

UNIVERSIDADE PAULISTA

BRUNO DE LUCA MURACA MAZZINI

FATORES QUE POTENCIALIZAM A EFETIVIDADE DAS SUBSTÂNCIAS

QUÍMICAS NA TERAPIA ENDODÔNTICA

Revisão de literatura

CAMPINAS 2026

BRUNO DE LUCA MURACA MAZZINI

**FATORES QUE POTENCIALIZAM A EFETIVIDADE DAS SUBSTÂNCIAS
QUÍMICAS NA TERAPIA ENDODÔNTICA**

Revisão de literatura

Trabalho de conclusão de curso para obtenção do título de graduação em Odontologia apresentado à Universidade Paulista – UNIP.

Orientador: Prof. Fábio Henrique Lozano Monteiro

CAMPINAS 2026

CIP - Catalogação na Publicação

Mazzini, Bruno de Luca Muraca.

FATORES QUE POTENCIALIZAM A EFETIVIDADE DAS
SUBSTÂNCIAS QUÍMICAS NA TERAPIA ENDODÔNTICA / Bruno de
Luca Muraca Mazzini. – 2026.

38 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) apresentado ao
Instituto de Ciência da Saúde da Universidade Paulista, Campinas, 2026.

Área de Concentração: Endodontia.

Orientador: Prof. Fábio Henrique Lozano Monteiro.

Coorientadores: Prof. Danilo Kirschner Camargo Moraes; Prof.^a
Juliana Bellini Pereira da Silva.

1. Endodontia. 2. Irrigantes do Canal Radicular. 3. Hipoclorito de Sódio
x Clorexidina. 4. Irrigação Ultrassônica Passiva. 5. Easy Clean. I.
Monteiro, Fábio Henrique Lozano (orientador). II. Moraes, Danilo Kirschner
Camargo (coorientador). III. Silva, Juliana Bellini Pereira da
(coorientadora). IV. Título.

BRUNO DE LUCA MURACA MAZZINI

FATORES QUE POTENCIALIZAM A EFETIVIDADE DAS SUBSTÂNCIAS

QUÍMICAS NA TERAPIA ENDODÔNTICA:

Revisão de literatura

Trabalho de conclusão de curso para obtenção do título de graduação em Odontologia apresentado à Universidade Paulista – UNIP.

Aprovado em: 10,0 (dez).

BANCA EXAMINADORA

 09/06/26

Prof. Fábio Henrique Lozano Monteiro
Universidade Paulista – UNIP

 9/6/26

Prof. Danilo Kirschner Camargo Moraes
Universidade Paulista – UNIP

 9/6/26

Prof.ª Juliana Bellini Pereira da Silva
Universidade Paulista – UNIP

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a minha mãe Santina, pai Valdir, irmã Bianca, e a minha namorada Isabele. Principalmente aos meus pais, que me proporcionaram a realização do curso, dando sempre todo apoio necessário. Sou grato a todos que viveram essa jornada comigo. Obrigado por dividirem os momentos bons e, principalmente, por me sustentarem nos difíceis. Ter o apoio de vocês fez toda a diferença para que eu chegasse até aqui hoje.

Deixo aqui meu agradecimento mais sincero.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me permitir chegar até aqui e me dar forças nos momentos em que pensei em desistir.

Aos meus pais, Valdir e Santina, que são a base de tudo o que sou. Agradeço, do fundo do meu coração, por todo o amor, apoio e sacrifício. Por me proporcionarem a oportunidade de estudar e não precisar trabalhar, permitindo que eu me dedicasse inteiramente a realizar esse sonho. Tudo o que conquistei até hoje é reflexo do esforço e da dedicação de vocês.

A minha irmã Bianca, obrigado por todo o incentivo, pela presença constante, e principalmente por sempre torcer por mim e por me apoiar em tudo.

A minha namorada Isabele Minucelli, que eu tive o privilégio de dividir esta jornada acadêmica, me apoiando e me ajudando nos momentos mais difíceis.

Ao meu amigo João Pedro Radovanovich, que acabou se tornando a melhor pessoa que eu poderia ter conhecido durante a graduação. Obrigado por torna-lá mais leve.

Aos meus professores, que sempre me guiaram pelo melhor caminho durante esses anos.

Ao meu orientador, que além de professor se tornou um grande amigo e foi uma das pessoas mais importantes durante nessa trajetória, pois foi ele quem me fez enxergar a Endodontia de outra maneira.

RESUMO

A higienização profunda do sistema radicular constitui o pilar para a recuperação dos tecidos peri-radiculares na terapia endodôntica. Embora substâncias como o Hipoclorito de Sódio e o Digluconato de Clorexidina apresentem altos resultados, sua penetração é frequentemente dificultada por redes anatômicas intrincadas. Barreiras como istmos e o bloqueio por bolhas de ar restringem o fluxo das soluções quando aplicadas apenas por métodos tradicionais de seringa e agulha. Nesse contexto, a ativação desses fluidos via tecnologias auxiliares surge como uma estratégia vital para otimizar o debridamento químico. A Irrigação Ultrassônica Passiva (PUI) induz correntes acústicas e cavitação que desestruturam biofilmes em profundidade, enquanto instrumentos de agitação mecânica, a exemplo do Easy Clean, promovem movimentação hidráulica eficiente em canais curvos e áreas de difícil acesso. A associação desses protocolos ao uso do EDTA favorece a eliminação da lama dentinária (*Smear Layer*), viabilizando uma vedação hermética e tridimensional. Esta revisão bibliográfica demonstra que o sucesso do tratamento atual está vinculado à capacidade do clínico em empregar recursos que potencializam os irrigantes químicos frente aos obstáculos impostos.

Palavras-chave: Endodontia, Irrigantes do Canal Radicular, Hipoclorito de Sódio x Clorexidina, Irrigação Ultrassônica Passiva, Easy Clean.

ABSTRACT

Deep disinfection of the root canal system constitutes the cornerstone for the healing of periradicular tissues in endodontic therapy. Although substances such as Sodium Hypochlorite and Chlorhexidine Digluconate exhibit high results, their penetration is often hindered by intricate anatomical networks. Barriers such as isthmuses and vapor lock restrict the flow of solutions when applied solely through traditional syringe-and-needle methods. In this context, the activation of these fluids via auxiliary technologies emerges as a vital strategy to optimize chemical debridement. Passive Ultrasonic Irrigation (PUI) induces acoustic streaming and cavitation that disrupt biofilms at depth, while mechanical agitation instruments, such as Easy Clean, promote efficient hydraulic movement in curved canals and hard-to-reach areas. Combining these protocols with the use of EDTA promotes the removal of the *smear layer*, enabling a hermetic and three-dimensional seal. This literature review demonstrates that current treatment success is linked to the clinician's ability to employ resources that enhance chemical irrigants against the imposed obstacles.

Keywords: Endodontics, Root Canal Irrigants, Sodium Hypochlorite vs. Chlorhexidine, Passive Ultrasonic Irrigation, Easy Clean.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Precipitado acastanhado formado após interação do NaOCL com CHX..	14
Figura 2 – Vistas distais de recuperação 3D.....	15
Figura 3 – Fluxo acústico em torno de uma lima endodôntica	17
Figura 4 – (abc) Esquerda e direita	19
Figura 5 – Easy Clean no interior do canal radicular	21
Figura 6 – Imagem demonstrativa do dispositivo XP Endo Fisinher	22
Figura 7 – Sistema EndoVac	25
Figura 8 – Tipos de agulhas.....	27

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	DESENVOLVIMENTO	11
2.1	Metodologia	11
3	REVISÃO DE LITERATURA	12
3.1	Substâncias Químicas Auxiliares	12
3.2	Complexidade Anatômica e Limitações da Irrigação	14
3.3	Irrigação Ultrassônica Passiva (PUI)	16
3.4	Dispositivos de Agitação Mecânica	19
3.5	Sinergia do EDTA na Remoção da <i>Smear Layer</i>	22
3.6	Inovações Tecnológicas	24
3.7	Parâmetros Operatórios: Volume, Tempo, Segurança Clínica	27
4	DISCUSSÃO	30
5	CONCLUSÃO	33
•	REFERÊNCIAS	34

1. INTRODUÇÃO

O sucesso da terapia endodôntica baseia-se na tríade de limpeza, modelagem e obturação. Nesse cenário, o papel das substâncias químicas auxiliares, como o Hipoclorito de Sódio (NaOCl), padrão ouro pela sua capacidade de dissolução tecidual e ação antimicrobiana, e a Clorexidina, por sua substantividade, é fundamental. Contudo, a eficácia dessas soluções é frequentemente limitada pela complexidade da anatomia interna, que abriga áreas de difícil alcance. Com isso, o uso de tecnologias que potencializam a ação química, tornou-se indispensável. Essas ferramentas não apenas otimizam a desinfecção, mas também influenciam diretamente o prognóstico do caso e auxiliam no diagnóstico preventivo de patologias periapicais, garantindo que o prognóstico do tratamento seja positivo (Lopes, *et al.*, 2022).

