



CATÓLICA
FACULDADE DE MEDICINA DENTÁRIA

UISEU

Efeito antimicrobiano e estrutural de diferentes soluções desinfetantes nos cones de gutta- percha: revisão sistemática

Dissertação apresentada à Universidade Católica Portuguesa para obtenção
do grau de Mestre em Medicina Dentária

Por:

Francisco Miguel Nolasco Pereira

Viseu, 2023



CATÓLICA
FACULDADE DE MEDICINA DENTÁRIA

ISEU

Efeito antimicrobiano e estrutural de diferentes soluções desinfetantes nos cones de gutta- percha: revisão sistemática

Dissertação apresentada à Universidade Católica Portuguesa para obtenção
do grau de Mestre em Medicina Dentária

Por:

Francisco Miguel Nolasco Pereira

Orientadora: Professora Doutora Rita Noites

Coorientadora: Professora Doutora Ana Sofia Duarte

Viseu, 2023

Dedicatória

Aos meus Avós, Pais, Irmão, Primo e Tios.

Agradecimentos

À Professora Doutora Rita Noites, orientadora desta dissertação, pela ajuda, paciência, disponibilidade e acompanhamento constante demonstrado ao longo deste trabalho.

À Professora Doutora Ana Sofia Duarte, coorientadora desta dissertação, pelo seu contributo, sugestões e apoio prestados.

Ao meu binómio Luís, aos meus colegas de casa e ao meu amigo Tété pelos momentos partilhados.

À minha Família, pela paciência, compreensão, educação e valores que me transmitiram.

Ao meu Irmão Pedro Nolasco e ao meu Primo Afonso Pereira por toda a força, motivação, ternura e auxílio.

Resumo

Introdução: Os principais objetivos do tratamento endodôntico passam pela obturação hermética do sistema de canais radiculares e a sua desinfecção, dado que a presença de microrganismos revela-se o principal fator de infecção pós tratamento que determina o seu sucesso. Os cones de Gutta-percha (CGP) apresentam-se como o material de preenchimento radicular mais utilizado na área de endodontia até aos dias de hoje. Podem ser facilmente contaminados e devido às suas características termoplásticas, a desinfecção química torna-se uma alternativa essencial aos métodos térmicos convencionais de esterilização. Desta forma um desinfetante químico seguro que não altere a estrutura dos CGP e que seja eficaz na sua desinfecção deverá ser utilizado na prática clínica diária.

Objetivo: O propósito deste trabalho foi efetuar uma revisão do tipo sistematizado para avaliar o efeito das diferentes soluções desinfetantes na estrutura dos CGP.

Materiais e Métodos: A pesquisa eletrónica ocorreu na base de dados PubMed® e Web of Science® até 28 de Fevereiro de 2023. A seleção dos estudos foi realizada por dois investigadores independentes em concordância aos critérios de inclusão e exclusão.

Resultados: Realizada a pesquisa 112 artigos foram identificados. Com a eliminação dos duplicados permaneceram 88. Através da leitura do título e resumo, procedeu-se à eliminação de 73 artigos que não se encontravam em concordância com a temática e/ou não cumpriam os requisitos dos critérios de inclusão ou exclusão. O número resultante dos artigos para leitura integral e inclusão neste estudo foi de 15. A desinfecção rápida dos CGP com NaOCl, CHX a 2% e MTAD® é eficaz na eliminação de bactérias resistentes. A atividade antimicrobiana das soluções depende da sua duração de atuação, concentração e dos microrganismos contaminantes. Após a desinfecção, as soluções modificam a topografia dos CGP, devido à formação de resíduos que se depositam na sua superfície, os quais podem ser removidos com uma lavagem final de água destilada. Relativamente às propriedades físicas dos CGP, a sua rugosidade e elasticidade é também aumentada após a desinfecção. A utilização de NaOCl numa concentração de 5,25% pode causar alterações estruturais acentuadas nos CGP, nomeadamente a precipitação de cristais de cloreto de sódio, dissolução de alguns dos seus componentes e aumento elevado da sua elasticidade, o que prejudicará a vedação hermética da obturação.

Conclusão: A quantidade de cloro disponível no NaOCl é responsável pelos seus efeitos deteriorantes, portanto a aplicação de uma solução de baixa concentração ou CHX a 2% constituem uma alternativa mais segura para a rápida desinfecção dos CGP. De qualquer forma, é indispensável lavar os CGP, nomeadamente com água destilada a fim de evitar ou atenuar as modificações causadas pelos procedimentos de desinfecção.

Palavras-chave: Gutta-percha; Desinfecção; Descontaminação; ; Mudanças de superfície; Efeitos residuais

Abstract

Introduction: The main objectives of endodontic treatment are hermetic filling of the root canal system and its disinfection, given that the presence of microorganisms proves to be the main factor of post-treatment infection that determines its success. Gutta-percha cones (GPCs) are the most used root filling material in endodontics until today. They can be easily contaminated and due to their thermoplastic characteristics, chemical disinfection becomes an essential alternative to the conventional thermal sterilization methods. Therefore, a safe chemical disinfectant that doesn't change the GPCs structure and is effective in its disinfection must be used in daily clinical practice.

Objective: The purpose of this work was to carry out a systematized review to evaluate the effect of different disinfectant solutions on GPCs structure.

Methodology: The electronic search took place in PubMed® and Web of Science® databases until February 28th, 2023. The selection of studies was performed by two independent investigators in accordance with inclusion and exclusion criteria.

Results: After the search, 112 articles were identified. With the elimination of duplicates, 88 remained. By reading the title and abstract, 73 articles were eliminated that were not in agreement with the theme and/or did not meet the requirements of the inclusion or exclusion criteria. The resulting number of articles for full reading and inclusion in this study was 15. Rapid disinfection of GPCs with NaOCl, 2% CHX and MTAD® is effective in eliminating resistant bacteria. The antimicrobial activity of the solutions depends on their duration of action, concentration and contaminating microorganisms. After disinfection, the solutions modify the GPCs topography, due to the formation of residues that are deposited on their surface, which can be removed with a final wash with distilled water. Regarding the physical properties of GPCs, its roughness and elasticity are also increased after disinfection. The use of NaOCl at 5.25% concentration can cause marked changes in the GPCs, namely the precipitation of sodium chloride crystals, dilution of some of its components and an increase in its elasticity, which will impair the hermetic sealing of the obturation.

Conclusion: The amount of chlorine available in NaOCl is responsible for its deteriorating effects, so the application of a low concentration solution or 2% CHX is a safer alternative for the rapid disinfection of GPCs. In any case, it's essential to wash the GPCs, namely with distilled water in order to avoid or mitigate the changes caused by the disinfection procedures.

Keywords: Gutta-percha; Disinfection; Decontamination; Sterilization; Surface changes; Residual effects

Índice Geral

1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Etapas do tratamento endodôntico.....	3
1.2 Objetivos da obturação	3
1.3 Material de obturação ideal.....	4
1.4 Importância do estado de infecção canalar no momento da obturação	5
1.5 Etiologia do insucesso do tratamento endodôntico	6
1.6 Medidas de prevenção.....	6
1.7 Desinfecção dos CGP.....	7
1.8 Principais soluções desinfetantes	9
1.8.1 Hipoclorito de Sódio	9
1.8.2 Clorexidina	10
1.9 Objetivos.....	12
2. MATERIAIS E MÉTODOS.....	13
2.1 Revisão Sistemática	13
2.2 Questão de investigação.....	13
2.3 Base de dados e estratégia de pesquisa.....	13
2.4 Critérios de seleção	14
2.5 Extração de dados	15
3. RESULTADOS	16
3.1 Resultados da pesquisa.....	16
3.2 Comparação dos resultados.....	21
4. DISCUSSÃO.....	27
5. CONCLUSÃO	33
6. BIBLIOGRAFIA	34

Índice de Tabelas

Tabela 1: Divisão segundo o acrónimo PICO	13
Tabela 2: Equação de pesquisa utilizada na PubMed e Web of Science.....	14
Tabela 3: Critérios de Inclusão e Exclusão para a seleção dos estudos.....	14
Tabela 4: Artigos selecionados	17
Tabela 5: Extração de dados	18
Tabela 6: Alterações estruturais provocadas pelos diferentes desinfetantes.....	20

Índice de Figuras

Figura 1: Fluxograma de triagem e seleção de artigos	16
Figura 2: Número de artigos selecionados e ano de publicação.....	21
Figura 3: Número de CGP estudados em cada artigo	22
Figura 4: Número de utilizações dos desinfetantes.....	23
Figura 5: Número e tipo de testes que estudaram os efeitos da desinfecção dos CGP24	
Figura 6: Desinfetantes que provocaram mais alterações estruturais	25
Figura 7: Alterações estruturais provocadas por NaOCl a 5,25% mais frequentes	26

Lista de Abreviaturas

GP- Gutta-percha

CGP- Cones de gutta-percha

NaOCl- Hipoclorito de sódio

CHX- Clorexidina

pH- Potencial hidrogeniônico

PRISMA- Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analysis

MTAD- Mixture of doxycycline, citric acid, and a detergent

Octenisept- Combinação de octenidina e fenoxietanol

Qmix- Fórmula pré-misturada de um agente antimicrobiano bisbiguanida (2% CHX) e um agente quelante de cálcio de ácido poliaminocarboxílico (17% EDTA)

PAA- Ácido paracético

ChloraPrep- Combinação de CHX a 2% em álcool isopropílico a 70%

AgNPs- Nanopartículas de prata

GO- Óxido de grafeno

SEM- Scanning electron microscope

AFM- Atomic force microscopy

EDS- Energy dispersive spectroscopy

EAM- Elemental analysis machine

NaCl- Cloreto de sódio

1. INTRODUÇÃO

A gutta-percha (GP) é utilizada desde 1867 em função das suas propriedades que favorecem a obturação endodôntica (1).

Apresenta-se como o material de preenchimento radicular mais utilizado na área da endodontia até aos dias de hoje devido à sua biocompatibilidade, toxicidade mínima, estabilidade dimensional, plasticidade quando aquecida, facilidade de manipulação, radiopacidade e facilidade de remoção quando necessário (2-5).

No entanto, as suas desvantagens incluem a: impossibilidade de ser esterilizada através do calor, não aderir à dentina sem a utilização de um cimento e respetiva compactação, contrair ao arrefecer, ser passível de sofrer oxidação e de se tornar frágil quando exposta ao ar, à luz ou ao calor (3,6).

Consiste num polímero natural trans-1,4-poli-isopreno, obtido a partir da coagulação do látex produzido por árvores da família *Sapotaceae*, nomeadamente da espécie *Palaquium gutta* (3,5).

É menos elástica, mais dura e frágil que a borracha natural e apresenta-se em duas fases: cristalina alfa e cristalina beta (3). A fase alfa é a forma natural do material pela qual este é extraído da árvore e a fase beta é a forma processada e preparada comercialmente para a obturação dos canais radiculares (3).

