



INSTITUTO SUPERIOR DE CIÊNCIAS DA SAÚDE EGAS MONIZ

MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA

SOLUÇÕES IRRIGANTES E PROTOCOLOS DE IRRIGAÇÃO EM ENDODONTIA

Trabalho submetido por
Bruno Vargas Santos Pinto
para a obtenção do grau de Mestre em Medicina Dentária

Trabalho orientado por
Professora Doutora Ana Mano Azul

outubro de 2015

Dedicatória

À minha avó por tudo o que me ensinou, pelos valores que me transmitiu e por estar sempre presente.

Agradecimentos

Manifesto a minha gratidão à Professora Doutora Ana Mano Azul pelo tempo, pela disponibilidade, pela crítica, pelos conselhos e sobretudo o meu muito obrigado pela perseverança e pela paciência.

Agradeço à minha mulher Irene pelo constante apoio e incentivo que me deu

Resumo

O sucesso do tratamento endodôntico está dependente do um correto preparo químico mecânico do sistema de canais. As soluções irrigantes desempenham um papel fundamental no preparo químico do canal. Dada a inexistência de uma única solução que reúna todas as características ideais, deve-se optar pela utilização conjunta de soluções com o objetivo de potencializar os seus efeitos, tais como, dissolução do tecido pulpar, atividade antimicrobiana e eliminação das suas toxinas, remoção de *smear layer* e capacidade de penetração nos túbulos dentinários.

É fundamental perceber as interações que ocorrem entre essas soluções, vantagens e desvantagens, e de que modo isso afeta o preparo químico da superfície dentinária. É também fundamental assegurar que estas soluções são ativadas de modo a entrarem em contato direto com a superfície dentinária aumentando a sua eficiência.

Por outro lado a identificação da diferente natureza e especificidade microbiana entre as lesões endodônticas primárias e secundárias leva a que se tenha de optar por diferentes protocolos de irrigação, de modo a conseguir a erradicação desses microrganismos.

O objetivo deste trabalho consistiu em definir, com base na evidência científica mais recente sobre soluções irrigantes, diferentes protocolos para a irrigação e ativação de soluções consoante a natureza da patologia pulpar e periapical.

Palavras-chave: soluções irrigantes, agente quelante, protocolo de irrigação, microrganismos

Abstract

The success of endodontic treatment depends on the correct chemo mechanical preparation of the root canal system. The chemical preparation has a key role on irrigating solutions. In the absence of one solution combining all the ideal features, one have to combine solutions in order to enhance their effects such as, pulp tissue dissolution, antimicrobial activity and elimination of their toxins, removal of smear layer and penetration capacity in the dentinal tubules.

It is essential to understand the interactions that occur between these solutions, their advantages and disadvantages, and how they affect the chemical preparation of the dentin surface. It is also essential to ensure that these solutions are activated when in direct contact with the dentin surface increasing their efficiency.

In addition, due to the different nature and microbial specificity between the primary and secondary endodontic infections, different irrigation protocols have to be chosen in order to achieve the eradication of the microorganisms.

The aim of this work was to set different protocols for irrigation and activation of irrigating solutions depending on the nature of the pulp and periapical pathology based on the most recent scientific evidence.

Key-words: Irrigating solutions, chelating agent, irrigation protocol, microorganism

Índice Geral

I – Introdução.....	pág. 15
II – Desenvolvimento.....	pág. 17
1 - Características ideais das soluções irrigantes.....	pág. 17
2 - Classificação das soluções irrigantes.....	pág. 18
2.1 - Soluções que atuam na matéria orgânica.....	pág. 20
2.1.1 - Hipoclorito de sódio.....	pág. 20
2.1.1.1 - Estrutura química.....	pág. 21
2.1.1.2 - Mecanismo de ação.....	pág. 21
2.1.1.3 – Concentrações.....	pág. 23
2.1.1.4 – Substantividade.....	pág. 24
2.1.1.5 – Biotoxicidade.....	pág. 25
2.1.2 – Clorhexidina.....	pág. 28
2.1.2.1 - Estrutura química.....	pág. 29
2.1.2.2 - Mecanismo de ação.....	pág. 29
2.1.2.3 – Concentrações.....	pág. 31
2.1.2.4 – Substantividade.....	pág. 32
2.1.2.5 – Biotoxicidade.....	pág. 33
2.2 - Soluções que atuam na matéria inorgânica.....	pág. 34
2.2.1 - Ácido Etileno diaminotetraacético.....	pág. 34
2.2.1.1 - Estrutura química.....	pág. 35
2.2.1.2 - Mecanismo de ação.....	pág. 35
2.2.1.3 – Concentrações.....	pág. 37
2.2.1.4 – Biotoxicidade.....	pág. 38
2.2.2 - Ácido Cítrico.....	pág. 39
2.2.2.1 - Estrutura química.....	pág. 39
2.2.2.2 - Mecanismo de ação.....	pág. 39
2.2.2.3 – Concentrações.....	pág. 39

2.2.2.4 – Biotoxicidade.....	pág. 40
2.2.3 - Ácido Etidrónico.....	pág. 40
2.2.3.1 – Estrutura química.....	pág. 40
2.2.3.2 – Mecanismo de ação.....	pág. 40
2.2.4 – MTAD.....	pág. 41
2.2.4.1 – Estrutura química.....	pág. 41
2.2.4.2 – Mecanismo de ação.....	pág. 41
2.2.5 - Ácido Fosfórico.....	pág. 42
2.2.5.1 – Estrutura química.....	pág. 42
2.2.5.2 – Mecanismo de ação.....	pág. 42
2.3 – Surfactantes.....	pág. 43
3 - Interação química entre soluções irrigantes.....	pág. 44
3.1 - Hipoclorito de sódio e clorhexidina.....	pág. 44
3.2 - Hipoclorito de sódio e ácido etileno diaminotetraacético.....	pág. 46
3.3 - Hipoclorito de sódio e peróxido de hidrogénio.....	pág. 47
3.4 - Clorhexidina e ácido etileno diaminotetraacético.....	pág. 48
4 - Ativação de soluções irrigantes.....	pág. 49
4.1 - Ação mecânica.....	pág. 50
4.1.1 - Ativação Manual Dinâmica.....	pág. 51
4.1.2 - Escovas Intrarradiculares.....	pág. 52
4.1.3 - Irrigação Ultrassónica Passiva.....	pág. 53
4.1.4 - Sistema Sónico.....	pág. 55
4.1.5 - Irrigação Hidrodinâmica.....	pág. 57
4.2 - Ação térmica.....	pág. 59

5 - Efeito concomitante entre soluções irrigantes e instrumentação.....	pág. 60
6 - Efeito concomitante das soluções irrigantes e material obturador.....	pág. 61
7 - Etiologia e organização das lesões endodônticas.....	pág. 63
8 - Protocolos de irrigação.....	pág. 66
III – Conclusões.....	pág. 71
IV – Bibliografia.....	pág. 72

Índice de Figuras

Figura 1 – Parede de dentina do canal radicular previamente à instrumentação.....	pág. 18
Figura 2 – Papel da <i>smear layer</i> na obstrução de canais laterais.....	pág. 19
Figura 3 – Esquema reação de saponificação.....	pág. 21
Figura 4 – Esquema reação de neutralização.....	pág. 22
Figura 5 – Esquema reação de cloraminação.....	pág. 22
Figura 6 – Parede dentinária, previamente pigmentada, após ação do NaOCl.....	pág. 24
Figura 7 – Agulha de irrigação livre no interior do canal.....	pág. 25
Figura 8 – Mapeamento e registo fotográfico zona de parestesia.....	pág. 27
Figura 9 – Estrutura molecular do digluconato de clorhexidina.....	pág. 29
Figura 10 – Estrutura química do ácido etileno diaminotetraacético.....	pág. 35
Figura 11 – Precipitado acastanhado formado após interação do NaOCl com CHX.....	pág. 44
Figura 12a – Remoção da <i>smear layer</i> e <i>smear plug</i> após utilização de EDTA a 17%.....	pág. 47
Figura 12b – Erosão da dentina intra e peritubular após utilização de EDTA a 17% e NaOCl a 5,25%.....	pág. 47
Figura 13 – Precipitado branco formado após interação do EDTA com CHX.....	pág. 48
Figura 14 – Anastomose entre dois canais preenchida por detritos.....	pág. 49
Figura 15 – Classificação atual dos diferentes métodos de ativação de soluções irrigantes.....	pág. 51
Figura 16a – Imagem de Navitip FX.....	pág. 52
Figura 16b – Imagem de Navitip convencional.....	pág. 52
Figura 17 – Imagem de corte a 2-3 mm do apex de uma amostra submetida a ativação manual dinâmica.....	pág. 53
Figura 18 – Efeito de cavitação gerado por uma lima ativada por PUI.....	pág. 55
Figura 19a – Imagem de EndoActivator com ponta incorporada.....	pág. 56
Figura 19b – Imagem de EndoActivator em movimento sónico.....	pág. 56
Figura 20 – Imagem sistema EndoVac.....	pág. 57

Figura 21 – Imagem da organização de <i>Enterococcus faecalis</i> na parede dentinária.....	pág. 64
Figura 22 - Penetração de bactérias Gram-positivas no interior dos túbulos dentinários.....	pág. 65
Figura 23 – Diferentes protocolos de irrigação.....	pág. 66
Figura 24 – Imagem de quatro desenhos diferentes de agulhas de irrigação.....	pág. 68

Lista de abreviaturas

Ca: Cálcio

CHX: Clorhexidina

CT: comprimento de trabalho

EDTA: Ácido etileno diaminotetraacético

HEPB: Ácido etidrónico

HOCl: Ácido hipocloroso

H₂O₂: Peróxido de Hidrogénio

NaOCl: Hipoclorito de sódio

P: Fósforo

PAN: Pressão Apical Negativa

PUI: Irrigação passiva ultrasónica

UI: Instrumentação ultrasónica

I. Introdução

O tratamento endodôntico visa a desinfecção e preparação dos canais assim como a sua obturação tridimensional (Hülsmann, Peter e Dummer, 2005). Este preparo químico mecânico dos canais tem como intuito dissolver e remover o tecido pulpar, eliminar micro organismos e suas toxinas (se existirem), remover a *smear layer*, penetrar nos túbulos dentinários, potencializar a ação da medicação intracanal e permitir a melhor adaptação e adesão do material obturador e do cimento endodôntico (Gu et al., 2009). O preparo mecânico independentemente de se recorrer a limas manuais ou mecânicas atua sobretudo na porção central do canal, não sendo eficiente no preparo de toda a superfície e irregularidades (istmos, pontos de confluência de canais e canais laterais/acessórios) que existem nos canais. Diferentes estudos mostram que o preparo mecânico deixa 35 a 50% das paredes dentinárias por preparar (Peters, Schönenberger e Laib, 2001; Wu e Wesselink, 2001; Peters, 2004). O preparo químico é assim essencial e preponderante para o sucesso do tratamento endodôntico. Este preparo é feito com recurso a soluções irrigantes, cuja atuação concomitante vai permitir eliminar não só matéria orgânica como também inorgânica, remover *smear layer* e bactérias do canal radicular e atuar como lubrificante. No entanto não existe uma solução irrigante única que reúna todas as características necessárias tendo que ser associadas para se obter uma maior eficácia. Outro aspeto importante é a ativação das soluções, técnica que tem sido introduzida nos protocolos de irrigação de modo a potenciar o efeito das soluções. Esta ativação pode ser obtida aumentando a concentração, a temperatura (Zou, Shen, Li e Haapsalo, 2010), agitando as partículas (Susin et al., 2010) ou adicionando-se um surfactante para diminuir a tensão superficial.

Por outro lado a especificidade e diferença entre a flora microbiana de lesões primárias e a de periodontite apical crónica pode levar à necessidade de se adotarem diferentes protocolos de irrigação de acordo com as capacidades antimicrobianas das soluções irrigantes (Ricucci e Siqueira, 2010).

O objetivo deste trabalho consistiu em procurar definir, com base na evidência científica mais recente sobre soluções irrigantes, diferentes protocolos para a irrigação e ativação de soluções consoante a natureza da patologia pulpar e periapical.

A seleção da bibliografia foi feita tendo como base:

- Motor de busca MEDLINE/PubMed, desde 2009 a Julho de 2015 sobre artigos escritos em inglês, não descurando aqueles que apesar de mais antigos são referência, usando as palavras-chave: “irrigant solution” OR “chelating agent in endodontics” AND “irrigant agitation technique” OR “surfactant in endodontics”.
- Referência pontual a livros de texto com capítulos sobre o tema.

II. Desenvolvimento

1- Características ideais das soluções irrigantes

A irrigação desempenha um papel fundamental no tratamento endodôntico já que é a correta execução do protocolo de irrigação que facilita e potencia a remoção de microrganismos e da *smear layer* (Basrani e Haapsalo, 2013). Os agentes irrigantes devem apresentar o máximo de vantagens e o mínimo de efeitos nocivos.

Segundo Basrani e Haapsalo (2013) uma solução irrigante deve apresentar as seguintes características para ser considerada ideal:

1. Ter a capacidade de dissolver tecido pulpar e remover *smear layer*
2. Ter a capacidade de desinfetar, eliminando bactérias, fungos e endotoxinas
3. Penetrar na dentina e túbulos dentinários
4. Ter ação antibacteriana prolongada (substantividade)
5. Não ser tóxico, não ser antigénico e não ser carcinogénico
6. Não ter efeitos adversos sobre a dentina e não afetar a capacidade de selamento dos materiais obturadores
7. Pouco dispendioso, fácil de aplicar
8. Não provocar alterações de cor

Apesar da investigação científica continuar a pesquisar, não há uma solução que seja considerada ideal porque nenhuma reúne todas estas características. Existem sim soluções que quando usadas concomitantemente e sequencialmente podem ter todas as ações desejadas e deste modo contribuir para o sucesso do tratamento endodôntico. Por outro lado, para além da necessidade da investigação científica encontrar a solução ideal é também importante definir protocolos que especifiquem a frequência, o volume e o tempo de ação. A potenciação de uma solução irrigante é na maior parte dos casos maximizada

quando a solução é aquecida, quando lhe é permitido inundar e gerar efeito de *flushing* em canais já instrumentados e quando lhe é dado tempo para atuar (Sirtes, Waltimo, Schaetzle e Zehnder, 2005; Ruddle, 2008).

2- Classificação das soluções irrigantes

O preparo químico mecânico vai ser realizado sobretudo através da ação sobre o tecido pulpar e sobre as paredes de dentina (Figura 1). A dentina é um tecido bastante mineralizado que é atravessado por túbulos dentinários transversalmente, desde a câmara pulpar e canal radicular até a superfície externa da raiz. Apresenta uma composição orgânica e inorgânica. O principal conteúdo orgânico é o colagénio tipo I. O principal conteúdo inorgânico são o cálcio (Ca) e o fósforo (P) presente nos cristais de hidroxiapatite (Scelza, Teixeira e Scelza, 2003).

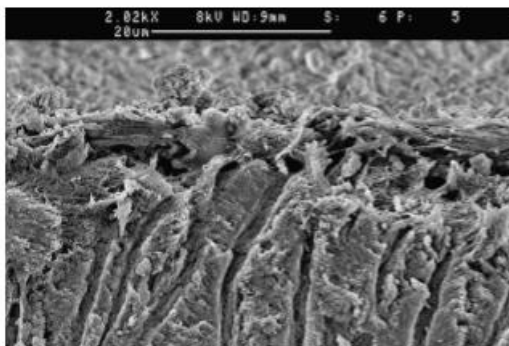


Figura 1 – Parede de dentina do canal radicular coberta de detritos, previamente à instrumentação. Adaptada de Haapsalo et al., (2010).

Quando o tratamento endodôntico é realizado, devido à ação mecânica dos instrumentos de corte sobre a dentina, produz-se uma massa constituída por material inorgânico, contendo hidroxiapatite e material orgânico com células pulpares, fibras nervosas, vasos sanguíneos, colagénio e líquido tecidual. Esta massa recebe o nome de *smear layer*, tendo a espessura de 1 a 5 μ m. Quando esta *smear layer* obstrui a entrada dos túbulos dentinários passa a designar-se *smear plug* (Llena, Cuesta, Forner, Mozo e Segura, 2015).

Na literatura há alguma controvérsia em relação à manutenção ou remoção da *smear layer*. Por um lado previne a colonização do canal radicular devido ao efeito tampão que

exerce nos túbulos dentinários (Drake, Wiemann, Rivera e Walton, 1994), mas por outro é reconhecido que a remoção da *smear layer* vai reduzir o número de microrganismos, aumentar a capacidade de selamento (devido ao aumento de área para o material obturador e o cimento penetrarem) e de adesão (porque a *smear layer* forma uma união fraca com a superfície dentinária) e reduzir o potencial para as bactérias sobreviverem e se reproduzirem (Di Lenarda, Cadenaro, Sbaizero, 2000). Há também referência ao papel negativo que esse *smear layer* pode desempenhar na obstrução de canais laterais (Figura 2) e como depósito de microrganismos e dos seus irritantes que depois invadem os túbulos dentinários (Ruddle, 2008).

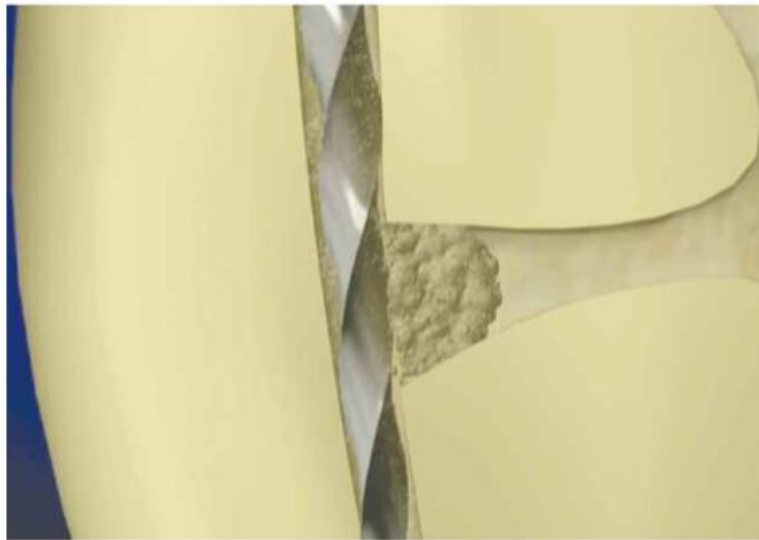


Figura 2 – Papel da *smear layer* na obstrução de canais laterais. Adaptada de Ruddle (2008).

Por estes motivos a utilização de várias soluções irrigantes para o preparo químico adequado, com a completa remoção de *smear layer* do canal radicular é considerado o *gold standard* em endodontia. Esta preparação é no entanto afetada não só pelo tipo de soluções utilizadas bem como pela sequência utilizada para a dissolução do tecido pulpar e para a remoção de *smear layer*, pelo que estas soluções são classificadas consoante atuam na matriz orgânica ou na matriz inorgânica.

2.1 - Soluções que atuam na matriz orgânica

2.1.1 - Hipoclorito de sódio

É a principal solução irrigante em endodontia sobretudo devido à sua eficácia na dissolução do tecido orgânico, eliminação de micro organismos e à capacidade de lubrificação (Haapsalo, Endal, Zandi e Coil, 2005; Zehnder, 2006; Basrani e Haapsalo, 2013) No entanto, o cloro que é responsável pela capacidade de dissolução e pela ação antimicrobiana do NaOCl, é instável e é consumido rapidamente pelo que a solução deve ser renovada continuamente em intervalos de 2 minutos. (Clarkson, Podlich e Moule, 2011).

A primeira solução aquosa de cloro produzida foi o hipoclorito de potássio, inventada por Berthollet. No final do século XVIII começou a ser produzida industrialmente por Percy na localidade de Javel, vindo daí a designação “Eau de Javel”. Inicialmente usadas como soluções branqueadoras, foi Labarraque que recomendou a solução de hipoclorito de sódio para o tratamento da febre puerperal e outras doenças infecciosas. Com os trabalhos de Koch e Pasteur o hipoclorito foi sendo aceite como desinfetante (Vineet, Rajesh, Sonali e Mukesh, 2014).

