pelos ensinamentos adquiridos neste período de minha formação e pela convivência geral, sempre respeitosa e produtiva. Destaco os Professores **Toninho, Margareth, Míriam, Rubens e Michel**.

Aos funcionários do Departamento de Dentística: **David, Ana, Neusa, Aldo, Arnaldo, Luizinho e Leandro** pela compreensão, ajuda e atenção sempre demonstradas. Um agradecimento especial e carinhoso à **Soninha**, sempre muito meiga, prestativa, risonha e amiga, que, desde os tempos da graduação, acompanha minha evolução e a quem guardo muito apreço.

À **Kátia, Alessandra e Nair**, da Secretaria de Pós-Graduação, pela paciência, ajuda e palavras de conforto diante de todas as dificuldades e conquistas desse período.

Ao professor e amigo **Eduardo Groth**, que se foi muito antes do que deveria. Saudades e gratidão por todo o incentivo, companheirismo, exemplo, conversas e educação de “Lorde”, desde a minha graduação, monitoria, estágio, mestrado e doutorado. Agradeço pela honra e privilégio de ter convivido com você com muita qualidade humana e acadêmica, principalmente durante o encontro da ABLO em Florianópolis (2004).

Aos amigos **Lili, Joelma, Haroldo e Kate**, funcionários do LELO, por toda a ajuda, convívio, carinho e amizade durante o período de minha pós-graduação. Sem vocês, nada eu conseguiria.

Aos professores da Disciplina de Patologia Bucal da FOUSP, **Fábio Daumas Nunes**, que gentilmente e com imensa boa vontade passou dedicadamente horas a fio ajudando na interpretação morfológica das ilustrações deste trabalho e **Décio Pinto**, que permitiu o uso dos laboratórios de seu departamento. À técnica **Elisa dos Santos**, também da Patologia Bucal da FOUSP, que foi minha agradável companheira e muito ajudou no processamento do material deste estudo. À técnica **Elaine Moreira da Costa** da patologia do Instituto “Emílio Ribas”, que muito me ajudou nesta fase.

Ao **Prof. Dr. Victor Arana-Chavez** pela constante e fiel amizade e simplicidade, esclarecimento de dúvidas, ajuda nos momentos de apuro, tanto no que diz respeito aos estudos, como na vida pessoal. Meu profundo respeito.

Ao Prof. Dr. Fausto Medeiros Mendes, o nosso sempre **Faustinho**, pela amizade, coleguismo e força de irmão.

Com justiça e merecimento, agradeço à **Betinha**, pela imensa ajuda nas fases iniciais deste estudo. Agradeço também à colega e amiga **Roberta Xella de Barros** e seu irmão “**DJ**” **Luís Henrique**, que foram imprescindíveis para a fase embrionária deste estudo.

Ao hoje amigo **Marcelo Fonseca**, sócio-diretor da **Tecmaster Informática Ltda** e ao programador **Júnior Makino** que, em parceria no nosso trabalho, propiciaram a criação, desenvolvimento, correções e aperfeiçoamento do software limitador de frequência composta e sua aplicação prática e testes neste estudo.

Aos **funcionários da Biblioteca da FOUSP e SDO**, principalmente às **Vânia** e **Glauci**, pela atenção e amabilidade.

A todos os meus colegas de pós-graduação de uma forma geral, foi uma época muito estimulante a da convivência durante os créditos. Especial aos queridos amigos: **Vinícius, Archilla, Ana Cecília, Patrícia Freitas, Patrícia Lloret, Kátia, Alessandra, Márcio Vivan** e **Ana del Carmen**. Do pessoal da nova turma, agradeço muitíssimo mesmo ao dedicado **Sérgio Botta, Cidão, Washington** e à minha escudeira **Leila Soares**, que muito me ajudaram sempre.

Aos colegas estagiários da saudosa **Disc. de Dentística Restauradora 2 da FOUSP**, que tanto me ensinaram ao longo de todos estes anos, desde a graduação, monitoria e estágios. Destaco: **Daniela, Henrique, Régis, Peter, Edgar** e **Flávio**.

À minha amiga e auxiliar, **Sandra**, pela paciência em me agüentar e lidar com o meu perfeccionismo exagerado, rigor e rompantes de estresse.

À **Adaci Rosa**, pela imensa ajuda na formatação e conferência deste trabalho.

Aos colegas e amigos do **SESC (SESC Pinheiros e SESC Odontologia)**, pelo carinho e paciência, em especial ao **Ivan, William, Prado, Denise, Cibebe, Alessandra, Carla, Cristina, Andréia, Aymann, Ísis, Bersan e Cleber**, com quem passo grande parte de meu tempo e tenho convívio bastante agradável.

Aos colegas e amigos da **UBS Pq. Sto. Antonio, Sérgio e Fábio Eduardo**. Em especial à minha querida amiga **Solange Ferraz**. Obrigado à **ACD Ângela**, pelo esforço e ajuda na coleta do material para este trabalho.

À colega e amiga **Márcia Arbex**, pela colaboração e disponibilidade em me ajudar sempre em tudo o que foi preciso.

À **Dra. Vera Marinho** e **Dr. Rafael Tassinari**, que cuidaram de mim com todo o afeto, dedicação profissional, competência, ética e de amizade que alguém poderia sonhar em receber.

POEMA EM LINHA RETA

Nunca conheci quem tivesse levado porrada.
Todos os meus conhecidos têm sido campeões em tudo.

E eu, tantas vezes reles, tantas vezes porco, tantas vezes vil,
Eu tantas vezes irresponsavelmente parasita,
Indesculpavelmente sujo,
Eu, que tantas vezes não tenho tido paciência para tomar banho,
Eu, que tantas vezes tenho sido ridículo, absurdo,
Que tenho enrolado os pés publicamente nos tapetes das etiquetas,
Que tenho sido grotesco, mesquinho, submisso e arrogante,
Que tenho sofrido enxovalhos e calado,
Que quando não tenho calado, tenho sido mais ridículo ainda;
Eu, que tenho sido cômico às criadas de hotel,
Eu, que tenho sentido o piscar de olhos dos moços de fretes,
Eu, que tenho feito vergonhas financeiras, pedido emprestado sem pagar,
Eu, que, quando a hora do soco surgiu, me tenho agachado
Para fora da possibilidade do soco;
Eu, que tenho sofrido a angústia das pequenas coisas ridículas,
Eu verifico que não tenho par nisto tudo neste mundo.

Toda a gente que eu conheço e que fala comigo
Nunca teve um ato ridículo, nunca sofreu enxovalho,
Nunca foi senão príncipe - todos eles príncipes - na vida...

Quem me dera ouvir de alguém a voz humana
Que confessasse não um pecado, mas uma infâmia;
Que contasse, não uma violência, mas uma cobardia!
Não, são todos o Ideal, se os oiço e me falam.
Quem há neste largo mundo que me confesse que uma vez foi vil?
Ó príncipes, meus irmãos,

Arre, estou farto de semideuses!
Onde é que há gente no mundo?

Então sou só eu que é vil e errôneo nesta terra?

Poderão as mulheres não os terem amado,
Podem ter sido traídos - mas ridículos nunca!
E eu, que tenho sido ridículo sem ter sido traído,
Como posso eu falar com os meus superiores sem titubear?
Eu, que venho sido vil, literalmente vil,
Vil no sentido mesquinho e infame da vileza.

Álvaro de Campos (Fernando Pessoa)

“Se quisermos compreender nossa missão, ao longo da vida, temos que descobri-la aos poucos, através da prática, às vezes solitária, de nós mesmos. Requer ousadia ouvir nossas necessidades, acolher nossas intuições e limites, não deixar escapar a alegria do nosso próprio reconhecimento, no mundo e nas relações.

Este percurso não é uma linha reta. Nossos mal-estares, doenças repetitivas, costumam ser expressões de uma alma desalojada, sem regaço no corpo. Estamos aí diante do anseio pela manifestação do ser, mas a experiência desta angustia também nos embala na escolha de nossos caminhos. Moramos nesse paradoxo. Precisamos dessa dor para nos constituir em nossa singularidade e, ao mesmo tempo, queremos nos livrar dela. Mas é através desta angustia, como motor de nossa busca, que a vida poderá ser vivida, não como uma condenação do oráculo, mas como uma oferta a ser reverenciada em seu mistério. O destino se apresentará como um sonho de futuro, na medida em que pudermos ser tocados pelo novo. Aqui, a ignorância é adubo para uma humildade que nos estabelece. A fatalidade da vida, assim, dá lugar ao advento da vida, a uma seqüência de inícios que impede o medo congelante”.

Vera Lucia Marinho

“(...) and in the end, the love you take is equals to the love you make (...)”

The Beatles

Robles FRP. O som da ablação do tecido dentinário com lasers de Érbio como possível parâmetro de mínima intervenção [Tese de Doutorado]. São Paulo: Faculdade de Odontologia da USP; 2007.

RESUMO

A evidência científica da cariologia atual vem apontando para a promoção de saúde bucal, técnicas preventivas, diagnóstico precoce da doença cárie e suas lesões nos elementos dentais, remineralização de lesões de cárie incipientes e a intervenção restauradora célere como procedimentos minimamente invasivos. Durante o ato de remoção de lesão de cárie, é comum remover-se inadvertidamente também tecido dental hígido durante a fase final, por ser um tanto quanto difícil precisar clinicamente os limites entre tecido dental comprometido e tecido dental viável. Usando-se a tecnologia com lasers de Érbio, uma dica clínica subjetiva é a mudança da percepção do som emitido pela ablação do tecido dental ao passar-se de substrato cariado para hígido (de grave para agudo), como uma forma adicional de saber que a ablação naquele ponto deve ser interrompida. Este estudo visa classificar estas diferenças sonoras em dentina e torná-las um parâmetro objetivo para odontologia de mínima intervenção ao usar-se lasers de Érbio. Para tanto, foram realizadas três fases do estudo: primeiramente, utilizaram-se vinte dentes posteriores humanos, sendo dez cariados e dez hígidos. A dentina foi irradiada com laser de Er:YAG sob os mesmos parâmetros, distância e refrigeração e um microfone monodirecional foi posicionado a 10cm da área operatória para captação e gravação dos sons produzidos pela ablação ao se operar tanto em dentina hígida quanto cariada. Dez pulsos por arquivo foram então analisados em um software (200 análises). Foram encontradas diferenças entre os padrões sonoros produzidos dos grupos cariados e hígidos e encontrado um ponto de corte para estas frequências sonoras, que seria testado a seguir. Em outra segunda etapa, foi desenvolvido, testado e aplicado um software limitador de frequência sonora, para que, em tempo real, avisasse o operador se o tecido dentinário que estava sendo ablacionado pelo laser de Érbio (Er:YAG e Er,Cr:YSGG) era cariado ou viável, e este evitasse o

sobrepregaro, ou seja, desgastar o tecido sadio inadvertidamente, de acordo com os preceitos de mínima intervenção. Finalmente, em uma terceira etapa, o método foi validado através dos critérios visual-tátil e de fluorescência a laser; ilustrações representativas dos espécimes testados foram obtidas através de microscopia de luz e de microscopia eletrônica de varredura. Conclui-se que o som da ablação dentinária é um parâmetro objetivo que pode ser utilizado como um recurso adicional de orientação no processo de remoção de dentina cariada com lasers de Érbio e que a ferramenta desenvolvida para tanto foi efetiva, devendo ser aprimorada. O método foi validado exitosamente pelos critérios propostos.

Palavras-Chave: Cárie dental – remoção, método de validação - Lasers de alta intensidade – Lasers de Er:YAG e Er,Cr:YSGG - Odontologia de mínima intervenção

Robles FRP. The sound of dentinal tissue ablation with Erbium lasers as a possible parameter for minimal intervention [Tese de Doutorado]. São Paulo: Faculdade de Odontologia da USP; 2007.

ABSTRACT

Studies in cariology have been struggling for the development of health promotion, caries prevention techniques, precocious diagnoses of lesions, re-mineralization of incipient carious lesions and early restorative intervention with minimally invasive procedures. When removing caries lesion, healthy dental structure is often removed inadvertently during its final phase, for being quite difficult to clinically precise the limits between viable and decayed dental tissues. With laser technologies, a subjective clinical hint, often used to indicate when tissue ablation should be stopped is that different sounds are perceptible whether in carious (bass) or in healthy (treble) dental structure; when sound produced by ablation turned treble it would mean that healthy tissue was reached. This study aims to classify those audio differences and to turn them into objective parameters for a conservative operative dentistry with minimally invasive tissue removal when using Erbium lasers. For so, three phases of this study were needed: at first, twenty freshly extracted posterior human teeth were used (10 decayed and 10 sound teeth). Dentine was irradiated with Er:YAG laser under the same parameters, distance and refrigeration and a mono directional microphone was set 10cm far from the operative area in order to capture and record the ablation produced sounds when working either on carious or healthy dentine. Ten pulses per file were then analyzed in a computer software (200 analyses). It was permitted to draw differences between decayed and healthy produced sounds and also to establish a cut-off value for these sound frequencies, that would be tested later on. On a second phase, a piece of software which was able to border the sound frequency was then developed and tested. This tool was meant to warn the operator, in real-time basis, if sound dentine was reached, while it was ablated by Erbium lasers (either Er:YAG or Er,Cr:YSGG) and so one could avoid over-treatment, which means not to remove sound tissue inadvertently, according to minimal intervention

dentistry concepts. Finally, on a third part of the study, the proposed guiding method for dentine caries removal was validated through visuo-tactile and laser fluorescence criteria. Representative illustrations of the tested specimens were obtained by light microscopy and scanning electron microscopy. As a conclusion, audio analysis came out to be a technical reliable objective parameter to determine whether laser ablated dentine substrates are decayed or sound; therefore it can be proposed as an additional conservative parameter to guide the clinician during dentine caries removal process, and that the tool developed for so was effective and should be sharpened. This method was successfully validated by the proposed criteria.

Keywords: Tooth decay – Dental caries – High intensity lasers – Er:YAG and Er,Cr:YSGG lasers – Minimum Intervention Dentistry

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 4.1 –	Ilustrações esquemáticas do método utilizado para padronizar a distância operatória e de captura sonora, para a metodologia empregada com o laser de Er:YAG (2,94µm).....	50
Figura 4.2 –	Esquema gráfico da idéia do funcionamento prático do <i>software</i> quando do ato operatório de remoção de tecido cariado com lasers de Érbio.....	53
Figura 4.3 –	Ilustração esquemática do dente permanente posterior humano recém extraído (espécime) ser imediatamente colocado em água milli-Q para armazenagem.....	54
Figura 4.4 –	Ilustração esquemática do espécime sendo fotografado a fim de documentar o aspecto da lesão de cárie.....	54
Figura 4.5 –	Ilustração esquemática do espécime sendo fotografado a fim de documentar o aspecto da lesão de cárie juntamente com o padrão de aço de 10mm.....	55
Figura 4.6 –	Ilustrações esquemáticas do método de inspeção visual-tátil, observando os itens: coloração, textura e grau de dificuldade de sua remoção com sonda exploratória e cureta escavatória, através de movimentos leves. (MASSARA; ALVES; BRANDÃO,2002).....	56
Figura 4.7 –	Ilustração esquemática do método de aferição das lesões de cárie pela fluorescência a laser.....	57
Figura 4.8 –	Ilustração esquemática da divisão da lesão de cárie e varredura com o laser de Érbio na metade experimental de cada espécime.....	58
Figura 4.9 –	Ilustração esquemática do método: utilização do recurso sonoro como guia de remoção de tecido dentinário comprometido por lesão de cárie em tempo real, com a finalidade de preservar estrutura dentinária não comprometida ou viável.....	60
Figura 4.10 –	Ilustração esquemática das metades das lesões de cárie dos espécimes a serem posteriormente levados à análise por microscopia de luz.....	61
Figura 4.11 –	Ilustração esquemática do fluxograma dos espécimes no contexto da metodologia da terceira fase do estudo.....	64
Figura 5.1 –	Tela do <i>software</i> limitador de frequência sonora em tempo real.....	66
Figura 5.2 –	A – Fotomicrografia de lesão de cárie em dentina sem tratamento. Observa-se coloração arroxeada compatível com maior desmineralização do tecido dentinário (seta), desorganização do padrão de estrutura dentinária e presença de zonas distintas, detectadas através da diferença de tonalidade: zona infectada (seta), dentina afetada (X) e dentina hígida (+). (HE, aumento original 25X); B – Fotomicrografia de lesão de cárie em dentina. Há presença de bactérias no interior dos túbulos dentinários (seta), material orgânico resultado da destruição dentinária (asterisco) e colônias bacterianas junto ao assoalho da cavidade de cárie. (BH, aumento original 100X); C – Fotomicrografia de lesão de cárie em dentina. É possível destacar a destruição da estrutura mineralizada (aspecto necrótico) (asterisco), bem como as bactérias infiltradas nos túbulos dentinários e bactérias junto à cavidade (setas). (BH, aumento original 200X); D – Fotomicrografia de dentina cuja lesão de cárie foi removida através da irradiação com laser de Er:YAG. É possível a observação da coloração arroxeada compatível com maior desmineralização do tecido dentinário (seta) por atividade de cárie. No assoalho da cavidade pode-se observar uma tênue linha que sugere carbonização ou modificação da parede pulpar da cavidade pela ação do laser de Er:YAG. (HE, aumento original 25X); E – Fotomicrografia de dentina cuja lesão de cárie foi removida através da irradiação com laser de Er:YAG. É também possível destacar a presença de bactérias infiltradas nos túbulos dentinários e alteração na estrutura mineral do tecido dentinário, o que mostra ter sido modificado pela ação da doença cárie; porém, em uma faixa	

mais externa, próxima à cavidade que foi adequada pelo laser de Er:YAG, não se observa a presença de bactérias, e pode-se descrever uma alteração estrutural da dentina provavelmente causada pela ação deste laser; ainda, como na Figura 5.2 – D, a mesma linha irregular e calcinada também é observada. (HE, aumento original 100X); F – Fotomicrografia de dentina cuja lesão de cárie foi removida através da irradiação com laser de Er:YAG. Há a presença de bactérias infiltradas nos túbulos dentinários, porém não mais tão evidentes e com a mesma característica do tecido não irradiado. Nota-se também alteração na estrutura mineralizada do tecido dentinário, com aumento de conteúdo orgânico desorganizado (seta), também mostrando que fora acometido pela lesão de cárie. (BH, aumento original 100X); G – Fotomicrografia de dentina cuja lesão de cárie foi removida através da irradiação com laser de Er,Cr:YSGG. Como já descrito, observam-se características do tecido que atestam que foi alvo da lesão de cárie. Pode-se destacar, junto ao assoalho da cavidade, a ação do laser de Er,Cr:YSGG apresentando ligeira carbonização. Nota-se, ainda, a característica de vale, onde, provavelmente, um pulso do laser promoveu este detalhe. (HE, aumento original 25X); H – Fotomicrografia de dentina cuja lesão de cárie foi removida através da irradiação com laser de Er,Cr:YSGG. Observa-se tecido dentinário destacado junto ao assoalho da cavidade de cárie e infiltrado bacteriano no interior da dentina, mostrando o dano causado pela lesão de cárie. A ação do laser de Er,Cr:YSGG pode ser observada na superfície do tecido, que corresponde ao fundo da cavidade, apresentando ligeira carbonização. (BH, aumento original 25X); I – Fotomicrografia de dentina cuja lesão de cárie foi removida através da irradiação com laser de Er,Cr:YSGG. Observa-se uma característica de vale na parede pulpar da cavidade sugestiva de região onde atuou o laser. É possível observar, um pouco abaixo da superfície, infiltrado de colônias bacterianas na matriz dentinária, mostrando assim ter sido um tecido que sofreu a ação da cárie. No assoalho da cavidade, observam-se estruturas cujas características não são comuns, com aspecto calcinado, sugestivas de ação do laser. (HE, aumento original 100X).....

