

Efetividade dos solventes endodônticos: Uma revisão integrativa de literatura

Effectiveness of endodontic solvents: An integrative literature review

Eficacia de los disolventes endodónticos: Una revisión integradora de la bibliográfica

Recebido: 10/07/2024 | Revisado: 17/07/2024 | Aceitado: 18/07/2024 | Publicado: 21/07/2024

Victor de Melo Soares

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8868-1688>
Universidade Federal de Alagoas, Brasil
E-mail: victordemelo@usp.br

Bruna Machado da Cunha Lima

ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-7352-4342>
Universidade Federal de Alagoas, Brasil
E-mail: brunamachadocl@hotmail.com

Leopoldo Cosme Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5755-1933>
Universidade Federal de Alagoas, Brasil
E-mail: leopoldocosme@gmail.com

Daniel Pinto de Oliveira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1992-9920>
Universidade Federal de Alagoas, Brasil
E-mail: dpoendo@yahoo.com.br

Resumo

O retratamento endodôntico requer a remoção do material obturador para garantir a limpeza do canal radicular, permitindo a recuperação da saúde periapical. Os solventes endodônticos são comumente utilizados para esse fim. Diante da diversidade de solventes disponíveis no mercado com diferentes propriedades e formas de utilização, este estudo teve como objetivo comparar, de acordo com sua efetividade, alguns dos solventes endodônticos mais utilizados: clorofórmio, halotano, terebentina retificada, óleo de laranja, eucaliptol, d-limoneno, xilol e tetracloretileno. Foi realizada uma busca nas bases de dados PubMed/Medline, SciELO, Cochrane Library e Google Scholar utilizando os termos “endodontic solvents” e “effectiveness”. Os estudos foram selecionados através de título de resumo, sem delimitação de filtro de idioma e/ou data de publicação. Os resultados quanto a efetividade dos solventes varia bastante na literatura, pois os estudos estão sujeitos a diferentes métodos e formas de avaliar o desempenho de diferentes compostos, tais como temperatura ambiente e do composto, forma de aplicação, tempo de ação, tempo de armazenamento dos espécimes, entre outros. O uso de óleos essenciais como eucaliptol e óleo de laranja tem crescido, visto que esses solventes apresentam boa efetividade e são citados pela literatura como alternativas mais seguras a solventes mais tóxicos, como o clorofórmio e o xilol. Diversos são os tipos de solventes, e a escolha do melhor depende do caso a ser tratado, considerando a harmonia que deve existir entre a capacidade de dissolução do componente e a segurança aos tecidos, ao paciente e ao operador durante o uso do solvente.

Palavras-chave: Solventes; Retratamento; Endodontia; Efetividade.

Abstract

Endodontic retreatment requires the removal of the filling material to ensure that the root canal is cleaned, allowing periapical health to be restored. Endodontic solvents are commonly used for this purpose. Given the diversity of solvents available on the market with different properties and forms of use, this study aimed to compare, according to their effectiveness, some of the most commonly used endodontic solvents: chloroform, halothane, rectified turpentine, orange oil, eucalyptol, d-limonene, xylene and tetrachlorethylene. A search was carried out in the PubMed/Medline, SciELO, Cochrane Library and Google Scholar databases using the terms "endodontic solvents" and "effectiveness". The studies were selected by title and abstract, with no language and/or publication date filtering. The results regarding the effectiveness of solvents vary greatly in the literature, as the studies are subject to different methods and ways of evaluating the performance of different compounds, such as ambient and compound temperature, form of application, time of action, storage time of the specimens, among others. The use of essential oils such as eucalyptol and orange oil has been growing, as these solvents have good effectiveness and are cited in the literature as safer alternatives to more toxic solvents such as chloroform and xylene. There are several types of solvent and the choice of the best one depends on the case to be treated, considering the harmony between the component's dissolving capacity and the safety of the tissues, the patient and the operator when using the solvent.

Keywords: Solvents; Retreatment; Endodontics; Effectiveness.

Resumen

Retratamiento endodóntico requiere la retirada del material de obturación para garantizar limpieza del conducto radicular y permitir restablecer la salud periapical. Para ello se suelen utilizar disolventes endodónticos. Dada la diversidad de disolventes disponibles en el mercado con diferentes propiedades y formas de uso, este estudio tenía como objetivo comparar, según su eficacia, los disolventes endodónticos más utilizados: cloroformo, halotano, aguarrás rectificado, aceite de naranja, eucaliptol, d-limoneno, xileno y tetracloroetileno. Se realizó una búsqueda en las bases de datos PubMed/Medline, SciELO, Cochrane Library y Google Scholar utilizando los términos "endodontic solvents" y "effectiveness". Estudios se seleccionaron por título y resumen, sin delimitar el filtro de idioma y/o fecha de publicación. Los resultados sobre la eficacia de los solventes varían mucho en la literatura, ya que los estudios están sujetos a diferentes métodos y formas de evaluar el desempeño de los diferentes compuestos, tales como temperatura ambiente y del compuesto, forma de aplicación, tiempo de acción, tiempo de almacenamiento de la muestra. El uso de aceites esenciales como el eucaliptol y el aceite de naranja ha ido en aumento, ya que estos disolventes tienen una buena eficacia y se citan en la literatura como alternativas más seguras a los disolventes más tóxicos como el cloroformo y el xileno. Existen varios tipos de disolvente y la elección del mejor depende del caso a tratar, teniendo en cuenta la armonía que debe existir entre la capacidad de disolución del componente y la seguridad de los tejidos, del paciente y del operador al utilizar el disolvente.

Palabras clave: Disolventes; Retratamiento; Endodoncia; Eficacia.

1. Introdução

A etapa de limpeza e a desinfecção do sistema de canais radiculares apresenta influência no sucesso do tratamento endodôntico (TE) ao envolver a completa remoção de tecido pulpar afetado e a descontaminação da região (Dutta et al. 2012). Apesar da endodontia possuir altas taxas de sucesso (Burns et al. 2020; Ng et al. 2007; Chércoles-ruiz et al. 2017), o TE é suscetível a respostas indesejadas como a reinfecção do sistema de canais radiculares, infecções extra radiculares, presença de lesões císticas, reações de corpos estranhos relacionadas com a extrusão de debris endodônticos (Çanakçi et al. 2015) e a persistência da infecção intrarradicular e extrarradicular causada por microrganismos (Siqueira et al. 2001). Diante das reações, o retratamento endodôntico (RE) é necessário (Çanakçi et al. 2015).

Por vezes intervenções cirúrgicas são necessárias para realizar o RE (Yadav et al. 2016; Uemura et al. 1997), porém quando possível, a opção conservadora deve ser a primeira escolha em razão da menor invasibilidade e do melhor prognóstico (Dotto et al. 2020) para a eliminação da infecção persistente (Chércoles-ruiz et al. 2017). As duas opções demandam a remoção do material de preenchimento para possibilitar a limpeza do canal radicular e remoção da carga bacteriana. Porém, a completa remoção dos materiais de preenchimento aderidos às paredes dos canais radiculares e aos túbulos dentinários é quase impossível (Dotto et al. 2020; Ferreira, et al. 2017; Scelza et al. 2008). Para a remoção do material obturador são utilizadas técnicas que usam instrumentos manuais, ultrassônicos ou acionados por equipamento rotatório ou por cinemática recíprocante, junto ao uso de calor ou solventes endodônticos (Hansen, 1998). A eleição da técnica envolve a avaliação da anatomia dental e dos condutos radiculares, o tipo de material obturador e a posição dentro do canal radicular (Yadav et al. 2016). Em casos que o material obturador está em regiões de curvatura acentuada, condensado e resistente à penetração do instrumento de eleição, o uso de solventes deve ser realizado (Hansen, 1998; Dotto et al. 2020), uma vez que usar técnicas puramente mecânicas oferece risco de perfuração e alteração da forma do canal (Wourms et al. 1990).

