

## **Eficácia da irrigação ultrassônica passiva no tratamento endodôntico**

**Effectiveness of passive ultrasonic irrigation in endodontic treatment**

**Efectividad de la irrigación ultrasónica pasiva en el tratamiento de endodoncia**

Recebido: 16/10/2021 | Revisado: 24/10/2021 | Aceito: 25/10/2021 | Publicado: 29/10/2021

### **Maria de Lurdes Dorigon Bantle**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4495-1196>  
Universidade Estadual do Norte do Paraná, Brasil  
E-mail: [mdorigonbantle@gmail.com](mailto:mdorigonbantle@gmail.com)

### **Cesar Augusto Perini Rosas**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2234-5531>  
Universidade Estadual do Norte do Paraná, Brasil  
E-mail: [cesarperini66@hotmail.com](mailto:cesarperini66@hotmail.com)

### **Ana Grasiela da Silva Limoeiro**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4633-720X>  
Faculdade de Ilhéus, Brasil  
E-mail: [grasielalimoeiro@gmail.com](mailto:grasielalimoeiro@gmail.com)

### **Rina Andrea Pelegrine**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4175-2121>  
Faculdade São Leopoldo Mandic, Brasil  
E-mail: [rinapelegrine@terra.com.br](mailto:rinapelegrine@terra.com.br)

### **Carlos Eduardo Fontana**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2868-6839>  
Pontifícia Universidade Católica de Campinas, Brasil  
E-mail: [ceffontana@hotmail.com](mailto:ceffontana@hotmail.com)

### **Emílio Henrique Rocha Gonçalves Ferreira**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6858-0772>  
Faculdade São Leopoldo Mandic, Brasil  
E-mail: [emiliohenriquerocha@gmail.com](mailto:emiliohenriquerocha@gmail.com)

### **Rodrigo Zuccolotto Ferraz Caselli**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6089-6502>  
Faculdade São Leopoldo Mandic, Brasil  
E-mail: [rodrigocaselli@hotmail.com](mailto:rodrigocaselli@hotmail.com)

### **Carlos Eduardo da Silveira Bueno**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2675-0884>  
Faculdade São Leopoldo Mandic, Brasil  
E-mail: [carlosesbueno@terra.com.br](mailto:carlosesbueno@terra.com.br)

### **Járcio Victorino Baldi**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4893-8279>  
Universidade Estadual do Norte do Paraná, Brasil  
E-mail: [jarcio.baldi@uenp.edu.br](mailto:jarcio.baldi@uenp.edu.br)

### **Resumo**

O tratamento do Sistema de Canais Radiculares (SCR) necessita de técnicas mecânicas e químicas para modelar, limpar e obturar a cavidade pulpar. Existem técnicas de irrigação que potencializam a ação das substâncias irrigadoras, assim como permitem um maior alcance à substâncias indesejadas presentes no complexo sistema de canais radiculares, que não são alcançados mecanicamente durante a biomecânica do tratamento endodôntico, melhorando a limpeza e desinfecção da cavidade pulpar na terapia endodôntica, reduzindo a carga bacteriana. O Objetivo do presente estudo foi estudar o método de Irrigação Ultrassônica Passiva (PUI) como técnica para agitar soluções irrigantes em canais radiculares, suas vantagens e limitações em relação aos procedimentos convencionais de irrigação. Para execução desse trabalho foi realizada uma pesquisa nas bases de dados BVS, SCIELO, PUBMED dos últimos 16 anos sendo considerados 54 artigos relevantes dos quais foram selecionados 15 artigos. Conclui-se que a técnica do ultrassom é muito utilizada, por potencializar e direcionar a solução irrigante por toda a extensão do sistema de canais radiculares e suas reentrâncias, porém, sua ação pode ser limitada na porção apical da raiz, devido à morfologia que o canal radicular apresenta.

**Palavras-chave:** Endodontia; Ativação ultrassônica; Irrigantes do canal radicular.

### **Abstract**

Treatment of the root canal system (SCR) requires mechanical and chemical techniques to shape, clean and fill the pulp cavity. There are irrigation techniques that enhance the action of irrigants and allow greater access to undesirable substances in the complex system of root canals that are not reached mechanically during the

biomechanics of endodontic treatment, thus improving the cleaning and disinfection of the pulp cavity during endodontic therapy and reducing the bacterial load. The aim of the present study was to investigate the method of passive ultrasonic irrigation (PUI) as a technique for circulating irrigation solutions in root canals, its advantages and limitations compared to conventional irrigation methods. To perform this work, a search was conducted in the BVS, SCIELO, PUBMED databases for the last 16 years. 54 relevant articles were considered, from which 15 articles were selected. It is concluded that the ultrasonic technique is widely used because it enhances and directs the irrigation solution along the entire length of the root canal system and its recesses, but its effect may be limited in the apical part of the root due to the morphology of the root canal.

