



Universidade
Christus

UNIVERSIDADE CHRISTUS
CURSO DE ODONTOLOGIA

DEBORAH ALLINE COELHO ALVES

**AVALIAÇÃO DA ESTABILIDADE DE COR EM ALINHADORES INVISÍVEIS
ORTODÔNTICOS SUBMETIDOS A PROTOCOLOS DE DESINFECÇÃO:
UM ESTUDO IN VITRO.**

FORTALEZA

2026

DEBORAH ALLINE COELHO ALVES

AVALIAÇÃO DA ESTABILIDADE DE COR EM ALINHADORES INVISÍVEIS
ORTODÔNTICOS SUBMETIDOS A PROTOCOLOS DE DESINFECÇÃO: UM
ESTUDO IN VITRO.

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado ao curso de Odontologia da Universidade Christus, como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Odontologia.

Orientador: Prof. Dr. Pedro Henrique Acioly Guedes Peixoto Vieira.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Centro Universitário Christus - Unichristus
Gerada automaticamente pelo Sistema de Elaboração de Ficha Catalográfica do
Centro Universitário Christus - Unichristus, com dados fornecidos pelo(a) autor(a)

A474a Alves, Deborah Aline Coelho.
Avaliação da estabilidade de cor em alinhadores
invisíveis ortodônticos submetidos a protocolos de
desinfecção: um estudo in vitro / Deborah Aline
Coelho Alves. - 2026.
58 f.: il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) -
Centro Universitário Christus - Unichristus, Curso de
Odontologia, Fortaleza, 2026.
Orientação: Prof. Dr. Pedro Henrique Acioly Guedes
Peixoto Vieira.

1. aparelhos ortodônticos removíveis. 2. cor. 3.
desinfecção. I. Título.

CDD 617.6

DEBORAH ALLINE COELHO ALVES

AVALIAÇÃO DA ESTABILIDADE DE COR EM ALINHADORES INVISÍVEIS
ORTODÔNTICOS SUBMETIDOS A PROTOCOLOS DE DESINFECÇÃO: UM
ESTUDO IN VITRO.

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado ao curso de Odontologia da Universidade Christus, como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Odontologia.

Orientador: Prof. Dr. Pedro Henrique Acioly Guedes Peixoto Vieira.

Aprovado em: ___/___/_____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Pedro Henrique Acioly Guedes Peixoto Vieira.
(Orientador)
Universidade Christus (UNICHRISTUS)

Prof^a. Dra. Ramille Araújo Lima
Universidade Christus (UNICHRISTUS)

Prof. Dr. Pollyana Bitu de Aquino
Universidade Christus (UNICHRISTUS)

Dedico este trabalho à memória de minha tia Cecília, por todo o amor, cuidado e incentivo que sempre me dedicou. Esta conquista também é sua.

AGRADECIMENTOS

Antes de qualquer palavra, agradeço a Deus e à espiritualidade amiga, que guiaram meus passos, sustentaram minha fé nos momentos mais difíceis e iluminaram o caminho até aqui. Toda conquista começa no invisível, e esta não foi diferente. A jornada que culmina neste trabalho não foi percorrida sozinha. Cada passo foi sustentado por pessoas que, de formas únicas e insubstituíveis, fizeram parte desta conquista.

À minha mãe, Mazé, minha melhor amiga e braço direito em todos os momentos. Seu amor incondicional, seu incentivo constante e sua presença inabalável foram o alicerce de tudo. Esta vitória é tão sua quanto minha.

À minha tia Cecília, *in memoriam*, a quem devo o primeiro passo dessa trajetória. Foi você quem me abriu as portas da faculdade, e foi com você que eu quis dividir cada conquista. Sua memória vive em cada linha deste trabalho.

À minha filha, Maria Cecília, que despertou em mim o desejo de ser uma mulher cada vez mais realizada. Você é minha maior motivação.

Ao meu orientador, Prof. Pedro Accioly, exemplo de dedicação e fonte de uma energia que move e inspira todos ao redor. Foi ele quem me deu a maior força ao aceitar ser meu orientador, um gesto que jamais esquecerei. Sempre presente, sempre me apoiando e me incentivando a ser melhor. Sua forma de guiar e conduzir o ensino clínico é singular, e sua orientação foi fundamental para a realização deste trabalho.

À Prof^a. Ramille, cuja inteligência brilhante e paixão pela pesquisa a levam a lugares admiráveis no mundo. Sua trajetória é uma inspiração constante, prova viva de que a dedicação ao conhecimento não tem fronteiras, obrigada por ter iluminado uma boa parte do meu caminho nessa jornada, e por todos os conselhos e ajuda para a construção deste TCC.

À Prof^a. Pollyana, que com gentileza e amor ensina que podemos oferecer sempre o melhor de nós ao próximo. Você é exemplo de profissional e de ser humano.

Ao meu irmão Felipe, pela presença constante e pelo apoio de sempre. E ao meu pai, Franciné, que da forma que pôde, esteve ao meu lado e contribuiu para que eu chegasse até aqui.

A todos os professores que ao longo desta caminhada deixaram sua marca na minha formação, o conhecimento que vocês compartilharam vai muito além das

paredes da faculdade. Aos meus clientes, que ao comprar cada pratinho me ajudaram, sem saber, a pagar cada mensalidade e a manter vivo o meu sonho. Vocês fazem parte desta história.

A cada profissional da instituição que, nos bastidores do dia a dia, mantém a faculdade de pé e acolhedora para todos nós, minha sincera gratidão.

Que esta conquista honre cada um de vocês e que ela seja apenas o começo de uma trajetória ainda maior, construída com a mesma gratidão, amor e determinação que me trouxeram até aqui.

RESUMO

A busca por tratamentos ortodônticos mais estéticos impulsionou o uso de alinhadores invisíveis, cujas propriedades ópticas devem ser preservadas ao longo do tratamento. O presente estudo objetivou analisar a influência de cinco protocolos de desinfecção química na variação cromática de dois tipos de alinhadores: o BioAlign, Bio-Art e o SmartTrack® Invisalign. Foram confeccionados 90 espécimes em formato de disco com 6 mm de diâmetro e 0,60mm de espessura, divididos aleatoriamente em 10 grupos experimentais (n=09), cruzando os dois materiais com cinco soluções desinfetantes: hipoclorito de sódio 1% (HS), detergente neutro 10% (DN), digliconato de clorexidina 2% (CHX), Corega Tabs® (CT) e bicarbonato de sódio 5% (BC). As amostras foram mantidas em solução tampão a 37°C por 22 horas diárias e submetidas à imersão nas respectivas soluções por 2 horas diárias, durante 14 dias consecutivos. A análise colorimétrica foi realizada nos dias 0, 7 e 14, por meio de espectrofotômetro digital, com cálculo da variação de cor (ΔE) pela fórmula CIEDE2000. Os dados foram analisados pelo teste ANOVA one-way seguido do teste de Tukey, e ANOVA para medidas repetidas ($p < 0,05$), com auxílio do programa GraphPad Prism 11.0. Os resultados demonstraram que o material influenciou significativamente a susceptibilidade às alterações cromáticas. No grupo BioAlign, o grupo BC apresentou a maior variação de cor ($\Delta E = 8,464$ em T2), com diferença estatisticamente significativa em relação a todas as demais substâncias ($p \leq 0,02$). No grupo Invisalign, o grupo CHX produziu o maior valor de ΔE acumulado ao final de 14 dias ($\Delta E = 7,112$ em T3), com diferença significativa em relação ao grupo BC ($\Delta E = 3,75$) ($p = 0,02$) e piora progressiva ao longo do tempo ($\Delta E = 7,112$) ($p = 0,01$). O grupo DN apresentou as menores variações de cor em ambos os materiais e em todos os períodos avaliados, com valores de ΔE entre 2,216 a 4,816. Conclui-se que todos os protocolos testados induziram algum grau de alteração cromática nos alinhadores, com comportamento distinto entre os materiais e as substâncias. O bicarbonato de sódio demonstrou maior influência na estabilidade de cor para as amostras do alinhador BioAlign, enquanto o digliconato de clorexidina causou efeito mais pronunciado sobre o alinhador Invisalign.

Palavras-chave: aparelhos ortodônticos removíveis; cor; desinfecção.