77

Figura 5.3 –

A, B, E, F, I, J – Eletromicrografias em MEV topográficas dos fundos das cavidades de lesão de cárie em dentina (aumentos originais de 500 e 2000X). Observa-se que, nos espécimes em que não foi realizado nenhum tratamento, há uma grande desorganização da dentina, com áreas de destruição, conteúdo orgânico, biofilme bacteriano e oclusão dos túbulos dentinários (asteriscos), compatível com a presença de lesão de cárie; C, D, G, H, K, L – Eletromicrografias em MEV topográficas dos fundos das cavidades irradiadas com laser de Er:YAG em dentina (aumentos originais de 500 e 2000X). Nas superfícies dentinárias em que houve irradiação com o laser de Er:YAG com a finalidade de remoção de tecido cariado, guiada pelo parâmetro de frequência sonora, as superfícies não demonstram um padrão de completa limpeza, mas pode-se claramente destacar a exposição de túbulos dentinários, remoção de esfregaço e o padrão em escamas que este laser promove na dentina, com protrusão dos túbulos (setas).....

78

Figura 5.4 –

A, B, E, F, I, J – Eletromicrografias em MEV topográficas dos fundos das cavidades de lesão de cárie em dentina (aumentos originais de 500 e 2000X). Observa-se que, nos espécimes em que não foi realizado nenhum tratamento, há uma grande desorganização da dentina, com áreas de destruição, conteúdo orgânico, biofilme bacteriano e oclusão dos túbulos dentinários (asteriscos), compatível com a presença de lesão de cárie; C, D, G, H, K, L – Eletromicrografias em MEV topográficas dos fundos das cavidades irradiadas com laser de Er,Cr:YSGG em dentina (aumentos originais de 500 e 2000X). Nas superfícies dentinárias irradiadas com o laser de Er,Cr:YSGG, com a finalidade de remoção de tecido cariado, guiada pelo parâmetro de frequência sonora, pode-se observar maior limpeza de superfície que nas anteriores, desoclusão dos túbulos e remoção do esfregaço (setas).....

79

LISTA DE TABELAS E GRÁFICOS

Gráfico 5.1	–	Distribuição das médias das frequências compostas em Hz em ambas as situações. Grupo de dentina hígida = 6188,06Hz e grupo de lesões de cárie em dentina = 5046,05. Teste U de Mann-Whitney. Diferença estatisticamente significativa (1%, $H_0=0,00\%$).....	66
Gráfico 5.2	–	Curva ROC ($p<0,0001$). Área sob a curva = 0,910 (ROBLES; MENDES; MATOS, 2007).....	67
Gráfico 5.3	–	Frequência sonora (Hz) em função do tempo (s) para os espécimes irradiados com Laser de Er:YAG.....	70
Gráfico 5.4	–	Frequência sonora (Hz) em função do tempo (s) para os espécimes irradiados com Laser de Er,Cr:YSGG.....	71
Gráfico 5.5	–	Gráficos que ilustram a análise do resíduo comparando os tipos de laser empregados X textura da dentina registrada antes e após a remoção do tecido cariado.....	72
Gráfico 5.6	–	Gráficos que ilustram a análise do resíduo comparando os tipos de laser empregados X valores de fluorescência a laser registrados antes e após a remoção do tecido cariado.....	74
Tabela 5.1	–	Análise ROC e valores de posto de corte evidenciados em amarelo para a frequência composta dos pulsos (Hz). VP=Verdadeiros Positivos, VN=Verdadeiros Negativos; FP=Falsos Positivos; FN=Falsos Negativos e AC=Acurácia (predições corretas em relação a todas as predições.....	67
Tabela 5.2	–	Tabela de ANOVA dois fatores.....	75

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BH	Brown-Hopps (BROWN; HOPPS, 1973)
cm	Centímetro(s)
cm ²	Centímetro(s) ao quadrado
pH	Co-logaritmo do potencial hidrogeniônico
dB	Deci Bell (Béis) – unidade logarítmica relativa
Er,Cr:YSGG	<i>Erbium, Chromium: Yttrium, Scandium, Sallium, Garnet</i>
Er:YAG	<i>Erbium: Yttrium, Aluminium, Garnet</i>
g	Gram(s)
°C	Grau(s) celsius
HE	Hematoxilina-eosina
Hz	Hertz
HMDS	Hexametildisilazano
J	Joule(s)
J/cm ²	Joule(s) por centímetro quadrado
Mbar	Mega bar(s) – unidade de pressão
µA	Micro Amper(es)
µs	Micro segundo(s)
µm	Micrômetro(s)
MEV	Microscopia Eletrônica de Varredura
ml	Mililitro(s)
ml/min	Mililitro(s) por minuto
mm	Milímetro(s)
mm ²	Milímetro(s) quadrado(s)
M	Mol (Moles) – unidade de quantidade de matéria
nm	Nanômetro (s)
nm	Nanômetro(s)
%	Porcentagem
pps	Pulso(s) por segundo
kV	Quilo-Volt(s)
s	Segundo(s)
W	Watt(s)

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	p. 23
2 REVISÃO DA LITERATURA.....	26
2.1 A doença cárie e a lesão em dentina.....	26
2.2 Remoção do tecido dental comprometido pela lesão de cárie em dentina.....	32
2.3 Diagnóstico e parâmetros operatórios para a lesão de cárie em dentina.....	43
3 PROPOSIÇÃO.....	47
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	48
4.1 Seleção da amostra.....	48
4.2 Primeira fase.....	48
4.3 Segunda fase.....	51
4.4 Terceira fase.....	53
4.4.1 Microscopia de luz.....	61
4.4.2 Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV).....	62
5 RESULTADOS.....	65
5.1 Primeira fase.....	65
5.2 Segunda fase.....	68
5.3 Terceira fase.....	71
5.3.1. Critério Visual-Tátil.....	72
5.3.2. Critério de fluorescência a laser (Diagnodent).....	73
5.3.3 Ilustração da morfologia observada sob Microscopia de luz e Microscopia eletrônica de varredura.....	75
6 DISCUSSÃO.....	80
7 CONCLUSÕES.....	88
REFERÊNCIAS.....	89
APÊNDICES.....	100
ANEXOS.....	105

1 INTRODUÇÃO

A cárie dental, doença transmissível e multifatorial que, através de processo dinâmico, pode evoluir até grandes destruições do tecido dental, tem sido combatida através da promoção de saúde. Buscam-se prevenção de sua ocorrência, diagnóstico precoce de lesões cariosas incipientes, mudanças nos fatores predisponentes à sua evolução e intervenções pouco invasivas.

Na odontologia clássica, a restauração de uma estrutura dental perdida era realizada com materiais que não possuíam propriedades de adesão ao elemento dental em questão, sendo necessária a realização de preparos cavitários que seguissem os princípios básicos, conferindo resistência ao remanescente dental, bem como retenção mecânica aos materiais restauradores.

Com o advento dos materiais adesivos, tornou-se possível a simples remoção do tecido comprometido e a posterior restauração desta cavidade, valendo-se apenas de uma adequação cavitária, uma vez que a retenção seria conferida pela própria adesão. Portanto, o procedimento restaurador minimamente invasivo tem o objetivo de recuperar forma, função e estética comprometidas pela lesão de cárie com o mínimo necessário de desgaste de estrutura dental.

No contexto da odontologia moderna, tem sido sugerido que nem toda a dentina cariada deva ser removida, afirmando que dentina desmineralizada, porém não infectada e, portanto, passível de remineralização, seja mantida no assoalho cavitário, acreditando que, desde que o vedamento marginal seja executado com

precisão, as bactérias remanescentes não são capazes de continuar seu processo de destruição tecidual.

Assim, o questionamento de qual a melhor conduta a seguir com relação à remoção da dentina cariada tem sido freqüente entre os profissionais da área clínica. Deve-se remover todo o tecido cariado ou será melhor removê-lo apenas parcialmente? Os indicadores clínicos tradicionais utilizados pelos profissionais para interromper a remoção do tecido cariado são baseados nos critérios clínicos de visual-tátil: textura; dureza, cor e dificuldade de remoção do tecido. No entanto, sabe-se que todos estes critérios são considerados subjetivos, havendo a necessidade de se determinar critérios objetivos para guiar a remoção da dentina cariada.

Os lasers de Érbio promovem a ablação da estrutura dental, sendo capazes de realizar adequação cavitária sem contato mecânico com o substrato dental. Autores afirmam que estes lasers realizam a remoção seletiva de tecido cariado preservando o tecido sadio (HIBST; KELLER, 1989; KELLER; HIBST, 1992; EVERSOLE; RIZOIU, 1995; EVERSOLE; RIZOIU; KIMMEL, 1997). Nos momentos finais desta remoção, percebe-se, empiricamente, que o som emitido pela ablação da dentina cariada é diferente do emitido quando da ablação da dentina sadia. Para os profissionais que utilizam lasers de Érbio, este tem sido considerado um dado clínico subjetivo de que se deve parar de remover estrutura dental, pois ter-se-ia atingido tecido sadio (ALTSCHULER; BELIKOV; CERNAVIN, 1999; BURKES Jr. et al., 1992; CLARK et al., 2001; ROBLES; BARROS; EDUARDO, 2003).

Este trabalho objetiva investigar, desenvolver e validar o som emitido pela ablação com lasers de Érbio da dentina cariada como um parâmetro objetivo

aplicável clinicamente sendo capaz de evitar a remoção desnecessária de estruturas dentais sadias, atendendo aos postulados atuais de mínima intervenção.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Atualmente, para o tratamento da doença cárie, há a necessidade que vários aspectos sejam ponderados. Apesar de serem conhecidos quesitos relacionados à dentística operatória, tais como: propriedades físicas e químicas dos materiais restauradores, os comportamentos clínicos destes materiais, resistência mecânica e tipos de cavidades nas quais são empregados, é importante levar-se em consideração a dinâmica biológica da doença cárie e seus efeitos nos tecidos dentais para corretas indicação e execução do tratamento, seja ele invasivo ou não. Para tanto diversos parâmetros devem ser equalizados.

Novas tecnologias, dentre elas o laser, representam novos componentes a serem levados em consideração e estudos precisam ser aprofundados.

2.1 A doença cárie e a lesão em dentina

A cariologia clínica e o tratamento restaurador têm evoluído. O tratamento tradicional consistia na identificação pura e simples da lesão de cárie, sua remoção e substituição por restauração sem, no entanto, levar-se em conta sua etiopatogenia. No presente, a compreensão da doença cárie como processo dinâmico, biológico e multifatorial viabiliza um tratamento individualizado com o qual são evitados procedimentos invasivos e o sobretratamento (ANUSAVICE, 1995; ELDERTON;

MJÖR, 1990; FEATHERSTONE, 2000; KEYES, 1960; KRAMER; FELDENS; ROMANO, 1997; PITTS, 2004).

Conceitualmente, a cárie dentária é uma doença multifatorial, de caráter infeccioso, podendo acarretar, em seus estágios mais avançados, infecção sistêmica e perda do elemento dentário. A ingestão de carboidratos com alta frequência, a permanência do biofilme, constituído por microbiota cariogênica, a suscetibilidade individual e o tempo constituem os fatores etiológicos da doença cárie. As lesões de cárie iniciam-se pela desmineralização do esmalte sem cavitação, caracterizadas pelas manchas brancas opacas na superfície dentária que evoluem para cavitação com perda de parte do esmalte e podem ultrapassar a junção amelodentinária, atingindo a dentina e o órgão pulpar. Portanto, a destruição do tecido dental é chamada de lesão de cárie, e é o sinal da doença cárie, que tem uma gradação evolutiva crônica desde a perda inicial ultra-estrutural do mineral até a destruição total do elemento dental, caso não se intervenha para interromper este processo (ARAÚJO N.; ARAÚJO V., 1984; FEJERSKOV; NYVAD; KIDD, 2005; THYLSTRUP; FEJERSKOV, 1995).

Os preparos cavitários preconizados por Black (1908) representaram o início da odontologia operatória e restauradora, baseando-se nos princípios de retenção e resistência cavitárias, além da proposta de extensão preventiva, podendo levar ao desgaste excessivo de esmalte e dentina saudáveis (MOUNT; HUME, 1998).

Em destruições dentais pela cárie que se estendam em tecido dentinário, a atenção recomendada deve valer-se tanto de elementos preventivos, como operatórios, pois, sem a modificação dos fatores etiológicos que contribuem para o processo, a restauração do que foi perdido não pode ser considerada efetiva em

longo prazo, uma vez que, se, na evolução da doença, os fatores predisponentes envolvidos no processo continuem ativos (PITTS, 2004).

A decisão restauradora, ou invasiva da abordagem da cárie situa-se no contexto global de um plano de tratamento criterioso que vise não só à eliminação dos sinais de cárie, mas à interrupção da evolução da doença cárie, sua cura e a melhora de seus fatores predisponentes, promovendo saúde (WALTER; FERELLE; ISSAO, 1996; WEYNE; HARARI, 2002). Condições clínicas, como a presença de lesões ativas com envolvimento dentinário exigem uma abordagem invasiva; contudo, esta deve estar restrita ao tecido envolvido e ser mínima, conforme a necessidade de controlar a sua progressão. Para tanto, o desenvolvimento dos princípios de adesão dental (BUONOCORE, 1955; FUSAYAMA, 1979; NAKABAYASHI; KOJIMA; MASUHARA, 1982) propiciou as restaurações adesivas conservadoras com o mínimo de desgastes da estrutura dental (ANUSAVICE, 1995; KRAMER; PIRES, 2002; KRAMER; FELDENS; ROMANO, 1997).

O estudo da doença cárie e de seus sinais deve ser abordado como o resultado de uma atividade metabólica do biofilme bacteriano sobre os tecidos dentais e as respostas destes tecidos frente aos estímulos de agressão. O diagnóstico e conduta devem ser pautados não somente nos sinais clínicos da doença, mas analisando-se o equilíbrio do ambiente bucal, além da compreensão dos mecanismos de início, progressão e controle desta doença.

A dentina é um tecido mineralizado caracterizado por uma matriz orgânica, basicamente composta por colágeno e preenchida por cristais de hidroxiapatita, que caracteriza o principal componente inorgânico deste tecido. Em percentagens de peso, sua composição é de, aproximadamente, 70% de substância inorgânica mineral, 20% de substância orgânica e 10% de água (KATCHBURIAN; ARANA-

CHAVEZ, 2004). É formada por numerosos túbulos e canalículos que constituem uma rede através de toda a sua estrutura, sendo esta responsável pela permeabilidade deste tecido, variando o número de túbulos e canalículos, bem como os seus diâmetros de acordo com as diferentes faixas etárias e profundidade (GABEROGGIO; BRÄNNSTRÖM, 1976; MJÖR; NORDHAL, 1996).

A dentina é considerada um tecido mineralizado metabolicamente ativo, uma vez que contém prolongamentos de células odontoblásticas, podendo reagir a fatores externos, através de microporos do esmalte (KIDD; FEJERSKOV, 2004). A reação mais comum do complexo dentino-pulpar é a deposição de minerais dentro de túbulos dentinários, processo este conhecido como esclerose tubular ou dentina translúcida (MASSLER, 1967).

A lesão de cárie em dentina tem a base maior de um cone voltada para o limite amelo-dentinário (LAD) com ápice voltado em direção à polpa dental e, clinicamente, caracteriza-se por um amolecimento do tecido, pigmentação e perda de integridade estrutural. Histologicamente, ocorre alteração da matriz dentinária e degradação proteolítica da fase orgânica por resultado de ação microbiana, perda da integridade estrutural e invasão bacteriana (STUDERVANT; BARDON; BRAUER, 1995).

Em relação às reações do complexo dentino-pulpar frente a um estímulo (seja ele atrição, erosão, oclusal, operatório ou cárie), há a formação de um tipo de dentina pelos odontoblastos chamada dentina terciária. Entende-se por dentina primária aquela que é o produto da própria odontogênese, ou seja, constituída na época de formação do elemento dental. A dentina secundária é a que vai sendo depositada fisiologicamente ao longo da vida, em progressão lenta, diminuindo-se a luz do sistema de canais e da câmara pulpar (volume pulpar). A dentina terciária

provém dos odontoblastos originais ou já pré-existentes e também é dita dentina reacional, e tem por característica túbulos em continuação da dentina secundária. A espessura da camada de dentina reacional neoformada está relacionada com a intensidade e duração do estímulo, tendo matriz orgânica e conteúdo mineral semelhantes aos encontrados nas dentinas primária e secundária (ARANA-CHAVEZ; MASSA, 2004).

Quando o estímulo externo afeta irreversivelmente os odontoblastos, causando a morte celular de alguns deles (sem a intensidade de provocar patologias pulpares de maior ordem), há um comportamento reversível do complexo dentino-pulpar em disponibilizar células odontoblasto-*símili* recém diferenciadas da camada sub-odontoblástica para formar um tipo de dentina terciária chamado dentina reparativa. Esta é, morfológicamente, diferente da dentina reacional, pois contém inclusões celulares semelhantes a osteócitos, com matriz extracelular que contém proteínas não-colagênicas como a osteopontina, mais comum no tecido ósseo do que em dentina (ARANA-CHAVEZ; MASSA, 2004).

A lesão de cárie em dentina consiste na esclerose e oclusão das luzes dos túbulos dentinários seguida da desmineralização da dentina intertubular e destruição da dentina peritubular, fenômenos estes que precedem à invasão bacteriana (FRANK, 1990).

A lesão de cárie dentinária ocorre quando da cavitação do esmalte até o LAD e conseqüente exposição direta da dentina à biomassa bacteriana na cavidade. Histologicamente, pode-se então notar a invasão bacteriana no tecido dentinário. Entretanto, cabe salientar que, apesar de ser claro o fato de que a microbiota presente no interior dos túbulos seja capaz de excretar produtos metabólicos associados à destruição mineral, é muito limitada, quando comparada ao efeito

destrutivo das bactérias presentes na dentina necrótica e das alojadas na cavidade. Ou seja, a presença de bactérias nos túbulos dentinários é indicativa da progressão da doença muito mais do que parte integrante da destruição dentinária em si (THYLSTRUP; QVIST, 1987).

A porção dentinária mais exposta à cavidade bucal e às massas de biofilme bacteriano é decomposta em virtude da ação dos ácidos e enzimas proteolíticas bacterianos; é a chamada “zona de destruição”, sob a qual se observam bactérias nos túbulos e porções orgânicas necróticas, produto da destruição dos processos odontoblásticos sem que estes tenham produzido a sua defesa, que é a esclerose tubular. Estes túbulos vazios são então ocupados por bactérias que, em conjunto com outros túbulos na mesma situação, formam os chamados “focos de liquefação” (dissolução mineral e proteólise). Entre a porção superficial (invasão bacteriana) e a dentina esclerótica há, então, a “zona translúcida”, ou seja, região de desmineralização resultante dos ácidos produzidos na biomassa de bactérias anaeróbias acidúricas da cavidade (FEJERSKOV; NYVAD; KIDD, 2005).

A dentina externa, voltada para a cavidade da lesão de cárie, é a chamada dentina infectada, morta, não remineralizável e sem sensibilidade. A zona de penetração bacteriana, logo abaixo, é também conhecida como zona descolorida, bem amolecida. A dentina interna cariada, chamada de afetada, não está infectada, é remineralizável, viva e sensível, conhecida como zona transparente. Abaixo desta está a dentina que reage biologicamente aos estímulos de agressão da cárie, com esclerose tubular, depositando cristais de mineral no interior dos túbulos e obliterando-os parcial ou totalmente até o final dos estímulos, sendo mais endurecida do que a dentina hígida (OGAWA et al., 1983).

As duas primeiras camadas devem ser removidas, porém as duas últimas camadas devem ser mantidas, pois são passíveis de remineralização e mantêm-se viáveis com o selamento hermético da cavidade, de acordo com alguns autores (MARSHALL Jr. et al., 1997; WALTER; FERELLE; ISSAO, 1996; WEYNE; HARARI, 2002).

