

Rui Filipe da Mota Gouveia

**FLUXO FOTOACÚSTICO INDUZIDO POR FOTÕES, UMA ALTERNATIVA NA
ATIVAÇÃO DA IRRIGAÇÃO ENDODÔNTICA**

Universidade Fernando Pessoa, Porto, 2018

Rui Filipe da Mota Gouveia

**FLUXO FOTOACÚSTICO INDUZIDO POR FOTÕES, UMA ALTERNATIVA NA
ATIVAÇÃO DA IRRIGAÇÃO ENDODÔNTICA**

Universidade Fernando Pessoa, Porto, 2018

Rui Filipe da Mota Gouveia

**FLUXO FOTOACÚSTICO INDUZIDO POR FOTÕES, UMA ALTERNATIVA NA
ATIVAÇÃO DA IRRIGAÇÃO ENDODÔNTICA**

“Trabalho apresentado à Universidade
Fernando Pessoa como parte dos requisitos
para obtenção do Grau de Mestrado
Integrado em Medicina Dentária”

FLUXO FOTOACÚSTICO INDUZIDO POR FOTÕES, UMA ALTERNATIVA NA ACTIVAÇÃO DA IRRIGAÇÃO ENDODÔNTICA

RESUMO

O sucesso do tratamento endodôntico depende da limpeza e desinfecção do sistema dos canais radiculares, que deve ser estruturado de modo a obter uma eficaz eliminação de microrganismos. Uma vez que a irrigação é um factor crucial para a redução da carga bacteriana, têm sido desenvolvidas diversas técnicas de ativação dos irrigantes utilizados. Deste modo, surge o fluxo fotoacústico induzido por fotões (Photon Induced Photacoustic Streaming (PIPSTM)). Para a realização da presente dissertação foi realizada uma pesquisa, no presente ano, utilizando as bases de dados Pubmed, Medline, Scielo e Google Académico através da Biblioteca da Universidade Fernando Pessoa, utilizando as palavras-chave: “Laser”, “endodontics”, “Photon-induced photoacoustic streaming”, “PIPSTM”, “Laser-activated irrigation”. Como resultado desta pesquisa obteve-se um total de 38 artigos escritos na língua inglesa, publicados nos últimos 11 anos. Através de uma revisão narrativa da literatura observou-se que o PIPSTM pode ser uma alternativa à activação da irrigação endodôntica.

Palavras chave: Laser; endodontia; fluxo fotoacústico induzido por fotões; PIPSTM; activação da irrigação.

FLUXO FOTOACÚSTICO INDUZIDO POR FOTÕES, UMA ALTERNATIVA NA ACTIVACÃO DA IRRIGAÇÃO ENDODÔNTICA

ABSTRACT

The success of endodontic treatment depends on the cleaning and disinfection of the root canal system, in order to obtain an effective elimination of microorganisms. Since irrigation is a crucial factor for the reduction of the bacterial load, several irrigation activation techniques have been developed. In this way, emerges the Photon Induced Photoacoustic Streaming (PIPSTM). For the accomplishment of the present dissertation a research was carried out in the present year using Pubmed, Medline, Scielo and Google Scholar databases through the library of Universidade Fernando Pessoa using the keywords: “Laser”, “endodontics”, “Photon-induced photoacoustic streaming”, “PIPSTM”, “laser-activated irrigation”. As a result of this research it was obtained a total of 38 articles written in English and published in the last 11 years. Through a review of the literature it was observed that the PIPSTM can be an alternative to the activation of endodontic irrigation.

Key-words: “Laser”, “endodontics”, “Photon-induced photoacoustic streaming”, “PIPSTM”, “laser-activated irrigation”

**FLUXO FOTOACÚSTICO INDUZIDO POR FOTÕES, UMA ALTERNATIVA NA ACTIVAÇÃO DA
IRRIGAÇÃO ENDODÔNTICA**

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, pelo apoio incondicional.

Aos meus avós, por serem um exemplo.

Às minhas tias, por serem inextinguíveis e estarem presentes em todos os momentos.

Ao meu irmão, por ser especial.

À Carolina, pela inspiração, dedicação e partilha.

A toda a minha família e amigos, por serem parte de mim.

FLUXO FOTOACÚSTICO INDUZIDO POR FOTÕES, UMA ALTERNATIVA NA ACTIVAÇÃO DA IRRIGAÇÃO ENDODÔNTICA

AGRADECIMENTOS

Ao professor Tiago Reis por toda a paciência, apoio, ensinamentos, ao longo deste último ano, e por ter aceitado ser meu orientador.

A todos os professores que me acompanharam, por todo o conhecimento, confiança e experiência que me transmitiram.

A todo o pessoal não docente, pela disponibilidade para nos ajudar.

Por último, a todos que, de uma maneira ou de outra, participaram na minha história, na minha vida. “Cada um que passa na nossa vida, passa sozinho, pois cada pessoa é única e nenhuma substitui a outra. Cada um que passa na nossa vida, passa sozinho, mas não vai só nem nos deixa sós. Leva um pouco de nós mesmos, deixa um pouco de si mesmo. Há os que levam muito, mas há os que não levam nada. Essa é a maior responsabilidade da nossa vida e a prova que duas almas não se encontram por acaso.” - Antoine de Saint-Exupéry

**FLUXO FOTOACÚSTICO INDUZIDO POR FOTÕES, UMA ALTERNATIVA NA ACTIVAÇÃO DA
IRRIGAÇÃO ENDODÔNTICA**

ÍNDICE

	Pág.
I- INTRODUÇÃO.....	1
1. Materiais e Métodos.....	2
II- DESENVOLVIMENTO.....	3
1- Irrigação e Ativação Dos Irrigantes.....	3
i- Irrigação Convencional com Agulha.....	3
ii- EndoActivator.....	4
iii- Irrigação Ultrassónica Passiva	4
iv- XP Endo.....	5
v- EndoVac.....	5
vi- Photon Induced Photoacoustic Streaming (PIPS™).....	6
III- DISCUSSÃO.....	8
1. Redução da Carga Bacteriana.....	8
2. Extrusão Apical do Irrigante.....	9
3. Remoção de debris e <i>smear layer</i> e o seu impacto na adesão dentinária	10
IV- CONCLUSÃO.....	13
V-BIBLIOGRAFIA.....	14