ABSTRACT

The increasing demand for more aesthetic orthodontic treatments has driven the widespread use of invisible aligners, whose optical properties must be preserved throughout treatment. This study aimed to analyze the influence of five chemical disinfection protocols on the color variation of two types of aligners: BioAlign (Bio-Art) and SmartTrack® (Invisalign). Ninety disc-shaped specimens measuring 6 mm in diameter and 0.60 mm in thickness were fabricated and randomly divided into 10 experimental groups (n=9), crossing the two materials with five disinfecting solutions: 1% sodium hypochlorite (SH), 10% neutral detergent (ND), 2% chlorhexidine digluconate (CHX), Corega Tabs® (CT), and 5% sodium bicarbonate (SB). Specimens were stored in a buffer solution at 37°C for 22 hours daily and immersed in the respective solutions for 2 hours daily over 14 consecutive days. Colorimetric analysis was performed on days 0, 7, and 14 using a digital spectrophotometer, with color variation (ΔE) calculated using the CIEDE2000 formula. Data were analyzed by one-way ANOVA followed by Tukey's test and repeated-measures ANOVA ($p < 0.05$), using GraphPad Prism 11.0. Results showed that the material significantly influenced susceptibility to chromatic changes. In the BioAlign group, the SB group exhibited the greatest color variation ($\Delta E = 8.464$ at T2), with a statistically significant difference compared to all other substances ($p \leq 0.02$). In the Invisalign group, CHX produced the highest cumulative ΔE at 14 days ($\Delta E = 7.112$ at T3), with a significant difference compared to the SB group ($\Delta E = 3.75$) ($p = 0.02$) and progressive worsening over time ($p = 0.01$). The ND group showed the lowest color variation across both materials and all evaluated periods, with ΔE values ranging from 2.216 to 4.816. It was concluded that all tested protocols induced some degree of chromatic alteration in the aligners, with distinct behavior between materials and substances. Sodium bicarbonate showed the greatest influence on color stability for BioAlign specimens, while chlorhexidine digluconate had a more pronounced effect on Invisalign aligners.

Keywords: removable orthodontic appliances; color; disinfection.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Delineamento experimental.....	25
Figura 2 – Corte da amostra do alinhador invisível SmartTrack®Invisalign.....	27
Figura 3 – Corte da amostra do alinhador da BioAlign.....	27
Figura 4 – Dispositivo utilizado para mensuração da cor (Vita Easyshade).....	30
Figura 5 – Confeção da base de resina composta fluida de cor A3.....	30

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Descrição dos grupos experimentais segundo o material e a solução desinfetante.....	26
Quadro 2 – Média da variação de cor (ΔE) e desvio-padrão das amostras do grupo SmartTrack® Invisalign após período de imersão de 7 dias (T1) nas cinco substâncias experimentais.....	31
Quadro 3 – Média da variação de cor (ΔE) e desvio-padrão das amostras do grupo SmartTrack® Invisalign após período de imersão entre o 7º e 14º dia (T2) nas cinco substâncias experimentais.....	32
Quadro 4 – Média da variação de cor (ΔE) e desvio-padrão das amostras do grupo SmartTrack® Invisalign após período de imersão entre o dia 0 e 14º dia (T3) nas cinco substâncias experimentais.....	33
Quadro 5 – Média da variação de cor (ΔE) e desvio-padrão das amostras grupo BioAlign Bio-Art® após período de imersão de 7 dias (T1) nas cinco substâncias experimentais.....	34
Quadro 6 – Média da variação de cor (ΔE) e desvio-padrão das amostras do grupo BioAlign Bio-Art® após período de imersão entre o 7º e 14º dia (T2) nas cinco substâncias experimentais.....	35
Quadro 7 – Média da variação de cor (ΔE) e desvio-padrão das amostras do grupo BioAlign Bio-Art® após período de imersão entre o dia 0 e 14º dia (T3) nas cinco substâncias experimentais.....	36
Quadro 8 – Média da variação de cor (ΔE) e desvio-padrão das amostras do grupo SmartTrack® Invisalign após período de imersão de 7 dias (T1), entre o 7º e 14º dia (T2) e entre o dia 0 e 14º dia (T3) em detergente neutro (DN).....	37
Quadro 9 – Média da variação de cor (ΔE) e desvio-padrão das amostras do grupo SmartTrack® Invisalign após período de imersão de 7 dias (T1), entre o 7º e 14º dia (T2), e entre o dia 0 e 14º dia (T3) em hipoclorito de sódio (HS).....	38
Quadro 10 – Média da variação de cor (ΔE) e desvio-padrão das amostras do grupo SmartTrack® Invisalign após período de imersão de 7 dias (T1), entre o 7º e 14º dia (T2), e entre o dia 0 e 14º dia (T3) em bicarbonato de sódio (BC).....	39
Quadro 11 – Média da variação de cor (ΔE) e desvio-padrão das amostras do grupo SmartTrack® Invisalign após período de imersão de 7 dias (T1), entre o 7º e 14º dia (T2), e entre o dia 0 e 14º dia (T3) em corega tabs (CT).....	40

Quadro 12 – Média da variação de cor (ΔE) e desvio-padrão das amostras do grupo SmartTrack® Invisalign após período de imersão de 7 dias (T1), entre o 7º e 14º dia (T2), e entre o dia 0 e 14º dia (T3) em digliconato de clorexidina (CHX).....	41
Quadro 13 – Média da variação de cor (ΔE) e desvio-padrão das amostras do grupo BioAlign Bio-Art® após período de imersão de 7 dias (T1), entre o 7º e 14º dia (T2), e entre o dia 0 e 14º dia (T3) em detergente neutro (DN).....	42
Quadro 14 – Média da variação de cor (ΔE) e desvio-padrão das amostras do grupo BioAlign Bio-Art® após período de imersão de 7 dias (T1), entre o 7º e 14º dia (T2), e entre o dia 0 e 14º dia (T3) em hipoclorito de sódio (HS).....	43
Quadro 15 – Média da variação de cor (ΔE) e desvio-padrão das amostras do grupo BioAlign Bio-Art® após período de imersão de 7 dias (T1), entre o 7º e 14º dia (T2), e entre o dia 0 e 14º dia (T3) em bicarbonato de sódio (BC).....	44
Quadro 16 – Média da variação de cor (ΔE) e desvio-padrão das amostras do grupo BioAlign Bio-Art® após período de imersão de 7 dias (T1), entre o 7º e 14º dia (T2), e entre o dia 0 e 14º dia (T3) em corega tabs (CT).....	45
Quadro 17 – Média da variação de cor (ΔE) e desvio-padrão das amostras do grupo BioAlign Bio-Art® após período de imersão de 7 dias (T1), entre o 7º e 14º dia (T2), e entre o dia 0 e 14º dia (T3) em digliconato de clorexidina (CHX).....	46

LISTA DE GRÁFICO

Gráfico 1 – Média da variação de cor (ΔE) e desvio-padrão das amostras do grupo SmartTrack® Invisalign após período de imersão de 7 dias (T1) nas cinco substâncias experimentais.....	31
Gráfico 2 – Média da variação de cor (ΔE) e desvio-padrão das amostras do grupo SmartTrack® Invisalign após período de imersão entre o 7º e 14º dia (T2) nas cinco substâncias experimentais.....	32
Gráfico 3 – Média da variação de cor (ΔE) e desvio-padrão das amostras do grupo SmartTrack® Invisalign após período de imersão de 14 dias (T3) nas cinco substâncias experimentais.....	33
Gráfico 4 – Média da variação de cor (ΔE) e desvio-padrão das amostras do grupo BioAlign Bio-Art® após período de imersão de 7 dias (T1) nas cinco substâncias experimentais.....	34
Gráfico 5 – Média da variação de cor (ΔE) e desvio-padrão das amostras do grupo BioAlign Bio-Art® após o período de imersão entre o 7º e 14º dia (T2) nas cinco substâncias experimentais.....	35
Gráfico 6 – Média da variação de cor (ΔE) e desvio-padrão das amostras do grupo BioAlign Bio-Art® após período de imersão de 14 dias (T3) nas cinco substâncias experimentais.....	36
Gráfico 7 – Média da variação de cor (ΔE) e desvio-padrão das amostras do grupo SmartTrack® Invisalign após período de imersão de 7 dias (T1), entre o 7º e 14º dia (T2) e entre o dia 0 e 14º dia (T3) em detergente neutro (DN).....	37
Gráfico 8 – Média da variação de cor (ΔE) e desvio-padrão das amostras do grupo SmartTrack® Invisalign após período de imersão de 7 dias (T1), entre o 7º e 14º dia (T2), e entre o dia 0 e 14º dia (T3) em hipoclorito de sódio (HS).....	38
Gráfico 9 – Média da variação de cor (ΔE) e desvio-padrão das amostras do grupo SmartTrack® Invisalign após período de imersão de 7 dias (T1), entre o 7º e 14º dia (T2), e entre o dia 0 e 14º dia (T3) em bicarbonato de sódio (BC).....	39
Gráfico 10 – Média da variação de cor (ΔE) e desvio-padrão das amostras do grupo SmartTrack® Invisalign após período de imersão de 7 dias (T1), entre o 7º e 14º dia (T2), e entre o dia 0 e 14º dia (T3) em corega tabs (CT).....	40

