



**UNESP - Universidade Estadual Paulista**  
**“Júlio de Mesquita Filho”**  
**Faculdade de Odontologia de Araraquara**



**Isadora Passos Barbieri**

**Propriedades físico-químicas, citotoxicidade e penetrabilidade nos túbulos dentinários de um novo irrigante endodôntico de hipoclorito de sódio com surfactante**

**Araraquara**  
**2023**



**UNESP - Universidade Estadual Paulista**  
**Faculdade de Odontologia de Araraquara**



**Isadora Passos Barbieri**

**Propriedades físico-químicas, citotoxicidade e penetrabilidade nos túbulos dentinários de um novo irrigante endodôntico de hipoclorito de sódio com surfactante**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Odontologia da Faculdade de Odontologia de Araraquara, da Universidade Estadual Paulista, para a obtenção do grau de Cirurgião-dentista.

**Orientador: Gisele Faria**

**Araraquara**  
**2023**

**UNESP - Universidade Estadual Paulista  
Faculdade de Odontologia de Araraquara**

**Isadora Passos Barbieri**

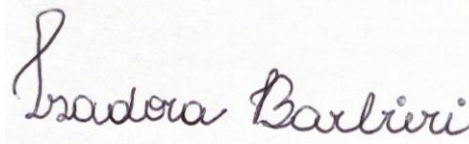
**Propriedades físico-químicas, citotoxicidade e penetrabilidade nos túbulos dentinários de um novo irrigante endodôntico de hipoclorito de sódio com surfactante**

**Orientador: Profa. Dra. Gisele Faria**

**Assinatura Orientadora:**



**Assinatura Aluna:**



**Araraquara, 28 de fevereiro de 2023.**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço inicialmente a Deus por me dar resiliência e persistência durante toda a árdua caminhada da graduação.

Aos meus familiares, Mauro Barbieri e Marisa Barbieri principalmente, meus pais e pilares essenciais para conclusão dessa jornada, por me apoiarem e não medirem esforços para me manter confortável durante todo o período longe de casa. Em especial também às minhas irmãs Bárbara, Giovana e Mariana que acompanharam de perto meu crescimento pessoal e acadêmico.

Ao meu namorado Patrick Coutinho, por não me deixar desanimar, me apoiar em minhas decisões e me ensinar o valor da constância e dedicação.

À minha orientadora Gisele Faria, uma professora de excelência, que sempre garantiu amparo e ensinamentos valorosos a seus alunos.

Aos mestrandos e doutorandos, Ana Flávia Balestrero Cassiano e Eric Hernan Coaguila Llerena que me auxiliaram em todas etapas durante a pesquisa em laboratório.

A todos meus colegas e amigos, especialmente Cíntia Santos, Beatriz Dansini, Bárbara Morais, Giovana Pompeu, João Pedro Carvalho, Joana Zaroni, e Kamilla Nantes, sem eles a caminhada seria ainda mais árdua e difícil de ser concluída.

Ao CNPq pela bolsa de iniciação científica concedida (processo 51071).

Barbieri IP. Propriedades físico-químicas, citotoxicidade e penetrabilidade nos túbulos dentinários de um novo irrigante endodôntico de hipoclorito de sódio com surfactante [Trabalho de Conclusão de Curso – Graduação em Odontologia]. Araraquara: Faculdade de Odontologia da UNESP; 2023.

## **RESUMO**

Os objetivos deste estudo foram avaliar as propriedades físico-químicas, citotoxicidade e penetrabilidade nos túbulos dentinários de ChlorCid™ Surf (NaOCl a 3% com surfactante), em comparação com ChlorCid™ (NaOCl a 3% sem surfactante). As propriedades físico-químicas avaliadas foram pH, tensão superficial, conteúdo de cloro ativo e ângulo de contato com a dentina. A citotoxicidade foi avaliada utilizando cultura de fibroblastos da linhagem L929 expostos às soluções por meio dos ensaios de brometo de 3- (4,5-dimetiltiazol-2-il) -2,5-difenil tetrazólio (MTT) e vermelho neutro (VN). A avaliação da penetrabilidade das soluções nos túbulos dentinários foi realizada a partir da coloração de dentes humanos permanentes unirradiculares com cristal violeta (n = 18), que foram irrigados com as soluções e analisados nos segmentos cervical, médio e apical. Os dados foram analisados por análise de variância de uma via (ANOVA) e pós-teste de Tukey, ANOVA de duas vias e pós-teste de Bonferroni ou teste t ( $\alpha = 0,05$ ). Os valores do conteúdo de cloro ativo do ChlorCid™ Surf e do ChlorCid™ foram próximos aos indicados pelo fabricante. O ChlorCid™ Surf apresentou menor tensão superficial e menor ângulo de contato com a dentina, e maior pH do que o ChlorCid™ ( $p < 0,05$ ). A penetração, nos túbulos dentinários, de ChlorCid™ Surf foi maior nos segmentos cervical e médio, em comparação com ChlorCid™ ( $p < 0,05$ ). Não houve diferença na citotoxicidade dos irrigantes ( $p > 0,05$ ). Pode-se concluir que o ChlorCid™ Surf apresentou menor tensão superficial, menor ângulo de contato com a dentina do canal radicular, maior penetrabilidade nos túbulos dentinários e pH mais alcalino, em comparação com o ChlorCid™. No entanto, ambas as soluções apresentaram citotoxicidade e conteúdo de cloro ativo semelhantes.

**Palavras – chave:** Permeabilidade da dentina. Teste de materiais. Fenômenos químicos. Hipoclorito de sódio. Agentes molhantes.

Barbieri IP. Physicochemical properties, cytotoxicity and penetration into dentinal tubules of sodium hypochlorite with surfactants [Trabalho de Conclusão de Curso – Graduação em Odontologia]. Araraquara: Faculdade de Odontologia da UNESP; 2023.

## **ABSTRACT**

The aim of this study was to assess the physicochemical properties, cytotoxicity and penetration into dentinal tubules of ChlorCid™ Surf (3% NaOCl with surfactant) in comparison with ChlorCid™ (3% NaOCl without surfactant). The physical-chemical properties evaluated were pH, surface tension, free available chlorine and contact angle with dentin. Cytotoxicity was evaluated using cultured L929 fibroblasts exposed to the solutions through the 3-(4,5-dimethylthiazol-2-yl)-2,5-diphenyl tetrazolium bromide (MTT) and neutral red (VN) assays. Assessment of the penetration of the solutions into dentinal tubules was performed from the staining of single-rooted permanent human teeth with crystal violet (n = 18), which were irrigated with the solutions and analyzed in the cervical, middle and apical segments. Data were analyzed by one-way analysis of variance (ANOVA) and Tukey's post-test, two-way ANOVA and Bonferroni's post-test or t-test ( $\alpha = 0.05$ ). The free available chlorine values of ChlorCid™ Surf and ChlorCid™ were close to those indicated by the manufacturer. ChlorCid™ Surf showed lower surface tension and contact angle with dentin, and higher pH than ChlorCid™ ( $p < 0.05$ ). Penetration of ChlorCid™ Surf into the dentinal tubules was greater in the cervical and middle segments compared to ChlorCid™ ( $p < 0.05$ ). There was no difference in the cytotoxicity of the irrigants ( $p > 0.05$ ). It can be concluded that ChlorCid™ Surf had lower surface tension, lower contact angle with the root canal dentin, greater penetration into dentinal tubules and more alkaline pH compared to ChlorCid™. However, both solutions showed similar cytotoxicity and active chlorine content.

**Keywords:** Dentin permeability. Materials testing. Chemical phenomena. Sodium hypochlorite. Wetting agents.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>07</b>
<b>2 PROPOSIÇÃO .....</b>	<b>10</b>
<b>3 PUBLICAÇÃO .....</b>	<b>11</b>
<b>3.1 Publicação 1 .....</b>	<b>11</b>
<b>4 CONCLUSÃO .....</b>	<b>28</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>29</b>
<b>ANEXO A.....</b>	<b>32</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A anatomia complexa do sistema de canais radiculares dificulta a eliminação dos micro-organismos em áreas não tocadas pelos instrumentos endodônticos<sup>1</sup>. Em dentes com necrose pulpar, os micro-organismos estão disseminados por todo o sistema de canais radiculares, incluindo os túbulos dentinários<sup>2</sup>. O biofilme constituído por *Enterococcus faecalis* e *Porphyromonas gingivalis*, pode invadir os túbulos dentinários até 500 µm, e essa dentina infectada pode servir como uma fonte potencial de micro-organismos na periodontite apical persistente<sup>3</sup>. A profundidade de penetração dos irrigantes nos túbulos dentinários é um fator que pode afetar a desinfecção do sistema de canais radiculares e o prognóstico do tratamento endodôntico<sup>4</sup>.

