



**CESPU**  
INSTITUTO UNIVERSITÁRIO  
DE CIÊNCIAS DA SAÚDE

# Solubilidade dos cimentos endodônticos à base de resina epóxi e biocerâmicos.

Revisão sistemática integrativa

Simone Stroppa

Dissertação conducente ao Grau de Mestre em Medicina Dentária (Ciclo Integrado)

Gandra, junho 2023

**Simone Stroppa**

**Dissertação conducente ao Grau de Mestre em Medicina Dentária  
(Ciclo Integrado)**

**Solubilidade dos cimentos endodônticos à base de  
resina epóxi e biocerâmicos.  
Revisão sistemática integrativa**

Trabalho realizado sob a Orientação de  
**Sónia Ferreira**

## DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE

Eu, acima identificado, declaro ter atuado com absoluta integridade na elaboração deste trabalho, confirmo que em todo o trabalho conducente à sua elaboração não recorri a qualquer forma de falsificação de resultados ou à prática de plágio (ato pelo qual um indivíduo, mesmo por omissão, assume a autoria do trabalho intelectual pertencente a outrem, na sua totalidade ou em partes dele). Mais declaro que todas as frases que retirei de trabalhos anteriores pertencentes a outros autores foram referenciadas ou redigidas com novas palavras, tendo neste caso colocado a citação da fonte bibliográfica.



## AGRADECIMENTOS

É meu dever dedicar este espaço do meu trabalho às pessoas que contribuíram, com o seu incansável apoio, para a sua realização.

Em primeiro lugar, um agradecimento especial à minha professora Sónia Ferreira, pela sua imensa paciência, pelos seus conselhos indispensáveis e pelos conhecimentos transmitidos ao longo de todo o processo de elaboração do trabalho.

Um agradecimento sincero à minha noiva, Alessandra. Foi graças a ela que ultrapassei os momentos mais difíceis. Um agradecimento especial por me ter encorajado, apoiado e amado.

Gostaria de agradecer infinitamente aos meus pais Paola e Ettore, ao meu irmão Fabio, à minha avó Marisa e à minha tia Sónia que sempre me apoiaram, apoiando todas as minhas decisões, desde que escolhi o meu curso.

Um agradecimento especial ao Marco e ao Dennis, amigos fraternos e companheiros de casa, com quem partilhei todo o percurso, grandes gargalhadas e refeições, aos Chinellos, Albertinho e Alessandro, companheiros de aventuras e de viagens sem fim.

Gostaria também de agradecer à Giulia, ao Matteo e à Martina, pessoas com quem fiz boas amizades ao longo do caminho.

Obrigado também ao Giacomo.

Finalmente, dedico esta tese a mim próprio, aos meus sacrifícios e tenacidade que me permitiram chegar até aqui.



## Resumo

**Introdução:** desde que os cimentos biocerâmicos apareceram há trinta anos na área da endodontia, atraíram instantaneamente o Médico Dentista pelas suas características hidrofílicas, bioativas e de fácil aplicação. Esta classe de materiais tem-se mostrado capaz de preencher as áreas irregulares do espaço do sistema de canais radiculares. Em geral, os cimentos endodônticos à base de Resina Epóxi apresentam baixa solubilidade, contrastando com os cimentos à base de silicato de cálcio que apresentam na literatura resultados de solubilidade duvidosos.

**Objetivos:** objetivo desta revisão é responder à seguinte questão: Os Cimentos Biocerâmicos apresentam uma maior solubilidade do que os cimentos de Resina Epóxi? Objetivo secundário: comparar a libertação de iões de cálcio entre ambos.

**Materiais e métodos:** foi realizada uma pesquisa eletrónica na *PUBMED* utilizando uma combinação dos seguintes termos científicos: *dental cement, epoxy resins, Bioceramic sealer, solubility*. A pesquisa realizada identificou 416 artigos, dos quais 11 foram considerados relevantes para este estudo.

**Resultados:** A maioria dos artigos selecionados concluíram que os cimentos à base de silicato de cálcio tiveram maiores resultados de solubilidade.

**Discussão:** 9 artigos (81%) concluíram que os cimentos à base de silicato de cálcio tiveram maiores resultados de solubilidade (fora dos padrões aceites pelo ANSI/ADA de <3% solubilidade); 2 artigos (19%) não encontraram diferenças significativas (de acordo com os padrões ANSI/ADA de <3% solubilidade).

**Conclusão:** os estudos obtiveram maiores resultados de solubilidade nos cimentos biocerâmicos, no entanto, são muitos os fatores encontrados que limitam os resultados destes estudos.

**Palavras-chave:** *dental cement, Epoxy resin, Bioceramic sealer, solubility*.





## Abstract

**Introduction:** ever since bioceramic cement appeared thirty years ago in endodontics, it instantly attracted dentists due to its hydrophilic, bioactive, and easy-to-apply characteristics. This class of materials has been shown to fill irregular space areas in the root canal system. In general, epoxy resin-based endodontic cement has low solubility, contrasting with calcium silicate-based cement, presenting dubious solubility results in the literature.

**Objectives:** The aim of this review is to answer the following question: Bioceramic cements have a higher solubility than epoxy resin cements? secondary aim: to compare the calcium ion release between the two.

**Materials and methods:** an electronic search was performed on PUBMED using a combination of the following scientific terms: *dental cement, epoxy resins, Bioceramic sealer, and solubility*. The research carried out identified 416 articles, of which 11 were considered relevant for this study.

**Results:** Most of the selected articles concluded that calcium silicate-based cements had higher solubility results.

**Discussion:** 9 articles (81%) concluded that calcium silicate-based cement had higher solubility results (outside the standards accepted by ANSI/ADA of <3% solubility); 2 articles (19%) found no significant differences (according to ANSI/ADA standards of <3% solubility).

**Conclusion:** The studies obtained better solubility results in bioceramic cement, however, there are many factors found that limit the results of these studies.