Durante a Primeira Guerra Mundial o químico Henry Dakin e o cirurgião Alexis Carrel usaram uma solução de hipoclorito de sódio a 0.5% para a irrigação de feridas infetadas, baseando-se nos estudos de Dakin na eficiência de diferentes soluções em tecido necrótico infetado (Dakin, 1915).

A sua capacidade para eliminar bactérias, esporos, vírus e a sua maior eficácia na dissolução de tecido necrótico do que do tecido vital conduziram a sua utilização como principal irrigante endodôntico a partir de 1920. Além disso é uma solução barata, fácil de encontrar e fácil de armazenar (Zehnder, 2006).

2.1.1.1 - Estrutura química

O hipoclorito de sódio em solução é representado pela seguinte equação (Pécora, Sousa-Neto e Estrela, 1999):



2.1.1.2 - Mecanismo de Ação

A ação do hipoclorito de sódio deve-se ao desenvolvimento de três reações (Pécora et al., 1999; Basrani e Haapsalo, 2013):

- a) Reação de saponificação (Figura 3), onde o hipoclorito de sódio atua como solvente e degrada os ácidos gordos transformando-os em sal de ácidos gordos (sabão) e glicerol (álcool), o que vai reduzir a tensão superficial (Estrela et al., 2002). Esta propriedade permite-lhe uma maior capacidade de penetração na dentina e túbulos dentinários (Basrani e Haapsalo, 2013).

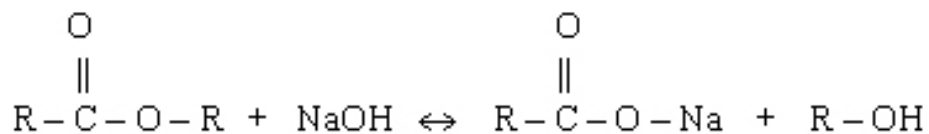


Figura 3 – Esquema da reação de saponificação. Adaptado de Estrela et al., 2002

- b) Reação de neutralização (Figura 4), onde o hipoclorito de sódio neutraliza aminoácidos formando água e um sal. A libertação de H⁺ leva a uma diminuição do pH o que interfere na integridade da membrana citoplasmática através da inibição irreversível de enzimas e alterações de síntese no metabolismo celular (Estrela et al., 2002).

2.1.1.3 - Concentrações

O NaOCl pode ser usado com concentrações entre 0,5% e 6% sendo que alguns estudos *in vitro* evidenciam que concentrações mais elevadas são mais eficazes contra *Enterococcus faecalis* e *Candida albicans* (Waltimo, Ørstavik, Sirén e Haapsalo, 1999; Gomes et al., 2001; Radcliffe et al., 2004).

Radcliffe et al. (2004) num estudo *in vitro* sobre a ação de diferentes concentrações (0,5, 1, 2,5 e 5,25%) de NaOCl nas espécies de microrganismos mais frequentemente associadas a lesões endodônticas secundárias, nomeadamente *Actinomyces israelii*, *Actinomyces naeslundii*, *Candida albicans* e *Enterococcus faecalis* mostraram que independentemente da concentração, o NaOCl é eficaz na sua eliminação. No entanto no caso do *Enterococcus faecalis* a sua eliminação depende da concentração e do tempo de ação: o NaOCl a 0,5% levou 30 minutos enquanto o NaOCl a 5,25% demorou apenas 2 minutos. Estes resultados vêm corroborar os de alguns estudos clínicos que indicaram que quer concentrações mais baixas de NaOCl quer mais altas eram igualmente eficazes na eliminação de bactérias do interior dos canais radiculares sendo que com concentrações mais baixas se deve utilizar um maior volume de solução (Siqueira, Roças, Favieri e Lima, 2000). A revisão feita por Vineet et al. (2014) refere que a irrigação copiosa por um período de tempo considerado ótimo é mais importante que a concentração da solução de hipoclorito de sódio, apesar de não referir qual o período de tempo adequado.

No que diz respeito à capacidade de remoção e dissolução de tecido, ela aumenta com o aumento de concentração. O estudo de Hand, Smith e Harrison (1978) demonstrou que o NaOCl a 5,25 % era mais eficaz e que a sua diluição implicava a diminuição dessa capacidade. Outros autores referem que o NaOCl é igualmente eficaz com concentrações mais baixas desde que usada em maior quantidade (Moorer e Wesselink, 1982). A temperatura, a ativação ultrassônica e o tempo de aplicação também influencia a capacidade de degradação dos tecidos (Zehnder, 2006).

Em relação à capacidade de penetração nos túbulos dentinários, o hipoclorito de sódio apresenta uma capacidade de penetração entre 77 e 300 μ m. Esta diferença deve-se também à variação de 3 parâmetros: concentração, temperatura e tempo (Zou, Shen, Li e Haapsalo, 2010). O trabalho destes autores veio demonstrar que os três parâmetros influenciam a capacidade de penetração do NaOCl nos túbulos dentinários e cada um desses parâmetros tem um efeito potenciador dessa penetração. Fazendo variar a concentração entre 1%, 2%, 4% e 6%; a temperatura entre 20°C, 37°C e 45°C e o tempo de exposição entre 2, 5 e 20 minutos, a penetração nos túbulos dentinários apresentava um valor mínimo de 77 μ m quando se usou NaOCl a 1% durante 2 minutos à temperatura de 20°C (Figura 6) e um valor máximo de 300 μ m quando se usou NaOCl a 6% durante 20 minutos à temperatura de 45°C. Este estudo evidencia também que ao aumentar a temperatura e o tempo, podemos baixar a concentração, minimizando a toxicidade celular caso ocorra extravasamento da solução: o NaOCl a 1% aquecido a 45° e atuando durante 20 minutos consegue uma capacidade de penetração de 200 μ m. Outros autores mostraram que a solução de NaOCl a 1% atuando durante 20 minutos consegue obter culturas negativas de *Enterococcus faecalis* (Gomes et al., 2001).

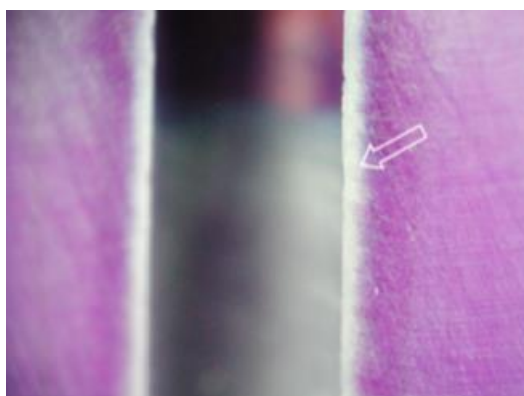


Figura 6 – Imagem da parede dentinária, previamente pigmentada, após utilização de NaOCl a 1% durante 2 minutos. Ampliação 20x. Adaptada de Zou et al. (2010).

2.1.1.4 - Substantividade

Algumas soluções irrigantes conseguem associar-se com a dentina, sendo depois libertadas lentamente. Este processo denominado substantividade permite potenciar o efeito antimicrobiano ao longo do tempo.

No entanto o NaOCl a 5,25% não apresenta qualquer atividade antimicrobiana residual o que foi confirmado pelo estudo de Weber, McClanahan, Miller, Diener-West e Johnson (2003) que comparou a ação antibacteriana (contra *Enterococcus sanguinis*) da clorhexidina em gel a 2% e o NaOCl a 5,25% ao longo de diferentes períodos de tempo (24, 48, 72, 96, 120, 144 e 168h).

2.1.1.5 -Biotoxicidade

O hipoclorito de sódio é um agente oxidante, com um pH entre 11 e 12. Sendo uma base forte é extremamente corrosivo. O seu manuseamento deve ser cuidadoso de modo a evitar que manche a roupa do paciente, que entre em contato com os olhos do paciente, da assistente e do médico dentista e ter sempre presente a possibilidade de ocorrer uma reação alérgica (Basrani e Haapsalo, 2013; Vineet et al., 2014). Devemos incentivar a utilização de protocolos preventivos como: utilização de proteção plástica para a roupa do doente, a utilização de óculos de proteção, o uso de isolamento absoluto, o uso e seringas de *luer-lok*, agulhas de irrigação com abertura lateral e introduzidas no máximo a 2 mm do comprimento de trabalho, evitar prender a agulha no canal (Figura 7) e evitar pressão excessiva aquando a irrigação (Basrani e Haapsalo, 2013).

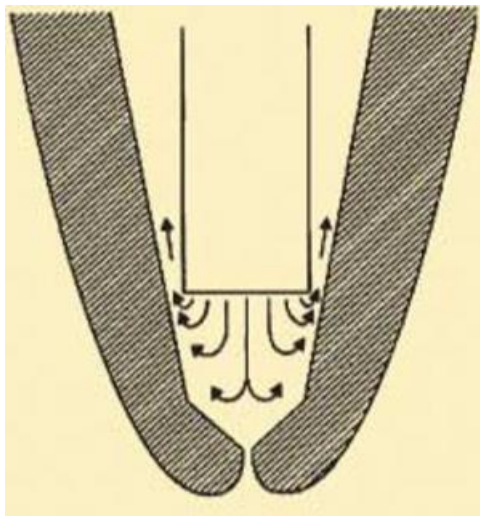


Figura 7 – Imagem que mostra como a agulha deve estar solta no interior do canal radicular de modo a permitir o efeito *flushing* da solução e evitar o extravasamento da mesma. Adaptada de Schäfer (2007).

A extrusão de soluções irrigantes para os tecidos periapicais é algo que não é frequente e que ocorre principalmente via forâmen apical ou via perfuração (Hülsmann, Rödíg e Nordmeyer, 2009). Apesar de referirem que não há evidência, os mesmos autores afirmam que os canais laterais ou canais da furca parecem ter um diâmetro demasiado reduzido oferecendo resistência ao fluxo da solução pelo que deste modo se previne a extrusão por essa via.

Quando ocorre contato do NaOCl com os tecidos periapicais, este provoca hemólise, ulceração e necrose (Hülsmann et al., 2009). Os principais sinais e sintomas são dor intensa, edema, hemorragia via canal, equimose, sabor a cloro (quando extravasa para o seio maxilar), infeção secundária e parestesia (Bosch-Aranda, Canalda-Sahli, Figueiredo e Gay-Escada, 2012; Basrani e Haapsalo, 2013).

O aumento de toxicidade é diretamente proporcional ao aumento de concentração, ao aumento da temperatura e à quantidade extravasada. Pashley, Birdsong, Bowman e Pashley (1985) compararam a ação do NaOCl sobre tecido vital e confirmou que com a concentração de 5,25% o efeito citotóxico e cáustico era superior às concentrações de 0,5 e 1%. Estrela et al. (2002) afirma que o NaOCl a 1% apresenta uma compatibilidade biológica aceitável.

O protocolo de tratamento deste tipo de acidente baseia-se nos casos reportados. A primeira reação passa por acalmar o doente, explicando não só a causa como também a natureza do acidente. O doente deve ser avisado que o processo de cicatrização pode levar dias a meses e que na maior parte dos casos os sintomas desaparecem completamente. Se houver alteração da sensibilidade, deve-se fazer o mapeamento da zona afetada e um registo fotográfico (Figura 8) (Schäfer, 2007).



Figura 8 – Mapeamento e registo fotográfico da zona de parestesia. Adaptado de Schäfer, 2007.

Em termos de terapêutica, pode procurar-se fazer aspiração negativa de modo a reduzir a quantidade de solução extravasada (Bosch-Aranda et al., 2012).

Para diminuir a dor devemos reforçar a anestesia nas zonas adjacentes ao dente (Hülsmann et al., 2009; Bosch-Aranda., 2012). Alguns artigos que reportam este tipo de acidente, sugerem a irrigação imediata com soro fisiológico, de modo a diluir e assim diminuir a concentração da solução extravasada (Ehrich, Brian e Walker, 1993; Zairi e Lambrianidis, 2008; Bosch-Aranda et al., 2012).

A dor deve ser controlada com analgésicos. No que diz respeito ao edema este pode ser resolvido com corticosteróides, apesar de não haver estudos que suportam esta opção. A aplicação de gelo nas primeiras 24 horas é uma opção terapêutica para diminuir o edema, mas após essas 24 horas deve-se optar por compressas quentes de modo ao estimular a circulação (Bosch-Aranda et al., 2012). O osso cortical é pouco afetado, mas o osso medular é bastante afetado pelo NaOCl, que causa necrose celular e apoptose, criando as condições propícias ao desenvolvimento de infeção pelo que pode ser necessário associar antibioterapia (Bosch-Aranda et al., 2012). Esta deve ser instituída caso exista risco de disseminação da infeção, não sendo necessária em casos de menor risco (Hülsmann et al., 2009). Segundo os mesmos autores assim que existe resolução da sintomatologia o tratamento endodôntico pode ser concluído, usando como solução irrigante ou soro fisiológico ou CHX. Na maior parte dos casos não existe indicação nem para a extração nem para tratamento cirúrgico (Hülsmann et al., 2009; Bosch-Aranda et al., 2012).

2.1.2 - Clorhexidina

A clorhexidina (CHX) é um detergente catiónico derivado da polibiguanidas, sendo uma base forte e estável como sal (Athanasiadis, Abbot e Walsh, 2007). As polibiguanidas foram desenvolvidas em 1947, na procura de agentes anti malária (Lang e Brex, 1986 citado por Tomás, Rubido e Sonos, 2011). Apesar de ser um composto mais estável na forma de sal como acetato de clorhexidina ou hipoclorito de clorhexidina, estes são compostos com pouca solubilidade pelo que desde 1957 foram substituídos pelo digluconato de clorhexidina (Foulkes, 1973).

O primeiro composto com utilização no mercado foi o gluconato de clorhexidina, tendo sido registrado em 1954 com o nome de “Hibitane”. Como referido por Gomes et al. (2013), o gluconato de clorhexidina foi o primeiro antisséptico a ser reconhecido internacionalmente pela sua ação na limpeza da pele, feridas e das mucosas com elevada atividade antibacteriana e baixa toxicidade.

Em 1959, a clorhexidina era usada para controlo de placa bacteriana, mas segundo Tomás et al. (2011) a sua utilização na Medicina Dentária só aumenta a partir de 1970 com a publicação dos estudos de Løe e Schiott. Para além do controlo de placa e de gengivite, a CHX passou a ser usada em pré e pós-operatório cirúrgico (Gomes et al., 2013).

É também utilizada na prevenção e tratamento de cáries. O trabalho de Epstein e Raber-Durlacher (2004) em doentes com cancro, evidenciou o papel da CHX no controle de placa bacteriana, diminuição de gengivite, do risco de cárie e de candidíase orofaríngea.

A CHX é usada no tratamento de infeções após procedimentos cirúrgicos e na manutenção dos tecidos peri-implantares. A clorhexidina é usada em doentes sujeitos a tratamento ortodôntico, doentes com deficiência motora ou psíquica e em doentes imunocomprometidos (Tomás et al., 2011; Gomes et al., 2013).

Em endodontia a sua utilização é vasta, desde a desinfeção do campo de trabalho, desinfeção do dique de borracha, utilização como solução ou gel irrigante, lubrificante, medicação intracanal e desinfeção de material obturador (Gomes et al., 2013).

A sua atividade contra microrganismos tais como *Candida albicans* e *Enterococcus faecalis* levou a que fosse utilizada como solução irrigante e/ou medicação intracanal no tratamento endodôntico, sobretudo no retratamento endodôntico não cirúrgico (Waltimo et al., 1999; Gomes et al., 2001; Gomes et al., 2003; Vianna, Horz, Gomes e Conrads, 2006).

2.1.2.1 - Estrutura química

A estrutura química consiste em 2 anéis simétricos de 4-clorofenil e 2 grupos biguanida ligados por uma cadeia central de hexametileno (Figura 9) (Vineet et al., 2014).

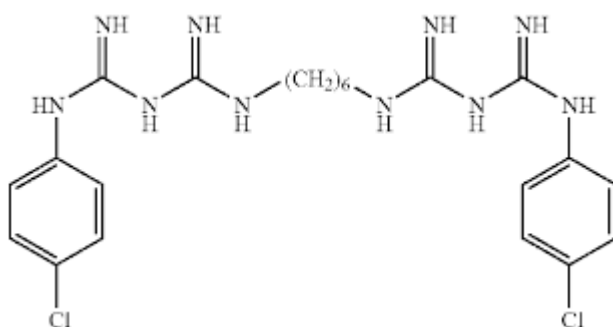


Figura 9 – Estrutura química do digluconato de clorhexidina. Adaptada de Basrani e Haapsalo (2013).

2.1.2.2 - Mecanismo de Ação

A clorhexidina é uma molécula hidrofóbica e lipofílica que se dissocia em solução para formar iões carregados positivamente que interagem com fosfolípidos e lipopolissacaridos da parede celular das células bacterianas, penetrando no interior celular por transporte ativo ou passivo (Gomes et al., 2003; Athanassiadis et al., 2007). A sua eficácia deve-se à interação da carga positiva da molécula com a carga negativa dos grupos fosfato existente nas paredes celulares bacterianas alterando assim o equilíbrio osmótico da célula bacteriana (Athanassiadis et al., 2007).

Relativamente ao pH, a solução aquosa de clorhexidina é estável entre pH 5 a 8, logo a sua atividade antimicrobiana é pH dependente, sendo mais eficaz dentro destes valores o que se coaduna porque esta atividade ótima está dentro do pH dos tecidos (Siqueira et al., 2007).

Apresenta efeito antimicrobiano de largo espectro sendo eficaz contra bactérias Gram-negativas e Gram-positivas, anaeróbios estritos ou facultativos (Ferraz, Zaia, Teixeira e Souza-Filho, 2001; Gomes et al., 2001; Vianna et al., 2004). É no entanto mais eficaz contra Gram-positivos sendo menos afetados os Gram-negativos sobretudo *Proteus*, *Pseudomonas*, *Enterobacter*, *Actinobacter* e *Klebsiella*. A clorhexidina é eficaz contra *Enterococcus faecalis* ao contrário do hidróxido de cálcio (Basrani et al., 2003). É também eficaz contra leveduras e fungos, em especial *Candida albicans* (Gomes et al., 2001; Athanassiadis et al., 2007).). Esta capacidade específica torna a CHX como a solução irrigante de eleição para um protocolo final de irrigação.

Mantém atividade na presença de sangue e de matéria orgânica. Alguns autores referem no entanto que esporos bacterianos e a maior parte dos vírus, são resistentes à clorhexidina (Haapsalo et al., 2005).

No entanto quando se utiliza apenas clorhexidina, esta não tem a capacidade de dissolver matéria orgânica, seja na formulação em gel seja em líquido (Bui, Baumgartner e Mitchell, 2008). Esta incapacidade de dissolução de matéria orgânica é apontada como a sua maior desvantagem.

Yamashita, Filho, Leonardo, Rossi e Silva (2003) compararam, *in vitro*, a ação do NaOCl e da CHX sobre a remoção da *smear layer* e preparação da superfície dentinária. Segundo o autor a associação de NaOCl a 2,5% e EDTA a 17% permite obter o melhor preparo da superfície dentinária. Apesar de apresentar os mesmos resultados na porção cervical do canal quando comparado com NaOCl a 2,5%, os resultados da solução de CHX a 2% são bastante inferiores no terço médio e terço apical. Estes resultados contradizem os de Ferraz et al. (2001) que demonstrou que o gel de CHX a 2% prepara adequadamente a superfície dentinária, mesmo quando comparado com o NaOCl a 5,25%. Segundo o autor esta capacidade deve-se à viscosidade da CHX em gel, que permite manter toda a matéria orgânica em suspensão.

Em relação ao biofilme apesar de a CHX demonstrar eficácia contra as bactérias existentes no biofilme, a CHX não tem capacidade para desagregar o mesmo (Mohammadi e Abbot, 2008). Num estudo que pretende averiguar a eficácia da CHX, entre outros, como medicação intracanal e a sua capacidade de ter atividade na superfície externa da raiz, Gomes et al. (2009) demonstraram que a CHX a 2% tem a capacidade de penetrar nos túbulos dentinários e difundir-se até à superfície externa da

raiz, sendo eficaz contra *Candida albicans*, *Enterococcus faecalis*, *Actynomices viscosus* e *Porphyromonas gingivalis*.