Os solventes endodônticos são substâncias auxiliares para remoção do material de preenchimento (Hansen, 1998) e são classificados em orgânicos, que dissolvem substâncias orgânicas, ou inorgânicos, que dissolvem substâncias inorgânicas (Yadav et al. 2016). Diferentes compostos estão disponíveis no mercado e são utilizados cotidianamente como solventes endodônticos, (Hansen, 1998) como o clorofórmio, xilol (Wourms et al. 1990), óleos essenciais (eucaliptol, óleo de laranja, d-limoneno e terebentina retificada) e o halotano (Barbosa et al. 1994; Uemura et al. 1997; Chutich et al. 1998; Yadav et al. 2016; Oyama et al. 2002; Sanz et al. 2022). No entanto, a aplicação destes materiais exige conhecimento técnico em razão de potencial toxicidade (Magalhães et al. 2007; Hansen, 1998), capacidade de promover extravasamento por meio do sistema de

canais e ocasionar iatrogenias como pericementite química (Yadav et al. 2016). Assim, alguns materiais podem ser contraindicados por seu alto potencial citotóxico (Chutich et al. 1998; Sanz et al. 2022).

Diferentes materiais com composições, propriedades e indicações distintas são amplamente comercializados como solventes para utilização durante o RE. A grande combinação possível entre materiais e técnicas, exigem conhecimento teórico para a escolha do material mais apropriado e seguro, no entanto, qual solvente é mais eficaz ainda não está claro totalmente claro. Desta forma, este estudo teve como objetivo comparar os diferentes solventes disponíveis no mercado e discutir suas efetividades.

2. Metodologia

Esta revisão de integrativa literatura seguiu a metodologia disposta por Pereira et al. 2018 ao analisar a efetividade dos solventes disponíveis no mercado e foi elaborada em seis etapas: 1ª etapa: elaboração da pergunta norteadora; 2ª fase: busca na literatura; 3ª fase: coleta de dados; 4ª fase: análise crítica dos estudos incluídos; 5ª fase: discussão dos resultados; 6ª: apresentação da revisão de literatura, conforme a Figura 1.

A busca por artigos sobre a efetividade de solventes endodônticos foi realizada nas seguintes plataformas de dados digitais PubMed, SciELO, Cochrane Library e Google Scholar utilizando os termos “Endodontic solvents” e “effectiveness”, conforme a apresentado na Tabela 1. Os artigos foram selecionados através do título e resumo. Foram incluídos estudos originais disponibilizados na íntegra e de forma online, publicados em todos os idiomas e publicado até o mês de abril de 2023, e foram definidos como critério de exclusão: teses, dissertações e artigos duplicados ou que título não abordasse o conteúdo proposto.

Tabela 1 - Bases de dados, MESH *terms* utilizados para busca na literatura disponível e quantidade de estudos selecionados após leitura do título e resumo.

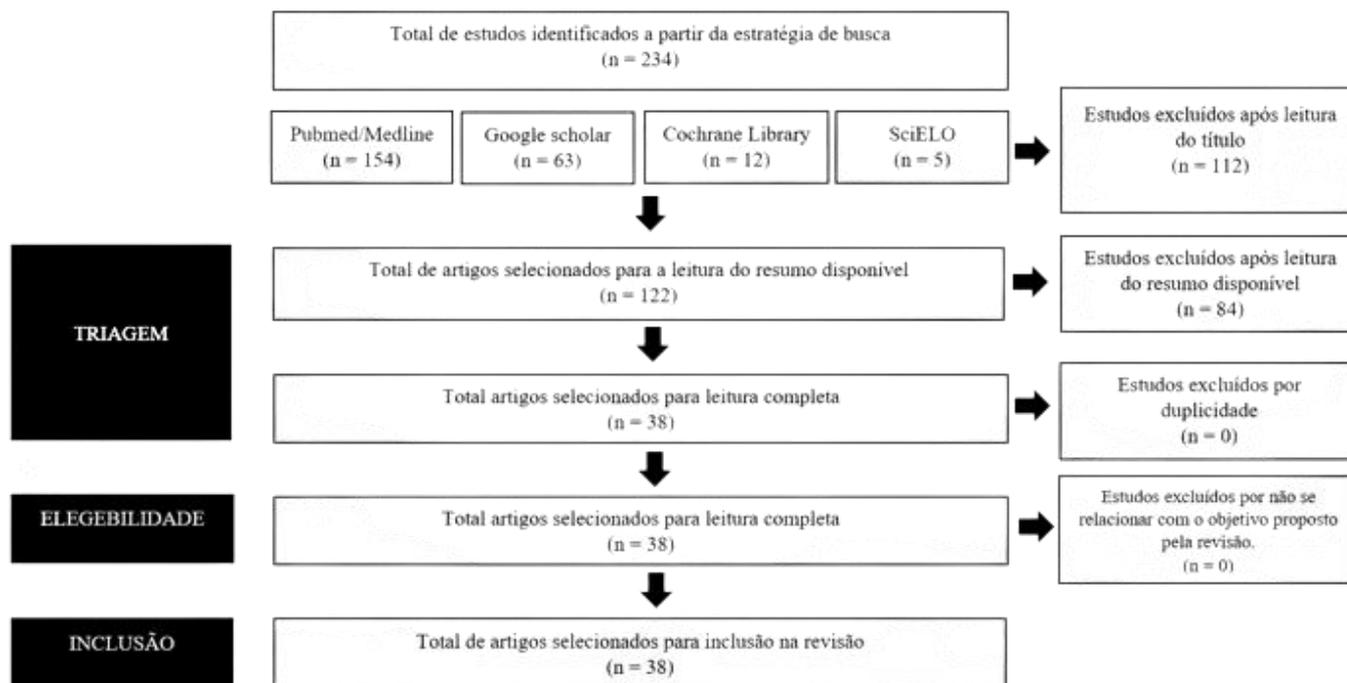
Plataforma de dados	Estratégia de busca	Número de estudos selecionados após leitura do resumo
PubMed	((endodontic) AND (solvents)) AND (effectiveness)	7
SciELO	(endodontics) AND (solvents)	3
Cochrane Library	“Endodontic in Title Abstract Keyword AND solvents in Title Abstract Keyword AND effectiveness in Title Abstract Keyword”	2
Google Scholar	All in title: endodontic AND solvents	26

Fonte: Autores.

3. Resultados e Discussão

Após a leitura do título, 112 estudo foram excluídos e 122 seguiram para a leitura do resumo disponível. Ao final, 38 artigos foram incluídos para análise qualitativa e discussão dos resultados encontrados (Figura 1). A Tabela 2 sintetiza os principais desfechos encontrados por cada um dos 38 estudos incluídos nesta revisão de literatura.

Figura 1 - Fluxograma da metodologia para elaboração da revisão de literatura.



Fonte: Autores.

Tabela 2 - Artigos incluído nesta revisão de literatura após leitura do título e resumo.