Apesar dos avanços, a prática clínica ainda enfrenta desafios quando a irrigação é negligenciada ou executada de forma deficiente. Uma irrigação coronária defeituosa ou a escolha equivocada do agente químico pode resultar na permanência de detritos e microrganismos em istmos e ramificações, levando ao insucesso terapêutico e à persistência de infecções. Por outro lado, quando comparamos com protocolos que utilizam técnicas de ativação e materiais odontológicos de ponta, a diferença na remoção da *Smear Layer* e na eliminação do biofilme é evidente. A correta alternância entre substâncias e a aplicação de métodos físicos de agitação transformam a substância química em uma ferramenta dinâmica contra os patógenos, garantindo o sucesso endodôntico (Canton, *et al.*, 2025).

O argumento central deste trabalho fundamenta-se na premissa de que a eficácia da terapia endodôntica atual não depende exclusivamente da escolha da substância, mas sim da capacidade do cirurgião-dentista em potencializar suas propriedades através dos recursos tecnológicos disponíveis. A correta irrigação, aliada aos fatores que maximizam a ação dos fluidos dentro do canal, possui um grande potencial, permitindo que casos complexos sejam resolvidos com maior segurança (Maciel, *et al.*, 2025).

Este trabalho abordará o tema por meio de uma revisão de literatura, analisando estudos recentes e opiniões de especialistas, fornecendo uma compreensão abrangente dos fatores que potencializam a efetividade das substâncias químicas durante o tratamento endodôntico.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 Metodologia

Para a elaboração desse trabalho foram utilizadas as bases de dados PubMed, SciELO (Scientific Eletronic Libery Online), Google Acadêmico e o Portal de Periódicos do CAPES, utilizando as palavras chave Endodontia, Irrigantes do Canal Radicular, Hipoclorito de Sódio x Clorexidina, Irrigação Ultrassônica Passiva (PUI), Easy Clean. O critério de seleção foi baseado no conteúdo, relevância, disponibilidade de visualização dos manuscritos e do período, sendo selecionados artigos de 2022 a 2026. Os idiomas escolhidos para a busca foram português e inglês, um total de 42 artigos.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Substâncias Químicas Auxiliares

A eficácia da desinfecção endodôntica está ligada à compreensão dos mecanismos químicos das soluções utilizadas, sendo o Hipoclorito de Sódio (NaOCl) amplamente reconhecido como o padrão-ouro devido à sua alta alcalinidade e capacidade única de dissolução tecidual. Quimicamente, o NaOCl atua por meio de reações de saponificação e neutralização; ao entrar em contato com o tecido orgânico, ele degrada ácidos graxos e proteínas em sabão e glicerol, facilitando a limpeza de áreas anatomicamente complexas onde os instrumentos mecânicos não alcançam. Em contrapartida, o digluconato de clorexidina (CHX) a 2% destaca-se por sua substantividade, uma propriedade decorrente de seu caráter dicatiônico que permite a adsorção às paredes dentinárias e a liberação gradual de atividade antimicrobiana residual por até 12 semanas. Enquanto o NaOCl é superior na desestruturação da matriz orgânica de biofilmes, a clorexidina apresenta um amplo espectro contra bactérias Gram-positivas e Gram-negativas, sendo especialmente eficaz contra microrganismos resistentes como o *Enterococcus faecalis* (Amaro IA, Coelho JA, 2025).

A viabilidade dessas propriedades para a prática clínica orienta as indicações específicas, evidenciando o hipoclorito de sódio como a primeira escolha para casos de necrose pulpar e infecções periapicais, onde o poder de assepsia e a solubilidade orgânica são fundamentais para o sucesso terapêutico. No entanto, a clorexidina surge como a alternativa de escolha em cenários clínicos específicos onde o NaOCl apresenta riscos elevados, como em pacientes com histórico comprovado de hipersensibilidade ou alergia ao cloro. Além disso, a CHX é fortemente indicada para o tratamento de dentes com rizogênese incompleta ou ápices abertos, pois sua menor toxicidade aos tecidos perirradiculares oferece uma margem de segurança maior contra o extravasamento acidental, evitando danos severos aos tecidos de suporte que ainda estão em desenvolvimento (Brito SLO, et al., 2023).

As diferentes escolhas operatórias baseadas nessas substâncias podem ser observadas em protocolos de instituições de excelência, que utilizam as características físicas dos irrigantes para otimizar o preparo químico-mecânico. O protocolo da USP-São Paulo, por exemplo, prioriza o uso do NaOCl em variadas

concentrações para aproveitar sua agressividade necessária na desproteinização dentinária e remoção da porção orgânica da Smear Layer. Em contrapartida, a filosofia da UNICAMP-Piracicaba preconiza o uso da clorexidina, especialmente em sua formulação em gel, devido à sua ação reológica e lubrificante. Essa propriedade permite que o gel atue mantendo os detritos da instrumentação em suspensão e aglutinando o substrato dentário dentro da massa amorfa do irrigante, o que facilita a remoção mecânica de debris e minimiza o atrito dos instrumentos contra as paredes do canal, reduzindo o risco de fraturas instrumentais sem agredir quimicamente o ligamento periodontal (Medeiros JMF, 2022).

Apesar dos benefícios, a segurança do paciente exige uma rigorosa atenção devido às limitações físico-químicas e aos riscos de acidentes relacionados a cada agente. O NaOCl é caracterizado por sua alta citotoxicidade, e seu extravasamento para além do forame apical pode resultar em manifestações clínicas imediatas e graves, como dor intensa, edema facial e necrose tecidual. Por outro lado, a CHX, embora mais biocompatível, pode causar desvantagens estéticas e sensoriais, como a pigmentação amarronzada da estrutura dentária. Um ponto crítico na segurança clínica é a proibição da associação sequencial direta entre NaOCl e CHX; a interação entre ambos resulta na formação de um precipitado tóxico e carcinogênico conhecido como paracloroanilina (PCA). Esse subproduto, além de manchar a dentina, obstrui os túbulos dentinários e compromete a permeabilidade necessária para o selamento hermético do canal, exigindo que o cirurgião-dentista utilize um irrigante intermediário neutro caso deseje alternar as soluções (Cunha ISS, Oliveira DFD, 2024).

Figura 1 – Precipitado acastanhado formado após interação do NaOCL com CHX.

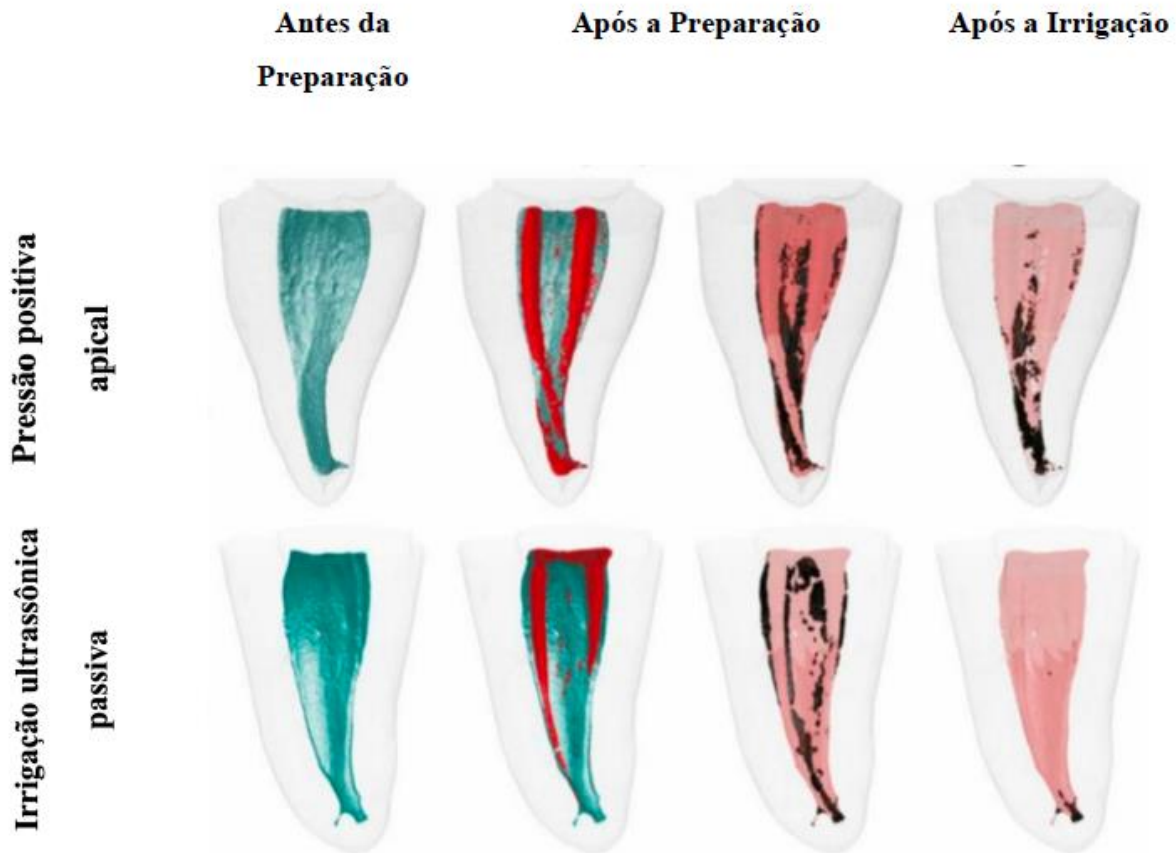


Fonte: Pinto, 2015.