**Keywords:** *dental cement, Epoxy resin, Bioceramic sealer, solubility*.



## Índice

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÔNIMOS.....	xi
INTRODUÇÃO .....	1
OBJETIVOS E HIPÓTESES.....	2
MATERIAIS E MÉTODOS .....	2
1. Desenho do estudo.....	2
2. Base de dados e palavras-chave consultadas .....	3
3. Metodologia de pesquisa .....	3
4. Critérios de inclusão e de exclusão .....	4
5. Metodologia de Triagem .....	4
RESULTADOS.....	6
DISCUSSÃO .....	11
i. Características dos cimentos à base de resina epóxi.....	11
ii. Características dos cimentos biocerâmicos.....	12
iii. Parâmetros ANSI/ADA, ISO 6876/2012 e ISO4049E.....	14
iv. Comparação dos resultados da solubilidade entre os estudos .....	14
v. Solubilidade do Sealapex .....	16
vi. Liberação de íons de Ca <sup>2+</sup> .....	17
CONCLUSÕES.....	18
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	19

## Índice de tabelas

<i>Tabela 1:</i> combinação de palavras-chave .....	3
<i>Tabela 2</i> fluxograma.....	5
<i>Tabela 3</i> principais resultados da pesquisa.....	10



## LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÔNIMOS

- OZE: óxido de zinco-eugenol
- HC: hidróxido de cálcio
- IV: ionómero de vidro
- RE: resina epóxi
- BC: biocerâmicos

ANSI/ADA: American National Standards Institute/American Dental Association



## INTRODUÇÃO

O principal objetivo de um cimento de obturação endodôntico é o de promover o selamento de todo o sistema de canais radiculares, estabelecendo uma ligação contínua entre o material obturador (normalmente a Gutta percha) e a parede do canal radicular. Desta forma evitam a reinfeção do sistema de canais radiculares e impedem a periodontite apical. (1,2)

Devido à relativa importância biológica e técnica dos cimentos de obturação, as suas propriedades químicas e físicas têm sido objeto de considerável atenção desde o seu aparecimento. São classificados de acordo com os seus principais constituintes químicos: óxido de zinco eugenol (OZE), hidróxido de cálcio (HC), ionómero de vidro (IV), resina epóxi (RE), e cimentos biocerâmicos (BC). (1–3)

Os cimentos biocerâmicos atraíram instantaneamente a comunidade odontológica por serem pré-misturados, injetáveis, hidrofílicos e bioativos. São constituídos por alumina, zircônio, vidro bioativo, cerâmica de vidro, apatite e fosfatos de cálcio. Materiais bioativos, como o vidro e o fosfato de cálcio, interagem com o tecido circundante para estimular a reparação dos mesmos. A sua alta fluidez tem mostrado ser capaz de preencher as áreas irregulares do espaço do sistema de canais radiculares. (4,5)

A biocompatibilidade e a atividade antibacteriana são outras duas grandes vantagens e a presença de fosfato de cálcio aumenta a capacidade de fixação dos BC porque apresentam composição química e estrutura cristalina semelhantes à apatite, melhorando assim a adesão do BC à dentina radicular. No entanto, uma desvantagem destes materiais parece ser a dificuldade em removê-los do sistema de canais radiculares (1,6).

A solubilidade é uma propriedade essencial dos materiais de obturação, porque a sua dissolução pode comprometer a qualidade geral do tratamento. A dissolução do cimento endodôntico liberta compostos químicos que podem desencadear alterações inflamatórias no tecido periapical (7). Os cimentos endodônticos devem apresentar baixas taxas de solubilidade para manter a capacidade de selamento e evitar a reinfeção pela formação de espaços entre os canais radiculares e os materiais obturadores (8,9).

Os cimentos endodônticos à base de resina epóxi (RE), considerados a classe de cimentos Gold-standard, apresentam baixa solubilidade de acordo com a norma geral ISO 6876:2012 e orientações ANSI/ADA 57 :2000. Vários estudos, demonstram estabilidade dimensional a longo prazo, solubilidade reduzida, selamento apical, micro-retenção à dentina radicular e toxicidade relativamente baixa. (8,10)

Em contraste, os cimentos endodônticos à base de silicato de cálcio não apresentam valores Gold standard de solubilidade. Na literatura, alguns estudos demonstram uma baixa solubilidade (10,11), semelhante ou inferior à dos cimentos à base de RE e são poucos os que demonstram valores altos (12).

## OBJETIVOS E HIPÓTESES

Esta revisão sistemática integrativa foi conduzida com o objetivo de responder à seguinte questão: Os Cimentos Biocerâmicos apresentam uma maior solubilidade do que os cimentos de Resina Epóxi?

Objetivo secundário: comparar a liberação de íons de cálcio entre ambos.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### 1. Desenho do estudo

Foi escolhido como desenho do presente estudo uma revisão sistémica integrativa com suporte em ensaios clínicos e ensaios clínicos de caso-controlo. Para enriquecer a introdução e a discussão e para ampliar o conhecimento sobre o tema desta revisão os estudos de revisões sistemáticas e meta-análise identificados durante a pesquisa, mas não selecionados para os resultados, foram estudados e citados.



## 2. Base de dados e palavras-chave consultadas

A base de dados PubMed (via *National Library of Medicine*) foi usada para pesquisar os artigos uteis a esta revisão. Na secção “advance” foram escolhidas as seguintes palavras-chave para realizar a pesquisa: *dental cement, epoxy resins, Bioceramic sealer, Solubility*

## 3. Metodologia de pesquisa

Foram efetuadas diferentes estratégias de busca com a combinação das palavras – chave.

Database	Combinação de palavras chave	Identificados	Selecionados
PubMed	[bioceramic sealer] AND [solubility]	16	4
PubMed	[epoxy resins] AND [solubility]	97	4
PubMed	[epoxy resins] AND [bioceramic sealer] AND [solubility]	4	1
PubMed	[dental cement] AND [solubility]	299	2

Tabela 1: combinação de palavras-chave

A estratégia PICO foi escolhida como metodologia de pesquisa para ter uma indicação específica dos artigos selecionados durante a pesquisa na base de dados PubMed (via *National Library of Medicine*).

#### 4. Critérios de inclusão e de exclusão

Critérios de inclusão e filtro de pesquisa:

- Ensaio clínico que avaliou a solubilidade de cimentos endodônticos à base de silicatos em comparação com um cimento à base de resina epóxi;
- Estudos que usaram métodos padronizados para avaliação de solubilidade segundo os padrões da *American National Standards Institute/American Dental Association (ANSI/ADA)* e *ISO Standard*.
- Artigos escritos na língua inglesa;
- Artigos escritos entre 2012 e 2022.

Critérios de exclusão:

- Artigos que não abordam os interesses deste estudo;
- Artigos que não estavam totalmente disponíveis online;
- Teses, dissertações, revisões da literatura e revisões sistemáticas;
- Artigos cujo idioma não fosse o inglês.