**Keywords:** Endodontics; Ultrasonic activation; Root canal irrigants.

### Resumen

El tratamiento del sistema de conductos radiculares (SCR) requiere técnicas mecánicas y químicas para dar forma, limpiar y llenar la cavidad pulpar. Existen técnicas de riego que potencian la acción de las sustancias irrigantes, así como permiten un mayor alcance a las sustancias no deseadas presentes en el complejo sistema de conductos radiculares, las cuales no son alcanzadas mecánicamente durante la biomecánica del tratamiento endodóntico, mejorando la limpieza y desinfección del cavidad pulpar en la terapia endodóntica, reduciendo la carga bacteriana. El objetivo del presente estudio fue estudiar el método de Riego Ultrasonico Pasivo (PUI) como técnica para agitar soluciones de riego en conductos radiculares, sus ventajas y limitaciones en relación a los procedimientos de riego convencionales. Para la realización de este trabajo se realizó una búsqueda en las bases de datos BVS, SCIELO, PUBMED de los últimos 16 años, se consideraron 54 artículos relevantes, de los cuales se seleccionaron 15 artículos. Se concluye que la técnica de ultrasonido es muy utilizada, ya que realiza y dirige la solución irrigante a lo largo de todo el sistema de conductos radiculares y sus cavidades, sin embargo, su acción puede verse limitada en la porción apical de la raíz, debido a la morfología del conducto radicular.

**Palabras clave:** Endodoncia; Activación ultrasónica; Irrigantes del conducto radicular.

## 1. Introdução

A endodontia é a especialidade da odontologia, que consiste no tratamento da cavidade pulpar utilizando técnicas mecânicas e químicas para modelar, limpar e obturar o sistema de canais radiculares. A ação mecânica, dos instrumentos endodônticos, associado às propriedades físico-químicas das substâncias irrigantes são essenciais para o sucesso desse tratamento. Na história da endodontia diversos estudos foram necessários para um aprimoramento contínuo das técnicas de tratamento endodôntico, bem como a modernização dos instrumentos utilizados (Iandolo et al., 2019).

Um passo crucial para um maior índice de sucesso dentro dessa terapêutica, é a remoção dos remanescentes do tecido pulpar, produtos de decomposição, dentina infectada e a camada de “smear layer”, que é produzida pela instrumentação do canal radicular, sendo que esta camada se forma independentemente da técnica utilizada durante o preparo biomecânico, sendo composta por material orgânico e inorgânico, podendo conter bactérias e seus resíduos. Essa camada fica aderida às paredes do canal radicular, diminuindo as taxas de sucesso do tratamento (Violich & Chandler, 2010; Bem, 2016).

Estudos demonstram que durante a fase de instrumentação aproximadamente 10 a 50% da superfície dos canais radiculares, que deveriam ser limpas, permanecem intocadas devido à complexidade do Sistema de Canais Radiculares (Soligo, 2018). A presença de istmos e anastomoses dificultam essa limpeza, uma vez que a presença da “smear layer” pode impedir a penetração e ação das soluções irrigantes e de medicação intracanal no interior dos túbulos dentinários dificultando a descontaminação do SCR, assim como influenciar a adaptação dos materiais obturadores às paredes do canal radicular (Violich & Chandler, 2010; Kucher et al., 2019; Mozo et al., 2012).

A redução da carga microbiana durante a biomecânica no canal radicular, é diretamente influenciada pelo método de liberação e ativação do irrigante (Nagendrababu et al., 2018; Bueno et al., 2019). A técnica pela qual a solução irrigadora chega até o canal radicular pode ser por agitação manual ou mecânica. A agitação manual consiste na irrigação convencional com seringas e cânulas, dispensando a solução manualmente dentro do canal radicular, o que gera uma pressão positiva e consequente efeito hidrodinâmico para a limpeza do sistema de canais radiculares (Mozo et al., 2012; Neuhaus et al., 2016). Apesar de terem custo menor, a complexidade anatômica do sistema de canais radiculares pode dificultar a profundidade da

penetração da cânula, interferindo diretamente na eficiência da irrigação. Devido a essa dificuldade, a pressão positiva deve ser feita de forma adequada para que o irrigante atinja o comprimento de trabalho e, nos casos de excesso de pressão pode provocar danos teciduais, dor e edema pelo extravasamento apical do agente irrigante (Íriboz et al., 2015).