FLUXO FOTOACÚSTICO INDUZIDO POR FOTÕES, UMA ALTERNATIVA NA ACTIVAÇÃO DA IRRIGAÇÃO ENDODÔNTICA

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

cpm.- Ciclos por minuto;

EDTA- Ácido Etilenodiamino Tetra-Acético;

Er:YAG- Laser Erbium:YAG;

Hz- Hertz;

IUP- Irrigação Ultrassónica Passiva;

kHz- Kilo Hertz;

mJ- Milijoule;

mm- Milímetro;

ml- Mililitro;

NaOCl- Hipoclorito de Sódio;

nm.- Nanometro;

PAN- Pressão Apical Negativa;

PIPSTM - Photon Induced Photoacoustic Streaming;

s- Segundos;

µm- Micrometros;

µs- Microsegundos.

FLUXO FOTOACÚSTICO INDUZIDO POR FOTÕES, UMA ALTERNATIVA NA ACTIVACÃO DA IRRIGAÇÃO ENDODÔNTICA

I. INTRODUÇÃO

A terapia endodôntica tem como principal objetivo prevenir ou tratar a periodontite apical através da eliminação de substâncias patogénicas, remanescentes de tecido pulpar vital ou necrótico, partículas dentinárias e microrganismos intracanales do sistema dos canais radiculares (Peters, O. A., *et al.*, 2011). Sendo importante o seu sucesso clínico para a manutenção do dente em função a longo termo. (Akyus Ekim, S. N., Erdemir, A., 2015)

A instrumentação mecânica dos canais radiculares é essencial para a eliminação das substâncias patogénicas do sistema dos canais radiculares, porém, mesmo com procedimentos meticulosos tem sido demonstrado que 20-60% das paredes dos canais radiculares são deixadas por instrumentar. Isto deve-se à complexidade da anatomia tridimensional do sistema dos canais radiculares, no qual existem estruturas irregulares, sejam elas istmos, canais laterais ou ramificações apicais. (Yao, K. *et al.*, 2017)

Deste modo, a irrigação do sistema dos canais radiculares é obrigatória para erradicar os potenciais agentes patogénicos que a instrumentação não conseguiu eliminar. A irrigação convencional é o procedimento universal utilizado na prática endodôntica e a sua eficácia está diretamente relacionada com a profundidade a que a agulha é inserida no canal. (Yost, R. A., *et al.* 2015)

O Hipoclorito de Sódio (NaOCl) é o irrigante mais utilizado durante o tratamento endodôntico, pois dissolve o tecido orgânico, elimina os microrganismos e atua como lubrificante (Ordinola-Zapata, R., *et al.*, 2014). No entanto, devido à alta tensão de superfície, a penetração do NaOCl é limitada a apenas a 130 micrómetros nos túbulos da dentina, quando a colonização bacteriana pode ocorrer a 1100 micrómetros de profundidade. (Olivi, G., *et al.*, 2014)

Sendo assim, de modo a que a irrigação seja parte significativa no sucesso do tratamento endodôntico, várias técnicas de ativação dos irrigantes têm sido propostas para melhorar a distribuição do mesmo no sistema dos canais radiculares e aumentar a efetividade da irrigação. (Ozsés Ozkaya, B., *et al.*, 2017)

FLUXO FOTOACÚSTICO INDUZIDO POR FOTÕES, UMA ALTERNATIVA NA ACTIVAÇÃO DA IRRIGAÇÃO ENDODÔNTICA

Algumas técnicas como o aquecimento do NaOCl a uma temperatura entre 20°C e 45°C, bem como a sua agitação através de diversas técnicas, mostraram-se eficazes no aumento da sua eficácia na eliminação bacteriana. (Olivi, G., *et al.*, 2014)

Em 2009 De Moor, R. J., *et al.* propõem que os lasers poderiam ativar os irrigantes através da transferência de energia pulsada, tendo vindo a desenvolver-se várias técnicas usando este princípio.

Neste contexto, o objectivo do presente trabalho foi, através de uma revisão narrativa da literatura científica existente, refletir sobre a utilidade da técnica de irrigação ativada, fluxo fotoacústico induzido por fotões (*Photon Induced Photoacoustic Streaming -PIPS™*).

1. Materiais e Métodos

Para a elaboração do presente trabalho foi realizada uma pesquisa, no presente ano, utilizando as bases de dados *Pubmed*, *Medline*, *Scielo* e Google Académico através do acesso da Biblioteca da Universidade Fernando Pessoa, utilizando como palavras chave: “*Laser*”; “*endodontics*”; *photon-induced photoacoustic streaming*”; “*PIPS™*”; “*laser-activated irrigation*”.

Os critérios de inclusão restringiram a pesquisa a artigos escritos na línguas inglesa e portuguesa, artigos publicados nos últimos 11 anos, sendo que inicialmente, a seleção foi realizada com base na leitura do título e do resumo, tendo sido rejeitados todos aqueles que, divergiam substancialmente da temática em estudo ou cuja disponibilidade estava impossibilitada. Posteriormente, a exclusão foi determinada pela análise do conteúdo integral de cada artigo, tendo culminado num total de 38 artigos. Foram ainda consultado 3 livros de referência na área.