#### 5. Metodologia de Triagem

A busca inicial na base de dados disponível após a aplicação dos critérios de inclusão e exclusão temporais, apresentou 416 artigos. Nestes artigos, após remoção de 235 duplicados, os títulos e os *abstracts* foram lidos na busca de concordância com os critérios de inclusão do presente estudo e em seguida, 150 estudos foram descartados por não conterem informações significativas sobre o objetivo da revisão. A avaliação dos títulos e dos resumos resultou na seleção de 35 estudos, dos quais 24 artigos foram excluídos após leitura na íntegra por falta de dados.

A pesquisa bibliográfica apresenta-se esquematizada na tabela seguinte:

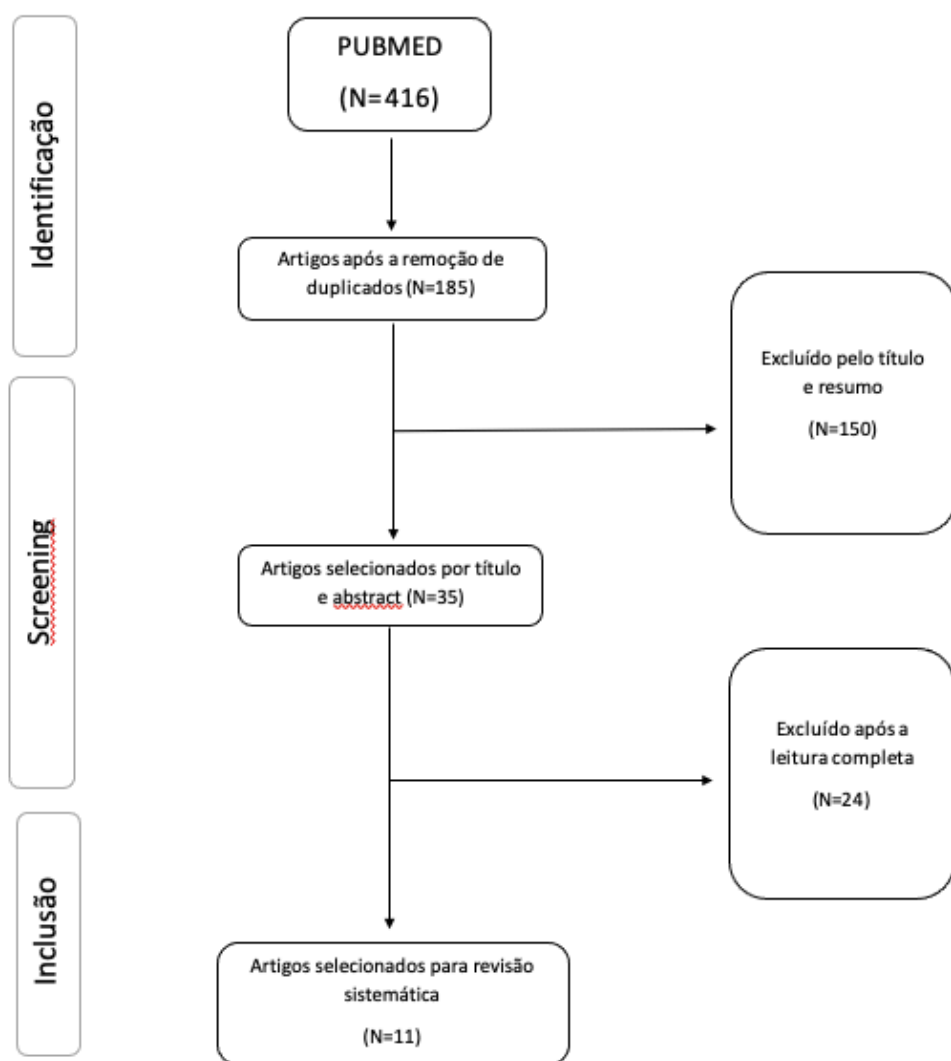


Tabela 2 fluxograma

## RESULTADOS

A informação foi extraída dos 11 artigos selecionados e organizada numa tabela (tabela 3) por : Autor; Ano de publicação; Objetivo; Amostra; Materiais e Métodos; Parâmetros utilizados e Resultados. Os principais resultados são apresentados na mesma e brevemente descritos como se segue:

Quanto à solubilidade:

- A maioria dos artigos selecionados concluíram que os cimentos à base de silicato de cálcio tiveram maiores resultados de solubilidade (fora dos padrões aceites pelo ANSI/ADA de <3% solubilidade) (12–20).
- Poucos artigos não encontraram diferenças significativas ( de acordo com os padrões ANSI/ADA de <3% solubilidade) (11,21)
- O resultado de solubilidade mais baixo foi de  $-0.40 \pm 0.13\%$  para o AH Plus (20).
- O resultado de solubilidade mais alto foi de  $37.61 \pm 3.2\%$  para o BioRoot (16).

Quanto à fluidez:

- Apenas 1 artigo estudou a fluidez dos cimentos à base de silicato de cálcio e de resina epóxi, sendo o primeiro mais fluido (15).

Quanto à absorção de água:

- Maior absorção de água nos cimentos à base de silicato de cálcio em relação ao AH Plus (11).

Quanto à libertação de iões de cálcio:

- Há concordância em que o cimento à base de silicato de cálcio liberta mais iões de cálcio, do que o de resina epóxi (13,17,19) .



Autor e ano de publicação	Objetivo	Amostra	Materiais e métodos	Parâmetros utilizados	Resultados
Borges et al. 2012 (13)	Comparar a solubilidade, distribuição e percentagem de libertação de iões Ca <sup>2+</sup> de quatro materiais à base de silicato de cálcio com uma resina.	5 amostras <ul style="list-style-type: none"><li>• MTA-a</li><li>• AH Plus</li><li>• Sealapex</li><li>• MTA Fillapex</li><li>• iRoot SP</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Espectrofotometria</li><li>• Microscópio eletrónico</li><li>• A solubilidade foi determinada com base na diferença de massa inicial e final em percentagem após imersão em água destilada.</li></ul>	ISO 6876:2012	<b>Quanto à solubilidade:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• MTA-a = 1,24 ± 0,19%</li><li>• <b>AH Plus</b> = 0,28 ± 0,08%</li><li>• Sealapex = 5,65 ± 0,80%</li><li>• MTA Fillapex = 14,89 ± 0,73%</li><li>• iRoot SP = 20,64 ± 1,42%</li></ul>
Ersahan et al. 2013 (11)	Avaliar e comparar a absorção de água, solubilidade e capacidade de selamento apical dos cimentos à base de silicato de cálcio, hidróxido de cálcio, resina de metacrilato e resina epóxi.	4 amostras <ul style="list-style-type: none"><li>• Sealapex</li><li>• AH Plus</li><li>• iRoot SP</li><li>• EndoREZ</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• A solubilidade foi determinada com base na diferença de massa inicial e final em percentagem após imersão em água destilada. O selamento apical foi avaliado usando o método de filtração de fluido.</li></ul>	ISO4049E	<b>Quanto à micro-infiltração:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• foi menor no grupo <b>AH Plus</b> (0,35 ± 0,47) e maior no grupo Sealapex (1,88 ± 0,69).</li></ul> <b>Quanto à absorção de água:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• EndoREZ exibiu a maior (4,18%), seguido por iRoot SP (3,92%), Sealapex (1,70%) e AH Plus (0,30%).</li></ul> <b>Quanto à solubilidade:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Sealapex (4,44%)</li><li>• AH Plus (1,37%)</li><li>• iRoot SP (0,90%)</li><li>• EndoREZ (0,79%).</li></ul>