Gráfico 11 – Média da variação de cor (ΔE) e desvio-padrão das amostras do grupo SmartTrack® Invisalign após período de imersão de 7 dias (T1), entre o 7º e 14º dia (T2), e entre o dia 0 e 14º dia (T3) em digliconato de clorexidina (CHX).....	41
Gráfico 12 – Média da variação de cor (ΔE) e desvio-padrão das amostras do grupo BioAlign Bio-Art® após período de imersão de 7 dias (T1), entre o 7º e 14º dia (T2), e entre o dia 0 e 14º dia (T3) em detergente neutro (DN).....	42
Gráfico 13 – Média da variação de cor (ΔE) e desvio-padrão das amostras do grupo BioAlign Bio-Art® após período de imersão de 7 dias (T1), entre o 7º e 14º dia (T2), e entre o dia 0 e 14º dia (T3) em hipoclorito de sódio (HS).....	43
Gráfico 14 – Média da variação de cor (ΔE) e desvio-padrão das amostras do grupo BioAlign Bio-Art® após período de imersão de 7 dias (T1), entre o 7º e 14º dia (T2), e entre o dia 0 e 14º dia (T3) em bicarbonato de sódio (BC).....	44
Gráfico 15 – Média da variação de cor (ΔE) e desvio-padrão das amostras do grupo BioAlign Bio-Art® após período de imersão de 7 dias (T1), entre o 7º e 14º dia (T2), e entre o dia 0 e 14º dia (T3) em corega tabs (CT).....	45
Gráfico 16 – Média da variação de cor (ΔE) e desvio-padrão das amostras do grupo BioAlign Bio-Art® após período de imersão de 7 dias (T1), entre o 7º e 14º dia (T2), e entre o dia 0 e 14º dia (T3) em digliconato de clorexidina (CHX).....	46

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Unichristus	Universidade Christus
DN	Detergente neutro 10%
HS	Hipoclorito de sódio 1%
BC	Bicarbonato de sódio 5%
CT	Corega Tabs
CHX	Digliconato de Clorexidina 2%
T1	Dia 0 ao dia 7
T2	Dia 7 ao dia 14
T3	Dia 0 ao dia 14
D0	Dia 0
D7	Dia 7
D14	Dia 14

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	17
2. OBJETIVOS	19
2.1. Objetivo Geral	19
2.2. Objetivos Específicos	19
3. REFERENCIAL TEÓRICO	20
3.1 Materiais dos alinhadores ortodônticos e propriedades físico-químicas	20
3.2 Agentes desinfetantes utilizados na higienização de alinhadores ortodônticos	20
3.3 Alteração de cor e influência de agentes pigmentantes	21
3.4 Protocolos de desinfecção e impacto nas propriedades dos alinhadores	22
3.5 Relação entre desinfecção, envelhecimento e estabilidade de cor	23
4. MATERIAIS E MÉTODOS	25
4.1 Delineamento do estudo	25
4.2 Cálculo Amostral	25
4.3 Grupos Experimentais	26
4.4 Preparo das amostras	26
4.5 Preparo das soluções experimentais	27
4.6 Protocolo de imersão nas soluções experimentais:	28
4.7 Análise da estabilidade da cor:	29
4.8 Análise Estatística:	30
5. RESULTADOS	31
5.1 Análise da variação de cor (ΔE) das amostras do grupo SmartTrack® Invisalign imersas nas soluções ao longo do período experimental T1.	31
5.2 Análise da variação de cor (ΔE) das amostras do grupo SmartTrack® Invisalign imersas nas soluções ao longo do período experimental T2.	32
5.3 Análise da variação de cor (ΔE) das amostras do grupo SmartTrack® Invisalign imersas nas soluções ao longo do período experimental T3.	33
5.4 Análise da variação de cor (ΔE) das amostras do grupo BioAlign Bio-Art® imersas nas soluções ao longo do período experimental T1.	34

5.5 Análise da variação de cor (ΔE) das amostras do grupo BioAlign Bio-Art® imersas nas soluções ao longo do período experimental T2.	35
5.6 Análise da variação de cor (ΔE) das amostras de grupo BioAlign Bio-Art® imersas nas soluções ao longo do período experimental T3.	36
5.7 Análise da variação de cor (ΔE) das amostras do grupo SmartTrack® Invisalign imersas na solução detergente neutro (DN) ao longo dos períodos experimentais.	37
5.8 Análise da variação de cor (ΔE) das amostras do grupo SmartTrack® Invisalign imersas na solução hipoclorito de sódio (HS) ao longo dos períodos experimentais.	38
5.9 Análise da variação de cor (ΔE) das amostras de do grupo SmartTrack® Invisalign imersas na solução bicarbonato de sódio (BC) ao longo dos períodos experimentais.	39
5.10 Análise da variação de cor (ΔE) das amostras do grupo SmartTrack® Invisalign imersas na solução corega tabs (CT) ao longo dos períodos experimentais.	40
5.11 Análise da variação de cor (ΔE) das amostras do grupo SmartTrack® Invisalign imersas na solução digliconato de clorexidina (CHX) ao longo dos períodos experimentais.	41
5.12 Análise da variação de cor (ΔE) das amostras do grupo BioAlign Bio-Art® imersas na solução detergente neutro (DN) ao longo dos períodos experimentais	42
5.13 Análise da variação de cor (ΔE) das amostras do grupo BioAlign Bio-Art® imersas na solução hipoclorito de sódio (HS) ao longo dos períodos experimentais	43
5.14 Análise da variação de cor (ΔE) das amostras do grupo BioAlign Bio-Art® imersas na solução bicarbonato de sódio (BC) ao longo dos períodos experimentais.	44
5.15 Análise da variação de cor (ΔE) das amostras do grupo BioAlign Bio-Art® imersas na solução corega tabs (CT) ao longo dos períodos experimentais.	45
5.16 Análise da variação de cor (ΔE) das amostras do grupo BioAlign Bio-Art® imersas na solução digliconato de clorexidina (CHX) ao longo dos períodos	

experimentais.	46
6. DISCUSSÃO	47
7. CONCLUSÃO	53
REFERÊNCIAS	54

1. INTRODUÇÃO

Com o passar do tempo, vem sendo observado um aumento significativo na busca por tratamentos ortodônticos em pacientes adultos que priorizem alternativas estéticas e confortáveis em relação aos aparelhos convencionais. Nesse contexto, os alinhadores invisíveis surgem como uma opção terapêutica inovadora, baseada no conceito introduzido por Kesling em 1946, que propôs a movimentação dentária progressiva por meio de posicionadores termoplásticos sequenciais (Rossani *et al.*, 2015).

Os alinhadores invisíveis são confeccionados a partir de materiais termoplásticos transparentes e atuam promovendo movimentações dentárias graduais por meio da troca sequencial de placas. Entre suas principais vantagens destacam-se a estética, o conforto e a removibilidade, permitindo melhor higienização dentária quando comparados aos aparelhos fixos. Os polímeros mais empregados na produção incluem; o tereftalato de polietileno (PET) e sua forma copolimerizada com etilenoglicol (PETG); o poliuretano termoplástico (TPU), que apresentam diferentes comportamentos em relação à resistência mecânica e susceptibilidade à pigmentação. As características desses materiais dependem de sua composição química e interação de seus componentes estruturais (Delgado *et al.*, 2025; Ryokawa *et al.*, 2006).

Entretanto, a manutenção de suas propriedades ópticas, como a cor, se torna um desafio clínico, uma vez que alterações de cor afetam a aceitabilidade do tratamento e a satisfação do paciente (Delgado *et al.*, 2025). A exposição dos dispositivos às substâncias com alto potencial cromogênico, como café, chá e vinho tinto, vem sendo apontada como um dos principais fatores responsáveis pela alteração de cor dos alinhadores. Estudos apontam que esses produtos são as causas das mudanças cromáticas significativas em curto período, por meio de mecanismos de absorção e adsorção de pigmentos na matriz polimérica (Elkholy *et al.*, 2019). Além disso, fatores como temperatura, pH e tempo de exposição tendem a potencializar tal processo.