O tecido dentário comprometido pela ação da doença cárie deve ser tratado com critério, visando ao tipo de cavidade e de restauração, em um contexto de um plano de tratamento global, modificando-se os fatores de risco, e não só a cavidade ou cavidades em questão.

2.2 Remoção do tecido dental comprometido pela lesão de cárie em dentina

Evidências científicas contemporâneas tendem a apontar para uma nova abordagem quanto à remoção do tecido cariado.

Eidelman (1993) apresentou como modalidade de tratamento o selamento intencional das lesões de cárie em dentina. O estudo de Mertz-Fairhurst et al. (1998) acompanhou, por dez anos, cavidades em 123 pacientes (entre 8 e 52 anos de idade) sem nenhuma remoção de tecido cariado, porém com selamento marginal. Estes autores concluíram que uma restauração cujas margens estejam aderidas e seladas corta os nutrientes das bactérias cariogênicas que foram sepultadas na lesão, impedindo assim a futura progressão do processo carioso.

Outros autores (BJØRNDAL; LARSEN; THYLSTRUP, 1997; BJØRNDAL; LARSEN, 2000; RICKETTS, 2001) apontam para que as eventuais bactérias viáveis

deixadas na cavidade, após remoção do tecido cariado, tendam a não ter ação destrutiva ou até morram devido à falta de nutrientes decorrentes do selamento cavitário pela restauração adesiva.

Com base na viabilidade em se obter selamento marginal eficiente e adesão à estrutura parcialmente comprometida, a odontologia adesiva atual caminha em direção a atitudes mais conservadoras em um contexto de procedimentos minimamente invasivos.

Pode-se situar o controle da doença através de procedimento de adequação do meio bucal, que engloba os conceitos de tratamento restaurador atraumático. Weerheijm e Groen (1999) preconizam a restrição da nutrição bacteriana pelo isolamento da lesão de cárie do meio bucal, curetagem da dentina infectada e uso de materiais com características cariostáticas. O selamento da lesão de cárie do ambiente bucal leva à redução da microbiota quando comparado com dentes não tratados e lesões sem selamento. A técnica de restauração atraumática utiliza o cimento de ionômero de vidro como material restaurador, e a qualidade do selamento desse material é satisfatória na maioria dos casos imediatamente após a aplicação. Frencken e Holmgren (1999) avaliaram a efetividade deste tratamento restaurador atraumático no controle da lesão de cárie dentária. Comparando-se esta técnica com os preparos cavitários convencionais, os últimos apresentam remoção inevitável de tecido dentário sadio para obter retenção mecânica, enquanto, no tratamento restaurador atraumático, o uso de instrumentos manuais limita a remoção principalmente ao tecido infectado.

Diante da doença cárie, seus efeitos deletérios e a resposta do complexo dentino-pulpar, é preciso entender como se comporta a adesão do material

restaurador ao tecido dentário modificado pela ação da cárie e suas próprias reações.

As técnicas adesivas constituem papel fundamental na dentística operatória atual (BJØRNDAL, 2002). O uso de materiais capazes de aderirem à estrutura dental e a diminuição da quantidade de estrutura dental que é destruída durante o preparo cavitário tradicional reduz, substancialmente, o risco de fratura dental (BURKE, 2003).

Consiste basicamente em: remover somente esmalte destruído e dentina infectada (onde a remineralização do tecido não é esperada); deixar a dentina afetada e procurar suportar o esmalte com a restauração adesiva, bem como promover selamento da cavidade e que a forma da cavidade restaurada seja diretamente relacionada à extensão da lesão de cárie. É o controle da cárie dental com o mínimo de perda de estrutura dental e iatrogenia (BANERJEE; WATSON; KIDD, 2000a; BJØRNDAL, 2002; BURKE, 2003; WHITE; EAKLE, 2000; MOUNT, 2000; NICHOLSON, 2003; SUMMITT, 2002; TYAS et al., 2000; KIDD, 2000, 2004; SIMPÓSIO DE MÍNIMA INTERVENÇÃO EM ODONTOLOGIA², 2007).

Diante da possibilidade de manutenção de parte do tecido cariado e do enfoque de se tratar a doença cárie e não a cavidade resultante da doença, busca-se uma mudança filosófica no âmbito da promoção de saúde bucal e do próprio tratamento odontológico, o qual deve pautar-se em máxima atitude em prevenção, máxima preservação estrutural e mínima restauração com o mínimo de intervenção (BUSATO et al., 2005).

As evidências nas quais se baseiam e se justificam os conceitos de uma odontologia minimamente intervencionista ou minimamente invasiva incluem a cárie

² Simpósio de Mínima Intervenção em Odontologia, 2007. Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil de 30 a 31 de agosto de 2007.

dental como doença que não se cura com restaurações, e restaurações extensas têm prognóstico pior do que as pequenas. Há possibilidades técnicas de se realizar restaurações pequenas e com propriedades adesivas. A progressão da doença cárie é lenta e pode ser interrompida ou cronificada. Procedimentos minimamente invasivos são menos dolorosos a quem demandam estética e restaurações com longa longevidade (ERICSON et al., 1999; MURDOCH-KINCH; McLEAN, 2003).

Pitts (2004) conceitua os parâmetros de controle da doença cárie no contexto do ambiente bucal em sete passos separados, porém ligados uns aos outros: detecção da lesão de cárie; classificação da extensão da lesão; monitoramento não invasivo da lesão; classificação da atividade da lesão; estabelecimento de um diagnóstico, prognóstico e conduta clínica a ser tomada; intervenção ou tratamento e acompanhamento do resultado da medida instituída ao longo do tempo.

Se e quando a situação de cárie for diagnosticada, os fatores envolvidos na doença podem incluir as seguintes observações: saliva (pH, fluxo e capacidade tampão); bactérias (tipos e atividade); dieta (frequência e quantidade da ingestão de carboidratos e de ácidos); flúor (experiência passada e exposição atual) e história (odontológica, médica, colaboração e estilo de vida). Se a prevenção não for bem sucedida na paralisação da lesão de cárie, devem-se utilizar métodos de mínima intervenção para preparo cavitário e restauração (BURKE, 2003).

Quando em lesões de cárie de pequena extensão (cavidades ou não), em dentística operatória, os microprocedimentos / microcavidades também representam riscos potenciais de serem introduzidos procedimentos clínicos em estágios iniciais do desenvolvimento da lesão. A sua progressão poderia ser evitada pela passividade ou não atividade da lesão ou pela possibilidade de paralisação da atividade da lesão através de medidas preventivas (BJØRNDAL, 2002).

Kidd (2000) elenca uma série de questionamentos tais quais: se cárie dental é a destruição tecidual causada pelo metabolismo bacteriano no biofilme dental, e se o processo pode ser paralisado ao, simplesmente, se remover este biofilme bacteriano, então, qual é a finalidade de se remover o sintoma deste processo (tecido desmineralizado)? Por que não se remove apenas o biofilme e sela-se a cavidade para que assim o paciente consiga higienizar o dente? A autora ainda afirma que a dinâmica biológica do complexo dentino-pulpar tem capacidade de defender-se da agressão causada pelo biofilme bacteriano e que o complexo dentina-polpa poderia estar melhor com menos cuidados do que com aqueles que os dentistas podem causar a ele com procedimentos invasivos exagerados. Mesmo já, há algum tempo, Massler (1967), e o próprio pai da odontologia contemporânea, Black (1908), ressaltam o problema da dissociação entre técnica operatória e conhecimento biológico no contexto da prática odontológica e os prejuízos que isso pode causar ao paciente.

Em revisão sistemática da literatura, Ricketts et al. (2006) investigaram a relação da remoção mínima do tecido cariado com danos pulpare, progressão da lesão de cárie e longevidade das restaurações e concluíram que a remoção parcial da lesão de cárie é preferível à remoção total em lesões profundas, a fim de diminuir-se o risco de exposições pulpares.

Hudson (2004) propõe um interessante questionamento, vislumbrando o futuro da profissão odontológica, no que tange este tipo de abordagem que é: continuaremos a ser “cirurgiões dentais” ou nos tornaremos “cariologistas clínicos”? O cirurgião dentista deveria ter um comportamento mais científico do que técnico (TYAS et al., 2000).

A fim de aplicar a filosofia minimamente intervencionista, quando indicada, é necessário correto diagnóstico da lesão de cárie, a fim de não somente identificá-la para intervir, como também não intervir, quando não se tratar de tecido não comprometido, ou para corretamente distinguir quando se deve interromper algum procedimento operatório invasivo.

Uma vez identificado e corretamente diagnosticado o tecido comprometido e instituída a terapêutica adequada, há recursos alternativos que se encaixam na filosofia minimamente intervencionista, dentre eles, os lasers de Érbio.

Neste contexto conservador, os lasers de Érbio: Er:YAG (2,94 μ m) e de Er,Cr:YSGG (2,78 μ m) apresentam-se como tecnologia, com possibilidade de remover tecido duro sem contato tátil mecânico por tratar-se de luz e com alguma seletividade quando da remoção do tecido cariado, preservando-se estrutura dental sadia (EVERSOLE; RIZOIU, 1995; EVERSOLE; RIZOIU; KIMMEL, 1997; HIBST; KELLER, 1989; KELLER; HIBST, 1992; KOTLOW, 2004).

O laser de Er:YAG, desenvolvido em 1965 por pesquisadores soviéticos, consiste em um chamado dopante em estado sólido, Er (Érbio) e um meio ativo, que é um cristal de YAG (*Yttrium, Aluminium, Garnet* – Ítrio, Alumínio, Granada). Emite comprimento de onda de 2,94 μ m (radiação infravermelha da porção invisível do espectro eletromagnético). Recebeu autorização para o uso clínico e comercialização no mercado norte-americano em maio de 1997 pelo FDA (*Food and Drug Administration*) (COZEAN et al., 1997). Os princípios de utilização deste laser em odontologia foram demonstrados por Hibst, Keller e Steiner (1988) e ressaltaram que sua utilização seria promissora na remoção de estrutura dental mineralizada, pois o seu comprimento de onda coincidia com o pico máximo de absorção da água e dos radicais hidroxila presentes na hidroxiapatita destes tecidos minerais. Este

laser tem sido largamente utilizado em dentística e odontopediatria para a realização de adequações cavitárias minimamente invasivas devido à diminuição de vibração, pressão e ruído mais agradáveis quando comparado à alta rotação (ISHIKAWA et al., 1996).

A ablação é o processo em que o laser de Érbio remove o tecido dental duro e consiste na explosão que a expansão de pequena quantidade de água, sob a superfície do tecido, provoca. Com esse impacto de energia ocorre a vaporização instantânea da água e conseqüente expansão do volume explodindo o material adjacente. Desta forma, tem-se conseguido a remoção tecidual sem transferir calor (aquecimento) aos tecidos remanescentes (PAGHDIWALA, 1993; KELLER; HIBST, 1989; RECHMANN; GOLDIN; HENNIG, 2003).

O laser de Er,Cr:YSGG (*Erbium, Chromium: Yttrium, Scandium-Gallium-Garnet*) também apresenta comprimento de onda adequado à remoção de tecidos duros e de modo similar ao laser de Er:YAG, tem sido proposto para adequação cavitária e remoção de cárie (HADLEY et al., 2000; HOSSAIN et al., 2002a; 2002b).

Ando et al. (1996); Aoki et al. (1998); Blay (2001); Belikov, Moroz, Skripnik (1995); Mehl et al. (1999); Lopes, Jardim Júnior, Kina (2004); Moritz et al. (1999), Rechmann (2004); Schoop et al. (2002, 2004) e Türkün et al. (2006) afirmam que os lasers de Érbio têm a habilidade de reduzir a população bacteriana no tecido-alvo, sendo assim um efeito adicional em seu uso, principalmente sob a ótica da mínima intervenção.

A diferença na absorção dos lasers por diferentes tecidos leva a pensar se a interação tecidual varia entre as estruturas dentais sadias e cariadas e que um laser poderia ser utilizado para uma remoção seletiva de tecido dental cariado baseado

em diferenças naturais de absorção (HIBST; KELLER, 1989; HIBST; KELLER; STEINER, 1989; RECHMANN, 2004; SHIGETANI et al., 2002).

Rechman (2004) ainda observou através das densidades ópticas dos tecidos dentais que, para comprimentos de onda que variem entre 240 e 770nm, as lesões de cárie demonstraram maior absorção do que dentina e esmalte saudáveis.

Hibst e Keller (1989) verificaram que a quantidade de tecido dentário removido pela ação do laser de Er:YAG, durante o mesmo tempo e densidade de energia, foi maior para dentina em relação ao esmalte e maior para lesões de cárie em relação à estrutura dental hígida. Afirmaram, ainda, que o laser de Er:YAG é seletivamente absorvido por água e hidroxiapatita e que a destruição tecidual causada pela energia da explosão, no momento da vaporização instantânea da água presente nos tecidos, e como resultado, a quantidade de mudança morfológica que ocorreu na dentina foi maior que a do esmalte não somente devido a diferenças de estrutura histológica, mas também devido à maior quantidade de água presente em dentina.

Outros pesquisadores têm esta visão de remoção seletiva do tecido comprometido com lasers e buscam parâmetros ótimos para a remoção efetiva do tecido dental cariado pelo processo da ablação sem ou ao menos com o mínimo de envolvimento da remoção de tecido dentinário hígido (HENNIG et al., 1993; RECHMANN et al., 1993).

Há estudos que apontam para o potencial de inibição à cárie pela irradiação do tecido dental com os lasers de Er:YAG e de Er,Cr:YSGG (FRIED et al., 1996), o que seria um componente interessante no contexto do uso dos lasers de Érbio na odontologia de mínima intervenção.

Ao se utilizar desta tecnologia para remoção de tecido dental ou adequação cavitária, especialmente no que diz respeito ao tecido dentinário, foco do presente estudo, alguns autores e clínicos relatam a percepção de uma mudança do som característico da ablação dental com lasers de Érbio quando da mudança do substrato irradiado, como descrito a seguir. (ALTSCHULER; BELIKOV; CERNAVIN, 1999; BURKES Jr. et al., 1992; CLARK et al., 2001; ROBLES; BARROS; EDUARDO, 2003; RECHMANN, 2004; ROBLES; MENDES; MATOS, 2007; VAN AS, 2004; WALSH, 2003).

O som é uma vibração mecânica do ar em ondas que viajam em todas as direções desde a sua origem até serem capturadas pelos ouvidos e serem interpretadas pelo cérebro. Sendo uma onda, o som tem duas características principais: frequência e amplitude (INMETRO, 2007).

O som é produzido pela alteração da pressão do ar e, de acordo com a velocidade com que esta pressão varia, pode-se atingir uma quantidade de massa de ar, que se transmite sob a forma de ondas sonoras. Esta variação de pressão chega aos ouvidos e faz o tímpano vibrar. Estas vibrações são transformadas em impulsos nervosos, levadas até o cérebro e lá codificadas.

A partir de sons-padrões, pode-se identificar sua frequência em tempo real e qualificá-la em tempo real de acordo com parâmetros preestabelecidos, como uma “assinatura sonora”.

Com base na diferença do limiar de ablação do tecido cariado ser menor que do tecido sadio, nota-se que, quando da remoção de tecido cariado, em suas porções finais, o som emitido pelo produto da ablação dental muda de um som mais grave para um som mais agudo, como quando batendo em madeira oca e em madeira maciça, respectivamente (ALTSCHULER; BELIKOV; CERNAVIN, 1999;

BURKES Jr. et al., 1992; CLARK et al., 2001; WALSH, 2003; VAN AS, 2004; RECHMANN, 2004; ROBLES; BARROS; EDUARDO, 2003; ROBLES; MENDES; MATOS, 2007). Clinicamente, esta diferença sonora tornou-se uma curiosidade e uma “dica” para parar de remover a lesão de cárie, pois se teria atingido tecido sadio; a partir deste achado clínico subjetivo.

Uma característica marcante dos lasers de Érbio é o ruído de estouro (*popping sound*), produto das microexplosões causadas pela ablação do tecido dental, em virtude da interação destes lasers com o tecido dental. Esse ruído de estouro é o chamado efeito fotoacústico. O tom (agudo ou grave) e a ressonância (volume sonoro e duração do som) desta onda sonora variam de acordo com a presença ou ausência de lesão de cárie no dente. Este efeito fotoacústico é característica de uma duração de pulso curta (largura de pulso: 100 a 250 μ s) e alta densidade de energia (CLARK et al., 2001; GIMBEL, 2000; WALSH, 2003).

Altschuler, Belikov e Cernavin (1999), vislumbraram a utilização do som produzido pela ablação do tecido dental com o laser de Er:YAG como um parâmetro de determinação indireta do tecido-alvo. Utilizaram uma fibra de quartzo no modo contato para a ablação de dentina humana hígida, pigmentada e cariada. Foi realizada uma captação e medição do som produzido com um microfone e os dados foram dispostos em um oscilograma. Os resultados obtidos foram comparados com o método visual-tátil convencional e com um método mecânico-acústico, que media a vibração de uma sonda exploratória passando na superfície dentinária (ambos não invasivos, diferentemente do método sonoro proposto, denominado, naquele experimento, como laser-acústico) e concluiu-se que o método visual-tátil foi o menos indicado entre os outros dois em virtude de sua maior subjetividade.

Rechmann (2004) observou que o limiar de ablação (que define o início de remoção de material quando a energia crescente é aplicada ao substrato, pois energias inferiores a este limiar apenas resultam em aquecimento do substrato e uma expansão volumétrica mínima) pode ser medido como uma onda de pressão com um microfone sensível e que, no limiar de ablação, a remoção explosiva do material causa um aumento súbito na pressão detectada e a curva de pressão medida muda de um aumento gradual a um pico agudo.

Entretanto, van As (2004) considera que, embora haja evidências que sugiram que a acústica dos ruídos de estouro (*popping sounds*) promovida pela ação dos lasers de Érbio mude dependendo se toda a lesão de cárie é removida, há controvérsias. O autor evidencia o fato de que a determinação da extensão da quantidade de lesão de cárie remanescente, em se tratando de adequação ou preparo cavitário com laser, é mais difícil do que em preparo convencional. O fluxo contínuo da água utilizada para refrigeração, quando do uso dos lasers, hidrata a lesão de cárie, criando uma translucência que torna difícil a determinação visual do momento da completa remoção de tecido comprometido pela cárie. Isto, de acordo com o autor, facilitaria a remoção do tecido com curetas afiadas (mais fácil do que com os lasers de Érbio).

Robles, Barros e Eduardo (2003) e Robles, Mendes e Matos (2007) realizaram trabalhos visando a aferir tecnicamente se esta mudança sonora representava o que era suposto clinicamente, a fim de estabelecer um parâmetro objetivo para conservar-se estrutura dental sadia. Foi verificado, através de análise gráfica do espectro sonoro, que, entre os grupos dentina sadia e entre dentina cariada, os padrões eram semelhantes, mostrando especificidade para cada um dos grupos (cárie e higidez) e que, através da análise das médias das frequências

compostas dos pulsos de ablação a laser de Er:YAG, havia diferença entre os grupos cárie e hígido, revelando, assim, sensibilidade.

Desta forma, verificou-se ser a análise sonora da ablação um parâmetro objetivo confiável para determinar se o substrato é cariado ou hígido. Propuseram a criação e o desenvolvimento de um dispositivo que pudesse perceber as diferenças sonoras e desligasse o aparelho (soasse um alarme ou acendesse uma luz) quando parâmetros sonoros indicassem que se teria atingido estrutura dental sã e assim impedir-se-ia a remoção inadvertida de tecido sadio na fase final de remoção de tecido cariado.

2.3 Diagnóstico e parâmetros operatórios para a lesão de cárie em dentina

O objetivo moderno da remoção do tecido comprometido pela lesão de cárie em dentina é a erradicação somente da parte altamente infectada da dentina, irreversivelmente desmineralizada e a biomassa denaturada com a finalidade de se realizar uma restauração efetiva da cavidade, ou seja, a manutenção do máximo de estrutura viável.