II. DESENVOLVIMENTO

1. Irrigação e Ativação dos Irrigantes

No tratamento endodôntico convencional, soluções alcalinas de Hipoclorito de Sódio (NaOCl) e Ácido Etilenodiamino Tetra-Acético (EDTA) são utilizadas de forma combinada. As técnicas de ativação dos irrigantes pretendem melhorar a penetração destes em áreas não alcançadas pelos instrumentos endodônticos, acelerando as suas ações químicas contra microrganismos, biofilmes, tecidos moles remanescentes e *smear layer*. Estas técnicas incluem agitação com cones de guta-percha, aparelhos sônicos e ultrassônicos e ativação por laser. (Walsh, L. J., George, R., 2017; Pedullà, E., *et al.*, 2012; Arslan, D., Kustarci, A., 2017)

i. Irrigação Convencional com Agulha

A irrigação através de seringa e agulha durante o tratamento do sistema dos canais radiculares iniciou-se há mais de um século. Sendo o procedimento universal utilizado na prática endodôntica e na maioria das publicações atuais, esta técnica é utilizada como controlo para a avaliação de novas técnicas de irrigação, tais como a Irrigação Ultrassónica Passiva (IUP), o *EndoActivator*, a *XP-Endo Finisher*, o *EndoVac* e a PIPSTM. (Basrani, B., 2015)

A técnica consiste na distribuição do irrigante no canal através de agulhas ou cânulas, de forma passiva e/ou agitando-as para cima e para baixo no espaço do canal. Durante a irrigação, a agulha deve permanecer solta no interior do canal, o que permite o refluxo do líquido irrigado e o deslocamento dos resíduos para a região coronal, de modo a evitar a extrusão inadvertida do irrigante para os tecidos periapicais. Este tipo de irrigação permite um controlo mais fácil da profundidade de penetração da agulha dentro do canal e do volume de irrigação que é inserido através do canal. (Gu, L. S., *et al.*, 2009)

Boutsioukis, C., *et al.* (2010) descreveram 6 tipos de agulhas, dividindo-as em 2 grupos: agulhas com ponta aberta e com ponta fechada. As primeiras foram concebidas para dispersar o irrigante através da sua extremidade mais distal, enquanto as outras distribuem o irrigante lateralmente. O autor propõe que as agulhas com ponta fechada demonstram vantagens, diminuindo a probabilidade de extrusão apical.

FLUXO FOTOACÚSTICO INDUZIDO POR FOTÕES, UMA ALTERNATIVA NA ACTIVAÇÃO DA IRRIGAÇÃO ENDODÔNTICA

Segundo Ackay, M., *et al.*, 2016 a irrigação convencional não consegue por si só assegurar uma desinfeção química eficaz. Neste sentido, foram desenvolvidas várias técnicas de agitação manual ou maquinizadas de modo a aumentar a sua eficácia.

ii. EndoActivator

O sistema *EndoActivator* utiliza a energia sónica para criar oscilações mecânicas com frequência compreendida entre 1 a 10 kHz. Deste modo, é obtida a agitação dos irrigantes contra as paredes dos canais radiculares, promovendo uma limpeza mais eficaz das áreas de difícil acesso. (Nair, U., *et al.*, 2009)

Este mecanismo trata-se de um sistema de ativação de irrigação que inclui uma peça de mão e três pontas descartáveis de um polímero não cortante, flexíveis e de diferentes diâmetros. Este formato possibilita uma ativação segura dos vários irrigantes, uma vez que provoca a agitação destes fluidos através da vibração da ponta, numa frequência que ronda os 2000 e os 10000 ciclos/min.. (Ramamoorthi, S., *et al.*, 2015; Azim, A. A., *et al.*, 2017)

Embora a irrigação sónica, com o *EndoActivator*, seja eficaz na desinfeção do sistema de canais radiculares, vários autores consideram-na inferior à irrigação ultrassónica, uma vez que não gera vibrações acústicas nem cria efeito de cavitação. Ainda assim, uma das vantagens deste sistema é o facto de não cortar a dentina radicular. (Lea, S., Walmsley, A., Lumley, P., 2010)

iii. Irrigação Ultrassónica Passiva

A IUP consiste na ativação dos irrigantes através de um aparelho de ultrassons, que utiliza alta frequência (25 e 30 kHz). O seu princípio assenta na transmissão de energia, através de uma lima ou fio metálico fino, para o irrigante, por meio de ondas ultrassónicas, induzindo a cavitação acústica. (Van der Sluis, L. W. M., *et al.*, 2007)

Desta forma, depois do canal ter sido instrumentado, uma pequena lima ou fio de arame liso é introduzido no centro do canal radicular, até 1mm antes de atingir a região apical (Van der Sluis, L. W. M., *et al.*, 2007).

De acordo com estes mesmos autores, para se potenciar a ativação da solução, a lima não deve contactar com as paredes radiculares, na medida em que um instrumento oscilante a

FLUXO FOTOACÚSTICO INDUZIDO POR FOTÕES, UMA ALTERNATIVA NA ACTIVACÃO DA IRRIGAÇÃO ENDODÔNTICA

trabalhar livre no interior do canal apresenta maior efeito sobre a solução irrigante do que um instrumento que esteja preso nas paredes do canal. (Van der Sluis, L. W. M., et al., 2007).

Uma vez que o canal radicular já se encontra desbridado, o dispositivo move-se livremente, permitindo que o irrigante penetre mais facilmente na região apical do sistema dos canais radiculares e tornando a limpeza mais eficaz. (Cohen, S., Hargreaves, K., 2011)

iv. XP Endo

As limas *XP-Endo Finisher* são baseadas no princípio de memória de forma. Estas são retas à temperatura ambiente, no entanto, ao serem inseridas no canal, são expostas à temperatura corporal e mudam de forma devido à memória molecular que apresentam. (Trope, M., Debelian, G., 2015).

O formato que adquirem quando inseridas no canal associado ao movimento de rotação permite que alcancem e limpem áreas normalmente em que não existe contato com os instrumentos padrão. Deste modo, são aptas a tratar canais radiculares com morfologias altamente complexas, sem alterar a forma original do canal. (Trope, M., Debelian, G., 2015).