3.2 Complexidade Anatômica e Limitações da Irrigação

A anatomia do sistema de canais radiculares (SCR) impõe obstáculos físicos significativos que dificultam a penetração e a eficácia das substâncias químicas auxiliares. A maioria das complexidades anatômicas, incluindo os túbulos dentinários, funcionam como cavidades de "fundo cego" (closed-ended cavities), onde o fluxo da solução é inerentemente restrito pela falta de saída para o ar ou fluido deslocado. Um dos fenômenos mais críticos é chamado de *vapor lock*, caracterizado pelo aprisionamento de bolhas de ar na extremidade distal dessas cavidades, o que impede o contato direto do irrigante com as paredes dentinárias e com o biofilme subjacente. Além disso, o fluxo de massa da solução, que é o mecanismo mais eficiente para o debridamento mecânico e desorganização bacteriana, limita-se ao canal principal e áreas adjacentes largas devido à viscosidade do fluido e às restrições espaciais, tornando a difusão iônica um processo extremamente lento e ineficiente nessas regiões intrincadas (Boutsioukis C, Arias-Moliz MT, 2022).

Figura 2 – Vistas distais de reconstrução 3D representativas dos sistemas de canal radicular mesial de molares inferiores. Molares antes (em verde) e depois (em vermelho) da preparação com instrumentos alternativos e após um protocolo final de irrigação convencional e irrigação ultrassônica passiva. Acúmulo de tecido duro são representados em preto.



Fonte: Adaptado Leoni G. B., *et al.*, 2016.

Nesse cenário, a presença de ramificações apicais, canais acessórios e istmos configura um fator desfavorável que compromete o controle microbiano, dificultando a remoção de substâncias orgânicos e inorgânicos. A instrumentação mecânica, embora essencial para a modelagem, é insuficiente por si só para sanificar essas áreas de difícil acesso, uma vez que as limas não conseguem tocar todos os locais do sistema radicular. A falha no debridamento dessas ramificações permite que microrganismos e seus metabólitos se desenvolvam, protegidos sob a smear layer (lama dentinária) produzida durante o preparo. Essa camada amorfa oblitera a entrada dos túbulos dentinários, agindo como uma barreira física que compromete a ação profunda dos irrigantes químicos e a posterior penetração do cimento obturador, estabelecendo as condições para a persistência da infecção intrarradicular (Tomazinho LF, 2022).

A diversidade da anatomia interna, marcada por achatamentos e fissuras, influencia diretamente na promoção da limpeza, especialmente quando se utiliza o método de irrigação convencional por pressão apical positiva (seringa e agulha). Este método, apresenta limitações severas, pois as soluções químicas geralmente não alcançam mais de 1 mm além da ponta da cânula, resultando em uma ação de descarga muito modesta na região do terço apical. A eficácia da irrigação manual é afetada pela baixa pressão gerada e pela dificuldade de difusão em canais estreitos e curvos, onde a tensão de cisalhamento é insuficiente para deslocar detritos fortemente aderidos. Consequentemente, a irrigação convencional não consegue promover uma descontaminação satisfatória se usada de forma isolada, pois apenas desaloja microrganismos fracamente ligados às paredes, sendo insuficiente para atingir profundidades significativas nos túbulos (Santos GRA, Coelho JA, 2022).

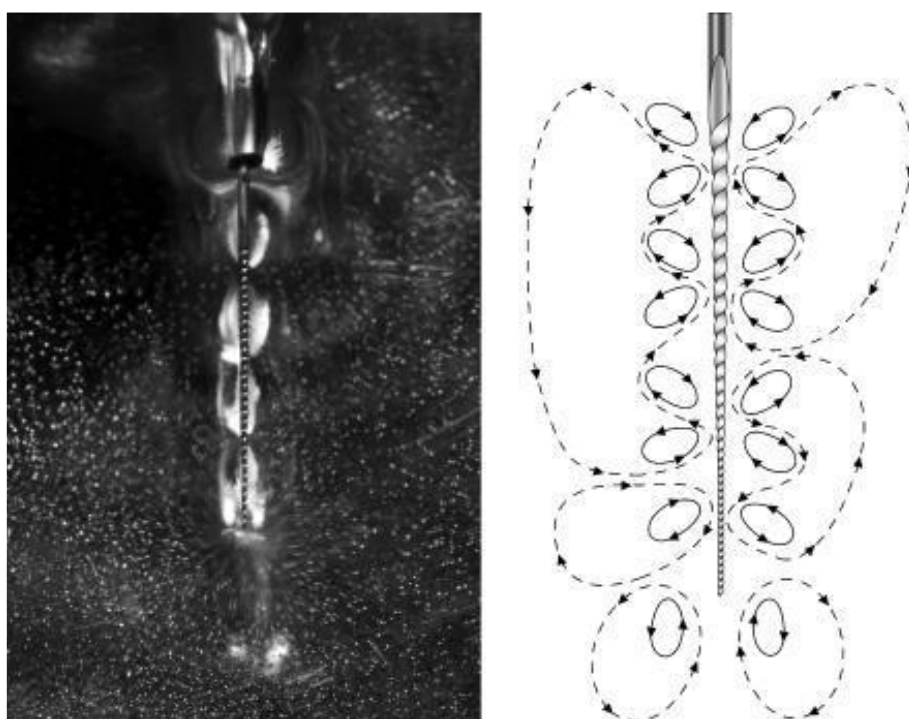
A literatura reforça que a incapacidade dos instrumentos endodônticos em alcançar aproximadamente 60% das paredes dos canais é a causa primária da permanência de microbiota residual após o preparo químico-mecânico. A complexidade anatômica atua como um refúgio para biofilmes bacterianos, especialmente no terço apical, onde o alcance do hipoclorito de sódio é drasticamente limitado pelo bloqueio de bolhas de ar. O fracasso do tratamento endodôntico, em muitos casos, não decorre da falta de potência das substâncias químicas, mas da falha em garantir que o irrigante chegue fisicamente aos locais infectados em volume e fluxo adequados. Portanto, a compreensão dessas limitações anatômicas justifica a necessidade premente de adotar técnicas auxiliares dinâmicas que potencializem a penetrabilidade dos agentes químicos para assegurar a regeneração dos tecidos periapicais (Maciel GL, *et al.*, 2025).

3.3 Irrigação Ultrassônica Passiva (PUI)

A Irrigação Ultrassônica Passiva (PUI) atua sob princípios biofísicos, utilizando transdutores piezoelétricos que convertem energia elétrica em oscilações mecânicas lineares de alta frequência, geralmente variando entre 25.000 Hz e 30.000 Hz. Diferente dos antigos sistemas magneto-estritivos, o método piezoelétrico não gera calor excessivo na peça de mão e permite um controle superior da vibração do inserto metálico. Ao ser acionada no interior de um canal preenchido com irrigante,

essa energia sonora produz dois fenômenos hidrodinâmicos cruciais: o micro-streaming acústico, que gera fluxos circulares de fluido com alta velocidade ao redor da lima, e a cavitação, que envolve a formação e implosão de microbolhas de vapor. Esses mecanismos físicos criam tensões de cisalhamento vigorosas que são capazes de desorganizar mecanicamente biofilmes bacterianos e remover detritos de áreas anatomicamente complexas que os instrumentos manuais ou rotatórios não conseguem tocar, estabelecendo uma base tecnológica sólida para a sanificação intracanal (Crozeta BM, *et al.*, 2022).

Figura 3 – Fluxo acústico em torno de uma lima endodôntica em água livre (esquerda) e um desenho esquemático (direita).



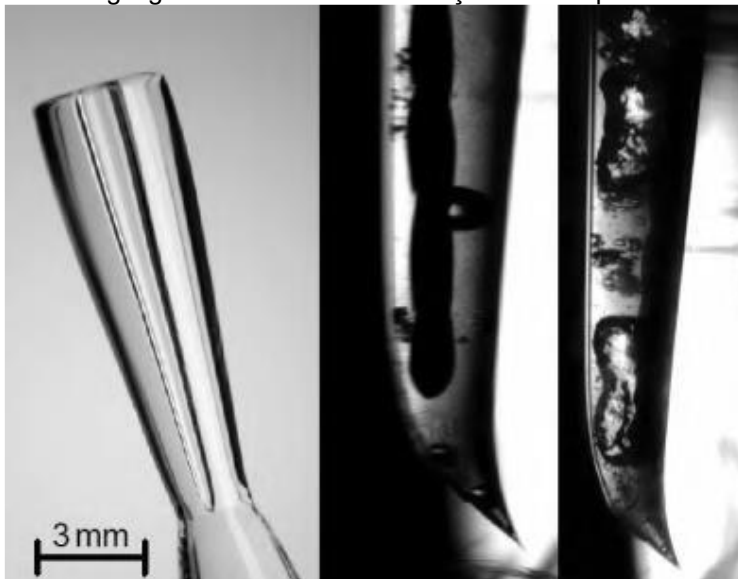
Fonte: Van Der Sluis, *et al.*, 2007.