Quando da remoção do tecido dentinário comprometido pela lesão de cárie, nem sempre se tem a certeza do momento preciso de se interromper este processo, pois há uma falta de limites clínicos objetivos. A subjetividade inerente à detecção do limite de escavação do tecido dentinário faz com que o operador tenha a tendência natural de se basear na consistência tátil do tecido, bem como sua coloração. Entretanto, estes parâmetros são subjetivos e não raro leva à remoção de dentina

não comprometida pela lesão de cárie, considerada a dentina afetada pela cárie, que, contudo, é passível de remineralização e, portanto, pode permanecer no fundo da cavidade. Autores propõem a necessidade de investigações futuras acerca da procura de indicadores objetivos para indicar a remoção correta da quantidade ou volume de dentina comprometida entre diferentes lesões e operadores (BANERJEE; WATSON; KIDD, 2000a).

A remoção convencional do tecido dental comprometido pela lesão de cárie com instrumentos cortantes rotatórios (ICR) ou instrumentos abrasivos em alta ou baixa rotação são procedimentos não seletivos que podem ocasionar remoção desnecessária de tecido dental sadio ou passível de remineralização, podendo causar, adicionalmente, dor, complicações pulpares e enfraquecimento do remanescente dental (BANERJEE; WATSON; KIDD, 2000b; MCCOMB, 2000; IWAMI et al., 2003; TYAS et al., 2000).

Os parâmetros clínicos mais comuns disponíveis para auxiliar a remoção de tecido dentinário comprometido são os critérios visuais-táteis, tais como: dureza, textura, cor e umidade, o uso de corantes evidenciadores e fluorescência do tecido.

Quanto à cor do tecido, ainda não está bastante claro sobre a razão de o tecido dentinário desmineralizado ser acastanhado e que isso se deveria possivelmente pela reação de Maillard, que é a formação de pigmentos castanhos quando a proteína é denaturada na presença de açúcar (KLETTLER et al., 1997). Outra explicação possível é que o pigmento castanho é exógeno e que é retido pelas porosidades e irregularidades do tecido dentário (KIDD; JOYSTON-BECHAL; SMITH, 1990). Considerando que a dentina esclerosada é freqüentemente escurecida, a pigmentação da dentina não deve ser um parâmetro para guiar a

remoção do tecido cariado (KIDD; RICKETTS; BEIGHTON, 1996), principalmente se este estiver presente nas paredes de fundo da cavidade (KIDD, 2000).

Dureza e textura da dentina são terminologias difíceis de diferenciar e são os critérios clínicos mais utilizados. Variam com a profundidade da lesão, sendo o tecido subjacente ao LAD marcadamente amolecido (OGAWA et al., 1983). Cor, dureza e brilho da superfície dentária são critérios para os quais Huysmans e Longbottom (2004) também chamam a atenção. A secagem e limpeza profissional são importantes para proceder-se ao exame clínico odontológico à procura de lesões de cárie (ISMAIL, 2004). Recomenda-se o uso racional e cuidadoso da sonda exploratória para o critério visual-tátil (ANUSAVICE, 2005).

Em relação ao uso de evidenciadores de cárie (FUSAYAMA, 1979; FUSAYAMA; KUROSAKI, 1972), em virtude de nenhum deles ser cárie-específico, seu uso rotineiro pode levar a um profundo grau de sobretratamento (BOSTON; GRAVER, 1989; LISTE et al., 1987; MALTZ et al., 2002; MCCOMB, 2000; YIP; STEVENSON; BEEKLEY, 1994), levando alguns autores a contra-indicar seu uso (PEREIRA, VERDONSCHOT; HUYSMANS, 2001).

A dentina comprometida por lesões de cárie apresenta maior fluorescência do que a dentina hígida, quando irradiadas com um comprimento de onda de 655nm (LUSSI; HIBST; PAULUS, 2004). Sabe-se, ainda, que esta alteração da fluorescência está relacionada a uma alteração orgânica promovida pelos metabólitos bacterianos e não representa perda mineral. Um dispositivo alternativo que mede e quantifica esta fluorescência – Diagnodent - tem sido utilizado como um método complementar ao visual, devendo se conhecer suas limitações e não utilizá-lo como método primário de diagnóstico (MENDES; NICOLAU; DUARTE, 2003; MENDES; HISSADOMI; IMPARATO, 2004).

O uso deste dispositivo como parâmetro durante o processo de remoção de tecido cariado pode ser significativamente afetado pela estrutura interna da dentina que se está medindo (IWAMI et al., 2003) e observa-se não haver consenso quanto a sua indicação para este fim. Enquanto alguns autores recomendam seu uso para a detecção de tecido cariado residual durante o procedimento operatório de escavação da dentina cariada (LENNON et al., 2002), outros autores sugerem que este uso é uma aplicação promissora, mas que deve ser mais investigado antes de serem feitas recomendações gerais (LUSSI et al., 2000; LUSSI; HIBST; PAULUS, 2004; REICH et al., 1998). Existe, ainda, um grupo de autores (PEREIRA, VERDONSCHOT; HUYSMANS, 2001), que não recomendam o uso deste dispositivo por acreditar que possa induzir a diagnósticos falso-positivos e, possivelmente, levar a um sobretratamento.

Pardi et al. (2000) e Lizarelli et al. (2004) ressaltam que este recurso tem a capacidade de identificar o tecido comprometido pela doença, mas para que haja uma decisão no tratamento invasivo em dentina deve-se utilizar outros métodos auxiliares de diagnóstico (visual e radiográfico), diminuindo, assim, a possibilidade de decisão incorreta.

Com base na literatura estudada, e pela importância dos assuntos, surgiu a necessidade de se esclarecer, através do presente estudo, a validação do som produzido pela ablação dental a laser como um parâmetro clínico-operatório que represente mais um recurso objetivo que oriente a remoção do tecido cariado.

3 PROPOSIÇÃO

Diante da observação empírica de que a ação dos lasers de Érbio produzem diferentes ruídos de acordo com a dentina que está sendo ablacionada – hígida ou cariada - o presente trabalho visa investigar se esta diferença de som pode ser empregada como um parâmetro objetivo, sendo este um recurso clínico adicional para guiar o procedimento de remoção da dentina cariada com laser de Érbio.

Para tanto, este estudo será desenvolvido em três fases experimentais e cada uma delas com objetivos específicos distintos. A primeira fase visa estabelecer, através do parâmetro sonoro, um limite que possibilite a distinção do som emitido pela ablação com laser de Er:YAG da dentina cariada e hígida a partir de uma gravação digital. Em um segundo momento, será desenvolvido um *software* para captar o som da ablação em tempo real. Finalmente, a validação do método de remoção do tecido cariado com lasers de Er:YAG e Er,Cr:YSGG, guiada pela captação do som em tempo real, será realizada através de dois critérios: visual-tátil e fluorescência a laser.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Seleção da amostra

Este estudo utilizou 40 dentes humanos permanentes posteriores recém-extraídos hígidos (10) ou com lesão de cárie com envolvimento dentinário (30), tendo recebido aprovação no Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo (FOUSP) (protocolo 115/04) (ANEXO A).

Em todos os procedimentos, os equipamentos de proteção individual foram corretamente utilizados por todos envolvidos com a parte experimental da pesquisa (como óculos de proteção específicos), assim como regras básicas de biossegurança. Os procedimentos envolvendo equipamentos laser foram realizados nas instalações do Laboratório Especial de Laser em Odontologia, pertencente ao Departamento de Dentística da FOUSP (LELO - Dentística / FOUSP).

Constam três fases neste trabalho, a serem descritas em seguida.

4.2 Primeira fase

A primeira fase experimental deste trabalho teve como intenção tentar transformar uma observação clínica empírica em um parâmetro que servisse como um recurso clínico objetivo, que fosse capaz de auxiliar na remoção do tecido dentinário cariado com laser de Er:YAG (2,94µm).

Para tanto, desenvolveu-se uma metodologia para captação do som emitido pela ablação da dentina (hígida e com lesão de cárie) (ROBLES; MENDES; MATOS, 2007).

Vinte dentes humanos permanentes posteriores recém extraídos - dez com lesões de cárie em dentina rasa e dez dentes hígidos - foram utilizados nesta fase do trabalho. Foram armazenados em água deionizada que foi purificada em um sistema Milli-Q (água milli-Q) (Millipore Corporation, Billerica, MA, Estados Unidos da América - EUA) a 4°C até serem utilizados. Estes dentes foram obtidos através de documento de doação por parte do Banco de Dentes Humanos (BDH) da FOU SP (ANEXO B). O esmalte de cada um dos 20 elementos dentais foi desgastado com ponta diamantada em alta rotação com refrigeração em *spray* de ar / água (instrumento abrasivo rotatório cilíndrico #836 C 018 6 FG, Midwest / Dentsply, EUA e caneta de alta rotação KaVo POWERtorque LUX 646B, Alemanha) até que se expusesse superfície dentinária superficial.

Foi utilizado, nesta fase, o laser de Er:YAG (KaVo Key 2, KaVo, Bilberach, Alemanha – projeto FAPESP 97/10823-0), comprimento de onda de 2,94µm, com ponta #2051 para preparo cavitário, de acordo com as especificações e parâmetros contidas no manual do fabricante. As superfícies dentinárias, tanto nos espécimes com lesão de cárie quanto nos espécimes hígidos, foram irradiadas sob os mesmos parâmetros. Os parâmetros de irradiação utilizados nesta fase experimental foram: 250mJ de energia, taxa de repetição de 2 pulsos por segundo (pps), com densidade de energia por pulso de 80,60J/cm², com refrigeração *spray* de ar e água com fluxo regulado para 24ml/min, com distancia focal de 12mm o que resulta em um *spot size* de 0,63mm de diâmetro no tecido-alvo. A potência média deste equipamento é de 1W.

Com a intenção de captura, gravação e posterior análise do som produzido pela ablação do tecido dentinário quando da irradiação deste laser de Er:YAG (2,94 μ m), um microfone monodirecional (AKG C 568 B, AKG Acoustics GmbH, Viena, Áustria) foi posicionado a 10cm da área operatória com a finalidade de captura e gravação dos sons produzidos pela ablação, ao trabalhar-se tanto em dentina com lesão de cárie ou hígida. O áudio capturado foi então digitalmente salvo, registrado e organizado em 20 arquivos sonoros de computador para futura análise (um arquivo para cada um dos espécimes irradiados, contendo 10 pulsos cada) – (pcm 44100HZ / 16bit *stereo*, 172Kb/s, em qualidade de CD).

Figura 4.1 – Ilustrações esquemáticas do método utilizado para padronizar a distância operatória e de captura sonora, para a metodologia empregada com o laser de Er:YAG (2,94 μ m)

Em um segundo momento, dez pulsos por arquivo foram analisados em um *software* de computador (Sound Forge – Sony Media Software, Sony Corporation of América, Estados Unidos da América), resultando em 200 análises, pois cada pulso individual foi isolado e a sua frequência composta em Hertz (Hz) obtida através de uma Transformada de Fourier. Diferentes frequências e fases de ondas sonoras podem ser analisados diretamente por um espectro de frequências, ou Transformada de Fourier; em geral qualquer função periódica, por mais complicada que seja, pode ser representada como a soma de várias funções seno e co-seno com suas amplitudes, fases e períodos (BRACEWELL, 2000). Os resultados obtidos são as chamadas frequências compostas, que foram sumarizados em médias e submetidos à análise estatística.

Com base no resultado encontrado nesta fase, buscou-se aplicá-lo tecnicamente e testá-lo ou validá-lo nas próximas fases deste estudo.

4.3 Segunda fase

A partir da observação dos dados encontrados na primeira fase do estudo, que tinha dois momentos distintos: captação do som (e gravação) e posterior análise deste em *software*, tentou-se encontrar uma solução de viabilizar, clinicamente, o dado objetivo encontrado a partir de observação empírica.

Com a finalidade de ter somente um momento de captação e interpretação (tempo real) deste som, buscou-se desenvolver uma ferramenta que fosse capaz de executar esta tarefa com o parâmetro de frequência composta que pudesse ser regulado de acordo com o desejo do usuário / operador.

Esta ferramenta possui o objetivo principal de produzir um parâmetro auxiliar ao operador quando da remoção de tecido dentinário cariado por ablação com lasers de Érbio. A emissão de um som diferente na dependência do tipo de substrato que o laser está irradiando em tempo real pode funcionar como um elemento de diagnóstico indireto, evitando-se o sobrepreparo durante o procedimento de adequação cavitária.

Através de um convênio público-privado (processo USP 2005.1.612.23.1) com a empresa Tecmaster Informática LTDA., foi desenvolvido especialmente para este estudo, testado e aperfeiçoado, um protótipo de *software* que, funcionando em um computador portátil e com um microfone monodirecional (AKG C 568 B, AKG Acoustics GmbH, Viena, Áustria), pudesse emitir um “beep” que indicasse a mudança no padrão sonoro. Para tanto, deveria ter a capacidade de ser calibrado pelo operador e reconhecer intervalos de frequências compostas de ondas sonoras e discriminá-los em: som produzido pela ablação do tecido dentinário com lesão cariada e som produzido pela ablação de tecido dentinário hígido ou viável.

Neste momento, o operador seria capaz de interromper o processo de ablação da dentina naquele exato ponto do substrato em que está trabalhando e mudar o local de irradiação para uma área ainda não irradiada, ou, ainda, interromper o processo de ablação daquela dentina, pois teria atingido tecido dentinário viável / hígido.

Após desenvolvimento e aperfeiçoamento deste *software*, partiu-se para outra fase do estudo, que visava à validação deste instrumento.

Figura 4.2 – Esquema gráfico da idéia do funcionamento prático do *software* quando do ato operatório de remoção de tecido cariado com lasers de Érbio

4.4 Terceira fase

Esta etapa visou à validação da remoção da dentina cariada guiada pelo parâmetro sonoro com lasers de Érbio. Nesta fase, foi também utilizado o laser de Er,Cr:YSGG (2,78 μ m), além do laser de Er:YAG (2,94 μ m).

Para o desenvolvimento desta fase da pesquisa, foram utilizados 20 dentes permanentes humanos recém-extraídos com lesões de cárie em dentina, livremente doados por pacientes com indicação de cirurgia exodôntica após terem sido esclarecidos (ANEXO B).

Os dentes humanos com lesão de cárie natural em dentina foram recém-extraídos e armazenados em água mili-Q por até 5 dias antes do ensaio (obtidos com o consentimento informado do voluntário/participante e com o termo de doação

do órgão dental). A partir do momento da doação dos elementos dentais, estes passaram a ser referidos neste experimento como espécimes.

Figura 4.3 – Ilustração esquemática do dente permanente posterior humano recém extraído (espécime) ser imediatamente colocado em água milli-Q para armazenagem

Cada lesão de cárie de cada elemento dental foi fotografada a fim de documentar o aspecto da lesão e suas características macroscópicas, que posteriormente foram classificadas segundo critérios de exame visual-tátil (APÊNDICES C e D).

Figura 4.4 – Ilustração esquemática do espécime sendo fotografado a fim de documentar o aspecto da lesão de cárie

Foi também realizada uma tomada radiográfica digital para cada elemento dental somente com a finalidade de documentação (APÊNDICES C e D). Foram realizadas no equipamento Heliodent Vario (Sirona Dental Systems GmbH, Bensheim, Alemanha, 2004, ,modelo 5962803D3350), a 70 kV e 7 mA, com o tempo de 0,20 segundos em sensor digital de 35 x 25 mm (Sirona Dental Systems GmbH, Bensheim, Alemanha, 2005 , modelo 03403), com o posicionador Denstispllt RINN a 125 mm do tubo de raios X, posicionando o elemento dental encostado no sensor com o auxílio de uma matriz individual confeccionada com silicona de condensação

(fase pesada) (Perfil, Vigodent, Rio de Janeiro, RJ) e utilizando-se um padrão metálico com fio ortodôntico de aço .07” calibrado em 10 mm (com paquímetro digital Mitutoyo Digimatic Caliper, mod 500-143B, Mitutoyo Sul Americana Ltda., Suzano, SP) como referência para medir-se a lesão cáriosa e foram obtidas imagens através do *software* Sidexis neXt Generation 1.4 (Sirona Dental Systems GmbH, Bensheim, Alemanha, 2004).

Figura 4.5 – Ilustração esquemática do espécime sendo fotografado a fim de documentar o aspecto da lesão de cárie juntamente com o padrão de aço de 10mm

Para o acesso às lesões de cárie em dentina, quando necessário, o esmalte sem suporte foi removido com cureta. Após lavagem em água mili-Q e secagem com jato de ar para a remoção de *debris*, as lesões de cárie foram avaliadas e registradas em uma tabela (*baseline*) considerando:

- Inspeção visual-tátil (observando o item textura com sonda exploratória (#5 - Hu-Friedy, Mfg. Co. Chicago, EUA) e cureta escavatória (#17 - Hu-Friedy, Mfg.

Co. Chicago, EUA), através de movimentos leves) (MASSARA; ALVES; BRANDÃO, 2002);

Figura 4.6 – Ilustrações esquemáticas do método de inspeção visual-tátil, observando os itens: coloração, textura e grau de dificuldade de sua remoção com sonda exploratória e cureta escavatória, através de movimentos leves. (MASSARA; ALVES; BRANDÃO, 2002)

- Aferição pela fluorescência a laser após calibração do equipamento (DIAGNOdent - KaVo, Biberach, Alemanha) com padrão cerâmico para cada elemento (HOSSAIN et al., 2003; KINOSHITA; KIMURA; MATSUMOTO, 2003) e ranqueados conforme os escores que o aparelho apresenta (variando entre 0 a 99) que aferem a quantidade de sub-produtos metabólicos causados por bactérias cariogênicas, cor escurecida e superfícies irregulares.

Figura 4.7 – Ilustração esquemáticas do método de aferição das lesões de cárie pela fluorescência a laser

As lesões de cárie de cada espécime foram então marcadas com um instrumento cortante manual (cinzel Wedelstaedt #3/4 - Hu-Friedy, Mfg. Co. Chicago, EUA) dividindo as cavidades em duas metades no sentido longitudinal (uma metade vestibular e outra lingual) (EIDELMAN; FINN; KOULOURIDES, 1965; FAIRBOURN; CHARBENEAU; LOESCHE, 1980; MASSARA; ALVES; BRANDÃO, 2002).

Todos os espécimes foram aleatorizados quanto a: qual tipo de laser que deveria irradiá-los; qual metade da lesão de cárie de cada um deles (vestibular ou lingual) seria removida; e que metodologia de morfologia seria empregada.

Em seguida, para cada um dos espécimes uma metade da lesão de cárie foi irradiada com laser de Er:YAG ou de Er,Cr:YSGG, registrando-se o som obtido até o aviso sonoro pelo *software*, que em tempo real deveria monitorar a frequência do som emitido. A outra metade da lesão de cárie do mesmo espécime foi o controle (sem remoção do tecido cariado).

A forma de irradiação, neste estudo, consistiu de uma varredura da metade da lesão de cárie irradiada, mudando-se o ponto de irradiação a cada vez que o *software* sinalizasse que o substrato irradiado deixou de ser cariado e passou a ser hígido, segundo o padrão sonoro previamente calibrado. A captação do som foi com o mesmo microfone monodirecional (AKG C 568 B, AKG Acoustics GmbH, Viena,

Áustria), e na mesma distância (10cm) da área operatória tal qual na primeira fase do estudo. O parâmetro de frequência composta sonora utilizado como ponto de corte foi o de 5534Hz, pois foi o obtido na primeira fase deste estudo (ROBLES; MENDES; MATOS, 2007), e, como tal, propósito desta validação quando utilizado em tempo real.