2.1.2.3 - Concentrações

A clorhexidina é usada normalmente em concentrações entre 0.12% e 2%. Em concentrações mais baixas (0.1% a 0.2%) promove a passagem de substâncias de baixo peso molecular pela membrana celular, como potássio e fósforo, o que tem um efeito bacteriostático, sendo esta a concentração com que é utilizada para o controle de placa e tratamento gengivite (Gomes et al., 2013). Em concentrações mais elevadas (2%), a clorhexidina atua como detergente e tem efeito bactericida devido à precipitação/coagulação do citoplasma bacteriano, sendo esta concentração a que é normalmente utilizada como solução irrigante em endodontia (Athanassiadis et al., 2007; Gomes et al., 2013).

A formulação também tem influência na atividade da clorhexidina: alguns estudos demonstraram que quando em contato direto a CHX líquida apresenta maior eficácia antimicrobiana do que a CHX em gel (Gomes et al., 2001; Vianna et al., 2004; Sena et al., 2006). No entanto Ferraz, Gomes, Zaia, Teixeira e Souza-Filho (2007) utilizando testes de difusão em agar, mostraram que a solução de CHX a 2% elimina microrganismos em 30 segundos e em gel demora entre 22 segundos (2%) até 2 horas (0.2%), sendo que a diferença é justificada pela ação mecânica do gel. Ferraz et al. (2001) já tinha demonstrado que, apesar de apresentarem propriedades similares em termos antibacteriano, de substantividade e de biocompatibilidade, a CHX em gel apresenta vantagens quando comparada com a formulação líquida já que mantém o canal radicular lubrificado, reduzindo a fricção entre a lima e a superfície dentinária, potenciando a instrumentação e reduzindo o risco de fratura de instrumentos no interior do canal.

Ao potenciar a instrumentação e também devido à sua viscosidade, a CHX em gel facilita a eliminação do tecido orgânico e da *smear layer*, porque mantém esta matéria em suspensão, o que pode compensar pela sua incapacidade em dissolver matéria orgânica (Ferraz et al., 2001; Vivacqua-Gomes et al., 2002). Vianna et al. (2004) veio confirmar que a CHX em gel ao manter a *smear layer* em suspensão, devido à sua viscosidade,

consegue manter os túbulos expostos e por outro lado, pode ter maior atividade antimicrobiana porque permanece em contacto com os microrganismos por um maior período de tempo.

Comparando a ação da CHX e do NaOCl, estudos *in vitro* mostram que em testes de diluição, a CHX a 2% seja em líquido ou em gel e o NaOCl a 5,25% têm a mesma capacidade antimicrobiana (Gomes et al., 2001; Vianna et al., 2004; Gomes et al., 2005), enquanto outros apontam para uma maior eficácia da clorhexidina a 2% sobre o NaOCl a 5,25% em testes de difusão em agar (Ferraz et al., 2007).

Estudos *in vivo* demonstraram que quer a CHX a 0,12% quer o NaOCl a 2,5% têm a mesma atividade antimicrobiana (Siqueira et al., 2007). Num estudo de Vianna et al. (2006) foi avaliada a capacidade e o grau de atividade antimicrobiana do gel de CHX a 2% e da solução de NaOCl a 2,5%, após o preparo químico-mecânico do canal. Segundo o autor a redução do número de microrganismos é maior irrigando com NaOCl do que com a CHX, justificando que tal se pode dever aos diferentes mecanismos de ação, uma vez que o NaOCl consegue dissolver o tecido orgânico e a remoção das células bacterianas.

2.1.2.4 – Substantividade

A clorhexidina apresenta um efeito antimicrobiano contínuo (substantividade) devido à sua capacidade única de ser absorvida pela dentina tratada. Esta absorção ocorre devido a interação entre a carga positiva da clorhexidina e a carga negativa da dentina. A absorção da CHX vai evitar a colonização bacteriana dessa superfície e ao mesmo tempo vai permitir uma libertação lenta da CHX dando-lhe assim uma ação antimicrobiana ao longo do tempo (Athanasiadis et al., 2007).

O tempo de libertação da CHX é variável consoante os estudos feitos. Alguns autores referem que pode ir de 72h até 12 semanas (Weber et al., 2003; Dametto et al., 2004; Mohammadi e Abbott, 2009) sendo que este efeito está dependente da concentração: em concentrações mais baixas (0,005-0,01%) forma-se uma monopelícula na superfície dentária que pode alterar as propriedades físico químicas dessa superfície e prevenir ou

reduzir a colonização bacteriana e em concentrações mais elevadas (> 0.02%) formam-se multicamadas na superfície dentária, que libertam clorhexidina à medida que a concentração da mesma diminui no ambiente (Gomes et al., 2013).

2.1.2.5 – Biotoxicidade

A clorhexidina apresenta baixa toxicidade tecidual tanto a 0.12% como a 2%. Mesmo quando utilizado como irritante subgengival a clorhexidina não apresenta toxicidade e são poucos os casos descritos de reações alérgicas ou anafiláticas. Okano et al. (1989) reportou o desenvolvimento de urticária, dispneia e choque anafilático após a aplicação tópica de gluconato de clorhexidina. A alergia foi confirmada utilizando teste de esfregaço, teste epicutâneo ou teste intradérmico, tendo sido recomendado pelo fabricante a sua utilização em concentrações bactericidas mais baixas (0,05%) para o tratamento de feridas.

2.2 - Soluções que atuam na matriz inorgânica

Aquando do preparo mecânico do canal forma-se a *smear layer*, que apresenta conteúdo orgânico e inorgânico (Scelza et al., 2003; Basrani e Haapsalo, 2013). As soluções que atuam na matriz inorgânica são conhecidas como quelantes. A ação quelante resulta da capacidade de inativar ou de se ligar a iões metálicos dos cristais de hidroxiapatite (principal componente inorgânico da dentina) e de substâncias orgânicas.

Esta remoção do conteúdo inorgânico é crucial para a desinfecção do canal, primeiro porque os microrganismos que se encontram na *smear layer* produzida são eliminados e segundo porque a sua remoção potencia a ação antibacteriana das soluções irrigantes e da medicação intracanal nas paredes e nos túbulos dentinários. As soluções mais utilizadas são o ácido etileno diaminotetraacético (EDTA) e o ácido cítrico (Hülsmann, Heckendorff e Lennon, 2003; Machado-Silveiro, González-López e González-Rodríguez, 2004), mas têm surgido no mercado outros compostos que para além da ação quelante têm também a capacidade de diminuir a tensão superficial e diminuir a atividade antibacteriana (Torabinejad et al., 2003).

2.2.1 - Ácido etileno diaminotetraacético

Citado por Hülsmann et al. (2003) foi Nygaard-Østby que introduziu esta substância na endodontia em 1957, ao recomendar o uso de uma solução de ácido etileno diaminotetraacético (EDTA) a 15% (pH 7,3). Em 1963, Nygaard-Østby (citado por Hülsmann et al., 2003) adicionou um detergente (amónia quaternária) de modo a diminuir a tensão superficial, facilitando a molhabilidade da superfície do canal radicular e assim potenciar a capacidade de penetração dos quelantes na dentina, sendo o composto denominado EDTAC. O EDTAC parece apresentar maior eficácia antimicrobiana mas como é mais cáustico pode provocar uma maior reação inflamatória dos tecidos (Hülsmann et al., 2003).

2.2.1.1 - Estrutura química

O EDTA é um ácido poliamino carboxílico sintetizado a partir de etilenodiamina, formaldeído e cianido de sódio. É representado pela seguinte fórmula química: $C_{10}H_{16}N_2O_8$ (Figura 10) (Hülsmann et al., 2003).

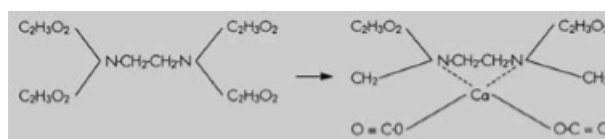
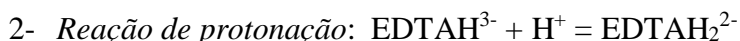
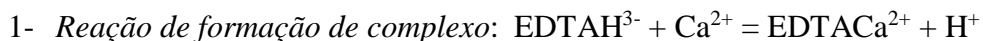


Figura 10 – Estrutura química do EDTA e respetivo mecanismo de ligação ao cálcio. Adaptado de Hülsmann et al. (2003)

2.2.1.2 - Mecanismo de Ação

A sua capacidade quelante deve-se ao facto de permitir o sequestro de iões metálicos como o cálcio. Esta atividade permite uma capacidade de penetração na parede do canal que varia entre 20µm após cinco minutos a 50µm após 24 a 48 horas. A ação quelante apesar de dependente do tempo é no entanto auto limitada porque o efeito não se prolonga para além dos 50 µm devido ao consumo do princípio ativo (Basrani e Haapsalo, 2013) e também devido à variação de pH que ocorre durante a desmineralização da dentina (Seidberg e Schilder, 1974). Por outro lado Scelza et al. (2003) não encontrou diferenças estatisticamente significativas entre a descalcificação promovida pelo EDTA a 17% durante 3 períodos de tempo (3, 10 e 15 minutos). Esta diferença pode eventualmente residir nos diferentes intervalos de tempo utilizados pelos autores. O estudo de Scelza et al. (2003) também não mostrou existir diferença na capacidade de remoção de Ca entre o EDTA a 17% e o ácido cítrico a 10% mesmo com intervalos de tempo diferentes (3, 10 e 15 minutos), pelo que ambas as soluções são igualmente eficazes, desde que utilizadas na concentração devida.

A maior parte dos quelantes tem um pH próximo do neutro. No entanto quando ocorre a reação quelante o EDTA aprisiona o Ca, formando um complexo estável, mas liberta H⁺ o que leva à diminuição de pH e conseqüentemente a uma menor eficácia do EDTA ao longo do tempo (Hülsmann et al., 2003). Este achado já tinha sido evidenciado por Pérez, Cárdenas e Planells (1989) que no seu estudo demonstraram que ocorrem duas reações, uma de formação de complexo e outra de protonação, e que à medida que a reação prossegue, vai-se acumulando H⁺ o que leva a uma diminuição do efeito quelante:



No entanto Serper e Çalt (2002) demonstraram que o pH da solução de EDTA não varia durante o tempo de reação. Neste estudo as soluções de EDTA a 17% com pH 7,5 demonstraram maior eficácia na remoção de P do que o EDTA a 17% com pH 9, já que a dentina da parede canal, submetida à ação da primeira solução, apresenta maior erosão peritubular e intratubular após 10 minutos de irrigação. A variável tempo também desempenha um papel importante uma vez que a exposição durante 10 minutos provoca erosão enquanto a exposição durante 1 minuto é eficaz na remoção de *smear layer* (Serper e Çalt, 2002; Çalt e Serper, 2002). Soluções de EDTA a 10% e pH 7,5 ou 9 apresentaram menor capacidade em remover o P, logo menor atividade quelante, mostrando assim que a concentração da solução também tem importância na capacidade quelante do EDTA (Serper e Çalt, 2002).

A solução neutra de EDTA remove o conteúdo mineral e proteínas não colagénicas (PNC) da dentina criando a uma superfície dentinária com menor erosão mas também menos dura (Verdelis, Eliades, Oviir e Margelos, 1999). A composição da dentina não é constante ao longo do canal radicular, variando da região apical para a região cervical, assim como da parede canal pulpar em direção à parede externa da raiz. Como o conteúdo em PNC é menor no terço apical, isto pode explicar a menor eficácia dos quelantes nessa zona radicular (Hülsmann et al., 2003). O EDTA demonstrou ser mais eficaz na remoção de Ca e P no terço cervical e médio do que no terço apical, mantendo no entanto a sua eficácia na remoção de *smear layer* e na desobstrução dos túbulos

dentinários. No entanto esta desmineralização inadequada do terço apical pode reduzir a difusão das soluções irrigantes e da medicação intracanal minimizando a sua ação (Verdelis et al., 1999).

A sua ação, através da ligação a íons metálicos, permite a eliminação de proteínas existentes na membrana celular tendo um efeito bactericida, mas há autores que defendem que não tem atividade antibacteriana (Haapsalo et al., 2005). A sua atividade antibacteriana é superior às soluções salinas porque permite desalojar o biofilme das paredes intracanalares (Bonsor, Nichol, Reid e Pearson, 2006; Zehnder, 2006; Vineet et al., 2014). No entanto apresenta ação antifúngica, demonstrando capacidade de inibição do crescimento de *Candida albicans*, tendo evidenciado uma ação inibitória superior quando comparado com o NaOCl a 0,5% (Grawehr, Sener, Waltimo e Zehnder, 2003).

2.2.1.3 - Concentrações

A concentração mais frequentemente utilizada para quelar a matéria inorgânica é de 17% com pH 7. O tempo de ação varia entre 1 a 10 minutos assim que atua na parede do canal radicular (Serper e Çalt, 2002; Haapsalo et al., 2005).

A agitação da solução também parece ter influência (Mello, Kammerer, Yoshimoto, Macedo e Antoniazzi, 2010). A irrigação continua com 5 ml de EDTA a 17 % durante 3 minutos, no protocolo final de irrigação, demonstrou ser mais eficaz na remoção da *smear layer* das paredes dentinárias do canal do que a irrigação e imersão (irrigação por 6 segundos, 2 minutos e 30 segundos de imersão e irrigação por 24 segundos perfazendo o mesmo período de tempo). Neste estudo Mello et al. (2010) não encontrou diferenças estatísticas significativas na preparação das diferentes zonas do canal radicular. Um fator que pode explicar isto é o facto de as soluções empregues terem sido introduzidas no canal a 2 mm do comprimento de trabalho e removidas por sucção. Outros autores referem que, devido ao volume reduzido do canal radicular a reação quelante pode saturar rapidamente perdendo-se eficácia ao longo do canal, sendo por isso recomendado o uso de soluções e irrigação continua (Hülsmann et al., 2003; Zehnder, 2006).

A sua formulação pode ser em solução ou em gel. A função da formulação em solução é a remoção de *smear layer* das paredes dentinárias após a preparação do canal radicular enquanto a função da formulação em gel é lubrificar, emulsionar e manter os detritos em suspensão durante o preparo do canal radicular (Ruddle, 2008). A formulação em gel foi introduzida em 1961 e em 1969 foi apresentado o RC-Prep que continha para além de EDTA em gel, peróxido de ureia e glicerol (Stewart et al., 1969 citado por Hülsmann et al., 2003). Atualmente a composição foi alterada e o glicerol foi substituído por carbowax (polietileno glicol) mantendo-se o objetivo que é permitir uma maior lubrificação do canal radicular, ultrapassar calcificações existentes no interior do canal radicular e assim facilitar a instrumentação (Basrani e Haapsalo, 2013). A utilização do EDTA em gel é recomendada pelos fabricantes de modo a reduzir o risco de fratura de instrumentos. Hülsmann et al. (2003) indicam que na falta de consenso devemos seguir as instruções do fabricante. No entanto alguns autores afirmam que a formulação em gel acaba por ter resultado oposto uma vez que é a formulação líquida do quelante que diminui o stress mecânico sofrido pelos instrumentos rotatórios (Boessler, Peters e Zehnder, 2007).

2.2.1.4 - Biotoxicidade

O facto de apresentar atividade ótima entre pH 7-8 leva a que seja considerado menos agressivo para os tecidos quando comparado com outros quelantes com atividade a pH mais baixo (Serper e Çalt, 2002). No entanto Hülsmann et al. (2003) referiram que o EDTA pode levar à desmineralização excessiva da dentina intertubular diminuindo a resistência das paredes de dentina, o que vem suportar o estudo de Çalt e Serper (2002) que verificaram que a ação de EDTA a 17% durante 10 minutos promove uma erosão excessiva da dentina intertubular e peritubular.

O EDTA é uma solução biocompatível, sendo encarado como um irrigante seguro desde que usado de modo adequado, não tendo sido reportados nenhum efeito adverso durante o seu uso clínico (Hülsmann et al., 2009).

2.2.2 - Ácido Cítrico

2.2.2.1 - Estrutura química

Consiste em 3 grupos carboxilo (R-COOH), com a fórmula $C_6H_8O_7$ (disponível em <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/311>)

2.2.2.2 - Mecanismo de Ação

O ácido cítrico quela a dentina através da ligação a íons metálicos (Ca) presente nos cristais de hidroxiapatite da dentina. É usado para a remoção de *smear layer* e preparação da superfície dentinária radicular com concentração entre 1 a 10% (Machado-Silveiro et al., 2004).

2.2.2.3 - Concentrações

Segundo o estudo de Machado-Silveiro et al. (2004) o ácido cítrico a 1 e 10% demonstrou ser mais eficaz que o EDTA a 17% e o citrato de sódio na remoção de *smear layer*. O mesmo autor refere que a concentração da solução também influencia a ação quelante: o ácido cítrico a 10% demonstrou ser mais eficaz que a 1%, sobretudo após o tempo de atuação ser superior a 5 minutos. No entanto outros estudos *in vitro* não encontraram diferenças estatisticamente significativas na capacidade de remoção de *smear layer* entre ácido cítrico e EDTA (Di Lenarda et al., 2000; Scelza et al., 2003). O tempo de exposição ao ácido cítrico deve ser limitado de modo a por um lado se obter a função principal, que é a remoção da *smear layer*, mas por outro evitar uma maior desmineralização da dentina intra e peritubular do canal radicular, com o aumento do diâmetro médio dos túbulos (Di Lenarda et al., 2000). No mesmo artigo, estes autores referem que um tempo de exposição de 20 segundos é suficiente para a remoção de *smear layer* e que são necessários 6 minutos para efeito descalcificante.

No que diz respeito à sua capacidade antimicrobiana o uso de ácido cítrico a 25% não mostrou eficácia na remoção de biofilme de *Enterococcus faecalis* após 1, 5 e 10 minutos de tempo de exposição (Arias-Moliz, Ferrer-Luque, Espigares-Garcia e Baca, 2009). Arias-Moliz et al. (2009) demonstraram também que o EDTA e o ácido fosfórico não foram eficazes contra o biofilme, apenas o NaOCl conseguiu a sua eliminação ao fim de 1 minuto enquanto a CHX a 2% demorou 5 minutos.

2.2.2.4 – Biotoxicidade

Segundo os estudos de Di Lenarda et al. (2000) o ácido cítrico apresenta toxicidade celular reduzida.

2.2.3 - Ácido etidróico (HEPB)

2.2.3.1 - Estrutura química

O HEPB é um agente quelante também conhecido por hidroxietileno bifosfonato, cuja fórmula química é $C_2H_8O_7P_2$ (disponível em <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/3305>).

2.2.3.2 - Mecanismo de Ação e Concentrações

É um quelante que se pode associar ao NaOCl sem afetar a sua atividade proteolítica e antibacteriana (Zehnder, 2006). Foi sugerido por De Deus et al. (2008) como alternativa ao ácido cítrico e ao EDTA. No seu estudo verificou que o processo de desmineralização promovida quer pelo HEPB a 9 e a 18% é significativamente mais lenta que a do EDTA a 17%. O mesmo autor refere que o protocolo de irrigação com HEPB a 18% otimiza a qualidade de adesão de Resilon/Epiphany.

O trabalho de Christensen, McNeal e Eleazer (2008) demonstrou que a associação HEBP e NaOCl mantém o equilíbrio da solução hipoclorito de sódio-ácido hipocloroso para o NaOCl. Como este tem maior capacidade de dissolução dos tecidos que o ácido hipocloroso logo a associação aumenta a eficácia da ação do NaOCl sobre o tecido pulpar.

2.2.4 - MTAD

2.2.4.1 - Estrutura química

Composto quelante constituído por doxiciclina a 3%, ácido cítrico a 4,25% e um detergente – tween 80. Foi introduzido por Torabinejad et al. (2003) como alternativa ao EDTA para a remoção da *smear layer*.