Título	Autor e data	Objetivos	Resultados
Evaluation of Gutta-percha Solvents.	Kaplowitz, Gary J. 1990	Comparar a dissolução da guta-percha em clorofórmio com a de outros solventes de menor toxicidade e menor potencial carcinogênico.	Clorofórmio e terebintina retificada foram os únicos solventes que dissolveram completamente a guta-percha.
Alternative Solvents to Chloroform for Gutta-percha Removal.	Wourms et al. 1990	Avaliar a eficácia de novos solventes ou já identificados (não carcinogênicos) na dissolução da guta-percha.	Tricloroetileno e tetracloroetileno tiveram o melhor desempenho quando comparados com o clorofórmio, porém são suspeitos de carcinogenicidade. O halotano apresentou boa capacidade de dissolução.
Cytotoxic Effects of Gutta-percha Solvents.	Barbosa et al. 1994	Avaliar a citotoxicidade do halotano e da terebintina em culturas de células L929 in vitro usando o método de liberação de cromo, e comparar os achados com a toxicidade do clorofórmio.	Após evaporação ao ar por 24h, apenas a terebintina demonstrou alta toxicidade. Nenhuma toxicidade foi observada para os outros dois materiais.
Endodontic Retreatment with Halothane Versus Chloroform Solvent.	Wilcox, Lisa R. 1995	Comparar a capacidade de remoção de guta-percha do halotano e do clorofórmio, em relação ao tempo de procedimento.	Não há diferença significativa na remoção de guta-percha entre os dois grupos. O grupo clorofórmio levou significativamente menos tempo para desobturar do que o halotano.
Using Rectified Turpentine Oil in Endodontic Retreatment.	Kaplowitz, Gary J. 1996	Descrever a técnica de utilização clínica da terebintina retificada como solvente endodôntico.	A terebintina retificada é apresentada como uma opção positiva em relação ao xilol e ao clorofórmio em razão da suave solubilização do material obturador e por não ser uma substância agressiva.
Chloroform Mode of Action: Implications for Cancer Risk Assessment.	Golden et al. 1997	Revisar informações científicas referentes a avaliação dos riscos e potencial carcinogênico do clorofórmio.	A exposição ao clorofórmio gerou tumores no fígado e rins de roedores, apenas em doses altas o suficiente para causar necrose celular e subsequente regeneração celular.
Effectiveness of Eucalyptol and d-Limonene as Gutta-Percha Solvents.	Uemura et al. 1997	Avaliar a habilidade dos solventes eucaliptol e d-limoneno na dissolução de guta-percha em ambiente clínico simulado.	Os solventes não reduziram o tempo para a lima Hedstroem atingir o ápice dentário, mas reduziram o tempo de desobturação.

Risk assessment of the toxicity of solvents of gutta-percha used in endodontic retreatment.	Chutich et al. 1998	Determinar o quanto de um solvente pode se tornar disponível para os tecidos circundantes da estrutura dentária, se o uso controlado e se a quantidade de solvente representa risco significativo à saúde do paciente.	A quantidade de solvente extruído pelo forame apical se mostrou bastante abaixo da dose tóxica. O uso dos solventes analisados não apresentou riscos ao paciente.
Relative Efficiency of Solvents Used in Endodontics.	Hansen, Mark G. 1998	Avaliar quantitativamente a capacidade de diferentes solventes de permitir a passagem de limas endodônticas por cimentos obturadores e cones de gutta-percha.	Não houve diferença significativa na habilidade de dissolução da gutta-percha e do cimento à base de óxido de zinco e eugenol Proco-Sol, dissolvidos em tempos clínicos aceitáveis. O cimento resinoso (AH26) foi dissolvido apenas por clorofórmio após 30 minutos.
Dissolution of root canal sealer cements in volatile solvents.	Whitworth et al. 2000	Testar a hipótese de que os cimentos endodônticos são insolúveis nos solventes voláteis clorofórmio e halotano.	A solubilidade dos cimentos em clorofórmio e halotano diferiu significativamente. Os cimentos Ketac Endo e Apexit apresentaram baixa solubilidade, Tubli-Seal foi menos solúvel em halotano do que clorofórmio, e AH Plus foi o mais solúvel dos solventes.
In vitro study of effect of solvent on root canal retreatment.	Oyama et al. 2002	Avaliar a eficácia de cinco solventes: xilol, eucaliptol, halotano, clorofórmio e óleo de laranja no amolecimento da gutta-percha em canais radiculares simulados.	Xilol e óleo de laranja dissolveram melhor a gutta-percha do que os outros solventes. Não houve diferença significativa entre xilol e óleo de laranja, mas foram estatisticamente diferentes de eucaliptol, halotano e clorofórmio.
In vitro evaluation of the dissolving effect of solvents on root canal sealers.	Erdemir et al. 2003	Avaliar o efeito de dissolução de dois solventes de gutta-percha comumente usados em sete tipos de cimentos endodônticos.	Clorofórmio e halotano dissolveram facilmente o cimento à base de resina (Diaket), que foi apenas removido com solventes. Não houve vantagem no uso de solventes para dissolver o cimento à base de tricálcio fosfato (Sankin Apatite). Clorofórmio e halotano dissolveram rapidamente o cimento à base de óxido de zinco e eugenol (Sultan U/P).
Efficacy, cleaning ability and safety of different rotary NiTi instruments in root canal retreatment.	Hülsmann et al. 2004	Avaliar a eficácia, capacidade de limpeza e segurança de três instrumentos rotatórios de níquel-titânio com e sem solvente (eucaliptol) versus limas manuais na remoção de gutta-percha de canais.	O uso de eucaliptol diminuiu o tempo para atingir o comprimento de trabalho e remover a gutta-percha, porém esse achado não foi significante.
Effect of Solvents on Bonding to Root Canal Dentin.	Erdemir et al. 2004	Avaliar o efeito de 2 solventes de gutta-percha (clorofórmio e halotano) na força de união de microtração à dentina radicular.	Canais tratados com água apresentaram maior força de união entre resina e dentina quando comparados aos canais tratados com clorofórmio e halotano. Os solventes de gutta-percha apresentam efeitos adversos na força de união de cimentos adesivos à dentina radicular.
Dissolving efficacy of organic solvents on root canal sealers.	Martos et al. 2006	Avaliar a solubilidade de três tipos de cimentos endodônticos em três solventes orgânicos.	O xilol e o óleo de laranja apresentaram efeitos semelhantes na solubilização dos cimentos testados. Nos dois tempos de imersão, Endofill e Sealer 26 não apresentaram diferença na solubilização. RoekoSeal e Intrafill apresentaram solubilidade mais pronunciada em 10 min.
Dissolving efficacy of some organic solvents on gutta-percha.	Magalhães et al. 2007	Avaliar a solubilidade da gutta-percha em quatro solventes orgânicos.	Xilol apresentou a melhor capacidade de solubilizar gutta-percha. Clorofórmio, óleo de laranja e eucaliptol apresentaram resultados semelhantes, e água destilada não promoveu alterações na gutta-percha.
Comparative sem evaluation of three solvents used in endodontic retreatment: an ex vivo study.	Scelza et al. 2008	Avaliar, por microscopia eletrônica de varredura, a eficácia do clorofórmio, óleo de laranja e eucaliptol como adjuvantes na remoção de material obturador dos túbulos dentinários.	Óleo de laranja, clorofórmio e eucaliptol tiveram desempenho igual para remoção de cimento e gutta-percha dos túbulos dentinários, mas superior ao retratamento sem o uso de solvente.
Solubility of root canal sealers with different organic solvents.	Bodrumlu et al. 2008	Avaliar a solubilidade do cimento endodôntico Epiphany e compará-lo com 2 cimentos convencionais contra 2 solventes orgânicos comumente usados no retratamento.	Nenhuma diferença foi encontrada após 2 e 5 min de imersão em todos os cimentos testados. AH Plus e Epiphany foram mais solúveis em clorofórmio do que em eucaliptol. Epiphany foi o cimento mais solúvel e Ketac-Endo foi o menos solúvel em ambos os solventes para todos os tempos de imersão.