A fundamentação clínica da técnica de PUI reside na inserção de uma lima de pequeno calibre ou fio metálico liso, que deve ser posicionado livremente no centro do canal e ativado sem exercer pressão contra as paredes dentinárias para permitir a transmissão máxima de energia para o fluido. Diferente da instrumentação ultrassônica simultânea (CUI), a PUI é aplicada estritamente após a conclusão da modelagem do canal, garantindo que o irrigante ocupe um espaço maior e circule com menos restrições físicas. Este caráter "passivo" é uma vantagem determinante, pois minimiza o risco de iatrogenias como degraus, desvios ou desgaste excessivo

de dentina sadia, tornando a técnica segura mesmo em canais curvos. Ao potencializar a ação de substâncias como o Hipoclorito de Sódio e o EDTA através da agitação dinâmica, a PUI facilita a penetração profunda do irrigante em istmos e túbulos dentinários, transformando a etapa final da irrigação em um procedimento primordial para o sucesso da terapia endodôntica (Silveira LHLP, Barboza DVB, 2023).

Durante a desinfecção apical, a PUI atua como um recurso vital para superar as limitações físicas da irrigação convencional por pressão positiva, que frequentemente falha em atingir o terço apical devido ao fenômeno do *vapor lock* (bolhas de ar aprisionadas). A agitação ultrassônica rompe essa barreira de ar, impulsionando a solução química para os milímetros finais do canal radicular, onde a carga bacteriana é frequentemente persistente. Estudos demonstram que essa técnica reduz drasticamente a concentração de microrganismos residuais e endotoxinas, removendo até 94% dos debris remanescentes que ficam alojados nas irregularidades do sistema de canais radiculares. Consequentemente, o uso do ultrassom na irrigação final atua como um potencializador direto das propriedades antimicrobianas e solventes das substâncias químicas, elevando significativamente o prognóstico clínico e favorecendo a reparação biológica dos tecidos perirradiculares em casos de patologias persistentes (Maciel GL, *et al.*, 2025).

Figura 4 (abc)- Esquerda: Modelo de vidro do canal radicular que permite o acesso ótico à lima vibratória para visualização a alta velocidade da irrigação ultrassônica. Meio: Lima em funcionamento captada a uma escala de tempo de microssegundos, mostrando fenômenos de cavitação transitórios e inerciais e, além disso, padrões de fluxo locais (apenas visíveis no modo de vídeo). À direita: É apresentada uma gravação a alta velocidade de uma lima K sem corte, mostrando um micro streaming vigoroso e bolhas de cavitação em colapso.



Fonte: Van Der Sluis, *et al.*, 2007.

A análise das evidências científicas atuais confirma que, embora dispositivos modernos de agitação mecânica como o Easy Clean tenham se mostrado eficientes, a PUI permanece como o padrão-ouro de comparação na endodontia para a eliminação da *Smear Layer* e de detritos de tecido duro. A superioridade da ativação ultrassônica é documentada pela sua capacidade ímpar de limpar embocaduras de túbulos dentinários, resultando em paredes radiculares mais permeáveis e preparadas para uma obturação hermética e tridimensional. Mesmo frente a desafios severos, como canais achatados e ramificações laterais, o emprego de protocolos com três ciclos de ativação de 20 segundos garante uma renovação constante do irrigante e mantém o pH da solução ativo. Portanto, a integração da tecnologia ultrassônica aos protocolos operatórios otimiza as virtudes químicas das substâncias irrigadoras, assegurando um padrão de excelência na desinfecção que os métodos manuais tradicionais isolados não conseguem reproduzir (Gomes LC, 2023).

3.4 Dispositivos de Agitação Mecânica

A introdução de dispositivos de agitação mecânica na terapia endodôntica fundamenta-se na necessidade de superar as limitações da instrumentação

convencional, que deixa aproximadamente 60% das paredes do canal radicular intocadas. Entre as inovações, destaca-se a lima XP Clean, um instrumento de acabamento de níquel-titânio que opera por meio de dois mecanismos: a agitação vigorosa da solução irrigadora para ampliar sua potência e o contato mecânico direto com as paredes internas, facilitando a remoção de microrganismos e detritos em áreas onde o preparo biomecânico inicial não foi efetivo. Paralelamente, o Easy Clean surge como uma alternativa de baixo custo, sendo um instrumento fabricado em plástico de acrilonitrila-butadieno-estireno (ABS) com diâmetro de 0.25 mm e conicidade .04. Este dispositivo foi projetado para promover a limpeza das paredes do sistema de canais radiculares por meio da agitação mecânica vigorosa das substâncias químicas e do atrito de suas lâminas, apresentando uma atuação particularmente eficiente na região do terço apical, onde a carga orgânica e inorgânica costuma ser mais persistente (Gomes FA, *et al.*, 2022).

O design geométrico desses ativadores mecânicos, especialmente o do Easy Clean, é um fator determinante para a sua eficiência na dispersão e entrega dos irrigantes em anatomias complexas. Este instrumento possui uma seção transversal única, semelhante a uma asa de avião, que propicia o turbilhonamento e a circulação do fluido para áreas de difícil alcance, como ramificações e istmos, que a irrigação convencional por agulha e seringa não consegue atingir. Uma característica técnica exclusiva deste dispositivo é sua versatilidade cinemática, podendo ser utilizado tanto em movimentos reciprocantes quanto em rotação contínua em baixa velocidade (micromotores contra-ângulo). Estudos demonstram que o uso em rotação contínua é significativamente mais eficiente para o debridamento de áreas de istmo, pois a velocidade rotacional gera uma turbulência hidráulica superior que desloca detritos e microrganismos de forma mais agressiva. Além disso, por ser confeccionado em material plástico, o Easy Clean oferece uma margem de segurança operatória elevada, minimizando o risco de deformação das paredes dentinárias ou criação de degraus, problemas frequentemente associados ao uso inadequado de insertos ultrassônicos metálicos (Santos GRA, Coelho JA, 2022).

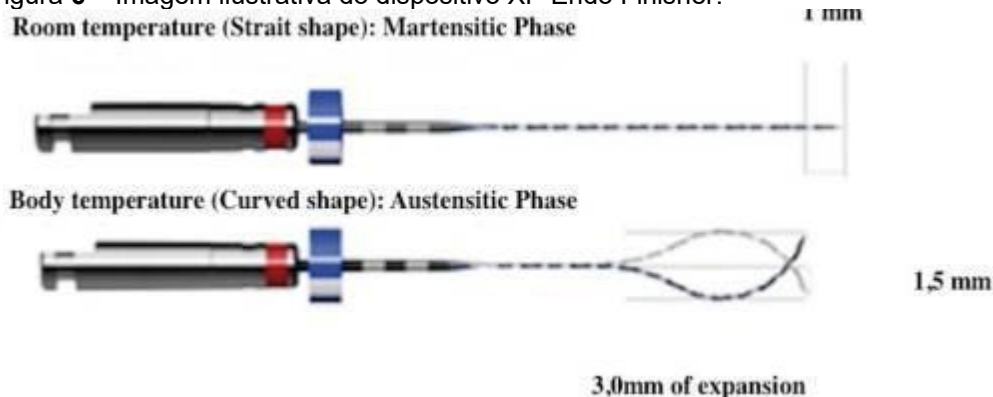
Figura 5 – Imagem ilustrando Easy Clean no interior do canal radicular.



Fonte: Easyequipamentos.com.br.

Complementando a evolução dos protocolos de agitação, a lima XP-Endo Finisher introduziu o conceito de adaptação morfológica baseada na metalurgia da liga NiTi MaxWire. Este instrumento de diâmetro ISO 25 e sem conicidade apresenta a propriedade de mudar sua forma conforme a temperatura, mantendo-se na fase martensítica (reta e maleável) à temperatura ambiente e convertendo-se para a fase austenítica (em formato de colher ou saca-rolhas) ao atingir a temperatura corporal de 35°C dentro do canal. Essa expansão controlada permite que o instrumento toque fisicamente em paredes irregulares e alcance túbulos dentinários profundos, potencializando a ação antibacteriana intratubular do Hipoclorito de Sódio. Em avaliações experimentais, a ativação mecânica final, especialmente quando executada com o Easy Clean em rotação contínua ou com a XP-Endo Finisher, demonstrou uma capacidade de desinfecção superior à ativação ultrassônica passiva (PUI) em determinadas metodologias de análise de biofilme. Tais resultados reforçam que a ação mecânica complementar é indispensável para elevar a eficácia das substâncias químicas frente a microrganismos resistentes, como o *Enterococcus Faecalis*, que frequentemente colonizam recessos anatômicos protegidos (Silva PNB, *et al.*, 2024).