Outra dificuldade da irrigação manual é o pequeno diâmetro do canal radicular, principalmente na sua porção apical, o que pode comprometer a eficiência da sua limpeza, quando comparada com o terço cervical e médio onde a solução irrigante tem um acesso facilitado devido ao seu maior diâmetro (Tanomaru-Filho et al., 2015). Diante dessa realidade surgiram técnicas de agitação mecânica, um método de irrigação assistida por aparelhos, aprimorando o sistema de irrigação. Esse método mecânico compreende as técnicas de pressão negativa, escovas rotativas, agitação sônica, irrigação ultrassônica passiva ou irrigação ultrassônica contínua durante a instrumentação mecanizada (Basrani, 2015).

A irrigação ultrassônica passiva (PUI) é amplamente utilizada na prática clínica. Estudos apontam diversas razões pelas quais há uma maior eficácia na remoção da camada de “smear layer” quando comparados a técnica ultrassônica e a manual. Segundo estudo de Ahmetoglu et al. (2014) a técnica de irrigação manual convencional, apesar de ser amplamente difundida mundialmente e ser o procedimento padrão durante a biomecânica dos canais radiculares, não é eficaz em istmos, extensões ovais dos canais radiculares assim como no terço apical. A Irrigação Ultrassônica Passiva apresenta uma maior e melhor eficácia do efeito hidrodinâmico, um melhor movimento do fluido no interior do canal radicular.

Portanto, a complexidade do SCR requer sempre a melhor técnica de irrigação possível, visando a redução da contaminação bacteriana no canal radicular, que é obtida pela ação química das soluções irrigadoras em contato com os microorganismos presentes no interior do canal radicular e potencializada pelo uso do ultrassom durante a terapia endodôntica (Iandolo et al., 2019; Soligo et al., 2018).

Para tanto o objetivo do presente estudo propõe uma revisão da Irrigação Ultrassônica Passiva como técnica para ativar soluções irrigantes em canal radicular, suas vantagens e limitações em relação aos procedimentos convencionais de irrigação.

## 2. Metodologia

O presente estudo tem caráter longitudinal-observacional de cunho retrospectivo, abordagem metodológica adotada para que haja uma melhor compreensão da problemática a ser investigada.

### Base de dados

A pesquisa foi realizada com a busca e seleção de artigos definindo-se como bases de dados bibliográficos para o embasamento teórico do presente estudo: PubMed, Scielo e BVS- Bireme. Ao finalizar as pesquisas em cada base, as referências duplicadas foram excluídas.

### Período do estudo

Trata-se de um estudo realizado no período de 18 de novembro de 2019 a 25 de fevereiro de 2021 e, após a coleta dos artigos, foi realizada a elaboração de tabelas com dados da análise dos mesmos, no programa Excel, para padronização e registro da pesquisa bibliográfica.

### Critérios de inclusão e exclusão

Foram incluídos artigos originais indexados, de Periódicos Científicos de Odontologia com delineamento experimental ou observacional cujo título e resumo estava relacionado às palavras chaves dos descritores em saúde “Endodontics”, “Ultrasonic activation”, “Root canal irrigants” “Dental pulp cavity”, “Ultrasonic therapy” no período compreendido entre primeiro de janeiro de 2005 a 25 de fevereiro de 2021. Foram excluídos os artigos cujo tema não estava relacionado aos objetivos do estudo, bem como aqueles que abordavam o uso do ultrassom para outras finalidades.