A transformação das fases ocorre na estrutura cristalina do polímero durante a manipulação térmica (3,5). As fases diferem apenas na distância molecular e na forma de ligação simples (3,5).

Quando aquecida, em torno dos 46°C ocorre uma transição da fase beta para a fase alfa e dos 54°C aos 60°C passa à sua fase amorfa (3). Se arrefecida muito lentamente cristaliza-se na fase alfa e acima dos 64°C plastifica-se (3). O arrefecimento normal faz com que retorne à fase beta (3).

A fase alfa está associada a técnicas termoplásticas por não apresentar um índice de contração devido à sua consistência fluída e mole, ao contrário da fase beta, que é utilizada nas técnicas convencionais de compactação a frio, devido ao facto de possuir dureza, maior índice de contração e possibilidade de compactação (3,4).

Em termos gerais, a composição da GP de uso clínico aparenta ter aproximadamente 18% a 22% de polímero de GP e de 37% a 75% de óxido de zinco (1,3,5). Os 5% a 10% restantes consistem em várias formas de resina, ceras e sulfatos metálicos (1,3,5). As percentagens do componente maioritário podem variar de acordo com o fabricante (1,3,5). Como diferem na sua composição, podem diferir nas suas propriedades físicas, comportamento térmico e no seu efeito biológico (5). Normalmente os cones de gutta-percha (CGP) que possuem maior quantidade de componentes orgânicos (polímero de GP) apresentam melhor capacidade de termoplastificação (1).

Seria de extrema importância que os CGP usados para a obturação dos canais radiculares estivessem livres de microrganismos patogénicos porque o tratamento endodôntico é sobretudo um procedimento de descontaminação para prevenção da disseminação de microrganismos através dos canais radiculares e tecidos periapicais (7-11).

Embora os CGP sejam manufacturados sob condições assépticas, estes podem ser contaminados por aerossóis, devido a armazenamento impróprio e/ou manuseamento incorreto pelo operador (7,8,12-14).

Métodos de esterilização a quente não podem ser utilizados para promover a desinfeção dos CGP devido às propriedades termoplásticas dos mesmos por isso devem ser utilizados outros métodos como a imersão destes nos agentes químicos antimicrobianos utilizados durante o processo de irrigação (7-13).

Vários agentes químicos têm sido propostos para a desinfeção dos CGP incluindo hipoclorito de sódio (NaOCl), clorexidina (CHX), gluteraldeído, álcool, compostos de iodo e peróxido de hidrogénio (11,15). Não há, porém, consenso na literatura de qual o melhor agente (11,15).

O agente desinfetante deve ser o que possa ser utilizado na prática clínica diária, de atuação rápida sem modificar a estrutura dos CGP (11,15). Deve eliminar espécies bacterianas e também deverá criar dificuldades no estabelecimento de inter-relações entre diferentes microrganismos (11,15).

Caso os CGP sejam passíveis de sofrerem alterações morfológicas, após a desinfeção, a sua standardização não estará de acordo com a do preparo biomecânico previamente realizado.

1.1 Etapas do tratamento endodôntico

Shilder descreveu a importância da execução dos procedimentos "cleaning", "shaping" e "filling" durante o tratamento endodôntico (16).

O tratamento endodôntico é alcançado através destes três procedimentos que apresentam a mesma importância, iniciando-se pelo acesso adequado aos canais, continuando com a instrumentação, para que no final se realize uma obturação (17).

Limpeza ou "cleaning" refere-se à remoção de todo o substrato orgânico do sistema de canais radiculares e "shaping", à instrumentação, ou seja, ao desenvolvimento de uma forma adequada dentro de cada canal que está diretamente relacionada ao comprimento, posição e curvatura da raiz, para a recepção do material obturador, o que corresponde ao "filling" (18).

A instrumentação ou preparação mecânica ("shaping") irá facilitar a fase de desinfecção, limpeza ("cleaning") e de obturação ("filling") proporcionando uma ação eficiente dos irrigantes, ao longo de todo o canal e a criação de um espaço apropriado para a obturação ("filling") (18).

1.2 Objetivos da obturação

Uma vez concluída a limpeza e instrumentação procede-se à obturação com o intuito de se preencher e selar todo o canal preparado, o qual vai desde o orifício coronal até ao forame apical situado na junção cimento-dentinária do mesmo, sendo também importante reconhecer que este selamento desempenha um papel crucial no sucesso do tratamento (19,20).

A obturação é a etapa final do tratamento endodôntico e é conseguida pela introdução de um material de obturação radicular combinado com um cimento (11).

Uma correta obturação (19,20):

- Cria um bom selamento apical, coronal e lateral, eliminando os espaços do interior do canal;
- Previne a infiltração coronal de microrganismos ou nutrientes que potenciam o crescimento dos mesmos;
- Evita que fluidos periapicais ou periodontais se infiltrem nos canais radiculares e sirvam de nutrientes aos microrganismos;

- Elimina quaisquer microrganismos residuais que tenham sobrevivido às etapas de debridamento e desinfecção, a fim de prevenir a sua proliferação e patogenicidade.

Obturar significa então preencher o canal radicular com materiais inertes ou antissépticos, selar da maneira mais hermética possível e estimular o processo de reparação apical e periapical que deve ocorrer depois do tratamento endodôntico radical (17).

1.3 Material de obturação ideal

Além de uma instrumentação adequada, outro objetivo do tratamento endodôntico consiste em obter hermeticamente os canais radiculares (21). Assim sendo, a entrada de fluidos e microrganismos no espaço do canal e qualquer possível atividade microbiana dentro deste deverá ser eliminada ou pelo menos reduzida (21).

Os cimentos endodônticos são utilizados a fim de preencher espaços que possam existir na interface do material obturador ou dos cones de GP com as paredes dentinárias, preenchendo irregularidades ou lacunas presentes nos canais principais, laterais ou acessórios e servem, também, como lubrificantes durante o processo de obturação (3).

Segundo Grossman (22), as propriedades de um cimento ideal são:

- Exibir aderência nas paredes do canal após presa;
- Promover um selamento hermético;
- Possuir radiopacidade;
- Ser facilmente manipulável;
- Não sofrer contração;
- Não descolorar a estrutura dentária;
- Ser bacteriostático;
- Possuir um tempo de presa longo;
- Ser insolúvel;
- Ser biocompatível;
- Ser facilmente removido do canal caso seja necessário.

Embora, ao longo da história da endodontia tenha sido usada uma grande variedade de materiais principais (cones), a GP associada a um cimento revela-se como o material mais utilizado hoje em dia para a obturação de canais (3).

Desta forma, Grossman (22) estabeleceu que um material obturador ideal deve:

- Ser facilmente manipulável;
- Proporcionar longo tempo de trabalho;
- Ser dimensionalmente estável, sem sofrer contração após a sua inserção;
- Adaptar-se totalmente às paredes dos canais;
- Não ser irritante para os tecidos perirradiculares;
- Ser impermeável e não poroso;
- Não sofrer corrosão ou oxidação;
- Inibir o crescimento bacteriano;
- Ser radiopaco;
- Não descolorar o dente;
- Ser estéril;
- Ser facilmente removido do canal, se necessário

1.4 Importância do estado de infecção canalar no momento da obturação

Embora os agentes físicos e químicos possam causar patologias pulpares e perirradiculares, nomeadamente inflamação pulpar, os microrganismos e os seus produtos representam-se como o principal agente etiológico dessas lesões, pois tendem a manter o processo patológico durante mais tempo (23,24). Há um predomínio de anaeróbios estritos de natureza polimicrobiana nas infeções endodônticas, justificado pela existência de nutrientes e uma baixa concentração de oxigénio no interior dos canais radiculares (23,24).

As bactérias residuais que persistem após a preparação químico-mecânica e a medicação intracanal podem ter a capacidade de manter o processo inflamatório (25). Quando as bactérias se encontram no canal na fase de obturação, sofrem um efeito tóxico do material restaurador, perdem o acesso aos tecidos perirradiculares, aos nutrientes indispensáveis à sua sobrevivência permitindo a cura das lesões perirradiculares (25). Além disso, a resposta do hospedeiro à infecção é, também, um fator importante a ter em conta (25).

No entanto, alguns microrganismos poderão influenciar o resultado do tratamento endodôntico caso: apresentem resistência aos procedimentos de instrumentação e desinfecção, sobrevivam a uma escassez de nutrientes, possuam fatores de virulência, induzam danos aos tecidos perirradiculares e tenham acesso a estes (25).

1.5 Etiologia do insucesso do tratamento endodôntico

Uma série de fatores podem contribuir para o insucesso do tratamento endodôntico, destacando-se (3,26):

- O acesso insatisfatório à cavidade;
- Os canais não localizados (tanto o principal como os acessórios);
- Os acidentes e complicações ocorridas durante o tratamento (degraus, perfurações ou instrumentos fraturados);
- A preparação, instrumentação, obturação e restauração deficiente;
- As reabsorções, calcificações e microinfiltrações;
- A contaminação microbiana;
- A utilização de materiais irritantes aos tecidos periapicais;
- O extravasamento do material obturador do canal.

Os insucessos endodônticos estão associados, na maioria dos casos, à manutenção da infecção intra-radicular, ou infecções secundárias decorrentes de erros cometidos durante o tratamento endodôntico (26).

1.6 Medidas de prevenção

A presença de microrganismos dentro do canal é o principal fator de infecção pós-tratamento, por isso, o sucesso do tratamento endodôntico depende da eliminação ou redução significativa dos microrganismos do canal radicular pelo preparo biomecânico e o uso de técnicas assépticas durante o tratamento (11,12,14).

Para um controlo de infecção ideal deve-se ter cuidado durante o manuseamento dos instrumentos e materiais obturadores (12,14). Estes deverão encontrar-se estéreis de modo a evitar a infecção cruzada do canal radicular (12,14).

Para um tratamento bem sucedido sem que os microrganismos tenham acesso ao sistema de canais radiculares, é fundamental uma assepsia (prevenção) e antissepsia (redução/eliminação) adequadas (27,28). Quando inadequadas podem levar à contaminação e infecção do canal radicular e conseqüente falha no tratamento (27). A assepsia é definida como ausência de infecção e proteção do campo cirúrgico contra a contaminação (28).

O isolamento com dique de borracha é um pré requisito no tratamento endodôntico constituindo-se como uma barreira física que minimiza a contaminação salivar da câmara pulpar e canais radiculares (27,28). Além disso melhora a visibilidade, protege a cavidade oral e o trato respiratório de objetos estranho e produtos químicos (27,28).

A criação e manutenção de um campo asséptico durante o tratamento endodôntico não é apenas realizado pelo uso de dique de borracha (28). Os agentes antissépticos (desinfetantes) são indispensáveis para o controle de infecções e para alcançar um campo de atuação asséptico na endodontia (28).

1.7 Desinfecção dos CGP

Geralmente os CGP são adquiridos em embalagens estéreis, lacradas e apresentam potencial antimicrobiano devido ao seu componente de óxido de zinco, no entanto podem ser contaminados por manipulação, aerossóis e fontes físicas durante o processo de armazenamento (7,11,29,30).