Figura 6 – Imagem ilustrativa do dispositivo XP Endo Finisher.



Fonte: Hamdan, *et al.*, 2017.

As evidências científicas mais recentes consolidam a integração desses dispositivos como um fator crítico para o sucesso do tratamento endodôntico contemporâneo, elevando os índices de desinfecção para patamares próximos de 99%. Comparativamente, a irrigação convencional atinge reduções microbianas inferiores, deixando uma carga bacteriana residual que pode comprometer a longevidade da terapia e favorecer patologias periapicais persistentes. Embora nenhum dispositivo de agitação, seja ele ultrassônico como a PUI ou mecânico como a XP-Endo Finisher e o Easy Clean, tenha demonstrado capacidade de realizar a limpeza total e absoluta de 100% das paredes, a utilização desses recursos tecnológicos transforma o irrigante químico de um fluido estático em uma ferramenta dinâmica e potente. A análise sistemática dos protocolos revela que tanto a ativação ultrassônica quanto a mecânica oferecem resultados clínicos semelhantes em termos de redução da contagem microbiana, garantindo um prognóstico favorável e maior previsibilidade no manejo de casos complexos, especialmente no terço apical e em curvaturas severas (Oliveira RVA, *et al.*, 2026).

3.5 Sinergia do EDTA na Remoção da *Smear Layer*

O Ácido Etilenodiamino Tetra-Acético (EDTA) consolidou-se como o agente quelante de eleição na terapia endodôntica há mais de sessenta anos, sendo fundamental para facilitar a instrumentação de canais atrésicos através de suas propriedades desmineralizantes e lubrificantes. Atuando especificamente na remoção dos íons cálcio da dentina, o EDTA em solução aquosa a 17% penetra no

sistema de canais para remover a camada de esfregaço (*Smear Layer*) que recobre irregularmente as paredes após o preparo mecânico. O protocolo clínico sugerido pela literatura envolve o preenchimento do canal com a solução por um período de um minuto, o que é suficiente para remover a lama dentinária e abrir as embocaduras dos túbulos, melhorando significativamente a permeabilidade e a magnitude da oclusão final. Entretanto, é vital que o cirurgião-dentista controle rigorosamente o tempo operatório, visto que o uso prolongado, superior a sete minutos, pode desencadear a erosão indesejada da dentina peritubular, comprometendo a integridade estrutural da raiz e dificultando a adesão de materiais obturadores (Benvindo L, *et al.*, 2022).

A eficácia da sanificação do sistema radicular atinge seu potencial máximo através da sinergia química entre o EDTA e o Hipoclorito de Sódio (NaOCl), estabelecendo um protocolo que contempla a natureza bifásica da *Smear Layer*. Enquanto o hipoclorito de sódio atua como o padrão-ouro na dissolução de componentes orgânicos e tecidos necróticos, ele se mostra quimicamente ineficaz frente à porção inorgânica da lama dentinária, função esta desempenhada com exclusividade pelo EDTA. O uso intercalado dessas soluções durante o preparo químico-mecânico promove a desnaturação proteica e a remoção de detritos minerais contaminados, resultando em um aumento substancial da permeabilidade dentinária. Essa abertura tubular é um pré-requisito biológico indispensável para que tanto a medicação intracanal quanto os cimentos obturadores alcancem as áreas mais profundas da estrutura radicular, garantindo um selamento tridimensional hermético que previne a sobrevivência de microrganismos em nichos anatômicos protegidos (Silva LG, Kervahal PA, 2022).

Apesar da reconhecida potência química dessas substâncias, a remoção da *Smear Layer* enfrenta limitações físicas severas, particularmente no terço apical e em curvaturas acentuadas, onde a irrigação convencional por seringa e agulha frequentemente falha em entregar o quelante de forma efetiva. A literatura contemporânea enfatiza que a ativação dinâmica do irrigante é um requisito essencial para otimizar a limpeza química, uma vez que a agitação física rompe a tensão superficial do líquido e facilita sua penetração em áreas de difícil acesso. Estudos indicam que sistemas de ativação sônica, como o EndoActivator, ou métodos de Irrigação Ultrassônica Passiva (PUI), quando utilizados em conjunto com o EDTA a 17%, resultam em paredes dentinárias significativamente mais limpas e

livres de detritos em comparação aos métodos manuais isolados. Fatores operatórios como o volume adequado da solução e a renovação constante do líquido durante a ativação são determinantes para que o agente quelante consiga desarticular o biofilme e preparar a superfície para a etapa final do tratamento (Fernández Martín S, 2025).

A consolidação de protocolos operatórios de excelência define que a irrigação final deve ser executada com rigor técnico, utilizando volumes padronizados, como 3 ml de EDTA a 17% sob agitação vigorosa, para potencializar o debridamento químico-mecânico. Dispositivos modernos de agitação, a exemplo do EasyClean, da XP Endo Finisher e de sistemas de irrigação sônica, têm se destacado por promoverem uma turbulência hidráulica eficiente que desloca resíduos sem comprometer a integridade dos tecidos periapicais. Além disso, o surgimento de soluções integradas como o QMix representa uma evolução na busca pela simplificação clínica e eficácia biológica. Desenvolvido recentemente para atuar como um enxágue final substituto ao EDTA convencional, o QMix é disponibilizado no mercado como uma solução irrigadora “2 em 1”, disponibilizada de forma pronta para o uso, cuja fórmula associa o EDTA a 17%, o digluconato de clorexidina a 2% e detergentes tensoativos. Ele é indicado especificamente para situações que exigem a remoção completa da *Smear Layer* aliada a uma potente ação antibacteriana residual contra microrganismos resistentes, uma vez que os detergentes em sua composição reduzem a tensão superficial e facilitam a penetração química em istmos e ramificações apicais. Estudos indicam que seu uso por 90 segundos, ou mesmo por períodos reduzidos a 30 segundos quando potencializado por ativação sônica, é capaz de maximizar a limpeza e desinfecção profunda em um único passo operatório. A escolha criteriosa entre esses métodos dinâmicos e a correta manipulação do tempo de contato são os fatores que transformam o EDTA de um simples coadjuvante em uma ferramenta vital para o prognóstico favorável e o sucesso clínico da terapia endodôntica (Canton FV, *et al.*, 2025).

3.6 Inovações Tecnológicas

A integração de tecnologias emergentes na terapia endodôntica visa superar as falhas inerentes aos métodos convencionais, sendo a irrigação ativada por laser (LAI) e os sistemas de pressão negativa apical os principais expoentes desse

avanço. Os lasers, variando entre diodo, Nd:YAG e Er:YAG, operam por meio da criação de cavitação óptica no interior do irrigante, onde a rápida vaporização do líquido gera bolhas que se expandem e implodem, emitindo ondas de choque potentes que desorganizam biofilmes mesmo em áreas de difícil acesso. Paralelamente, o sistema de pressão negativa, exemplificado pelo EndoVac, revoluciona a dinâmica de entrega do fluido ao realizar a aspiração no ápice, o que elimina o fenômeno do *vapor lock* e garante que o irrigante fresco alcance o comprimento de trabalho sem o risco de extrusão periapical. Estudos indicam que o EndoVac é significativamente mais eficaz na remoção da smear layer na região apical do que a agitação dinâmica manual, além de reduzir drasticamente as queixas de dor pós-operatória em comparação com a irrigação por agulha convencional (Raducka M, *et al.*, 2023).

Figura 7 – Sistema EndoVac.



Fonte: Paninil, 2017.

A evolução dos sistemas de laser introduziu variantes sofisticadas como o PIPS (Photon-Initiated Photoacoustic Streaming) e o SWEEPS (Shock-Wave Enhanced Emission Photoacoustic Streaming), que utilizam pontas específicas posicionadas apenas na câmara pulpar para impulsionar o irrigante por todo o sistema de canais. Diferente da LAI tradicional, que posiciona a fibra dentro do canal, o PIPS utiliza energia sonora para criar correntes fotoacústicas que limpam canais

com preparos minimamente invasivos, embora a evidência sobre sua superioridade antimicrobiana em relação ao ultrassom ainda apresente resultados conflitantes. Um fator crítico na utilização do laser é o potencial de extrusão do irrigante pelo forame apical, que pode ser superior ao de técnicas baseadas em oscilação transversa de limas. No entanto, a tendência atual da endodontia aponta para a combinação de métodos, como a união da ativação ultrassônica e laser para um controle mais preciso da localização da cavitação e máxima sanificação do sistema radicular (Boutsioukis C, Arias-Moliz MT, 2022).