Estas podem também ser utilizadas como ativadoras do irrigante após a preparação do canal, são colocadas a 1mm do comprimento de trabalho, exercendo movimentos verticais. (Azim, A. A., et al., 2017).

v. EndoVac

O sistema *EndoVac* utiliza um dispositivo de Pressão Apical Negativa (PAN), desenvolvido para fornecer a solução de irrigação até ao final do sistema de canais e aspirar os detritos existentes. (Tuncer, A., Ünal, B., 2014; Tunker, E., Onay, E., Ungor, M., 2017)

Este sistema é composto por três componentes principais: (1) uma *Master Delivery Tip* (MDT), que preenche a câmara pulpar com o irrigante (quando a câmara pulpar fica preenchida, este componente continua a depositar irrigante, mas também o evacua concomitantemente); (2) uma macrocânula flexível que remove os detritos de maiores dimensões e é introduzida até ao terço médio dos canais e uma microcânula que deve ser colocada até ao comprimento de trabalho, removendo os resíduos de menores dimensões e aspirando a solução irrigadora. (Pasricha, S., Makkar, S., Gupta, P., 2015).

FLUXO FOTOACÚSTICO INDUZIDO POR FOTÕES, UMA ALTERNATIVA NA ACTIVACÃO DA IRRIGAÇÃO ENDODÔNTICA

Ao contrário das técnicas de pressão positiva, o sistema *EndoVac* possibilita a introdução do irrigante junto do comprimento de trabalho sem prejuízo para os tecidos perirradiculares. (Siu, C., Baumgartner, C. 2010)

vi. Fluxo Fotoacústico Induzido por Fotões (PIPS™)

O PIPS™ é uma técnica de ativação por laser da irrigação endodôntica que utiliza uma ponta específica e única, com características próprias, entre as quais: (1) energia subablativa, que reduz o efeito térmico associado aos outros tipos de laser, evitando assim uma ablação efetiva da estrutura dentária, (2) um pulso de curta duração, que produz um pico de energia muito alto, (3) requerer um preparo canal mínimo e (4) um posicionamento estacionário da ponta apenas na câmara pulpar ao invés do interior do canal. (Olivi, G., De Moor, R. J., Divito, E., 2016; Arslan, H., *et al.*, 2014; Arslan, H., *et al.*, 2015)

Este método foi proposto para a remoção de bactérias, biofilmes e *smear layer* do sistema dos canais radiculares. (Miletic, I., *et al.*, 2016). O uso de parâmetros subablativos (3W de potência, 20 mj e frequência 15 Hz) provou ser mais eficaz que as técnicas tradicionais na remoção da *smear layer*. Esta descoberta pode ser atribuída ao efeito fotomecânico observado quando a energia é pulsada num líquido. (Divito, E., Peters, O. A., Olivi, G., 2012)

Um das particularidades do PIPS™ é a de usar uma ponta com um desenho inovador de 400 ou 600 micrómetros de diâmetro e 14 ou 9 mm de comprimento, respetivamente. Esta ponta é radial e afilada na parte final, sendo que não apresenta revestimento nos 3 mm terminais, de modo a aumentar a emissão lateral dos fotões emitidos pelo laser. Esta distinção é relevante, porque permite uma melhor emissão lateral de energia comparando com as pontas frontais. (Olivi, G., De Moor, R. J., Divito, E., 2016; Lloyd, A. *et al.*, 2014)

Esta técnica utiliza um Laser Érbio YAG (Er:YAG) de comprimento de onda 2940 nm, (Cheng, X., *et al.*, 2017) que atua no conteúdo aquoso do irrigante que absorve a radiação. (Olivi, G., Divito, E., 2012)

A elevada absorção do comprimento de onda deste laser na água combinado com o alto pico energético derivado da curta duração de pulso utilizada (50 µs) resulta num fenómeno fotomecânico. Uma onda de choque é observada quando a ponta é submersa no irrigante que preenche o canal. (Divito, E., Peters, O. A., Olivi, G., 2012)

FLUXO FOTOACÚSTICO INDUZIDO POR FOTÕES, UMA ALTERNATIVA NA ACTIVACÃO DA IRRIGAÇÃO ENDODÔNTICA

Em virtude, destas ondas de choque serem gerada a níveis de energia baixos, o efeito térmico indeejável é reduzido. Neste sentido, a remoção de debris e *smear layer* não se devem ao efeito de vaporização térmica, mas ao fluxo fotomecânico de líquidos que são ativados pelo laser na região coronal do dente. (Divito, E., Peters, O. A., Olivi, G., 2012).

Em consequência, da elevada absorção da radiação deste laser, ocorre um aquecimento da água até ao seu ponto de ebulição, o que induz à formação de bolhas de vapor e à sua expansão no final da ponta. (Gregorčič, P., Jezeršek, M., Možina, J., 2012)

Durante esta expansão, as bolhas passam do estado de equilíbrio, de modo a que, quando atingem o volume máximo, a sua pressão interna seja mais baixa que a pressão no líquido circundante, implicando o seu colapso. Nesta fase, uma parte de energia é convertida em energia acústica com a emissão de ondas de choque acústicas. (Gregorčič, P., Jezeršek, M., Možina, J., 2012) A alternância entre a expansão e implosão da bolha cria uma tensão de atrito, ao longo da parede do canal que é capaz de remover biofilme e *smear layer*. (Lloyd, A., *et al.*, 2014)

A cavitação é definida como a formação de um espaço vazio (bolha) e o seu rápido colapso em meio líquido. Quando uma bolha colapsa, estamos perante uma cavitação primária que é imediatamente seguida de uma cavitação secundária, o que provoca a agitação de fluídos no canal a grande velocidade. (Hmud, R., *et al.*, 2009; Olivi, G., De Moor, R. J., Divito, E., 2016; Nasher, R., Franzen, R., Gutknecht, N., 2016)

Esta agitação é, de facto, a garantia de um movimento tridimensional dos irrigantes, que torna possível o desbridamento e descontaminação do sistema de canais radiculares com uma preparação mecânica minimamente invasiva. (Olivi, G., Divito, E., 2012).