Cleanliness of dentinal tubules following gutta-percha removal with and without solvents: a scanning electron microscopic study.	Horvath et al. 2009	Determinar a influência da ação de solventes em gutta-percha e em cimento remanescente nas paredes do canal radicular e nos túbulos dentinários.	Menos superfície de parede radicular estava coberta por remanescentes de obturação no grupo não solvente, comparado com o grupo eucaliptol e o grupo clorofórmio. Menos remanescentes foram encontrados no grupo controle.
Do the Sealer Solvents Used Affect Apically Extruded Debris in Retreatment?	Çanakçi et al. 2010	Avaliar o peso de detritos extruídos apicalmente durante o retratamento de condutos radiculares tratados com diversos cimentos endodônticos (AH Plus e Tubli-Seal) e cones de gutta-percha usando 3 solventes (Resosolv, Endosolv E e Guttasolv).	O peso dos detritos extruídos e o tempo de retratamento diminuíram significativamente nos grupos em que foi usado um solvente específico para o cimento utilizado, quando comparados com grupos em que foram utilizados solventes de gutta-percha ou nenhum solvente.
Dissolving efficacy of eucalyptus and orange oil, xylol and chloroform solvents on different root canal sealers.	Martos et al. 2011	Avaliar a solubilidade de 5 cimentos endodônticos em solventes de óleo de laranja, eucaliptol, xilol e clorofórmio.	Nos grupos óleo de laranja e eucaliptol, não houve diferença significativa na dissolução de RoekoSeal, Sealer26, Epiphany e EZ-Fill em 3 tempos de imersão. No grupo xilol não foram encontradas diferenças significativas em 5 e 10 min de imersão. Os solventes óleo de laranja e eucaliptol foram tão eficazes quanto o clorofórmio na dissolução dos cimentos em 2 min de imersão.
The Dissolving Ability of Different Organic Solvents on Three Different Root Canal Sealers: In Vitro Study.	Mushtaq et al. 2012	Avaliar a eficácia de três solventes de gutta-percha na dissolução de três tipos diferentes de cimentos endodônticos.	O xilol foi o mais eficaz na dissolução de AH Plus e Apexit Plus, seguido por óleo de laranja refinado e tetracloroetileno. No entanto, para o Endoflas FS, o tetracloroetileno foi o mais eficaz, seguido do óleo de laranja refinado e do xilol.
Efficacy of an Organic Solvent and Ultrasound for Filling Material Removal (2013).	Müller et al. 2013	Investigar se uma irrigação final com o solvente Endosolv R e ultrassom resulta em paredes do canal radicular mais limpas durante o retratamento endodôntico.	A irrigação ultrassônica passiva associada ao solvente Endosolv R não foi eficaz na remoção de detritos do material obturador das paredes do canal.
Comparison of Orange Oil and Chloroform as Gutta-Percha Solvents in Endodontic Retreatment.	Rehman et al. 2013	Comparar a eficácia da remoção de gutta-percha com técnica mecânica simples usando dois solventes diferentes.	Não houve diferença significativas na quantidade de gutta-percha remanescente entre os grupos.
Efficacy of different solvents in removing gutta-percha from curved root canals: a micro-computed tomography study.	Sağlam et al. 2014	Comparar o material obturador residual após o retratamento de canais radiculares curvos com clorofórmio e Endosolv R como solventes.	Não houve diferenças estatisticamente significativas entre os grupos em termos de porcentagem de volume de obturação residual do canal radicular.
The bond strength of endodontic sealers to rootdentine exposed to different gutta-percha solvents.	Topçuoglu et al. 2014	Avaliar os efeitos de solventes de gutta-percha na resistência de união de vários cimentos na dentina radicular.	O tipo de solvente e o tempo de ação afetaram significativamente a resistência da união. Clorofórmio por 5 min afetou todos os cimentos, mas eucaliptol e óleo de laranja não tiveram efeito. O AH Plus apresentou a maior força de push-out e o MTA Fillapex a menor. Os valores de resistência de união diminuíram de coronal para apical em todos os grupos.
Do the sealer solvents used affect apically extruded debris in retreatment?	Çanakçi et al. 2015	Avaliar o peso de debris extruído apicalmente no retratamento de canais preenchidos com cimentos AH Plus e TubliSeal e gutta-percha, usando os solventes Resosolv, Endosolv E e Guttasolv.	O peso do debris extruído apicalmente e o tempo de retratamento diminuíram significativamente nos grupos em que o solvente utilizado era específico para o cimento obturador utilizado.
The Effectiveness of Endodontic Solvents to Remove Endodontic Sealers.	Hwang et al. 2015	Determinar a eficácia de 4 solventes endodônticos sintéticos e um grupo controle (sem solvente) na remoção de 4 tipos de cimentos do canal radicular usando instrumentação automatizada.	Todos os solventes aceleraram a penetração da lima na gutta-percha. Para o AH Plus, o EndoSol E teve o melhor desempenho. O MetaSEAL sem solvente foi impermeável à lima D3 ProTaper em 180s e precisou de mais tempo para ser diluído do que os grupos AH Plus ou gutta-percha.
The effectiveness of eucalyptus oil, orange oil, and xylene in dissolving different endodontic sealers.	Yadav et al. 2016	Avaliar a eficácia da dissolução de óleo de eucalipto, óleo de laranja, xileno e água destilada em três diferentes cimentos endodônticos.	Em todos os tempos e solventes, o cimento Adseal teve a menor solubilidade, seguido por Apexit Plus e Endomethasone N. Em 2 min, Endomethasone N e Adseal tiveram solubilidade semelhante em óleo de eucalipto, óleo de laranja e xileno. Em 10 min, Endomethasone N e Adseal tiveram mais solubilidade em xileno.