Devido às características termoplásticas dos CGP, os processos convencionais de esterilização que utilizam calor húmido (autoclave) ou seco de altas temperaturas não podem ser utilizados porque irão alterar a sua estrutura, sendo assim necessária uma desinfecção química preferencialmente com os irrigantes utilizados durante a desinfecção dos canais radiculares, de rápida execução e que não modifique a sua estrutura (7,11,29,30).

Os irrigantes têm como objetivo mecânico retirar detritos, lubrificar o canal e dissolver o tecido orgânico e inorgânico (3). Biologicamente a sua função é produzir um efeito antimicrobiano (3).

O irrigante ideal deve (3):

- . Ser germicida e fungicida;
- . Permanecer estável em solução;
- . Produzir um efeito antimicrobiano prolongado;
- . Ser ativo na presença de derivados sanguíneos, séricos e proteicos dos tecidos;
- . Possuir baixa tensão superficial;
- . Ser capaz de inativação num meio de cultura;
- . Ser capaz de remover completamente a camada de *smear-layer*, desinfetar a dentina subjacente e os seus túbulos;
- . Ter uma aplicação conveniente;
- . Ser relativamente barato.

E não deve (3):

- . Ser irritante para os tecidos periapicais;
- . Interferir no reparo dos tecidos periapicais;
- . Manchar a estrutura dos dentes;
- . Induzir uma resposta imune celularmente mediada;
- . Ser antigênico, tóxico e carcinogénico para células teciduais circundando o dente;
- . Produzir efeitos adversos nas propriedades físicas da dentina exposta;
- . Ter efeitos adversos sobre a capacidade selante de materiais obturadores.

1.8 Principais soluções desinfetantes

1.8.1 Hipoclorito de Sódio

Durante a Primeira Guerra Mundial a solução de NaOCl a 0,5% foi eficazmente utilizada pela primeira vez como solução anti-séptica para limpeza e desinfecção de feridas (3,31).

Desde 1920 até à atualidade tem sido o principal irrigante na desinfecção de canais radiculares utilizado na área da Endodontia (31-34).

Apresenta como vantagens (3,31-34):

- Ser um excelente agente proteolítico e hemostático;
- Ter capacidade de dissolver tecido orgânico vital (menor) e necrótico (maior);
- Possuir forte e amplo espectro de atividade antimicrobiana (baseada no seu elevado pH de 11.8) contra bactérias Gram-positivas e Gram-negativas;
- Ser esporicida, viricida e antifúngico;
- Ser barato;
- Encontrar-se facilmente disponível;
- Ter um bom prazo de validade.

E como desvantagens (31,32,34):

- Provoca reações tecidulares quando injetado além do ápice radicular;
- Exerce efeitos deteriorantes nas propriedades químico-mecânicas da dentina;
- Apresenta citotoxicidade;
- Pode causar reações alérgicas;
- É extremamente corrosivo para os metais;
- Tem um sabor e odor bastante desagradável;
- É instável com o tempo, temperatura, exposição à luz, meio ambiente e pH mais baixo.

As concentrações das soluções de NaOCl para a desinfecção dos canais radiculares variam de 0,5% a 6% (3). Tem havido bastante controvérsia sobre a concentração ideal a ser utilizada e por isso ainda não foi possível definir uma que seja universalmente aceite (31,33). Enquanto que muitos autores recomendam uma concentração de 5,25%, outros optam por uma concentração mais baixa de 3% ou 0,5% (31).

A eficácia antibacteriana, a capacidade de dissolução tecidual e a toxicidade varia em função da sua concentração (33). Concentrações mais baixas como por exemplo de 0,5% ou 1% dissolvem maioritariamente tecido necrótico e as mais altas, embora permitam uma melhor dissolução tecidual, dissolvem tanto tecidos necróticos como vitais (3). Além disso, apesar de concentrações mais altas apresentarem um melhor efeito antibacteriano *in vitro*, a nível clínico a sua superioridade relativamente a concentrações mais baixas não foi conclusiva (3). Uma concentração de 5,25% tem o efeito colateral de diminuir significativamente o módulo de elasticidade e a resistência flexural da dentina, enquanto que uma solução de 0,5% não (3,33). A ação proteolítica do NaOCl na matriz de colagénio da dentina que faz com que perdas de cálcio, depende da sua concentração e do tempo de exposição (3,33). Por outro lado a redução da microbiota intracanal não é maior quando o NaOCl a 5,25% é usado em comparação com a concentração de 0,5% (33). Dado que a toxicidade é proporcional à concentração de NaOCl, uma abordagem alternativa a fim de diminuir o risco de toxicidade passa por aumentar a temperatura das soluções de NaOCl de baixa concentração, melhorando significativamente os seus efeitos antibacterianos e a sua dissolução dos tecidos (33).

Por fim o NaOCl é o agente desinfetante usado com mais frequência na terapia endodôntica para irrigação e também para desinfecção dos CGP (35).

1.8.2 Clorexidina

A CHX foi desenvolvida no final da década de 1940 e comercializada originalmente no Reino Unido como um creme antisséptico em 1953 (3,33,36). Embora tenha começado a ser utilizada para o tratamento de infeções e controlo da placa bacteriana, somente na década de 1970 é que a sua utilização se difundiu na Medicina Dentária (3,33,36).

Pertence à classe de fármacos designada de polibiguanídeos (3). É uma bis-guanida catiónica sintética constituída por dois grupos bis-guanida e dois anéis de 4-clorofenil simétricos ligados por uma cadeia de hexametileno (3).

É uma base fortemente básica mais estável na forma dos seus sais (3,32,33,36). Em 1957 os sais de acetato e de cloridrato que apresentavam solubilidade baixa foram substituídos pelo digluconato, o qual é facilmente solúvel em água e em pH fisiológico (3,32,33,36).

Devido à natureza catiónica da CHX, a sua carga positiva liga-se electrostaticamente às superfícies carregadas negativamente das bactérias, o que provoca uma alteração do equilíbrio osmótico e possibilita a entrada da molécula de CHX no seu interno celular (3,32). A CHX a 2% é bactericida pois ocorre a rutura da membrana citoplasmática que resulta na lise celular (3,32).

A sua atividade antimicrobiana e estabilidade dependente do pH é alcançada dentro de uma faixa de 5,5 a 7,0 (32,36). Pode ser encontrada na forma líquida ou em gel nas concentrações de 0,12% (colutório), 0,2% (aquosa), 0,5% (alcoólica) e de 2% (detergente) que corresponde à solução mais utilizada na irrigação e medicação do canal radicular (33,36).

A CHX tem a capacidade de reduzir e impedir a colonização bacteriana das paredes do canal radicular por longos períodos de tempo, mesmo após ser removida, ou seja, apresenta substantividade antimicrobiana que consiste numa ação residual em que os iões carregados positivamente da CHX são absorvidos pela dentina e depois libertados gradualmente (3,32).

Este efeito apresenta uma relação direta com a sua concentração, mas não com o seu modo de aplicação, portanto uma concentração mais elevada de CHX (2%) deve resultar numa maior resistência à colonização microbiana do que uma concentração menor (0,12%) (3,32).

É provavelmente o biocida mais utilizado na formulação de antissépticos destinados à lavagem das mãos e antissepsia da cavidade oral resultante de apresentar vantagens como (14,32,36,37):

- Amplo espectro e eficácia contra bactérias Gram-positivas e Gram-negativas, anaeróbios facultativos e estritos, leveduras e fungos (principalmente *Candida albicans*);
- É ativo contra alguns vírus (vírus respiratórios, herpes, citomegalovírus, HIV);
- Toxicidade relativamente baixa (hipoalergénico);

- Apresentar substantividade até 12 semanas na dentina (atividade antibacteriana residual).

Contudo apresenta como desvantagens (14,32,33,36,37):

- Incapacidade de dissolver tecido orgânico;
- Não ser esporicida (inibe apenas a formação de esporos);
- A sua atividade é limitada aos vírus que apresentem envelope lipídico, depende do pH e diminui com a presença de matéria orgânica e sangue;
- A sua combinação com NOCl causa alteração da cor do dente e forma um precipitado que pode interferir no selamento da obturação radicular;
- Em casos raros pode causar reações alérgicas como gengivite descamativa, descoloração dos dentes e da língua ou disgeusia.

Embora os resultados dos estudos que compararam o efeito antibacteriano de NaOCl e CHX sejam inconclusivos, as soluções quando usadas em concentrações idênticas apresentam efeitos antibacterianos *ex vivo* (na dentina infetada) e *in vivo* (no sistema de canais radiculares) semelhantes (32,37).

Desta forma, a eficácia do NaOCl e da CHX como substâncias químicas auxiliares e a sua ação como agentes desinfetantes dos CGP não acarretam custos adicionais aos clínicos, uma vez que se encontram facilmente disponíveis e são frequentemente utilizados durante o tratamento endodôntico (36).

1.9 Objetivos

O propósito deste trabalho foi efetuar uma revisão do tipo sistematizado para avaliar o efeito antimicrobiano e estrutural de diferentes soluções desinfetantes nos CGP e estudar o potencial de serem utilizadas na prática clínica diária.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Revisão Sistemática

Desde 1989, tem surgido um crescente aumento da revisão sistemática como metodologia de investigação assim como as suas respetivas recomendações (38).

Uma revisão sistemática tem o objetivo de tentar reunir todas as evidências empíricas que se encaixam em critérios de elegibilidade pré-especificados a fim de responder a uma questão de pesquisa específica, utilizando métodos explícitos e sistemáticos com o objetivo de minimizar o viés, fornecendo deste modo descobertas mais confiáveis permitindo tomar decisões e tirar conclusões (38).

2.2 Questão de investigação

O primeiro passo para desenvolver uma revisão sistemática consiste na formulação de uma questão de investigação de acordo com a metodologia PICO (Population, Intervention, Comparison, Outcome) (38).

Desta forma, a pergunta de investigação desenvolvida através da divisão do acrónimo PICO foi: Se a estrutura dos CGP (P), quando desinfetados com diferentes soluções (I), comparativamente com os CGP não desinfetados (C), se altera (Tabela 1).

Tabela 1: Divisão segundo o acrónimo PICO

Population	Intervention	Comparison	Outcome
Estrutura dos CGP desinfetados	Soluções desinfetantes	Estrutura dos CGP não desinfetados	Eventuais alterações estruturais dos CGP

2.3 Base de dados e estratégia de pesquisa

Após a formulação da questão de investigação, foi desenvolvido um protocolo de investigação seguindo as diretrizes presentes nas *guidelines* e *checklists* PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses) (39).

A pesquisa eletrônica iniciada a 1 de Novembro 2022 até 28 de Fevereiro de 2023 ocorreu em duas bases de dados (PubMed[®] e Web of Science[®]).