2.2.4.2 - Mecanismo de Ação

O ácido cítrico da mistura remove a *smear layer* e permite a penetração de doxiciclina nos túbulos dentinários potenciando a sua ação antimicrobiana. A constituição do MTAD atua de forma concomitante contra microrganismos. A sua ação antibacteriana é no entanto inferior à do NaOCl independentemente da concentração deste (1 a 6%). Esta menor ação antibacteriana pode ser devida à inibição promovida pelo efeito tampão da dentina e da albumina sérica presente no interior do canal radicular (Haapsalo, Shen, Qian e Gao, 2010). Atualmente o protocolo de irrigação final com utilização de MTAD recomenda irrigação com NaOCl durante 20 minutos seguido de MTAD por 5 minutos (Torabinejad et al., 2003; Basrani e Haapsalo, 2013).

2.2.5 - Ácido Fosfórico

É um composto normalmente utilizado na dentisteria para remover a *smear layer* e acondicionar o esmalte e/ou dentina durante o preparo cavitário coronário (Prado et al., 2015).

2.2.5.1 - Estrutura química

Apresenta a seguinte fórmula química: H_3O_4P (disponível em <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/1004>).

2.2.5.2 - Mecanismo de Ação

Estudos *in vitro* compararam a ação do EDTA a 17%, ácido cítrico a 10% e ácido fosfórico a 37%, quer em gel quer em líquido, na remoção da *smear layer* da superfície dentinária radicular. Os resultados foram avaliados através de microscópio eletrônico de varrimento, sendo que nenhum dos compostos foi totalmente eficaz quando o tempo de ação era de 30 segundos (Prado, Gusman, Gomes e Simão, 2011). Neste período de tempo o EDTA a 17% demonstrou os piores resultados, o que corrobora o estudo de Serper et Çalt (2002) que evidenciaram a necessidade de um tempo de ação de 1 minuto para o EDTA remover a *smear layer*, enquanto a solução de ácido fosfórico a 37% e o ácido cítrico a 10% apresentaram resultados similares. No intervalo de tempo de 1 minuto a solução de ácido fosfórico a 37% mostrou ser mais eficaz que o EDTA, o ácido cítrico e o ácido fosfórico em gel no terço apical e médio. No terço cervical quer a formulação em gel quer líquida do ácido fosfórico foram mais eficazes que o EDTA e ácido cítrico. Após 3 minutos todas as soluções foram eficazes em todas as porções do canal radicular sendo que a solução de ácido fosfórico mostrou ser mais eficaz que as restantes no terço apical do canal (Prado et al., 2011).

2.3 - Surfactantes

Aquando a irrigação procura-se entre outras ações, a capacidade de eliminação da *smear layer* e de detritos. Essa capacidade de remoção de detritos, sobretudo em zonas não instrumentadas, está dependente da capacidade de contato da solução com a parede dentinária ou molhabilidade. Essa molhabilidade depende do ângulo de contato, existindo uma relação inversa: quanto menor o ângulo de contacto maior a molhabilidade. Existem soluções denominadas surfactantes ou agentes tensioativos com a capacidade de diminuir a tensão superficial ou influenciar a superfície de contato de um líquido (Cameron, 1986).

Tasman, Zafer, Çehreli, Ogan e Etikan (2000) refere também que molhabilidade de uma solução depende da sua tensão superficial. Esta é definida como a força entre moléculas que leva a que a área de superfície de um líquido diminua, logo quanto maior a tensão superficial menor a área de superfície do líquido e menor a molhabilidade. Neste estudo Tasman et al. (2000) avaliou a tensão superficial de diferentes soluções irrigantes, entre as quais NaOCl a 2,5 e 5%, EDTA a 17% e cetredixina (que contém digluconato de clorhexidina a 0,2% e cetrimida a 0,2%). A cetredixina apresentou os valores mais baixos de tensão superficial pelo que o autor refere que provavelmente, a adição de surfactantes pode potenciar a ação antimicrobiana e a capacidade de dissolução dos tecidos. Ruddle (2008) refere que o EDTA a 17% também atua como surfactante, diminuindo a tensão superficial aumentando a capacidade da solução circular, atuar e penetrar nas paredes e túbulos dentinários.

3- Interação química entre soluções irrigantes

3.1 - Hipoclorito de sódio e clorhexidina

Vianna e Gomes (2009) advogaram a utilização combinada de NaOCl e CHX de modo a potenciar as suas capacidades antimicrobianas contra *Enterococcus faecalis*. Por outro lado a CHX sendo utilizada como irrigante final podia prolongar o efeito antimicrobiano devido à sua substantividade. Neste estudo os autores não demonstraram que a mistura das soluções é mais eficaz que a utilização de CHX, seja em líquido ou em gel, ou NaOCl apenas. Os autores detetaram a formação de um precipitado acastanhado quando o NaOCl era misturado com a clorhexidina (Figura 11).



Figura 11 - Precipitado acastanhado formado após interação do NaOCl com CHX. Adaptada de Basrani e Haapsalo (2013).

Estes resultados confirmam os de Bui et al. (2008) que observaram que o resultado da utilização conjunta de NaOCl e CHX leva à formação de um precipitado castanho alaranjado. Este precipitado leva à alteração de cor do dente (Basrani, Manek, Sodhi, Fillery e Manzur, 2007), reveste a superfície do canal radicular, oclui os túbulos dentinários (Prado, Simão e Gomes, 2013) e afeta o selamento do canal radicular (Vivacqua-Gomes et al., 2002; Bui et al., 2008). O estudo de Vivacqua-Gomes et al.

(2002) comparou a microinfiltração coronária em canais obturados com *gutta-percha*, após terem sido irrigados com uma das 4 misturas: NaOCl a 1% + EDTA a 17%, CHX em gel a 2%, NaOCl e CHX em gel a 2% + NaOCl a 1%. A CHX em gel a 2% associada ao NaOCl a 1% apresentou a maior infiltração entre os diferentes grupos confirmando que a formação de precipitado afeta a adesão e o selamento do canal radicular.

O precipitado apresenta na sua composição paracloroanilina (PCA). Esta é um produto resultante da hidrólise da CHX e que por sua vez também pode ser degradado em 1-cloro 4-nitrobenzeno tendo ambos os compostos efeito tóxico a nível tecidual, como referido por Bui et al. (2008) e sendo ambos considerados agentes carcinogénicos (Basrani et al., 2007). A presença de PCA foi confirmada utilizando o teste de Beilstein, utilizado para identificar a presença de cloro e o teste de solubilidade de HCl⁻, utilizado para identificar a presença de anilina (Bui et al., 2008; Vineet et al., 2014)

Devido à formação deste precipitado deve-se evitar a utilização conjunta destas duas soluções irrigantes, ou proceder à irrigação copiosa com água destilada para remover o NaOCl antes de aplicar a CHX (Basrani et al., 2007; Bui et al., 2008; Vianna e Gomes, 2009). Esta irrigação é mandatória porque mesmo concentrações de 0,023% e de 0,19% de NaOCl promovem a formação do precipitado quando em contato com a CHX (Basrani et al., 2007).

Prado et al. (2013) realizaram um estudo que procurou avaliar a formação de *smear layer* químico ou precipitados aquando da utilização de combinações de soluções irrigantes. A avaliação foi feita recorrendo a microscópio eletrónico de varrimento e espectroscopia por dispersão de eletrões. A espectroscopia por dispersão de eletrões permitiu concluir que a utilização de 10 ml de água destilada entre a utilização de NaOCl e CHX elimina o precipitado, já que este não era detetado. No entanto a análise através de microscopia eletrónica de varrimento evidenciou a presença do precipitado. Apenas as amostras onde a solução quelante usada foi o ácido fosfórico a 37% não apresentaram a presença de precipitado, pelo que este quelante pode ser uma opção válida para a utilização conjunta de NaOCl e CHX.

3.2 - Hipoclorito de sódio e ácido etileno diaminotetraacético

A utilização simultânea de diferentes soluções tem por objetivo potenciar a desinfecção e preparação do sistema canal. As duas soluções mais frequentemente utilizadas em associação são o hipoclorito de sódio e o ácido etileno diaminotetraacético (Grawehr et al., 2003).

A utilização alternada de NaOCl e EDTA permite obter uma maior capacidade de dissolução do tecido por parte do NaOCl (Niu, Yoshioka, Kobayashi e Suda, 2002; Yamashita et al., 2003) e uma maior eficiência na redução do conteúdo bacteriano no interior dos canais radiculares. A irrigação final com EDTA a 15% por 2 a 3 minutos seguida de irrigação com NaOCl a 6% por 2 a 3 minutos provocou maior erosão que a provocada por EDTA apenas, o que leva a concluir que o NaOCl acelera a erosão da dentina (Niu et al., 2002).

O EDTA mantém a sua capacidade quelante quando misturado com o NaOCl, como observado por Grawehr et al. (2003) mas leva à diminuição da capacidade de dissolução dos tecidos por parte do NaOCl, porque diminui a quantidade de clorina livre (Grawehr et al., 2003; Zehnder, 2006; Clarkson et al., 2011). No estudo de Grawehr et al. (2003) a quantidade de clorina livre era de apenas 0,06%, numa mistura de solução de 1:1 entre EDTA a 17% e NaOCl a 1% o que é bastante inferior aos 0,5% de clorina que se encontra numa mistura de soluções de 1:1 entre NaOCl a 1% e água desionizada. Este achado é confirmado pelo estudo de Clarkson et al. (2011) no que diz respeito à diminuição de clorina livre aquando da associação destas duas soluções.

Algumas das conclusões de Clarkson et al. (2011) alertam para a diminuição acentuada do conteúdo de clorina livre: a mistura de 90% de NaOCl com 10% de EDTA leva a uma diminuição de 75% da clorina livre. Esta diminuição ocorre nos primeiros 5 minutos da reação e mantém-se ao longo do tempo (9, 13 e 18 minutos). A mistura, numa proporção 75:25, leva a que a solução de NaOCl que inicialmente apresentava 4,5% de clorina livre tenha esse valor reduzido para 0,6%, ligeiramente acima do valor mínimo aceite como eficaz em endodontia. Se se passar para mistura 50:50 o valor de clorina livre passa para 0,3%.

Segundo os autores o protocolo de utilização destas duas soluções irrigantes (EDTA e NaOCl) deve contemplar a renovação constante do NaOCl ou então estas soluções nunca devem ser misturadas (Grawehr et al., 2003; Zehnder, 2006).

Segundo Haapsalo et al. (2010) a irrigação com hipoclorito de sódio no final do protocolo, após a utilização de EDTA, deve ser evitada porque promove erosão da dentina da superfície do canal radicular. Estes resultados apoiam os de Çalt e Serper (2002) que demonstraram que o EDTA a 17% consegue remover a *smear layer* no final da instrumentação e que a utilização final de NaOCl a 5,25 vai provocar erosão da dentina intra e peritubular (Figura 12). Outros autores defendem no entanto que após a irrigação com EDTA os canais devem ser irrigados com NaOCl de modo a que este atue em profundidade nos túbulos dentinários (Schäfer, 2007).

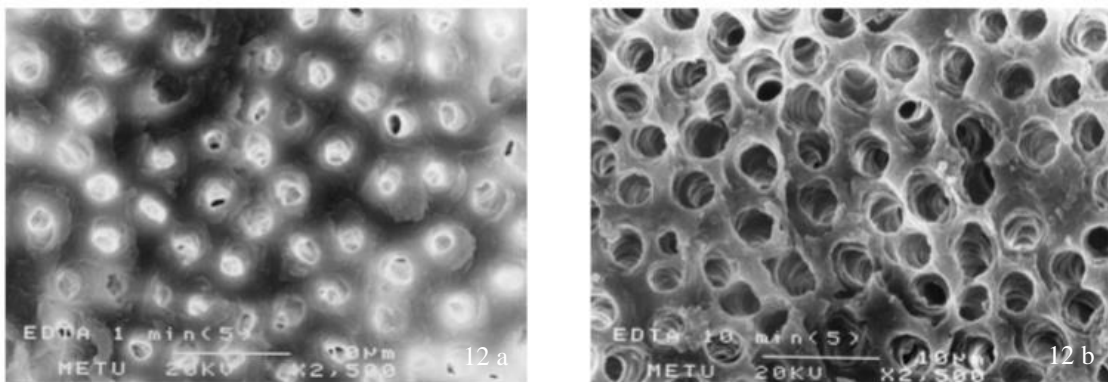


Figura 12 – a) Remoção da *smear layer* e *smear plug* após utilização de EDTA a 17%. b) Erosão da dentina intra e peritubular após utilização de EDTA a 17% e NaOCl a 5,25%. Ampliação 2500x. Adaptada de Çalt e Serper (2002)

3.3 - Hipoclorito de sódio e peróxido de hidrogénio

O peróxido de hidrogénio é uma solução utilizada para desinfeção e esterilização, entre concentrações variáveis de 1 a 40%. Em endodontia é uma solução utilizada para eliminar sangue e tecido da câmara pulpar (Haapsalo et al., 2005). A utilização alternada entre o NaOCl e a H₂O₂ é feita frequentemente por clínicos na irrigação dos canais radiculares.

Apesar de um efeito borbulhante mais intenso, devido à libertação dos radicais de oxigénio, a combinação de NaOCl a 4% e H₂O₂ a 3% não apresentou maior eficácia na eliminação de *Enterococcus faecalis* do que a ação do NaOCl a 4% por si só (Siqueira, Machado, Silveira, Lopes e Uzeda, 1997). Segundo Haapsalo et al. (2005) os estudos existentes não suportam a utilização de peróxido de carbamida em detrimento de outras soluções frequentemente utilizadas, nomeadamente NaOCl e clorhexidina.

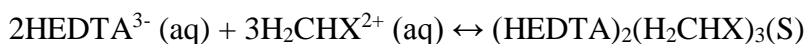
3.4 - Clorhexidina e ácido etileno diaminotetraacético

Basrani e Haapsalo (2013) referem que a utilização conjunta de CHX e EDTA leva à formação de um precipitado branco leitoso (Figura 13).



Figura 13 - Precipitado branco formado após interação do EDTA com CHX. Adaptado de Basrani e Haapsalo (2013).

Este é provavelmente um sal formado pela neutralização da clorhexidina catiónica pelo EDTA aniónico, de acordo com a equação (Rasimik et al., citado por Basrani e Haapsalo, 2013):



Aparentemente a utilização conjunta reduz a capacidade do EDTA em remover a *smear layer*. Por outro lado, Prado, Simão e Gomes (2013), num estudo *in vitro*, concluíram que associação entre o EDTA a 17% e a CHX a 2% possibilita uma maior força de adesão do material obturador à dentina.

4- Ativação de soluções irrigantes

A irrigação convencional foi considerada um método eficiente de distribuição de soluções irrigantes no interior do canal radicular (van der Sluis, Versluis, Wu e Wesselink, 2007). A capacidade da irrigação convencional em gerar um efeito de *flushing* que lhe permita ser eficaz na desinfecção e desbridamento está dependente da anatomia do canal, do preparo apical do canal (diâmetro e conicidade), da profundidade a que a agulha é inserida no canal radicular e do próprio diâmetro da agulha (Lee, Wu e Wesselink, 2004; Ruddle, 2008). No entanto o efeito de *flushing* promovido pela irrigação convencional é diminuto e não consegue atuar em zonas inacessíveis do canal ou irregularidades do mesmo, onde ficam acumulados detritos e microrganismos (Wu e Wesselink, 2001; Wu et al., 2003). Estes achados foram confirmados por outros autores que recorreram a microscopia eletrónica de varrimento e que mostraram que apesar do preparo químico mecânico dos canais radiculares, há zonas do canal que não são devidamente preparadas devido à sua anatomia complexa (Figura 14) (Peters, 2004; Hülsmann et al., 2005, Haapsalo et al., 2010).

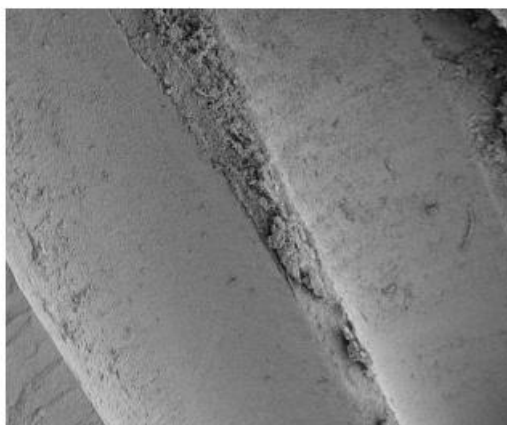


Figura 14 – Anastomose entre dois canais que se juntam preenchida por detritos e *smear layer* após instrumentação. Adaptada de Haapsalo et al. (2010).

Sedgley, Nagel, Hall e Applegate (2005) demonstraram que a posição da agulha de irrigação no interior do canal radicular também tem influência na capacidade de remoção de microrganismos. Estes autores realizaram um estudo *in vitro* onde avaliaram através de imagem em tempo real, a remoção de bactérias bioluminescentes (*Pseudomonas fluorescens*) do interior de canais radiculares previamente instrumentados. Essa avaliação em tempo real foi feita quantificando a emissão de fótons dessas bactérias, através de luminometria e imagem de bioluminescência. O estudo concluiu que a distância a que a agulha de irrigação é introduzida tem influência: 6 ml de solução irrigante (água destilada) introduzida a 5 mm do comprimento de trabalho é menos eficaz na remoção das bactérias do que a 1 mm.

O preparo químico adequado a nível do terço apical permanece como o mais difícil de obter, pelo que se sugere a utilização de agulhas mais finas (30G) que consigam alcançar diretamente o terço apical (Plotino, Pameijer, Grande e Somma, 2007; Guerreiro-Tanomaru, Loiola, Morgental, Leonardo e Tanomaru-Filho, 2013), de modo a gerar um efeito de *flushing*. A evidência científica mostra que esse efeito de *flushing* é maior se integrarmos a ativação de soluções irrigantes nos protocolos de irrigação, pelas vantagens que apresenta, não só em termos de atividade antimicrobiana como também na dissolução de tecido e remoção da *smear layer* em toda a extensão do canal radicular, incluindo istmos e irregularidades (Lee et al., 2004; van der Sluis, Gambarini, Wu e Wesselink, 2006). A ativação das soluções é feita sobretudo através da ação mecânica e do aumento de temperatura (Plotino et al., 2007).

4.1 - Ação mecânica

Alguns métodos para a ativação mecânica das soluções passa pela ativação manual dinâmica, pela utilização de agulhas com cerdas ou escovas intraradiculares, pela irrigação ultrassônica passiva (PUI), pela ativação sônica e sistemas de irrigação hidrodinâmicos com pressão apical negativa. A atual classificação dos diferentes métodos de ativação de soluções (Figura 15) baseia-se nos trabalhos de Gu et al. (2009):

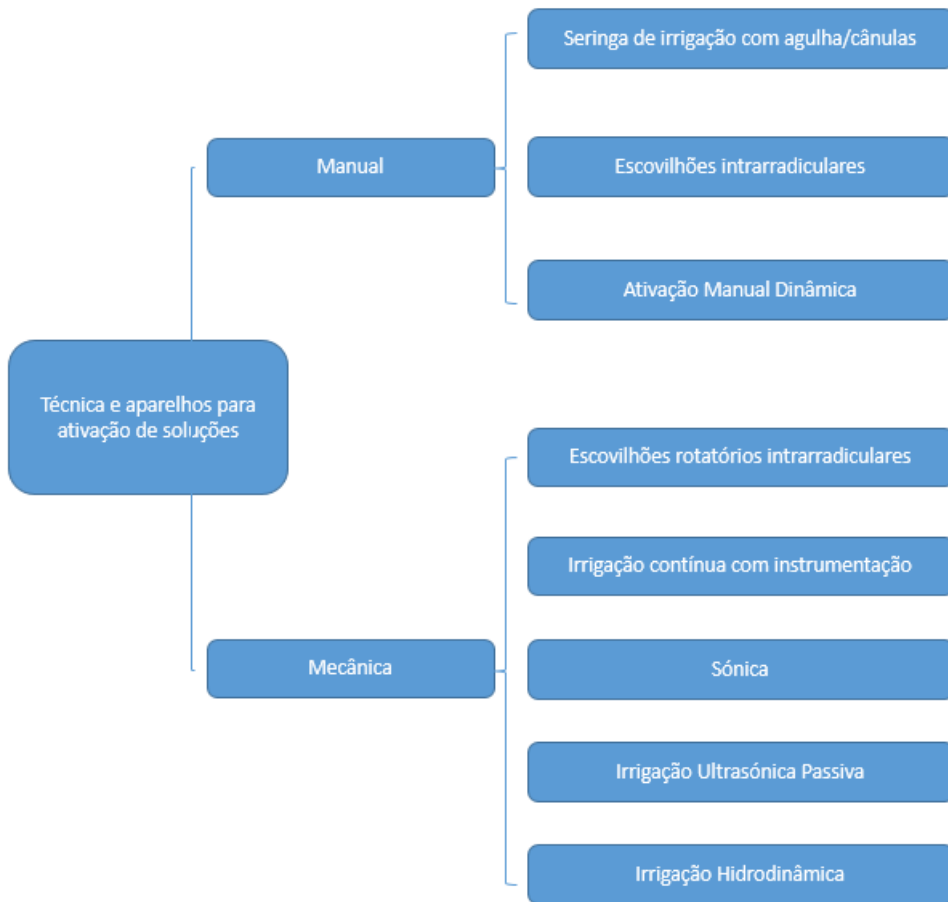


Figura 15 – Classificação atual dos diferentes métodos de ativação de soluções irrigantes. Adaptada de Gu et al. (2009).