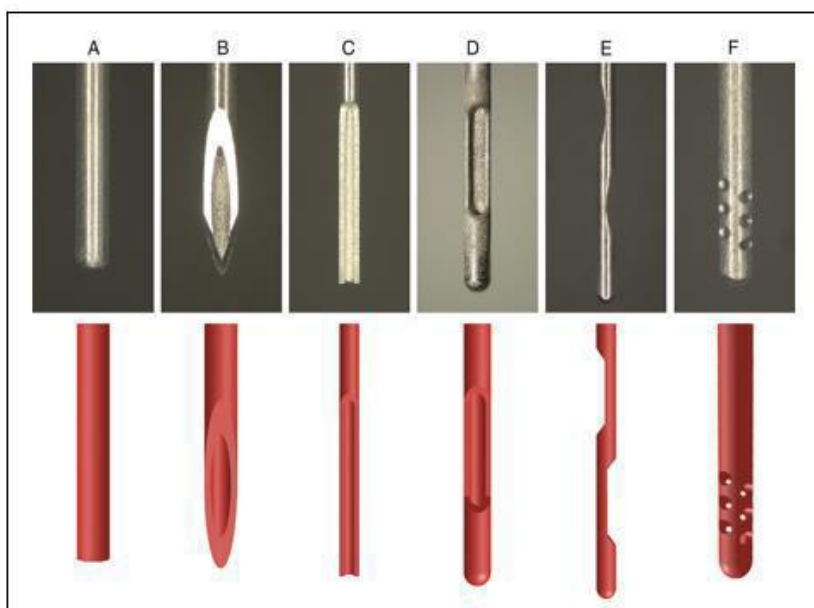
A eficácia na limpeza do terço apical, frequentemente negligenciado pela irrigação convencional, é o ponto de maior destaque da pressão negativa apical, que força o irrigante a fluir em um efeito de cascata turbulenta entre as paredes do canal e a microcânula. Essa ação mecânica vigorosa permite uma desinfecção adequada e debridamento que auxiliam na prevenção de reinfecções. No campo da ativação por laser, o sistema Nd:YAG destaca-se por sua capacidade de ablação termoquímica, na qual o raio laser é absorvido por estruturas minerais da dentina, ionizando a superfície e tornando-a livre de detritos, embora possa reduzir a permeabilidade dentinária ao selar túbulos. Protocolos modernos que utilizam o laser Er:YAG com pontas planas por ciclos curtos demonstram resultados superiores no desbridamento da dentina apical, reforçando que a ativação tecnológica é um requisito essencial para a excelência clínica versus a técnica de seringa isolada (Fernández Martín S, 2025).

A compreensão do laser como uma "bomba de fluido" e do EndoVac como um sistema de segurança apical consolida a transição para protocolos de irrigação final mais previsíveis. O laser de érbio promove aumentos volumétricos de até 1.600 vezes no líquido, criando subpressões que aspiram o fluido de volta para o canal após a implosão das bolhas, garantindo uma renovação constante da substância química. Simultaneamente, o sistema EndoVac exige um preparo apical mínimo de calibre #35 para que a microcânula não seja bloqueada pelas paredes, permitindo que o volume do irrigante alcance a ponta da cânula e realize a remoção efetiva da lama dentinária. Conclui-se que a adoção desses recursos, embora exija maior investimento em equipamentos e treinamento especializado, eleva o padrão de desinfecção para níveis próximos de 99%, transformando o irrigante químico em um agente dinâmico indispensável para o sucesso biológico da terapia (Silva ACP, *et al.*, 2023).

3.7 Parâmetros Operatórios: Volume, Tempo, Segurança Clínica

A segurança clínica na terapia endodôntica constitui o pré-requisito primário para qualquer protocolo de irrigação, exigindo que o cirurgião-dentista adote medidas preventivas rigorosas contra acidentes iatrogênicos, especialmente com o Hipoclorito de Sódio. A prevenção de extravasamentos baseia-se no respeito absoluto ao comprimento de trabalho e na determinação precisa da profundidade de inserção da agulha, que deve ser introduzida de forma passiva no canal radicular, preferencialmente de 1 a 3 mm aquém do ápice. Recomenda-se a utilização de agulhas com saída lateral e a execução de movimentos constantes de "vaivém" (refluxo), manobra essencial para garantir que a solução circule livremente e retorne via câmara pulpar, evitando o travamento da cânula e a consequente injeção de fluido sob pressão positiva nos tecidos perirradiculares. Caso ocorra uma extrusão acidental, o manejo imediato deve focar na aspiração negativa através do canal, lavagem abundante com soro fisiológico e terapia de suporte para controle da dor e edema, minimizando danos teciduais que podem variar de inflamação leve à necrose tecidual imediata (Taborda TD, Pagliosa A, 2022).

Figura 8 – Agulhas utilizadas para a IC. A, B e C - Agulhas abertas. D a F - Agulhas fechadas nas extremidades.



Fonte: Boutsoukis, 2010.

A eficácia antimicrobiana e a capacidade de dissolução tecidual das soluções químicas estão diretamente condicionadas à tríade operatória composta por volume

aplicado, concentração de cloro ativo e tempo de contato com as paredes dentinárias. Na prática endodôntica, observa-se que o aumento da concentração potencializa a assepsia e a velocidade de reação química, porém eleva proporcionalmente a citotoxicidade aos fibroblastos e ao endotélio, exigindo um equilíbrio criterioso fundamentado no diagnóstico clínico. Em casos de polpa necrosada, o irrigante deve ser capaz de penetrar profundamente nos túbulos dentinários, e essa penetrabilidade é influenciada pelo tempo de exposição, que permite a conclusão das reações de saponificação e neutralização necessárias para a degradação de ácidos graxos e biofilmes bacterianos. Portanto, a otimização do tratamento depende da manutenção de um fluxo adequado que preserve a solução química em estado ativo, em volume suficiente para carregar detritos e microrganismos para fora do sistema radicular de forma previsível e segura (Costa BA, *et al.*, 2025).

Para a remoção efetiva da *Smear Layer* e a desinfecção de áreas de difícil acesso, como o terço apical, a literatura contemporânea aponta que o volume do irrigante e sua renovação constante são requisitos funcionais que podem superar, em importância, o método de ativação isolado. O diâmetro reduzido do canal em direção ao ápice restringe naturalmente o refluxo do líquido, o que pode levar à estagnação da solução e à formação de bolhas de ar (*vapor lock*) que inativam a ação química na região crítica do forame. Evidências demonstram que volumes maiores de quelantes, como 5 ml de EDTA em comparação com apenas 1 ml, produzem paredes dentinárias significativamente mais limpas e permeáveis, facilitando a remoção total da lama dentinária produzida durante a instrumentação. A física da irrigação com sucção concomitante permite o reabastecimento contínuo de fluido fresco, garantindo que o pH alcalino do hipoclorito e a atividade desmineralizante do EDTA permaneçam constantes em toda a extensão das paredes instrumentadas, o que é vital para o selamento hermético posterior (Fernández Martín S, 2025).

A técnica de irrigação convencional por pressão positiva, embora amplamente aceita, possui limitações de alcance severas, atingindo geralmente apenas 1 mm além da ponta da agulha, o que torna a renovação frequente da solução uma estratégia indispensável para o sucesso operatório. Em canais atrésicos e curvos, a eficácia do debridamento químico depende dessa dinâmica hidráulica, na qual o irrigante deve ser renovado a cada troca de instrumento mecânico para atuar como

lubrificante e agente de lavagem vigorosa. Protocolos que envolvem o uso de dispositivos auxiliares, como o Easy Clean, potencializam essa renovação ao promoverem ciclos de ativação (geralmente 3 ciclos de 20 segundos), que geram turbulência hidráulica capaz de deslocar detritos estagnados em istmos e ramificações. Essa renovação sistemática garante que os subprodutos orgânicos sejam mantidos em suspensão e removidos, elevando o prognóstico clínico ao assegurar que a substância química atue em sua potência máxima contra microrganismos persistentes como o *Enterococcus Faecalis* (Santos GRA, Coelho JA, 2022).

4. DISCUSSÃO

A análise detalhada do sistema de canais radiculares demonstra que a eficácia química das substâncias é severamente limitada pela anatomia, exigindo estratégias de potencialização para que o sucesso terapêutico seja alcançado. É amplamente documentado que a instrumentação mecânica isolada falha em tocar aproximadamente 60% das paredes dentinárias, o que torna a desinfecção dependente da capacidade das soluções em atingir nichos biológicos protegidos (Maciel, *et al.*, 2025). O principal fator que impede essa efetividade no terço apical é o fenômeno do *vapor lock*, uma barreira física de ar que neutraliza a ação dos irrigantes mesmo que sejam quimicamente potentes. Portanto, a potencialização das substâncias não depende apenas de suas propriedades intrínsecas, mas da capacidade técnica de romper esses bloqueios físicos para permitir o contato direto da solução com o biofilme (Boutsioukis, Arias-Moliz, 2022).