Figura 4.8 – Ilustração esquemática da divisão da lesão de cárie e varredura com o laser de Érbio na metade experimental de cada espécime

Para irradiação com o laser de Er:YAG utilizou-se nesta fase o equipamento KaVo Key laser 3 (Laser GmbH, Jena, Alemanha), doado ao LELO – Dentística / FOU SP pela KaVo (Biberach, Alemanha) que emite um comprimento de onda de $2,94\mu\text{m}$, duração de pulso de 250 a $500\mu\text{s}$, diâmetro do feixe em foco (*spot size*) de 0,63mm (de 12 a 15mm), com a ponta 2060. Os parâmetros de irradiação para remoção de lesão de cárie de dentina foram 250mJ / 4pps, potência média de 1W – densidade de energia = $80,6\text{ J/cm}^2$ e refrigeração por *spray* (ar + água - tendo a velocidade vazão de água regulada a 24 ml/min), focalizando-se o laser a uma distância calibrada em 12mm (DOSTOLOVÁ et al., 1995; GERALDO-MARTINS; ROBLES; MATOS, 2007; KELLER; HIBST, 1992).

Analogamente, com o laser de Er,Cr:YSGG (2,78 μ m), foi empregado o equipamento Waterlase (Millenium – Biolase Technologies Inc., San Clemente, CA, EUA), pertencente ao LELO – Dentística / FOUSP (Projeto CEPID / FAPESP 98/14270-8), e que emite um comprimento de onda de 2,78 μ m, com uma taxa de repetição fixa de 20pps, duração de pulso de 140 a 200 μ s, *spot size* do feixe de 0,442mm² em uma fibra óptica de safira de 750 μ m de diâmetro (modelo S75 – comprimento de 6 mm) adaptada à peça de mão 2415; de acordo com o fabricante, o foco ideal é de 0,5 a 1 mm, ou seja, com a ponta praticamente encostada ao dente. Os parâmetros utilizados para remoção de lesão de cárie de dentina foram 3W / 20pps, densidade de energia = 33,95J/cm², com a ponta MVP-HS de 750 μ m (S75) e refrigeração por *spray* (ar + água – 20% do nível de água / 80% do nível de ar, velocidade vazão de água medida em 16 ml/min), à distância de 1mm do substrato (HOSSAIN et al., 2002a; 2002b; KINOSHITA; KIMURA; MATSUMOTO, 2003).

Figura 4.9 – Ilustração esquemática do método utilização do recurso sonoro como guia de remoção de tecido dentinário comprometido por lesão de cárie em tempo real, com a finalidade de preservar estrutura dentinária não comprometida ou viável

Com a intenção de validar-se o método, imediatamente após o tratamento, cada um dos espécimes foi então lavado com água mili-Q e seco com jato de ar para a remoção de novos *debris*. Então, a região experimental (metade irradiada) foi novamente avaliada e registrada em uma tabela através dos mesmos critérios, com a finalidade de posterior comparação com o *baseline*:

- Inspeção visual-tátil;
- Aferição pela fluorescência a laser após calibração do equipamento (Diagnodent - KaVo, Biberach, Alemanha) com padrão cerâmico para cada elemento.

A seguir, de acordo com a metodologia de morfologia destinada para cada espécime, pela prévia aleatorização dos mesmos, procedeu-se microscopia de luz ou microscopia eletrônica de varredura.

4.4.1 Microscopia de luz

Nos elementos destinados a esta análise, as metades experimental e controle foram seccionadas antes da irradiação a laser (Er:YAG ou Er,Cr:YSGG) com disco de carborundum (seguindo-se a marcação com o instrumento cortante manual), lavadas com água mili-Q e secas com jato de ar.

Figura 4.10 – Ilustração esquemática das metades das lesões de cárie dos espécimes a serem posteriormente levados à análise por microscopia de luz.

Sete dentes de cada grupo (14 dentes / 28 metades), após o ensaio experimental (irradiação a laser de Érbio), foram fixados em solução de paraformaldeído a 4% em tampão cacodilato 0,1M, pH 7,4 e glutaraldeído a 0,1% por 24 horas e em seguida foram realizadas três trocas da solução a cada 10 minutos. Em seguida, as amostras foram desmineralizadas em solução de ácido fórmico a 20%, durante quinze dias segundo o protocolo do laboratório de Patologia Bucal da FOUSP. Ao final dos 15 dias, foi lavado em água corrente por 24 horas,

seguido de procedimento de desidratação em cadeia ascendente de álcool (70%, 80%, 90%, 95% e absoluto), por 90 minutos em cada banho, sendo que para o absoluto foram realizadas 3 trocas.

Seguiu-se a diafanização dos espécimes com 2 banhos de xilol, durante 90 minutos cada, o processamento com a inclusão em parafina, corte em micrótomo com 5µm de espessura e montagem de lâminas. As técnicas de coloração utilizadas foram hematoxilina-eosina (HE) e Brown-Hopps (protocolo Gram - BH) (BROWN; HOPPS, 1973) também estabelecida na rotina histopatológica do Departamento de Patologia Bucal da FOUSP.

As lâminas foram observadas em microscópio de luz e as imagens selecionadas representativas da amostra foram capturadas pelo Axiophot 2 (Carl Zeiss MicroImaging, Thornwood, New York, EUA). Para análise e interpretação ilustrativas, foram selecionados cortes e campos representativos de diferentes situações, colorações e magnificações, conforme o interesse.

4.4.2 Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)

Com finalidade puramente ilustrativa de alguns espécimes experimentais e controle, imagens em MEV foram obtidas.

Três dentes de cada grupo, aleatorizados e destinados para esta análise, não foram seccionados longitudinalmente, mas foram realizadas marcações em canaleta com disco de carborundum nos limites da cavidade (em esmalte), seguindo-se a orientação da marcação com o instrumento cortante manual que

divide a lesão de cárie, e em seguida, lavados com água milli-Q, secos com jato de ar para a remoção de eventuais *debris* (antes da irradiação a laser). Após o tratamento da metade experimental, cada elemento dental foi imerso em ultra -som com água milli-Q para limpeza de debris e então imersos em solução fixadora de glutaraldeído a 2,5% (SPI – CHEN – Spi Supplies, PA, EUA), tamponada com solução de fosfato de sódio 0,1M, pH 7,4 (Sigma, St. Louis, MO, EUA), por 12 horas a 4° C. Em seguida, os espécimes foram lavados 3 vezes durante 10 minutos cada com água destilada. A pós-fixação foi realizada com solução de tetróxido de ósmio a 1% no mesmo tampão por 20 minutos, em capela de fluxo laminar.

Decorrido esse tempo, os espécimes foram novamente lavados três vezes por 5 minutos cada com solução de fosfato de sódio 0,1M. A seguir, os espécimes foram então desidratados em etanol em série crescente de concentração: 30% por 10 minutos, 50% por 10 minutos, 70% por 10 minutos, 96% por 10 minutos e 100% (absoluto) por 20 minutos. Em seqüência, foi então realizada a secagem química dos espécimes, através da imersão dos mesmos em uma solução de HMDS – Hexadimetildisilazona (Sigma) por 20 minutos, em capela à temperatura ambiente. ..

As amostras foram então secas ao ar, sob capela, sobre um papel filtro dentro de um recipiente de vidro, para ocorrer a evaporação das substâncias químicas, com a finalidade de favorecer a deposição do ouro e de minimizar possíveis alterações da superfície a ser examinada (PERDIGÃO et al., 1996).

Em seguida, os espécimes foram colados sobre bases suportes de alumínio (*stubs*) (Electron Microscopy Scieces, EUA) com éster de cianoacrilato em gel (Super Bonder, Loctite, Brasil) e procedeu-se a cobertura com ouro em equipamento de metalização Sputter Coater, modelo FL 9496 (Balzers Union, Lietchenstein), em atmosfera de argônio puro, sob pressão de 0,05Mbar, distância

de 50mm, por 1 minuto e espessura média de deposição de 120nm. A observação em microscópio eletrônico de varredura foi então realizada no equipamento Leo 430 i (Zeiss – Leica, Cambridge, Reino Unido) a 15kV e 300μA, distância focal de 30mm e aumentos originais de 500 e 2000X.

Figura 4.11 – Ilustração esquemática do fluxograma dos espécimes no contexto da metodologia da terceira fase do estudo

5 RESULTADOS

5.1 Primeira fase

Para cada um dos 20 dentes pertencentes a esta parte do estudo, foram realizadas dez análises que resultaram em dez valores de frequência composta pela Transformada de Fourier, totalizando assim 200 valores. Para cada espécime, foi então calculada a média aritmética destes valores de frequência com a finalidade de comparar a medida representativa de cada um como uma representação sensível da resposta geral de cada espécime ao tratamento realizado (PETRIE; BULMAN; OSBORN, 2003). As análises, então restritas a estas medidas representativas, foram comparadas entre o grupo dos dentes que apresentavam lesões de cárie e o grupo de dentes hígidos em uma comparação simples entre duas amostras (teste U de Mann-Whitney – distribuição não-normal, fatores independentes) e apresentou diferença estatisticamente significativa entre os grupos testados (1%, $H_0=0,00\%$).

Gráfico 5.1 – Distribuição das médias das frequências compostas em Hz em ambas as situações. Grupo de dentina hígida = 6188,06Hz e grupo de lesões de cárie em dentina = 5046,05. Teste U de Mann-Whitney. Diferença estatisticamente significativa (1%, $H_0=0,00\%$)

Os dados das médias de frequência composta dos pulsos foram também organizados em uma tabela e gráfico para posterior análise *Receiver Operator Characteristic* (ROC), como segue apresentado na Tabela 5.1.

Tabela 5.1 – Análise ROC e valores de posto de corte evidenciados em amarelo para a frequência composta dos pulsos (Hz). VP=Verdadeiros Positivos, VN=Verdadeiros Negativos; FP=Falsos Positivos; FN=Falsos Negativos e AC=Acurácia (predições corretas em relação a todas as predições)

Médias de Frequência Composta (Hz) (anormais abaixo do ponto de corte)	Sensibilidade	Especificidade	VP	VN	FP	FN	AC
4358,1	0,0%	100,0%	0	10	0	10	0,50
4427,2	10,0%	100,0%	1	10	0	9	0,55
4487,9	20,0%	100,0%	2	10	0	8	0,60
4513,6	30,0%	100,0%	3	10	0	7	0,65
4539,5	40,0%	100,0%	4	10	0	6	0,70
4997,9	50,0%	100,0%	5	10	0	5	0,75
5049,8	60,0%	100,0%	6	10	0	4	0,80
5534,1	70,0%	100,0%	7	10	0	3	0,85
5568,6	70,0%	90,0%	7	9	1	3	0,80
5750,1	80,0%	90,0%	8	9	1	2	0,85
5875,1	80,0%	80,0%	8	8	2	2	0,80
6009,6	80,0%	70,0%	8	7	3	2	0,75
6044,1	80,0%	60,0%	8	6	4	2	0,70
6173,8	90,0%	60,0%	9	6	4	1	0,75
6286,3	100,0%	60,0%	10	6	4	0	0,70
6312,1	100,0%	50,0%	10	5	5	0	0,75
6493,7	100,0%	40,0%	10	4	6	0	0,80
6493,8	100,0%	30,0%	10	3	7	0	0,65
6502,4	100,0%	20,0%	10	2	8	0	0,60
6623,4	100,0%	10,0%	10	1	9	0	0,55
6670,0	100,0%	0,0%	10	0	10	0	0,50

Gráfico 5.2 – Curva ROC ($p < 0,0001$). Área sob a curva = 0,910 (ROBLES; MENDES; MATOS, 2007)

A área sob a curva, em uma análise ROC, mede a discriminação, que é a capacidade do teste de classificar corretamente aqueles com e sem a condição testada (neste caso, lesões cariosas). A acurácia do teste depende de quão preciso ele é em separar corretamente os espécimes testados em com e sem a condição em questão. A acurácia é medida pela área sob a curva ROC; quanto mais próxima de 1, mais acurado o teste é; ou seja, quanto mais deslocada para a esquerda e para cima, melhor.

O teste ROC mostrou dois valores similares em diferentes pontos de corte dos valores de frequência composta: 5534,1Hz, tendo sensibilidade de 70% e 100% de especificidade e 5750,1Hz, que correspondeu a 80% de sensibilidade e 90% de especificidade. Ambos os valores de acurácia foram os mesmos para estes diferentes pontos de corte (0,85).

Diante da tendência atual mínima intervenção, optou-se por estabelecer, para a fase 3, a utilização do limite de menor valor (5534,1Hz), uma vez que menos estrutura dentinária fosse removida, ablacionada pelo laser de Er:YAG.

5.2 Segunda fase

Esta fase apresentou como resultado o próprio *software* de avaliação sonora em tempo real (Figura 5.1). Este *software* permite cadastrar dados do espécime irradiado ou do paciente, tais como: data do atendimento, número do dente, características da lesão de cárie, tipo de laser de utilizado, bem como seus

parâmetros. Adicionalmente, existe um espaço destinado a anotação de observações diversas a critério do operador.

Figura 5.1 – Tela do *software* limitador de frequência sonora em tempo real

Durante o procedimento operatório de remoção da dentina cariada, ao atingir o limite de frequência sonora, previamente estabelecida pela fase experimental um (5534,1Hz), o microcomputador emite um *beep*, que leva o operador a mudar o ponto de irradiação, ou interromper o processo de ablação. Como o programa somente admite números inteiros, optou-se por aproximar o valor estabelecido como limite para 5534Hz, para ambos os tipos de laser de Érbio utilizados. O *software* calcula os resultados obtidos ao final da irradiação e os apresenta em forma de uma

planilha de frequência sonora em função do tempo, que gera um gráfico para cada um dos espécimes irradiados.

Nesta fase experimental, 10 dentes posteriores humanos com lesão de cárie foram irradiados com laser de Er:YAG e outros 10 dentes com Er,Cr:YSGG, utilizando 5534Hz como limite de frequência sonora que indicasse sugestão de se ter atingido substrato hígido ou viável, tendo a ablação, causada pelos lasers, removido a dentina infectada.

Os Gráficos 5.3 e 5.4 ilustram, respectivamente, o padrão de frequência sonora em função do tempo para os lasers de Er:YAG e Er,Cr:YSGG. Observa-se que os gráficos obtidos para o laser de Er:YAG, em todos os espécimes irradiados com este laser, possuem patamares entre os picos e vales, correspondentes à variação do som. Entretanto, o laser de Er,Cr:YSGG produz um som que gera um gráfico com aspecto ziguezagueado, composto apenas por picos e vales.

Gráfico 5.3 – Frequência sonora (Hz) em função do tempo (s) para os espécimes irradiados com Laser de Er:YAG

Gráfico 5.4 - Frequência sonora (Hz) em função do tempo (s) para os espécimes irradiados com Laser de Er,Cr:YSGG

Considerando que a linha limite vermelha presente nos Gráficos 5.3 e 5.4, representativos da amostra, indica para o operador que o tecido cariado foi removido, observou-se que, para ambos os lasers testados, a linha limite estabelecida encontra-se abaixo dos pontos de oscilação dos gráficos, sugerindo que o tecido cariado não teria sido integralmente ablaçado.

5.3 Terceira fase

Nesta fase experimental, foram utilizados os critérios visual-tátil e fluorescência a laser (Diagnodent) para validar o método de remoção de dentina cariada com laser de Er:YAG e Er,Cr:YSGG, guiada pelo parâmetro sonoro emitido pela ablação.

5.3.1 Critério Visual-Tátil

Para compor o critério visual-tátil, o tecido dentinário foi avaliado em relação à sua textura, sendo atribuídas as distinções entre tecido amolecido e tecido rígido. Para tanto, a textura foi registrada antes da remoção com ambos os lasers de Érbio e os dados tabulados. Após a remoção do tecido cariado guiada pelo parâmetro sonoro, também com os dois lasers em questão, a textura foi novamente avaliada e registrada.

A distribuição dos dados mostrou-se aderir a uma curva não normal, sendo assim indicada a realização de um teste não paramétrico de Kruskal-Wallis, aceitando-se 5% como nível de significância (Gráfico 5.5).

Gráfico 5.5 – Gráficos que ilustram a análise do resíduo comparando os tipos de laser empregados X textura da dentina registrada antes e após a remoção do tecido cariado

A análise demonstrou não haver diferença estatisticamente significativa entre os diferentes lasers de Érbio testados ($p=0,787$), bem como para a interação laser X textura do tecido ($p=0,752$). Contudo, a textura da superfície de dentina foi estatisticamente significativa ($p=0,004$). A dentina amolecida foi observada em maior quantidade antes da remoção do tecido cariado, enquanto que maior quantidade de tecido considerado rígido estava presente após a ablação da dentina cariada.

5.3.2 Critério de fluorescência a laser (Diagnodent)

Os valores finais da diferença entre os valores do Diagnodent com relação a ambos os lasers de Érbio utilizados foram analisados estatisticamente através do *software* Minitab 14. Inicialmente, realizou-se a análise dos resíduos ou de diagnóstico da amostra.

Nesta análise, os resíduos apresentam distribuição normal, há homocedasticidade, isto é, as variâncias são constantes e as observações são aleatórias independentes (Gráfico 5.6). A análise dos resíduos mostra, portanto, que os dados respondem aos pressupostos necessários, para a realização de uma Análise Inferencial, através do teste estatístico paramétrico de Análise de Variância para dois fatores.

Gráfico 5.6 – Gráficos que ilustram a análise do resíduo comparando os tipos de laser empregados X valores de fluorescência a laser registrados antes e após a remoção do tecido cariado

A Tabela 5.2 mostra o resultado da ANOVA dois fatores onde se observa diferença estatisticamente significativa para o fator Diagnodent antes e depois (D), apresentando uma média maior para os valores de antes da remoção do tecido cariado ($67,50 \pm 16,98$) do que após ($25,85 \pm 7,89$) a sua remoção. O fator de variação Tipo de Laser (L) ($p=0,862$), bem como a interação L x D ($p=0,773$) não demonstraram diferenças estatisticamente significantes.

Tabela 5.2 - Tabela de ANOVA dois fatores

Fator de variação	GL	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Tipo de laser (L)	1	5,6	5,6	5,6	0,03	0,862
Diagnodent antes/depois (D)	1	17347,2	17347,2	17347,2	94,02	0,000
L X D	1	15,6	15,6	15,6	0,08	0,773
Resíduo	36	6642,3	6642,3	184,5		
Total	39	24010,8				

Quando o Diagnodent foi utilizado antes e após a remoção do tecido cariado, realizada com os lasers de Er:YAG e Er,Cr:YSGG, observou-se que ambos os lasers foram capazes de remover o tecido cariado, sendo o Diagnodent capaz de diagnosticar a ausência de cárie após a sua remoção.

5.3.3 Ilustração da morfologia observada sob Microscopia de luz e Microscopia eletrônica de varredura

As imagens registradas a partir dos espécimes destinados à observação em Microscopia de Luz (Figura 5.2) ilustram que o tecido dentinário apresentava-se com lesão de cárie, demonstrada pela desorganização tecidual (X, asterisco), infiltrado bacteriano nos túbulos dentinários (setas), bem como a presença de colônias de bactérias (setas). Nestes espécimes, ainda foi possível observar a presença de

dentina hígida (+) e de dentina afetada (X) em determinados campos.

Nos dentes onde a remoção de cárie foi realizada pela ablação da dentina com laser de Er:YAG e Er,Cr:YSGG observa-se presença de bactérias nos túbulos dentinários (Figura 5.2 D, E, F, G, H), bem como de uma linha tênue de carbonização no assoalho cavitário (Figura 5.2 D, E, F, G, H, I) sugestiva da ação dos lasers utilizados. Nos espécimes irradiados com laser de Er,Cr:YSGG observa-se maior evidência de ondulações no assoalho cavitário que são sugestivas dos pulsos que ocasionaram a ablação do tecido cariado (Figura 5.2 G, I).