4.1.1 - Ativação Manual Dinâmica

A ativação manual dinâmica é um protocolo simples que consiste na agitação do cone de *gutta-percha* principal no interior do canal radicular, com movimentos de vaivém com amplitude de 1 mm e de cerca de 100 movimentos por minuto (Gu et al., 2009). Al-Ali, Sathorn e Parashos (2012) compararam 4 diferentes protocolos de irrigação final e os seus resultados referem que a ativação manual dinâmica apresenta menor capacidade de remoção de detritos e *smear layer* da superfície dentinária, quando comparado com escovilhões intrarradiculares e PUI.

4.1.2 - Escovas Intrarradiculares

Al-Hadlaq, Al-Turaki, Al-Sulami e Saad (2006) realizaram um estudo onde avaliaram a ação das Navitip Fx. Estas são agulhas de irrigação, semelhantes às Navitip convencionais, mas recobertas com cerdas e que quando utilizadas num movimento de vaivém no interior do canal radicular potenciam o desbridamento mecânico e aumentam a sua ação química devido à agitação da solução que promove (Figura 16).

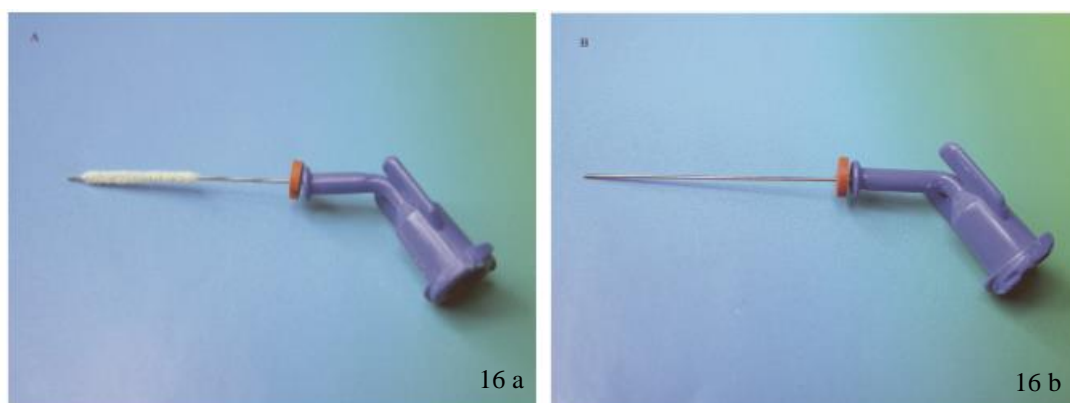


Figura 16 a) Navitip Fx b) Navitip convencional. Adaptada de Al-Hadlaq et al. (2006).

O estudo foi feito analisando a capacidade de remoção de *smear layer* através de microscopia eletrónica de varrimento: Apesar de as Navitip Fx apresentarem melhores resultados no terço coronário do canal, os autores não encontraram diferenças estatisticamente significativas no terço médio e no terço apical entre as Navitip Fx e as Navitip. Estes resultados foram confirmados pelo estudo de Gu et al. (2009) que evidenciou a eficácia de agulhas com cerdas ou escovilhões intra canales, no desbridamento das paredes canales e na agitação da solução irrigante e também por Bramante et al. (2012) que, utilizando outra metodologia, estudaram e compararam a capacidade da Navitip Fx e de uma agulha hipodérmica convencional na remoção de Ca(OH)_2 concluíram que não só não há diferenças estatisticamente significativas como também para ambas as técnicas, a zona crítica é a porção apical do canal radicular.

Al-Ali et al. (2012) num estudo realizado em dentes com canais curvos, mostraram que tanto o escovilhão intraradicular (CanalBrush), utilizado durante 30 segundos, como o PUI foram igualmente eficazes na remoção de *smear layer* e detritos tendo ambos uma ação superior ao da ativação manual dinâmica (Figura 17).

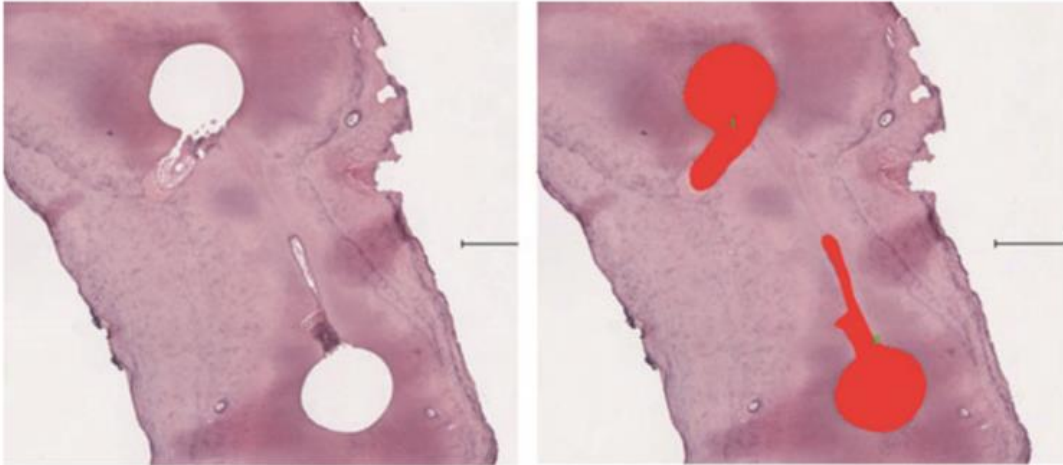


Figura. 17 - Corte a 2-3 mm do apex de uma amostra submetida a ativação manual dinâmica, sendo observável um istmo incompleto num dos canais e uma irregularidade no outro. Ambos apresentam detritos que não foram removidos eficazmente. Adaptada de Al-Ali et al. (2012).

4.1.3 - Irrigação Ultrassônica Passiva

A ativação ultrassônica das soluções aumenta a eficácia do NaOCl na remoção da *smear layer*. Türkün e Cengiz (1997) evidenciaram a importância da irrigação ultrassônica passiva (PUI) ao demonstrar que uma solução de NaOCl a 5% ativada por 3 minutos consegue remover mais *smear layer* da porção média e apical do canal. Para averiguar a eficácia da ativação de soluções em canais que apresentam irregularidades ou zonas não instrumentáveis, Lee et al. (2004) utilizaram NaOCl a 2% como solução irrigante e ativaram a solução com uma lima 15 a 1 mm do comprimento de trabalho durante 3 minutos com uma frequência de 30kHz. Os resultados evidenciaram que a ativação da solução aumenta a remoção de detritos em zonas não instrumentáveis quando comparado com a irrigação convencional.

Num outro estudo, van der Sluis et al. (2006) avaliaram a remoção de *smear layer* inserido artificialmente em canais radiculares fazendo variar o volume, o tipo de irrigação e o método de *flushing*. Os dentes selecionados foram previamente preparados, primeiro no terço coronário com brocas Gates Glidden 2 a 4 seguido por instrumentação a comprimento de trabalho até uma lima GT 20 com 10% de conicidade. Entre instrumentos

foi feita irrigação com NaOCl a 2% utilizando uma agulha de 27G a 1 mm do comprimento de trabalho num total de 30 ml de solução. Os dentes foram fraturados em duas metades e criaram-se entalhes entre 2 a 6 mm do ápex radicular de modo a simular extensões naturais dos canais radiculares que ficam por instrumentar. Cada entalhe foi preenchido com detritos dentinários misturados com NaOCl a 2% e de seguida ambas as metades foram unidas. Prosseguiu-se com irrigação ultrassónica durante 3 minutos tendo-se variado entre grupos o tipo de irrigação (contínua ou em intervalos de 30 segundos) e o tipo de irrigante (NaOCl a 2% e água). Os autores concluíram que ao ativar as soluções com ultra-som, quer a irrigação com NaOCl a 2% em intervalos ou contínua, era igualmente eficaz na remoção de detritos no terço apical. A água, mesmo utilizando PUI, já não apresentava essa capacidade a nível do terço apical. O estudo de van der Sluis et al. (2007) descreve que a irrigação ultrassónica passiva (PUI) consiste na ativação de uma lima endodôntica através de um aparelho de ultrassons (25-30kHz). Segundo os autores para se potenciar a ativação da solução, a lima não deve estar em contato com as paredes radiculares, já que um instrumento oscilante a trabalhar livre no interior do canal apresenta maior efeito sobre a solução irrigante do que um instrumento que esteja preso nas paredes do canal. Este efeito induz uma agitação hidrodinâmica, produz cavitação na solução e um efeito de borbulhar, o que leva a um aumento de temperatura e de pressão hidrostática que por sua vez conduz a uma maior eficácia na remoção de detritos (Figura 18). Os mesmos autores sugerem que a ativação da solução deve então ser executada no final da preparação e instrumentação, como parte do protocolo final de irrigação, utilizando uma lima fina para o efeito (#10-20) de modo a que a mesma não entre em contato com as paredes do canal, já preparado e dilatado, sendo assim mais eficaz. No que diz respeito ao tempo de ativação van der Sluis et al. (2006) demonstraram que a solução de NaOCl a 2% ativada durante 3 minutos era eficaz na remoção dos detritos dentinários.

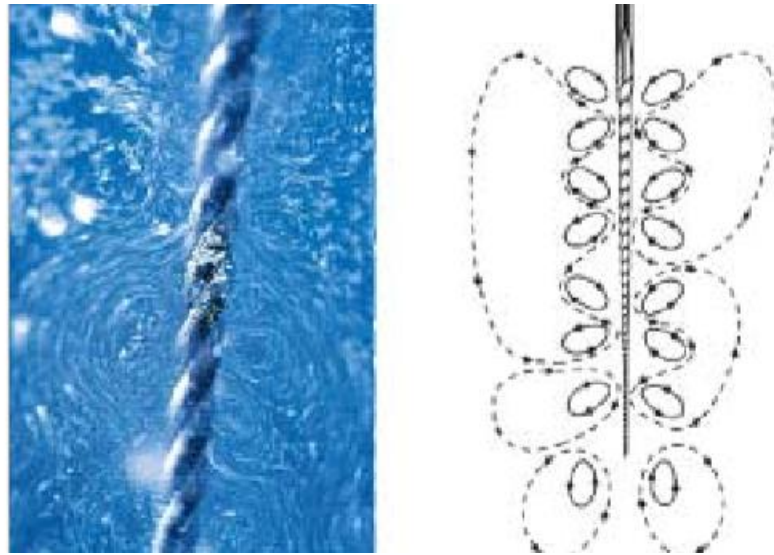


Figura 18 – Efeito de cavitação gerado por uma lima ativada por PUI. Adaptada de van der Sluis et al. (2007).

Llena et al. (2015) num estudo *in vitro* procuraram comparar a eficácia do PUI na remoção de detritos e de *smear plug* utilizando como soluções irrigantes NaOCl a 3% ou CHX a 2%. A avaliação foi feita através da análise da superfície preparada com microscopia eletrónica de varrimento e permitiu concluir que a utilização de PUI permite uma maior capacidade de remoção de detritos e *smear plug* quando comparado com a irrigação convencional. O NaOCl a 3% ativado por PUI mostrou ser mais eficaz no terço médio, mas a ação de ambas as soluções ativadas não apresentaram diferenças no terço apical.

4.1.4 - Sistema Sónico (EndoActivator)

Os sistemas ultrassónicos são baseados em vibração de alta frequência mas baixa amplitude enquanto o sistema sónico usa vibração de baixa frequência mas alta amplitude. Ao contrário da PUI, no sistema sónico a ponta ativada (Figura 19) entra deliberadamente em contato com as paredes do canal pelo que o efeito cavitário é reduzido, o que segundo

van der Sluis et al. (2007) leva a que a ativação sónica seja menos eficaz na dissolução de tecido pulpar e na remoção da *smear layer* da parede dentinária quando comparado com a PUI.

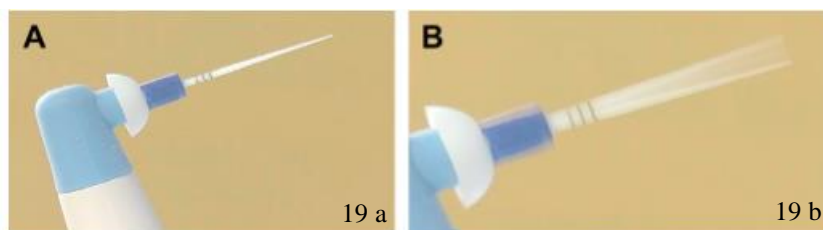


Figura 19 – a) EndoActivator com ponta incorporada; b) ponta em movimento sónico. Adaptada de Haapsalo et al. (2010).

Uroz-Torres, González-Rodríguez e Ferrer-Luque (2009) compararam um sistema sónico (EndoActivator) com irrigação convencional, tendo utilizado apenas NaOCl a 4% como irrigante. Os autores não encontraram diferenças estatisticamente significativas nestes grupos. Apenas quando no protocolo final, foi adicionado EDTA a 17 % durante 1 minuto, a remoção de *smear layer* no terço coronário e médio foi eficaz quer no grupo de irrigação convencional quer no grupo do EndoActivator, sendo o terço apical a zona crítica para ambos os grupos. Segundo os autores o EndoActivator não demonstrou ser mais eficaz que a irrigação convencional. Jiang, Verhaagen, Versluis e Sluis (2009) utilizando raízes com canais retos, compararam irrigação convencional com PUI e ativação sónica, obtendo resultados similares. A irrigação convencional não era eficaz na remoção de detritos das irregularidades do canal, a PUI permite obter paredes dentinárias com 89% da superfície preparada e a ativação sónica apenas 5,5% a 6,7% da superfície preparada. Segundo os autores esta diferença deve-se ao facto da maior amplitude do movimento da ponta sónica, que resulta num maior contato com as paredes e logo numa menor cavitação.

Blank-Gonçalves, Nabeshima, Martins e Machado (2011) procuraram verificar se existem diferenças entre a ação da PUI e de sistemas sónicos (EndoActivator) no terço apical de raízes curvas. Neste estudo, recorreu-se a raízes mesiais de molares inferiores que depois de preparadas foram irrigadas com EDTA a 17% e NaOCl a 2,5%. Após a utilização de PUI e sistema sónico os canais foram novamente irrigados com EDTA a 17%, repetiu-se a irrigação com NaOCl a 2,5% e respetiva ativação por mais 30 segundos tendo-se por fim realizado irrigação final com NaOCl a 2,5%. Os autores, após avaliação das amostras por microscopia eletrónica de varrimento, encontraram diferenças

estatisticamente significativas entre a irrigação convencional, que apresentava amostras com conteúdo moderado de smear layer e as técnicas de ativação da solução. No entanto quando comparadas entre si tanto a PUI como o sistema sónico não apresentavam diferenças na capacidade de remoção de smear layer, apresentando-se as amostras com superfície dentinária preparada e túbulos expostos. Apesar de não se encontrarem diferenças entre ambas as técnicas de ativação (PUI e sistema sónico) o sistema sónico apresenta sempre melhor resultado quando comparado com um protocolo de irrigação convencional.

4.1.5 - Irrigação Hidrodinâmica

Sistemas de irrigação hidrodinâmica (EndoVac) ou de pressão apical negativa (PAN) são constituídos por uma macro e por uma microcânula que permitem a circulação e a constante renovação da solução irrigante no canal radicular devido à diferença de pressão gerada (Figura 20).

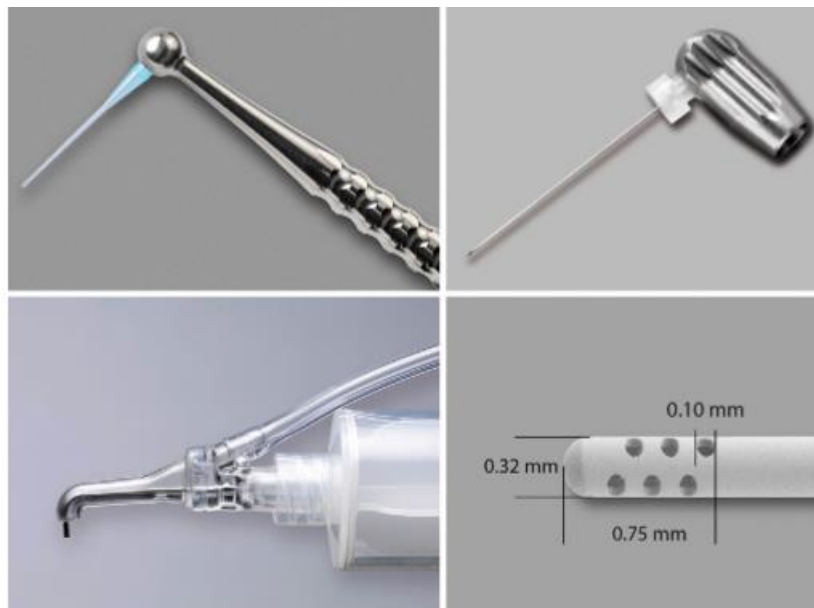


Figura 20 – Sistema EndoVac. Utiliza pressão apical negativa para levar o irrigante até à porção apical do canal e depois aspira-o através de outra cânula. Adaptada de Haapsalo et al. (2010).

O trabalho de Nielsen e Baumgartner (2007) demonstrou que o EndoVac tem a capacidade de introduzir um maior fluxo de solução no terço apical e permitir uma maior remoção de detritos a 1 mm do comprimento de trabalho quando comparado com a irrigação convencional, tendo sido utilizado para ambas as técnicas um tempo de irrigação de 2 minutos. Segundo Susin et al. (2010) num estudo *in vitro* onde compararam a utilização de PAN e ativação manual dinâmica, ambas conseguem promover uma remoção adequada do detritos das paredes dentinárias do canal, mas no entanto nenhuma consegue a remoção completa desses detritos nos istmos devido à dificuldade em conseguir que as soluções não só alcancem essa zona mas também que o façam com um fluxo adequado para promover a sua remoção. Estes autores utilizaram um protocolo de irrigação de 3 ciclos com NaOCl a 5,25% durante 2 minutos, seguido por EDTA a 17% durante 2 minutos e por fim NaOCl durante 2 minutos. Cada ciclo dividia-se em duas fases, uma de ativação outra de imersão, cada uma com 1 minuto. Os autores realçam que a PAN conseguiu promover uma maior remoção de detritos quando comparado com a ativação dinâmica.