O hipoclorito de sódio (NaOCl) é a solução irrigadora mais utilizada, principalmente devido à sua atividade antimicrobiana e capacidade de dissolução de tecido orgânico<sup>5</sup>. No entanto, é necessário levar em consideração que a profundidade de penetração do NaOCl nos túbulos dentinários pode ser afetada pela concentração<sup>4,3</sup>, pH<sup>6</sup>, tempo de contato com a dentina, temperatura<sup>4,7</sup>, sistema de agitação, uso de irrigante na forma de gel<sup>8</sup> e pela tensão superficial da solução irrigadora<sup>7</sup>.

A tensão superficial é definida como a força que existe entre as moléculas superficiais que faz com que uma gota de líquido se espalhe ou se concentre quando é colocada em uma superfície<sup>9</sup>. No interior do canal radicular, uma alta tensão superficial pode dificultar a penetração da solução irrigadora nos túbulos dentinários, regiões de istmos e irregularidades anatômicas, reduzindo a sua efetividade antibacteriana<sup>10</sup>. Portanto, teoricamente, quanto menor for o valor de tensão superficial do irrigante, maior seria a penetrabilidade nos túbulos dentinários<sup>11,12</sup>. Os surfactantes são substâncias que possuem atividade detergente e que são potencialmente capazes de diminuir a tensão superficial do NaOCl<sup>10,13,14</sup>, aumentando assim a molhabilidade<sup>15</sup>.

Com o intuito de melhorar a penetrabilidade das soluções de NaOCl no sistema de canais radiculares, tem sido proposto o seu uso em associação a surfactantes<sup>10,7</sup>. Diferentes surfactantes têm sido associados ao NaOCl, dentre eles a cetramida, Triton X-100, Tween 80 e o cloreto de benzalcônio<sup>16,17,14,8</sup>. O cloreto de benzalcônio e a cetramida são surfactantes catiônicos<sup>15,10</sup>, enquanto o Tween 80 e o Triton X-100 são

surfactantes não iônicos<sup>18,16</sup>. A adição de surfactantes não afeta a capacidade de dissolução orgânica do NaOCl<sup>13,19,20</sup> e, em relação ao efeito sobre a atividade antimicrobiana, os resultados dos estudos são contrastantes. Enquanto alguns mostraram que a adição de cetramida ou cloreto de benzalcônio aumentaram a atividade antimicrobiana do NaOCl frente a *E. faecalis*<sup>21,22</sup>, outros mostraram que estes surfactantes não influenciaram na atividade antimicrobiana do NaOCl<sup>15,23</sup>. Alguns surfactantes como o cloreto de benzalcônio e o Tween 80 não prejudicam a força de união do cimento a base de resina epóxi na dentina radicular, enquanto o Triton X-100 aumenta esta força<sup>16</sup>.

Embora os surfactantes tenham a finalidade, entre outras, de aumentar a penetrabilidade dos irrigantes no sistema de canais radiculares incluindo os túbulos dentinários, ainda não há consenso na literatura se esse efeito realmente ocorre; não houve diferença significativa na penetrabilidade em túbulos dentinários entre as soluções de NaOCl a 6% sem e com surfactante (Chlor-Xtra, com o surfactante Triton X-100), e entre NaOCl a 2,5% com ou sem adição de cetramida a 0,2%<sup>8</sup>. O Hypoclean, uma solução de NaOCl a 5,25% com dois surfactantes (cetramida e polipropilenoglicol) não apresentou maior penetrabilidade nos túbulos dentinários que o NaOCl sem surfactante<sup>24</sup>. Por outro lado, estudo mostrou que o Hypoclean e Chlor-Xtra apresentaram maior penetração nos túbulos dentinários em comparação às soluções de NaOCl sem surfactantes<sup>7</sup>.

O NaOCl em solução contém íons hipoclorito e ácido hipocloroso em proporções variadas, que juntos constituem a conteúdo de cloro ativo. É este cloro ativo que confere a capacidade de dissolução de tecido orgânico e propriedades antimicrobianas ao NaOCl<sup>25</sup>. A presença de surfactante pode levar a degradação mais rápida de cloro ativo das soluções de NaOCl<sup>26</sup>, embora trabalho recente tenha mostrado que a adição dos surfactantes cloreto de benzalcônio, Triton X-100 ou Tween 80, na concentração de 0,1%, ao NaOCl a 5% diminuiu a tensão superficial e não modificou conteúdo de cloro ativo e o pH, comparado ao NaOCl a 5%<sup>16</sup>.

O pH influencia a capacidade de dissolução orgânica e a atividade antimicrobiana do NaOCl, sendo que a sua capacidade de dissolução orgânica é maior em pH alcalino<sup>27</sup>. A atividade antimicrobiana é maior em pH mais baixo porque a diminuição do pH pode levar a maior concentração do ácido hipocloroso, que é o responsável pela atividade bactericida do NaOCl<sup>28</sup>. Foi observado que a solução de NaOCl a 4,2% em pH 6,5 apresentou maior atividade antimicrobiana frente a *E.*

*faecalis* comparado com NaOCl em pH 12<sup>6</sup>. Além disso, a acidificação do NaOCl favoreceu a capacidade antibacteriana frente a biofilme polimicrobiano<sup>27</sup>. No entanto, o maior problema das soluções acidificadas é a instabilidade do conteúdo de cloro ativo que se perde mais rapidamente<sup>6</sup>.

Assim, é importante avaliar as propriedades físico-químicas de tensão superficial, cloro ativo e de pH, bem como a penetrabilidade nos túbulos dentinários de soluções de NaOCl com a adição de surfactantes. Além disso, a citotoxicidade de novos irrigantes endodônticos também deve ser avaliada, uma vez que ela pode entrar em contato com os tecidos periapicais, e a resposta tecidual a esta solução pode influenciar o prognóstico do tratamento endodôntico<sup>29</sup>.

Recentemente, foi lançado no mercado uma nova solução de NaOCl a 3% com surfactante não informado na composição, o ChlorCid™ Surf<sup>30</sup>. De acordo com o fabricante, o surfactante modifica a tensão superficial, o que permite o irrigante penetrar melhor nas irregularidades do sistema de canais radiculares e gerar uma limpeza mais profunda das paredes dentinárias<sup>30</sup>. No entanto, ainda não há estudos avaliando a penetrabilidade nos túbulos dentinários, as propriedades físico-químicas e a citotoxicidade desse irrigante.

## **2 PROPOSIÇÃO**

O objetivo deste estudo será avaliar a penetrabilidade nos túbulos dentinários, as propriedades físico-químicas e a citotoxicidade de um novo irrigante endodôntico de hipoclorito de sódio com surfactante, o ChlorCid™ Surf (Ultradent Products), em comparação com o NaOCl sem surfactante (ChlorCid™, Ultradent Products).

### 3 PUBLICAÇÃO\*

Apresentamos a seguir o resultante do desenvolvimento da pesquisa.

#### 3.1 Publicação 1\*

**Propriedades físico-químicas, citotoxicidade e penetrabilidade nos túbulos dentinários de um novo irrigante endodôntico de hipoclorito de sódio com surfactante.**

#### 3.1 Resumo

Objetivo: Avaliar as propriedades físico-químicas, citotoxicidade e penetrabilidade nos túbulos dentinários de ChlorCid™ Surf (3% hipoclorito de sódio [NaOCl] com surfactante) em comparação ao ChlorCid™ (3% NaOCl sem surfactante).

Metodologia: As propriedades físico-químicas avaliadas foram pH, tensão superficial, conteúdo de cloro ativo (FAC) e ângulo de contato com a dentina. A citotoxicidade foi avaliada em fibroblastos L929 expostos às soluções por ensaios de brometo de 3-(4,5-dimetiltiazol-2-il)-2,5-difenil tetrazólio e vermelho neutro. A avaliação da penetrabilidade nos túbulos dentinários foi realizada pela coloração de dentes humanos permanentes uniradiculares com cristal violeta (n = 9), que foram irrigados com as soluções e analisados nos segmentos cervical, médio e apical. Os dados foram analisados por análise de variância de uma via (ANOVA) e pós-teste de Tukey, ANOVA de duas vias e pós-teste de Bonferroni ou teste t ( $\alpha = 0,05$ ).

Resultados: Os valores do conteúdo de cloro ativo do ChlorCid™ Surf e do ChlorCid™ foram próximos aos indicados pelo fabricante. O ChlorCid™ Surf apresentou menor tensão superficial e ângulo de contato na dentina e pH mais alto que o ChlorCid™ ( $p < 0,05$ ). A penetração do ChlorCid™ Surf foi maior nos segmentos cervical e médio, em comparação com o ChlorCid™ ( $p < 0,05$ ). Não houve diferença na citotoxicidade do irrigante ( $p > 0,05$ ).

Conclusão: O ChlorCid™ Surf apresentou menor tensão superficial, menor ângulo de contato com a dentina do canal radicular, maior penetrabilidade nos túbulos dentinários e pH mais alcalino, comparado ao ChlorCid™. No entanto, ambas as soluções apresentaram citotoxicidade e conteúdo de cloro ativo semelhantes.