Faria-Junior et al. 2013 (14)	Avaliar o pH e a solubilidade do AH Plus, Sealer 26, Epiphany SE, Sealapex, Activ GP, MTA Fillapex (MTA-F) e um Sealer experimental à base de MTA (MTA-S).	3 amostras <ul style="list-style-type: none"><li>AH Plus</li><li>Sealape x</li><li>MTA Fillapex</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>A solubilidade foi determinada com base na diferença de massa inicial e final em percentagem após imersão em água destilada.</li></ul>	ISO 6876:2012	<b>Quanto à solubilidade:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>AH Plus = <math>0.23 \pm 0.17\%</math></li><li>Sealapex = <math>13,42\%</math></li><li>MTA Fillapex = <math>16.15 \pm 2.29\%</math></li></ul>
Amoroso - Silva et al. 2014 (15)	Analisar a qualidade da obturação e as propriedades físicas dos cimentos MTA Fillapex e AH Plus.	2 amostras <ul style="list-style-type: none"><li>AH Plus</li><li>MTA Fillapex</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>Microscópio eletrónico</li><li>A solubilidade foi determinada com base na diferença de massa inicial e final em percentagem após imersão em água destilada.</li></ul>	ISO 6876:2012	<b>Quanto à solubilidade:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>AH Plus <math>0,20 \pm 0,01\%</math></li><li>MTA Fillapex <math>14,22 \pm 1,41\%</math> que estava acima dos requisitos ANSI/ADA.</li></ul> <p>Quanto à fluidez e tempo de presa:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>O MTA Fillapex apresentou maiores valores de fluidez (<math>41,33 \pm 0,76</math>) mm e menor tempo de presa de (<math>300 \pm 3,00</math>) minutos, em comparação com o AH Plus (<math>34,4 \pm 4,3</math>) mm e tempo de presa de (<math>1337 \pm 15,28</math>) minutos.</li></ul>
Prullage et al. 2016 (21)	O objetivo foi comparar a solubilidade, radiopacidade e tempos de presa de um cimento contendo silicato tricálcico	3 amostras <ul style="list-style-type: none"><li>AH Plus</li><li>MTA Fillapex</li><li>BioRoot RCS</li></ul>	A solubilidade foi determinada com base na diferença de massa inicial e final em percentagem após imersão em água destilada.	ISO 6876/2012 modificado	<b>Quanto à solubilidade:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>AH Plus = <math>0.22 \pm 0.01\%</math></li><li>MTA Fillapex = <math>0.45 \pm 0.06\%</math></li><li>BioRoot RCS = <math>1.17 \pm 0.18\%</math></li></ul>

	(BioRoot RCS) e um cimento de agregado de trióxido mineral (MTA Fillapex), com um cimento à base de resina epóxi (AH Plus)				
Siboni et al. 2017 (16)	Avaliar as propriedades químicas e físicas de um cimento de silicato tricálcico (BioRoot RCS), um cimento de silicato de cálcio à base de MTA (MTA Fillapex), um cimento tradicional contendo eugenol (Pulp Canal Sealer) e um cimento à base de resina epóxi (AH Plus).	3 amostras <ul style="list-style-type: none"> <li>• AH Plus</li> <li>• MTA Fillapex</li> <li>• BioRoot RCS</li> </ul>	A solubilidade foi determinada com base na diferença de massa inicial e final em percentagem após imersão em água destilada.	ISO 6876:2012	<b>Quanto à solubilidade:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• AH Plus = 1.2 ± 0.3%</li> <li>• MTA Fillapex = 13.6 ± 1.2%</li> <li>• BioRoot RCS = 37.61 ± 3.2%</li> </ul>
Colombo et al. 2018 (17)	Comparar as propriedades biológicas e físico-químicas de cimentos endodônticos biocerâmicos, à base de hidróxido de cálcio, à base de MTA e à base de resina epóxi.	6 amostras <ul style="list-style-type: none"> <li>• AH Plus</li> <li>• BioRoot RCS</li> <li>• Total Fill BC Sealer</li> <li>• MTA Fillapex</li> <li>• Sealapex</li> </ul>	A solubilidade foi determinada com base na diferença de massa inicial e final em percentagem após imersão em água destilada.	ISO 6876:2012	<b>Quanto à solubilidade:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• AH Plus = 0.045%</li> <li>• BioRoot RCS = 11.5%</li> <li>• Total Fill BC Sealer = 13.12%</li> <li>• MTA Fillapex = 1.76%</li> <li>• Sealapex = 0.94% (0.13)</li> </ul>
Mendes et al. 2018 (12)	Avaliar as propriedades físico-químicas de um cimento à base de silicato de cálcio (Sealer	3 amostras <ul style="list-style-type: none"> <li>• AH Plus</li> <li>• Sealer Plus BC</li> </ul>	A solubilidade foi determinada com base na diferença de massa inicial e final em percentagem após imersão em água destilada.	ISO 6876:2012	<b>Quanto à solubilidade:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• AH Plus = 0.1±0.0004%</li> <li>• Sealer Plus BC = 17±0.0039%</li> </ul>