O trabalho de Ribeiro et al. (2012) comparou os diferentes métodos de ativação mecânica, utilizando as mesmas soluções irrigantes: NaOCl a 2,5% e EDTA a 17%, durante 1 minuto. Os seus resultados, após avaliação da superfície dentinária por microscopia eletrónica de varrimento, levaram-no a concluir que apesar de nenhum protocolo de irrigação e ativação conseguir a remoção completa da smear layer, a irrigação ultrassónica e a irrigação hidrodinâmica são mais eficazes que a ativação manual dinâmica e as escovas intraradiculares. Num estudo *in vivo*, Cohenca et al. (2013) demonstraram que quer o PUI quer a PAN eram igualmente eficazes na capacidade de eliminação de microrganismos em dentes de cães com periodontite apical. Ambas as técnicas são eficazes na eliminação de bactérias Gram-positivas, mas a PAN é mais eficaz na eliminação de bactérias Gram-negativas. Por outro lado Tuncer e Ünal (2014) demonstraram que a utilização do sistema de pressão apical negativa (Endovac) permite uma maior capacidade de penetração do cimento selador nos túbulos dentinários na porção apical de canais radiculares retos, quando comparado com um protocolo de irrigação convencional.

No que diz respeito à capacidade de promover extravasamento das soluções irrigantes para o espaço periapical, Desai e Van Himel (2009) realizaram um estudo *in vitro* onde avaliaram o EndoActivator, Endovac, activação manual dinâmica e PUI. Os autores concluíram que o EndoVac não permite a extrusão de solução, o EndoActivator apesar de permitir passagem mínima, esta não tem valor estatisticamente significativo, enquanto a ativação manual dinâmica e a PUI permitem uma maior extrusão.

4.2 - Ação Térmica

A temperatura pode ser usada para aumentar a eficácia do NaOCl na dissolução dos tecidos. Sirtes et al. (2005) demonstraram que o NaOCl a 1% aquecido a 45°C tem a mesma capacidade de dissolução de tecido pulpar que o NaOCl a 5,25 à temperatura de 20°C. Estes resultados foram confirmados pelo estudo de Dumitriu e Dobre (2015) que demonstraram que a temperatura e a concentração aumentam a taxa de dissolução do colagénio. Estes autores encontraram a mesma capacidade de dissolução para o NaOCl a 5% aquecido a 20°, NaOCl a 4% aquecido a 20,8°, NaOCl a 3% aquecido a 23,5°, NaOCl a 2% aquecido a 26,9 e NaOCl a 1% aquecido a 36%. Este facto tem particular interesse porque ao aumentar a temperatura para diminuirmos a concentração necessária consegue-se baixar a toxicidade celular do hipoclorito de sódio.

Para além de influenciar a capacidade de dissolução, estudos *in vitro* mostraram que a temperatura também permite uma maior capacidade de penetração do NaOCl nos túbulos dentinários. O trabalho de Zou et al. (2010) veio demonstrar que a variação da temperatura (20°C, 37°C e 45°C) e da concentração (1% e 6%) faz variar capacidade de penetração do NaOCl. O NaOCl a 1% apresenta um valor mínimo de 77µm de penetração nos túbulos dentinários quanto se usou durante 2 minutos à temperatura de 20°C e o NaOCl a 6% apresenta um valor máximo de 300µm quando se usou durante 20 minutos à temperatura de 45°C. Esta capacidade pode potenciar a remoção de *smear plug*, detritos e a ação antimicrobiana do NaOCl. No entanto estudos *in vivo* mostraram que a temperatura da solução quando inserida no canal radicular tem tendência a acompanhar a temperatura corporal. Hemptinne et al. (2015) utilizaram NaOCl a 3% no interior de canais radiculares previamente instrumentados. Foram feitos 2 grupos: um no qual o NaOCl introduzido estava à temperatura ambiente (20,7°C) e outro onde a solução estava

à temperatura de 66°C. Em ambos os grupos a temperatura foi medida em intervalos regulares durante 4 minutos. Ao fim deste período as temperaturas tinham sido tamponadas, atingido-se um equilíbrio a 35,1°C ($\pm 1^\circ\text{C}$) na porção apical do canal. Segundo estes autores a importância clínica do pré aquecimento da solução permanece por esclarecer.

5- Efeito concomitante entre soluções irrigantes e instrumentação

As soluções irrigantes para além de visarem a eliminação de matéria orgânica e inorgânica têm também como objetivo a lubrificação dos canais (Hülsmann et al., 2003). Esta lubrificação é importante devido ao stress que os instrumentos sofrem no interior do canal radicular. Este apresenta uma estrutura tubular na qual o diâmetro dos túbulos dentinários vai diminuindo de 1,2 μm na zona pulpo dentinária para 0,4 μm na junção cimento dentinária. O número de túbulos é também maior na dentina próxima da polpa (58000 mm^2) do que na dentina mais afastada (10000 mm^2). À medida que a densidade dos túbulos dentinários vai diminuindo em direção ao ápex a permeabilidade dentinária também diminui, logo maior o stress sofrido pelos instrumentos. Por outro lado a dentina que se encontra na região apical é mais esclerosada e mais mineralizada ao que se junta a diminuição do diâmetro do lúmen do canal e conseqüentemente a diminuição do fluxo da solução irrigante leva a que a ação lubrificante dessas soluções seja inferior na porção apical (Yamashita et al., 2003). Num outro estudo é referido que a permeabilidade da dentina é diretamente dependente da área dos túbulos dentinários e inversamente proporcional à espessura das paredes do canal radicular e que aquando o preparo mecânico a permeabilidade da dentina é diminuída pela presença de smear layer, que atua como barreira difusa (Hülsmann et al., 2003).

O estudo de Boessler et al. (2007) permitiu concluir que as soluções que atuam na matéria orgânica, como o hipoclorito de sódio (a 1%) diminuem o torque e a força de torção que os instrumentos sofrem, mas são soluções quelantes como o HEPB (a 18%), que levam a uma maior diminuição destes parâmetros. Segundo os mesmos autores, as formulações também apresentam diferenças: as soluções aquosas levam a uma diminuição do torque máximo e das forças de torsão quando comparado com uma formulação em gel. Os resultados destes autores contrariam os de Anderson, Joyce, Roberts e Runner (2006) que

simularam canais radiculares em blocos de resina sendo os canais preparados com instrumentação mecânica (sistema GT e profile) e uso de EDTA em gel (RC prep) ou solução salina como lubrificante, tendo constatado que a formulação em gel diminui a tensão sofrida pelos diferentes sistemas de instrumentação quando comparada com soluções salinas. Devido ao fato de não existir consenso, Hülsmann et al. (2003) indicam que devemos seguir as instruções do fabricante utilizando EDTA em gel de modo a reduzir o risco de fratura de instrumentos.

Marcelino et al. (2014) demonstraram que a microdureza da dentina é reduzida após exposição ao NaOCl a 5,25%, à CHX a 2% e ao ácido fosfórico a 37% mas concluíram que essa exposição não afeta a resistência à flexão.

6- Efeito concomitante das soluções irrigantes e material obturador

Os materiais obturadores mais utilizados quer seja a *gutta-percha*, quer seja o Resilon™ (Resilon Research LLC – CT, USA), são manufaturados em condições assépticas. No entanto estes materiais podem ser contaminados durante o seu manuseamento, por aerossóis ou por fontes físicas durante o seu armazenamento (como por exemplo pinças) pelo que se impõem a sua desinfeção. Dada a sua natureza plástica essa desinfeção deve ser feita quimicamente pelo que as soluções irrigantes atualmente usadas em endodontia podem ser usadas para essa função (Gomes et al., 2005).

Gomes et al. (2005) avaliaram a capacidade do NaOCl e da CHX na desinfeção dos cones de *gutta-percha*. Segundo estes autores tanto o NaOCl (a 0,5%, 1%, 2,5%, 4% e 5,25%) como a CHX (a 0,2%, 1% e 2%), independentemente da concentração, são eficazes na descontaminação dos cones, eliminando todos os microrganismos na sua forma vegetativa (*Enterococcus faecalis*, *Streptococcus sanguis*, *Estafilococcus aureus*, *Candida albicans* e *Bacillus subtilus*) em menos de 30 minutos. O NaOCl a 5,25% conseguiu eliminar esporos de *Enterococcus faecalis* em menos de 1 minuto enquanto a CHX a 0,2% demorou cerca de 2 horas. A CHX em qualquer das concentrações e formulações (líquido ou gel) não conseguiu eliminar os esporos de *Bacillus subtilus*, mesmo após 72 horas de ação.

O NaOCl a 2,5% e 5,25% tem sido utilizado para a desinfecção dos cones de *gutta-percha*, no entanto formam-se cristais na superfície dos cones, pelo que os mesmos devem ser lavados com água destilada após a esterilização química (Prado, Assis, Gomes e Simão, 2011). O mesmo autor demonstrou que a CHX e o NaOCl por sua vez, não promovem alterações na estrutura da *gutta-percha*. Estes resultados vem confirmar os de Prado et al (2001) que analisou a superfície da *gutta-percha* e resilon após exposição a NaOCl a 5%, CHX 2% e MTAD através de microscopia eletrónica de varrimento. Nenhuma das soluções leva a alterações morfológicas, mas quer o NaOCl quer o MTAD requerem a lavagem com soro fisiológico para, respetivamente, se removerem os cristais e a monocamada que formam (Prado, Gusman, Gomes e Simão, 2011)

Num estudo sobre a força de adesão, quer do cimento selador e *gutta-percha* à dentina, quer do Resilon™ (Resilon Research LLC – CT, USA) e RealSeal™ (SybronEndo – Ca, USA), foram utilizados diferentes protocolos de irrigação. No grupo do NaOCl a 5,25% a associação de ácido fosfórico a 37% como quelante, apresentou os melhores resultados quer com ou sem aplicação final de CHX. No grupo da CHX a 2% a associação de EDTA a 17% como quelante e a aplicação final de CHX apresentou os melhores resultados do seu grupo e entre grupos (Prado et al., 2013). Estes autores concluíram que diferentes protocolos de irrigação têm influência sobre a força de adesão do material obturador à dentina. A explicação para os melhores resultados da CHX em termos de força de adesão, pode residir no facto de esta não apresentar atividade proteolítica, o que torna a superfície dentinária do canal radicular mais hidrofílica, logo há uma maior afinidade com os cimentos endodônticos à base de metacrilato que também apresentam características hidrofílicas (Shokouhinejad, Sharifian e Javari, 2010). No que respeita ao NaOCl, segundo os autores (Prado et al., 2013) os resultados inferiores podem ser devidos à sua ação oxidativa, que ao deixar a superfície dentinária com uma camada rica em oxigénio leva à redução da força de adesão porque ocorre inibição da polimerização dos cimentos à base de metacrilato. Por outro lado Ferraz et al. (2007) também afirma que essa força de adesão pode ser diminuída pela remoção das fibrilhas de colagénio da superfície dentinária, promovida pelo NaOCl, inibindo a formação da camada híbrida.

No que respeita à tensão superficial quer o NaOCl quer a CHX promovem a sua diminuição, mas a CHX apresentou melhores resultados que o NaOCl sobre os cones de *gutta-percha* e de resilon, potenciando a interação entre a superfície sólida do cone e cimento obturador (Prado et al., 2011; Vineet et al., 2014) pelo que promove uma maior adesão.

7- Etiologia e organização das lesões endodônticas

Na maior parte das situações, as lesões de origem endodôntica cicatrizam se o dente for extraído porque se elimina o conteúdo pulpar, logo os fatores de irritação, inflamação e infeção. O tratamento endodôntico deve então ser direcionado para a remoção do tecido pulpar e de microrganismos (quando presentes) e seus irritantes. Por isso, os protocolos de irrigação devem variar de acordo com a patologia pulpar e periapical presente. Devemos ter em conta que numa biopulpectomia é mais importante a capacidade de degradação do tecido do que a atividade antimicrobiana. Por outro lado numa necropulpectomia (lesão primária) a flora bacteriana e a sua organização é diferente da de uma periodontite apical (lesão secundária) (Figdor e Sundqvist, 2007).

Nair (1987) após estudar lesões periapicais demonstrou a presença de bactérias dentro do canal, não só livres como aderidas às paredes de dentina e no interior dos túbulos dentinários o que evidenciou o diferente crescimento e organização que os microrganismos podem apresentar.

O crescimento bacteriano nos canais radiculares faz-se num biofilme aderido às paredes dentinárias, em coagregado (diferentes morfologias), agregados (mesma morfologia) e células planctónicas suspensas no canal radicular (Nair, 1987; Siqueira e Roças, 2007; Ricucci e Siqueira, 2010). Istmos e canais laterais encontram-se invadidos por células bacterianas organizadas em biofilme (Nair, Henry e Cano, 2005; Ricucci e Siqueira, 2010).

A formação de um biofilme ocorre após a invasão da câmara pulpar por células planctónicas quando já começa a ocorrer degradação tecidual. O biofilme é composto por micro-colónias de células bacterianas que se encontram distribuídas numa matriz.

Esta matriz representa 85% do biofilme e é constituída por exo polissacáridos, proteínas e material celular suspenso numa solução aquosa. Esta capacidade de se organizarem em biofilme, traduz-se numa maior proteção dos micro-organismos às variações adversas do meio ambiente e também da ação dos agentes antimicrobianos quando comparado com os mesmos micro-organismos em estado planctónico (Thomas e Nakaishi, 2006).

É esta diferente capacidade de organização das células bacterianas que leva às diferentes manifestações da periodontite apical: aguda ou crónica. A forma aguda está normalmente associada a células planctónicas. Segundo Furukawa, Kuchma e O'Toole (2006) et al estas células planctónicas são as principais responsáveis por infeções agudas, uma vez que os genes que codificam os fatores de virulência expressam-se mais em células planctónicas do que em células organizadas em biofilme. Na forma crónica estão associadas bactérias de baixa virulência mas que são uma fonte persistente e constante de agressão tecidular devido à sua capacidade de se organizarem em biofilme o que lhes permite ser um foco de agressão permanente e causa de inflamação constante para o ligamento periodontal e tecido ósseo, tecidos que nunca se adaptam à presença de células bacterianas (Figura 21). Devido à diferente organização microbiana devemos adequar o nosso protocolo de irrigação, usando diferentes soluções desinfetantes, de modo a conseguir uma desinfeção eficaz.

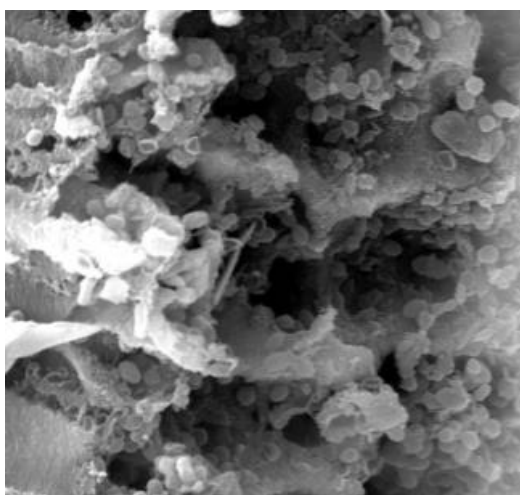


Figura 21 – Organização de *E. faecalis* na parede dentinária e a sua capacidade em penetrar nos túbulos dentinários. Imagem de microscopia eletrónica de varrimento com ampliação 20000x. Adaptada de Zehnder (2006).

Outro fator a ter em conta aquando a realização de um protocolo de irrigação é a diferente natureza dos microrganismos envolvidos. Enquanto em lesões endodônticas primárias existe uma grande variedade de microrganismos sobretudo de bastonetes anaeróbios Gram -, em lesões endodônticas secundárias a flora é composta por um número reduzido e específico de espécies. Neste tipo de infeção os microrganismos frequentemente associados são o *Enterococcus faecalis* (Sedgley e Clewell, 2004; Stuart, Schwartz, Beeson e Owatz, 2006) e a *Candida albicans* (Siqueira, 2011).

A capacidade destes microrganismos progredirem ao longo dos túbulos dentinários foi também demonstrada por Al-Nazhan et al. (2014). Essa capacidade de penetração esta dependente do tamanho dos microrganismos e do estado dos túbulos dentinários (Figura 22). Enquanto a *Candida albicans* consegue penetrar nos túbulos dentinários, através de hifas, até 183 μm o *Enterococcus faecalis* consegue penetrar até 244 μm . Por outro lado se a smear layer não for removida da superfície dentinária através da ação de um quelante essa capacidade de penetração diminui para 74 μm , no caso de *Candida albicans* e 123 μm para o *Enterococcus faecalis* (Al-Nazhan et al., 2014). Esta constatação vem apoiar resultados de outros estudos que demonstraram o efeito tampão da smear layer na capacidade de penetração e invasão dos túbulos dentinários por microrganismos (Drake et al., 1994).

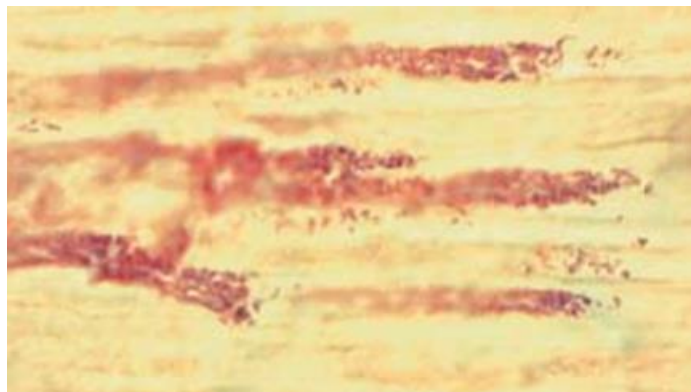


Figura 22 – Penetração de bactérias Gram-positivas no interior dos túbulos dentinários. Adaptada de Schäfer (2007).

8- Protocolos de irrigação

No estudo de revisão feito por Basrani e Haapsalo (2013), os autores propõem diferentes protocolos de irrigação (Figura 23).

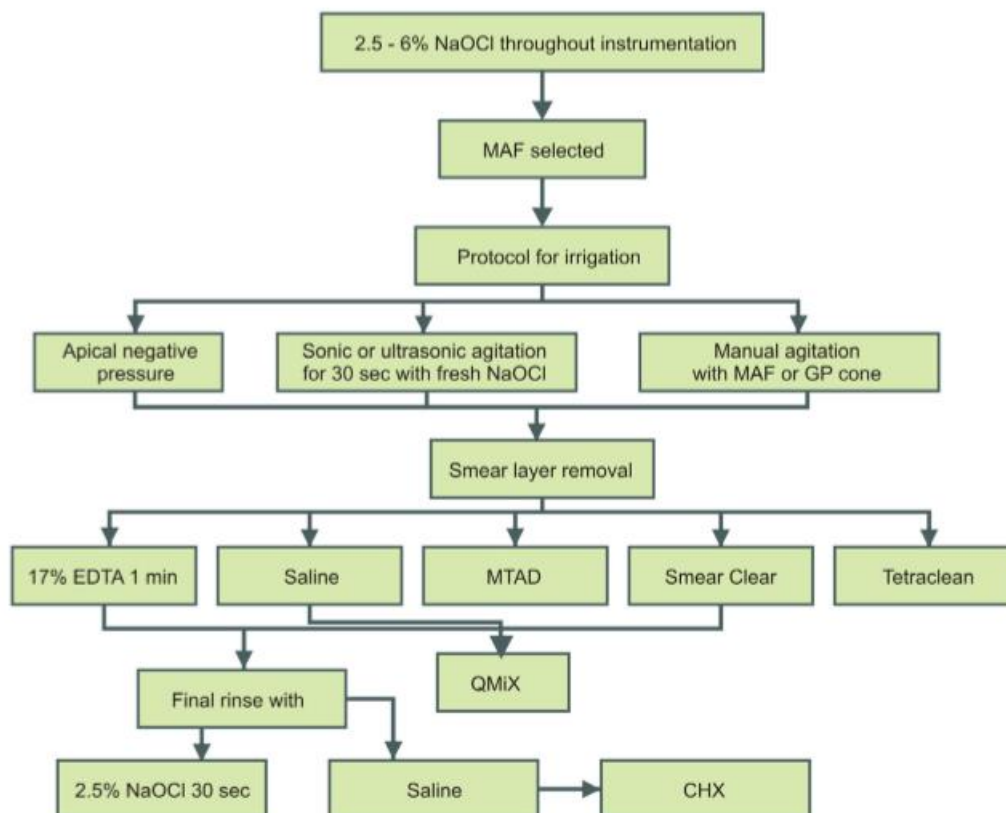


Figura 23 – Diferentes protocolos de irrigação, que segundo Basrani e Haapsalo (2013) apresentam resultados similares. Adaptado de Basrani e Haapsalo (2013).