New Insight into the Dissolution of Epoxy Resin-based Sealers.	Ferreira et al. 2017	Avaliar o uso de solventes de uso não tradicional na odontologia para dissolução de cimento obturador à base de resina epóxi e o efeito da agitação ultrassônica.	Os solventes Acetato de Etila e MEK, apresentaram alta capacidade de dissolução, semelhantes à do clorofórmio. A agitação ultrassônica aumentou a dissolução.
Evaluation of chemical substances used as solvents in endodontic retreatment.	Morais et al. 2017	Comparar o poder de dissolução de cinco solventes utilizados no retratamento endodôntico após contato com gutta-percha.	O clorofórmio apresentou maior poder solvente, seguido pelo d-limoneno, xilol, halotano e eucaliptol. Apenas o grupo clorofórmio foi significativamente diferente do grupo controle.
Influence of solvent and a supplementary step with a finishing instrument on filling material removal from canals connected by an isthmus.	Campello et al. 2018	Avaliar a eficácia do eucaliptol em melhorar a remoção do material obturador de canais conectados por istmos e na limpeza adicional com um instrumento de acabamento.	A remoção do material obturador com a lima Mtwo foi de 83,8% com solvente e 83,2% sem solvente. A maioria dos espécimes teve redução na quantidade de material no istmo. O uso do XP endo Finisher R melhorou significativamente a remoção do material no canal e áreas de istmo, independentemente do uso de solvente.
Dissolving Efficacy of Different Endodontic Solvents For Gutta-Percha With Varying Time Intervals.	Kazi et al. 2018	Avaliar a solubilidade da gutta percha em diferentes solventes endodônticos, bem como o efeito da mudança do tempo de imersão de 2 para 5 min.	A dissolução mais significativa ocorreu em 2 minutos com o clorofórmio, seguida do óleo de eucalipto, benzeno, óleo de laranja e xilol. Aumentar o intervalo de tempo de 2 para 5 minutos não resultou em diferença significativa.
The use of solvents for gutta-percha dissolution/removal during endodontic retreatments: A scoping review.	Dotto et al. 2020	Mapear as evidências sobre o uso de solventes para dissolução de gutta-percha durante retratamentos endodônticos.	Solventes podem complicar a limpeza do canal radicular e facilitar a presença de restos de material na superfície radicular. O uso de solventes deve ser evitado e seu uso somente deve ser considerado se não for possível acessar o comprimento de trabalho.
A Comparative Evaluation of Two Commonly Used GP Solvents on Different Epoxy Resin-based Sealers: An In Vitro Study.	Tyagi et al. 2020	Avaliar a efetividade de dissolução dos solventes Endosolv-R e Xilol em cimentos à base de resina epóxi imersos por 1 a 2 minutos.	A dureza de Vickers de todos os cimentos diminuiu significativamente ao longo do tempo quando imersos em solventes. O AH Plus apresentou a maior dureza inicial, seguido pelo AH 26 e o Adseal. Xileno amoleceu significativamente AH Plus e Adseal após 2 minutos, enquanto Endosolv-R amoleceu significativamente todos os três cimentos.
Improvement of the efficacy of endodontic solvents by ultrasonic agitation.	Ferreira et al. 2021	Avaliar o efeito do aparelho de ultrassom na melhoria da dissolução do tetracloroetileno, eucaliptol e óleo de laranja em comparação com o clorofórmio.	Tempo de imersão, o tipo de solvente, agitação ultrassônica e interações afetaram a dissolução da gutta-percha. Clorofórmio e tetracloroetileno foram mais eficazes, seguidos por eucaliptol e óleo de laranja. Ultrassom aumentou a dissolução, e o tempo de imersão aumentou o efeito dos solventes.
In vitro study of essential oils efficacy as alternative solvents in endodontic retreatment.	Galić et al. 2021	Investigar a solubilidade de gutta-percha e vários cimentos endodônticos em óleos essenciais.	Óleo de laranja dissolveu melhor a gutta-percha, seguido por eucaliptol e óleo de malaleuca, independentemente do tempo. A maior perda de peso foi registrada no grupo óleo de laranja, óleo de malaleuca, eucaliptol e óleo de cravo, com Endomethasone apresentando maior perda de peso para todos os solventes.
Effect of Gutta-percha Solvents on the Bond Strength of Sealers to Intraradicular Dentin: A Systematic Review.	Ferreira et al. 2021	Avaliar o impacto dos solventes de gutta-percha na resistência de união de cimentos endodônticos à dentina intraradicular usando o teste de adesão push-out.	O clorofórmio apresentou efeito adverso, diminuindo a resistência de união de diferentes cimentos, inclusive dos cimentos à base de resina epóxi, que apresentam uma resistência de união mais forte.
Efficiency Evaluation of Various Solvents in Retreatment of Endodontic Filling in Extracted Teeth.	Katunarić et al. 2022	Avaliar a duração do retratamento e a eficácia do eucaliptol e do óleo da árvore do chá no retratamento motorizado e manual de condutos tratados com cimento à base de resina epóxi em dentes humanos extraídos.	Não houve diferenças estatisticamente significativas no resíduo de material obturador deixado pelos solventes e nem na técnica aplicada. O retratamento com instrumentos Reciproc foi significativamente mais rápido. A técnica manual foi mais rápida quando o óleo de malaleuca foi usado, em comparação com o eucaliptol.

Fonte: Autores.

Para serem consideradas solventes endodônticos, as substâncias químicas devem apresentar ação rápida, inocuidade aos tecidos adjacentes ao dente, cheiro agradável e ausência de toxicidade ao operador, ao paciente e ao ambiente (Oyama et al. 2002). Uma vez que, o RE é associado a complicações pós-operatórias pelo risco de extrusão de debris e materiais, a biocompatibilidade dos materiais utilizados é essencial para manter a integridade mecânica e biológica dos tecidos (Ferreira et al. 2022). Como muitos solventes endodônticos apresentam relativa toxicidade aos tecidos (Barbosa et al. 1994), esse fator influencia a escolha do solvente mais apropriado ao tratamento. Assim, a toxicidade e possível carcinogenicidade da substância devem ser consideradas (Hansen, 1998).

3.1 Clorofórmio

O clorofórmio é considerado o solvente de guta-percha mais popular por seu longo histórico de uso e a rápida solubilização do material em razão de sua estabilidade (Chutich et al. 1998; Wourms et al. 1990). Além disso, o composto é mais acessível do que outros solventes em razão da fácil de obtenção, sendo fabricado por meio de álcool, água e hipoclorito de cálcio (CaCl₂) (Hansen, 1998). O clorofórmio apresenta acentuada atividade antibacteriana e proporcionada redução significativa dos níveis de *Enterococcus faecalis* nos condutos radiculares durante RE (Edgar et al. 2006).

Estudos em animais consideram que o clorofórmio pode ser carcinogênico e causar trombose, degeneração, cirrose hepática e reações tóxicas no organismo, por esta razão, a *Food Drug Administration* (FDA) banuiu sua utilização na fabricação de medicamentos e cosméticos. Assim, o uso na prática odontológica e o grau de segurança do material foi comprometido (Reuber, 1979; Chutich et al. 1998), desde então houve a busca por substâncias alternativas mais seguras que o clorofórmio, porém igualmente eficiente (Hansen, 1998).

Em razão da semelhança entre o desenvolvimento de tumores em humanos e animais, o clorofórmio foi classificado Grupo 2B de risco cancerígeno para humanos pela Agência Internacional para Pesquisa do Câncer (IARC) (INCA, 2013). No entanto, existem argumentos que o clorofórmio é um material de toxicidade dose-dependente (Chutich et al. 1998), isto porque a formação tumoral é resultante de eventos de iniciação e promoção secundários à citoletalidade e a capacidade de regeneração, desta forma não haveria risco potencial da formação tumoral pela utilização de quantidades pequenas e em períodos curtos (Butterworth et al. 1997; Chutich et al. 1998).

Como medida de segurança, ao utilizar como solvente de guta percha é recomendado o uso de seringa e agulha hipodérmica a fim de reduzir a vaporização, para outros usos, é recomendada o controle quantidade de material e do tempo de exposição ao paciente e ao operador (Hauman et al. 2003). A necrose e a proliferação celular regenerativa se associam com a exposição a altas doses do clorofórmio (Golden et al. 1997). Assim, se torna necessário estabelecer uma metodologia apropriada para avaliar o risco de carcinogenicidade associado a baixas doses do solvente, com base no modo de ação da substância e que considera os mecanismos biológicos pelos quais o composto químico causa câncer.

Como consequência, o número de estudos publicados sobre a efetividade e a segurança do clorofórmio na prática endodôntica aumentou, assim o interesse de pesquisadores em investigar e desenvolver solventes alternativos. Esses estudos falharam ao identificar um solvente com capacidade de dissolução de guta-percha superior ao clorofórmio, pois os solventes alternativos, além de não oferecer vantagens em relação ao clorofórmio, requerem precauções especiais na manipulação ou necessidade de estudos mais robustos para determinar a segurança do uso (Chutich et al. 1998).

O clorofórmio é considerado o solvente endodôntico mais efetivo, independentemente do tempo de imersão do material no solvente ou do tempo de agitação ultrassônica realizado (Ferreira et al. 2017) e pode ser considerado seguro quando utilizado de maneira correta e controlada (Chutich et al. 1998; McDonald et al. 1992). Ainda assim, a carcinogenicidade em humanos ainda exige estudos. Dois solventes orgânicos específicos são sugeridos como alternativas capazes de dissolver resinas epóxis (acetato de etila e MEK), pois apresentam boa capacidade de solubilidade com vantagens

adicionais como menor volatilidade, baixa toxicidade e efeito não carcinogênico e não mutagênico: portanto, a sua utilização pode ser recomendada diante de eficiência similar e menor efeito negativo (Ferreira et al. 2017).