	Plus BC) em comparação com um cimento de resina epóxi (AH Plus).				
Urban et al. 2018 (18)	O objetivo deste estudo foi comparar a solubilidade e a mudança no pH de um cimento contendo silicato tricálcico (BioRoot RCS [BR]), um cimento contendo agregado de trióxido mineral (MTA Fillapex) e cimento à base de resina epóxi (AH Plus).	3 amostras <ul style="list-style-type: none"> <li>• AH Plus</li> <li>• MTA Fillapex</li> <li>• BioRoot RCS</li> </ul>	A solubilidade foi determinada com base na diferença de massa inicial e final em percentagem após imersão em água destilada.	ISO 6876:2012	<b>Quanto à solubilidade:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>AH Plus</b> = <math>0.13 \pm 0.12\%</math></li> <li>• MTA Fillapex = <math>3.38 \pm 0.38\%</math></li> <li>• BioRoot RCS = <math>1.60 \pm 0.19\%</math></li> </ul>
Elyassi et al. 2019 (19)	O objetivo deste estudo foi avaliar 6 cimentos endodônticos diferentes, comparando a sua solubilidade em água durante um período de 4 semanas.	4 amostras <ul style="list-style-type: none"> <li>• AH Plus</li> <li>• BioRoot RCS</li> <li>• Total Fill</li> <li>• MTA Fillapex</li> </ul>	A solubilidade foi determinada com base na diferença de massa inicial e final em percentagem após imersão em água destilada.	ISO 6876:2012	<b>Quanto à solubilidade:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>AH Plus</b> = <math>0.0 \pm 0.0\%</math></li> <li>• BioRoot RCS = <math>13.1 \pm 7.7\%</math></li> <li>• Total Fill = <math>9.4 \pm 6.3\%</math></li> <li>• MTA Fillapex = <math>1.8 \pm 0.5\%</math></li> </ul>
Torres et al. 2019 (20)	O objetivo deste estudo foi avaliar as propriedades físicas de cimentos endodônticos (AH Plus, MTA Fillapex e Endofill).	3 amostras <ul style="list-style-type: none"> <li>• AH Plus</li> <li>• Endofill</li> <li>• MTA Fillade</li> </ul>	A solubilidade foi determinada com base na diferença de massa inicial e final em percentagem após imersão em água destilada.	ISO 6876:2012	<b>Quanto à solubilidade:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>AH Plus</b> = <math>0.40 \pm 0.13\%</math></li> <li>• Endofill = <math>2.49 \pm 0.17\%</math></li> <li>• MTA Fillapex = <math>25.63 \pm 2.00\%</math></li> </ul>

Tabela 3 principais resultados da pesquisa



## DISCUSSÃO

Os cimentos de obturação desempenham um papel crucial no sucesso a longo prazo do TENC. São utilizados para selar os espaços vazios no sistema de canais radiculares e obter um selamento hermético e estanque dos fluidos. Desta forma podem prevenir a invasão bacteriana e a sua atividade antibacteriana intrínseca reduz significativamente o número de bactérias remanescentes nos canais, o que, por sua vez, proporciona um sucesso previsível no tratamento endodôntico (22).

São classificados de acordo com os componentes químicos: à base de óxido de zinco-eugenol, hidróxido de cálcio, resina, ionómero de vidro, silicone e materiais biocerâmicos (23).

### i. Características dos cimentos à base de resina epóxi

Os cimentos à base de resina epóxi foram introduzidos na endodôntia por Schroeder (23,24) e são compostos de resinas epóxi de baixo peso molecular e aminas. São fixados por uma reação de adição entre grupos epóxido das resinas epóxi e aminas para formar polímeros (25).

O AH Plus foi usado como referência para comparação em todos os 11 estudos selecionados. Este cimento é frequentemente usado como material de comparação em pesquisas endodônticas por causa das suas propriedades de estabilidade dimensional a longo prazo, solubilidade reduzida, capacidade de selamento apical, microrretenção à dentina radicular e toxicidade relativamente baixa (26).

A composição do AH Plus é a seguinte:

- Dióxido de zircônio
- Silicato tricálcico
- Dimetil sulfóxido
- Carbonato de lítio
- Agentes espessantes

Segundo o fabricante o tempo de presa é de 2-4 horas, a fluidez é maior que 17 mm, a radiopacidade equivale a 3 mm de alumínio e a solubilidade é menor que 3% (9,24).

A polimerização do AH Plus ocorre pela ação de seus monômeros de poliamina (1-adamantano amina, N, N'-dibenzil-5-oxanonandiamina-1,9, TCD-Diamina). A taxa de polimerização, a densidade de reticulação e a morfologia da resina epóxi são modificadas pelo ciclo alifático dos grupos amina, que formam ligações covalentes com os grupos epóxido quando o diepóxido da resina e as pastas de poliamina são misturados. Cada grupo amina tem a capacidade de reagir com um grupo epóxido, resultando num polímero altamente reticulado com alto grau de resistência e rigidez (11).

## ii. Características dos cimentos biocerâmicos

Os cimentos Biocerâmicos apareceram há trinta anos na área da endodôntia, no entanto a sua utilização exponencial nestes últimos anos, advém da evolução da tecnologia biocerâmica nas áreas da Medicina e Medicina Dentária. São materiais cerâmicos projetados especificamente para uso médico e odontológico. Incluem alumina, óxido de zircônio, vidro bioativo, vitrocerâmica, hidroxiapatita, fosfatos de cálcio, silicato de cálcio. (15)

A classificação de materiais biocerâmicos em materiais bioativos ou bio inertes é uma função da sua interação com o tecido vivo circundante. Materiais bioativos, como vidro e fosfato de cálcio, interagem com o tecido circundante para estimular o crescimento. Materiais bio inertes, como zircônio e alumina, produzem uma resposta insignificante do tecido circundante, não tendo efetivamente nenhum efeito biológico ou fisiológico. (22)

Os materiais bioativos são ainda classificados de acordo com a sua estabilidade, como degradáveis ou não degradáveis. As biocerâmicos são comumente usados para tratamentos ortopédicos, como substituição de articulações ou tecidos, e para revestimento de metais em implantes para melhorar a biocompatibilidade. Além disso, cerâmicas porosas, como materiais à base de fosfato de cálcio, têm sido usadas como substitutos de enxertos ósseos (23).

As principais vantagens associadas ao uso de materiais biocerâmicos como cimentos de obturação do sistema de canais radiculares são; a biocompatibilidade e o conteúdo em fosfato de cálcio, que promove uma composição química e estrutura cristalina semelhante aos materiais de hidroxiapatita dos dentes e do osso, melhorando assim a adesão do cimento à dentina radicular (12). O que pode ser uma desvantagem em caso de necessidade de retratamento endodôntico (23,27).