### Coleta de dados

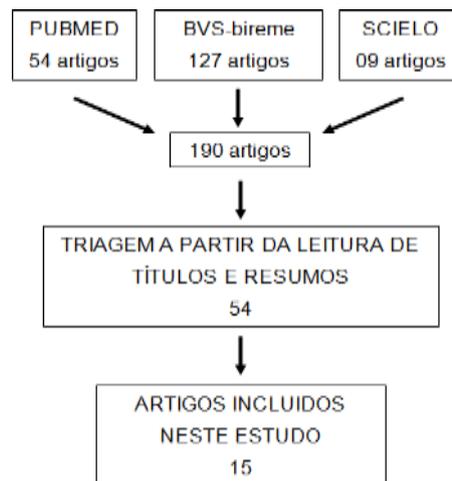
Utilizaram-se os termos de acordo com Descritores em Ciência da Saúde “Endodontics”, “Ultrasonic activation”, “Root canal irrigants” “Dental pulp cavity”, “Ultrasonic therapy” para a busca de publicações e os filtros estabelecidos foram: publicações de 2014-2021; artigos em inglês, português e espanhol; com texto completo disponível.

O resultado inicial da busca totalizou 190 artigos (127 artigos na base BVS bireme, 09 da base Scielo e 54 artigos na base PubMed), os quais passaram por um processo de avaliação na leitura dos títulos e resumos de todos os artigos selecionando-se os que apresentassem um objetivo semelhante a esse trabalho ou definições e dados relevantes sobre uso do ultrassom no tratamento endodôntico. Ao final dessa etapa de seleção, obteve-se 28 artigos da base BVS Bireme, 09 da base Scielo e 17 artigos da base PubMed.

### Processo de seleção e análise dos artigos

A Figura 1 mostra o processo de seleção em suas diferentes etapas com o respectivo número de artigos. Para a organização dos pontos principais de cada artigo selecionado para a revisão, foi elaborada uma tabela de análise de artigos no programa Microsoft Excel para a revisão de literatura e uniformização da busca pelas seguintes características de cada artigo: revista, qualis, título, ano de publicação, autores, objetivo, método e resultados.

**Figura 1** - Busca de dados e seleção dos artigos.



Fonte: Autores.

Todos os trabalhos foram lidos e avaliados de acordo com a metodologia e abordagem sendo usado para elaboração do trabalho apenas aqueles que se encaixaram no contexto desejado e de acordo com os objetivos presentes. Após o período de coleta e tabulação dos dados, ocorreu o processo analítico que permitiu a extração de conclusões dos resultados obtidos em cada artigo publicado e analisado.

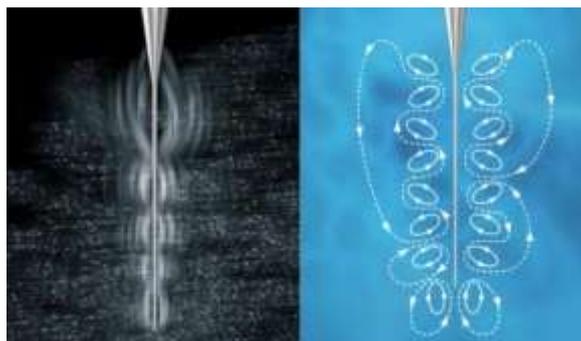
A descrição dos resultados foi baseada na análise dos 15 artigos selecionados sendo que os mesmos foram apresentados sob forma de texto, a fim de responder os questionamentos realizados nos objetivos do trabalho.

### 3. Resultados e Discussão

A utilização do ultrassom em endodontia se faz por meio de pontas metálicas delgadas acopladas ao aparelho de ultrassom que são introduzidas no interior do canal radicular causando a movimentação da solução irrigante contida no seu

interior, figura 2. Essa movimentação é causada pelas ondas ultrassônicas que promovem o chamado “efeito cavitação” definido pela formação de bolhas de vapor contendo quantidades variáveis de gás ou vapor em um líquido. O colapso dessas bolhas, liberam energia capaz de romper as ligações moleculares, provocando uma alteração estrutural e/ou funcional em células biológicas, causando o rompimento do biofilme bacteriano e consequentemente melhorando a assepsia dos canais radiculares (Mozo et al., 2012; Gu et al., 2009). A morfologia, estrutura e capacidade do instrumental em suportar as tensões, ditam o modo de vibração e amplitude dos instrumentos ultrassônicos (Silva, 2013).

**Figura 2** - Efeito causado pelo ultrassom na solução irrigadora.



Fonte: <https://helseultrasonic.com>.

O conceito de “odontologia minimamente invasiva” trouxe pela primeira vez o uso do ultrassom à odontologia, com objetivo de preparar as cavidades de cárie, no entanto, seu uso não se popularizou até a década de cinquenta, onde passou a ser utilizado para outros fins, auxiliando na limpeza de instrumentais remoção de cálculo dentário e placa bacteriana da superfície dos dentes (Violich & Chandler 2010; Mozo et al., 2012).