Outro aspecto importante é o envelhecimento dos materiais, que pode ocorrer tanto em condições clínicas quanto em ensaios laboratoriais. O envelhecimento promove alterações estruturais na matriz polimérica, incluindo degradação química, absorção de água e aumento da rugosidade superficial, fatores que favorecem a

retenção de pigmentos e intensificam o manchamento (Alweneen *et al.*, 2025). A rugosidade superficial, por sua vez, também está associada ao acúmulo de biofilme, favorecendo a adesão e proliferação de microrganismos na superfície dos alinhadores, podendo causar alterações estéticas e de saúde bucal, tais: halitose, inflamação gengival e desmineralização do esmalte (Gracco *et al.*, 2009).

Na atualidade existem diversos protocolos de higienização para dispositivos removíveis utilizados na prática clínica, incluindo métodos mecânicos, como escovação, e métodos químicos, como o uso de soluções desinfetantes, clorexidina e pastilhas efervescentes para controlar o biofilme e manter a integridade dos alinhadores. Entretanto, mesmo com sua eficácia comprovada, esses métodos tendem a interferir nas propriedades do material, causando alterações superficiais, levando a potencialização do manchamento do mesmo (Hu *et al.*, 2026).

Ao realizar a higienização dos alinhadores ortodônticos, diversos agentes químicos vêm sendo empregados com o objetivo de reduzir a formação do biofilme garantindo a saúde bucal. Dentre os principais destacam-se o hipoclorito de sódio a 1%, o gluconato de clorexidina a 2%, o bicarbonato de sódio, o detergente neutro e as pastilhas efervescentes comerciais, como o Corega Tabs®. Esses agentes possuem diferentes formas de ação, desde a capacidade antimicrobiana até efeitos sobre a superfície e coloração dos materiais (DalPorno *et al.*, 2021).

A ação antimicrobiana do hipoclorito de sódio, clorexidina, detergente neutro e Corega Tabs® contribui para reduzir a quantidade de biofilme bacteriano, especialmente daquele associado ao *Streptococcus mutans* (Silva *et al.*, 2025). No entanto, diferentes métodos de limpeza e agentes desinfetantes podem influenciar a rugosidade superficial e a estabilidade óptica dos materiais utilizados em alinhadores invisíveis (DalPorno *et al.*, 2021).

Dessa forma, a estabilidade de cor dos alinhadores invisíveis deve ser compreendida como resultado da interação de múltiplos fatores, incluindo características do material, exposição a agentes pigmentantes, envelhecimento, protocolos de desinfecção e materiais utilizados. A importância estética desses dispositivos, associada à ausência de padronização dos métodos de higienização, evidencia a necessidade de investigar o impacto desses protocolos sobre a estabilidade cromática dos alinhadores.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Analisar *in vitro* a influência de diferentes protocolos de desinfecção química na variação cromática de dois tipos de alinhadores invisíveis (BioAlign Bio-Art® e SmartTrack® Invisalign).

2.2. Objetivos Específicos

- Quantificar a variação de cor (ΔE) observada em dois tipos de alinhadores (BioAlign Bio-Art® e SmartTrack® Invisalign) após a realização de cinco protocolos de desinfecção ao longo de 14 dias: detergente neutro, hipoclorito de sódio 1%, bicarbonato de sódio 5%, Corega® Tabs e Digliconato de Clorexidina 2%;
- Comparar as variações de cor (ΔE) observadas nos alinhadores (BioAlign Bio-Art® e SmartTrack® Invisalign) entre os cinco protocolos de desinfecção: detergente neutro, hipoclorito de sódio 1%, bicarbonato de sódio 5%, Corega® Tabs e Digliconato de Clorexidina 2%.
- Comparar as variações de cor (ΔE) observadas nos alinhadores (BioAlign Bio-Art® e SmartTrack® Invisalign) ao longo de 3 períodos experimentais para cada protocolo de desinfecção.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Materiais dos alinhadores ortodônticos e propriedades físico-químicas

Polímeros termoplásticos podem ser utilizados na confecção dos aparelhos ortodônticos invisíveis devido às suas propriedades óticas e mecânicas importantes. Dentre os materiais mais utilizados, pode-se destacar o PETG - Polietileno tereftalato glicol e o TPU - Poliuretano Termoplástico que se diferenciam por suas características estruturais e comportamentais sob as condições do meio bucal. Adicionalmente, o grau de cristalinidade e a organização das cadeias moleculares geram uma composição química que exerce influência direta sobre a resistência mecânica, flexibilidade, absorção de água e estabilidade da cor (Delgado *et al.*, 2025).

A composição do material interfere diretamente na forma como o mesmo reage ao ambiente. Nesse contexto, polímeros que apresentam maior afinidade por água são mais propensos a realizar uma maior absorção de líquidos e, como consequência, uma maior incorporação de substâncias pigmentosas. Nesse sentido, materiais feitos com base de poliuretano tendem a apresentar uma maior incidência à degradação e à alteração cromática quando comparados aos materiais baseados em PETG, principalmente após períodos prolongados de exposição a agentes externos (Bradley *et al.*, 2016). Esse tipo de comportamento é explicado pela maior permeabilidade do material e pela interação química com compostos presentes no meio bucal.

A superfície do alinhador possui um importante papel para o seu comportamento e desempenho clínico. A ocorrência de alterações na rugosidade da superfície é algo habitual com o uso, tanto devido ao desgaste mecânico como à ação dos agentes químicos na higienização. Essas mudanças podem aumentar a capacidade para retenção de pigmentos e microrganismos, assim como afetar a estética e a biocompatibilidade do dispositivo (Iliadi *et al.*, 2024).

Outro aspecto importante refere-se aos diferentes tipos de materiais que podem ser utilizados na confecção dos alinhadores. A literatura aponta que determinados polímeros apresentam maior resistência à pigmentação, enquanto outros sofrem alterações de forma mais rápida e gradativa quando expostos às mesmas condições (Delgado *et al.*, 2025).

3.2 Agentes desinfetantes utilizados na higienização de alinhadores ortodônticos

A higienização dos alinhadores ortodônticos pode ser realizada por meio de diferentes agentes químicos que possuem variações de eficácia antimicrobiana e impacto sobre as propriedades dos materiais. Entre os mais utilizados na prática clínica destacam-se o hipoclorito de sódio, o gluconato de clorexidina, o bicarbonato de sódio, o detergente neutro e o peróxido de hidrogênio, as pastilhas efervescentes comerciais (Dalforno *et al.*, 2021).

O hipoclorito de sódio é comumente utilizado devido à sua eficácia na ação antimicrobiana, sendo capaz de causar a desinfecção da superfície de microrganismos, agindo na oxidação celular. De semelhante forma, o gluconato de clorexidina possui ação bactericida e bacteriostática, se tornando um dos agentes mais potentes no controle de biofilme (Semenoff *et al.*, 2010). No entanto, ambos os agentes interagem com a matriz dos alinhadores, resultando em alterações superficiais e na coloração ao longo do tempo (Silva *et al.*, 2025).

O bicarbonato de sódio, é utilizado como alternativa de baixo custo para higienização dos alinhadores, apresentando efetividade mecânica na remoção de resíduos superficiais devido a sua baixa ação abrasiva. Entretanto, sua ação antimicrobiana é limitada ao ser comparada a outros agentes, não demonstrando redução significativa da quantidade de biofilme bacteriano (Silva *et al.*, 2025).

O detergente neutro vem sendo descrito como uma alternativa eficiente na remoção e controle do biofilme, especialmente ao ser associado à ação mecânica. Além disso, apresenta um potencial reduzido de causar alterações na superfície e cor dos alinhadores, sendo considerado uma opção conservadora ao avaliar pelo ponto de vista estético (Silva *et al.*, 2025). Esse comportamento também é relatado quando se avaliam diferentes métodos de higienização, demonstrando alterações menores ao avaliar a rugosidade e coloração (Dalforno *et al.*, 2021).

Peróxido de hidrogênio, as pastilhas efervescentes como o Corega Tabs®, atuam ao liberar agentes oxidantes e surfactantes, promovendo a limpeza química dos dispositivos. Essas substâncias apresentam eficácia antimicrobiana, entretanto tendem a induzir alterações cromáticas quando utilizadas por longos períodos, levando ao comprometimento estético dos dispositivos (Silva *et al.*, 2025). Isso sendo observado em estudo que avaliou métodos de limpeza em dispositivos removíveis, destacando a

necessidade de associação com métodos mecânicos para controle do biofilme bacteriano (Fathi *et al.*, 2015).