---

\* Artigo redigido segundo as normas do periódico *Restorative Dentistry & Endodontics* no qual foi publicado. Cf. <https://rde.ac/DOIx.php?id=10.5395/rde.2020.45.e47>

**Palavras – chave:** Permeabilidade dentinária. Teste de materiais. Análise físico-química. Hipoclorito de sódio. Agentes tensoativos.

### 3.2 Introdução

A complexa anatomia do sistema de canais radiculares dificulta a eliminação de microrganismos em áreas não tocadas por limas endodônticas, incluindo os túbulos dentinários [1,2]. Portanto, a profundidade de penetração dos irrigantes nos túbulos dentinários pode afetar a eficácia e consequente prognóstico do tratamento endodôntico [3]. A penetrabilidade do hipoclorito de sódio (NaOCl) nos túbulos dentinários é afetada por sua concentração, tempo de contato, temperatura, ativação ultrassônica, forma de gel e tensão superficial [3,4,5].

A tensão superficial é definida como a força entre as moléculas da superfície, que faz com que uma gota de líquido se espalhe ou se concentre quando colocada em uma superfície [6]. Esta propriedade está relacionada ao ângulo de contato, cuja medição pode proporcionar um melhor entendimento da interação entre sólidos e líquidos e, conseqüentemente, a molhabilidade do irrigante [7]. Tem sido relatado que a adição de surfactantes pode diminuir a tensão superficial do NaOCl, o ângulo de contato e melhorar sua penetração no sistema de canais radiculares [3, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14]. No entanto, ainda não há um consenso definitivo sobre a melhora da penetrabilidade do NaOCl nos túbulos dentinários, uma vez que alguns estudos não relataram esse efeito [5, 15].

O NaOCl contém íons hipoclorito e ácido hipocloroso em diferentes proporções. Juntos, eles constituem o conteúdo de cloro ativo, que promove dissolução orgânica e atividade antimicrobiana [16, 17]. O pH do NaOCl influencia sua dissolução orgânica e atividade antimicrobiana; sendo que a dissolução orgânica é maior em pH alcalino [18]. Mais pesquisas são necessárias sobre o efeito de um surfactante nas propriedades físico-químicas do NaOCl, como tensão superficial, ângulo de contato, conteúdo de cloro ativo e pH, bem como na penetrabilidade do NaOCl nos túbulos dentinários. A citotoxicidade de novos irrigantes endodônticos também deve ser avaliada, pois o NaOCl pode entrar em contato com os tecidos periapicais, e a resposta do tecido ao irrigante pode influenciar o prognóstico do tratamento endodôntico [19]. Foi relatado anteriormente que a adição de cloreto de benzalcônio, um surfactante catiônico, não alterou a citotoxicidade do NaOCl 2,4% [10].

Recentemente, foi introduzido NaOCl 3% com um surfactante, chamado ChlorCid™ Surf (Ultradent Products, South Jordan, UT, EUA). O fabricante não declara qual surfactante está contido em sua composição, mas afirma que modifica a tensão superficial, permitindo assim uma melhor penetrabilidade nas irregularidades anatômicas [20]. Até onde sabemos, nenhum estudo avaliou as propriedades físico-químicas, citotoxicidade e penetração nos túbulos dentinários do ChlorCid™ Surf. Portanto, este estudo teve como objetivo avaliar as propriedades físico-químicas, citotoxicidade e penetrabilidade nos túbulos dentinários do ChlorCid™ Surf (Ultradent Products) em comparação com o NaOCl 3% livre de surfactante (ChlorCid™, Ultradent Products). A hipótese nula foi de que não haveria diferença entre as soluções quanto aos parâmetros avaliados.

### **3.3 Material e método**

#### **Propriedades físico-químicas**

##### *pH*

Dois soluções de NaOCl a 3% foram agitadas, uma com surfactante (ChlorCid™ Surf, Ultradent Products) e outra sem surfactante (ChlorCid™, Ultradent Products). Os 10 mL de cada solução foram colocados em frascos plásticos e o pH de cada solução (n = 5 por grupo) foi medido com um pH-metro digital (DM-22, Digimed, São Paulo, SP, Brasil), previamente calibrado de acordo com as instruções do fabricante. As leituras foram obtidas à temperatura ambiente de 22°C de acordo com os requisitos da Farmacopeia Europeia [21]. Cada amostra foi medida 3 vezes e o valor médio foi considerado como o valor de cada amostra.

##### *Conteúdo de Cloro Ativo*

O conteúdo de cloro ativo das soluções foi determinado seguindo os Métodos Padrão para o Exame de Água e Águas Residuais (SMEWW) usando o método colorimétrico N,N-dietil p-fenilenodiamina (DPD) [22]. Os 10 mL de cada solução foram misturados com 500 µL de tampão fosfato e 500 µL de DPD foram adicionados. O conteúdo de cloro ativo reage imediatamente com o DPD e forma uma cor rosa. Os resultados foram obtidos usando um espectrofotômetro calibrado (DR6000, HACH, Loveland, CO, EUA) a 515 nm, e expressos em porcentagem (%) de massa/massa (m/m). Cinco amostras de cada grupo foram usadas para o ensaio (n = 5).

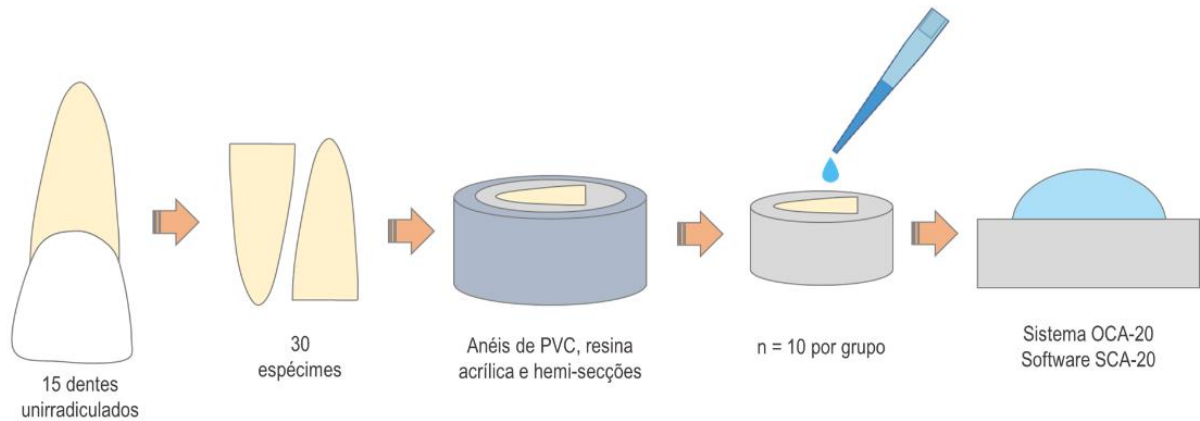
### *Tensão Superficial*

Uma técnica óptica, o método da gota pendente, foi realizada em temperatura ambiente de 22°C a 24°C. Cada solução foi colocada em uma seringa acoplada ao sistema OCA-20 (DataPhysics Instruments GmbH, Filderstadt, Alemanha), onde forma uma gota, que é capturada digitalmente por uma câmera, e a tensão superficial é calculada automaticamente pelo software SCA-20 (DataPhysics Instruments GmbH), conforme descrito por *Andrade et al.* [23]. Este teste foi realizado em triplicado e repetido 3 vezes.

### *Ângulo de Contato*

O tamanho da amostra foi calculado usando o software G\*Power 3.1 para Windows (Franz Faul, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Kiel, Alemanha). O cálculo, baseado no tamanho de efeito = 1,01 (baseado em estudos piloto), poder de teste ( $\beta$ ) = 0,95 e  $\alpha$  = 0,05, usando a "família de teste F", mostrou que eram necessários 21 espécimes (7 por grupo). No entanto, como poderiam ocorrer perdas durante a fase experimental, foram utilizados 10 dentes por grupo. Após aprovação pelo comitê de ética em pesquisa (CAAE: 09798919.3.0000.5416), 15 dentes humanos permanentes uniradiculares armazenados em solução de timol a 0,1% a 4°C foram utilizados para avaliar o ângulo de contato. Os dentes foram decoronados e seccionados longitudinalmente para obter 30 hemisseções. Cada hemisseção foi montada em um anel de policloreto de vinila de 20 mm de diâmetro e 15 mm de largura, observando-se que a superfície dentinária do canal radicular foi deixada voltada para o fundo do dispositivo, para posteriormente ser preenchida com resina acrílica. Após o preenchimento do conjunto, a superfície dentinária do canal radicular e a resina foram polidas com granulações sequenciais de papel abrasivo (120 a 1.200-grit) (3M ESPE, St. Paul, MN, EUA) para obter uma superfície lisa. As hemisseções foram distribuídas nos seguintes 3 grupos ( $n = 10$ ): ChlorCid™, ChlorCid™ Surf e água. Os corpos de prova foram mantidos em água destilada a 4°C até o teste. Antes de realizar cada medição, a superfície dentinária foi seca com papel absorvente para remover o excesso de água [10]. O método da gota séssil foi realizado utilizando o sistema OCA-20 (DataPhysics Instruments GmbH) e o software SCA-20 (DataPhysics Instruments GmbH) para determinar o ângulo de contato ( $\Theta$ ). Três alíquotas de 5  $\mu$ L de cada solução foram pipetadas em 3 pontos diferentes na superfície dentinária, e as imagens foram capturadas após 30 segundos até que cada gota ficasse estável

[24]. A média dos 3 valores foi considerada o valor final para cada espécime (Figura 1).