Com a introdução do MTAD surgiram novos protocolos de irrigação sendo que a referência é a utilização de NaOCl durante 20 minutos seguido de uma irrigação final com MTAD durante 5 minutos (Torabinejad et al., 2003; Basrani e Haapsalo, 2013). No entanto há uma tendência para se sobrevalorizar o papel de novas soluções como por exemplo o caso do EDTAC e do MTAD cuja capacidade de potenciar o efeito antimicrobiano do EDTA e ácido cítrico respectivamente, está por demonstrar em termos clínicos. Por um lado o EDTAC é mais cáustico para os tecidos, por outro lado tem sido encontrada resistência às tetraciclina em bactérias isoladas nos canais radiculares (Zehnder, 2006).

Como referido anteriormente a irrigação final com NaOCl após a utilização da solução quelante promove uma erosão excessiva da dentina peri e intratubular, pelo que a sua utilização nessa fase deve ser evitada (Niu et al., 2002). Grigoratos, Knowles e Gulabivala (2001) estudaram o efeito do NaOCl sobre a dentina. Mostraram que a hidroxiapatite é exposta e o uso subsequente de NaOCl pode levar à alteração das propriedades mecânicas da dentina. O módulo de elasticidade e a resistência à flexão da dentina diminui quando esta é exposta a soluções de NaOCl a 3% e a 5%, por um período de 2 horas, não tendo os autores encontrado diferença estatística significativa entre as concentrações utilizadas.

Durante a instrumentação produz-se *smear layer* que oclui os orifícios dos túbulos dentinários. Como a *smear layer* diminui a capacidade de penetração dos irrigantes, da medicação intracanal e do material obturador nos túbulos dentinários é essencial a sua remoção. Esta é normalmente conseguida com a utilização de NaOCl e EDTA (Yamashita et al., 2003). No entanto alguns artigos também apontam para a ação erosiva destes compostos sobre a dentina. O estudo de Prado et al. (2011) demonstrou que o ácido fosfórico a 37% provoca erosão da superfície dentinária no terço cervical após 30 segundos. Ao fim de 1 a 3 minutos a erosão estava presente no terço cervical e médio, mas não observável no terço apical. A ação isolada do EDTA a 15% sobre a dentina do canal radicular promove uma superfície peritubular e intertubular lisa e plana, mesmo variando o tempo de atuação (1 – 3 minutos), mas a ação conjunta com o NaOCl a 6% promove uma superfície dentinária que é irregular e rugosa, com os túbulos dentinários alargados de um modo não uniforme, sendo que, quando se aumenta o tempo de exposição a ambos os compostos para 3 minutos observa-se também erosão excessiva com união de 2 ou mais túbulos dentinários (Niu et al., 2002). Este achado vem corroborar o de Haapsalo et al. (2010) que defende que a utilização final de NaOCl após a utilização de soluções quelantes (ácido diaminotetraacético ou ácido cítrico) promove erosão da dentina da parede canal. Estes achados vêm contrariar o estudo de Di Lenarda et al. (2000) que refere que para evitar o efeito descalcificante do EDTA e ácido cítrico deve-se alternar a irrigação com NaOCl e os de Schäfer (2007) que afirma que se deve potenciar a penetração do NaOCl nos túbulos dentinários.

Independentemente do protocolo de irrigação utilizado, devemos sempre optar por seringas com sistema *luer-lok* e agulhas de abertura lateral (Figura 24). A agulha deve estar livre no interior do canal e no máximo a 2 mm do comprimento de trabalho, de modo a se conseguir obter um efeito de *flushing* em toda a extensão do canal e a minimizar o risco de extravasamento da solução. Pode-se controlar o CT utilizando um stop de borracha tal como se utiliza para as limas. Se o CT não estiver determinado, não devemos inserir e irrigar a nível do terço apical (Bosch-Aranda et al., 2012).

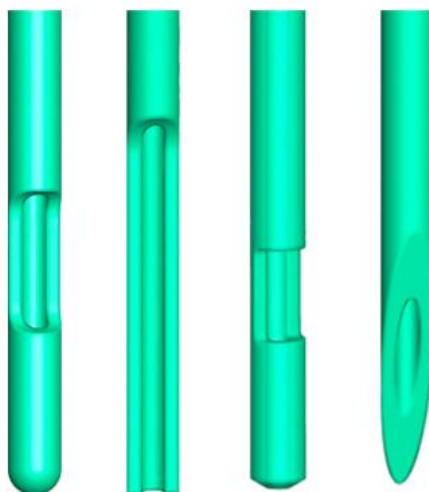


Figura 24 – Quatro desenhos diferentes de agulhas de irrigação, baseados em modelos computadorizados. Adaptado de Haapsalo et al., (2010).

Um dos protocolos pode passar pela irrigação copiosa com NaOCl (entre 1 a 5,25%) durante todas as fases de instrumentação e entre a utilização de instrumentos, sendo a solução renovada de 2 em 2 minutos e durante um tempo mínimo de 20 minutos (Zou et al., 2010).

O aquecimento da solução de modo a ativar a mesma deve ser feito, sobretudo para potenciar a penetração do NaOCl nos túbulos dentinários. Pode também ser realizado com o intuito de se utilizarem concentrações mais baixas de NaOCl e assim minimizar a toxicidade celular caso ocorra extravasamento (Zou et al., 2010). A renovação da solução aquecida em intervalos de 2 em 2 minutos está dentro do limite dos 4 minutos que a temperatura da solução leva a ser tamponada (Hemptinne et al., 2015).

Nesta fase a introdução de um quelante, sobretudo na formulação em gel, tem indicação caso se encontre tecido calcificado no interior do canal radicular. Pode também reduzir o risco de fratura de instrumentos (Hülsmann et al., 2003).

Quando se termina todo o preparo mecânico, a irrigação feita com NaOCl deve ser ativada, seja por PUI ou por pressão apical negativa durante 1 minuto (Ribeiro et al., 2012). De seguida o canal deve ser irrigado com EDTA a 17% durante 1 a 5 minutos (Hülsmann et al., 2003) ou ácido cítrico a 10% durante 3 (Di Lenarda et al., 2000) a 5 minutos (Machado-Silveiro et al., 2004) utilizando 3 ml de solução (Di Lenarda et al., 2000). A solução de ácido fosfórico a 37% utilizado durante 3 minutos pode ser uma opção como quelante já que apresenta melhor resultado na remoção de *smear layer* que o EDTA e ácido cítrico (Prado et al., 2011). Por outro lado a sua utilização entre o NaOCl e a CHX evita a formação de precipitado castanho alaranjado (Vianna e Gomes, 2009) e a sua utilização após o NaOCl aumenta a força de adesão da *gutta-percha* à parede de dentina (Prado et al., 2013).

Após a completa remoção da *smear layer* a utilização de um agente antimicrobiano parece ser benéfica. A utilização de CHX parece ser a ideal, não só pela sua atividade específica contra *Enterococcus faecalis* e *Candida albicans* (Stuart et al., 2006; Zehnder, 2006) mas também devido a apresentar atividade antimicrobiana prolongada, fenómeno denominado como substantividade (Zehnder, 2006). No entanto deve-se sempre irrigar com 10 ml de água destilada antes de se utilizar a CHX de modo a evitar a formação de precipitados (devido à utilização prévia de NaOCl e EDTA) (Prado et al., 2013).

A utilização deste protocolo elaborado, com a utilização de várias soluções, pode permitir estabelecer um protocolo único que contemple os diferentes problemas que se procura solucionar: atividade antimicrobiana e capacidade de atuação no biofilme, remoção de *smear layer*, remoção de detritos das zonas não instrumentadas dos canais radiculares e lubrificação do canal radicular.

Outro protocolo de irrigação passa pela utilização de 1 ml de CHX a 1% em gel durante a instrumentação, introduzido entre cada lima, repetindo-se a sequência durante um tempo mínimo de 15 minutos (Gomes et al., 2001). De seguida procede-se à irrigação com 10 ml de água destilada, para remover resíduos da CHX (Gomes et al., 2013). De seguida o canal deve ser irrigado com EDTA a 17% durante 1 a 5 minutos (Hülsmann et al., 2003) utilizando 3 ml de solução (Di Lenarda et al., 2000). A opção pelo EDTA a 17% como agente quelante deve-se ao facto de este, em conjunto com a CHX, apresentar melhor resultados na força de adesão da *gutta-percha* à dentina. Durante esse período ativa-se o EDTA, seja por PUI ou por pressão apical negativa (Ribeiro et al., 2012). Esta opção de protocolo tem particular indicação nos casos de ápex aberto, reabsorção radicular, dilaceração do forâmen apical, perfuração radicular ou alergia a soluções clorinadas, devido à biocompatibilidade da CHX (Vianna et al., 2004).

III. Conclusões

A execução de um protocolo de irrigação adequado é fundamental para o preparo químico mecânico do canal radicular e conseqüentemente para o sucesso do tratamento endodôntico, mas também é fundamental estar ciente das diferentes interações que as soluções irrigantes apresentam entre si e que podem potencializar efeitos pretendidos mas também ter efeitos indesejados ou nocivos para o doente.

Com este trabalho procurou-se após uma revisão bibliográfica atualizada, definir o estado da arte para os protocolos de irrigação com base nas soluções irrigantes ao nosso dispor, salientando a utilização de soluções mais recentes (geralmente sobre-evidenciadas em relação ao que é considerado o *gold standard*), procurando adequar o protocolo de irrigação às diferentes situações clínicas (biopulpectomia, lesão primária, lesão secundária)

As futuras linhas de investigação de novos irrigantes deverão procurar uma única solução irrigante que seja capaz de dissolver matéria orgânica, remover a smear layer, ter ação lubrificante e efeito antibacteriano.

IV- Bibliografia

- Al-Ali M., Sathorn C., Parashos P. (2012). Root canal debridement efficacy of different final irrigation protocols. *International Endodontic Journal* 45, 898-906. doi:10.1111/j.1365-2591.2012.02046.x
- Al-Hadlaq S. M., Al-Turaiki S. A., Al-Sulami U., Saad A. Y. (2006). Efficacy of a new brush-covered irrigation needle in removing root canal debris: A scanning electron microscopy study. *Journal of Endodontics* 32, 1181-1184. doi:10.1016/j.joen.2006.07.019
- Al-Nazhan S., Al-Sulaiman A., Al-Rasheed F., Alnajjar F., Al-Abdulwahab B., Al-Badah A. (2014). Microorganism penetration in dentinal tubules of instrumented and retreated root canal walls. *In vitro* SEM study. *Restorative Dentistry and Endodontics*, 1-7.
- Anderson D. N., Joyce A. P., Roberts S. Runner R. (2006). A comparative photoelastic stress analysis of internal root stresses between RC prep and saline when applied to the Profile/GT rotary instrumentation system. *Journal of Endodontics* 32, 222-224. doi:10.1016/j.joen.2995.10.053
- Arias-Moliz M. T., Ferrer-Luque C. M., Espigares-García M., Baca P. (2009). Enterococcus faecalis biofilms eradication by root canal irrigants. *Journal of Endodontics* 35, 771-714. doi:10.1016/j.joen.2009.01.018
- Athanassiadis B., Abbott P. V., Walsh L. J. (2007). The use of calcium hydroxide, antibiotics and biocides as antimicrobial medicaments in endodontics. *Australian Dental Journal Supplement* 52, S64-S82.
- Basrani B., Tjäderhane L., Santos J. M., Pascon E., Grad H., Lawrence H. P., Friedman S. (2003). Efficacy of chlorhexidine- and calcium hydroxide-containing medicaments against *Enterococcus faecalis* in vitro. *Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology* 96, 618-624. doi:10.1016/S1079-2104(03)00166-5
- Basrani B. R., Manek S., Sodhi R, N. S., Fillery E., Manzur A. (2007). Interaction between sodium hypochlorite and chlorhexidine gluconate. *Journal of Endodontics* 33, 966-969. doi:10.1016/j.joen.2007.04.001
- Basrani B., Haapasalo M. (2013). Update on endodontic irrigating solutions. *Endodontic Topics*, 27, 74-102.
- Blank-Gonçalves L. M., Nabeshima C. K., Martins G. H. R., Machado M. E. L. (2011). Qualitative analysis of the removal of the smear layer in the apical third of curved roots: Conventional irrigation versus activation systems. *Journal of Endodontics* 37, 1268-1271. doi:10.1016/j.joen.2011.06.009
- Boessler C., Peters O. A., Zehnder M. (2007). Impact of lubricant parameters on rotary instrument torque and force. *Journal of Endodontics* 33, 280-283. doi:10.1016/j.joen.2006.11.007

- Bonsor S. J., Nichol R., Reid T. M. S., Pearson G. J. (2006). An alternative regimen for root canal disinfection. *British Dental Journal* volume 201 no. 2, 101-105. doi:10.1038/sj.bdj.4813819
- Bosch-Aranda M. L., Canalda-Sahli C., Figueiredo R., Gay-Escoda C. (2012). Complications following an accidental sodium hypochlorite extrusion: A report of two cases. *Journal of Clinical and Experimental Dentistry* 4(3), e194-198. doi:10.4317/jced.50767
- Bramante C. M., Pinheiro B. C., Garcia R. B., Bramante A. S., Bernardineli N., Moraes I. G., Duarte M. A. H., Pinheiro T. N. (2012). Efficacy of the NaviTip FX irrigation needle in removing calcium hydroxide from root canal. *Journal of Clinical and Experimental Dentistry* 4(4), e226-229. doi:10.4317/jced.50857
- Bui T. B., Baumgartner J. C., Mitchell J. C. (2008). Evaluation of the interaction between sodium hypochlorite and chlorhexidine gluconate and its effect on root dentin. *Journal of Endodontics* 34, 181-185. doi:10.1016/j.joen.2007.11.006
- Çalt S., Semper A. (2002). Time-dependent effects of EDTA on dentin structures. *Journal of Endodontics* volume 28 no. 1, 17-19.
- Cameron J. A. (1986). The effect of a fluorocarbon surfactant on the surface tension of the endodontic irrigant, sodium hypochlorite. A preliminary report. *Australian Dental Journal* 31, 364-368.
- Clarkson R. M., Podlish H. M., Moule A. J. (2011). Influence of ethylenediaminetetraacetic acid on the active chlorine content of sodium hypochlorite solutions when mixed in various proportions. *Journal of Endodontics* 37, 538-543. doi:10.1016/j.joen.2011.01.018
- Christensen C. E., McNeal S. F., Eleazer P. (2008). Effect of lowering the pH of sodium hypochlorite on dissolving tissue *in vitro*. *Journal of Endodontics* 34, 449-452. doi:10.1016/j.joen.2008.01.001
- Cohenca N., Silva L. A. B., Silva R. A. B., Nelson-Filho P., Heilborn C., Watanabe E., Saraiva M. C. P. (2013). Microbiological evaluation of the different irrigation protocols on the root canal disinfection in teeth with apical periodontitis: An *in vivo* study. *Brazilian Dental Journal* 24(5), 467-473. doi:10.1590/0103-6440201302179
- Dakin H. D. (1915). On the use of certain antiseptic substances in the treatment of infected wounds. *The British Medical Journal* aug. 28, 318-320.
- Dametto F. R., Ferraz C. R. C., Gomes B. P. F., Zaia A. A., Teixeira F. B., Souza-Filho F. J. (2005). *In vitro* assessment of the immediate and prolonged antimicrobial action of chlorhexidine gel as an endodontic irrigant against *Enterococcus faecalis*. *Oral Surgery Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology* 99, 768-772. doi:10.1016/j.tripleo.2004.08.026
- De-Deus G., Zehnder M., Reis C., Fidel S., Fidel R. A. S., Galan Jr J., Paciornik S. (2008). Longitudinal co-site optical microscopy study on the chelating ability of etidronate and EDTA using a comparative single-tooth model. *Journal of Endodontics* 34, 71-75. doi:10.1016/j.joen.2007.09.020

Di Lenarda R., Cadenaro M., Sbaizero O. (2000). *International Endodontic Journal* 33, 46-52.

Drake D.R., Wiemann A. H., Rivera E.M., Walton R.E. (1994) Bacterial retention in canal walls in vitro: Effect of smear layer. *Journal of Endodontics* vol.20 no.2,78-82.

Dumitriu D., Dobre T. (2015). Effects of temperature and hypochlorite concentration on the rate of collagen dissolution. *Journal of Endodontics* vol.41 no.6, 903-906. doi:10.1016/j.joen.2014.12.020

Ehrich D. G., Brian Jr. J. D., Walker W. A. (1993). Sodium hypochlorite accident: inadvertent injection into the maxillary sinus. *Journal of Endodontics* vol.19, no. 4, 180-182.

Epstein J. B., Raber-Durlacher J. E. (2004). Topical agents for management of oral complications in cancer patients. *Business Briefing: US Oncology Review*, 1-8.

Estrela C., Estrela C. R. A., Barnin E. L., Spanó J. C. E., Marchesan M. A., Pécora J. D. (2002). Mechanism of action of sodium hypochlorite. *Brazilian Dental Journal* 13(2), 113-117.

Ferraz C. C. R., Zaia A. A., Teixeira F. B., Souza-Filho F. J. (2001). *In vitro* assessment of the antimicrobial action and the mechanical ability of chlorhexidine gel as an endodontic irrigant. *Journal of Endodontics* volume 27 no.7, 452-455.

Ferraz C. R. C., Gomes B. P. F., Zaia A. A., Teixeira F. B., Souza-Filho F. J. (2007). Comparative study of the antimicrobial efficacy of chlorhexidine gel, chlorhexidine solution and sodium hypochlorite as endodontic irrigants. *Brazilian Dental Journal* 18(4), 294-298.

Figdor D., Sundqvist G. (2007). A big role for the very small – understanding the endodontic microbial flora. *Australian Dental Journal Supplement* 52, 38-51.

Foulkes D. M. (1973). Some toxicological observations on chlorhexidine. *Journal of Periodontology* 8 suppl. 12, 55-57.

Furukawa S., Kuchma S. L., O’Toole G. A. (2006). Keeping their options open: acute versus persistent infections. *Journal of Bacteriology* Feb., 1211-1217. doi:10.1128/JB.188.4.1211-1217.2006

Gélinas P., Goulet J. (1983). Neutralization of the activity of eight disinfectants by organic matter. *Journal of Applied Bacteriology* 54, 243-247.

Gomes B. P. F. A., Ferraz C. C. R., Vianna M. E., Berber V. B., Teixeira F. B., Souza-Filho F. J. (2001). *In vitro* antimicrobial activity of several concentrations of sodium hypochlorite and chlorhexidine gluconate in the elimination of *Enterococcus faecalis*. *International Endodontic Journal* 34, 424-428.

Gomes B. P. F. A., Souza S. F. C., Ferraz C. C. R., Teixeira F. B., Zaia A. A., Valdrighi L., Souza-Filho F. J. (2003). Effectiveness of 2% chlorhexidine gel and

calcium hydroxide against *Enterococcus faecalis* in bovine root dentine *in vitro*. *International Endodontic Journal* 36, 267-275.

Gomes B. P. F. A., Vianna M. E., Matsumoto C. U., Rossi V. P. S., Zaia A. A., Ferraz C. C. R., Souza-Filho F. J. (2005). Disinfection of gutta-percha cones with chlorhexidine and sodium hypochlorite. *Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology* 100, 512-517. doi:10.1016/j.tripleo.2004.10.002

Gomes B. P. F. A., Martinho F. C., Vianna M. E. (2009). Comparison of 2,5% sodium hypochlorite and 2% chlorhexidine gel on oral bacterial lipopolysaccharide reduction from primarily infected root canals. *Journal of Endodontics* 35, 1350-1353. doi:10.1016/j.joen.200906.011

Gomes B. P. F. A., Montagner F., Berber V. B., Zaia A. A., Ferraz C. C. R., Almeida J. F. A., Souza-Filho F. J. (2009). Antimicrobial action of intracanal medicaments on the external root surface. *Journal of Dentistry* 37, 76-81. doi:10.1016/j.dent.2008.09.009

Gomes B. F. A., Vianna M. E., Zaia A. A., Almeida J. F. A., Souza-Filho F. J. (2013). Chlorhexidine in endodontics. *Brazilian Dental Journal* 24(2), 89-102. doi:10.1590/0103-6440201302188

Grigoratos D., Knowles J., Ng Y-L., Gulabivala K. (2001). Effect of exposing dentine to sodium hypochlorite and calcium hydroxide on its flexural strength and elastic modulus. *International Endodontic Journal* 34, 113-119.