3.3 Alteração de cor e influência de agentes pigmentantes

A alteração da cor dos alinhadores ortodônticos é frequentemente observada durante o tratamento, relacionando à interação entre; material e substâncias presentes no meio bucal, especialmente as que apresentam alto potencial cromogênico, como café, chá e vinho tinto, além de alimentos ricos em corantes. Essas substâncias são capazes de promover mudanças perceptíveis na coloração dos alinhadores em um curto intervalo de tempo (Olteanu *et al.*, 2024; Delgado *et al.*, 2025).

3.4 Protocolos de desinfecção e impacto nas propriedades dos alinhadores

A limpeza correta dos alinhadores ortodônticos é necessária para evitar acúmulo de biofilme e manter a saúde bucal durante todo tratamento ortodôntico. Devido a necessidade desses dispositivos permanecerem em contato direto com os dentes por longos períodos, sua limpeza deve ser realizada de forma regular e eficaz. Em clínica, são utilizados diferentes métodos de higienização, que incluem: escovação mecânica e uso de soluções químicas específicas. (Hu *et al.*, 2026; Dalforno *et al.*, 2021)

A escovação mecânica, mesmo amplamente utilizada, tende a provocar degradação progressiva na superfície dos alinhadores, quando feita com escovas rígidas ou com o uso de dentífricos abrasivos. Esses desgastes resultam no aumento da rugosidade superficial, favorecendo a retenção de pigmentos e microrganismos (Hu *et al.*, 2026). Entretanto, métodos químicos, como o uso de clorexidina, pastilhas efervescentes e outras soluções desinfetantes, reduzem a carga microbiana, mas também tendem a interferir nas propriedades do material.

A interação entre agentes químicos e a matriz do alinhador pode levar a alterações superficiais, modificando suas propriedades. Em alguns casos, essas alterações não são visíveis imediatamente, contudo tornam o material mais propenso à degradação e a alteração de cor ao longo do tempo (Dalforno *et al.*, 2021). Além disso, diferentes produtos apresentam diferentes efeitos, o que dificulta a definição de um protocolo universal.

Embora os métodos de limpeza sejam eficazes na redução do biofilme, eles nem

sempre são capazes de restaurar completamente as condições iniciais dos alinhadores após alterações na superfície ou na cor (Abbate *et al.*, 2015).

3.5 Relação entre desinfecção, envelhecimento e estabilidade de cor

A estabilidade de cor dos alinhadores é algo multifatorial, dependendo de variantes como o envelhecimento do material, a exposição a agentes pigmentantes e os métodos de desinfecção utilizados. Com o passar do tempo, os polímeros sofrem alterações estruturais, como absorção de água, degradação química e aumento da rugosidade superficial, o que pode comprometer suas propriedades ópticas (Iliadi *et al.*, 2024).

Essas mudanças tornam o material suscetível à retenção de pigmentos, especialmente quando associado ao contato frequente com substâncias cromogênicas (He *et al.*, 2025; Iliadi *et al.*, 2024). O uso contínuo de agentes químicos de higienização pode intensificar tal processo, promovendo alterações adicionais na superfície dos alinhadores.

A degradação superficial causada por esses fatores tende a aumentar a afinidade do material por compostos pigmentantes, contribuindo para alterações de cor progressivas ao longo do tempo (Bradley *et al.*, 2016). Esse efeito demonstra que a estabilidade de cor está relacionada à combinação entre desgaste, absorção de pigmentos e exposição a agentes químicos.

Diante disso, é necessário avaliar de forma integrada os diferentes fatores envolvidos nesse processo, uma vez que eles atuam de maneira conjunta no comportamento dos materiais. A compreensão dessa interação é essencial para orientar a escolha de protocolos de higienização mais adequados e contribuir para a manutenção da estética dos alinhadores durante o tratamento ortodôntico.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Delineamento do estudo

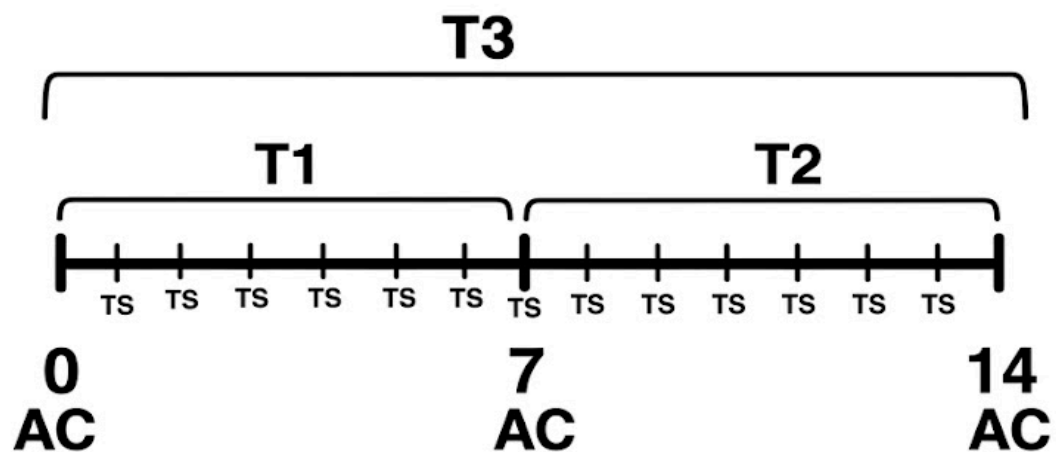
A presente pesquisa trata-se de um estudo experimental, laboratorial, *in vitro*.

A pesquisa analisa a estabilidade cromática de dois tipos de alinhadores invisíveis confeccionados a partir de dois materiais distintos: o copoliéster (Bioalign®, produzido pela Bio-Art) e o polímero termoplástico (SmartTrack®, produzido pela Invisalign).

Para a composição da amostra, foram confeccionados 90 espécimes em formato de disco. Estes foram divididos aleatoriamente em 10 grupos experimentais (n=09), cruzando os dois tipos de alinhadores com os cinco protocolos de desinfecção propostos a seguir.

A análise de cor (ΔE) foi realizada em 3 tempos experimentais (T1, T2 e T3), conforme descrito na figura abaixo.

Figura 1: Delineamento experimental.



Legenda: TS: troca de substância, AC análise de cor, T1: dia 0 ao dia 7, T2: dia 7 ao dia 14, T3: dia 0 ao dia 14.

Fonte: próprio autor.

4.2 Cálculo Amostral

Com base nos achados de OLTEANU *et al.* (2024), que observaram diferenças significativas entre dois diferentes alinhadores invisíveis após sete dias de imersão em vinho tinto ($\Delta E = -0.85 \pm 1.48$ vs -3.48 ± 1.82), estimou-se a necessidade de nove amostras por grupo experimental deste estudo, considerando poder estatístico de 90% de poder e nível de confiança de 95% (teste t de Student).

4.3 Grupos Experimentais

Os espécimes foram distribuídos de acordo com o material de fabricação (BioAlign Bio-Art® e SmartTrack® Invisalign) e foram submetidos a imersão em cinco soluções desinfetantes (detergente neutro, hipoclorito de sódio 1%, bicarbonato de sódio 5%, Corega® Tabs e Digliconato de Clorexidina 2%), conforme detalhado no Quadro 1.

Quadro 1 – Descrição dos grupos experimentais segundo o material e a solução desinfetante.

GRUPO	ALINHADOR	SUBSTÂNCIA QUÍMICA
DN INV	SmartTrack® Invisalign	Detergente Neutro
HS INV		Hipoclorito de Sódio 1%
BC INV		Bicarbonato de Sódio 5%
CT INV		Corega® Tabs
CHX INV		Digliconato de Clorexidina 2%
DN BIO	BioAlign Bio-Art®	Detergente Neutro
HS BIO		Hipoclorito de Sódio 1%
BC BIO		Bicarbonato de Sódio 5%
CT BIO		Corega® Tabs
CHX BIO		Digliconato de Clorexidina 2%

4.4 Preparo das amostras

Os espécimes do grupo SmartTrack® Invisalign foram obtidos a partir da doação de alinhadores invisíveis previamente confeccionados e não utilizados (tratamento ortodôntico não concluído). Foram confeccionadas amostras em formato de disco com dimensões padronizadas de 6 mm de diâmetro e 0,60 mm de espessura, sendo obtidas a partir da região mais plana do alinhador, utilizando perfurador circular, conforme figura 2. Já os espécimes do grupo BioAlign Bio-Art® foram obtidos a partir

de placas comerciais da marca Bio-Art , também por meio da confecção de discos de 6 mm x 0,60 mm, com perfurador circular, de acordo com a figura 3.