**Figura 1.** Representação esquemática da avaliação do ângulo de contato do ChlorCid™ e do ChlorCid™ Surf na dentina do canal radicular. Primeiramente, cada hemisseção dentária foi montada em anéis de PVC com resina acrílica. Após a polimerização da resina, os anéis foram removidos e o corpo de prova foi polido para evitar irregularidades na superfície. Em seguida, 5 µL de cada solução foram colocadas nas amostras para medir o ângulo de contato usando o sistema OCA-20. PVC, cloreto de polivinil.

### Citotoxicidade

As soluções ChlorCid™ e ChlorCid™ Surf foram consideradas diluições de grau 1, diluídas em série em soro fisiológico usando um fator de diluição de 1,5 [25]. As células foram incubadas com as soluções em diluições de 1/250 a 1/1.898, que corresponderam a doses/concentrações de 0,4% a 0,05%. Os fibroblastos de camundongo L929 foram cultivados ( $5 \times 10^4$  células/mL) em placas de cultura de 96 poços (Corning, Corning, NY, EUA) contendo Meio de Eagle Modificado por Dulbecco (DMEM), suplementado com 10% de soro fetal bovino, 1% de penicilina e estreptomicina (100 U/mL de penicilina, 100 mg/mL de estreptomicina) (Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, EUA). As células foram mantidas em estufa por 24 horas e incubadas com as soluções em diferentes doses por 10 minutos para simular o tempo de contato clínico durante procedimentos químico-mecânicos [25]. O soro fisiológico e meio de cultura DMEM foram usados como controles. Após esta primeira incubação, as soluções foram retiradas da estufa e as células foram incubadas com DMEM por 4 horas [25].

O ensaio de brometo de 3-(4,5-dimetiltiazol-2-il)-2,5-difenil tetrazólio (MTT) foi realizado adicionando 100  $\mu$ L de solução de MTT 0,5 mg/mL (Sigma-Aldrich) a cada poço e incubando as células por 3 horas. Em seguida, foram adicionados 100  $\mu$ L de álcool isopropílico acidificado. O ensaio de vermelho neutro (VN) foi realizado adicionando 100  $\mu$ L da solução de 0,05 mg/mL de VN (Sigma-Aldrich) a cada poço e incubando as células por 3 horas. Em seguida, 100  $\mu$ L de solução de ácido acético a 1% em etanol a 50% foram adicionados a cada poço. As densidades ópticas foram medidas usando um espectrofotômetro (ThermoPlate, Shenzhen, China) com filtro de comprimento de onda de 570 nm. O percentual de viabilidade celular foi calculado a partir da absorbância do controle (soro fisiológico), considerada como 100%. Os experimentos foram realizados em triplicata e repetidos em 3 momentos diferentes.

### **Penetrabilidade pelos túbulos dentinários**

O tamanho da amostra foi calculado usando o software G\*Power 3.1 para Windows. O cálculo, baseado em um tamanho de efeito = 1,5 (baseado em estudos piloto), poder de teste ( $\beta$ ) = 0,80 e  $\alpha$  = 0,05, usando “t test family” (diferenças entre 2 grupos independentes), mostrou que 14 espécimes (7 por grupo) eram necessários. No entanto, como podem ocorrer perdas durante a fase experimental, foram utilizados 9 dentes por grupo. A metodologia foi realizada de acordo com *Faria et al.* [5], com modificações. O comprimento de trabalho de 20 dentes humanos permanentes uniradiculares foi estabelecido 1 mm aquém do forame apical usando uma lima tipo K tamanho 10. Em seguida, o ápice radicular foi selado com resina composta e os canais radiculares foram instrumentados com o sistema ProDesign Logic (Easy Equipamentos Odontológicos, Belo Horizonte, MG, Brasil) até uma lima 40/.05 na velocidade de 350-600 rpm e 1 –4 Ncm de torque, usando um motor elétrico (VDW Silver, VDW GmbH, Munique, Alemanha). Os canais radiculares foram irrigados com 2 mL de NaOCl 2,5% por 1 minuto a cada troca de instrumento, seguido de irrigação com 5 mL de EDTA 17% por 3 minutos e 5 mL de água destilada. Os canais radiculares foram então corados com solução de cristal violeta a 1% (Labsynth, Diadema, SP, Brasil) e mantidos a 37°C e 95% de umidade por 3 dias, trocando o cristal violeta a cada 12 horas. Em seguida, os canais radiculares foram irrigados com 20 mL de água destilada. As raízes foram distribuídas aleatoriamente em 2 grupos (n = 9): ChlorCid™ Surf e ChlorCid™. Dois dentes foram irrigados com água destilada e serviram como controle do ensaio. Os espécimes foram irrigados com 5 mL dos

irrigantes por 2 minutos usando uma seringa de 5 mL (Ultradent Products) acoplada a uma agulha de 27 G com ventilação lateral (Endo-Eze®, Ultradent Products) posicionada 2 mm abaixo do comprimento de trabalho. Em seguida, os canais radiculares de todos os grupos foram irrigados com 5 mL de água destilada e seccionados transversalmente ao longo de seu eixo longitudinal a 3, 7 e 12 mm do ápice. A superfície cervical de cada segmento foi polida com lixa de grão 1.000 (3M ESPE). Um estereomicroscópio (LeicaM80, Leica Microsystems, Wetzlar, Alemanha) e o software Leica Application Suite EZ 3.0 (Leica Microsystems) foram usados para obter as imagens. A análise da profundidade de penetração foi realizada medindo os efeitos de clareamento do cristal violeta na superfície cervical de cada segmento, usando o software Image J (National Institutes of Health, Bethesda, MD, EUA). Medidas lineares, desde a borda do canal radicular até a extensão máxima do clareamento cristal violeta, foram feitas em 10 regiões equidistantes. O valor médio, em micrômetros ( $\mu\text{m}$ ), de 10 medidas lineares foi considerado o valor final da profundidade de penetração para cada corpo de prova. Um examinador previamente calibrado e cego realizou a análise duas vezes com intervalo de 2 semanas (coeficiente de correlação intraclassa  $> 0,9$ ).

### **Análise Estatística**

Os dados foram analisados com os softwares estatísticos GraphPad Prism 5 (GraphPad Software, San Diego, CA, EUA) e SPSS 20.0 (IBM, Armonk, NY, EUA). Os testes estatísticos utilizados foram análise de variância de uma via (ANOVA) e pós-teste de Tukey (tensão superficial e ângulo de contato), ANOVA de 2 vias e pós-teste de Bonferroni (citotoxicidade e penetração nos túbulos dentinários) ou teste t (pH e de conteúdo de cloro ativo), ao nível de significância de 5%.