Entre a utilização de cada instrumento endodôntico é utilizado Hipoclorito de Sódio 5% como irrigante ativado pela ponta PIPSTTM em ciclos de 30 segundos. Atingindo o preparo desejado. Assim, utiliza-se o seguinte protocolo de irrigação final: (1) 17% EDTA (3ml) activado pelo PIPSTTM durante 30s, seguindo-se 60s de repouso; (2) água destilada estéril, agitada por esta técnica durante 30s de forma a inativar o EDTA; (3) 3 ciclos de NaOCl 5% (3ml) com duração de 30s cada, intercalando cada ciclo com uma fase de repouso também de 30s para permitir ao NaOCl reagir; (4) termina, com água destilada estéril agitada pelo PIPSTTM, inativando o oxigénio antes da obturação. (Olivi, G., De Moor, R. J., Divito, E., 2016)

III. DISCUSSÃO

De acordo com a literatura analisada é possível verificar a existência de vantagens da utilização da técnica PIPSTM no tratamento endodôntico quando comparada com outras técnicas de ativação da irrigação. Neste sentido, segue uma análise da *performance* do PIPSTM no que concerne à redução da carga bacteriana, à extrusão apical do irrigante, às forças de adesão dentinária e remoção de débris e *smear layer*

1. Redução da Carga Bacteriana

As bactérias são o agente etiológico principal na patologia pulpar e periapical. Um dos principais objetivos do tratamento endodôntico é a eliminação da carga bacteriana do sistema dos canais radiculares. Contudo, o insucesso no tratamento endodôntico ocorre quando a infecção não foi controlada ou foi eliminada de forma incompleta. (Cheng, X., et al. 2017).

Em 2011, Peters, O. A., *et al.* efetuaram testes nos quais avaliaram a ação bactericida da Irrigação Convencional, da Irrigação Ultrassônica e do PIPSTM. A redução bacteriana atingiu níveis de 96,6%; 98,5% e 99,5% respectivamente. No entanto, quando analisada a existência de amostras com culturas negativas, a Irrigação Convencional produziu apenas uma em vinte; a Irrigação Ultrassônica conduziu a duas em vinte e o PIPSTM produziu dez em vinte.

Deste modo, o PIPSTM foi superior às outras técnicas ao gerar um maior número de amostras negativas, no entanto, não se destaca significativamente das outras técnicas no que concerne à redução da carga bacteriana. (Peters, O. A., et al. 2011).

Posteriormente, Pedulla, E., *et al.* (2012) dividiu o seu estudo em quatro grupos: dois deles utilizaram água bidestilada com ou sem ativação, enquanto os outros foram irrigados com NaOCl a 5% com ou sem ativação. De acordo com os resultados apresentados, utilizando água bidestilada o PIPSTM é capaz de reduzir a carga bacteriana em 73.01%, apresentando a associação da técnica à irrigação com NaOCl resultados de 99.80%.

Ainda no mesmo estudo, a utilização de NaOCl sem ativação, obteve uma redução da carga bacteriana de 97.13%, enquanto a utilização de água bidestilada conduziu a uma redução de apenas 13.04%. Deste modo, não existe diferença significativa quando o NaOCl é ativado

FLUXO FOTOACÚSTICO INDUZIDO POR FOTÕES, UMA ALTERNATIVA NA ATIVAÇÃO DA IRRIGAÇÃO ENDODÔNTICA

pelo PIPS™, porém, é possível perceber uma diferença significativa no que concerne à ativação da água bidestilada. (Pedulla, E., *et al.*, 2012)

Em 2014, Ordinola-Zapata, R., *et al.* estudaram a capacidade de eliminação de microrganismos através de NaOCl a 6% com diferentes técnicas de irrigação. O grupo que utilizou o PIPS™ exibiu os resultados mais favoráveis na remoção do biofilme. Seguiu-se a IUP que conseguiu remover mais biofilme que o *EndoActivator* e a Irrigação Convencional, pelo que os resultados obtidos pelo *EndoActivator* e a Irrigação Convencional não foram significativamente diferentes. Assim, concluiu-se que a ativação com laser, utilizando a técnica PIPS™, melhorou significativamente a eliminação do biofilme.

Recentemente, Azim, A. A., *et al.* (2016) analisou a eficácia na eliminação de colônias bacterianas nos túbulos dentinários. Foram testadas 4 sistemas de irrigação: a Irrigação Convencional, o *EndoActivator*, a XP Endo e o PIPS™. Em relação à eficácia da redução bacteriana no canal principal, o sistema XP Endo mostrou uma redução de 98,2%; o PIPS™ de 89,6% e o *EndoActivator* de 93,3%. De um modo geral, o sistema XP Endo produziu uma maior eliminação bacteriana nos segmentos coronal, médio e apical do sistema de canais radiculares a uma profundidade de 50 µm nos túbulos dentinários.

Por outro lado, o PIPS™ obteve um melhor efeito bactericida a 150 µm de profundidade nos três segmentos. Os autores concluíram que este resultado superior poderá atribuir-se ao efeito de cavitação produzido pelo PIPS™ o que permite ao NaOCl uma maior penetração nos túbulos dentinários. (Azim, A. A., *et al.*, 2016)

2. Extrusão Apical do Irrigante

A extrusão inadvertida de NaOCl pode causar irritação severa dos tecidos moles bem como necrose e comprometer a integridade de osso esponjoso. (Yost, R. A., *et al.*, 2015).

Por este motivo, a extrusão apical de irrigantes deve ser minimizada, reduzindo a possibilidade de erro iatrogênico e, por conseguinte, qualquer técnica de irrigação que reduz ou previne a extrusão dos irrigantes nos tecidos periapicais é benéfica. (Yost, R. A., *et al.*, 2015).

FLUXO FOTOACÚSTICO INDUZIDO POR FOTÕES, UMA ALTERNATIVA NA ATIVAÇÃO DA IRRIGAÇÃO ENDODÔNTICA

No que concerne à extrusão de NaOCl para além do ápice radicular, Yost, R. A., *et al.* (2015) utilizou diferentes sistemas de irrigação: *EndoVac*, *EndoActivator*, PIPSTM a 10 mJ e 20 mJ e Irrigação Convencional. Deste modo, verificou que em todos os sistemas ocorria a extrusão de NaOCl. No entanto, o sistema *EndoVac* apresentou, de forma significativa, um menor potencial de extrusão, principalmente, quando comparado com o PIPSTM e Irrigação Convencional.