Figura 2: Corte da amostra do alinhador invisível SmartTrack®Invisalign.



Fonte: próprio autor.

Figura 3: Corte da amostra do alinhador da BioAlign.



Fonte: próprio autor.

4.5 Preparo das soluções experimentais

As cinco soluções desinfetantes (detergente neutro, hipoclorito de sódio 1%, bicarbonato de sódio 5%, Corega® Tabs e Digliconato de Clorexidina 2%) utilizadas no estudo foram preparadas ou adquiridas conforme descrito a seguir, seguindo padronização e controle das concentrações e condições de preparo para cada grupo experimental.

O detergente neutro (DN) foi adquirido em estabelecimento comercial especializado em materiais hospitalares e utilizado em temperatura ambiente controlada (23 ± 2 °C). A solução foi preparada na concentração de 10% (v/v), mediante diluição de 100 μ L do produto em 900 μ L de água destilada, conforme protocolo previamente estabelecido para esse tipo de agente de higienização (Silva *et al.*, 2025).

O hipoclorito de sódio a 1% (Solução de Milton) (HS) foi adquirido em estabelecimento comercial especializado em materiais odontológicos e utilizado na concentração original de fabricação, sem diluição adicional, sendo empregado diretamente no protocolo de imersão (Silva *et al.*, 2025).

O bicarbonato de sódio (BC) foi adquirido em estabelecimento comercial especializado em materiais odontológicos e preparado na concentração de 5% (m/v), mediante dissolução de 5 g do soluto em 100 mL de água destilada, com homogeneização até completa dissolução dos cristais antes de cada uso (Madeswaran; Jayachandran, 2018).

A solução de peróxido alcalino (Corega Tabs®) (CT) foi preparada imediatamente antes de cada ciclo de imersão, mediante dissolução completa de uma pastilha efervescente Corega Tabs® em água aquecida a 37°C em banho-maria, seguindo rigorosamente as instruções do fabricante, com tempo aproximado de dissolução de 3 minutos. O preparo imediato foi adotado para preservar a concentração ativa dos agentes oxidantes e surfactantes liberados pela reação efervescente (Fathi *et al.*, 2015).

O digliconato de clorexidina a 2% (CHX) (Riohex, Laboratório Rioquímica, São José do Rio Preto, SP, Brasil) foi adquirido em estabelecimento comercial especializado em materiais odontológicos e utilizado na concentração original de fabricação, sem diluição adicional, sendo empregado diretamente no protocolo de imersão (Silva *et al.*, 2025).

4.6 Protocolo de imersão nas soluções experimentais:

Os espécimes foram distribuídos aleatoriamente em placas de 24 poços, divididos de acordo com o grupo de solução desinfetante correspondente, e individualmente imersos em 500 μ L de solução tampão por poço, composta por KCl 50

mM, CaCl 1 mM e MgCl₂ 1 mM (pH 6,5), selecionada por mimetizar as condições iônicas da saliva artificial em modelo *in vitro*. As placas foram mantidas em condições controladas na estufa a 37°C por 22 horas diárias, ao longo de 14 dias consecutivos, com renovação diária da solução tampão, a fim de evitar saturação iônica (Al-Nadawi *et al.*, 2021; Rossini *et al.*, 2021). Diariamente, em horário padronizado, os espécimes foram removidos da solução tampão, lavados com água destilada e transferidos para novas placas de 24 poços contendo 1 mL da substância química de limpeza referente ao respectivo grupo experimental, nas quais permaneceram imersos por 2 horas. Decorrido esse período, os espécimes foram novamente lavados com água destilada, reposicionados em placas limpas com solução tampão recém-preparada e devolvidos à estufa a 37°C, reiniciando o ciclo diário de imersão.

4.7 Análise da estabilidade da cor:

Um espectrofotômetro digital portátil (Vita Easyshade, Vita Zahnfabrik H. Rauter GmbH & Co, Alemanha) foi utilizado para determinar a magnitude da variação colorimétrica ΔE_{00} , em que L* indica a luminosidade, a* corresponde à cromaticidade vermelho-verde e b* à cromaticidade amarelo-azul. Os parâmetros KL, KC e KH foram fixados em 1 (Sharma; Dalal, 2005). As medições foram realizadas no dia 0, dia 7 e dia 14 do período experimental, conforme descrito na figura 1 (delineamento experimental). A medição foi realizada através do posicionamento da ponta da sonda em um ângulo de 90°, perpendicular à superfície das amostras, mantendo a distância padronizada em todas as leituras. Para padronizar o local de aferição e evitar a interferência de luz ambiente, utilizou-se um guia de silicone (Express™ XT, 3M, São Paulo, Brasil) (figura 4). Foram feitas três leituras no centro das superfícies de cada espécime de copoliéster (bioalign, produzido pela Bio-Art) e polímero termoplástico (SmartTrack®, produzido pela Invisalign), posicionadas sobre uma base de resina composta fluida de cor A3 (Opallis Flow, FGM). A média dos valores de L*, a* e b* foi aplicada à fórmula CIEDE2000, com o objetivo de identificar as diferenças de cor resultantes dos experimentos (Garza *et al.*, 2016).

Figura 4: Dispositivo utilizado para mensuração da cor (Vita Easyshade).



Fonte: próprio autor.

Figura 5: Confecção da base de resina composta fluida de cor A3 (Opallis Flow, FGM).



Fonte: próprio autor.

4.8 Análise Estatística:

Para a análise das variáveis, os dados coletados foram tabulados, e foram calculadas as médias e desvios-padrões para cada grupo. Os dados foram submetidos ao teste de normalidade Shapiro-Wilk. Em seguida, para a análise da comparação da variação de cor entre os grupos experimentais, os dados foram submetidos ao teste ANOVA *one-way* seguido do pós-teste Tukey para comparações múltiplas. Para a análise do comportamento colorimétrico ao longo do tempo para cada substância testada (T1 *versus* T2 *versus* T3), foi realizado o teste ANOVA para medidas repetidas. O nível de significância pré-estabelecido foi de 5% ($p < 0,05$) e nível de confiança de 95%. Todas as análises foram realizadas por meio do programa *GraphPad Prism*, versão 11.0 (GraphPad Software Inc., San Diego, CA, EUA), para macOS (GraphPad Software, 2023).

5. RESULTADOS

5.1 Análise da variação de cor (ΔE) das amostras de SmartTrack® Invisalign imersas nas soluções ao longo do período experimental T1.

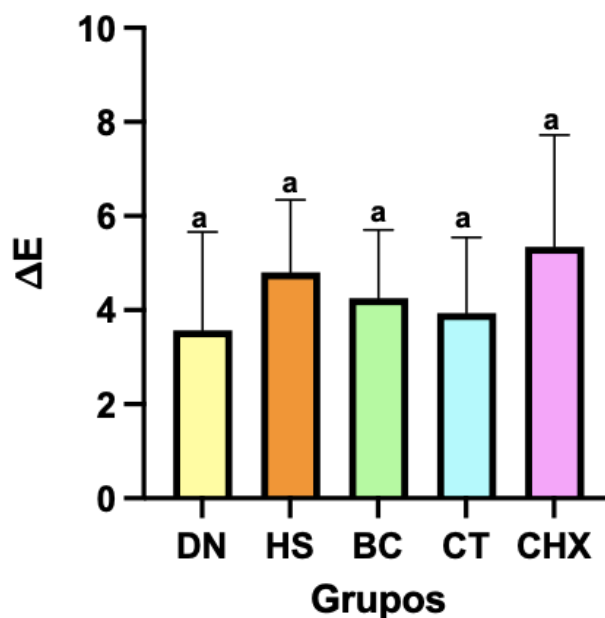
Na análise do período experimental T1 (após 7 dias de imersão nas soluções), não foi observada diferença na variação de cor (ΔE) entre as soluções para as amostras de SmartTrack® Invisalign ($p>0,05$) (Quadro 2) (Gráfico 1).

Quadro 2. Média da variação de cor (ΔE) e desvio-padrão das amostras de SmartTrack® Invisalign após período de imersão de 7 dias (T1) nas cinco substâncias experimentais.

	DN	HS	BC	CT	CHX
Média	3,5720	4,8040	4,256	3,934	5,348
Desvio-padrão	2,0870	1,5400	1,446	1,61	2,374

Legenda: DN: detergente neutro 10%; HS: hipoclorito de sódio 1%; BC: bicarbonato de sódio 5%; CT: corega tabs; CHX: digliconato de clorexidina 0,2%.