### **3.4 Resultados**

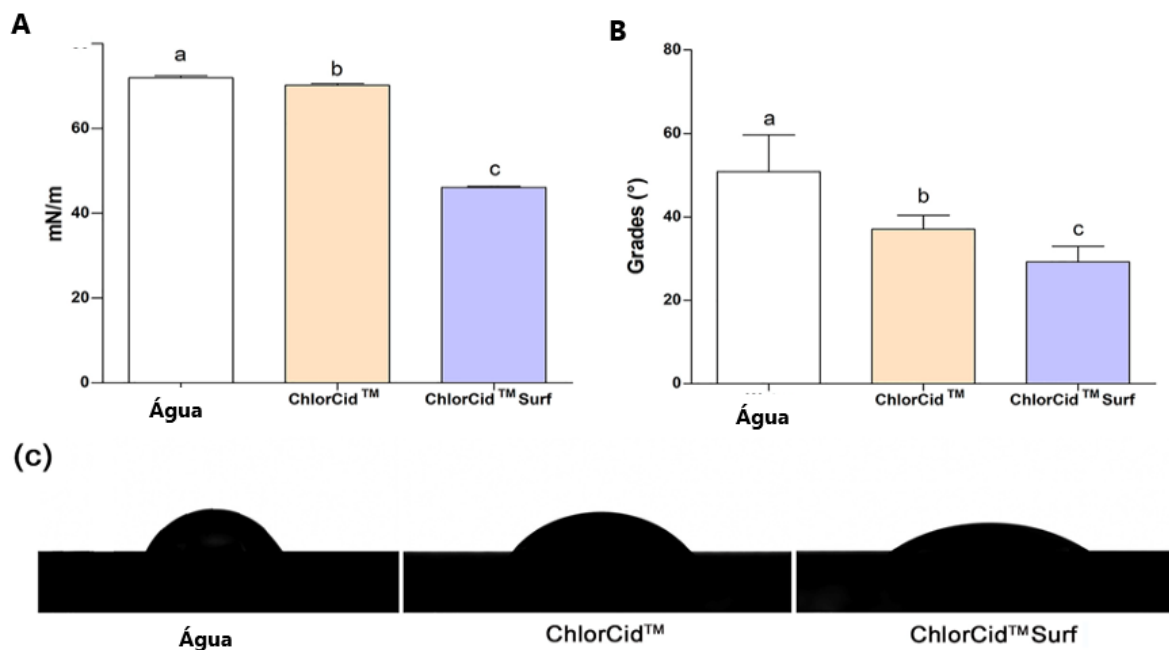
As soluções ChlorCid™ e ChlorCid™ Surf apresentaram pH alcalino de  $12,27 \pm 0,05$  e  $13,08 \pm 0,02$ , respectivamente, e foram significativamente diferentes ( $p < 0,05$ ). O ChlorCid™ apresentou  $2,78\% \pm 0,047\%$  de conteúdo de cloro ativo, enquanto o ChlorCid™ Surf apresentou  $2,85\% \pm 0,044\%$  (Tabela 1). A água deionizada apresentou a maior tensão superficial ( $71,95 \pm 0,46$  mN/m), seguida por ChlorCid™ ( $70,20 \pm 0,38$  mN/m) e ChlorCid™ Surf ( $46,10 \pm 0,22$  mN/m), com diferença significativa entre as 3 soluções ( $p < 0,05$ ). Em relação ao ângulo de contato, a água

deionizada apresentou os maiores valores ( $50,78^\circ \pm 8,85^\circ$ ), seguida por ChlorCid™ ( $36,99^\circ \pm 3,34^\circ$ ) e ChlorCid™ Surf ( $29,18^\circ \pm 3,75^\circ$ ) ( $p < 0,05$ ) (Figura 2).

**Tabela 1.** Média e desvio padrão do pH e cloro livre disponível em porcentagem (%) de peso/massa (p/p) de ChlorCid™ e ChlorCid™ Surf.

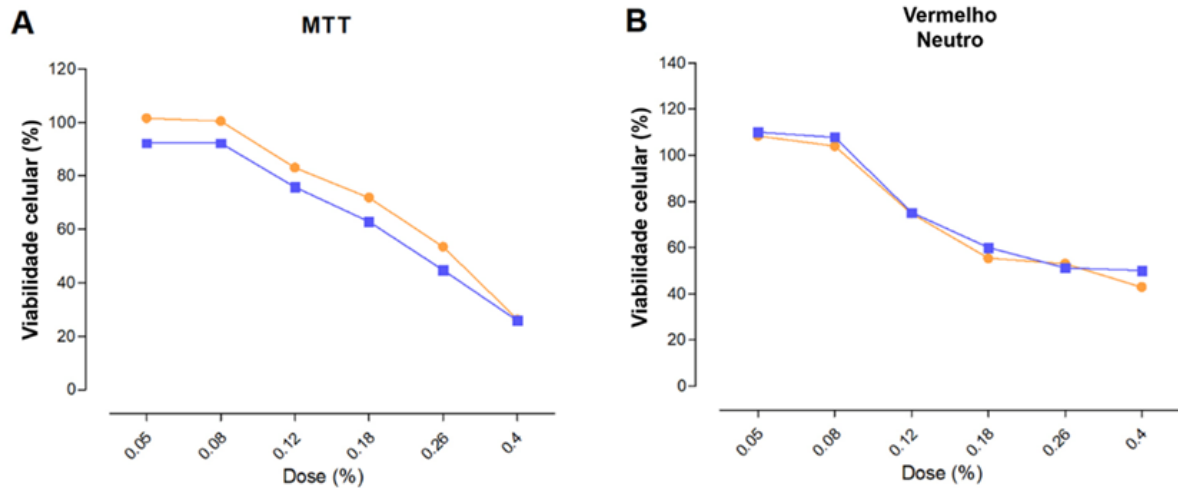
Solução	pH	Cloro Ativo % (m/m)
ChlorCid™	12,27 ( $\pm 0,05$ )*	2,788 ( $\pm 0,047$ )%
ChlorCid™ Surf	13,08 ( $\pm 0,02$ )	2,854 ( $\pm 0,044$ )%

\* $p < 0,0001$



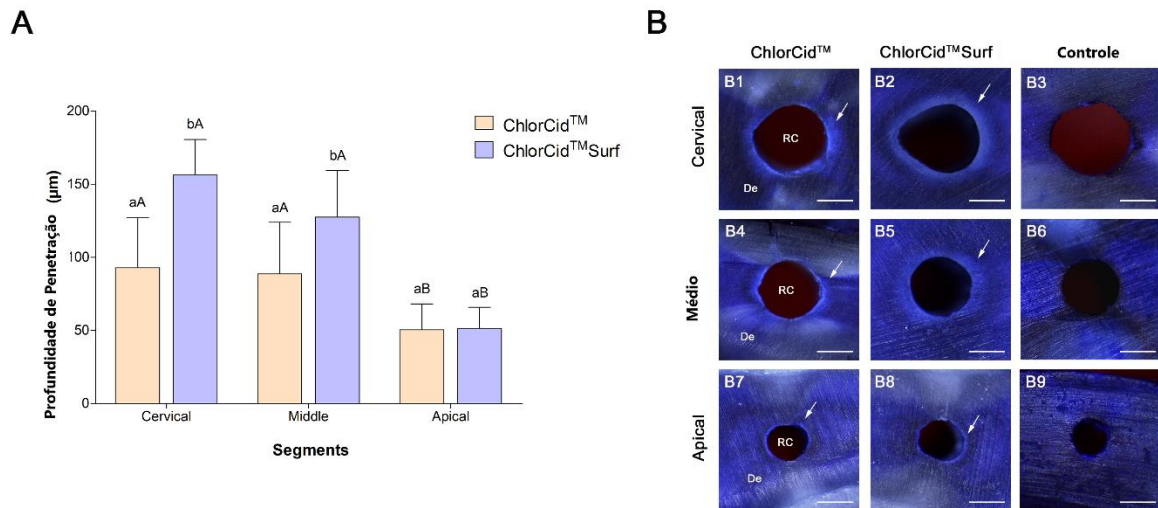
**Figura 2.** Média e desvio padrão de (A) tensão superficial em millinewton/metro (mN/m) e (B) ângulo de contato ( $\Theta$ ) de ChlorCid™, ChlorCid™ Surf e água deionizada (controle). Letras diferentes nas colunas indicam uma diferença significativa entre as soluções. (C) Imagens representativas do ângulo de contato na superfície dentinária.

Não houve diferença na citotoxicidade entre ChlorCid™ e ChlorCid™ Surf de acordo com os ensaios MTT e NR ( $p > 0,05$ ). Não houve diferença entre os grupos salina e DMEM (Figura 3). Verificou-se que quanto maior a dose, maior a citotoxicidade.



**Figura 3.** Viabilidade de fibroblastos L929 após exposição às soluções ChlorCid™ e ChlorCid™ Surf em diferentes doses por (A) ensaios MTT e (B) VN. Não foram encontradas diferenças significativas entre as soluções ( $p > 0,05$ ). MTT, brometo de 3-(4,5-dimetiltiazol-2-il)-2,5-difenil tetrazólio; VN, vermelho neutro.

Nos segmentos cervical e médio, o ChlorCid™ Surf teve maior profundidade de penetração ( $156,22 \pm 24,40 \mu\text{m}$  cervical,  $127,52 \pm 31,89 \mu\text{m}$  médio) do que o ChlorCid™ ( $92,86 \pm 34,44 \mu\text{m}$  cervical,  $88,61 \pm 35,34 \mu\text{m}$  médio) ( $p < 0,05$ ). No segmento apical, a profundidade de penetração foi de  $50,47 \pm 17,60 \mu\text{m}$  para ChlorCid™ e  $51,44 \pm 14,42 \mu\text{m}$  para ChlorCid™ Surf, sem diferença significativa ( $p > 0,05$ ). A comparação entre os segmentos mostrou que tanto o ChlorCid™ quanto o ChlorCid™ Surf tiveram maior profundidade de penetração nos segmentos cervical e médio do que no segmento apical ( $p < 0,05$ ), e que não houve diferença entre os segmentos cervical e médio ( $p > 0,05$ ) (Figura 4).