Os cimentos de obturação à base de materiais biocerâmicos, devem ter as seguintes características(23,28):

- Ser pegajosos quando misturados para fornecer boa adesão entre eles e a parede do sistema dos canais radiculares.
- Devem promover um selamento hermético.
- Devem ser radiopacos para que possam ser visualizados na radiografia.
- As partículas de pó devem ser muito finas para misturar facilmente com líquidos.
- Não devem encolher ao endurecer.
- Não devem manchar a estrutura dentária.
- Devem ser bacteriostático ou pelo menos não estimular o crescimento bacteriano.
- Devem endurecer lentamente.
- Devem ser insolúveis nos fluidos tecidulares.
- Devem ser bem tolerados pelo tecido periapical.
- Devem ser solúveis em solventes comuns se for necessária a sua remoção.

Os cimentos biocerâmicos avaliados nesta revisão são os seguintes:

- BioRoot RCS (Septodont, França): pó de silicato tricálcico e óxido de zircônio + solução aquosa líquida de cloreto de cálcio.
- iRoot SP/ EndoSequence BC/ Total Fill BC: óxido de zircônio, silicatos de cálcio, fosfato de cálcio, hidróxido de cálcio, agentes espessantes. Os quatro são o mesmo cimento, comercializados com nomes diferentes, do mesmo fabricante (Innovative Bioceramix, Canada).
- Endoseal MTA (Maruchi, Korea): silicatos de cálcio, aluminatos de cálcio, sulfato de cálcio, radiopacificador, agentes espessantes.

- MTA Fillapex (Angelus, Londrina, Brazil): resina natural, sílica nanoparticulada, resina de salicilato, partículas de resina em diluição de MTA, óxido de bismuto. Foi um dos primeiros verdadeiros cimentos biocerâmicos no mercado.

Alguns também utilizaram o Sealapex (Sybron-Kerr, Romulus, MI, USA). Este é um cimento à base de hidróxido de cálcio com a seguinte composição: resina de salicilato de isobutil, resina de N-etiltoluenossulfonamida, trióxido de bismuto, dióxido de silício, óxido de zinco, dióxido de titânio, pigmento de óxido de cálcio. Embora não sejam estes tipos de cimentos objetivos deste estudo, foram igualmente analisados na discussão.

### iii. Parâmetros ANSI/ADA, ISO 6876/2012 e ISO4049E.

A solubilidade é a perda de massa de um material durante um período de imersão em água. Um cimento de obturação endodôntico altamente solúvel permite a formação de lacunas dentro e entre o material e a dentina radicular, proporcionando assim vias de infiltração da cavidade oral e tecidos periapicais. De acordo com as especificações ISO 6876:2012 e ANSI/ADA nº57, a solubilidade não deve exceder 3% do peso inicial do cimento (24,26).

### iv. Comparação dos resultados da solubilidade entre os estudos

Nove dos onze artigos selecionados concluíram que o cimento à base de silicato de cálcio tem valores de solubilidade fora dos padrões aceites pelo ANSI/ADA, ou seja, bastante mais elevados. Ao contrário dos valores apresentados pelas resinas epóxi, que são as que tem os valores mais baixos (12–20).

No entanto nos ensaios realizados por Borges et al. e Prullage et al. não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas de acordo com os padrões ANSI/ADA) (13,21).

Ersahan e colegas em 2013 encontraram maior solubilidade no cimento à base de hidróxido de cálcio (Sealapex), fora dos standards ISO4049E, mas não nos cimentos à base de silicato

de cálcio (EndoREZ, iRootSP), os quais não tiveram percentagens estatisticamente diferentes do AH Plus (11).

O autor explica que a maioria dos estudos que examinam a estabilidade dos cimentos endodônticos têm analisado apenas a solubilidade medindo a perda de peso das amostras em termos de diminuição de massa após o armazenamento em água, sem levar em conta que as partículas de preenchimento podem ser “lixiviadas” das amostras durante o armazenamento em água e que a absorção de água pode compensar o material dissolvido. Por essas razões, os testes de sorção de água e solubilidade realizados no seu estudo seguiram os procedimentos estabelecidos no padrão ISO 4049E, que é mais apropriado do que a especificação ANSI/ADA da American Dental Association 57 e o padrão ISO 6876 para avaliar os cimentos.

Além disso, ele explica que 24 horas é um período insuficiente para testar sorção e solubilidade. Deve-se notar que, como as amostras neste estudo foram expostas a grandes quantidades de água destilada, o efeito osmótico teria aumentado a absorção de água e a solubilidade das amostras num grau maior do que pode ser encontrado em qualquer situação clínica (ou seja, tecidos periapicais) (11).

O estudo de Prullage e colegas também obteve resultados similares na solubilidade do AH Plus e do Bio Root RCS. Este estudo, como o anterior de Ersahan, modificou ligeiramente os protocolos de teste padronizados. Os testes de solubilidade realizados no presente estudo seguiram em grande parte a metodologia da ISO 6876:2012. No entanto, embora a perda de peso dos corpos de prova tenha sido registada pela determinação do declínio da massa das amostras de cimento após o armazenamento nos diferentes líquidos, a ISO 6876:2012 exige que o aumento de peso do prato em que as amostras foram colocadas (método do resíduo) deve ser verificada como a quantidade de material removido das amostras. Os espécimes foram pesados para evitar uma subestimação do material entrando em solução. Por exemplo, é bem conhecido que quando o método do resíduo é aplicado a cimentos de óxido de zinco-eugenol, o eugenol, o principal consistente do eluato, é perdido por volatilização durante o curso da evaporação e, portanto, não é estimado. Portanto, medir as diferenças de peso das amostras também pode registrar processos de desintegração que podem não ser o resultado da dissolução (21).

Elyassi et al. obteve os resultados após 1 mês de imersão das amostras na solução salina. Uma descoberta interessante foi que o MTA Fillapex, apesar de atender ao requisito ISO em 24 horas, não o fazia após 1 semana. Isso aponta para uma limitação óbvia da especificação ISO atual para avaliar os cimentos do canal radicular. Estender o tempo de teste corresponderia a um cenário clinicamente mais relevante que também melhoraria a nossa capacidade de discriminar a qualidade dos materiais de acordo com a sua solubilidade (19).

Outra limitação importante da especificação ISO é que o teste é realizado em condições extremas e não realistas (ou seja, imitando o ambiente clínico). Os discos de amostra têm uma grande área de contato com o ambiente de teste. Clinicamente, os cimentos são colocados dentro do espaço do canal radicular, e o ambiente húmido ao qual eles são expostos corresponde à parede dentinária com seus túbulos e fluidos e também aos forames apicais que conectam o cimento à região periapical. Os “lixiviados” podem migrar através dos túbulos e dos forames apicais enquanto criam porosidades dentro do material. No entanto, existe uma diferença notável entre o modelo ISO atual e a realidade in vivo em termos de dimensões espaciais. Poderíamos estimar que os espécimes no teste ISO têm uma superfície 20 vezes maior do que o cimento exposto dentro dos canais. Isso ilustra o facto de que o modelo ISO atual não é representativo da situação clínica (11,21).