De forma a combinar os termos MeSH com as palavras pesquisáveis foram utilizados os termos booleanos “AND” e “OR” e definiu-se a equação de pesquisa: ("Disinfection" OR "Decontamination" OR "Sterilization") AND ("gutta percha" OR "gutta-percha" OR "gutta-percha cones" OR "gutta-percha points") AND ("surface changes" OR "residual effects" OR "effects" OR "effect") para ambas as bases de dados (Tabela 2).

Tabela 2: Equação de pesquisa utilizada na PubMed e Web of Science

Equação de Pesquisa
("Disinfection" OR "Decontamination" OR "Sterilization") AND ("gutta percha" OR "gutta-percha" OR "gutta-percha cones" OR "gutta-percha points") AND ("surface changes" OR "residual effects" OR "effects" OR "effect")

2.4 Critérios de seleção

Definiram-se critérios de inclusão e exclusão para a seleção dos estudos (Tabela 3).

Tabela 3: Critérios de Inclusão e Exclusão para a seleção dos estudos

Critérios de Inclusão	Critérios de Exclusão
Artigos escritos em Inglês ou Português	Artigos de Revisão
Estudos experimentais e observacionais	Artigos de opinião
Artigos que testem os efeitos da desinfecção dos CGP	Artigos que não incluam CGP
	Artigos que não estudem a topografia dos CGP

Inicialmente, excluíram-se os artigos duplicados e através da leitura dos títulos e resumos, realizada por dois investigadores independentes, os artigos que apresentavam palavras-chave e se coadunavam com os objetivos do trabalho foram escolhidos para leitura integral.

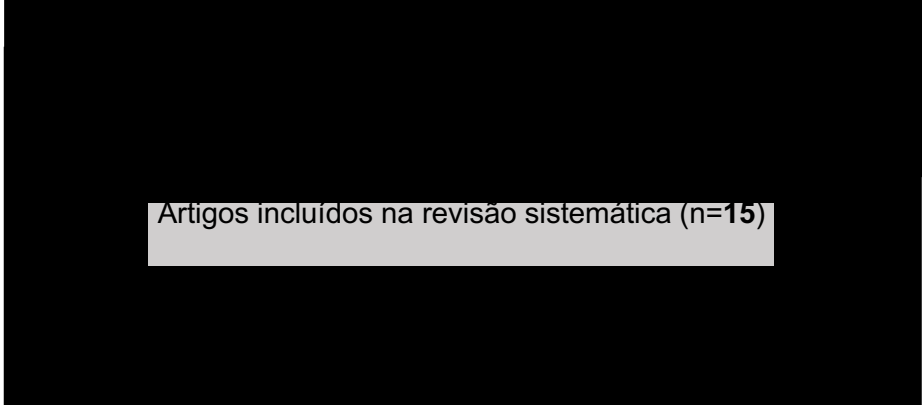
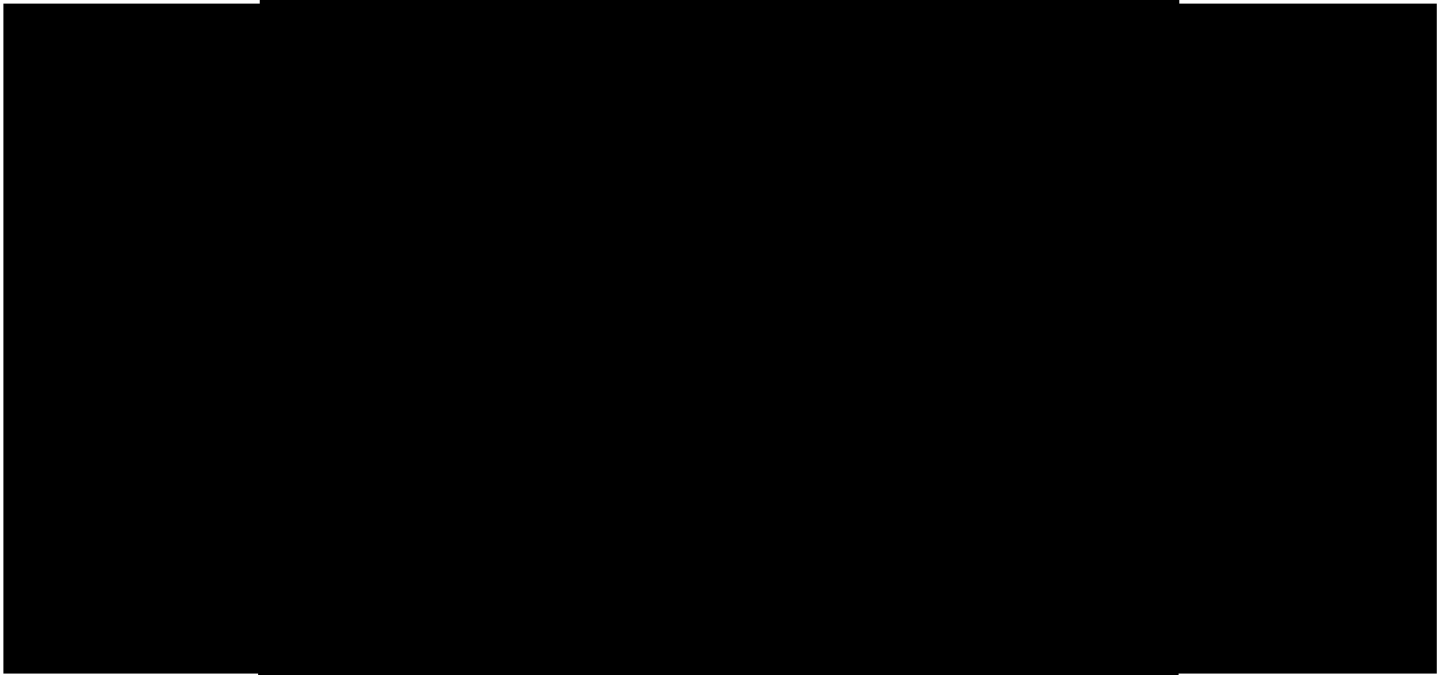
Posteriormente, procedeu-se à leitura integral e à eliminação dos artigos que não se encontravam em concordância com a temática e/ou não cumpriam os requisitos dos critérios de inclusão ou exclusão.

2.5 Extração de dados

A informação relevante dos artigos elegidos foi resumida e inserida individualmente em duas tabelas A tabela 4 composta por: 1) título, autor e respetivo ano de publicação; e a tabela 5 composta por 2) número e tamanho do CGP utilizados (amostra); 3) desinfetantes utilizados e tempo de desinfeção; 4) tipo de teste de análise da estrutura dos CGP e 5) resultados do estudo e principais conclusões.

3. RESULTADOS

3.1 Resultados da pesquisa



Artigos incluídos na revisão sistemática (n=15)

Realizada a pesquisa, 67 artigos foram identificados na PubMed[®]/MEDLINE[®] e 45 na Web of Science[®]. Os 112 artigos encontrados foram inseridos numa tabela de Microsoft[®] Excel[®]. Com a eliminação dos duplicados permaneceram 88. Através da leitura do título e resumo, procedeu-se à eliminação de 73 artigos que não se encontravam em concordância com a temática e/ou não cumpriam os requisitos dos critérios de inclusão ou exclusão. O número resultante dos artigos para leitura integral e inclusão neste estudo foi de 15 (Tabela 4).

Tabela 4: Artigos selecionados

Nº	Título	Autor	Ano
1	"Disinfection and surface changes of gutta-percha cones after immersion in sodium hypochlorite solution containing surfactant"	Vitali FC, Nomura LH, Delai D, Henriques DHN, Alves AMH, da Fonseca Roberti Garcia L, Bortoluzzi EA, Teixeira CS.	2019
2	"Disinfection of gutta-percha cones using three reagents and their residual effects"	Chandrappa MM, Mundathodu N, Srinivasan R, Nasreen F, Kavitha P, Shetty A.	2014
3	"Evaluation of residual antimicrobial effects and surface changes of gutta-percha disinfected with different solutions"	Sahinkesen G, Oktay EA, Er Ö, Koçak MM, Kiliç A.	2011
4	"Antimicrobial and structural effects of different irrigation solutions on gutta-percha cones"	Türker SA, Aslan MH, Uzunoglu E, Özçelik B.	2015
5	"Effects of short-term chemical disinfection of gutta-percha cones: identification of affected microbes and alterations in surface texture and physical properties"	Pang NS, Jung IY, Bae KS, Baek SH, Lee WC, Kum KY.	2007
6	"The importance of final rinse after disinfection of gutta-percha and Resilon cones"	Prado M, Gusman H, Gomes BP, Simão RA.	2011
7	"Structural effects of sodium hypochlorite solutions on gutta-percha cones: atomic force microscopy study"	Valois CR, Silva LP, Azevedo RB.	2005
8	"Effects of sodium hypochlorite on gutta-percha and Resilon cones: an atomic force microscopy and scanning electron microscopy study"	Topuz Ö, Sağlam BC, Sen F, Sen S, Gökağaç G, Görgül G.	2011
9	"Effect of disinfectant solutions on the surface free energy and wettability of filling material"	Prado M, de Assis DF, Gomes BP, Simão RA.	2011
10	"The crystallization of sodium hypochlorite on gutta-percha cones after the rapid-sterilization technique: an SEM study"	Short RD, Dorn SO, Kuttler S.	2003
11	"Effect of disinfection solutions on the adhesion force of root canal filling materials"	de Assis DF, do Prado M, Simão RA.	2012
12	"SEM evaluation of thermoplastic endodontic materials alterations after disinfection: a new experimental model"	Grecca FS, Porto M, Fontanella VR, Scarparo RK.	2011
13	"Evaluation of the efficacy of a novel disinfecting material on the surface topography of gutta-percha: An in vitro study"	Reddy KH, Chandran L, Mohan TM, Sudha K, Malini DL, Dominic B.	2023
14	"Comparative Evaluation of Surface Changes on Gutta-Percha Cones Treated With Different Herbal Disinfectants: A Scanning Electron Microscopic Study"	Gaware S, Meshram R, Sathawane N, Amburle R.	2022
15	"Effect of disinfectant solutions on gutta-percha and resilon cones"	Prado M, Gusman H, Gomes BP, Simão RA.	2012