Grawehr M., Sener B., Waltimo T., Zehnder M. (2003) *International Endodontic Journal* 36, 411-415.

Gu L., Kim J. R., Ling J., Choi K. K., Pashley D. H., Tay F. R. (2009). Review of contemporary irrigant agitation techniques and devices. *Journal of Endodontics* 35, 791-804. doi:10.1016/j.joen.2009.03.010

Guerreiro-Tanomaru J. M., Loiola L. E., Morgental R. D., Leonardo R. T., Tanomaru-Filho M. (2013). Efficacy of four irrigation needles in cleaning the apical third of root canals. *Brazilian Dental Journal* 24(1), 21-24. doi:10.1590/0103-6440201302153

Haapasalo M., Endal U., Zandi H., Coil J. M. (2005). Eradication of endodontic infection by instrumentation and irrigation solutions. *Endodontic Topics* 10, 77-102.

Haapasalo M., Shen Y., Qian W., Gao Y. (2010). Irrigation in endodontics. *Dental Clinics of North America* 54, 291-312. doi:10.1016/j.cden.2009.12.001

Hand R. E., Smith M. L., Harrison J. W. (1978). Analysis of the effect of dilution on the necrotic tissue dissolution property of sodium hypochlorite. *Journal of Endodontics volume 4 no. 2*, 60-64.

Hemptinne F., Slaus G., Vandendael M., Jacquet W., De Moor R. J., Bottenberg P. (2015). In vivo intracanal temperature evolution during endodontic treatment after the

injection of room temperature or preheated sodium hypochlorite. *Journal of Endodontics* volume 41 no. 7, 1112-1115. doi:10.1016/j.joen.2015.02.011

Hülsmann M., Heckendorff M., Lennon Á. (2003). Chelating agents in root canal treatment: mode of action and indications for their use. *International Endodontic Journal* 36, 810-830.

Hülsmann M., Peters O. A., Dummer P. M. H. (2005). Mechanical preparation of root canals: shaping goals, techniques and means. *Endodontic Topics* 10, 30-76.

Hülsmann M., Rödig T., Nordmeyer S. (2009). Complications during root canal irrigation. *Endodontic Topics* 16, 27-63.

Jiang L. M., Verhaagen B., Versluis M., van der Sluis L. W. M. (2010). Evaluation of a sonic device designed to activate irrigant in the root canal. *Journal of Endodontics* vol.36 no.1, 143-146. doi:10.1016/j.joen.2009.06.009

Lee S.-J., Wu M.-K., Wesselink P. R. (2004). The effectiveness of syringe irrigation and ultrasonics to remove debris from simulated irregularities within prepared root canal walls. *International Endodontic Journal* 37, 672-678.

Llena C., Cuesta C., Forner L., Mozo S., Segura J.-J. (2015). The effect of passive ultrasonic activation of 2% chlorhexidine or 3% sodium hypochlorite in canal wall cleaning. *Journal of Clinical and Experimental Dentistry* 7(1), e69-73. doi:10.4317/jced.52088

Machado-Silveiro L. F., González-López S., González-Rodríguez M. P. (2004). Decalcification of root canal dentine by citric acid, EDTA and sodium citrate. *International Endodontic Journal* 37, 365-369.

Marcelino A. P. M., Bruniera J. F., Rached-Junior F. A., Silva S. R. C., Messias D. C. (2014). Impact of chemical agents for surface treatments on microhardness and flexural strength of root dentin. *Brazilian Oral Research (São Paulo)* 28(1), 1-6. doi:10.1590/1807-3107BOR-2014.vol28.0052

Mello I., Kammerer B. A., Yoshimoto D., Macedo M. C. S., Antoniazzi J. H. (2010). Influence of final rinse technique on ability of ethylenediaminetetraacetic acid of removing smear layer. *Journal of Endodontics* 36, 512-514. doi:10.1016/j.joen.2009.11.004

Mohammadi Z., Abbott P. V. (2009). Antimicrobial substantivity of root canal irrigants and medicaments: A review. *Australian Endodontic Journal* 35, 131-139. doi:10.1111/j.1747-4477.2009.00164.x

Mohammadi Z., Abbott P. V. (2009). The properties and applications of chlorhexidine in endodontics. *International Endodontic Journal* 42, 288-302. doi:10.1111/j.1365-2591.2008.01540.x

Moorer W. R., Wesselink P. R. (1982). Factors promoting the tissue dissolving capability of sodium hypochlorite. *International Endodontic Journal* 15(4), 187-196.

Nair P. N. R. (1987) Light and electron microscopic studies of root canal flora and periapical lesions. *Journal of Endodontics* 13(1), 29-39.

Nair P. N. R., Henry S., Cano V., Vera J. (2005). Microbial status of apical root canal system of human mandibular first molars with primary apical periodontitis after “one-visit” endodontic treatment. *Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology* 99, 231-252. doi:10.1016/j.tripleo.2004.10.005

National Center for Biotechnology Information. PubChem Compound Database; CID=1004. Acedido a 25 de Julho 2015 em <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/1004>

National Center for Biotechnology Information. PubChem Compound Database; CID=311. Acedido a 23 de Julho 2015 em <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/311>

National Center for Biotechnology Information. PubChem Compound Database; CID=3305. Acedido a 25 de Julho 2015 em <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/3305>

Nielsen B. A., Baumgartner J. C. (2007). Comparison of the EndoVac system to needle irrigation of root canals. *Journal of Endodontics* 33, 611-615. doi:10.1016/j.joen.2007.01.020

Niu W., Yoshioka T., Kokayashi C., Suda H. (2002). A scanning electron microscopic study of dentinal erosion by final irrigation with EDTA and NaOCl solutions. *International Endodontic Journal* 35, 934-939

Okano M., Nomura M., Hata S., Okada N., Sato K., Kitano Y., Tashiro M., Yoshimoto Y., Hama R., Aok T. (1989). *Archives of dermatology* 125, 50-52.

Pashley E. L., Birdsong N. L., Bowman K., Pashley D. H. (1985). Cytotoxic effects of NaOCl on vital tissue. *Journal of Endodontics* 11, 525-528.

Pecora J. D., Sousa-Neto M. D., Estrela C. (1999). Soluções irrigadoras auxiliares do preparo do canal radicular. *Endodontia - Princípios biológicos e mecânicos*. Estrela C, Figueiredo JAP. Eds. São Paulo: Artes Médicas; 1999. p 552-569

Pérez V. C., Cárdenas M. E. M., Planells U. S. (1989). The possible role of pH changes during EDTA demineralization of teeth. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology and Oral Radiology* 68(2), 220-222.

Peters O. A., Schönenberger K., Laib A. (2001). Effects of four Ni-Ti preparation techniques on root canal geometry assessed by micro computed tomography. *International Endodontic Journal* 34, 221-230.

Peters O. A. (2004). Current challenges and concepts in the preparation of root canal systems: A review. *Journal of Endodontics* volume 30 no. 8, 559-567.

Plotino G., Pameijer C. H., Grande N. M., Somma F. (2007). Ultrasonics in endodontics: A review of the literature. *Journal of Endodontics* 33, 81-95. doi:10.1016/j.joen.2006.10.008

- Prado M., Gusman H., Gomes B. P. F. A., Simão R. A. (2001). The importance of final rinse after disinfection of gutta-percha and Resilion cones. *Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology* 111, e21-e24. doi:10.1016/j.tripleo.2011.01.014
- Prado M., Assis D. F., Gomes B. P. F. A., Simão R. A. (2011). Effect of disinfectant solutions on the surface free energy and wettability of filling material. *Journal of Endodontics* 37, 980-982. doi:10.1016/j.joen.2011.03.021
- Prado M., Gusman H., Gomes B. P. F. A., Simão R. A. (2011). Scanning electron microscopic investigation of the effectiveness of phosphoric acid in smear layer removal when compared with EDTA and citric acid. *Journal of Endodontics* 37, 255-258. doi:10.1016/j.joen.2010.11.011
- Prado M., Simão R. A., Gomes B. P. F. A. (2013). Effect of different irrigation protocols on resin sealer bond strength to dentin. *Journal of Endodontics* 39, 689-692. doi:10.1016/j.joen.2012.12.009
- Prado M., Simão R. A., Gomes B. P. F. A. (2013). Evaluation of different irrigation protocols concerning the formation of chemical smear layer. *Microscopy Research and Technique* 76, 196-200. doi:10.1002/jemt.22153
- Prado M., Silva E. J. N. L., Duque T. M., Zaia A. A., Ferraz C. C. R., Almeida J. F. A., Gomes B. P. F. A. (2015). Antimicrobial and cytotoxic effects of phosphoric acid solution compared to other root canal irrigants. *Journal of Applied Oral Science* 23(2), 158-163. Doi:10.1590/1678-775720130691
- Qian W., Shen Y., Haapasalo M. (2011). Quantitative analysis of the effect of irrigant solution sequences on dentin erosion. *Journal of Endodontics* 37, 1437-1441. doi:10.1016/j.joen.2011.06.005
- Radcliffe C. E., Potouridou L., Qureshi R., Hababbeh N., Qualtrough A., Worthington H., Drucker D. B. (2004). Antimicrobial activity of varying concentrations of sodium hypochlorite on the endodontic microorganisms *Actinomyces israelii*, *A. naeslundii*, *Candida albicans* and *Enterococcus faecalis*. *International Endodontic Journal* 37, 438-446.
- Ricucci D., Siqueira Jr J. F. (2008). Apical actinomycosis as a continuum of intraradicular and extraradicular infection: Case report and critical review on its involvement with treatment failure. *Journal of Endodontics* 34, 1124-1129. doi:10.1016/j.joen.2008.06.002
- Ricucci D., Siqueira J. F. (2010). Biofilms and apical periodontitis: Study of prevalence and association with clinical and histopathologic findings. *Journal of Endodontics* 36, 1277-1288. doi:10.1016/j.joen.2010.04.007
- Ribeiro E. M., Silva-Sousa Y. T. C., Souza-Gabriel A. E., Sousa-Neto M. D., Lorencetti K. T., Silva S. R. C. (2012). Debris and smear layer removal in flattened root canals after use of different irrigant agitation protocols. *Microscopy Research and Technique* 75, 781-790. doi:10.1002/jemt.21125

- Ruddle C. J. (2008). Endodontic disinfection tsunami irrigation. *Advanced Endodontics*
- Scelza M. F. Z., Teixeira A. M., Scelza P. (2003). Delcalcifying effect of EDTA-T, 10 % citric acid, and 17% EDTA on root canal dentin. *Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology* 95, 234-236. doi:10.1067/moe.2003.89
- Schäfer E. (2007). Irrigation of the root canal. *ENDO 1(1)*, 11-27.
- Sedgley C. M., Lennan S. L., Clewell D. B. (2004). Prevalence, phenotype and genotype of oral enterococci. *Oral Microbiology and Immunology* 19, 95-101.
- Sedgley C. M., Nagel A. C., Hall D., Applegate B. (2005). Influence of irrigant needle depth in removing bioluminescent bacteria inoculated into instrumented root canal using real-time imaging *in vitro*. *International Endodontic Journal* 38, 97-104.
- Seidberg B. H., Schilder H. (1974). An evaluation of EDTA in endodontics. *Oral Surgery volume 37 no. 4*, 609-620.
- Semper A., Çalt S. (2002). The demineralising effects of EDTA at different concentrations and pH. *Journal of Endodontics volume 28 no. 7*, 501-502.
- Sena N. T., Gomes B. P. F. A., Vianna M. E., Berber V. B., Zaia A. A., Ferraz C. C. R., Souza-Filho F. J. (2006). *In vitro* antimicrobial activity of sodium hypochlorite and chlorhexidine against selected single-species biofilms. *International Endodontic Journal* 39, 878-885. doi:10.1111/j.1365-2591.2006.01161.x
- Shokouhinejad N., Sharifian M. R., Jafari M., Sabeti M. A. (2010). Push-out bond strenght of Resilon/Epiphany self-etch and gutta-percha/AH26 aftre different irrigation protocols. *Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology* 110, 88-92. doi:10.1016/j.tripleo.2010.05.069
- Siqueira J. F., Rôças I. N., Favieri A., Lima K. C. (2000). Chemomechanical reduction of the bacterial population in the root canal after instrumentation and irrigation with 1%, 2.5%, and 5.25% sodium hypochlorite. *Journal of Endodontics volume 26 no. 6*, 331-334.
- Siqueira Jr J. F., Machado A. G., Silveira R. M., Lopes H. P., De Uzeda M. (1997). Evaluation of the effectiveness of sodium hypochlorite used with three irrigation methods in the elimination of *Enterococcus faecalis* from the root canal, *in vitro*. *International Endodontic Journal* 30, 279-282.
- Siqueira Jr J. F. (2001). Aetiology of root canal treatment failure: why well-treated teeth can fail. *International Endodontic Journal* 34, 1-10.
- Siqueira Jr J. F., Rôças I. N. (2007). Bacterial pathogenesis and mediators in apical periodontitis. *Brazilian Dental Journal* 18(4), 267-280.
- Siqueira J. F., Rôças I. N., Paiva S. S.M., Guimarães-Pinto T., Magalhães K. M., Lima K. C. (2007). Bacteriologic investigation of the effects of sodium hypochlorite and chlorhexidine during the endodontic treatment of teeth with apical periodontitis.

Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology 104, 122-130.
doi:10.1016/j.tripleo.2007.01.027

Sirtes G., Waltimo T., Schaetzle M., Zehnder M. (2005). The effects of temperature on sodium hypochlorite short-term stability, pulp dissolution capacity, and antimicrobial efficacy. *Journal of Endodontics* volume 31 no.9, 669-671.

Stuart C. H., Schwartz S. A., Beeson T. J., Owatz C. B. (2006). *Enterococcus faecalis*: Its role in root canal treatment failure and current concepts in retreatment. *Journal of Endodontics* 32, 93-98. doi:10.1016/j.joen.2005.10.049

Susin L., Liu Y., Yoon J. C., Parente J. M., Loushine R. J., Ricucci D., Bryan T., Weller R. N., Pashley D. H., Tay F. R. (2010). Canal and isthmus debridement efficacies of two irrigant agitation techniques in a closed system. *International Endodontic Journal* 43, 1077-1090. doi:10.1111/j.1365-2591.2010.01778.x

Tasman F., Çehreli Z. C., Ogan C., Etikan I. (2000). Surface tension of root canal irrigants. *Journal of Endodontics* volume 26 no.10, 586-587.

Thomas J. G., Nakaishi L. A. (2006). Managing the complexity of a dynamic biofilm. *JADA* 137 (11), 10S-15S.

Tomás I., Rubido S., Donos N. (2011). *In situ* antimicrobial activity of chlorhexidine in the oral cavity. *Science against microbial pathogens: communicating current research and technological advances* A. Méndez-Vilas.

Torabinejad M., Khademi A. A., Babagoli J., Cho Y., Johnson W. B., Bozhilov K., Kim J., Cho Y. (2003). A new solution for the removal of the smear layer. *Journal of Endodontics* volume 29 no.3, 170-175.

Tuncer A. K., Ünal B. (2014). Comparison of sealer penetration using the EndoVac irrigation system and conventional needle root canal irrigation. *Journal of Endodontics* 40, 613-617. doi:10.1016/j.joen.2013.11.017

Türkün M., Cengiz T. (1997). The effects of sodium hypochlorite and calcium hydroxide on tissue dissolution and root canal cleanliness. *International Endodontic Journal* 30, 335-342.

Uroz-Torres D., González-Rodríguez M. P., Ferrer-Luque C. M. (2009). Effectiveness of the EndoActivator system in removing the smear layer after root canal instrumentation. *Journal of Endodontics* vol. 36 no. 2, 308-311.
doi:10.1016/j.joen.2009.10.029

van der Sluis L. W. M., Gambarini G., Wu M. K., Wesselink P. R. (2006). The influence of volume, type of irrigation and flushing method on removing artificially placed dentine debris from the apical root canal during passive ultrasonic irrigation. *International Endodontic Journal* 39, 472-476. doi:10.1111/j.1365-2591.2006.01108.x

van der Sluis L. W. M., Versluis M., Wu M. K., Wesselink P. R. (2007). Passive ultrasonic irrigation of the root canal: a review of the literature. *International Endodontic Journal* 40, 415-426. doi:10.1111/j.1365-2591.2007.01243.x

- Verdelis K., Eliades G., Oviir T., Margelos J. (1999). Effect of chelating agents on the molecular composition and extent of decalcification at cervical, middle and apical root dentin locations. *Endodontics and Dental Traumatology Journal* 15, 164-170.
- Vianna M. E., Gomes B. P. F. A., Berber V. B., Zaia A. A., Ferraz C. C. R., Souza-Filho F. J. (2004). *In vitro* evaluation of the antimicrobial activity of chlorhexidine and sodium hypochlorite. *Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology* 97, 79-84. doi:10.1016/S1079-2104(03)00360-3
- Vianna M. E., Horz H. P., Gomes B. P. F. A., Conrads G. (2006). *In vivo* evaluation of microbial reduction after chemo-mechanical preparation of human root canals containing necrotic pulp tissue. *International Endodontic Journal* 39, 484-492.
- Vianna M. E., Horz H. P., Gomes B. P. F. A. (2009). Efficacy of sodium hypochlorite combined with chlorhexidine against *Enterococcus faecalis* *in vitro*. *Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology* 107, 585-589. doi:10.1016/j.tripleo.2008.10.023
- Vineet S A., Rajesh M., Sonali K., Mukesh P. (2014). A contemporary overview of endodontic irrigants – a review. *Journal of Dental Applications* 1(6), 105-115.
- Vivacqua-Gomes N., Ferraz C. C. R., Zaia A. A., Teixeira F. B., Souza-Filho F. J. (2002). Influence of irrigants on the coronal microleakage of laterally condensed gutta-percha root fillings. *International Endodontic Journal* 35, 791-795
- Waltimo T. M. T., Orstavik D., Sirén E. K., Haapasalo M. P. P. (1999). *In vitro* susceptibility of *Candida albicans* to four disinfectants and their combinations. *International Endodontic Journal* 32, 421-429.
- Weber C. D., McClanahan S. B., Miller G. A., Diener-West M., Johnson J. D. (2003). The effect of passive ultrasonic activation of 2% chlorhexidine or 5.25% sodium hypochlorite irrigant on residual antimicrobial activity in root canals. *Journal of Endodontics* volume 29 no.9, 562-564.
- Wu M.-K., Wesselink P. R. (2001). A primary observation on the preparation and obturation of oval canals. *International Endodontic Journal* 34, 137-141.
- Wu M.-K., van der Sluis L. W. M., Wesselink P. R. (2003). The capability of two hand instrumentation techniques to remove the inner layer of dentine in oval canals. *International Endodontic Journal* 36, 218-224.
- Yamashita J. C., Tanomaru Filho M., Leonardo M. R., Rossi M. A., Silva L. A. B. (2003). Scanning electron microscopic study of the cleaning ability of chlorhexidine as a root-canal irrigant. *International Endodontic Journal* 36, 391-394.
- Zairi A., Lambrianidis T. (2008). Accidental extrusion of sodium hypochlorite into the maxillary sinus. *Quintessence International* 39, 745-748.
- Zehnder M. (2006). Root canal irrigants. *Journal of Endodontics* 32, 389-398. doi:10.1016/j.joen.2005.09.014
- Zou L., Shen Y., Wei L., Haapasalo M. (2010). Penetration of sodium hypochlorite into dentin. *Journal of Endodontics* 36, 793-796.