#### v. Solubilidade do Sealapex

Os estudos que comparam o cimento à base de hidróxido de cálcio (em todos o Sealapex) verificaram que, uma vez endurecido, tem uma matriz malformada e um grau de solubilidade muito alto. A alta solubilidade do Sealapex encontrada, pode ser explicada pelo facto de que a entrada contínua de água prolonga a reação entre o pó e o aglutinante, libertando assim iões  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{OH}^-$  adicionais e aumentando ainda mais a porosidade e, portanto, a solubilidade ao longo do tempo (11,13,14). Mas contrariamente em 2018 no estudo que realizaram, Colombo e colegas encontraram valores de solubilidade para o Sealapex <3%. Segundo os autores essa discrepância entre os achados desses estudos pode ser atribuída a variações nos métodos usados para secar as amostras após submetê-las aos testes de solubilidade. (17,29)

A solubilidade é considerada deletéria para um cimento, mas os cimentos de silicato di e tricálcico formam hidróxido de cálcio durante a presa. O BioRoot RCS exibiu a formação de hidróxido de cálcio no início do processo de presa, enquanto o MTA Fillapex não. Assim, BioRoot RCS provavelmente promove bioatividade e, portanto, a libertação de iões  $\text{OH}^-$  e  $\text{Ca}^{2+}$  é necessária e está relacionada com a capacidade de solubilidade desses materiais. Foi demonstrado para os cimentos de silicato de cálcio que materiais com maior solubilidade tiveram maior libertação de  $\text{OH}^-$  e  $\text{Ca}^{2+}$  (13,17). Assim, a maior solubilidade dos cimentos biocerâmicos pode ser explicada pela libertação de iões de cálcio (13,17,21,27).

No estudo de Faria-Júnior e colegas, quatro dos materiais avaliados – Sealer 26, Sealapex, MTA Fillapex e MTA-S – promoveram elevação significativa do pH, mas nenhum foi capaz de eliminar completamente as bactérias do biofilme. Apenas o Sealapex e MTA Fillapex foram capazes de reduzir significativamente o número de colónias por ml entre as 5 e 15h (9).

#### vi. Libertação de iões de $\text{Ca}^{2+}$

Todos os estudos que mediram a libertação de iões de  $\text{Ca}^{2+}$  concordaram no facto de que os cimentos biocerâmicos libertavam mais iões do que o AH Plus, Sealapex e MTA Fillapex (7,13,15).

Sabe-se que a libertação de  $\text{Ca}^{2+}$  dos cimentos biocerâmicos pode favorecer a sua capacidade de formar depósitos de apatite altamente biocompatíveis in vitro. No entanto, a incapacidade desses cimentos de endurecer, combinada com um estágio de presa e de troca iônica de longa duração, resultaria num ambiente cronicamente alcalino na interface entre o cimento e a dentina com o risco de “condicionamento alcalino excessivo”, que pode afetar a criação de qualquer interface estável. Além disso, o alto pH pode ter efeitos deletérios na integridade radicular, afetando a resistência à flexão da dentina radicular e, consequentemente, aumentando o risco de fratura radicular. Além disso, sabe-se que o processo de dissolução em andamento com os “lixiviados” resultantes se traduz numa reação citotóxica dos tecidos circundantes (19,27).

## CONCLUSÕES

- Todos os estudos que seguiram os critérios ISO 6876:2012 sem modificações obtiveram maiores resultados de solubilidade nos cimentos biocerâmicos do que nos cimentos à base de resina epóxi.
- Todos os estudos concluíram que os cimentos biocerâmicos tinham maior libertação de iões de  $\text{Ca}^{2+}$  do que os à base de resinas epóxi. Esta pode ser a razão do facto dos cimentos biocerâmicos parecerem mais solúveis.
- Os fatores encontrados que limitam os resultados da solubilidade foram os seguintes:
  - Alguns estudos avaliam a solubilidade dos cimentos calculando a perda média de peso dos espécimes do cimento antes e depois da imersão em água. Esta não é uma medida de solubilidade, mas sim uma medida de eluição. A medição das diferenças de peso das amostras pode registar processos de desintegração que podem não ser o resultado da dissolução. Por exemplo, as partículas de carga do material podem vazar durante a imersão.
  - A absorção de água pelos corpos de prova, resulta em um aumento “artificial” do peso dos corpos de prova e, portanto, em uma imprecisão do teste.
  - A secagem das amostras, que pode levar à evaporação de componentes voláteis do cimento.
  - Existe uma diferença notável entre o modelo ISO atual e a realidade in vivo em termos de dimensões espaciais. Isso ilustra o fato de que o modelo ISO atual não ser representativo da situação clínica.