Resultados similares foram apresentados em 2015, por Arslan, H., *et al.*, em relação à Irrigação Convencional, PIPSTM e Irrigação Ultrassónica, concluindo que a última é a que resulta numa menor extrusão.

Os resultados obtidos no estudo de Azim, A. A., *et al.* (2017), também corroboram os resultados dos estudos anteriores em que, os sistemas de irrigação *EndoActivator*, *XP Endo* e Irrigação Convencional apresentaram resultados muito similares, enquanto o PIPSTM se destaca como o sistema que conduziu a uma maior extrusão de irrigante.

Ainda, em 2017, Arslan, D. e Kustarci, A. estudaram o efeito do PIPSTM relativamente à extrusão apical de debris em canais curvos com diferentes preparações. Os canais foram preparados com *One Shape File* e com *Protaper Next*, associando-se a Irrigação Convencional e o PIPSTM. Os resultados traduziram-se numa diferença significativa entre o PIPSTM e a Irrigação Convencional, sendo que a ativação pelo PIPSTM durante o processo de preparação químico-mecânica foi associado a uma maior extrusão de debris. Desta forma, foi proposto que o PIPSTM seja utilizado após a preparação químico-mecânica, atendendo que durante a preparação, existe uma maior acumulação de debris no sistema de canais radiculares.

3. Remoção de debris e *smear layer* e o seu impacto na adesão dentinária

Durante a instrumentação endodôntica formam-se debris e *smear layer* nas paredes do canal radicular. Os debris são definidos como partículas dentinárias, remanescentes de tecido pulpar vital e necrótico que adere fracamente às paredes do canal radicular, após a instrumentação. A *smear layer* é uma estrutura irregular amorfa, constituída por dentina, remanescentes de tecido pulpar e bactérias, a sua presença oclui os túbulos dentinários. (Turkel, E., Onay, E. O., Ungor, M., 2017)

FLUXO FOTOACÚSTICO INDUZIDO POR FOTÕES, UMA ALTERNATIVA NA ACTIVAÇÃO DA IRRIGAÇÃO ENDODÔNTICA

Deste modo, quando presente impede a adaptação dos materiais obturadores à dentina das paredes do canal radicular, podendo diminuir assim o seu potencial de ligação. (Miletic, I., *et al.*, 2016)

Turkel, E., Onay, E. O. e Ungor, M. (2017) comparam as técnicas de irrigação, *EndoVac*, PIPS™ e Irrigação Convencional na eficácia na remoção de debris e de *smear layer*. Este estudo concluiu que nenhum dos sistemas é capaz de remover totalmente os debris e a *smear layer* e que os resultados todas as técnicas são comparáveis.

Arslan, H., *et al.* (2014) teve como objetivo comparar a eficácia da técnica PIPS™ com Irrigação Convencional, Sónica e Ultrassónica na remoção de debris em região apical. Os resultados obtidos pelo PIPS™ demonstraram que esta técnica é mais efetiva do que a irrigação convencional, sónica e ultrassónica em relação à remoção de debris dentinária na região apical.

Lloyd, A., *et al.* (2014) investigou a remoção de debris. Compararam as técnicas de irrigação convencional e irrigação com PIPS™. Os resultados do PIPS™ foram 2.6 vezes superiores do que irrigação convencional.

Nasher, R., Franzen, R., Gutknecht, N. (2016) realizaram um estudo em que analisaram a utilização dos mesmos irrigantes com e sem activação através do PIPS™. Na irrigação foi utilizada 3% NaOCl + 20% EDTA; 0.9% NaOCl; 3% NaOCl; 20% EDTA. Não foram encontradas diferenças significativas entre os grupos tratados apenas com os irrigantes e os grupos que utilizaram o PIPS™ juntamente com os mesmos irrigantes.

Miletic, I., *et al.* (2016), teve como objectivo no seu estudo avaliar o efeito da técnica PIPS™, em combinação com EDTA, na força de adesão entre a dentina radicular e as técnicas de obturação utilizando Gutta Percha/ *AH Plus* e *Resilon/ RealSeal SE*. De acordo com o estudo, a utilização da técnica PIPS™ não afectou a força adesiva e que talvez seja desnecessária para alcançar um resultado adesivo ótimo.

Arslan, H., *et al.* (2015) estudou o efeito das diferentes técnicas, ultrassónica, PIPS™ e irrigação convencional com os diferentes irrigantes, NaOCl, EDTA e água destilada. Nos resultados do PIPS™, a água destilada resultou em valores mais altos de adesão do que com

FLUXO FOTOACÚSTICO INDUZIDO POR FOTÕES, UMA ALTERNATIVA NA ACTIVACÃO DA IRRIGAÇÃO ENDODÔNTICA

NaOCl e EDTA. A técnica PIPSTM revelou valores superiores do que a irrigação convencional e ultrassónica.

Segundo Akcay, M., et al. (2016), as características físicas e químicas dos cimentos obturadores, bem como os diferentes sistemas de agitação de irrigante podem influenciar a profundidade da sua penetração nos túbulos dentinários. Os resultados indicaram diferenças significativas nos diferentes terços radiculares, visto que a área de penetração foi significativamente maior no terço coronal, seguido do terço médio e, por fim, pelo terço apical. Não houve significância estatística entre o PIPSTM e a IUP, enquanto houve uma diferença significativa entre estas técnicas e a Irrigação Convencional.

Perante a literatura analisada é possível afirmar que o PIPSTM é uma alternativa na ativação endodôntica a ter em conta. No entanto, os estudos existentes são, na maioria *in vitro*, sendo que as suas conclusões apresentam as limitações inerentes a este tipo de estudo. Assim, seria importante a elaboração de mais estudos *in vivo* com períodos de controlo significativos, de maneira a que seja possível inferir mais sobre o impacto desta técnica no tratamento endodôntico.