Tabela 5: Extração de dados

Nº	Amostra	Desinfetantes e Tempo de Desinfecção	Teste	Resultados e Conclusões
1	120 CGP tamanho 80	-NaOCl a 1% durante 30s e 1 min. -NaOCl a 1% + surfactante (cetrimide) durante 30s e 1 min. -NaOCl a 5,25% durante 30s e 1 min. -NaOCl a 5,25% + surfactante (cetrimide) durante 30s e 1 min.	SEM	No período de 1 min. todas as soluções foram eficazes contra <i>E. faecalis</i> . No período de 30 segundos, apenas a solução de NaOCl a 5,25% foi eficaz. As soluções promoveram a formação de cristais de cloreto de sódio na superfície dos CGP, menos visíveis quando foi utilizado NaOCl a 1% associado ao surfactante. A adição de surfactante não afetou a capacidade de desinfecção das soluções.
2	280 CGP tamanho 80	-NaOCl a 5,25% durante 30s,1 min. e 5 min. -NaOCl a 5,25% durante 1 min + lavagem com água destilada -CHX a 2% durante 30s,1 min. e 5 min. -CHX a 2% durante 1 min + lavagem com água destilada -MTAD [®] durante 30s,1 min. e 5 min. -MTAD [®] durante 1 min + lavagem com água destilada	SEM	O MTAD foi o agente mais eficaz na eliminação de <i>E. faecalis</i> e <i>S. aureus</i> em todos os intervalos de tempo testados e a CHX a 2% o menos. Foram necessários 5 minutos para a desinfecção completa. O NaOCl a 5,25% foi a solução que originou mais resíduos/depósitos na estrutura dos CGP após 1 min. Os resíduos/depósitos foram removidos quando os CGP foram lavados com água destilada após o procedimento de desinfecção.
3	121 CGP tamanho 40 Foram cortados e analisados 10 mm da ponta de cada cone	-NaOCl a 5,25% durante 1,5 e 10 min. -NaOCl a 2,5% durante 1,5 e 10 min. -CHX a 2% durante 1,5 e 10 min. -Octenisept [®] a 0,05% durante 1,5 e 10 min.	SEM	Todas as soluções testadas foram eficazes contra <i>S.aureus</i> e <i>E.faecalis</i> . e não foram detetadas alterações da superfície dos CGP. A imersão dos CGP em CHX a 2% por um minuto foi o método mais eficaz para eliminar os microrganismos selecionados.
4	96 CGP tamanho 80	-NaOCl a 5,25% durante 5 e 10 min + lavagem com água destilada -CHX a 2% durante 5 e 10 min. + lavagem com água destilada -Qmix [®] durante 5 e 10 min. + lavagem com água destilada -PAA a 1% (ácido paracético) durante 5 e 10 min. + lavagem com água destilada	SEM EDS	Todas as soluções desinfetaram os CGP contaminados com <i>E.faecalis</i> nos períodos de tempo testados e não provocaram alterações da sua superfície. Apenas o PAA provocou um aumento da proporção de carbono nos CGP nos períodos de 5 e 10 min.
5	150	-NaOCl a 5,25% durante 1,5,10 e 30min. -CHX a 2% durante 1,5,10 e 30 min. -ChlorPrep durante 1,5,10 e 30 min.	SEM	Os três desinfetantes foram eficazes contra <i>Staphylococcus spp</i> , e a desinfecção de 1 minuto dos CGP foi suficiente. A desinfecção com NaOCl a 5,25% durante 5 min. originou um aglomerado de cristais cubóides na estrutura dos CGP. Todos os desinfetantes aumentaram significativamente a taxa de alongamento e a resistência à tração dos CGP, especialmente os que foram desinfetados com ChlorPrep durante 5 min.
6	56	-NaOCl a 5.25% durante 1 min. -NaOCl a 5.25% durante 1 min. + lavagem com água destilada -CHX a 2% durante 1 min. -CHX a 2% durante 1 min. + lavagem com água destilada - MTAD [®] durante 1 min. -MTAD [®] durante 1 min. + lavagem com água destilada	SEM EDS	Quando NaOCl 5,25% foi usado sem lavagem final, observou-se a presença de cristais de cloreto nos CGP. Quando a Clorexidina a 2% foi utilizada, não foram observadas alterações topográficas com ou sem lavagem. O uso do MTAD sem lavagem provocou alterações significativas na superfície dos CGP. A passagem final de água destilada após a desinfecção com NaOCl a 5,25% e MTAD foi necessário para remover o precipitado.

7	3 CGP tamanho 60 Foram cortados e analisados 3 mm da ponta de cada cone	-NaOCl a 0,25% durante 1 e 5 min. + lavagem com água ultrapura -NaOCl a 2,5% durante 1 e 5 min. + lavagem com água ultrapura -NaOCl a 5,25% durante 1 e 5 min. + lavagem com água ultrapura	AFM	A desinfecção com NaOCl a 5,25% durante 1min. provocou uma deterioração elevada da elasticidade do CGP. As soluções de NaOCl a 2,5% e 5,25% causaram mudanças topográficas após 5 min. A solução de NaOCl a 0,25% não alterou a topografia ou a elasticidade da estrutura do CGP.
8	6 CGP tamanho 30 Foram cortados e analisados 3 mm da ponta de cada cone	-NaOCl a 6% durante 1,5,10,20 e 30 min. + lavagem com água ultrapura	SEM AFM	As modificações superficiais observadas nos exames de SEM derivam dos processos de produção dos CGP, independentemente da solução e dos tempos de imersão testados. A solução de NaOCl a 6% não alterou significativamente a superfície dos CGP.
9	36 superfícies de CGP de tamanho médio	-CHX a 2% durante 1 min. + lavagem com água ultrapura -NaOCl a 5,25% durante 1 min. + lavagem com água ultrapura	Goniômetro Raméhart	As soluções aumentaram a energia livre de superfície, promovendo uma alta interação entre a gutta e os cimentos. O uso da CHX a 2% causou menores valores de ângulo de contacto do que NaOCl a 5,25%.
10	72 CGP tamanho 80	-NaOCl a 5,25% durante 1 min. -NaOCl a 2,5% durante 1 min. -NaOCl a 5,25% durante 1 min. + lavagem com álcool etílico a 96% -NaOCl a 2,5% durante 1 min. + lavagem com álcool etílico a 96% -NaOCl a 5,25% durante 1 min. + lavagem com álcool isopropílico a 70% -NaOCl a 2,5% durante 1 min. + lavagem com álcool isopropílico a 70% -NaOCl a 5,25% durante 1 min. + lavagem com água destilada -NaOCl a 2,5% durante 1 min. + lavagem com água destilada	SEM EAM	NaOCl a 2,5% originou menos e menores cristais de cloreto de sódio do que a concentração de 5,25%. O álcool etílico a 96%, o álcool isopropílico a 70% e a água destilada foram capazes de remover os cristais de cloreto que se formam nos CGP.
11	9 superfícies de CGP de tamanho médio	-NaOCl a 5,25% durante 1 min. + lavagem com água destilada durante 1 min. -CHX a 2% durante 1 min. + lavagem com água destilada durante 1 min.	AFM	O tratamento com NaOCl a 5,25% não influenciou a adesão dos CGP aos cimentos. Já a desinfecção com CHX a 2% aumentou a adesão dos materiais.
12	25 CGP tamanho 40 Foi cortado e analisado 1mm da ponta de cada cone	-NaOCl a 2,5% durante 10 min. + lavagem com água destilada -CHX a 2% durante 15 s. + lavagem com água destilada	SEM	A exposição dos CGP ao NaOCl a 2,5% resultou em irregularidades superficiais mais acentuadas do que à CHX a 2%.
13	48 CGP tamanho 30 6% taper Foram cortados e analisados 3 mm da ponta de cada cone	-NaOCl a 5,25% durante 1 min. + lavagem com água desionizada -70 µg/ml AgNPs (nanopartículas de prata) durante 1 min. + lavagem com água desionizada -80 µg/ml GO (óxido de grafeno) durante 1 min. + lavagem com água desionizada	AFM	Os CGP tratados com NaOCl a 5,25% apresentaram maiores alterações da superfície, quando comparados com AgNPs e GO.
14	28 CGP tamanho F3 protaper	-NaOCl a 5,25% durante 1 min. -Gel de Aloe vera a 96,30% durante 1 min. -Óleo de Capim limão a 100% durante 1 min.	SEM	O NaOCl a 5,25% e o Óleo de Capim limão causaram grandes alterações na superfície dos CGP . O gel de Aloe vera foi o desinfetante que causou menos alterações físicas e mecânicas.
15	9 CGP de tamanho médio	-NaOCl a 5,25% durante 1,3 e 6 min. + lavagem com água ultrapura -CHX a 2% durante 1,3 e 6 min. + lavagem com água ultrapura -MTAD® durante 1,3 e 6 min. + lavagem com água ultrapura	AFM	NaOCl a 5,25% e MTAD provocaram alterações locais na rugosidade superficial dos CGP. Nenhuma alteração local ou global foi observada quando a CHX a 2% foi utilizada.

Tabela 6: Alterações estruturais provocadas pelos diferentes desinfetantes

Nº	Desinfetantes que Causaram Alterações	Alterações Estruturais
1	-NaOCl a 1%; NaOCl a 1% + surfactante (cetrimide) -NaOCl a 5,25%; NaOCl a 5,25% + surfactante (cetrimide)	As soluções promoveram a formação de cristais de cloreto de sódio na superfície dos CGP, menos visíveis quando foi utilizado NaOCl a 1% associado ao surfactante.
2	-NaOCl a 5,25%; NaOCl a 5,25% + lavagem com água destilada -CHX a 2%; CHX a 2% + lavagem com água destilada -MTAD®; MTAD® + lavagem com água destilada	O NaOCl a 5,25% foi a solução que originou mais resíduos/depósitos na superfície dos CGP. Os resíduos/depósitos foram removidos quando os CGP foram lavados com água destilada.
5	-NaOCl a 5,25% -CHX a 2% -ChloraPrep	A superfície dos CGP imersos em CHX 2% e ChloraPrep apresentou um leve enrugamento e um padrão de encolhimento, enquanto que a adesão ou liberação de outros materiais não foi detetada. No entanto, os CGP imersos em NaOCl 5,25% apresentaram um precipitado com estrutura cristalina cúbica, em maior concentração nas áreas irregulares da superfície dos CGP, produtos da lise parcial de alguns dos seus componentes. Todos os desinfetantes aumentaram significativamente a taxa de alongamento e a resistência à tração dos CGP, especialmente os que foram desinfetados com ChloraPrep.
6	-NaOCl a 5,25%; NaOCl a 5,25% + lavagem com água destilada -MTAD®; MTAD® + lavagem com água destilada	Quando NaOCl a 5,25% foi usado sem lavagem final, observou-se a presença de cristais de cloreto nos CGP. Por outro lado, tais cristais foram removidos após lavagem com água destilada. O uso do MTAD sem lavagem provocou alterações significativas na superfície dos CGP. Quando a solução secou na superfície, formou-se uma camada que solidificou e modificou completamente a topografia devido à característica orgânica da solução. Após a lavagem essa camada foi removida. As análises não mostraram alteração significativa na composição dos CGP após a imersão do MTAD com e sem lavagem.
7	-NaOCl a 2,5% + lavagem com água ultrapura -NaOCl a 5,25% + lavagem com água ultrapura	As soluções de NaOCl a 2,5% e 5,25% aumentaram a elasticidade dos CGP e causaram mudanças topográficas. NaOCl a 5,25% provocou uma deterioração elevada da elasticidade. Já NaOCl a 2,5% não provocou danos estruturais. Portanto, NaOCl a 2,5% produz alterações físicas mínimas comparativamente a NaOCl a 5,25%.
10	-NaOCl a 5,25%; NaOCl a 5,25% + lavagem com álcool isopropílico a 70% ou álcool etílico a 96% ou água destilada -NaOCl a 2,5%; NaOCl a 2,5% + lavagem com álcool isopropílico a 70% ou álcool etílico a 96% ou água destilada	NaOCl a 2,5% originou menos e menores cristais de cloreto de sódio do que a concentração de 5,25%. O álcool etílico a 96%, o álcool isopropílico a 70% e a água destilada foram capazes de remover os cristais de cloreto que se formam nos CGP.
12	-NaOCl a 2,5% + lavagem com água destilada -CHX a 2% + lavagem com água destilada	A exposição dos CGP ao NaOCl a 2,5% resultou em irregularidades superficiais mais acentuadas do que à de CHX a 2%.
13	-NaOCl a 5,25% + lavagem com água desionizada -70 µg/ml AgNPs + lavagem com água desionizada -80 µg/ml GO + lavagem com água desionizada	A rugosidade superficial dos CGP aumentou após desinfeção com NaOCl a 5,25%. GO e AgNPs causaram menos alterações da superfície, ou seja, menor deterioração dos CGP que NaOCl a 5,25%.
14	-NaOCl a 5,25% -Gel de Aloe vera a 96,30% -Óleo de Capim limão a 100%	O NaOCl a 5,25% e o óleo de Capim limão causaram grandes alterações na superfície dos CGP, ligeiramente maiores no caso do óleo de capim-limão. A superfície ficou com um aspeto picado após a utilização de NaOCl a 5,25%. O gel de Aloe e vera foi o desinfetante que causou menos alterações físicas e mecânicas.
15	-NaOCl a 5,25% + lavagem com água ultrapura -MTAD® + lavagem com água ultrapura	NaOCl a 5,25% e MTAD provocaram alterações locais na rugosidade superficial dos CGP. No entanto, os aumentos e diminuições na rugosidade de algumas áreas resultaram numa inalteração da rugosidade global.