Na área da endodontia, foi utilizado pela primeira vez como técnica de instrumentação ultrassônica, por Richman em 1957, que obteve bons resultados. Weller & Miksis (1980) descreveram pela primeira vez a irrigação sem instrumentação simultânea denominada Irrigação Passiva Ultrassônica conhecida pela sigla PUI. Esse método de irrigação produz uma transmissão de energia acústica ativando a solução irrigante utilizada, favorecendo sua ação na região mais apical do canal radicular (CR) (Van Der Sluis et al., 2007; Mozo et al., 2012; Ahmetoglu et al., 2014).

Comparada com a técnica convencional manual, a irrigação auxiliada pelo ultrassom apresenta uma capacidade maior de circulação em volume da solução no interior do SCR, o que reflete num aumento na capacidade de limpeza. Esse sistema produz uma micro corrente, permitindo que a solução irrigante atinja uma maior região do SCR, assim como regiões inatingidas pela irrigação manual, de uma forma contínua direcionada e impulsionada, potencializando a remoção da camada de “smear layer” (Vinhorte et al., 2014).

O uso do ultrassom pode ocorrer em dois momentos da terapia endodôntica: de forma simultânea durante a o preparo biomecânico ou após a conclusão da mesma. O momento de uso depende da escolha de cada cirurgião dentista, mas segundo Gu et al. (2009), entre os endodontistas a ativação ultrassônica após o término da instrumentação é a mais utilizada. Após uma revisão de literatura, Mozo et al. (2012) concluíram que o uso do PUI é mais aconselhado e efetivo após finalização da instrumentação.

Entre as soluções irrigantes utilizadas, o hipoclorito de sódio apresenta uma eficácia desejada relevante comparada a outros irrigantes, tendo uma reação potencializada pela aplicação da técnica de irrigação ultrassônica passiva, aumentando sua eficácia. Um dos resultados secundários da ativação por ultrassom é o aumento da temperatura intracanal, devido a uma parte da energia mecânica ser transformada em energia térmica. Ao associarmos o irrigante hipoclorito de sódio a esse aquecimento

temos como resultado a liberação mais rápida de cloro, aumentando a chance de sucesso na limpeza do canal e na efetividade do tratamento (Neuhaus et al., 2016).

Vários estudos investigaram a eficácia da irrigação manual com seringas em canais estreitos, e descobriram que a tensão de cisalhamento é afetada pela falta de difusão do irrigante devido a baixa pressão apical gerada por esse sistema, e pela distância da ponta da cânula ao ápice do CR. Essa profundidade da cânula é influenciada pela anatomia radicular, sendo a conicidade e a presença de curvatura os principais desafios para o uso dessa técnica convencional (Mozo et al., 2012; Graça, 2014). Na técnica convencional a profundidade da irrigação da solução irrigante atinge apenas 1 mm além da extremidade da ponta da cânula de irrigação quando no interior do canal (Yuanyuan et al., 2015).

Na literatura foi demonstrado que o efeito de cavitação é dependente, principalmente do contato ou não da ponta de ultrassom com as paredes do CR, dependendo também do tamanho e desenho da ponta assim como da complexidade anatômica do canal radicular a ser tratado. Um melhor desempenho na remoção de detritos ocorre na porção reta do canal, onde não há contato da ponta com as paredes do CR. Na porção além da curvatura do CR, o efeito cavitação do PUI para limpeza, fica restrito por ser uma região de curvatura (Graça, 2014; Neuhaus et al., 2016). Nesses casos a ponta de ultrassom pode acabar tocando a parede do CR, reduzindo a frequência de vibração e afetando negativamente o efeito de limpeza, podendo ser necessário pré curvar a ponta do instrumento para inseri-lo nos canais mais curvos, porém pode aumentar o risco de fratura desse instrumento (Yuanyuan et al., 2015).

O conjunto do aumento do volume interno do canal radicular com o aumento da conicidade do canal resulta numa melhora significativa na penetração da solução, ou seja, em canais com preparo de conicidade maiores o efeito de cavitação produzido pela PUI é maior, conseqüentemente, possui um potencial de limpeza melhor (Graça, 2014; Boutsioukis et al., 2007; Bem, 2016).