Por fim, o investimento no aparelho de laser é oneroso a ser realizado para a prática exclusiva endodôntica, sendo que existem alternativas válidas, como apresentado, em que o investimento económico menor. Todavia, o aparelho de laser permite outras funcionalidades para a prática clínica não exploradas no presente trabalho. Assim, se o investimento for multidisciplinar, as potencialidades desta técnica devem ser exploradas.

FLUXO FOTOACÚSTICO INDUZIDO POR FOTÕES, UMA ALTERNATIVA NA ATIVAÇÃO DA IRRIGAÇÃO ENDODÔNTICA

IV. CONCLUSÃO

- A irrigação do sistema dos canais radiculares é importante para a realização de um tratamento endodôntico eficaz. Neste sentido, a terapêutica endodôntica moderna tem procurado técnicas que permitam potencializar a eficácia da irrigação.
- As técnicas de ativação dos irrigantes pretendem melhorar a penetração destes em áreas não alcançadas pelos instrumentos endodônticos, acelerando as suas ações químicas contra microrganismos, biofilmes, tecidos moles remanescentes e *smear layer*.
- Derivado ao seu efeito de cativação e efeito fotoacústico, bem como à utilização de uma energia subablativa, o PIPSTM pode ser uma alternativa na ativação da irrigação endodôntica.
- O NaOCl é eficiente na redução da carga bacteriana e a sua ativação através da utilização do PIPSTM é capaz de potencializar de forma superior, o seu efeito bactericida.
- Quando comparado com as outras técnicas o PIPSTM é uma técnica menos segura, provocando uma maior extrusão apical de irrigantes.
- Na remoção de debris e smear layer o efeito do PIPSTM é comparável aos resultados obtidos com outras técnicas.

FLUXO FOTOACÚSTICO INDUZIDO POR FOTÕES, UMA ALTERNATIVA NA ATIVAÇÃO DA IRRIGAÇÃO ENDODÔNTICA

V. BIBLIOGRAFIA

Ackay, M., Arslan, H., Durmus, M., *et al.* (2016) Dentinal tubule penetration of AH Plus, iRoot SP, MTA fillapex, and guttaflow bioseal root canal sealers after different final irrigation procedures: A confocal microscopic study. *Lasers in Surgery and Medicine*, 48(1), pp. 70-76;

Akyus Ekim, S.N.; Erdemir A. (2015). Effect of different irrigant activation protocols on push-out bond strength. *Lasers in Medical Science*. 30(8), pp. 2143-2149;

Arslan, D. e Kustarci, A. (2017). Efficacy of photon-initiated photoacoustic streaming on apically extruded debris with different preparation systems in curved canals. *International Endodontic Journal*, doi10.1111(iej.12816), pp.1-8;

Arslan, H., Akcay, M., Ertas, H., *et al.* (2015). Effect of PIPS technique at different power settings on irrigating solution extrusion. *Lasers in Medical Science*, 30(6), pp. 1641-1645;

Arslan, H.; Capar, I. D.; Saygili, G., *et al.* (2014). Effect of photon-initiated photoacoustic streaming on removal of apically placed dentinal debris. *International Endodontic Journal*, 47(11), pp. 1072-1077;

Azim, A. A., Aksel, H., Jefferson, M. M., *et al.* (2017). Comparison of sodium hypochlorite extrusion by five irrigation systems using an artificial root socket model and a quantitative chemical method. *Clinical Oral Investigations*, 22(2), pp.1055-1061;

Azim, A. A. Aksel, H., Zhuang, T., *et al.* (2016). Efficacy of 4 Irrigation Protocols in Killing Bacteria Colonized in Dentinal Tubules Examined by a Novel Confocal Laser Scanning Microscope Analysis. *Journal of Endodontics*, 42(6), pp. 928-934;

Basrani, B. (2015). *Endodontic Irrigation: Chemical disinfection of root canal system*. Basileia ,Springer International Publishing;

Boutsoukis, C., Verhaagen, B., Versluis, M., *et al.* (2015). Evaluation of irrigant flow in the root canal using different needle types by an unsteady computational fluid dynamics model. *Journal of Endodontics*, 36(5), pp. 875-879;

Cheng, X., Xiang, D., He, W., *et al.* (2017). Bactericidal Effect of Er:YAG Laser-Activated Sodium Hypochlorite Irrigation Against Biofilms of *Enterococcus faecalis* Isolate from Canal of Root-Filled Teeth with Periapical Lesions. *Photomedicine and Laser Surgery*, 35(7), pp. 386-392);

Cohen, S., Hargreaves, K. (2011). *Caminhos da polpa*. 10.º edição. Rio de Janeiro, Elsevier;

De Moor, R. J., Blanken, J., Meire, M, *et al.* (2009). Laser induced explosive vapor and cavitation resulting in effective irrigation of the root canal. Part 2: evaluation of the efficacy. *Lasers Surg Med*, 41(7), pp. 520-523;

Divito, E., Peters, O. A., Olivi, G. (2012). Effectiveness of the erbium: YAG laser and new design radial and stripped tips in removing the smear layer after root canal instrumentation. *Lasers in Medical Science*, 27(2), pp. 273-280;

Gregorčič, P., Jezeršek, M., Možina, J. (2012). Optodynamic energy-conversion efficiency during an Er:YAG-laser-pulse delivery into a liquid through different fiber-tip geometries. *Journal of Biomedical Optics*, 17(7), pp. 1-9;

Gu, L. S., Kim, J. R., Ling, J., *et al.* (2009) Review of contemporary irrigant agitation techniques and devices. *Journal of Endodontics*, 35(6), pp.791-804;

Hmud, R., Kahler, W. A., George, R., *et al.* (2009). Cavitation Effects in Aqueous Endodontic Irrigants Generated by Near-infrared Lasers. *Journal of Endodontics*, 36(2), pp. 275-278;