3.2 Comparação dos resultados

O artigo mais antigo selecionado foi publicado em 2003 e o mais recente em 2023 (Figura 2). Escolheram-se 5 artigos de 2011 e 2 de 2012 (Figura 2).



Figura 2: Número de artigos selecionados e ano de publicação

A quantidade de CGP utilizados em cada estudo variou significativamente, de 3 a 280 (Figura 3). Dos 15 estudos, 4 utilizaram menos de 10 cones, 7 utilizaram mais de 10 mas menos de 100 e os restantes 4, um número superior a 100 e inferior a 300 (Figura 3).



Figura 3: Número de CGP estudados em cada artigo

A desinfecção química mais utilizada foi a de NaOCl a 5,25% em 13 estudos, seguindo-se a CHX a 2% presente em 9 (Figura 4). O NaOCl a 2,5% foi estudado em 4 e o MTAD[®] em 3 (Figura 4). Os únicos compostos naturais estudados foram o Gel de Aloe vera e o Óleo de Capim limão em 1 artigo (Figura 4).

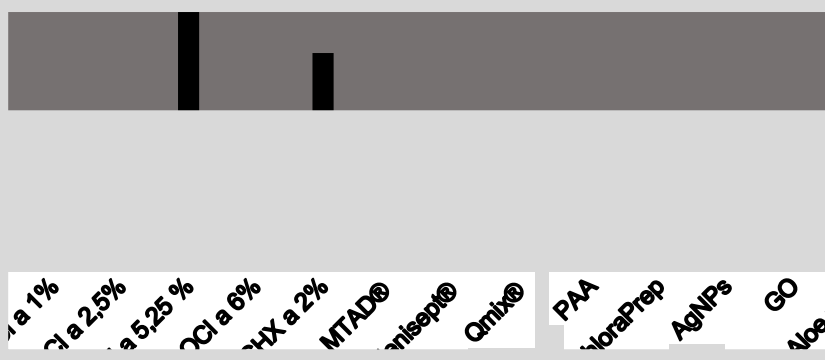


Figura 4: Número de utilizações dos desinfetantes

Os tipos de teste mais utilizados para estudar os efeitos da desinfecção nos CGP foram através de SEM (*scanning electron microscope*) em 10 artigos e de AFM (*atomic force microscope*) em 5 (Figura 5). O método EDS (*energy dispersive spectroscopy*) foi utilizado em 2 estudos e o EAM (*elemental analysis machine*), assim como o *Goniómetro de Ramé-hart*, em apenas 1 (Figura 5).



Figura 5: Número e tipo de testes que estudaram os efeitos da desinfecção dos CGP

O desinfetante que provocou maiores alterações estruturais foi NaOCl a 5,25% em 6 artigos (Figura 6). Comparativamente aos efeitos de NaOCl a 5,25%, MTAD[®] também causou alterações significativas em 2 artigos, assim como o Óleo de Capim limão em 1 (Figura 6). A exposição dos CGP a NaOCl a 2,5% em 3 artigos resultou em irregularidades superficiais, aumento da elasticidade e na formação de cristais de NaCl, em menor quantidade e tamanho que os cristais formados por NaOCl a 5,25%.



Figura 6: Desinfetantes que provocaram mais alterações estruturais

As alterações estruturais mais frequentes associadas à desinfecção de NaOCl a 5,25% foi a formação de cristais de cloreto de sódio (NaCl) em 4 estudos e o aumento da rugosidade dos CGP em 3 (Figura 7). Além disso, NaOCl a 5,25% aumentou significativamente a elasticidade dos CGP em 2 estudos e criou depósitos em 1 (Figura 7).

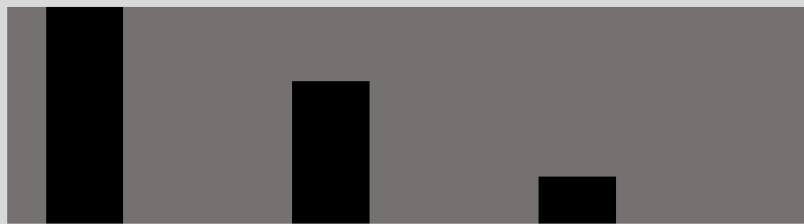


Figura 7: Alterações estruturais provocadas por NaOCl a 5,25% mais frequentes

4. DISCUSSÃO

Um dos principais objetivos do tratamento endodôntico é a completa eliminação dos microrganismos que se revelam os maiores causadores de patologias pulpares e perirradiculares (35,40). A esterilização dos instrumentos e materiais endodônticos torna-se assim uma etapa fulcral para o sucesso da mesma (35,40).

Como a obturação dos canais radiculares com CGP é a etapa final do tratamento endodôntico, a esterilidade destes aquando da sua colocação diminui significativamente a probabilidade de ocorrência de infeções e por sua vez aumenta a taxa do sucesso do tratamento (35,41,42).

Embora os CGP sejam manufacturados sob condições assépticas, estes podem ser contaminados por aerossóis, devido a armazenamento impróprio e/ou manuseamento incorreto pelo operador (8,9,13-15).

Métodos de esterilização a quente não podem ser utilizados para promover a desinfeção dos CGP devido às propriedades termoplásticas dos mesmos por isso devem ser utilizados outros métodos como a imersão dos cones nos agentes químicos antimicrobianos utilizados durante o processo de irrigação (7-14). Felizmente esta técnica de esterilização é um método confiável, rápido, conveniente e barato (41).

Vários agentes químicos têm sido propostos para a desinfeção dos CGP incluindo NaOCl, CHX, MTAD[®], glutaraldeído, álcool, compostos de iodo e peróxido de hidrogénio (12,16,42,43).

O tempo necessário para a desinfeção dos CGP depende dos microrganismos contaminantes e varia de acordo com o tipo e a concentração dos desinfetantes químicos utilizados (9).

O NaOCl é um dos desinfetantes mais utilizados em concentrações que variam de 0,5% a 5,25% (13,42,44). A sua atividade antimicrobiana e esporicida está associada à libertação de cloro ativo, proporcional à sua concentração (8,9,13). Concentrações mais altas demonstraram levar menos tempo para inibir o crescimento bacteriano do que concentrações mais baixas (8). A imersão dos CGP numa solução de NaOCl a 5,25% apresenta-se como uma técnica comum e eficaz no período de 1 a 5 min (8,42,44).

No entanto, não existe um consenso geral sobre o tempo ideal de desinfecção dos CGP com CHX a 2%, que geralmente varia de 15s a 10 minutos (8).

A eficácia das soluções na eliminação de *E. faecalis* foi testada em diferentes estudos (8,12,13,45), sendo que nos estudos de Chandrappa *et al.* e de Sahinkesen *et al.* as soluções também atuam contra *S.aureus* (12,45).

Enterococcus faecalis e *S. aureus* são bactérias Gram-positivas anaeróbias facultativas em forma de cocos que mais resistem aos procedimentos de instrumentação e irrigação (8,12,13,45). *E. faecalis* é uma espécie bacteriana encontrada na flora normal dos humanos e está frequentemente associada ao insucesso do tratamento endodôntico por se revelar uma espécie predominante nas lesões perirradiculares persistentes (8,13,45). Embora *S. aureus* seja geralmente encontrado na saliva e na pele, os CGP podem ser facilmente contaminados por esta espécie durante o seu armazenamento e/ou manuseamento incorreto (12,45). O efeito antimicrobiano dos desinfetantes foi avaliado após a inoculação arbitrária com microrganismos resistentes, no entanto segundo Pang *et al.*, poderá não refletir a flora que frequentemente contamina os CGP, dado que a sua contaminação natural num ambiente clínico consiste principalmente em células vegetativas, nomeadamente *Staphylococcus* (9).

No estudo de Vitali *et al.*, independentemente da adição do surfactante cetrímide, as soluções de NaOCl a 1% e NaOCl a 5,25% foram eficazes na desinfecção dos CGP no período de 1 min contra *E.faecalis* (13). No entanto em 30s apenas NaOCl a 5,25% foi eficaz (13).

Devido ao facto do tempo mínimo necessário para o MTAD® desinfetar os CGP ser desconhecido, Chandrappa *et al.*, optou por testar a sua desinfecção nos intervalos de tempo de 30s., 1min. e 5min (12). Na eliminação de *E. faecalis* e *S. aureus* o MTAD® foi o agente mais eficaz e a CHX a 2% o menos, sendo necessários 5 minutos para a desinfecção completa (12). Embora NaOCl a 5,25% apresente alta atividade antibacteriana contra bactérias anaeróbicas, foi menos eficaz que MTAD® na eliminação de bactérias anaeróbias facultativas (12).

No estudo de Sahinkesen *et al.*, o Octenisept® foi escolhido como solução de teste por possuir efeitos antimicrobianos de amplo espectro contra bactérias Gram-positivas e Gram-negativas, fungos e várias espécies virais, obtendo um desempenho igual ao de NaOCl a 2,5% nos intervalos de tempo de 1,5 e 10 min (45). Contrariamente ao estudo

de Chandrappa *et al.*, a CHX a 2% teve os melhores efeitos antimicrobianos residuais contra *S. aureus* e *E. faecalis* (13,45).