O Hipoclorito de Sódio (NaOCl) atua como um elemento fundamental desse processo, e sua eficácia é diretamente potencializada por fatores como concentração, volume e temperatura. Propriedades como a dissolução de tecido orgânico e a ação bactericida via saponificação são amplificadas quando a solução é utilizada em volumes maiores, garantindo que o cloro ativo seja constantemente renovado e não se sature rapidamente (Amaro, Coelho, 2025). A literatura reforça que a elevação da temperatura do NaOCl potencializa sua capacidade de desproteinização e degradação da matriz orgânica, permitindo que soluções menos concentradas atinjam resultados de assepsia comparáveis às de alta concentração, mas com uma margem de segurança biológica superior frente à citotoxicidade (Batista, 2021).

A Clorexidina (CHX) a 2%, embora desprovida de ação solvente, potencializa o tratamento através da sua substantividade, garantindo uma atividade antimicrobiana residual que pode durar até 12 semanas (Medeiros, 2022). Em sua formulação em gel, ela oferece uma vantagem reológica que mantém detritos em suspensão, potencializando a remoção mecânica de resíduos durante a instrumentação. Sua biocompatibilidade a torna o agente de escolha para potencializar a segurança em casos de rizogênese incompleta, onde o risco de extrusão de hipoclorito seria catastrófico (Brito, *et al.*, 2023). Contudo, a efetividade química final do tratamento depende de evitar a interação negativa entre NaOCl e

CHX, que formaria a paracloroanilina (PCA), obstruindo túbulos e limitando a sanificação (Cunha, Oliveira, 2024).

Um dos pontos mais críticos discutidos na segurança clínica é a proibição da mistura direta entre NaOCl e CHX, devido à formação do precipitado castanho-alaranjado conhecido como paracloroanilina (Cunha, Oliveira, 2024). Este subproduto é tóxico, potencialmente carcinogênico e atua como uma barreira física que oclui os túbulos dentinários, prejudicando a permeabilidade necessária para o selamento hermético do canal (Queiroz, Nóbrega, 2022). Somado a isso, o risco de extravasamento acidental de NaOCl para os tecidos perirradiculares configura uma das maiores urgências na endodontia, podendo causar dor lancinante, edema facial e necrose tecidual imediata, o que reforça a necessidade de protocolos preventivos como o uso de agulhas com saída lateral (Taborda, Pagliosa, 2022).

A Irrigação Ultrassônica Passiva (PUI) é a ferramenta tecnológica que mais potencializa as soluções químicas, transformando-as de fluidos estáticos em agentes dinâmicos de alta energia. Através do *microstreaming* acústico e da cavitação, o ultrassom gera ondas de choque que rompem mecanicamente a matriz do biofilme e impulsionam o irrigante para áreas anatomicamente complexas, como istmos e deltas apicais (Crozeta, *et al.*, 2022). Essa agitação física não apenas remove até 94% dos detritos, mas também potencializa o efeito bactericida do NaOCl ao aumentar o fluxo de massa da solução no terço apical, superando drasticamente as limitações da técnica passiva convencional por seringa (Maciel, *et al.*, 2025).

A introdução de dispositivos de agitação mecânica, como Easy Clean e XP-endo Finisher, oferece uma abordagem de potencialização baseada no contato físico e na turbulência hidráulica controlada. O Easy Clean, com seu design de "asa de avião", potencializa a dispersão do irrigante no terço apical sem o risco de criar degraus, sendo altamente eficaz na remoção de detritos quando operado em rotação contínua (Santos, Coelho, 2022). Paralelamente, a XP-endo Finisher utiliza a liga MaxWire para expandir sua forma dentro do canal, "escovando" as paredes intocadas e agitando vigorosamente a solução química, o que eleva as taxas de desinfecção para níveis próximos de 99% no combate a patógenos resistentes como o *Enterococcus Faecalis* (Oliveira, *et al.*, 2026).

A remoção da *Smear Layer* é um pré-requisito biológico indispensável para o selamento hermético, e o EDTA a 17% desempenha o papel central como agente quelante de eleição (Canton, *et al.*, 2025). Enquanto o NaOCl atua na porção

orgânica, o EDTA dissolve a parte inorgânica, removendo íons cálcio e expondo a embocadura dos túbulos dentinários para a penetração do cimento obturador (Benvindo, *et al.*, 2022). É vital que o tempo de contato clínico seja rigorosamente controlado em torno de um minuto, pois o uso prolongado pode causar erosão excessiva da dentina peritubular, comprometendo a integridade estrutural da raiz e dificultando a adesão hermética final (Silva, Kervahal, 2022).

As tecnologias de Pressão Negativa Apical (EndoVac) e Laser (LAI/PIPS) representam os métodos mais avançados de potencialização da entrega do irrigante. O sistema EndoVac aspira a solução diretamente no ápice, o que força o fluxo de líquido fresco por todo o canal e elimina o risco de extrusão periapical, potencializando a segurança clínica em canais amplos (Raducka, *et al.*, 2023). Já a ativação por laser utiliza a vaporização do líquido para criar ondas fotoacústicas potentes que "bombardeiam" o sistema de canais, potencializando a penetrabilidade química em níveis superiores à irrigação manual e garantindo superfícies dentinárias significativamente mais limpas no terço final (Fernández Martín, 2025).

Os parâmetros operatórios de volume e renovação constante são fatores multiplicadores da eficácia química que muitas vezes são subestimados. A literatura demonstra que volumes maiores de solução (como 5 ml de EDTA versus 1 ml) produzem resultados de limpeza significativamente superiores, pois evitam a neutralização precoce dos agentes ativos (Fernández Martín, 2025). A renovação frequente do irrigante a cada troca de instrumento preserva o pH alcalino e a atividade oxidativa necessários para combater microrganismos persistentes, provando que a forma como o líquido é entregue e trocado é tão vital quanto sua concentração percentual (Santos, Coelho, 2022).

5 CONCLUSÃO

Conclui-se que o sucesso da terapia endodôntica moderna depende da superação das limitações anatômicas do sistema de canais radiculares, que impedem a completa desinfecção por métodos puramente manuais. A sinergia entre o Hipoclorito de Sódio e o EDTA a 17% permanece como o protocolo químico fundamental para a dissolução de tecidos orgânicos e remoção da porção inorgânica da *Smear Layer*. Todavia, a eficácia dessas substâncias é potencializada apenas quando parâmetros operatórios são seguidos, como volume adequado, renovação constante e, principalmente, a ativação dinâmica.

Nesse contexto, as inovações tecnológicas de ativação dinâmica, como a Irrigação Ultrassônica Passiva (PUI) e dispositivos mecânicos como Easy Clean e XP-endo Finisher, mostraram-se ferramentas indispensáveis para elevar os índices de redução microbiana a níveis de 99%. Através de fenômenos físicos como o *microstreaming* acústico e a cavitação, e com o suporte complementar de sistemas de Pressão Negativa Apical (EndoVac), que garante a segurança contra extrusões, e da Ativação por Laser, que utiliza cavitação óptica para limpeza profunda, essas tecnologias garantem que o irrigante atinja áreas de difícil acesso, como istmos e túbulos dentinários, conferindo maior previsibilidade ao tratamento.

Atualmente, conclui-se que para o cirurgião-dentista que busca excelência clínica, a solução mais apta e baseada em evidências consiste na adoção de protocolos de irrigação final ativada. A Irrigação Ultrassônica Passiva (PUI) continua sendo o padrão-ouro de eficácia devido ao seu alto poder de debridamento. No entanto, dispositivos como o Easy Clean (pelo baixo custo e segurança mecânica do polímero) e a XP-endo Finisher (pela excepcional adaptação morfológica em canais curvos e complexos) apresentam-se como alternativas de igual eficiência e extrema viabilidade para a prática clínica cotidiana.