3.2 Halotano

O halotano é um dos possíveis solventes alternativos adequados a substituição do clorofórmio, um hidrocarboneto fluorado, volátil, não inflamável e empregado para indução anestésica e parece ser mais promissor devido à sua biocompatibilidade e longo histórico de uso para fins medicinais em seres humanos (Wourms et al. 1990). Além de ser quase tão eficaz quanto ao clorofórmio, é cerca de duas vezes mais eficaz que o eucaliptol na dissolução da guta-percha (Chutich et al. 1998). No entanto, são relatados efeitos colaterais como a necrose hepática após anestésias induzidas pelo material. As toxicidades idiossincráticas são dependentes do hospedeiro e independem da dose utilizada, assim se apresentam como uma grande preocupação em razão da falta de segurança e por não estarem presentes até que o paciente tenha sido previamente exposto ao agente (Chutich et al. 1998).

Estudos divergem sobre o nível de toxicidade e capacidade de dissolução do halotano. Segundo Chutich et al. 1998 todos os solventes apresentam algum grau de citotoxicidade, sendo o nível de toxicidade do halotano semelhante ao do clorofórmio e segundo Hauman et al. 2003, é mais alto do que a toxicidade local induzida pelo clorofórmio. Já em relação à capacidade de dissolução, o halotano é relatado como inferior ao clorofórmio (Hauman et al. 2003) ou tendo a mesma efetividade que o clorofórmio na dissolução de guta percha, porém de maneira mais demorada (Wilcox, 1995).

Tanto o clorofórmio como halotano provocam uma alteração na constituição mineral da dentina radicular de forma a reduzir a união de ligação ao cimento e não foram encontradas diferenças significativas em relação ao efeito desses solventes (Erdemir et al. 2004), o que respalda a semelhante efetividade entre ambos as soluções. A biocompatibilidade e a relativa não toxicidade do halotano podem ser consideradas vantagens de seu uso para dissolução de cones de guta percha e o alto custo como uma das desvantagem (Hansen, 1998). A alta volatilidade pode ser benéfica ao evitar resíduos de solvente no canal radicular e na região periapical, apesar de ser apresentada como uma desvantagem caso o solvente evapore antes de causar o efeito desejado no material obturador (Hunter et al. 1991).

3.3 Terebentina retificada

A terebentina é um óleo essencial originário do pinheiro e é utilizado em expectorantes, diuréticos, anti-helmínticos e na fabricação da guta-percha. Sua forma retificada pode ser utilizada em retratamentos endodônticos para dissolver o cone de guta percha, e apesar de ocorrer de maneira lenta (Kaplowitz, 1990), sua ação é geralmente comparada ao clorofórmio (Kaplowitz, 1990). Em contato com o material obturador por 15 minutos, à 37 °C, ambos os solventes dissolvem mais que 95% do cone de guta percha (Kaplowitz, 1990), o que indica completa dissolução e apresenta a capacidade de dissolver a guta percha à temperatura corporal.

O aquecimento do óleo de terebentina retificada a aproximadamente 71 °C (161F) posterior a sua aplicação sobre o material obturador provou ser uma das técnicas que potencializam sua ação, uma vez que ao agir por alguns minutos é capaz de dissolver a parte mais superficial da guta percha e facilitar o emprego dos instrumentos manuais (Kaplowitz, 1996). Como vantagens para seu uso na prática clínica, destacam-se sua biocompatibilidade, não-carcinogenicidade e o baixo custo (Kaplowitz, 1990).

3.4 Eucaliptol e D-limoneno

O eucaliptol e o D-limoneno têm sido usados ao longo dos anos, interna e externamente, em superfícies do corpo humano, como ingredientes para perfumes e xaropes expectorantes em razão de serem flavonoides encontrados em alimentos.

Assim, há segurança de não possuírem ação carcinogênica (Uemura et al. 1997). Além do D-limoneno ser obtido por meio do óleo da casca da laranja e outras frutas cítricas, como o limão, apresenta boa eficácia como solvente de materiais obturadores (Uemura et al. 1997), cheiro agradável e não apresentam carcinógeno ou genotoxicidade (Yadav et al. 2016). Porém, a citotoxicidade do d-limoneno não está totalmente compreendida (Vajrabhaya et al. 2004).

Ao comparar com o clorofórmio, a viabilidade das células expostas a ambos os solventes é estatisticamente igual nas concentrações 1:100 e 1:400. Porém, diante da concentração 1:800, considerada não-tóxica, foi mais citotóxica do que o clorofórmio (Vajrabhaya et al. 2004). Ainda assim, é importante ressaltar que o D-limoneno é agrupada no grupo 3 pela IARC e apesar de considerada como não classificável como cancerígeno para humanos pela IARC, não apresenta total segurança.

O eucaliptol é a principal substância que compõe o óleo de eucalipto e apresenta propriedades vantajosas, como seu efeito antibacteriano e anti-inflamatório (Friedman et al. 1990; Magalhães et al. 2007). O histórico da utilização da substância como solvente endodôntico remonta o século XIX (Uemura et al. 1997; Wourms et al. 1990). Porém, a busca por entender sua efetividade expandiu na busca por substâncias que pudessem substituir, de maneira eficaz e segura, o clorofórmio. De maneira similar à terebentina, o eucaliptol apresenta maior potencial de dissolução quando aquecido antes do uso (Friedman et al. 1990; Hunter et al. 1991; Magalhães et al. 2007).

Em razão da volatilidade, o uso do clorofórmio requer um maior volume da solução para a desobturação de um canal radicular do que o eucaliptol e d-limoneno (Uemura et al. 1997). Desta forma, enfatiza-se a preferência do uso óleos essenciais, por apresentarem uma performance de dissolução semelhante àquela do clorofórmio e maior segurança (Uemura et al. 1997). Ao comparar a capacidade do eucaliptol e do clorofórmio dissolver cones de guta-percha e cimento a base de óxido de zinco e eugenol não foram encontradas diferença estatística (Hansen, 1998), isto reforça a recomendação de utilizar um óleo essencial como alternativa mais segura ao uso do clorofórmio. Além disso, o uso do eucaliptol parece ser vantajoso ao proporcionar menor tempo de trabalho e melhor limpeza marginal do canal radicular (Hülsmann et al. 2004). No entanto, outros autores contestam vantagem em relação a limpeza marginal do conduto radicular pós uso do eucaliptol, uma vez que concluíram que o uso de eucaliptol gera maior retenção de resíduos de material obturador nas paredes do canal radicular e nos túbulos dentinários do que na desobturação por técnica mecânica (Horvath et al. 2009; Boarium et al. 2015, apud Dotto et al. 2020).

3.5 Óleo de laranja

O óleo de laranja é um outro óleo essencial utilizado como solvente em RE. Inicialmente foi apresentada boa dissolução de cimentos à base de óxido de zinco e eugenol (Oyama et al. 2002), mas logo em seguida foi indicada capacidade de dissolver cones de guta percha e outros cimentos endodônticos de maneira segura (Yadav et al. 2016). Este solvente possui cheiro agradável, não carcinogenicidade e é considerado com maior biocompatibilidade do que o xilol, clorofórmio, halotano e o eucaliptol (Martos et al. 2011).

Ao ser comparado ao clorofórmio e ao eucaliptol, o óleo de laranja apresentou capacidade similar, porém com melhor biocompatibilidade (Scelza et al. 2008). O mesmo resultado foi obtido ao comparar com o xilol, apresentou capacidade semelhante para dissolver o material obturador, porém não se mostrou irritantes aos tecidos circunjacentes como o xilol (Oyama et al. 2002). Assim, é possível fundamentar a condição de que o óleo de laranja é um solvente de excelente biocompatibilidade e efetividade, uma vez que não apresenta diferença estatística em sua capacidade de dissolver cones de guta-percha ao comparar com o clorofórmio (Rehman et al. 2013) e consegue dissolver o material em cerca de 2 minutos (Galić et al. 2021).