Qmix® apresenta-se como um novo irrigante endodôntico utilizado principalmente para remoção de *smear layer* e eliminação de biofilmes bacterianos (8). É composto por EDTA, CHX e um detergente (8). O ácido paracético (PAA) é um desinfetante potente indicado para a esterilização de equipamentos e dispositivos hospitalares que age rapidamente contra todos os microrganismos, mesmo em baixas concentrações (8). De acordo com Turker *et al.*, estes desinfetantes obtiveram um desempenho antimicrobiano eficaz e semelhante aos de NaOCl a 5,25% e CHX a 2% contra *E. faecalis* durante 5 e 10 minutos (8).

Embora a ChlorPrep® não seja uma solução antisséptica de rotina, pode ser facilmente preparada através da combinação volumétrica 1:1 de álcool isopropílico a 75% com CHX a 2% (9). Tal como NaOCl a 5,25% e CHX a 2%, 1 min da sua imersão foi eficaz na eliminação de *Staphylococcus spp* (9).

Por outro lado, a caracterização da estrutura padronizada do CGP após a sua desinfecção é um passo essencial para a compreensão dos efeitos dos desinfetantes no seu desempenho clínico (44).

Desta forma as análises SEM e AFM foram utilizadas na maioria dos artigos incluídos nesta revisão (8,9,12,13,29,35,40-47) por serem técnicas sensíveis e confiáveis que oferecem dados qualitativos e quantitativos da topografia da superfície e propriedades físicas dos CGP (8,44).

A utilização de NaOCl (9,12,13,41,42,44) durante 1 ou 5 min. numa concentração de 5,25% causou alterações estruturais mais acentuadas nos CGP, comparativamente a todas as soluções testadas (9,12,13,41,42,44). Neste intervalo de tempo a solução utilizada originou um precipitado de cristais na superfície dos CGP em 6 artigos (9,12,13,29,41,42). Por sua vez a lavagem final com água destilada em 3 artigos (12,29,41) removeu tais cristais (12,29,41). As alterações topográficas dos CGP ocorrem devido à dissolução de alguns dos seus componentes e precipitação de sais o que irá aumentar o risco de vazamento e prejudicar a vedação hermética da obturação (9,40,42,44). Assim sendo, após o procedimento de desinfecção torna-se indispensável lavar os CGP, nomeadamente com água destilada a fim de evitar ou atenuar estas modificações (12,29). Os estudos de Pang *et al.* e Valois *et al.*, verificaram também um aumento significativo da elasticidade dos CGP após o procedimento de desinfecção com

NaOCl a 5,25% (9,44). Pelo contrário no estudo de Sahinkesen *et al.* e Türker *et al.*, 1 a 10 min. de desinfecção não causaram quaisquer alterações (8,45). O aumento elevado da elasticidade poderá dificultar o procedimento de obturação, sobretudo quando os canais são curvos, conseqüentemente, um produto químico igualmente eficaz, mas mais seguro, é desejável (9,44).

Segundo Short *et al.*, o precipitado de cristais de cloreto de sódio causado pela desinfecção de NaOCl a 5,25% ou 2,5% durante 1 min é removido através da passagem dos CGP por álcool etílico a 96% ou álcool isopropílico a 70% ou água destilada (41). Contrariamente ao estudo de Sahinkesen *et al.*, que não verificou alterações após a desinfecção de 1,5 ou 10 min com NaOCl a 2,5%, Valois *et al.* e Grecca *et al.* concluíram que a solução provoca alterações quando aplicada durante 5 ou 10 min. e por sua vez cria lacunas interfaciais entre os CGP, o cimento e a parede do canal radicular (44,45,47).

De acordo com Vitali *et al.* a desinfecção de 1 min. com NaOCl a 1% provoca a formação de cristais de cloreto de sódio na superfície dos CGP, que foram reduzidos com a adição de surfactante (13). Comparativamente a NaOCl a 5,25% a quantidade de cristais formados após a desinfecção foi menor na concentração de 2,5% no estudo de Short *et al.* e 1% no estudo de Vitali *et al.* (13,41).

No estudo de Valois *et al.*, a desinfecção de 1 e 5 min. com NaOCl a 0,25% seguida de uma lavagem final com água ultrapura não alterou a topografia ou a elasticidade do CGP (44).

Também no estudo de Topuz *et al.*, NaOCl a 6% utilizado juntamente com água ultrapura não alterou a superfície dos CGP no intervalo de tempo de 1 a 30 min (35). Apesar desta concentração não ter causado alterações, provavelmente devido ao facto de ter sido empregue a lavagem final, a quantidade de cloro disponível no NaOCl aparenta ser responsável pelos seus efeitos deteriorantes, por isso a aplicação de uma solução de baixa concentração, poderá ser uma alternativa mais segura para a rápida desinfecção dos CGP (44).

Relativamente à CHX a 2% que foi utilizada em 9 artigos (8,9,12,29,43,45-48) não causou alterações estruturais em 4 (8,29,43,45) dentro dos quais se destacam o estudo de Sahinkesen *et al.* em que foi utilizada durante 10 min. sem lavagem final (45). Pelo contrário modificou a estrutura dos CGP em 3 (9,12,47). No estudo de Chandrappa *et al.* originou resíduos/depósitos na estrutura dos CGP após desinfecção de 1 min. que

foram eliminados com a lavagem com de água destilada (12). A desinfecção de 15s no estudo de Grecca *et al.* originou irregularidades superficiais e segundo Pang *et al.*, as alterações físicas dos CGP que foram imersos em CHX a 2% durante 5 min. demonstraram um aumento da taxa de alongamento e resistência à tração (9,47). Por outro lado as alterações da superfície resultaram no seu pequeno enrugamento mas nenhuma adesão ou liberação de materiais consequentes da desinfecção foi observada (9). Prado *et al.* 2011b constatou que a utilização da CHX a 2% durante 1 min. fez diminuir o ângulo de contacto dos CGP com os cimentos, o que se transmite numa melhor interação entre uma superfície sólida (CGP) e um líquido (cimento), permitindo assim uma melhor molhabilidade (48). O aumento da rugosidade de uma superfície pode favorecer o espalhamento de um líquido (cimento) numa superfície sólida (CGP) (43). Nos aspetos das propriedades físicas, a taxa de alongamento e a resistência à tração aumentada leva a que os CGP se adaptem mais facilmente ao formato dos canais irregulares e sejam compactados mais densamente (9). Uma vez que a ausência de adesão dos cimentos endodônticos aos CGP pode estar associada à microinfiltração bacteriana e sucessivo insucesso do tratamento endodôntico, a desinfecção com CHX a 2% demonstra-se como uma opção vantajosa (46).

MTAD recentemente introduzido como um irrigante final para desinfecção do sistema de canais radiculares, é uma mistura de doxiciclina, ácido cítrico e um detergente (Tween 80) (12,29). Nos 3 artigos em que foi estudado (12,29,43) provocou efeitos estruturais nos CGP (12,29,43). O exame topográfico do estudo de Chandrappa *et al.* encontrou alguns depósitos após a desinfecção de 1 min, menores que os provocados por NaOCl a 5,25% (12). Esses depósitos foram removidos quando se passaram os CGP por água destilada (12). Segundo Prado *et al.* 2011a quando a solução secou na superfície dos CGP formou-se uma camada de precipitado que se solidificou e modificou significativamente a topografia (29). Após a lavagem, essa camada foi completamente removida (29). Já Prado *et al.* 2012 constatou que a desinfecção de MTAD durante 1,3 e 6 min, mesmo com a lavagem final de água ultrapura, provocou alterações locais aumentando e diminuindo simultaneamente a rugosidade superficial dos CGP (43).

Quer a desinfecção no estudo de Sahinkesen *et al.* com Octenisept® a 0,05% sem lavagem final durante 5 ou 10 min, quer a desinfecção no estudo de Türker *et al.* com Qmix® e PAA a 1% com lavagem final de água destilada no mesmo período de tempo, não causaram alterações topográficas nos CGP (8,45). Contudo no estudo de Pang *et al.*, à semelhança da CHX a 2%, a desinfecção de 5 min. com ChlorPrep sem lavagem

final, causou um ligeiro enrugamento da superfície dos CGP assim como um aumento significativo da sua taxa de alongamento e resistência à tração (9).

Reddy *et al.* comparou a desinfecção de 1 min. de dois novos materiais desinfetantes com NaOCl a 5,25% e constatou que o GO (óxido de grafeno) e as AgNPs (nanopartículas de prata) utilizados com a lavagem de água desionizada causaram menor deterioração da topografia da superfície dos CGP (42). No estudo de Gaware *et al.* outros dois novos desinfetantes, mas de origem natural foram também comparados a NaOCl a 5,25% (40). A desinfecção do Gel de Aloe e vera durante 1 min. sem utilização de lavagem causou mínimas alterações físicas e mecânicas da superfície dos CGP, ao mesmo tempo, estas alterações revelaram-se elevadas com o emprego de Óleo de capim limão e NaOCl a 5,25% (40).

5. CONCLUSÃO

Para otimizarmos o sucesso do tratamento endodôntico, a escolha e utilização apropriada de agentes de irrigação assume um papel preponderante. O agente irrigante, o tempo de atuação e a concentração da solução de irrigação utilizada irá afetar os CGP para além da qualidade da obturação, sendo que os dois últimos mencionados devem ser usados de forma inversamente proporcional.

Apesar de ainda não existir consenso em relação à exata duração de atuação ou concentração do agente irrigante requerida para desinfecção dos CGP, a maioria dos estudos dá-nos uma visão geral das propriedades que têm de estar necessariamente presentes nas soluções desinfetantes para a obtenção da maior taxa de sucesso possível em termos de desinfecção, tendo sempre em conta os eventuais efeitos negativos provenientes da alteração estrutural dos CGP. A diversidade dos resultados apresentados na literatura científica constitui um indicador de que são necessários mais estudos para retirar conclusões definitivas. No caso do MTAD existe ainda uma grande escassez de informação relativamente às alterações estruturais provocadas nos CGP. A deposição de cristais e as alterações estruturais amplamente associadas ao NaOCl é reduzida após lavagem com água destilada, tornando assim este passo, imprescindível antes da obturação. Não obstante, a CHX a 2% além de ser eficaz na rápida desinfecção, é mais segura que NaOCl e proporciona vantagens ao nível das forças de tensão dos CGP.

Existe uma crescente expansão de soluções de irrigação no mercado com vista a obter o irrigante que proporcione a maior taxa de sucesso possível no tratamento endodôntico. Apesar de o NaOCl ser o irrigante mais comumente utilizado na prática clínica diária, é capaz de provocar efeitos nocivos na estrutura dos CGP, o que conseqüentemente leva à necessidade de serem efetuados mais estudos, com significado estatístico e de elevada evidência, para que se possam encontrar desinfetantes efetivos e seguros.