REFERÊNCIAS

- Alves IM, Freire DCAM, Silva REC, Nascimento EMP, Santos CA, Santos GR. O uso do ultrassom na endodontia. *Rev Ibero-Am Humanid Ciênc Educ*. 2025;11(5):3067–78. doi:10.51891/rease.v11i5.19221.
- Boutsioukis C, Castelo-Baz P. Present status and future directions: irrigants and irrigation methods. *Int Endod J*. 2022;55(Suppl 3):535–84. doi:10.1111/iej.13739.
- Braga J, Rodrigues L. O uso de hipoclorito de sódio na endodontia: benefícios e acidentes. *Braz J Implantol Health Sci*. 2025;7(1):123–34.
- Brito SLO, Everton CA, Lima BIG. A importância das soluções irrigadoras na endodontia uma comparação entre o hipoclorito de sódio e clorexidina. *Scire Salutis*. 2022;12(2):229–37. doi:10.6008/CBPC2236-9600.2022.002.0024.
- Canton FV, Souza GLN, Fonseca PG, Pinto JC. Protocolos de irrigação final em endodontia: uma revisão narrativa. *Res Soc Dev*. 2025;14(5):e7614548837. doi:10.33448/rsd-v14i5.48837.
- Chaves MFM, et al. Comparação entre clorexidina e hipoclorito de sódio na endodontia. *Braz J Implantol Health Sci*. 2024;6(2):1797–807. doi:10.36557/2674-8169.2024v6n2p1797-1807.
- Costa BG, Silva ACR, Viola KS, Moreti LCT, Fernandes KGC. Uso do ultrassom no tratamento endodôntico – revisão de literatura. *Rev Ibero-Am Humanid Ciênc Educ*. 2022;8(9):1258–70. doi:10.51891/rease.v8i9.7064.
- Crozeta BM, Soares IMV, Capelli A, Silva EJNL. A utilização do ultrassom em endodontia: princípios básicos e indicações clínicas. *Rev Odontol Bras Central*. 2022;31(90):78–93. doi:10.36065/robrac.v31i90.1603.
- Cunha ISS, Oliveira DF. Hipoclorito de sódio e clorexidina como soluções irrigadoras no tratamento endodôntico: uma análise crítica das propriedades e segurança. 3º Congresso Tudo é Ciência: No Combate à Desinformação (UniFOA). 2024.
- Freitas LC, Schwingel RA. O uso da clorexidina como solução irrigadora na endodontia. *Rev Mato-grossense Odontol Saúde*. 2024;1(1):194–207.
- Gomes BPFA, Aveiro E, Kishen A. Irrigants and irrigation activation systems in endodontics. *Braz Dent J*. 2023;34(1):1–33. doi:10.1590/0103-6440202305577.
- Gomes FA, Santiago N, Rocha VGA, Xavier SR, Maniglia-Ferreira C, Sousa BC, et al. Efeito de diferentes dispositivos de agitação de irrigantes na capacidade de limpeza dos canais radiculares. *RSBO*. 2022;19(1):96–103.
- Gomes LC. Avaliação dos métodos Easy Clean e Irrigação Ultrassônica Passiva na limpeza de detritos de tecido duro e smear layer dos canais radiculares, um protocolo de uma revisão sistemática integrativa [Dissertação]. Gandra: Instituto Universitário de Ciências da Saúde; 2023.

Hipp CRS, Rangel LFGO, Silveira JCF, Oliveira RS, Silveira TF SF, Melo CM. Métodos de irrigação na limpeza e desinfecção do sistema de canais radiculares: revisão de literatura. *Res Soc Dev*. 2025;14(6):e8914649067. doi:10.33448/rsd-v14i6.49067.

Lago IRF, Clementino MG, Melo M. O uso do ultrassom em endodontia: uma revisão de literatura. *Res Soc Dev*. 2023;12(10):e149121043410. doi:10.33448/rsd-v12i10.43410.

Lemes LTO, Troian-Michel CH, Só GB, Silva EJNL, Só MV. Endodontic irrigation practices among Brazilian specialists: a cross-sectional survey. *J Res Dent*. 2025;13(3):23–33.

Lima CMO, Adeodato CSR. A versatilidade do ultrassom na endodontia: revisão de literatura. *J Multidiscip Dent*. 2024;12(2):43–47.

Lopes MLCS, Tiné MEG, Albuquerque MMC, Lima AKMF, Silva MEA, Jorge BVLV, et al. O ultrassom e a sua funcionalidade para a endodontia - revisão de literatura. *Res Soc Dev*. 2023;12(6):e29112642397. doi:10.33448/rsd-v12i6.42397.

Maciel GL, Freitas GSR, Tamura W. Aplicação do ultrassom como técnica auxiliar na desinfecção endodôntica: uma revisão de literatura. *Braz J Oral Syst Health*. 2025;1(1):98–103. doi:10.5281/zenodo.15513799.

Martín SF. Avaliação das técnicas de ativação do irrigante na redução/eliminação da camada de smear layer: revisão sistemática integrativa [Dissertação]. Gandra: Instituto Universitário de Ciências da Saúde; 2025.

Martinez AL, Karwel JC, Araújo CSA, Brunini SHS, Tomazinho LF. Energização de solução irrigadora como complemento na limpeza e desinfecção do sistema de canais radiculares. *Res Soc Dev*. 2022;11(13):e375111335745. doi:10.33448/rsd-v11i13.35745.

Massocco V, Assmann G, Martini G. Clorexidina versus hipoclorito de sódio na descontaminação intracanal. *Braz J Implantol Health Sci*. 2025;7(1):15–22.

Medeiros JMF, Ferreira GS, Lima KC, Pedron IG, Shitsuka C. Comparativo de dois protocolos de substâncias químicas auxiliares utilizados em endodontia em duas faculdades de odontologia (USP-São Paulo e UNICAMP-Piracicaba). *e-Acadêmica*. 2022;3(3):e3833242. doi:10.52076/eacad-v3i3.242.

Moreira KO, Leal IF, Freire DCAM. Tecnologia aplicada à Endodontia: evolução na limpeza dos canais radiculares. *Rev Ibero-Am Humanid Ciênc Educ*. 2025;11(5):3099–108. doi:10.51891/rease.v11i5.19268.

Nabeshima CK, Caballero-Flores H, Vicente EJ, Gavini G, Machado MEL. Antibacterial ability of different activated irrigation after root canal preparation: intratubular analyses. *Braz Dent J*. 2024;35(1):e24-5883. doi:10.1590/0103-6440202405883.

Oliveira RVA, Monteiro SDSG, Akisue E, Rocha DG, Santos AB, Paiva HC, et al. Evaluation of ultrasonics, XP-endo Finisher, and Easy Clean activation devices to disinfect root canals contaminated with *Enterococcus faecalis*. *Eur Endod J*. 2026;11(2):63–67.

Parma ME, Gonçalves WF. Irrigantes em Endodontia: uma revisão de literatura. *Lumen et Virtus*. 2025;16(49):e16n49-024. doi:10.56238/levv16n49-024.

Passos LB, Rocha DBS S, Lima KGO B, Mota KMRS. A importância das soluções irrigadoras nos sistemas de canais radiculares. *Rev Ibero-Am Humanid Ciênc Educ*. 2022;8(9):551–61. doi:10.51891/rease.v8i9.6770.

Queiroz AV, Faria-Junior NB, Albuquerque R, Nóbrega LMM. Comparação da propriedade antimicrobiana da clorexidina e do hipoclorito de sódio como irrigantes endodônticos: revisão integrativa. *Rev Ciênc Plural*. 2022;8(3):e29016.

Raducka M, Piszko A, Piszko PJ, Jawor N, Dobrzyński M, Grzebieluch W, et al. Narrative review on methods of activating irrigation liquids for root canal treatment. *Appl Sci*. 2023;13(13):7733. doi:10.3390/app13137733.

Sales RSF, et al. Como o ultrassom pode auxiliar no tratamento endodôntico. *Rev Ciênc (In) Cena*. 2024;17(1):1–10.

Santos AVR, Vieira AS, Oliveira ABM, Quintino Filho GC, Lessa SV. O uso de ultrassom na endodontia. *Rev Eletrônica Acervo Saúde*. 2023;23(3):e12221. doi:10.25248/REAS.e12221.2023.

Santos GRA, Coelho JA. O uso do Easy Clean na ativação das soluções irrigantes. *Rev Ciênc Unilago*. 2022;1(1).

Sellmann LO, Silveira JCF, Rangel LFG O, Mendes Junior JA. Visual microscopic analysis of the cleaning efficiency from the EasyClean and Irrisonic equipment. *Braz J Surg Clin Res*. 2024;47(3):6–10.

Serafim MVM, Pereira LBM, Zuim K, Dacome LTLV, Cavalcante IC, Vieira VTL. Uso de ultrassom na Endodontia: uma revisão crítica de literatura. *Braz J Surg Clin Res*. 2025;52(3):107–11.

Silva ACP, Silva GIC, Linhares HDD. Métodos de ativação de irrigantes em endodontia: uma revisão da literatura. *Res Soc Dev*. 2023;12(11):e11121143612. doi:10.33448/rsd-v12i11.43612.

Silva LG, Kervahal PA. Agentes irrigantes em endodontia: uma revisão narrativa. *Scire Salutis*. 2022;12(2):327-334. doi:10.6008/CBPC2236-9600.2022.002.0034.

Silveira LHLP, Barboza DVB. A importância da irrigação ultrassônica passiva para o sucesso do tratamento endodôntico: revisão narrativa de literatura. *Scientia Generalis*. 2023;4(2):358–65. doi:10.22289/sg.V4N2A30.

Taborda TD, Pagliosa A. Acidentes com hipoclorito de sódio na endodontia: uma revisão de literatura. J Multidiscip Dent. 2022;12(1):25–30.

Tonini R, Salvadori M, Audino E, Sauro S, Garo ML, Salgarello S. Irrigating solutions and activation methods used in clinical endodontics: a systematic review. Front Oral Health. 2022;3:838043. doi:10.3389/froh.2022.838043.