**Figura 4.** Profundidade de penetração das soluções ChlorCid™ e ChlorCid™ Surf nos túbulos dentinários. (A) Média e desvio padrão em micrômetros ( $\mu\text{m}$ ) de profundidade de penetração. Diferentes letras minúsculas nas colunas de cada segmento indicam uma diferença significativa entre as soluções. Letras maiúsculas diferentes nas colunas indicam uma diferença significativa entre os segmentos de cada solução. (B) Imagens representativas da profundidade de penetração de ChlorCid™, ChlorCid™ Surf e água nos segmentos cervical (B1-B3), médio (B4-B6) e apical (B7-B9), respectivamente. O cristal violeta branqueado representa a profundidade de penetração dos irrigantes na dentina (seta) (barra = 500  $\mu\text{m}$ ).

### 3.5 Discussão

Este estudo teve como objetivo avaliar as propriedades físico-químicas, citotoxicidade e penetrabilidade nos túbulos dentinários de uma solução de NaOCl 3% com surfactante (ChlorCid™ Surf), em comparação com NaOCl 3% sem surfactante (ChlorCid™). A hipótese nula foi rejeitada porque o ChlorCid™ Surf apresentou menor tensão superficial, menor ângulo de contato na dentina e maior pH e penetrabilidade nos túbulos dentinários do que o ChlorCid™.

A determinação da tensão superficial de soluções de NaOCl foi realizada usando os métodos de anel, lâmina de vidro ou gota pendente [9, 10, 11, 12, 26]. Estudos que realizaram o método da gota pendente relataram que NaOCl 2,4% e NaOCl 2,5% apresentaram uma tensão superficial semelhante à da água, que é de aproximadamente 72 mN/m, e equivalente a dyn/cm ou mJ/m<sup>2</sup> [10, 26]. O ChlorCid™ Surf apresentou menor tensão superficial do que o ChlorCid™ ( $46,10 \pm 0,22$  e  $70,20$

$\pm 0,38$  mN/m, respectivamente). Estudos anteriores mostraram que a adição de surfactantes reduziu a tensão superficial de soluções de NaOCl, independentemente de a concentração de NaOCl ser superior ou inferior a 3% [10, 11, 12, 14, 27, 28].

A avaliação do ângulo de contato foi realizada armazenando os espécimes em água destilada e removendo imediatamente o excesso de água antes do ensaio, pois a dentina está sempre úmida durante o tratamento do canal radicular [10, 14]. O ChlorCid™ Surf mostrou um ângulo de contato menor na dentina do canal radicular do que o ChlorCid™. Esta observação concorda com estudos que mostram que a adição de surfactantes a soluções de NaOCl pode reduzir este valor [10, 13]. O ângulo de contato do ChlorCid™ na dentina foi menor que o da água. Estudos mostraram que os ângulos de contato de 1% e 2,5% de NaOCl na dentina não apresentam diferença do ângulo de contato da água na dentina [13, 14]. Diferenças podem ser atribuídas à metodologia, considerando que *Iglesias et al.* [14] poliram os corpos de prova com lixa de grão 180, enquanto os corpos de prova do presente estudo foram polidos com lixa de grão 1.200, conforme descrito anteriormente [29]. Diferentes granulações podem afetar as irregularidades da superfície dentinária e interferir na avaliação do ângulo de contato [30]. Diferenças do estudo de *Stojicic et al.* [13] pode estar relacionado ao baixo ângulo de contato da água na dentina observado em seu estudo ( $39,33^\circ$ ), adotado para fazer comparações com soluções de NaOCl.

A técnica de coloração com cristal violeta foi utilizada porque a capacidade de clareamento do NaOCl em atuar sobre este corante permite a avaliação da profundidade de penetração [5]. O tempo de exposição da dentina ao NaOCl foi de 2 minutos, conforme relatado anteriormente [5]. A penetração do ChlorCid™ Surf foi maior nos segmentos cervical e médio, em comparação com o ChlorCid™, indicando que o surfactante na composição do ChlorCid™ Surf levou a uma maior penetração nos túbulos dentinários. Uma maior profundidade de penetração de NaOCl com surfactantes também foi observada em blocos de dentina do canal radicular corados com cristal violeta [3]. Por outro lado, *Faria et al.* [5] mostraram que a adição de surfactante não influenciou a penetração do NaOCl 2,5% na dentina. A diferença entre o estudo deles e o nosso é que eles [5] deixaram os irrigantes em contato com a dentina por mais tempo (10 e 15 minutos). Nossa hipótese é que o maior tempo de exposição em seu estudo produziu um efeito em que os resultados para as soluções com e sem surfactante foram os mesmos. A profundidade de penetração do ChlorCid™ é semelhante a 3 e 7 mm do ápice, usando irrigação manual por 2 minutos

[5]. Em suma, a adição de surfactantes a 3% de NaOCl (ChlorCid™ Surf) resultou na diminuição da tensão superficial e do ângulo de contato na dentina. Conseqüentemente, no aumento da penetração nos túbulos dentinários.

A avaliação do pH é importante, pois pode ter um efeito crítico na reatividade do cloro em soluções de NaOCl [31]. Além disso, produtos de NaOCl comercialmente disponíveis, em diferentes concentrações, possuem pH alcalino [3, 12, 16], o que está diretamente relacionado a uma maior capacidade de dissolução orgânica [18]. O pH do ChlorCid™ Surf e do ChlorCid™ é alcalino, acima de 12; no entanto, o ChlorCid™ Surf apresentou pH significativamente maior do que o ChlorCid™, indicando que o surfactante influenciou esse parâmetro. Estudos anteriores relataram que o surfactante não teve influência significativa no pH do NaOCl em diferentes concentrações [3, 12, 14]. Esses resultados divergentes podem ser atribuídos ao tipo e/ou concentração de surfactante na composição do ChlorCid™ Surf.

A determinação do conteúdo de cloro ativo foi realizada de acordo com a edição mais recente do SMEWW [22], que inclui todos os métodos reconhecidos, entre eles o método de titulação de iodo/tiosulfato de sódio (SMEWW 4500-CI B) e o método colorimétrico DPD (SMEWW 4500 -CIG). O método colorimétrico DPD é considerado simples e rápido [22], o que é uma vantagem. Embora o método de titulação de iodo/tiosulfato de sódio tenha sido amplamente realizado [3, 10, 12, 16, 32], o método colorimétrico DPD também foi realizado em pesquisas endodônticas [25, 33]. O ChlorCid™ Surf e o ChlorCid™ apresentaram conteúdo de cloro ativo inferior ao relatado pelo fabricante (2,85% e 2,78%, respectivamente). Comparativamente, o declarado pelo fabricante do ChlorXtra também foi menor (6% NaOCl com surfactante Triton X-100), mas o estabelecido pelo fabricante do Hypocelle foi maior (4% NaOCl com um surfactante não declarado) [12]. Isso demonstra que o conteúdo de cloro ativo pode ser irregular nas apresentações comerciais de NaOCl. Em relação à influência do surfactante no conteúdo de cloro ativo do NaOCl, valores semelhantes foram observados com e sem formulações contendo cetramida [14]. Por outro lado, a perda gradual de conteúdo de cloro ativo em soluções de NaOCl é significativamente maior na presença de surfactantes; entretanto, isso não foi observado no presente estudo [12].

A citotoxicidade das soluções irrigadoras é importante, pois os efeitos tóxicos podem prejudicar as células da região periapical e prejudicar o processo de reparo [34]. Nesse sentido, o ensaio MTT tem sido amplamente utilizado [10, 25, 33]; no

entanto, é necessário mais de um ensaio para avaliar a citotoxicidade [35]. A avaliação de diferentes parâmetros celulares permite uma interpretação mais confiável do efeito citotóxico do material [36]. Por isso, foram realizados 2 ensaios, o MTT, que permite avaliar o metabolismo celular, e o ensaio VN, que permite avaliar a viabilidade celular com base na capacidade das células vivas de incorporar VN na membrana de seus lisossomos [37, 38]. O ChlorCid™ Surf e o ChlorCid™ induziram citotoxicidade semelhante de células L929 em ambos os ensaios MTT e VN, corroborando um estudo que mostrou que NaOCl 2,4% em associação com cloreto de benzalcônio apresentou citotoxicidade semelhante a NaOCl 2,4% [10]. Embora o ChlorCid™ Surf tenha apresentado maior penetração nos túbulos dentinários do que o ChlorCid™, mais pesquisas são necessárias para avaliar se os 2 produtos são diferentes em relação ao seu efeito antimicrobiano juntamente com a extensão dos túbulos dentinários.

### **3.6 Conclusão**

Pode-se concluir que o ChlorCid™ Surf apresentou menor tensão superficial, menor ângulo de contato na dentina do canal radicular, maior profundidade de penetração nos túbulos dentinários e pH mais alcalino, comparado ao ChlorCid™. No entanto, ambos apresentaram citotoxicidade e conteúdo de cloro ativo semelhantes.