6. BIBLIOGRAFIA

1. Nascimento CA, Tanomaru-Filho M, Bosso R, Kuga MC, Guerreiro-Tanomaru JM. Thermoplasticity capacity of gutta-percha with different tapers. Rev Odontol UNESP. 2010; 39(6): 351-354.
2. Lea, C. S., Apicella, M. J., Mines, P., Yancich, P. P., & Parker, M. H. (2005). Comparison of the obturation density of cold lateral compaction versus warm vertical compaction using the continuous wave of condensation technique. Journal of endodontics, 31(1), 37-39.
3. Hargreaves, K. & Cohen, S. (2011). Cohen Caminhos da Polpa, 10a edição. Rio de Janeiro, Mosby Elsevier.
4. Yildirim, A., Lübbers, H. T., & Yildirim, V. (2016). Obturation du canal radulaire à la gutta-percha—exigences, composition et propriétés. Swiss Dental Journal SSO, 126(2), 150-151.
5. Maniglia-Ferreira, C., Gurgel-Filho, E. D., Silva Jr, J. B. A., Paula, R. C. M. D., Feitosa, J. P. A., Gomes, B. P. F. D. A., & Souza-Filho, F. J. D. (2007). Brazilian gutta-percha points. Part II: thermal properties. Brazilian oral research, 21, 29-34.
6. Gatewood, R. S. (2007). Endodontic materials. Dental Clinics of North America, 51(3), 695-712.
7. de Almeida Gomes, B. P. F., Vianna, M. E., Matsumoto, C. U., Zaia, A. A., Ferraz, C. C. R., & de Souza Filho, F. J. (2005). Disinfection of gutta-percha cones with chlorhexidine and sodium hypochlorite. Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology, 100(4), 512-517.

8. Türker, S. A., ASLAN, H., UZUNOĞLU, E., & Özçelik, B. (2015). Antimicrobial and structural effects of different irrigation solutions on gutta-percha cones. *Journal of Istanbul University Faculty of Dentistry*, 49(1), 27-32.
9. Pang, N. S., Jung, I. Y., Bae, K. S., Baek, S. H., Lee, W. C., & Kum, K. Y. (2007). Effects of short-term chemical disinfection of gutta-percha cones: identification of affected microbes and alterations in surface texture and physical properties. *Journal of endodontics*, 33(5), 594-598.
10. Gomes, B. P., Berber, V. B., Montagner, F., Sena, N. T., Zaia, A. A., Ferraz, C. C., & Souza-Filho, F. J. (2007). Residual effects and surface alterations in disinfected gutta-percha and Resilon cones. *Journal of endodontics*, 33(8), 948-951.
11. Nabeshima, C. K., de Lima Machado, M. E., Borges Britto, M. L., & Pallotta, R. C. (2011). Effectiveness of different chemical agents for disinfection of gutta-percha cones. *Australian Endodontic Journal*, 37(3), 118-121.
12. Chandrappa, M. M., Mundathodu, N., Srinivasan, R., Nasreen, F., Kavitha, P., & Shetty, A. (2014). Disinfection of gutta-percha cones using three reagents and their residual effects. *Journal of conservative dentistry: JCD*, 17(6), 571.
13. Vitali, F. C., Nomura, L. H., Delai, D., Henriques, D. H., Alves, A. M., da Fonseca Roberti Garcia, L., ... & Teixeira, C. S. (2019). Disinfection and surface changes of gutta-percha cones after immersion in sodium hypochlorite solution containing surfactant. *Microscopy Research and Technique*, 82(8), 1290-1296.
14. Redmerski, R., Bulla, J. R., Moreno, T., Garcia, L. B., & Cardoso, C. L. (2007). Disinfection of gutta-percha cones with chlorhexidine. *Brazilian Journal of microbiology*, 38, 649-655.
15. Cardoso, C. L., Redmerski, R., Bittencourt, N. D. L. R., & Kotaka, C. R. (2000). Effectiveness of different chemical agents in rapid decontamination of gutta-percha cones. *Brazilian Journal of Microbiology*, 31, 67-71.
16. Schilder HJJJoe. Filling root canals in three dimensions. 2006;32(4):281-90.
17. Ferreira, C.M., de Almeida-Gomes, F., de Lima Guimarães, N.L.S., Ximenes, T.A., Canuto, N.S.C.P., & de Moraes Vitoriano, M. (2011). Analysis of the ability to fill root

canals with gutta-percha promoted by three different root canal filling techniques. *RSBO Revista Sul-Brasileira de Odontologia*, 8(1), 19-26.

18. Bellamy, R. (2003). Introducing Schilder's Five Mechanical Objectives. *Irish Dentist*, 2, 10-11.

19. Darcey, J., Roudsari, R. V., Jawad, S., Taylor, C., & Hunter, M. (2016). Modern endodontic principles part 5: obturation. *Dental Update*, 43(2), 114-129.

20. Tomson, R. M., Polycarpou, N., & Tomson, P. L. (2014). Contemporary obturation of the root canal system. *British dental journal*, 216(6), 315-322.

21. Genç, Ö., Alaçam, T., & Kayaoglu, G. (2011). Evaluation of three instrumentation techniques at the precision of apical stop and apical sealing of obturation. *Journal of Applied Oral Science*, 19, 350-354.

22. Grossman, L. I., Oliet, S., & Carlos, E. (1988). *del Rio. Endodontics Practice*, 11th Edition. Philadelphia: Lea and Febiger, 255.

23. Alves, F. R. F. (2004). Understanding the microbial etiology of endodontic infections. *Biosciences Magazine*, 10.

24. Siqueira Jr, J.F., Rôças, I.N., Lopes, H.P., Alves, F.R., Oliveira, J.C.M., Armada, L., & Provenzano, J.C. (2012). Biological principles of endodontic treatment of teeth with living pulp. *Brazilian Journal of Dentistry*, 68(2), 161.

25. Siqueira Jr, J. F., & Rôças, I. N. (2008). Clinical implications and microbiology of bacterial persistence after treatment procedures. *Journal of endodontics*, 34(11), 1291-1301.

26. Luckmann, G., Dorneles, L.D.C., & Grando, C.P. (2013). Etiology of unsuccessful endodontic treatments. *Vivencias*, 9(16), 133-9.

27. Rørslett Hardersen, L., Enersen, M., Kristoffersen, A. K., Ørstavik, D., & Sunde, P. T. (2019). Maintenance of the aseptic working field during endodontic treatment. *Acta Odontologica Scandinavica*, 77(7), 502-507.

28. Malmberg, L., Hägg, E., & Björkner, A. E. (2019). Endodontic infection control routines among general dental practitioners in Sweden and Norway: a questionnaire survey. *Acta Odontologica Scandinavica*, 77(6), 434-438.

29. Prado, M., Gusman, H., Gomes, B. P., & Simão, R. A. (2011a). The importance of final rinse after disinfection of gutta-percha and Resilon cones. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 111(6), e21-e24.
30. Marion, J.J.D.C., Duque, T.M., Silva, F.D., & Bueno, M.M. (2014). Efficiency of disinfection of gutta-percha cones in endodontics. *Magazine of the Paulista Association of Dental Surgeons*, 68(3), 214-218.
31. Noites, R., de Carvalho, M. F., & Vaz, I. P. (2009). Complicações que podem surgir durante o uso do hipoclorito de sódio no tratamento endodôntico. *Revista Portuguesa de Estomatologia, Medicina Dentária e Cirurgia Maxilofacial*, 50(1), 53-56.
32. Mohammadi, Z. (2008). Sodium hypochlorite in endodontics: an update review. *International dental journal*, 58(6), 329-341.
33. Zehnder, M. (2006). Root canal irrigants. *Journal of endodontics*, 32(5), 389-398.
34. Clarkson, R. M., & Moule, A. J. (1998). Sodium hypochlorite and its use as an endodontic irrigant. *Australian dental journal*, 43(4), 250-256.
35. Topuz, Ö., Sağlam, B. C., Şen, F., Şen, S., Gökağaç, G., & Görgül, G. (2011). Effects of sodium hypochlorite on gutta-percha and Resilon cones: an atomic force microscopy and scanning electron microscopy study. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 112(4), e21-e26.
36. Gomes, B. P., Vianna, M. E., Zaia, A. A., Almeida, J. F. A., Souza-Filho, F. J., & Ferraz, C. C. (2013). Chlorhexidine in endodontics. *Brazilian dental journal*, 24, 89-102.
37. Haapasalo, M., Endal, U., Zandi, H., & Coil, J. M. (2005). Eradication of endodontic infection by instrumentation and irrigation solutions. *Endodontic topics*, 10(1), 77-102.
38. Donato, H., & Donato, M. (2019). Etapas na Condução de uma Revisão Sistemática. *Acta Médica Portuguesa*, 32(3).
39. Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., Altman, D. G., & PRISMA Group*, T. (2009). Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *Annals of internal medicine*, 151(4), 264-269.
40. Gaware, S., Meshram, R., Sathawane, N., Amburle, R. (2022). Comparative Evaluation of Surface Changes on Gutta-Percha Cones Treated With Different Herbal

Disinfectants: A Scanning Electron Microscopic Study. *Journal of Research in Medical and Dental Science*, 10(5), 177-181.

41. Short, R. D., Dorn, S. O., & Kuttler, S. (2003). The crystallization of sodium hypochlorite on gutta-percha cones after the rapid-sterilization technique: an SEM study. *Journal of endodontics*, 29(10), 670-673.

42. Reddy, K. H., Chandran, L., Mohan, T. M., Sudha, K., Malini, D. L., & Dominic, B. (2023). Evaluation of the efficacy of a novel disinfecting material on the surface topography of gutta-percha: An in vitro study. *Journal of Conservative Dentistry: JCD*, 26(1), 94.

43. Prado, M., Gusman, H., Gomes, B. P., & Simão, R. A. (2012). Effect of disinfectant solutions on gutta-percha and resilon cones. *Microscopy Research and Technique*, 75(6), 791-795.

44. Valois, C. R., Silva, L. P., & Azevedo, R. B. (2005). Structural effects of sodium hypochlorite solutions on gutta-percha cones: atomic force microscopy study. *Journal of endodontics*, 31(10), 749-751.

45. Sahinkesen, G., Oktay, E. A., Er, Ö., Koçak, M. M., & Kiliç, A. (2011). Evaluation of residual antimicrobial effects and surface changes of gutta-percha disinfected with different solutions. *J Contemp Dent Pract*, 12(1), 47-51.

46. de Assis, D. F., do Prado, M., & Simão, R. A. (2012). Effect of disinfection solutions on the adhesion force of root canal filling materials. *Journal of endodontics*, 38(6), 853-855.

47. Grecca, F. S., Porto, M., Fontanella, V. R. C., & Scarparo, R. K. (2011). SEM evaluation of thermoplastic endodontic materials alterations after disinfection: a new experimental model. *Microscopy Research and Technique*, 74(1), 109-112.

48. Prado, M., de Assis, D. F., Gomes, B. P., & Simao, R. A. (2011b). Effect of disinfectant solutions on the surface free energy and wettability of filling material. *Journal of endodontics*, 37(7), 980-982.