Mesmo que as formas dos insertos usualmente utilizados tenham um design sem corte, eles são feitos de um material com maior resistência que a dentina, ou seja, são mais duros que a parede do canal radicular, podendo gerar uma deformação na sua morfologia durante o contato da ponta ultrassônica com suas paredes (Neuhaus et al., 2016). Além disso, a energia de agitação da solução diminui devido ao amortecimento da ponta ultrassônica durante esse contato, restringindo o movimento do fluido no interior do canal radicular (Bem, 2016).

Um estudo realizado por Bueno et al. (2019) onde o autor utiliza o protocolo de irrigação preconizado por Van der Sluis em 2010, onde a PUI, é realizada utilizando a renovação intermitente da solução irrigante em três ciclos de 20 segundos, sendo mais eficaz, quando comparado à técnica de irrigação convencional.

O método intermitente é o mais indicado e favorável, pois o uso do ultrassom provoca uma produção de calor no interior do canal sendo ideais os intervalos de ativação como uma forma de evitar o sobreaquecimento, limitando a propagação do calor que é indesejável ao ligamento periodontal.

Sabe-se que a instrumentação intracanal promove a formação de “smear layer” sendo que sua remoção é dada pelo uso de agentes quelantes ou desmineralizadores, como o ácido etilenodiamino tetra-acético (EDTA) (Violich & Chandler, 2010; Mozo et al., 2012; Graça, 2014)

Ao se comparar a técnica ultrassônica de irrigação e EDTA para a remoção da "smear layer", não foi observada diferença estatisticamente significativa, já a associação EDTA/PUI teve resultado significativamente melhor na remoção de detritos no terço cervical quando comparado ao uso do EDTA isoladamente (Castagna et al., 2013).

A importância da remoção da camada de “smear layer” vem sendo estudada por décadas, por meio da utilização de soluções após preparo biomecânico do canal radicular. A presença dessa camada interfere na ação dos medicamentos intracanaís, na obturação final e também nos casos de instalação de pinos de fibra de vidro (Violich & Chandler, 2010; Mozo, et al., 2012; Bem, 2016).

## 4. Conclusão

A técnica do ultrassom é muito utilizada, por potencializar e direcionar a solução irrigante por toda a extensão do sistema de canais radiculares e suas reentrâncias, porém, sua ação pode ser limitada na porção apical devido à morfologia que o canal radicular apresenta nessa região, com um diâmetro bastante constricto impedindo a penetração e vibração da ponta ultrassônica. Pontuando algumas vantagens do uso do ultrassom durante a irrigação, podemos dizer que seu potencial de ação atinge cerca de 3 milímetros além da ponta do inserto ultrassônico proporcionando um aumento do potencial de limpeza e ação no interior do canal radicular. O efeito de cavitação gerado pela microvibração das pontas ultrassônicas durante a irrigação favorece a eliminação de bactérias e da “smear layer”, porém, esse efeito pode sofrer limitações conforme a curvatura e diâmetro interno do canal radicular. Devido à complexidade do tema, mais pesquisas devem ser realizadas.