Gráfico 1. Média da variação de cor (ΔE) e desvio-padrão das amostras de SmartTrack® Invisalign após período de imersão de 7 dias (T1) nas cinco substâncias experimentais.



Legenda: As letras iguais representam grupos estatisticamente iguais. Letras diferentes representam grupos estatisticamente diferentes. Nível de significância $p<0,05$. Teste ANOVA seguido de Tukey. DN: detergente neutro 10%; HS: hipoclorito de sódio 1%; BC: bicarbonato de sódio 5%; CT: corega tabs; CHX: digliconato de clorexidina 2%.

5.2 Análise da variação de cor (ΔE) das amostras de SmartTrack® Invisalign imersas nas soluções ao longo do período experimental T2.

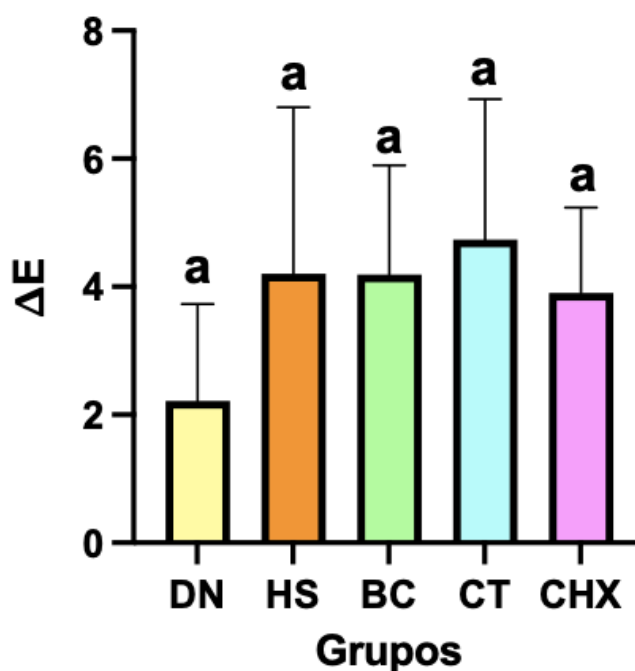
Na análise do tempo experimental T2 (período de imersão entre o 7º e 14º dia), não foi observada diferença na variação de cor (ΔE) entre as soluções para as amostras de SmartTrack® Invisalign ($p > 0,05$) (Quadro 3) (Gráfico 2).

Quadro 3. Média da variação de cor (ΔE) e desvio-padrão das amostras de SmartTrack® Invisalign após período de imersão entre o 7º e 14º dia (T2) nas cinco substâncias experimentais.

	DN	HS	BC	CT	CHX
Média	2,216	4,206	4,188	4,734	3,903
Desvio-padrão	1,513	2,594	1,707	2,199	1,337

Legenda: DN: detergente neutro 10%; HS: hipoclorito de sódio 1%; BC: bicarbonato de sódio 5%; CT: corega tabs; CHX: digliconato de clorexidina 0,2%.

Gráfico 2. Média da variação de cor (ΔE) e desvio-padrão das amostras de SmartTrack® Invisalign após período de imersão entre o 7º e 14º dia (T2) nas cinco substâncias experimentais.



Legenda: As letras iguais representam grupos estatisticamente iguais. Letras diferentes representam grupos estatisticamente diferentes. Nível de significância $p < 0,05$. Teste ANOVA seguido de Tukey. DN: detergente neutro 10%; HS: hipoclorito de sódio 1%; BC: bicarbonato de sódio 5%; CT: corega tabs; CHX: digliconato de clorexidina 2%.

5.3 Análise da variação de cor (ΔE) das amostras de SmartTrack® Invisalign imersas nas soluções ao longo do período experimental T3.

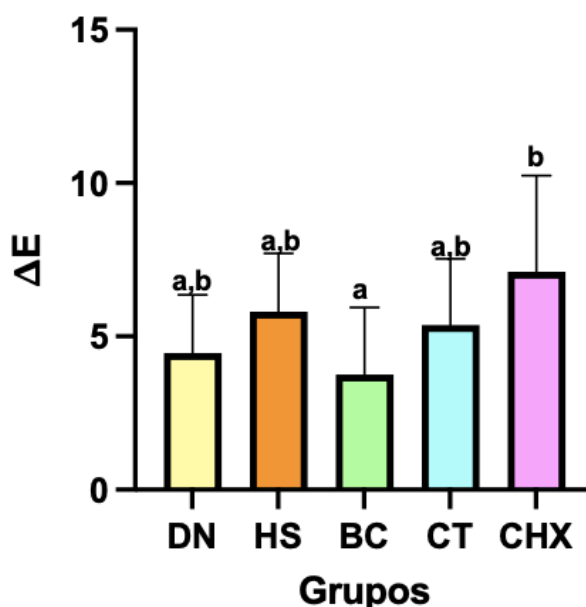
Na análise do tempo experimental T3 (após 14 dias de imersão nas soluções), foi observada diferença na variação de cor (ΔE) para as amostras de SmartTrack® Invisalign apenas na comparação entre o grupo BC e CHX ($p=0,02$) (Quadro 4) (Gráfico 3).

Quadro 4. Média da variação de cor (ΔE) e desvio-padrão das amostras de SmartTrack® Invisalign após período de imersão entre o dia 0 e 14º dia (T3) nas cinco substâncias experimentais.

	DN	HS	BC	CT	CHX
Média	4,452	5,812	3,751	5,37	7,112
Desvio-padrão	1,907	1,894	2,195	2,16	3,127

Legenda: DN: detergente neutro 10%; HS: hipoclorito de sódio 1%; BC: bicarbonato de sódio 5%; CT: corega tabs; CHX: digliconato de clorexidina 0,2%.

Gráfico 3. Média da variação de cor (ΔE) e desvio-padrão das amostras de SmartTrack® Invisalign após período de imersão de 14 dias (T3) nas cinco substâncias experimentais.



Legenda: As letras iguais representam grupos estatisticamente iguais. Letras diferentes representam grupos estatisticamente diferentes. Nível de significância $p<0,05$. Teste ANOVA seguido de Tukey. DN: detergente neutro 10%; HS: hipoclorito de sódio 1%; BC: bicarbonato de sódio 5%; CT: corega tabs; CHX: digliconato de clorexidina 2%.

5.4 Análise da variação de cor (ΔE) das amostras de BioAlign Bio-Art® imersas nas soluções ao longo do período experimental T1.

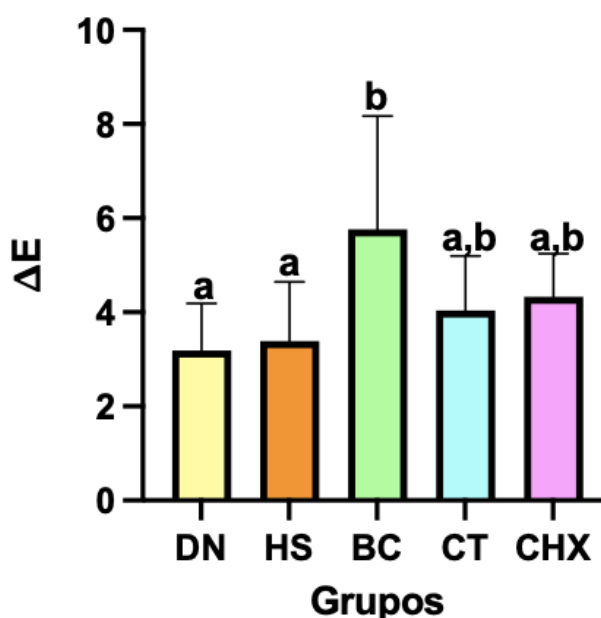
Na análise do tempo experimental T1 (após 7 dias de imersão nas soluções), foi observada diferença na variação de cor (ΔE) para as amostras de BioAlign Bio-Art® na comparação entre os grupos DN e BC ($p=0,004$) e entre os grupo HS e BC ($p=0,01$) (Quadro 5) (Gráfico 4).

Quadro 5. Média da variação de cor (ΔE) e desvio-padrão das amostras de BioAlign Bio-Art® após período de imersão de 7 dias (T1) nas cinco substâncias experimentais.

	DN	HS	BC	CT	CHX
Média	3,19	3,39	5,76	4,038	4,329
Desvio-padrão	1,001	1,257	2,415	1,156	0,9131

Legenda: DN: detergente neutro 10%; HS: hipoclorito de sódio 1%; BC: bicarbonato de sódio 5%; CT: corega tabs; CHX: digliconato de clorexidina 0,2%.