Por isto tudo podemos considerar a hipótese formulada no início desta revisão como parcialmente rejeitada.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Fonseca DA, Paula AB, Marto CM, Coelho A, Paulo S, Martinho JP, et al. Biocompatibility of Root Canal Sealers: A Systematic Review of In Vitro and In Vivo Studies. *Materials*. 2019 Dec 9;12(24):4113.
2. Parirokh M, Torabinejad M, Dummer PMH. Mineral trioxide aggregate and other bioactive endodontic cements: an updated overview - part I: vital pulp therapy. *Int Endod J*. 2018 Feb;51(2):177–205.
3. Torabinejad M, Parirokh M, Dummer PMH. Mineral trioxide aggregate and other bioactive endodontic cements: an updated overview - part II: other clinical applications and complications. *Int Endod J*. 2018 Mar;51(3):284–317.
4. Rodríguez-Niklitschek C, Chuhuaicura P, Oporto GH. Antimicrobial Activity of Bioceramic Root Canal Sealers: A Systematic Review. *Int J Odontostomatol*. 2021 Jun 1;15:348–55.
5. Fernández R, Restrepo JS, Aristizábal DC, Álvarez LG. Evaluation of the filling ability of artificial lateral canals using calcium silicate-based and epoxy resin-based endodontic sealers and two gutta-percha filling techniques. *Int Endod J*. 2016 Apr;49(4):365–73.
6. Duarte MAH, Marciano MA, Vivan RR, Tanomaru Filho M, Tanomaru JMG, Camilleri J. Tricalcium silicate-based cements: properties and modifications. *Braz Oral Res* [Internet]. 2018 Oct 18 [cited 2023 May 7];32(suppl 1). Available from: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1806-83242018000500605&lng=en&tlng=en](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-83242018000500605&lng=en&tlng=en)
7. Gomes-Filho JE, Watanabe S, Cintra LTA, Nery MJ, Dezan-Junior E, Queiroz IOA, et al. Effect of MTA-based sealer on the healing of periapical lesions. *J Appl Oral Sci*. 2013;21(3):235.
8. Cavenago BC, Pereira TC, Duarte MAH, Ordinola-Zapata R, Marciano MA, Bramante CM, et al. Influence of powder-to-water ratio on radiopacity, setting time, pH, calcium ion release and a micro-CT volumetric solubility of white mineral trioxide aggregate. *Int Endod J*. 2014 Feb;47(2):120–6.
9. Candeiro GT de M, Lavor AB, Lima IT de F, Vasconcelos BC de, Gomes NV, Iglecias EF, et al. Penetration of bioceramic and epoxy-resin endodontic cements into lateral canals. *Braz Oral Res*. 2019;33:e049.
10. Formosa LM, Mallia B, Camilleri J. The effect of curing conditions on the physical properties of tricalcium silicate cement for use as a dental biomaterial: Effect of curing conditions on the physical properties of tricalcium silicate cement. *Int Endod J*. 2012 Apr;45(4):326–36.
11. Ersahan S, Aydin C. Solubility and apical sealing characteristics of a new calcium silicate-based root canal sealer in comparison to calcium hydroxide-, methacrylate resin- and epoxy resin-based sealers. *Acta Odontol Scand*. 2013 Jan;71(3–4):857–62.

12. Mendes AT, Silva PB da, Só BB, Hashizume LN, Vivan RR, Rosa RA da, et al. Evaluation of Physicochemical Properties of New Calcium Silicate-Based Sealer. *Braz Dent J.* 2018 Dec;29(6):536–40.
13. Borges RP, Sousa-Neto MD, Versiani MA, Rached-Júnior FA, De-Deus G, Miranda CES, et al. Changes in the surface of four calcium silicate-containing endodontic materials and an epoxy resin-based sealer after a solubility test: Solubility of root canal filling materials. *Int Endod J.* 2012 May;45(5):419–28.
14. Faria-Júnior NB, Tanomaru-Filho M, Berbert FLCV, Guerreiro-Tanomaru JM. Antibiofilm activity, pH and solubility of endodontic sealers. *Int Endod J.* 2013 Aug;46(8):755–62.
15. Amoroso-Silva PA, Guimarães BM, Marciano MA, Duarte MAH, Cavenago BC, Ordinola-Zapata R, et al. Microscopic analysis of the quality of obturation and physical properties of MTAFillapex: Obturation Quality Of Mta Fillapex. *Microsc Res Tech.* 2014 Dec;77(12):1031–6.
16. Siboni F, Taddei P, Zamparini F, Prati C, Gandolfi MG. Properties of BioRoot RCS, a tricalcium silicate endodontic sealer modified with povidone and polycarboxylate. *Int Endod J.* 2017 Dec;50:e120–36.
17. Colombo M, Poggio C, Dagna A, Meravini M, Riva P, Trovati F, et al. Biological and physico-chemical properties of new root canal sealers. *J Clin Exp Dent.* 2018;0–0.
18. Urban K, Neuhaus J, Donnermeyer D, Schäfer E, Dammaschke T. Solubility and pH Value of 3 Different Root Canal Sealers: A Long-term Investigation. *J Endod.* 2018 Nov;44(11):1736–40.
19. Elyassi Y, Moinzadeh AT, Kleverlaan CJ. Characterization of Leachates from 6 Root Canal Sealers. *J Endod.* 2019 May;45(5):623–7.
20. Torres FFE, Guerreiro-Tanomaru JM, Bosso-Martelo R, Espir CG, Camilleri J, Tanomaru-Filho M. Solubility, Porosity, Dimensional and Volumetric Change of Endodontic Sealers. *Braz Dent J.* 2019 Jul;30(4):368–73.
21. Prüllage RK, Urban K, Schäfer E, Dammaschke T. Material Properties of a Tricalcium Silicate-containing, a Mineral Trioxide Aggregate-containing, and an Epoxy Resin-based Root Canal Sealer. *J Endod.* 2016 Dec;42(12):1784–8.
22. Lin GSS, Chan DZK, Leong JZ, Kan IZ, Xuan WM, Tee V. Dentinal tubule penetration of bioceramic-based versus epoxy resin-based root canal sealers: a systematic review and meta-analysis. *G Ital Endodonzia* [Internet]. 2022 Jul 1 [cited 2023 Mar 9];36(2). Available from: <https://www.giornaleitalianoendodonzia.it/gie/article/view/317>
23. AL-Haddad A, Che Ab Aziz ZA. Bioceramic-Based Root Canal Sealers: A Review. *Int J Biomater.* 2016;2016:1–10.
24. Lee JK, Kwak SW, Ha JH, Lee W, Kim HC. Physicochemical Properties of Epoxy Resin-Based and Bioceramic-Based Root Canal Sealers. *Bioinorg Chem Appl.* 2017;2017:1–8.

25. Komabayashi T, Colmenar D, Cvach N, Bhat A, Primus C, Imai Y. Comprehensive review of current endodontic sealers. *Dent Mater J*. 2020 Sep 28;39(5):703–20.
26. Silva EJNL, Cardoso ML, Rodrigues JP, De-Deus G, Fidalgo TK da S. Solubility of bioceramic- and epoxy resin-based root canal sealers: A systematic review and meta-analysis. *Aust Endod J*. 2021 Dec;47(3):690–702.
27. Al-Sanabani JS, Madfa AA, Al-Sanabani FA. Application of Calcium Phosphate Materials in Dentistry. *Int J Biomater*. 2013;2013:876132.
28. Altan H, Göztaş Z, İnci G, Tosun G. Comparative evaluation of apical sealing ability of different root canal sealers. *Eur Oral Res*. 2018 Sep;52(3):117–21.
29. Francisconi LF, de Freitas AP, Scaffa PMC, Mondelli RFL, Francisconi PAS. WATER SORPTION AND SOLUBILITY OF DIFFERENT CALCIUM HYDROXIDE CEMENTS. *J Appl Oral Sci*. 2009 Oct;17(5):427–31.