## Referências

- Ahmetoglu, F., Keles, A., Yalcin, M., & Simsek, N. (2014). Effectiveness of different irrigation systems on smear layer removal: A scanning electron microscopic study. *European journal of dentistry*, 8(1), 53–57.
- Basrani, B. (2015). *Endodontic irrigation: Chemical disinfection of the root canal system*. Springer.
- Bem, S. H. C. (2016). Avaliação dos efeitos da irrigação ultrassônica passiva, por meio de microtomografia computadorizada, microscopia óptica e microscopia eletrônica de varredura. Tese de Doutorado. USP.
- Boutsioukis, C., Lambrianidis, T., Kastrinakis, E., & Bekiaroglou, P. (2007). Measurement of pressure and flow rates during irrigation of a root canal ex vivo with three endodontic needles. *International endodontic journal*, 40(7), 504–513.
- Bueno, C. R. E., Cury, M. T. S., Vasques, A. M. V., Sarmiento, J. L., Trizzi, J. Q., Jacinto, R. C., Araujo, G. S., & Dezan Junior, E. (2019). Cleaning effectiveness of a nickel-titanium ultrasonic tip in ultrasonically activated irrigation: a SEM study. *Brazilian oral research*, 33.
- Castagna, F., Rizzon, P., da Rosa, R. A., Santini, M. F., Barreto, M. S., Duarte, M. A., & Só, M. V. (2013). Effect of passive ultrasonic instrumentation as a final irrigation protocol on debris and smear layer removal—a SEM analysis. *Microscopy research and technique*, 76(5), 496–502.
- Graça, B. P. (2014). O Hipoclorito de sódio em Endodontia. Tese de Doutorado. Universidade Fernando Pessoa.
- Gu, X. H., Mao, C. Y., & Kern, M. (2009). Effect of different irrigation on smear layer removal after post space preparation. *Journal of endodontics*, 35(4), 583-586.
- Iandolo, A., Dagna, A., Poggio, C., Capar, I., Amato, A., & Abdellatif, D. (2019). Evaluation of the actual chlorine concentration and the required time for pulp dissolution using different sodium hypochlorite irrigating solutions. *Journal of conservative dentistry: JCD*, 22(2), 108.
- İriboz, E., Bayraktar, K., Türkaydın, D., & Tarçın, B. (2015). Comparison of apical extrusion of sodium hypochlorite using 4 different root canal irrigation techniques. *Journal of endodontics*, 41(3), 380-384.
- Keller, J. B., & Miksis, M. (1980). Bubble oscillations of large amplitude. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 68(2), 628-633.
- Kucher, M., Dannemann, M., Modler, N., Hannig, C., & Weber, M. T. (2019). Effects of Endodontic Irrigants on Material and Surface Properties of Biocompatible Thermoplastics. *Dentistry journal*, 7(1), 26.
- Mozo, S., Llana, C., & Forner, L. (2012). Review of ultrasonic irrigation in endodontics: increasing action of irrigating solutions. *Medicina oral, patologia oral y cirugía bucal*, 17(3), e512.
- Nagendrababu, V., Jayaraman, J., Suresh, A., Kalyanasundaram, S., & Neelakantan, P. (2018). Effectiveness of ultrasonically activated irrigation on root canal disinfection: a systematic review of in vitro studies. *Clinical oral investigations*, 22(2), 655-670.
- Neuhaus, K. W., Liebi, M., Stauffacher, S., Eick, S., & Lussi, A. (2016). Antibacterial efficacy of a new sonic irrigation device for root canal disinfection. *Journal of endodontics*, 42(12), 1799-1803.
- Silva, F. M. T. C. (2013). Remoção da smear layer dos canais radiculares em função das técnicas de instrumentação e irrigação endodônticas= Remoción del barrillo dentinario en los conductos radiculares en función de las técnicas de instrumentación e irrigación endodónticas. Tese de Doutorado. Universitat de València.
- Soligo L. T., Lodi, E., Farina, A. P., Souza, M. A., Vidal, C. M. P., & Cecchin, D. (2018). Antibacterial efficacy of synthetic and natural derived novel endodontic irrigant solutions. *Brazilian dental journal*, 29(5), 459-464
- Tanomaru-Filho, M., Miano, L. M., Chávez-Andrade, G. M., Torres, F. F., & Guerreiro-Tanomaru, J. M. (2015). Cleaning of Root Canal System by Different Irrigation Methods. *The journal of contemporary dental practice*, 16(11), 859-863.
- Van der Sluis, L. W. M., Versluis, M., Wu, M. K., & Wesselink, P. R. (2007). Passive ultrasonic irrigation of the root canal: a review of the literature. *International endodontic journal*, 40(6), 415-426.

Van Der Sluis, L. W. M., Vogels, M. P. J. M., Verhaagen, B., Macedo, R., & Wesselink, P. R. (2010). Study on the influence of refreshment/activation cycles and irrigants on mechanical cleaning efficiency during ultrasonic activation of the irrigant. *Journal of endodontics*, 36(4), 737-740.

Vinhorte, M. C., Suzuki, E. H., de Carvalho, M. S., Marques, A. A. F., Júnior, E. C. S., & Garcia, L. D. F. R. (2014). Effect of passive ultrasonic agitation during final irrigation on cleaning capacity of hybrid instrumentation. *Restorative dentistry & endodontics*, 39(2), 104-108.

Violich, D. R., & Chandler, N. P. (2010). The smear layer in endodontics—a review. *International endodontic journal*, 43(1), 2-15.

Yuanyuan, C., Wenhui, Z., Bin, G., Xiaolong, G., Shilu, H., Hu, L., & Yan, L. (2015). Cleaning effect of ultrasonic activation as an adjunct to syringe irrigation of root canals: a systematic review. *West China Journal of Stomatology*, 33(2).