Nas eletromicrografias obtidas a partir dos espécimes com dentina cariada, observa-se grande destruição tecidual (Figura 5.3 A, B, E, F, I, J; Figura 5.4 A, B, E, F, I, J), com desorganização da dentina, presença de conteúdo orgânico, biofilme bacteriano, não sendo possível distinguir a abertura dos túbulos dentinários (asteriscos).

Nas imagens em que houve irradiação com o laser de Er:YAG (Figura 5.3 C, D, G, H, K, L), com a finalidade de remoção de tecido cariado, guiada pelo parâmetro de frequência sonora, as superfícies não demonstram um padrão de completa limpeza, mas pode-se destacar a exposição de túbulos dentinários, remoção de esfregaço e o padrão em escamas que este laser promove na dentina, com protrusão dos túbulos dentinários (setas).

Nas superfícies dentinárias irradiadas com o laser de Er,Cr:YSGG

(Figura 5.4 C, D, G, H, K, L) pode-se observar maior limpeza de superfície que nas anteriores, áreas livres de esfregaço com abertura dos túbulos dentinários exposta (setas), compatível com imagem de dentina ablacionada. Figura 5.2 – A – Fotomicrografia de lesão de cárie em dentina sem tratamento. Observa-se coloração arroxeada compatível com maior desmineralização do tecido dentinário (seta), desorganização do padrão de estrutura dentinária e presença de zonas distintas, detectadas através da diferença de tonalidade: zona infectada (seta), dentina afetada (X) e dentina hígida (+). (HE, aumento original 25X); B – Fotomicrografia de lesão de cárie em dentina. Há presença de bactérias no interior dos túbulos dentinários (seta), material orgânico resultado da destruição dentinária (asterisco) e colônias bacterianas junto ao assoalho da cavidade de cárie. (BH, aumento original 100X); C – Fotomicrografia de lesão de cárie em dentina. É possível destacar a destruição da estrutura mineralizada (aspecto necrótico) (asterisco), bem como as bactérias infiltradas nos túbulos dentinários e bactérias junto à cavidade (setas). (BH, aumento original 200X); D – Fotomicrografia de dentina cuja lesão de cárie foi removida através da irradiação com laser de Er:YAG. É possível observação coloração arroxeada compatível com maior desmineralização do tecido dentinário (seta) por atividade de cárie. No assoalho da cavidade, pode-se observar uma tênue linha que sugere carbonização ou modificação da parede pulpar da cavidade pela ação do laser de Er:YAG. (HE, aumento original 25X); E – Fotomicrografia de dentina cuja lesão de cárie foi removida através da irradiação com laser de Er:YAG. É também possível destacar a presença de bactérias infiltradas nos túbulos dentinários e alteração na estrutura mineral do tecido dentinário, o que mostra ter sido modificado pela ação da doença cárie, porém em uma faixa mais externa, próxima à cavidade que foi adequada pelo laser de Er:YAG, não se observa a presença de bactérias, e, pode-se descrever uma alteração estrutural da dentina provavelmente causada pela ação deste laser; ainda, como na Figura 5.2 – D, a mesma linha irregular e calcinada também é observada. (HE, aumento original 100X); F – Fotomicrografia de dentina cuja lesão de cárie foi removida através da irradiação com laser de Er:YAG. Há a presença de bactérias infiltradas nos túbulos dentinários, porém não mais tão evidentes e com a mesma característica do tecido não irradiado. Nota-se, também, alteração na estrutura mineralizada do tecido dentinário, com aumento de conteúdo orgânico desorganizado (seta), também mostrando que fora acometido pela lesão de cárie. (BH, aumento original 100X); G – Fotomicrografia de dentina cuja lesão de cárie foi removida através da irradiação com laser de Er,Cr:YSGG. Como já descrito, observam-se características do tecido que atestam que foi alvo da lesão de cárie. Pode-se destacar, junto ao assoalho da cavidade, a ação do laser de Er,Cr:YSGG apresentando ligeira carbonização. Nota-se, ainda, a característica de vale, onde, provavelmente um pulso do laser promoveu este detalhe. (HE, aumento original 25X); H – Fotomicrografia de dentina cuja lesão de cárie foi removida através da irradiação com laser de Er,Cr:YSGG. Observa-se tecido dentinário destacado junto ao assoalho da cavidade de cárie e infiltrado bacteriano no interior da dentina, mostrando o dano causado pela lesão de cárie. A ação do laser de Er,Cr:YSGG pode ser observada na superfície do tecido, que corresponde ao fundo da cavidade, apresentando ligeira carbonização. (BH, aumento original 25X); I – Fotomicrografia de dentina cuja lesão de cárie foi removida através da irradiação com laser de Er,Cr:YSGG. Observa-se uma característica de vale na parede pulpar da cavidade sugestiva de região onde atuou o laser. É possível observar um pouco abaixo da superfície infiltrado de colônias bacterianas na matriz dentinária, mostrando, assim, ter sido um tecido que sofreu a ação da cárie. No assoalho da cavidade, observam-se estruturas cujas características não são comuns, com aspecto calcinado sugestivas de ação do laser. (HE, aumento original 100X).

Figura 5.3 – A, B, E, F, I, J – Eletromicrografias em MEV topográficas dos fundos das cavidades de lesão de cárie em dentina (aumentos originais de 500 e 2000X). Observa-se que, nos espécimes em que não foi realizado nenhum tratamento, há uma grande desorganização da dentina, com áreas de destruição, conteúdo orgânico, biofilme bacteriano e oclusão dos túbulos dentinários (asteriscos), compatível com a presença de lesão de cárie; C, D, G, H, K, L – Eletromicrografias em MEV topográficas dos fundos das cavidades irradiadas com laser de Er:YAG em dentina (aumentos originais de 500 e 2000X). Nas superfícies dentinárias em que houve irradiação com o laser de Er:YAG com a finalidade de remoção de tecido cariado, guiada pelo parâmetro de frequência sonora, as superfícies não demonstram um padrão de completa limpeza, mas pode-se, claramente, destacar a exposição de túbulos dentinários, remoção de esfregaço e o padrão em escamas que este laser promove na dentina, com protrusão dos túbulos (setas).

Figura 5.4 – A, B, E, F, I, J – Eletromicrografias em MEV topográficas dos fundos das cavidades de lesão de cárie em dentina (aumentos originais de 500 e 2000X). Observa-se que, nos espécimes em que não foi realizado nenhum tratamento, há uma grande desorganização da dentina, com áreas de destruição, conteúdo orgânico, biofilme bacteriano e oclusão dos túbulos dentinários (asteriscos), compatível com a presença de lesão de cárie; C, D, G, H, K, L – Eletromicrografias em MEV topográficas dos fundos das cavidades irradiadas com laser de Er,Cr:YSGG em dentina (aumentos originais de 500 e 2000X). Nas superfícies dentinárias irradiadas com o laser de Er,Cr:YSGG, com a finalidade de remoção de tecido cariado, guiada pelo parâmetro de frequência sonora, pode-se observar maior limpeza de superfície que nas anteriores, desoclusão dos túbulos e remoção do esfregaço (setas).

6 DISCUSSÃO

O laser de Érbio, cujo comprimento de onda coincide com o pico de absorção da água, tem como princípio prático evaporar instantaneamente a água contida no interior do tecido mineralizado e, em virtude do aumento volumétrico desta mudança de estado físico das moléculas de água, e, por ser instantâneo, provoca uma pressão tal que ejeta o tecido mineralizado ao redor desta molécula, com as chamadas microexplosões. Este fenômeno é chamado de ablação.

A dentina cariada tem uma estrutura desorganizada pelo próprio efeito da doença, com amolecimento, maior teor orgânico e maior conteúdo de água, quando comparado ao tecido hígido, que apresenta maior dureza e maior proporção mineral (ALTSCHULER; BELIKOV; CERNAVIN, 1999).

Diante destes fatos, indagou-se: será que, se promovêssemos a ablação do tecido dentinário cariado e do tecido dentinário hígido sob a mesma densidade de energia, como sabidamente há diferentes limiares de ablação entre estes tecidos (EVERSOLE; RIZOIU, 1995; EVERSOLE; RIZOIU; KIMMEL, 1997; HIBST; KELLER, 1989; KELLER; HIBST, 1992; KOTLOW, 2004), pelas características expostas, não seria plausível imaginar que a explosão causada no tecido cariado ofereceria menor resistência do que a explosão causada no tecido hígido? O estampido gerado por esta explosão não seria diferente em cada um dos tecidos?

Utilizou-se a metáfora bem pertinente de bater com o punho fechado em madeira oca e em madeira maciça com a mesma força e notar a óbvia diferença no som produzido. Em seguida, questionaram-se profissionais experientes no uso dos lasers de Érbio se já haviam notado este ruído característico ao substrato dental irradiado, ou se já haviam visto algum trabalho, comentário ou estudo sobre o assunto. Esta percepção da mudança seria de um som grave mudando para um som agudo, na dependência da dentina que está sendo ablacionada.

Ao aprofundar-se nesta investigação, notou-se que já havia menções em algumas publicações sobre a questão (BURKES Jr. et al., 1992; CLARK et al., 2001; VAN AS, 2004; WALSH, 2003) e um estudo (ALTSCHULER; BELIKOV; CERNAVIN, 1999) acerca do som emitido pela ablação com laser de Er:YAG.

Estudar o som e relacioná-lo à cariologia, especialmente no aspecto prático do procedimento clínico operatório de remoção do tecido cariado quando se está trabalhando com lasers de Érbio é, à primeira impressão, uma área que foge do convencional em estudos ligados à dentística.

Formulou-se, então, uma pequena metodologia que envolveria a ajuda de um *disk jockey* (DJ) que gostava de computadores e colegas que também ficaram curiosos com a idéia de executar um trabalho “diferente” que se transformou na primeira fase deste estudo.

Ao elaborar-se o projeto de pesquisa e obter-se aprovação no CEP da FOU SP, o estudo foi mais aprofundado e, então, percebeu-se que poderia ser algo bastante interessante e possivelmente aplicável na prática clínica, quando utilizando ablação do tecido dental com lasers de Érbio. Quanto aos resultados obtidos nas diferentes fases do trabalho, podem-se discutir alguns aspectos

relevantes para a contribuição a etapas futuras com maiores aprofundamentos e diversificando-se os focos de investigação. É importante se inter-relacionar e ponderar os resultados das três fases de forma conjunta, uma vez que, encadeados, fazem parte da mesma lógica e linha de raciocínio.

Na primeira fase experimental, foi constatada diferença no padrão de frequência sonora da ablação emitida pelo laser de Er:YAG quando em dentina cariada e sadia. Nessa etapa, somente o laser de Er:YAG foi utilizado pelo fato de que a taxa de repetição menos freqüente e possível de ser regulada pelo operador permitiu maior facilidade de se isolar os pulsos individualmente para posterior análise e geração de um valor de frequência sonora composta.

Os valores de ponto de corte encontrados foram 5534,1Hz e 5750,1Hz (ambos com a mesma acurácia de 0,85). Para o teste prático, foi escolhido o menor valor de ponto de corte a ser utilizado para posterior validação do recurso sonoro (acima deste seria dentina viável e abaixo deste, dentina cariada a ser removida pela ablação). Os resultados obtidos até então isoladamente ainda não representariam uma aplicação prática em si, pois dois momentos distintos foram necessários para o diagnóstico indireto do substrato dentinário. Para que ele fosse aplicado clinicamente, seria necessário realizar a captação e interpretação dos dados de frequências captados em tempo real.

Ao trabalhar-se com uma tecnologia que promove a remoção do tecido dental com lasers em modo não-contato, um número considerável de horas de estudo, prática e treinamento é recomendado, pois este fator aumenta ainda mais o grau de subjetividade, principalmente no processo de remoção de tecido comprometido pela lesão de cárie e quando se deve parar. A formação profissional odontológica convencional, com o uso de instrumentos rotatórios e a

sua propriocepção e consciência tátil e de pressão leva ao estranhamento desta nova forma de trabalho com lasers sem contato mecânico. A proposta de um parâmetro auxiliar que seja objetivo quando da utilização de lasers de Érbio de forma não-contato é mais que bem-vinda neste contexto, uma vez que poderia até auxiliar esta fase de treinamento (ROBLES; MENDES; MATOS, 2007).

Com a conclusão da primeira fase e tratamento dos dados, houve uma grande empolgação que levou a procurar-se um parceiro que pudesse elaborar uma ferramenta que atendesse às necessidades então demandadas.

Após bastante procura, encontrou-se uma consultoria de informática disposta a entrar neste desafio, a Tecmaster Informática Ltda e, futuramente, viria a estabelecer parceria em convênio com a USP (processo USP 2005.1.612.23.1). Estas etapas todas levaram muito tempo, permeadas por negociações e conversas, que envolveram este estudo.

A importância do estudo é possivelmente viabilizar uma ferramenta objetiva que orientasse ou facilitasse a difícil e subjetiva tarefa de se precisar quanto do tecido cariado deve ser removido, preocupando-se em preservar-se ao máximo a estrutura dental sadia ou passível de remineralização.

Desenvolveu-se um software, que seria então exaustivamente testado no LELO / Dentística – FOUSP, aperfeiçoado, corrigido por muitas vezes até a possível aplicação prática que, posteriormente, seria validada. O software mostrou-se eficiente naquilo para o que foi idealizado, isto é, cumprir tarefas como digitalizar o som captado pelo microfone, calcular a frequência composta dos ruídos produzidos pelos pulsos de ablação dentinária em tempo real e comparar com um limite que o operador determinasse previamente.

Neste estudo foi utilizado o limite determinado na fase 1, pois é o único parâmetro que havia para ser empregado e testado. Vale ressaltar que, no momento da fase 1, sabidamente havia um grupo de dentes hígidos e outro com dentes com cárie em dentina. Contudo, os espécimes que teriam a ablação guiada pelo software possuíam lesões de cárie extensas e o grande desafio, então, seria remover, através da ablação com lasers de Érbio, somente o tecido cariado.

A partir desta fase, foi proposta a inclusão do laser de Er,Cr:YSGG no estudo por tratar-se de um comprimento de onda bem próximo ao do Er:YAG (2,78 μ m e 2,94 μ m, respectivamente) e ter o princípio da ablação do tecido funcionando de maneira semelhante. A principal diferença entre os dois tipos de equipamentos propostos foi que a taxa de repetição do equipamento (laser de Er,Cr:YSGG) utilizado era constante (20pps).

Nesta fase experimental, o único critério que foi utilizado para interromper o processo de ablação com ambos os lasers foi o guiado pelo som. Pôde-se observar, nos gráficos gerados pelo software, tanto com Er:YAG quanto com Er,Cr:YSGG, as oscilações médias encontradas estavam posicionadas em regiões acima do ponto de corte estabelecido na fase 1. Isso pode se dever à possível necessidade de uma calibração do software, ou de realmente haver a necessidade de reconsiderar outros valores de ponto de corte.

Pelo fato deste ser um estudo inédito e não haver nada semelhante na literatura científica até o momento decidiu-se proceder com a validação da remoção do tecido cariado com ablação guiada pelo software.

Nos experimentos realizados para validação do método testado de remoção de tecido dentinário cariado foi possível constatar-se que este foi efetivo, sendo

utilizadas como critérios para esta validação, a inspeção visual tátil e a fluorescência a laser.

O critério visual-tátil tem alto grau de subjetividade (BANERJEE; WATSON; KIDD, 2000a; KIDD, 2004), mas é o mais utilizado no ato operatório de remoção de cárie dentinária. Detalhadamente, consiste de isolamento e secagem do campo operatório, que deverá estar adequadamente iluminado, quando, em seguida, serão investigadas a consistência, textura ou dureza do tecido dental com sonda exploratória. Outras observações que podem ser feitas neste tecido são cor e umidade (ANUSAVICE, 2005; ISMAIL, 2004), entretanto estes são critérios ainda mais subjetivos.

Os resultados encontrados neste estudo mostraram que, comparando a textura da dentina antes e após a irradiação com os lasers de Érbio, mostraram que houve diferença entre os tecidos observados, sendo a dentina antes da irradiação predominantemente amolecida, enquanto que, após a ablação, foi observada dentina com maior grau de rigidez. Massara, Alves e Brandão (2002) e Ismail (2004) concordam no uso deste critério visual-tátil para validação de um método de remoção de tecido cariado.

A fluorescência a laser quantifica os metabólitos bacterianos presentes no tecido dentinário. Neste trabalho, observamos que os valores de fluorescência a laser (Diagnodent) obtidos antes da remoção da dentina cariada guiada pelo parâmetro sonoro eram maiores do que os obtidos após a irradiação, que são considerados pelo aparelho como um tecido livre de cárie. Pode ser um recurso objetivo quantitativo aplicável como ferramenta adicional para inspeção do tecido remanescente, no ato do procedimento operatório de escavação da dentina cariada (LUSSI et al., 2000; LUSSI; HIBST; PAULUS, 2004; REICH et al., 1998;

LENNON et al., 2002). No entanto, alguns autores (LUSSI et al., 2000, LUSSI; HIBST; PAULUS, 2004, RECH et al., 1998; PEREIRA, VERDONSCHOT; HUYSMANS, 2001; MENDES; HISSADOMI; IMPARATO, 2004; MENDES; NICOLAU; DUARTE, 2003) afirmam que este critério tende a dar valores falso-positivos.

As imagens em microscopia de luz e eletrônica de varredura obtidas foram consideradas apenas ilustrações representativas, e, portanto, não podem propriamente servir de argumento científico. Todas as imagens mostram tecido cariado (Figura 5.2 – A, B, C; Figura 5.3 – A, B, E, F, I, J; Figura 5.4 - A, B, E, F, I, J) demonstrado pela infiltração bacteriana no interior do tecido dentinário, bem como desorganização tecidual importante. Ressalta-se que este fato não sugere exatamente atividade da doença cárie, mas o estágio de progressão da doença (THYLSTRUP; QVIST, 1987). As imagens feitas em tecido que teve a cárie removida pela ablação com lasers de Érbio (Figura 5.2 – D, E, F, G, H, I; Figura 5.3 – C, D, G, H, K, L; Figura 5.4 - C, D, G, H, K, L) mostram redução da desorganização, maior limpeza, sinal claro de ação dos lasers testados, sendo, portanto, o método eficiente para a realização de um procedimento minimamente invasivo (MOUNT, 2000; TYAS et al., 2000; WHITE; EAKLE, 2000; BANERJEE; WATSON; KIDD, 2000a; BJØRNDAL, 2002; BURKE, 2003; SUMMITT, 2002; NICHOLSON, 2003; KIDD, 2004; SIMPÓSIO DE MÍNIMA INTERVENÇÃO EM ODONTOLOGIA³,

³ Simpósio de Mínima Intervenção em Odontologia, 2007. Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil de 30 a 31 de agosto de 2007.

2007).

A percepção pessoal para o operador, ao usar como guia o parâmetro sonoro, durante a remoção do tecido dentinário cariado com os lasers de Érbio empregados neste estudo foi que, sem este parâmetro, maior quantidade de tecido teria sido removida, sem sombra de dúvida. A questão que paira é: será que a formação odontológica acaba induzindo realmente a um sobretratamento? A literatura mostra evidências de que a manutenção parcial (BJØRNDAL; LARSEN; THYLSTRUP, 1997; BJØRNDAL; LARSEN, 2000; RICKETTS, 2001) e até total (EIDELMAN, 1993; MERTZ-FAIRHURST et al., 1998; KIDD, 2000, 2004) do tecido comprometido, somente removendo-se o biofilme da cavidade, o real responsável pela atividade de cárie, seguido de um adequado selamento de margens cavitárias com restaurações adesivas, seria considerada como tratamento final (KIDD, 2000). Para a dentística operatória esta abordagem é um tanto nova e requer maior reflexão por parte dos profissionais da área acerca do assunto.