No entanto, a eficácia do óleo de laranja na dissolução de cimentos resinosos não é bem definida. Por vezes, é referida como de fraca performance quando comparado ao clorofórmio (Hansen et al. 1998), enquanto outros estudos apresentam ser

semelhante ao clorofórmio e ao xilol (Bodrumlu et al. 2008, Ring et al. 2009, Martos et al. 2006, apud Martos et al. 2011). Assim, mais pesquisas são necessárias a respeito da capacidade do óleo de laranja dissolver cimentos à base de resina.

3.6 Xilol

O xilol (dimetilbenzeno) é um composto químico apontado como um dos mais eficientes na remoção de materiais obturadores do canal radicular, com eficácia para cones de guta percha, polímeros, resinas e cimentos, além de ser menos tóxico que o clorofórmio (Yadav et al. 2016). Apesar de seu uso clínico legitimado e de sua não-carcinogenicidade, o xilol é uma substância tóxica com miscibilidade de difícil controle e grande profundidade de penetração, o que somam-se como fatores facilitadores da ação na região periapical (Magalhães et al. 2007).

Segundo Yadav et al. 2016, o xilol é mais eficaz quando comparado aos solventes óleo de laranja, e segundo Magalhães et al. 2007, é o melhor solvente para dissolver guta percha quando comparado com os solventes clorofórmio, óleo de laranja e eucaliptol. Outros estudos apresentam que ao dissolver guta-percha entre 1-5 minutos de contato, o xilol apresenta uma das melhores capacidades de dissolução quando comparado ao óleo de laranja e ao eucaliptol (Gomes et al. 2013). A dissolução lenta minimiza o risco da sua utilização como solvente endodôntico (Yadav et al. 2016). Sendo assim, é possível recomendar o uso cauteloso do xilol, que, apesar de ser um solvente efetivo, pode causar iatrogenias.

3.7 Tetraclorietileno

O tetraclorietileno foi originalmente desenvolvido para dissolver a resina de resorcinol-formaldeído endurecida (Bhagavaldas et al. 2017), é um solvente orgânico apresentado como mais eficaz (*in vitro*) do que o óleo de laranja para a remoção de cimentos resinosos frescos e após pres. Porém, o principal componente deste material é a formamida, uma substância tóxica para células humanas (Müller et al. 2013). Desta forma, este solvente pode apresentar toxicidade aos tecidos circundantes durante RE.

O uso deste solvente para desobturação de canais radiculares pode ser comparado com o clorofórmio em termos de eficácia de dissolução e quantidade de material obturador residual (Sağlam et al. 2013). Já para a remoção de guta percha, o tetraclorietileno pode provocar a retenção de resíduos nas paredes do canal radicular, vez que ao amolecer a guta-percha, transforma em uma pasta viscosa, altamente adesiva e de difícil remoção (Bhagavaldas et al. 2017). Assim, o emprego deste solvente não parece apresentar grandes benefícios.

4. Considerações Finais

A combinação entre os diferentes compostos utilizados como solventes endodônticos e as diferentes técnicas mecânicas parece contornar as limitações apresentadas. Assim, estudos com maior padronização são necessários para indicar o potencial de dissolução dos solventes quando combinados com uma técnica mecânica específica, de forma a apresentar as melhores combinações entre técnicas e materiais. Deste modo:

- A eficácia dos solventes endodônticos é influenciada por diferentes métodos de análise das propriedades dos materiais e do comportamento sob diferentes temperaturas e condições técnicas;
- O comportamento e a efetividade dos materiais devem ser considerados para o sucesso do procedimento endodôntico;
- A escolha do melhor solvente depende do equilíbrio entre a necessidade apresentada pelo caso, da combinação com a técnica mecânica, da capacidade de dissolução da solução e a segurança oferecida aos tecidos, paciente e operador.

Referências

- Barbosa, S. V. Burkard, D. H. & Spångberg, L. S. W. (1994). Cytotoxic effects of gutta-percha solvents. *Journal of Endodontics*, 20(1), 6-8.
- Bhagavaldas, M. C. Diwan, A. Kusumvalli, S. Pasha, S. Devale, M. & Chava, D. C. (2017). Efficacy of two rotary retreatment systems in removing gutta-percha and sealer during endodontic retreatment with or without solvent: A comparative in vitro study. *Journal of Conservative Dentistry*, 20(1), 12-16.
- Burns, L. E. Kim, J. Wu, Y. Alzwaideh, R. McGowan, R. & Sigurdsson, A. (2022). Outcomes of primary root canal therapy: An updated systematic review of longitudinal clinical studies published between 2003 and 2020. *International Endodontic Journal*, 55(7), 714-731.
- Butterworth, B. E. & Wolf, D. C. (1997). Risk assessment of inhaled chloroform based on its mode of action. *Toxicologic Pathology*, 25(1), 49-52.
- Campello, A. F. Almeida, B. M. Franzoni, M. A. Alves, F. R. F. Marceliano-Alves, M. F. Rôças, I. N. Siqueira Jr, J. F. & Provenzano, J. C. (2019). Influence of solvent and a supplementary step with a finishing instrument on filling material removal from canals connected by an isthmus. *International Endodontic Journal*, 52(5), 716-724.
- Chércoles-Ruiz, A. Sánchez-Torres, A. & Gay-Escoda, C. (2017). Endodontics, endodontic retreatment, and apical surgery versus tooth extraction and implant placement: A systematic review. *Journal of Endodontics*, 43(5), 679-686.
- Chutich, M. J. Kaminski, E. J. Miller, D. A. & Lautenschlager, E. P. (1998). Risk assessment of the toxicity of solvents of gutta-percha used in endodontic retreatment. *Journal of Endodontics*, 24(4), 213-216.
- Dotto, L. Sarkis-Onofre, R. Bacchi, A. & Pereira, G. K. R. (2020). The use of solvents for gutta-percha dissolution/removal during endodontic retreatments: A scoping review. *Journal of Biomedical Materials Research*, 109(6), 890-901.
- Dutta, A. & Saunders, W. P. (2012). Comparative evaluation of calcium hypochlorite and sodium hypochlorite on soft-tissue dissolution. *Journal of Endodontics*, 38(10), 1395-1398.
- Edgar, S. W. Marshall, J. G. & Baumgartner, J. C. (2006). The antimicrobial effect of chloroform on *Enterococcus faecalis* after gutta-percha removal. *Journal of Endodontics*, 32(12), 1185-1187.
- Erdemir, A. Eldeniz, A. U. Belli, S. & Pashley, D. H. (2004). Effect of solvents on bonding to root canal dentin. *Journal of Endodontics*, 30(8), 589-592.
- Ferreira, I. Pina-Vaz, I. & Braga, A. C. (2021). Effect of gutta-percha solvents on the bond strength of sealers to intraradicular dentin: A systematic review. *Iranian Endodontic Journal*, 16(1), 17-25.
- Ferreira, I. & Pina-Vaz, I. (2022). The novel role of solvents in non-surgical endodontic retreatment. *Applied Sciences Basel*, 12(11).
- Ferreira, I. Soares, S. Sousa, J. Barros, J. Braga, A. C. Lopes, M. A. & Pina-Vaz, I. (2017). New insight into the dissolution of epoxy resin-based sealers. *Journal of Endodontics*, 43(9), 1505-1510.
- Friedman, S. Stabholz, A. & Tamse, A. (1990). Endodontic retreatment case selection and technique: Part 3. Retreatment techniques. *Journal of Endodontics*, 16(11), 543-549.
- Galić, V. O. Adžić, S. Dželetović, B. & Vlajić, T. (2021). In vitro study of essential oils efficacy as alternative solvents in endodontic retreatment. *Serbian Dental Journal*, 68(4).
- Golden, R. Holm, S. Robinson, D. Julkunen, P. & Reese, E. (1997). Chloroform mode of action: Implications for cancer risk assessment. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 26(2), 142-155.
- Gomes, F. A. Daniel, A. P. B. Nunes, R. A. Fernandes, A. L. N. Maniglia-Ferreira, C. Matos, H. R. M. & Nepomuceno, T. C. (2013). Efficacy of gutta-percha solvents used in endodontic retreatments. *Revista Sul-Brasileira de Odontologia*, 10(4), 356-361.
- Grossman, L. I. & Lally, E. T. (1982). Assessment of irritation potential of essential oils for root canal cement. *Journal of Endodontics*, 8(5), 208-212.
- Hansen, M. G. (1998). Relative efficiency of solvents used in endodontics. *Journal of Endodontics*, 24(1), 38-40.
- Hauman, C. H. J. & Love, R. M. (2003). Biocompatibility of dental materials used in contemporary endodontic therapy: A review – Part 2. Root-canal-filling materials. *International Endodontic Journal*, 36(3), 147-160.
- Hülsmann, M. & Bluhm, V. (2004). Efficacy, cleaning ability and safety of different rotary NiTi instruments in root canal retreatment. *International Endodontic Journal*, 37(7), 468-476.
- Hunter, K. R. Doblecki, W. & Pelleu Jr, G. B. (1991). Halothane and eucalyptol as alternatives to chloroform for softening gutta-percha. *Journal of Endodontics*, 17(7), 310-311.
- Kaplowitz, G. J. (1990). Evaluation of gutta-percha solvents. *Journal of Endodontics*, 16(11), 539-540.
- Kaplowitz, G. J. (1996). Using rectified turpentine oil in endodontic retreatment. *Journal of Endodontics*, 22(11), 621.
- Katunarić, A. Dijanić, P. Kačunić, D. L. Matijević, J. & Galić, N. (2022). Efficiency evaluation of various solvents in retreatment of endodontic filling in extracted teeth. *Acta Stomatologica Croatica*, 56(1), 2-11.
- Kazi, F. M. Asghar, S. & Fahim, M. F. (2018). Dissolving efficacy of different endodontic solvents for gutta percha with varying time intervals. *Journal of the Pakistan Dental Association*, 27(3), 110-114.