### **REFERÊNCIAS**

1. Nair PN, Henry S, Cano V, Vera J. Microbial status of apical root canal system of human mandibular first molars with primary apical periodontitis after “one-visit” endodontic treatment. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2005; 99: 231–252.
2. Ricucci D, Siqueira JF Jr. Biofilms and apical periodontitis: study of prevalence and association with clinical and histopathologic findings. *J Endod* 2010;36:1277–1288.
3. Palazzi F, Blasi A, Mohammadi Z, Del Fabbro M, Estrela C. Penetration of sodium hypochlorite modified with surfactants into root canal dentin. *Braz Dent J* 2016;27:208–216.

4. Zou L, Shen Y, Li W, Haapasalo M. Penetration of sodium hypochlorite into dentin. *J Endod* 2010;36:793–796.
5. Faria G, Viola KS, Coaguila-Llerena H, Oliveira LRA, Leonardo RT, Aranda-García AJ, Guerreiro-Tanomaru JM. Penetration of sodium hypochlorite into root canal dentine: effect of surfactants, gel form and passive ultrasonic irrigation. *Int Endod J* 2019;52:385–392.
6. Pécora JD, Guimarães LF, Savioli RN. Surface tension of several drugs used in endodontics. *Braz Dent J* 1992;2:123–127.
7. Kontakiotis EG, Tzanetakakis GN, Loizides AL. A comparative study of contact angles of four different root canal sealers. *J Endod* 2007;33:299–302.
8. Abou-Rass M, Patonai FJ Jr. The effects of decreasing surface tension on the flow of irrigating solutions in narrow root canals. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1982;53:524–526.
9. Giardino L, Ambu E, Becce C, Rimondini L, Morra M. Surface tension comparison of four common root canal irrigants and two new irrigants containing antibiotic. *J Endod* 2006;32:1091–1093.
10. Bukiet F, Couderc G, Camps J, Tassery H, Cuisinier F, About I, Charrier A, Candoni N. Wetting properties and critical micellar concentration of benzalkonium chloride mixed in sodium hypochlorite. *J Endod* 2012;38:1525–1529.
11. Palazzi F, Morra M, Mohammadi Z, Grandini S, Giardino L. Comparison of the surface tension of 5.25% sodium hypochlorite solution with three new sodium hypochlorite-based endodontic irrigants. *Int Endod J* 2012;45:129–135.
12. Guastalli AR, Clarkson RM, Rossi-Fedele G. The effect of surfactants on the stability of sodium hypochlorite preparations. *J Endod* 2015;41:1344–1348.

13. Stojicic S, Zivkovic S, Qian W, Zhang H, Haapasalo M. Tissue dissolution by sodium hypochlorite: effect of concentration, temperature, agitation, and surfactant. *J Endod* 2010;36:1558–1562.
14. Iglesias JE, Pinheiro LS, Weibel DE, Montagner F, Grecca FS. Influence of surfactants addition on the properties of calcium hypochlorite solutions. *J Appl Oral Sci* 2019;27:e20180157
15. Giardino L, Cavani F, Generali L. Sodium hypochlorite solution penetration into human dentine: a histochemical evaluation. *Int Endod J* 2017;50:492–498.
16. Clarkson RM, Kidd B, Evans GE, Moule AJ. The effect of surfactant on the dissolution of porcine pulpal tissue by sodium hypochlorite solutions. *J Endod* 2012;38:1257–1260.
17. Wong DT, Cheung GS. Extension of bactericidal effect of sodium hypochlorite into dentinal tubules. *J Endod* 2014;40:825–829.
18. del Carpio-Perochena A, Bramante CM, de Andrade FB, Maliza AG, Cavenago BC, Marciano MA, Amoroso-Silva P, Duarte MH. Antibacterial and dissolution ability of sodium hypochlorite in different pHs on multi-species biofilms. *Clin Oral Investig* 2015;19:2067–2073.
19. Yasuda Y, Tatematsu Y, Fujii S, Maeda H, Akamine A, Torabinejad M, Saito T. Effect of MTAD on the differentiation of osteoblast-like cells. *J Endod* 2010;36:260–263.
20. Ultradent Products. ChlorCid® Surf [Internet]. South Jordan, UT: Ultradent Products; 2018 [cited 2020 Sep 3]. Available from: <https://assets.ctfassets.net/wfptrcrbtkd0/4TD20QySsIMLYQ7krTGsHX/fcc08568844faa1a5ac6b149a927537f/ChlorCid-Surf-Sales-Sheet-1005815AR03.pdf>.

21. European Directorate for the Quality of Medicines & HealthCare. European pharmacopoeia. Strasbourg Cedex: European Directorate for the Quality of Medicines & HealthCare; 2014. pp. 24-25.
22. Baird R, Eaton A, Rice E. In: Standard methods for the examination of water and wastewater. Washington, D.C.: American Public Health Association; American Water Works Association; Water Environment Federation; 2017. pp. 11-12.
23. Andrade MA, Favarin B, Derradi R, Bolean M, Simão AM, Millán JL, Ciancaglini P, Ramos AP. Pendant-drop method coupled to ultraviolet-visible spectroscopy: a useful tool to investigate interfacial phenomena. *Colloids Surf A Physicochem Eng Asp* 2016;504:305–311.
24. Tartari T, Wichnieski C, Bachmann L, Jafelicci M Jr, Silva RM, Letra A, van der Hoeven R, Duarte MA, Bramante CM. Effect of the combination of several irrigants on dentine surface properties, adsorption of chlorhexidine and adhesion of microorganisms to dentine. *Int Endod J* 2018;51:1420–1433.
25. Viola KS, Rodrigues EM, Tanomaru-Filho M, Carlos IZ, Ramos SG, Guerreiro-Tanomaru JM, Faria G. Cytotoxicity of peracetic acid: evaluation of effects on metabolism, structure and cell death. *Int Endod J* 2018;51 Suppl 4:e264–e277.
26. Yilmaz Z, Basbag B, Buzoglu HD, Gümüsderelioglu M. Effect of low-surface-tension EDTA solutions on the wettability of root canal dentin. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2011;111:109–114.
27. Guneser MB, Arslan D, Dincer AN, Er G. Effect of sodium hypochlorite irrigation with or without surfactants on the bond strength of an epoxy-based sealer to dentin. *Clin Oral Investig* 2017;21:1259–1265.
28. Dragan O, Tomuta I, Casoni D, Sarbu C, Campian R, Frentiu T. Influence of mixed additives on the physicochemical properties of a 5.25% sodium hypochlorite solution: an unsupervised multivariate statistical approach. *J Endod* 2018;44:280–285.e3.

29. Ballal NV, Ferrer-Luque CM, Sona M, Prabhu KN, Arias-Moliz T, Baca P. Evaluation of final irrigation regimens with maleic acid for smear layer removal and wettability of root canal sealer. *Acta Odontol Scand* 2018;76:199–203.
30. Milosevic A. The influence of surface finish and in-vitro pellicle on contact-angle measurement and surface morphology of three commercially available composite restoratives. *J Oral Rehabil* 1992;19:85–97.
31. Rossi-Fedele G, Guastalli AR, Dođramacı EJ, Steier L, De Figueiredo JA. Influence of pH changes on chlorine-containing endodontic irrigating solutions. *Int Endod J* 2011;44:792–799.
32. Vogel A. In: *A textbook of quantitative inorganic analysis*. London: Longmans; 1962.
33. Coaguila-Llerena H, Rodrigues EM, Tanomaru-Filho M, Guerreiro-Tanomaru JM, Faria G. Effects of calcium hypochlorite and octenidine hydrochloride on L929 and human periodontal ligament cells. *Braz Dent J* 2019;30:213–219.
34. Zhang W, Torabinejad M, Li Y. Evaluation of cytotoxicity of MTAD using the MTT-tetrazolium method. *J Endod* 2003;29:654–657.
35. Peters OA. Research that matters - biocompatibility and cytotoxicity screening. *Int Endod J* 2013;46:195–197.
36. Fotakis G, Timbrell JA. In vitro cytotoxicity assays: comparison of LDH, neutral red, MTT and protein assay in hepatoma cell lines following exposure to cadmium chloride. *Toxicol Lett* 2006;160:171–177.
37. Mosmann T. Rapid colorimetric assay for cellular growth and survival: application to proliferation and cytotoxicity assays. *J Immunol Methods* 1983;65:55–63.
38. Repetto G, del Peso A, Zurita JL. Neutral red uptake assay for the estimation of cell viability/cytotoxicity. *Nat Protoc* 2008;3:1125–1131.

#### **4 CONCLUSÃO**

Pode-se concluir que o ChlorCid™ Surf apresentou menor tensão superficial, menor ângulo de contato na dentina do canal radicular, maior profundidade de penetração nos túbulos dentinários e pH mais alcalino, em comparação com o ChlorCid™. No entanto, ambos mostraram citotoxicidade e conteúdo de cloro ativo semelhantes.