Assim, sugere-se o aprimoramento do software para que outros estudos possam aproveitar esta idéia e aplicar a metodologia desenvolvida, utilizando outros critérios de validação, entre eles, microbiológicos, dureza do tecido remanescente, análise morfológica sistemática (não somente ilustrativa), bem como acompanhamento e aplicação clínica. Dando prosseguimento ao projeto, outros ensaios devem ser realizados no que se refere aos parâmetros dos lasers capazes de remover tecido cariado.

7 CONCLUSÕES

Com base dos resultados obtidos neste estudo conclui-se que:

- O som da ablação causada pelo Laser de Er:YAG é diferente de acordo com o tipo de dentina que está sendo irradiada.
- O *software* desenvolvido para a captação do som da ablação causada pelos lasers de Érbio em tempo real e método adicional para guiar a remoção da dentina comprometida pela doença cárie mostrou-se efetivo para tal fim, devendo ser aprimorado, especialmente no que se refere ao estabelecimento do limite de frequência sonora.
- O parâmetro sonoro proposto neste experimento como um critério adicional objetivo foi capaz de guiar a remoção da dentina cariada com os lasers de Er:YAG e Er,Cr:YSGG.
- A remoção da dentina cariada com os lasers de Er:YAG e Er,Cr:YSGG guiada pelo parâmetro sonoro foi validada pelos critérios visual-tátil e fluorescência a laser (Diagnodent).

REFERÊNCIAS¹

Altschuler GB, Belikov AV, Cernavin I. A comparison of three methods for the diagnosis of sound, stained, and carious dentine: conventional, mechanico-acoustic, and laser-acoustic methods. *J Clin Laser Med Surg* 1999; 17(3):115-19.

Ando Y, Aoki A, Watanabe H, Ishikawa I. Bactericidal effect of erbium YAG laser on periodonpathic bacteria. *Lasers Surg Med* 1996;19:190-200.

Anusavice KJ. Present and future approaches for the control of caries. *J Dent Educ*. 2005; 69(5):538-54.

Anusavice KJ. Treatment regimens in preventive and restorative dentistry. *J Am Dent Assoc* 1995; 126(6):727-43.

Aoki A, Ishikawa I, Yamada T, Otsuki M, Watanabe H, Tagami J, et al. Comparison between Er:YAG laser and conventional technique for root caries treatment in vitro. *J Dent Res* 1998; 77(6):1404-14.

Arana-Chavez VE, Massa LF. Odontoblasts: the cells forming and maintaining dentine. *Int J Biochem Cell Biol* 2004; 36(8):1367-73.

Araújo NS, Araújo VC. Cárie dentária. In: Araújo NS, Araújo VC. *Patologia bucal*. São Paulo: Artes Médicas; 1984. cap. 4, p. 73–83.

Banerjee A, Watson TF, Kidd EA. Dentine caries: take it or leave it? *Dent Update* 2000a; 27(6):272-6.

Banerjee A, Watson TF, Kidd EA. Dentine caries excavation: a review of current clinical techniques. *Br Dent J* 2000b;13;188(9):476-82.

Belikov AV, Moroz BT, Skripnik AV. Bacterial activity in the products of laser destruction of human dental enamel and dentin. *Stomatologiya (Mosk)* 1995;74(6):32-4.

¹ De acordo com Estilo Vancouver. Abreviatura de periódicos segundo base de dados MEDLINE.

Bjorndal L. Buonocore Memorial Lecture. Dentin caries: progression and clinical management. *Oper Dent* 2002; 27(3):211-7.

Bjorndal L, Larsen T. Changes in the cultivable flora in deep carious lesions following a stepwise excavation procedure. *Caries Res* 2000; 34(6):502-8.

Bjorndal L, Larsen T, Thylstrup A. A clinical and microbiological study of deep carious lesions during stepwise excavation using long treatment intervals. *Caries Res* 1997; 31(6):411-7.

Black GV. Operative dentistry. In: *Patology of hard tissues of the teeth*. Chicago: Medico-dental; 1908.

Blay CC. Análise comparativa da redução bacteriana com irradiação do laser de Er:YAG ou ponta montada em alta rotação após remoção de tecido cariado em dentina: estudo *in anima nobile*. [Dissertação de Mestrado]. São Paulo: Instituto de Pesquisas Energéticas Nucleares; 2001.

Boston DW, Graver HT. Histological study of an acid red caries-disclosing dye. *Oper Dent* 1989;14:186-92.

Bracewell RN. The fourrier transform & its applications. 3rd ed. New York: Macgraw-Hill; 2000.

Brown RC, Hopps HC. Staining of bacteria in tissue sections: a reliable gram stain method. *Am J Clin Pathol* 1973; 60(2):234-40.

Burke FJ. From extension for prevention to prevention of extension: (minimal intervention dentistry). *Dent Update* 2003;30(9):492-8, 500, 502.

Buonocore MG. A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. *J Dent Res* 1955; 34(6):849-53.

Burkes EJ, Jr., Hoke J, Gomes E, Wolbarsht M. Wet versus dry enamel ablation by Er:YAG laser. *J Prosthet Dent* 1992; 67(6):847-51.

Busato ALS, Barbosa AN, Da Silva AS, Macedo RP, Reichert LA. Uma nova filosofia em dentística. In: Busato ALS, Barbosa AN, Da Silva AS, Macedo RP, Reichert LA. Dentística: filosofia, conceitos e prática clínica. São Paulo: Artes Médicas; 2005. cap. 1, p.1-38.

Clark J, Simons AL, Dicklic S, Walsh LJ. Effectiveness of diagnosing residual caries with various methods during cavity preparation, chemo-mechanical caries removal and Er:YAG laser. *Austr Dent J* 2001; 46(4):520.

Cozean C, Arcoria CJ, Pelagalli J, Powell GL. Dentistry for the 21st century? Er:YAG laser for teeth. *J Am Dent Assoc* 1997;128:1080-7.

Dostalová T, Jelinkova H, Krejsa O, Hamal K, Kubelka J, Prochazka S; et al, L. Dentin and pulp response to Erbium:YAG laser ablation: a preliminary evaluation of human teeth. *J Clin Laser Med Surg* 1995;15(3):117-21.

Eildeman E. Intentional sealing of occlusal dentin caries: a controversial issue. *Pediatr Dent* 1993;15(5):312.

Eidelman E, Finn SB, Koulourides T. Remineralization of carious dentin treated with calcium hydroxide. *J Dent Child* 1965;32(4):218-25.

Elderton RJ, Mjör I A. Plano de tratamento. In: Horsted-Bindslev P, Mjör I. A dentística operatória moderna. São Paulo:Santos; 1990.

Ericson D, Zimmerman M, Raber H, Götrick B, Bornstein R, Thorell J. Clinical evaluation of efficacy and safety of a new method for chemo-mechanical removal of caries. A multi-centre study. *Caries Res* 1999;33(3):171-7

Eversole LR, Rizioiu IM. Preliminary investigations on the utility of an erbium, chromium YSGG laser. *J Calif Dent Assoc* 1995; 23(12): 41.

Eversole LR, Rizioiu IM, Kimmel AI. Pulpal response to cavity preparation by an Erbium, Chromium:YSGG laser-powered hydrokinetic system. *J Am Dent* 1997;128 (8):1099-1106.

Fairbourn DR, Chaberneau GT, Loesche WJ: Effeect of improved Dycal and IRM on bacteria in deep carious lesions. *JAM Dent Assoc* 1980;100:547-52.

Featherstone JD. The science and practice of caries prevention. J Am Dent Assoc 2000;131(7):887-99.

Fejerskov O, Nyvad B, Kidd EAM. Características clínicas e histológicas da cárie dentária. In: Fejerskov O, Kidd E. Cárie dentária – A doença e seu tratamento clínico. São Paulo: Santos; 2005. p. 71-96.

Frank RM. Structural events in the caries process in enamel, cementum, and dentin. J Dent Res 1990;69 Spec Issue:559-66.

Frencken JE, Holmgren CJ. How effective is ART in the management of dental caries? Community Dent Oral Epidemiol 1999;27(6):423-30.

Fried D, Featherstone JDB, Visuri SR, Seka W, Walsh. The caries inhibition potential of Er:YAG and Er YSGG laser radiation. In: Wigdor HA, Featherstone JDB, White JM, Neev J, editors. Lasers in Dentistry II. Proc of SPIE 1996;2672:73-8.

Fusayama T. Two layers of carious dentin; diagnosis and treatment. Oper Dent 1979;4(2):63-70.

Fusayama T, Kurosaki N. Structure and removal of carious dentin. Int Dent J 1972;22(3):401-11.

Garberoglio R, Brännström M. Scanning electron microscopic investigation of human dental tubules. Arch Oral Biol 1976;21(6):355-62.

Geraldo-Martins VR, Robles FR, Matos AB. Chlorhexidine's effect on sealing ability of composite restorations following Er:YAG laser cavity preparation. J Contemp Dent Pract 2007;8(5):26-33.

Gimbel, CB. Hard tissue laser procedures. Dental Clin of North Am. 2000; 44(4):955-69.

Hadley J, Young DA, Eversole LR, Gornbein JA. A laser-powered hydrokinetic system for caries removal and cavity preparation. J Am Dent Assoc 2000;131(6):777-85.

Hennig T, Rechmann P, Jeitner P, Kaufmann R. Caries-selective ablation: the second threshold. In : Lasers in Orthopedic, Dental, and Veterinary Medicine II; Dov Gal DVM, O' SJ, Vangsness CT, White JM, Wigdor HA, editors. Proc SPIE 1993;1880:117-24.

Hibst R, Keller U. Experimental studies of the application of the Er:YAG laser on dental hard substances: I. Measurement of the ablation rate. Lasers Surg Med 1989; 9(4):338-44.

Hibst R, Keller U, Steiner R. Die Wirkung gepulster Er: YAG laserstrahlung auf zahngewebe. Laser Surg Med 1988;4:163-5.

Hossain M, Nakamura Y, Yamada Y, Murakami Y, Matsumoto K. Compositional and structural changes of human dentin following caries removal by Er,Cr:YSGG laser irradiation in primary teeth. J Clin Pediatr Dent 2002a;26(4):377-82.

Hossain M, Nakamura Y, Yamada Y, Murakami Y, Matsumoto K. Microleakage of composite resin restoration in cavities prepared by Er, Cr: YSGG laser irradiation and etched bur cavities in primary teeth. J Clin Pediatr Dent 2002b;26(3):263-8.

Hossain M, Nakamura Y, Tamaki Y, Yamada Y, Jayawardena JA, Matsumoto K. Dentinal composition and Knoop hardness measurements of cavity floor following carious dentin removal with Carisolv. Oper Dent 2003;28(4):346-51.

Hudson Philip. Conservative treatment of the Class I lesion. A new paradigm for dentistry. J Am Dent Assoc 2004;135:760-4.

Huysmans MC, Longbottom C. The challenges of validating diagnostic methods and selecting appropriate gold standards. J Dent Res 2004;83 (Spec Issue C):C48-C52.

INMETRO. Inmetro -. . Unidades legais de medidas. Disponível em: URL: <http://www.inmetro.gov.br/consumidor/unidlegaismed.asp> [2007 dez 12].

Ismail AI. Visual and visuo-tactile detection of dental caries. J Dent Res 2004;83 (Spec Issue C):C56-C66.

Ishikawa I, Aoki A, Watanabe H, Ando Y, Yamada T, Otsuki M, et al. Er:YAG laser: the promising procedure for caries treatment. In:Wigdor HA, Featherstone JM, Neev J, editors. Proceedings of Spie, 1996;2672:131-4.

Iwami Y, Shimizu A, Yamamoto H, Hayashi M, Takeshige F, Ebisu S. In vitro study of caries detection through sound dentin using a laser fluorescence device, DIAGNOdent. *Eur J Oral Sci* 2003;111(1):7-11.

Katchburian E, Arana-Chavez VE. *Histologia e embriologia oral. Texto – atlas – correlações clínicas*. 2ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2004.

Kleter GA, Damen JJM, BuijsMJ, Ten Cate JM. The Maillard reaction in demineralised dentin in vitro. *Eur J Oral Sci*.1997;105:278-84.

Keller U, Hibst R. Erbium:YAG laser in caries therapy: indications and first clinical results. In: International congress on laser in dentistry, 3, 1992, Salt Lake City. Proceedings... Salt Lake City: ISLD;1992.p. 151-2.

Keyes PH. The infections and transmissible nature of experimental dental caries. Findings and implications. *Arch Oral Biol* 1960;1:304-20.

Kidd EA. The Cartwright Prize. Caries removal and the pulpo-dentinal complex. *Dent Update* 2000;27(10):476-82.

Kidd EA. How 'clean' must a cavity be before restoration? *Caries Res* 2004;38(3):305-13.

Kidd EA, Fejerskov O. What constitutes dental caries? Histopathology of carious enamel and dentin related to the action of cariogenic biofilms. *J Dent Res* 2004;83 (Spec Issue C):C35-C38.

Kidd EAM, Joyston-Benchal S, Smith MM. Staining of residual caries under freshly-packed amalgam restorations exposed to tea/chlorhexidine in vitro. *Int Dent J* 1990; 40:219-24.

Kidd EA, Ricketts DN, Beighton D. Criteria for caries removal at the enamel-dentine junction: a clinical and microbiological study. *Br Dent J* 1996;20;180(8):287-91.

Kinoshita J, Kimura Y, Matsumoto K. Comparative study of carious dentin removal by Er,Cr:YSGG laser and Carisolv. *J Clin Laser Med Surg* 2003;21(5):307-15.

Kotlow LA. Lasers in pediatric dentistry. *Dent Clin North Am* 2004;48(4):889-922.

Kramer PF, Pires LAG. Cáries incipientes: restaurar. In: Cardoso RJA; Gonçalves EAN. Odontologia – dentística, laser. São Paulo: Artes Médicas; 2002. cap 7; p. 133-49.

Kramer PF, Feldens CA, Romano AR. Promoção de saúde bucal em odontopediatria. São Paulo: Artes Médicas; 1997.

Lennon AM, Buchalla W, Switalski L, Stookey GK. Residual caries detection using visible fluorescence. *Caries Res* 2002;36(5):315-9.

Lizarelli RF, Bregagnolo JC, Lizarelli RZ, Palhares JM, Villa GE. A comparative in vitro study to diagnose decayed dental tissue using different methods. *Photomed Laser Surg* 2004;22(3):205-10.

List G, Lommel TJ, Tilk MA, Murdoch HG. Use of dye in caries identification. *Quintessenc Int* 1987;18:343-5.

Lopes AM, Jardim Junior E, Kina JR. Influência de aplicações do laser Érbio:YAG sobre a viabilidade microbiana. *Ciência Odontol Bras* 2004;7 (1):75-83.

Lussi A, Hibst R, Paulus R. DIAGNOdent: an optical method for caries detection. *J Dent Res* 2004;83 (Spec Issue C):C80-C83.

Lussi A, Francescut P, Achermann F, Reich E, Megert B, Hotz P. The use of Diagnodent during cavity preparation. *Caries Res* 2000;34:327.

Maltz M, Oliveira EF, Fontanella V, Bianchi R. A clinical, microbiologic, and radiographic study of deep caries lesions after incomplete caries removal. *Quintessence Int* 2002;33(6):411-7.

Marshall GW, Jr., Marshall SJ, Kinney JH, Balooch M. The dentin substrate: structure and properties related to bonding. *J Dent* 1997;25(6):441-58.

Massara ML, Alves JB, Brandao PR. Atraumatic restorative treatment: clinical, ultrastructural and chemical analysis. *Caries Res* 2002;36(6):430-6.

Massler M. Pulpal reactions to dental caries. *Int Dent J* 1967;17(2):441-60.

McComb D. Caries-detector dyes--how accurate and useful are they? J Can Dent Assoc 2000;66(4):195-8.

Mendes FM, Nicolau J, Duarte DA. Evaluation of the effectiveness of laser fluorescence in monitoring in vitro remineralization of incipient caries lesions in primary teeth. Caries Res 2003;37(6):442-4.

Mendes FM, Hissadomi M, Imparato JC. Effects of drying time and the presence of plaque on the in vitro performance of laser fluorescence in occlusal caries of primary teeth. Caries Res 2004;38(2):104-8.

Mehl A, Kremers L, Salzmann K, Hickel R. 3D volume-ablation rate and thermal side effects with the Er:YAG and Nd:YAG laser. Dent Mater 1997;13(4):246-51

Mertz-Fairhurst EJ, Curtis JW, Ergle JW, Rueggeberg FA, Adair SM: Ultraconservative and cariostatic sealed restorations: Results at 10. J AM Dent Assoc 1998;129:55-66.

Mjör I, Nordahl I. The density and branching of dentinal tubules in human teeth. Arch Oral Biol 1996;41(5):401-12.

Moritz A, Schoop U, Goharkhay K, Jakolistch S, Kluger W, et al. The bactericidal effect of Nd:YAG, Ho:YAG, and Er:YAG laser irradiation in the root canal: An in vitro comparison. J Clin Laser Med Surg 1999;161-4.

Mount GJ. Classification for minimal intervention. Quintessence Int 2000 Jun;31(6):375-6.

Mount GJ, Hume WR. Preservation and restoration of tooth structure. Barcelona: Mosby; 1998.

Murdoch-Kinch CA, McLean ME. Minimally invasive dentistry. J Am Dent Assoc 2003;34(1):87-95.

Nakabayashi N, Kojima K, Masuhara E. The promotion of adhesion by the infiltration of monomers into tooth substrates. J Biomed Mater Res 1982;16(3):265-73.

Nicholson JW. Evidence-based approach to minimal restorative intervention for early carious lesions. *Tex Dent J* 2003;120(10):960-9.

Ogawa K, Yamashita Y, Ichijo T, Fusayama T. The ultrastructure and hardness of the transparent layer of human carious dentin. *J Dent Res* 1983;62:7-10.

Pardi V, Mialhe FL, Pereira AC, Meneghim, MC. Avaliação in vitro do aparelho DIAGNOdent para diagnóstico oclusal. *Pesqui Odontol Bras* 2000;14(4):372-7.

Paghdwala AF. Root resection of endodontically treated teeth by Erbium : YAG laser radiation. *J Endod* 1993;19(2):91-4.

Perdigão J, Lambrechts Paul, Meerbeek Van Bart, Tome AR, Vanherle G, Lopes AB. Morphological field emission –SEM study of the effect of six phosphoric acid etching agents on human dentin. *Dent Mat* 1996;12(4):262-71.

Pereira AC, Verdonchot EH, Huysmans MC. Caries detection methods: can they aid decision making for invasive sealant treatment? *Caries Res* 2001;35(2):83-9.

Petrie A, Bulman JS, Osborn JF. Further statistics in dentistry. Part 7: repeated measures. *Br Dent J* 2003;11;194(1):17-21.

Pitts NB. Modern concepts of caries measurement. *J Dent Res* 2004;83(Spec Issue C):C43-C47.

Rechmann P. Dental laser research: selective ablation of caries, calculus, and microbial plaque: from the idea to the first in vivo investigation. *Dent Clin North Am* 2004;48(4):1077-104.

Rechmann P, Goldin DS, Hennig T. Er:YAG lasers in dentistry:an overview. In : Featherstone, JD, Rechmann P, Fried D, editors. *Proc SPIE* 2003;4950:115-21.

Rechmann P, Hennig T, von den Hoff U, Kaufmann R. Caries-selective ablation: wavelength 377 nm versus 2.9um. In : Dov Gal DVM, O' SJ, Vangsness CT, White JM, Wigdor HA, editors. *Lasers in Orthopedic, Dental, and Veterinary Medicine II. Proc SPIE* 1993; 1880:235-9.

Reich E, Marrawi AFL, Pitts N, Lussi A. Clinical validation of a laser caries diagnosis system. *Caries Res* 1998;32:297-8.

Ricketts D. Management of the deep carious lesion and the vital pulp dentine complex. *Br Dent J* 2001;8;191(11):606-10.