FLUXO FOTOACÚSTICO INDUZIDO POR FOTÕES, UMA ALTERNATIVA NA ATIVAÇÃO DA IRRIGAÇÃO ENDODÔNTICA

- Lea, S., Walmsley, A., Lumley, P. (2010). Analyzing Endosonic Root Canal File Oscillations: An In Vitro Evaluation. *Journal of Endodontics*, 36(5), pp. 880-883;
- Lloyd, A.; Uhles, J.P.; Clement, D.J., *et al.* (2014). Elimination of intracanal tissue and debris through a novel laser-activated system assessed using high-resolution micro-computed tomography: A pilot study. *Journal of Endodontics*, 40(4), pp. 584-587;
- Miletić, I.; Chieffi, N.; Rengo, C., *et al.* (2016). Effect of photon induced photoacoustic streaming (PIPS) on bond strength to dentine of two root canal filling materials. *Lasers in Surgery and Medicine*, 48(10), pp. 951-954;
- Nair, U., Natera, M., Kosco, K., *et al.* (2009) Comparative Evaluation of Three Different Irrigation Activation on Debris Removal from Root Canal Systems. *The Internet Journal of Dental Science*, 9(2), pp. 1-6;
- Nasher, R.; Franzen, R.; Gutknecht, N. (2016). The effectiveness of the Erbium:Yttrium aluminum garnet PIPS technique in comparison to different chemical solutions in removing the endodontic smear layer—an in vitro profilometric study. *Lasers in Medical Science*, 31(9), pp. 1871-1882;
- Ordinola-Zapata, R., Bramante, C. M., Aprecio, R. M., *et al.* (2014). Biofilm removal by 6% sodium hypochlorite activated by different irrigation techniques. *International Endodontic Journal*, 47(7), pp.659-666;
- Olivi, G., De Moor, R. J., Divito, E. (2016). *Lasers in Endodontics- Scientific Background and Clinical Applications*. Nova York. Springer;
- Olivi, G., Divito, E. (2012). REVIEW Photoacoustic Endodontics using PIPSTM: experimental background and clinical protocol. *Journal of the Laser and Health Academy Article: J. LAHA*, 2012(20121), pp. 22-25;
- Olivi, G., DiVito, E., Peters, O., *et al.* (2014). Disinfection efficacy of photon-induced photoacoustic streaming on root canals infected with *Enterococcus faecalis*: An ex vivo study. *Journal of the American Dental Association*, 145(8), pp.843-848;
- Ozsés Ozkaya, B., Gulsahi, K., Ungor, M., *et al.* (2017). A Comparison of Er:YAG Laser with Photon-Initiated Photoacoustic Streaming, Nd:YAG Laser, and Conventional Irrigation on the Eradication of Root Dentine Tubule Infection by *Enterococcus faecalis* Biofilms: A Scanning Electron Microscopy Study. *Scanning*, 2017(6215482), pp.1-7;
- Pasricha, S., Makkar, S., Gupta, P. (2015). Pressure alteration techniques in endodontics. *Journal of Clinical and Diagnostic Research*, 9(3), pp. 1-6;
- Pedullà, E., Genovese, C., Campagna, E., *et al.* (2012). Decontamination efficacy of photon-initiated photoacoustic streaming (PIPS) of irrigants using low-energy laser settings: An ex vivo study. *International Endodontic Journal*, 45(9), pp. 865-870;
- Peters, O. A., Bardsley, S., Fong, J., *et al.* (2011). Disinfection of root canals with photon-initiated photoacoustic streaming. *Journal of Endodontics*, 37(7), pp. 1008-1012;
- Ramamoorthi, S., Nivedhitha, M., Divyanand, M. (2015). Comparative evaluation of postoperative pain after using endodontic needle and EndoActivator during root canal irrigation: A randomised controlled trial. *Australian Endodontic Journal*, 41(2), pp. 78- 87;
- Siu, C., Baumgartner, C. (2010). Comparison of the Debridement Efficacy of the EndoVac Irrigation System and Conventional Needle Root Canal Irrigation In Vivo. *Journal of Endodontics*, 36(11), pp. 1782-1785;
- Trope, M., Debelian, G. (2015). Cleaning the third dimension. *Endodontic Practice US*, 8(6), pp. 22-24;
- Tuncer, A., Ünal, B. (2014). Comparison of Sealer Penetration Using the EndoVac Irrigation System and Conventional Needle Root Canal Irrigation. *Journal of Endodontics*, 40(5), pp. 613-617;

FLUXO FOTOACÚSTICO INDUZIDO POR FOTÕES, UMA ALTERNATIVA NA ACTIVACÃO DA IRRIGAÇÃO ENDODÔNTICA

Turkel, E.; Onay, E.O.; Ungor, M. (2017). Comparison of Three Final Irrigation Activation Techniques: Effects on Canal Cleanness, Smear Layer Removal, and Dentinal Tubule Penetration of Two Root Canal Sealers. *Photomedicine and Laser Surgery*, XX(XX), pp. 1-10;

Van der Sluis, L. W. M., Versluis, M., Wu, M. K., *et al* (2007). Passive ultrasonic irrigation of the root canal: a review of the literature. *International Endodontic Journal*, 40(6), pp. 415-426;

Walsh, L.J., George, R. (2017). Activation of alkaline irrigation fluids in endodontics. *Materials*, 10(10), pp.1-10;

Yao, K., Satake, K., Watanabe, S., *et al*. (2017). Effect of Laser Energy and Tip Insertion Depth on the Pressure Generated Outside the Apical Foramen During Er:YAG Laser-Activated Root Canal Irrigation. *Photomedicine and Laser Surgery*, 35(12), pp.682-687;

Yost, R. A., Bergeron, B. E., Kirkpatrick, T. C., *et al*. (2015). Evaluation of 4 Different Irrigating Systems for Apical Extrusion of Sodium Hypochlorite. *Journal of Endodontics*, 41(9), pp.1530-1534;