- McDonald, M. N. & Vire, D. E. (1992). Chloroform in the endodontic operator. *Journal of Endodontics*, 18(6), 301-303.
- Magalhães, B. S. Johann, J. E. Lund, R. G. Martos, J. & Del Pino, F. A. B. (2007). Dissolving efficacy of some organic solvents on gutta-percha. *Brazilian Oral Research*, 21(4), 303-307.
- Martos, J. Bassotto, A. P. S. González-Rodríguez, M. P. & Ferrer-Luque, C. M. (2011). Dissolving efficacy of eucalyptus and orange oil, xylol and chloroform solvents on different root canal sealers. *International Endodontic Journal*, 44(11), 1024-1028.
- Instituto Nacional de Câncer José Alencar Gomes da Silva (INCA). (2013). *Diretrizes para a vigilância do câncer relacionado ao trabalho*. Rio de Janeiro: INCA.
- Müller, G. G. Schönhofen, A. P. Móra, P. M. P. K. Grecca, F. S. Só, M. V. R. & Bodanezi, A. (2013). Efficacy of an organic solvent and ultrasound for filling material removal. *Brazilian Dental Journal*, 24(6), 585-590.
- Ng, Y. L. Mann, V. Rahbaran, S. Lewsey, J. & Gulabivala, K. (2007). Outcome of primary root canal treatment: Systematic review of the literature - Part 1. Effects of study characteristics on probability of success. *International Endodontic Journal*, 40(12), 921-939.
- Oyama, K. O. N. Siqueira, E. L. & Santos, M. (2002). In vitro study of effect of solvent on root canal retreatment. *Brazilian Dental Journal*, 13(3), 208-211.
- Pereira, A. S. et al. (2018). *Metodologia de pesquisa científica*. Santa Maria/RS. Ed. UAB/NTE/UFSM.
- Rehman, K. Khan, F. R. & Aman, N. (2013). Comparison of orange oil and chloroform as gutta-percha solvents in endodontic retreatment. *The Journal of Contemporary Dental Practice*, 14(3), 478-482.
- Reuber, M. D. (1979). Carcinogenicity of chloroform. *Environmental Health Perspectives*, 31, 171-182.
- Sağlam, B. C. Koçak, M. M. Türker, S. A. & Koçak, S. (2014). Efficacy of different solvents in removing gutta-percha from curved root canals: A micro-computed tomography study. *Australian Endodontic Journal*, 40(2), 76-80.
- Sanz, J. L. López-García, S. Forner, L. Rodríguez-Lozano, F. J. García-Bernal, D. Sánchez-Bautista, S. Puig-Herreros, C. Rosell-Clari, V. & Oñate-Sánchez, R. E. (2022). Are endodontic solvents cytotoxic? An in vitro study on human periodontal ligament stem cells. *Pharmaceutics*, 14(11), 2415.
- Scelza, M. F. Z. Coil, J. M. Maciel, A. C. C. Oliveira, L. R. L. & Scelza, P. (2008). Comparative SEM evaluation of three solvents used in endodontic retreatment: An ex vivo study. *Journal of Applied Oral Science*, 16(1), 24-29.
- Siqueira Jr, J. F. (2001). Aetiology of root canal treatment failure: Why well-treated teeth can fail. *International Endodontic Journal*, 34(1), 1-10.
- Topçuoğlu, H. S. Demirbuga, S. Tuncay, Ö. Arslan, H. Kesim, B. & Yaşa, B. (2014). The bond strength of endodontic sealers to root dentine exposed to different gutta-percha solvents. *International Endodontic Journal*, 47(12), 1100-1106.
- Uemura, M. Hata, G. Toda, T. & Weine, F. S. (1997). Effectiveness of eucalyptol and d-limonene as gutta-percha solvents. *Journal of Endodontics*, 23(12), 739-741.
- Vajrabhaya, L. Suwannawong, S. K. Kamolroongwarakul, R. & Pawklieng, L. (2004). Cytotoxicity evaluation of gutta-percha solvents: Chloroform and GP-Solvent (limonene). *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, and Oral Radiology*, 98(6), 756-759.
- Wennberg, A. & Ørstavik, D. (1989). Evaluation of alternatives to chloroform in the endodontic practice. *Endodontics and Dental Traumatology*, 5(5), 234-237.
- Wilcox, L. R. (1995). Endodontic retreatment with halothane versus chloroform solvent. *Journal of Endodontics*, 21(6), 305-307.
- Wourms, D. J. Campbell, D. A. Hicks, L. M. & Pelleu Jr, G. B. (1990). Alternative solvents to chloroform for gutta-percha removal. *Journal of Endodontics*, 16(5), 224-225.
- Yadav, H. K. Yadav, R. K. Chandra, A. & Thakkar, R. R. (2016). The effectiveness of eucalyptus oil, orange oil, and xylene in dissolving different endodontic sealers. *Journal of Conservative Dentistry*, 19(4), 332-337.
- Çanakçı, B. Ozgur, E. & Dincer, A. (2015). Do the sealer solvents used affect apically extruded debris in retreatment? *Journal of Endodontics*, 41(9), 1507-1509.