Ricketts DNJ, Kidd EAM, Innes NPT, Clarkson JE. Complete or ultraconservative removal of decayed tissue in unfilled teeth. *The Cochrane Database of Systematic Reviews* 2006; Issue

Robles FRP, Barros R X, Eduardo C P. The sound produced by Er:YAG laser dental tissue ablation as a parameter for conservative dentistry. *J Dent Res* 2003;82:B-136.

Robles FRP, Mendes FM, Matos AB. The sound of dental tissue ablation as a possible parameter for conservative dentistry. In: Rechmann P, Fried D, editors. *Lasers in Dentistry XIII*. *Proc SPIE* 2007;6425:Q1-7.

Schoop U, Moritz A, Kluger W, Patruta S, Goharkhay K, Sperr W, et al. The Er:YAG laser in endodontics: results of an in vitro study. *Laser Surg Med* 2002, 30:360-4.

Schoop U, Kluger W, Moritz A, Nedjelic N, Georgopoulos A, Sperr W. Bactericidal effect of different laser systems in the deep layers of dentin. *Lasers Surg Med* 2004;35(2):111-6.

Shigetani Y, Okamoto A, bu-Bakr N, Iwaku M. A study of cavity preparation by Er:YAG laser--observation of hard tooth structures by laser scanning microscope and examination of the time necessary to remove caries. *Dent Mater J* 2002;21(1):20-31.

Studervant, CM, Barton RE, Brauer JC. The art and science of operative dentistry. 3^a ed. St. Louis: Mosby; 1995. p.100-6.

Summitt JB. Conservative cavity preparations. *Dent Clin North AM* 2002;46(2):171-84.

Thylstrup A, Qvist V. Principal enamel and dentine reactions during caries progressions. In Thulstrup A, Leach SA, Qvist V, editors. *Dentine and dentine reactions in the oral cavity*. Oxford: IRL Press;1987. p. 3-16.

Thylstrup, A, Ferjeskov O. *Cariologia clínica*. 2. ed. São Paulo: Santos; 1995. cap. 6, p.111-7.

Turkun M, Turkun LS, Celik EU, Ates M. Bactericidal effect of Er,Cr:YSGG laser on *Streptococcus mutans*. Dent Mater J 2006;25(1):81-6.

Tyas MJ, Anusavice KJ, Frencken JE, Mount GJ. Minimal intervention dentistry--a review. FDI Commission Project 1-97. Int Dent J 2000;50(1):1-12.

van As G. Erbium lasers in dentistry. Dent Clin North Am 2004;48(4):1017-59, viii.

Walsh LJ. The current status of laser applications in dentistry. Aust Dent J 2003;48(3):146-55.

Walter LRF, Ferelle A; Issao M. Odontologia para o bebê. São Paulo: Artes Médicas, 1996. cap. 6;p.93–106.

Weerheijm KI, Groen HJ. The residual caries dilemma. Community Dent Oral Epidemiol 1999;27(6):436-41.

Weyne SC, Harari SG. Cariologia: implicações e aplicações clínicas. In: Baratieri, L. N. Odontologia restauradora – fundamentos e possibilidades. 2ª reimpr. São Paulo: Santos; 2002. cap. 1;p. 3 – 29.

White JM, Eakle WS. Rationale and treatment approach in minimally invasive dentistry. J Am Dent Assoc 2000;131 Suppl:13S-9S.

Yip HK, Stevenson AG, Beeley JA. The specificity of caries detector dyes in cavity preparation. Br Dent J 1994;11;176(11):417-21.

APÊNDICE A - Dados referentes à fase 1

Dentes sem cárie			Dentes com cárie		
Dente 1			Dente 1		
pulso	frequência composta (Hz)	amplitude(dB)	pulso	frequência composta	amplitude(dB)
1	7696	10	1	4919	12
2	7609	11	2	5178	11
3	6658	6	3	4186	11
4	6312	11	4	4186	13
5	6312	8	5	4401	12
6	6831	9	6	4574	12
7	5102	9	7	4401	12
8	6053	9	8	6053	13
9	6312	8	9	6300	11
10	6053	10	10	6300	10
Média	6493,800		Média	5049,800	
Dente 2			Dente 2		
pulso	frequência composta (Hz)	amplitude(dB)	pulso	frequência composta	amplitude(dB)
1	6312	5	1	4237	12
2	6053	8	2	4237	14
3	6658	6	3	4410	10
4	6312	7	4	4410	12
5	6053	6	5	6658	13
6	6312	9	6	6312	13
7	6485	8	7	4410	12
8	6312	8	8	4237	11
9	6139	9	9	4410	12
10	6485	12	10	6658	9
Média	6312,100		Média	4997,900	
Dente 3			Dente 3		
pulso	frequência composta (Hz)	amplitude(dB)	pulso	frequência composta	amplitude(dB)
1	6658	7	1	6658	11
2	6312	8	2	6658	10
3	6658	6	3	6658	9
4	6053	11	4	4410	6
5	6312	7	5	4410	7
6	6139	11	6	6658	8
7	6053	10	7	6658	8
8	7091	9	8	6658	9
9	5534	11	9	6658	9
10	6053	10	10	6312	10
Média	6286,300		Média	6173,800	
Dente 4			Dente 4		
pulso	frequência composta (Hz)	amplitude(dB)	pulso	frequência composta	amplitude(dB)
1	4929	15	1	4410	8
2	4796	15	2	4410	6
3	6053	14	3	4237	8
4	7350	14	4	4410	9
5	6658	11	5	4410	11
6	4410	13	6	4237	8
7	6053	17	7	4410	8
8	4410	11	8	4410	6
9	4064	13	9	4410	6
10	6658	10	10	4237	7
Média	5534,100		Média	4358,100	
Dente 5			Dente 5		
pulso	frequência composta (Hz)	amplitude(dB)	pulso	frequência composta	amplitude(dB)
1	6658	8	1	3978	11
2	6658	8	2	4064	12
3	6312	10	3	4410	11
4	6312	8	4	4583	12
5	6053	11	5	6312	13
6	6658	7	6	4410	11
7	6658	9	7	4324	13
8	6658	6	8	4064	12
9	6658	9	9	4324	10
10	6312	10	10	4410	10
Média	6493,700		Média	4487,900	

Dente 6			Dente 6		
pulso	frequência composta (Hz)	amplitude(dB)	pulso	frequência composta	amplitude(dB)
1	6658	7	1	4669	9
2	6658	6	2	4410	9
3	6658	7	3	4410	9
4	6658	6	4	6658	8
5	6658	7	5	6658	10
6	6312	8	6	7004	6
7	6053	8	7	6658	8
8	6658	7	8	6658	7
9	6053	7	9	6658	9
10	6658	7	10	6658	9
Média	6502,400		Média	6044,100	
Dente 7			Dente 7		
pulso	frequência composta (Hz)	amplitude(dB)	pulso	frequência composta	amplitude(dB)
1	6658	9	1	4237	9
2	6312	13	2	4410	7
3	6053	13	3	4410	8
4	6658	15	4	4410	10
5	6658	9	5	4410	9
6	6658	9	6	4669	9
7	6658	7	7	4669	5
8	6658	16	8	4410	7
9	4237	15	9	4410	6
10	2201	13	10	4237	7
Média	5875,100		Média	4427,200	
Dente 8			Dente 8		
pulso	frequência composta (Hz)	amplitude(dB)	pulso	frequência composta	amplitude(dB)
1	7350	9	1	4669	5
2	6658	9	2	4410	5
3	4410	8	3	4669	5
4	6658	11	4	4410	5
5	6658	9	5	4669	5
6	7004	7	6	4410	10
7	6658	6	7	4410	5
8	5880	8	8	4410	5
9	4410	15	9	4410	6
10	4410	11	10	4669	5
Média	6009,600		Média	4513,600	
Dente 9			Dente 9		
pulso	frequência composta (Hz)	amplitude(dB)	pulso	frequência composta	amplitude(dB)
1	4064	23	1	4410	9
2	6658	9	2	4669	7
3	4237	14	3	4410	7
4	6312	16	4	4410	10
5	4237	13	5	4669	7
6	6658	14	6	4669	7
7	6658	9	7	4669	7
8	6312	16	8	4410	7
9	6312	10	9	4410	8
10	6053	13	10	4669	13
Média	5750,100		Média	4539,500	
Dente 10			Dente 10		
pulso	frequência composta (Hz)	amplitude(dB)	pulso	frequência composta	amplitude(dB)
1	6658	9	1	4410	12
2	6658	12	2	4410	11
3	6312	14	3	6658	11
4	6658	8	4	4410	11
5	6312	11	5	6658	8
6	7004	7	6	7004	9
7	6658	10	7	4410	12
8	6658	12	8	4410	13
9	6658	12	9	6658	10
10	6658	10	10	6658	13
Média	6623,400		Média	5568,600	

PÊNDICE A - Dados referentes à fase 3

Especíme	dente	método irradiado	Diagnóstico	antes	depois	inspeção visual/tátil	antes	depois	Laser utilizado	metodologia empregada	Pot (W)	Tx rep (Hz)	tempo (s)	Energia por pulso (J)	Energia total (J)	número de pulso	densidade de energia (J/cm ²)	área irradiada (cm ²)
1	37	Vestibular	40	33	amolecida	amolecida	amolecida	33	Er:Cr:YSGG	Microscopia Luz	3	20	41	0,15	6,15	820	33,95	0,16
2	25	Vestibular	41	13	amolecida	amolecida	amolecida	3	Er:Cr:YSGG	MEV	3	20	36	0,15	5,7	760	33,95	0,17
3	14	Vestibular	44	92	amolecida	amolecida	amolecida	0,99	Er:YAG	Microscopia Luz	0,99	4	95	0,25	95	398	80,6	1,23
4	37	Vestibular	55	15	amolecida	amolecida	amolecida	1	Er:YAG	Microscopia Luz	1	4	122,25	0,25	122	489	80,6	1,91
5	46	Vestibular	84	18	amolecida	amolecida	amolecida	1	Er:YAG	Microscopia Luz	1	4	122,25	0,25	122	489	80,6	1,91
6	26	Vestibular	85	18	amolecida	amolecida	amolecida	1	Er:YAG	Microscopia Luz	1	4	121,25	0,25	121	485	80,6	1,9
7	16	Vestibular	85	26	amolecida	amolecida	amolecida	3	Er:Cr:YSGG	Microscopia Luz	3	20	66	0,15	12,75	1700	33,95	0,38
8	36	Lingual	68	34	amolecida	amolecida	amolecida	0,99	Er:YAG	Microscopia Luz	0,99	4	75,75	0,25	75	303	80,6	0,93
9	47	Vestibular	83	21	amolecida	amolecida	amolecida	0,99	Er:YAG	Microscopia Luz	0,99	4	80,75	0,25	80	323	80,6	0,99
10	34	Lingual	62	23	amolecida	amolecida	amolecida	3	Er:Cr:YSGG	Microscopia Luz	3	20	23	0,15	3,45	460	33,95	0,1
11	28	Vestibular	73	26	amolecida	amolecida	amolecida	3	Er:Cr:YSGG	Microscopia Luz	3	20	60	0,15	9	1200	33,95	0,27
12	45	Lingual	74	26	amolecida	amolecida	amolecida	3	Er:Cr:YSGG	MEV	3	20	86	0,15	12,9	1720	33,95	0,38
13	25	Vestibular	93	36	amolecida	amolecida	amolecida	1	Er:YAG	MEV	1	4	86	0,25	86	344	80,6	1,07
14	44	Lingual	81	31	amolecida	amolecida	amolecida	0,99	Er:YAG	Microscopia Luz	0,99	4	91,75	0,25	91	367	80,6	1,13
15	16	Lingual	49	18	amolecida	amolecida	amolecida	3	Er:Cr:YSGG	Microscopia Luz	3	20	68	0,15	10,2	1360	33,95	0,3
16	16	Lingual	45	27	amolecida	amolecida	amolecida	1	Er:YAG	MEV	1	4	66,25	0,25	66	265	80,6	0,82
17	36	Vestibular	45	19	amolecida	amolecida	amolecida	0,98	Er:YAG	MEV	0,98	4	47,75	0,25	47	191	80,6	0,58
18	46	Lingual	84	28	amolecida	amolecida	amolecida	3	Er:Cr:YSGG	MEV	3	20	86	0,15	12,9	1720	33,95	0,38
19	45	Vestibular	87	43	amolecida	amolecida	amolecida	3	Er:Cr:YSGG	Microscopia Luz	3	20	12	0,15	1,8	240	33,95	0,05
20	36	Lingual	72	25	amolecida	amolecida	amolecida	3	Er:Cr:YSGG	Microscopia Luz	3	20	31	0,15	4,65	620	33,95	0,14

APÊNDICE C - Fotos e radiografias digitais para documentação (espécimes de 1 a 10) – Fase 3.

ANEXO A – F APÊNDICE D - Fotos e radiografias digitais para documentação (espécimes de 11 a 20) – Fase 3.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ODONTOLOGIA

PARECER DE APROVAÇÃO
Protocolo 115/04

Com base em parecer de relator, o Comitê de Ética em Pesquisa, APROVOU o protocolo de pesquisa "*O som da ablação do tecido dental a laser (Er, YAG e Er, Cr:YSGG) como parâmetro de odontologia conservadora*", de responsabilidade do Pesquisador **Fábio Renato Pereira Robles**, sob orientação da Profa. Dra. **Adriana Bona Matos**.

Tendo em vista a legislação vigente, devem ser encaminhados a este Comitê relatórios anuais referentes ao andamento da pesquisa e ao término cópia do trabalho em "cd". Qualquer emenda do projeto original deve ser apresentada a este CEP para apreciação, de forma clara e sucinta, identificando a parte do protocolo a ser modificada e suas justificativas.

São Paulo, 20 de setembro de 2004

Profª Drª **ROSA HELENA MIRANDA GRANDE**
Coordenadora do CEP-FOUSP

ANEXO B – Termos de doação dos dentes humanos

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
Faculdade de Odontologia
Banco de Dentes Humanos

São Paulo, 07 de julho de 2004.

Ao Comitê de Ética em Pesquisa da FOUPE:

O Banco de Dentes Humanos (divisão Permanentes) declara que fornecerá 40 (quarenta) dentes permanentes posteriores humanos necessários ao projeto de pesquisa intitulado “O som da ablação do tecido dental a laser (Er:YAG e Er,Cr:YSGG) como parâmetro de odontologia conservadora”.

Pesquisador(a) responsável: Fabio Renato Pereira Robles

Orientador: Profa. Dra. Adriana Bona Matos

Obs.: Os dentes só serão liberados após sua aprovação.

Sérgio Brossi Botta

Responsável pelo BDH – FOUPE - Divisão Permanentes

INSTRUMENTO DE DOAÇÃO DE DENTES PARA A PESQUISA COM O TÍTULO "O som da ablação do tecido dental a laser (Er:YAG e Er,Cr:YSGG) como parâmetro de odontologia conservadora".

Em 2 (duas) vias: uma para o doador voluntário e outra para o pesquisador (1 de 1 página)

INSTRUMENTO DE DOAÇÃO DE DENTES

Identificação do Doador

Nome _____ (Legível):

Data de Nascimento: _____ Local de Nascimento: _____

UF: _____

RG nº: _____ CPF nº _____

Endereço (Rua ou Avenida nº e complemento): _____

Cidade : _____ UF: _____ CEP: _____

Telefones para contato: _____

E-mail: _____

DECLARAÇÃO

Declaro ter sido esclarecido sobre quais os motivos que levaram a necessidade de remoção do(s) dente(s)..... (código) – por razões..... - e concordo que os mesmos sejam utilizados na pesquisa de título **“O som da ablação do tecido dental a laser (Er:YAG e Er,Cr:YSGG) como parâmetro de odontologia conservadora”** - que objetiva validar mais um parâmetro que indique se o tecido cariado foi removido e impeça o desgaste excessivo e desnecessário de estrutura dental viável, preservando assim o máximo de integridade dental, de acordo com os procedimentos minimamente invasivos..

Fui ainda esclarecido pelo pesquisador que minha identidade não será divulgada por qualquer meio e que o material recolhido será utilizado unicamente para a presente pesquisa.

São Paulo, ____ de _____ de 200__.

assinatura do doador

RG do doador

ANEXO C – Protocolos fases 2 e 3

O SOM DA ABLAÇÃO DO TECIDO DENTAL A LASER (Er:YAG e Er,Cr:YSGG) COMO PARÂMETRO DE ODONTOLOGIA CONSERVADORA

PROTÓCOLOS

20 dentes com lesão cariosa em dentina (armazenar em água mili-Q imediatamente após a exodontia)

PROCEDIMENTOS	MATERIAL
<ol style="list-style-type: none"> 1. Remoção do dente 2. Identificação 3. Lavagem com soro fisiológico 4. Avaliação dos itens: <ol style="list-style-type: none"> a. idade do paciente b. tipo de dente c. tipo de lesão cariosa (crônica/aguda) d. profundidade da lesão (Rx) – digital ou convencional e. inspeção visual-tátil (Massara et al., 2000) – coloração: amarelada, marrom, preta / textura: mole,dura; / grau de dificuldade de remoção com sonda exploratória: fácil, difícil (oferece resistência). f. Fluorescência a laser (Diagnodent®) – prévia calibração – escores 0-99 (ideal >25) <p>d e f → dia seguinte + laser</p>	<ul style="list-style-type: none"> - termo de consentimento - H₂O mili-Q - frascos - etiquetas - soro fisiológico - almotolia - formulário de preenchimento - cd / disquete - filme radiográfico - posicionador anterior - cera utilidade - sonda exploratória - Diagnodent®
<ol style="list-style-type: none"> 5. Aplicação Laser (lesão de cárie e região hígida) <ol style="list-style-type: none"> a. aleatorizar as aplicações alternando metades (V ou L), bem como os lasers (Er:YAG ou Er,Cr:YSGG) 	<ul style="list-style-type: none"> - equipamentos (LELO): Er:YAG e Er,Cr:YSGG - software de captação e análise do som - microfone - notebook
<ol style="list-style-type: none"> 6. Divisão metodologia: <ol style="list-style-type: none"> a. Microdureza Knoop b. M.O. – cortar raiz 	<ul style="list-style-type: none"> - identador Knoop - inclusão resina - disco de carborundum - micromotor - fixador – formol 10% ou paraformaldeído – 24 hs - descalcificação em microondas (seguir protocolo da Patologia Bucal com M.O.) -processamento – Brown-Hopps.

FORMULÁRIO DE PREENCHIMENTO POR ESPÉCIME

Data da coleta: ____/____/____

Espécime nº. : ____

Dados do paciente e características da lesão cariiosa	
Nome	
Idade	
Dente	
Tipo de lesão cariiosa	() crônica () aguda
Coloração	() amarelada () marrom () preta (.....) outra
Textura	() mole () dura () outra
Grau de dificuldade de remoção	() fácil () difícil – oferece resistência
Diagnodent®	Escore: ____
Distância da lesão à polpa	_____ mm
Profundidade da lesão	(.....) cavidade rasa () cavidade média () cavidade profunda () cavidade com exposição pulpar
Dados do equipamento	
Tipo de laser aplicado	() Er:YAG () Er,Cr:YSGG () outro
Marca / Modelo do Equipamento	() Er:YAG - Kavo (Kavo II ou Kavo III) () Opus () Er,Cr:YSGG - Biolase (Waterlase) () Outros
Parâmetros do laser	
Comprimento de onda	_____ µm
Densidade de Energia	_____ J/cm ²

Energia por pulso	_____ mJ
Potência	_____ W
Tempo de aplicação	_____ s
Taxa de repetição	_____ pps (Hz)
Distância focal	_____ mm
Diâmetro do foco	_____ mm
Área irradiada (total)	_____ cm ²
Vazão da água	_____ ml/min
Aplicação na metade da lesão cariosa	
Metade em que foi aplicado	() Vestibular () Lingual ou Palatina
Metodologia Aplicada	() Análise da Microdureza Knoop () Microscopia
Anotações	
Resultados e Comentários	