## REFERÊNCIAS\*

1. Nair PN, Henry S, Cano V, Vera J. Microbial status of apical root canal system of human mandibular first molars with primary apical periodontitis after "one-visit" endodontic treatment. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2005; 99(2): 231-52.
2. Ricucci D, Siqueira JF Jr. Biofilms and apical periodontitis: study of prevalence and association with clinical and histopathologic findings. *J Endod.* 2010; 36(8): 1277-88.
3. Wong DT, Cheung GS. Extension of bactericidal effect of sodium hypochlorite into dentinal tubules. *J Endod.* 2014; 40(6): 825-9.
4. Zou L, Shen Y, Li W, Haapasalo M. Penetration of sodium hypochlorite into dentin. *J Endod.* 2010; 36(5): 793-6.
5. Zehnder M. Root canal irrigants. *J Endod.* 2006; 32(5): 389-98.
6. Mercade M, Duran-Sindreu F, Kuttler S, Roig M, Durany N. Antimicrobial efficacy of 4.2% sodium hypochlorite adjusted to pH 12, 7.5, and 6.5 in infected human root canals. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2009; 107(2): 295-8.
7. Palazzi F, Blasi A, Mohammadi Z, Del Fabbro M, Estrela C. Penetration of sodium hypochlorite modified with surfactants into root canal dentin. *Braz Dent J.* 2016; 27(2): 208-16.
8. Faria G, Viola KS, Coaguila-Llerena H, Oliveira LRA, Leonardo RT, Aranda-García AJ, Guerreiro-Tanomaru JM. Penetration of sodium hypochlorite into root canal dentine: effect of surfactants, gel form and passive ultrasonic irrigation. *Int Endod J.* 2018 Sep 16. doi:10.1111/iej.13015.
9. Pécora JD, Guimarães LF, Savioli RN. Surface tension of several drugs used in endodontics. *Braz Dent J.* 1992; 2(2): 123-7.
10. Palazzi F, Morra M, Mohammadi Z, Grandini S, Giardino L. Comparison of the surface tension of 5.25% sodium hypochlorite solution with three new sodium hypochlorite-based endodontic irrigants. *Int Endod J.* 2012; 45(2): 129-35.
11. Abou-Rass M, Patonai FJ Jr. The effects of decreasing surface tension on the flow of irrigating solutions in narrow root canals. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1982; 53(5): 524-6.
12. Taşman F, Cehreli ZC, Oğan C, Etikan I. Surface tension of root canal irrigants. *J Endod.* 2000; 26(10): 586-7.
13. Jungbluth H, Peters C, Peters O, Sener B, Zehnder M. Physicochemical and pulp tissue dissolution properties of some household bleach brands compared with a dental sodium hypochlorite solution. *J Endod.* 2012; 38(3): 372-5.
14. Dragan O, Tomuta I, Casoni D, Sarbu C, Campian R, Frentiu T. Influence of mixed additives on the physicochemical properties of a 5.25% sodium hypochlorite solution: an unsupervised multivariate statistical approach. *J Endod* 2018; 44: 280-285.e3.





---

\* De acordo com o Guia de Trabalhos Acadêmicos da FOAr, adaptado das Normas Vancouver. Disponível no site da Biblioteca: <http://www.foar.unesp.br/Home/Biblioteca/guia-de-normalizacao-atualizado.pdf>

15. Bukiet F, Couderc G, Camps J, Tassery H, Cuisinier F, About I, Charrier A, Candoni N. Wetting properties and critical micellar concentration of benzalkonium chloride mixed in sodium hypochlorite. *J Endod.* 2012; 38(11): 1525-9.
16. Guneser MB, Arslan D, Dincer AN, Er G. Effect of sodium hypochlorite irrigation with or without surfactants on the bond strength of an epoxy-based sealer to dentin. *Clin Oral Investig.* 2017; 21(4): 1259-65.
17. Ruiz-Linares M, Aguado-Pérez B, Baca P, Arias-Moliz MT, Ferrer-Luque CM. Efficacy of antimicrobial solutions against polymicrobial root canal biofilm. *Int Endod J.* 2017; 50(1): 77-83.
18. Bukiet F, Soler T, Guivarch M, Camps J, Tassery H, Cuisinier F, Candoni N. Factors affecting the viscosity of sodium hypochlorite and their effect on irrigant flow. *Int Endod J.* 2013; 46(10): 954-61.
19. Clarkson RM, Kidd B, Evans GE, Moule AJ. The effect of surfactant on the dissolution of porcine pulpal tissue by sodium hypochlorite solutions. *J Endod.* 2012; 38(9): 1257-60.
20. De-Deus G, de Berredo Pinho MA, Reis C, Fidel S, Souza E, Zehnder M. Sodium hypochlorite with reduced surface tension does not improve in situ pulp tissue dissolution. *J Endod.* 2013; 39(8): 1039-43.
21. Wang Z, Shen Y, Ma J, Haapasalo M. The effect of detergents on the antibacterial activity of disinfecting solutions in dentin. *J Endod.* 2012; 38(7): 948-53.
22. Baron A, Lindsey K, Sidow SJ, Dickinson D, Chuang A, McPherson JC 3rd. Effect of a benzalkonium chloride surfactant-sodium hypochlorite combination on elimination of *Enterococcus faecalis*. *J Endod.* 2016; 42(1): 145-9.
23. Guerreiro-Tanomaru JM, Nascimento CA, Faria-Júnior NB, Graeff MS, Watanabe E, Tanomaru-Filho M. Antibiofilm activity of irrigating solutions associated with cetrimide. Confocal laser scanning microscopy. *Int Endod J.* 2014; 47: 1058-63.
24. Giardino L, Cavani F, Generali L. Sodium hypochlorite solution penetration into human dentine: a histochemical evaluation. *Int Endod J.* 2017; 50(5): 492-8.
25. Clarkson RM, Podlich HM, Moule AJ. Influence of ethylenediaminetetraacetic acid on the active chlorine content of sodium hypochlorite solutions when mixed in various proportions. *J Endod.* 2011; 37(4): 538-43.
26. Guastalli AR, Clarkson RM, Rossi-Fedele G. The effect of surfactants on the stability of sodium hypochlorite preparations. *J Endod.* 2015; 41(8): 1344-8.
27. del Carpio-Perochena A, Bramante CM, de Andrade FB, Maliza AG, Cavenago BC, Marciano MA, Amoroso-Silva P, Duarte MH. Antibacterial and dissolution ability of sodium hypochlorite in different pHs on multi-species biofilms. *Clin Oral Investig.* 2015; 19(8): 2067-73.
28. Kuroiwa K, Nakayama H, Kuwahara T, Tamagawa K, Hattori K, Murakami K, Korai H, Ohnishi Y. Augmenting effect of acetic acid for acidification on bactericidal activity of hypochlorite solution. *Lett Appl Microbiol.* 2003; 36: 46-9.
29. Yasuda Y, Tatematsu Y, Fujii S, Maeda H, Akamine A, Torabinejad M, Saito T. Effect of MTAD on the differentiation of osteoblast-like cells. *J Endod.* 2010; 36: 260-3.

30. ChlorCid® Surf. South Jordan, UT, EUA: Ultradent Products, 2018 [acesso em 2019 fev 4]. Disponível em:  
<https://assets.ctfassets.net/wfptrcrbtkd0/2fba430G3miY8Umaasaeq0/d9b4d794e9af423e53f356fa8b0c6645/ChlorCid-Surf-Sales-Sheet.pdf>.

## ANEXO A – CERTIFICADO DE CONCLUSÃO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

	 <p><b>UNESP</b> UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JULIO DE MESQUITA FILHO"</p>	
<b>CERTIFICADO</b>		
<p>Certifico que ISADORA PASSOS BARBIERI , portadora da cédula de identidade RG nº 20507363 - PC/MG, realizou iniciação científica no Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica PIBIC/CNPq/UNESP, no período de 01/08/2019 a 31/08/2020, na Faculdade de Odontologia do Câmpus de Araraquara, sob a supervisão da Profa. Dra. GISELE FARIA , ao desenvolver o projeto intitulado "Propriedades físico-químicas, citotoxicidade e penetrabilidade nos túbulos dentinários de um novo irrigante endodôntico de hipoclorito de sódio com surfactante".</p>		
São Paulo, 26 de fevereiro de 2021.		
	<p>Prof. Dr. Edson Cocchiari Botelho Pró-Reitor de Pesquisa Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho"</p>	
<p>Este documento foi assinado digitalmente por Edson Cocchiari Botelho. Para verificar as assinaturas vá ao site <a href="https://unesp-assinasp.impressaooficial.com.br/verificar/">https://unesp-assinasp.impressaooficial.com.br/verificar/</a> e utilize o código 1285-EDCF-F230-9EB0.</p>		