Gráfico 4. Média da variação de cor (ΔE) e desvio-padrão das amostras de BioAlign Bio-Art® após período de imersão de 7 dias (T1) nas cinco substâncias experimentais.



Legenda: As letras iguais representam grupos estatisticamente iguais. Letras diferentes representam grupos estatisticamente diferentes. Nível de significância $p < 0,05$. Teste ANOVA seguido de Tukey. DN: detergente neutro 10%; HS: hipoclorito de sódio 1%; BC: bicarbonato de sódio 5%; CT: corega tabs; CHX: digliconato de clorexidina 2%.

5.5 Análise da variação de cor (ΔE) das amostras de BioAlign Bio-Art® imersas nas soluções ao longo do período experimental T2.

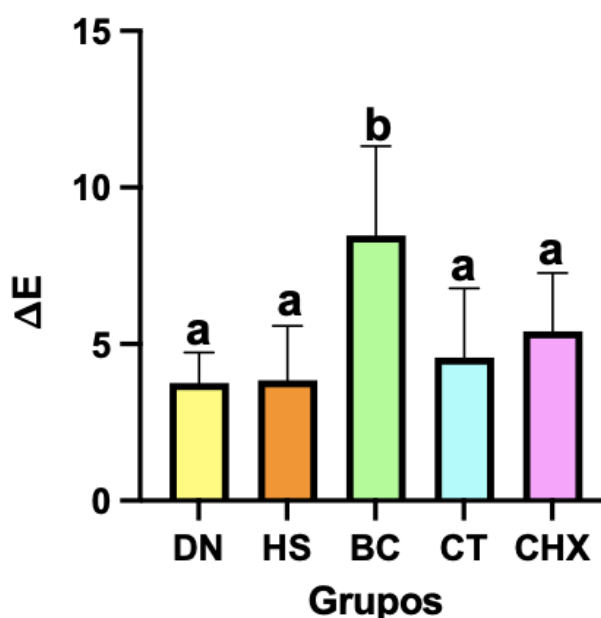
Na análise do tempo experimental T2 (período de imersão entre o 7º e 14º dia), foi observada diferença na variação de cor (ΔE) para as amostras de BioAlign Bio-Art® na comparação entre os grupo DN vs. BC ($p=0,0001$), grupo HS vs. BC ($p=0,0002$), grupo BC vs. CT ($p=0,001$) e grupo BC vs. CHX ($p=0,02$) (Quadro 6) (Gráfico 5).

Quadro 6. Média da variação de cor (ΔE) e desvio-padrão das amostras de BioAlign Bio-Art® após período de imersão entre o 7º e 14º dia (T2) nas cinco substâncias experimentais.

	DN	HS	BC	CT	CHX
Média	3,759	3,847	8,464	4,574	5,409
Desvio-padrão	0,967	1,732	2,856	2,213	1,866

Legenda: DN: detergente neutro 10%; HS: hipoclorito de sódio 1%; BC: bicarbonato de sódio 5%; CT: corega tabs; CHX: digliconato de clorexidina 0,2%.

Gráfico 5. Média da variação de cor (ΔE) e desvio-padrão das amostras de BioAlign Bio-Art® após o período de imersão entre o 7o e 14o dia (T2) nas cinco substâncias experimentais.



Legenda: As letras iguais representam grupos estatisticamente iguais. Letras diferentes representam grupos estatisticamente diferentes. Nível de significância $p < 0,05$. Teste ANOVA seguido de Tukey. DN: detergente neutro 10%; HS: hipoclorito de sódio 1%; BC: bicarbonato de sódio 5%; CT: corega tabs; CHX: digliconato de clorexidina 2%.

5.6 Análise da variação de cor (ΔE) das amostras de BioAlign Bio-Art® imersas nas soluções ao longo do período experimental T3.

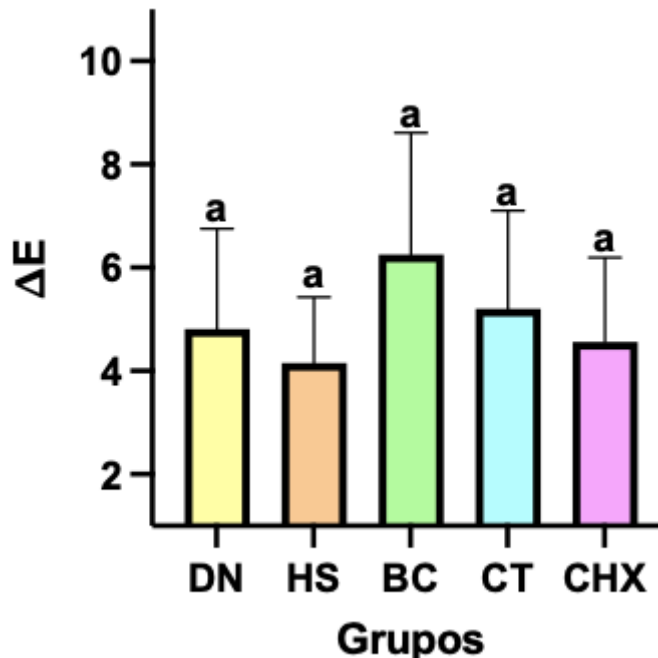
Na análise do tempo experimental T3 (após 14 dias de imersão nas soluções), não foi observada diferença na variação de cor (ΔE) entre as soluções para as amostras de BioAlign Bio-Art® ($p > 0,05$) (Quadro 7) (Gráfico 6).

Quadro 7. Média da variação de cor (ΔE) e desvio-padrão das amostras de BioAlign Bio-Art® após período de imersão entre o dia 0 e 14º dia (T3) nas cinco substâncias experimentais.

	DN	HS	BC	CT	CHX
Média	4,816	4,152	6,253	5,206	4,561
Desvio-padrão	1,964	1,289	2,386	1,923	1,655

Legenda: DN: detergente neutro 10%; HS: hipoclorito de sódio 1%; BC: bicarbonato de sódio 5%; CT: corega tabs; CHX: digliconato de clorexidina 0,2%.

Gráfico 6. Média da variação de cor (ΔE) e desvio-padrão das amostras de BioAlign Bio-Art® após período de imersão de 14 dias (T3) nas cinco substâncias experimentais.



Legenda: As letras iguais representam grupos estatisticamente iguais. Letras diferentes representam grupos estatisticamente diferentes. Nível de significância $p < 0,05$. Teste ANOVA seguido de Tukey. DN: detergente neutro 10%; HS: hipoclorito de sódio 1%; BC: bicarbonato de sódio 5%; CT: corega tabs; CHX: digliconato de clorexidina 2%.

5.7 Análise da variação de cor (ΔE) das amostras de SmartTrack® Invisalign imersas na solução detergente neutro (DN) ao longo dos períodos experimentais.

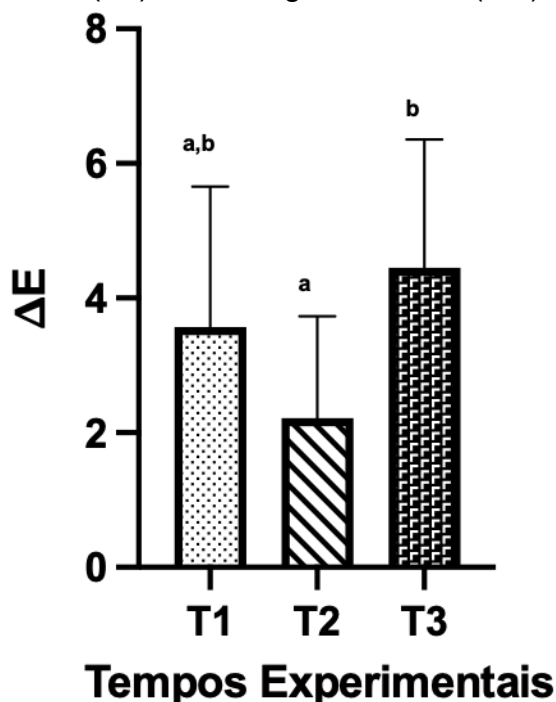
A análise da variação de cor ao longo dos períodos experimentais das amostras de SmartTrack® Invisalign imersas em detergente neutro (DN) demonstrou uma menor variação de cor para o período T2 (entre o 7º e o 14º dia de imersão), quando comparado ao período T3 (entre o dia zero e o 14º dia de imersão) ($p=0,04$). Não foi observada diferença entre os períodos T1 vs. T2 e entre T1 vs. T3 ($p>0,05$) (Quadro 8) (Quadro 7).

Quadro 8. Média da variação de cor (ΔE) e desvio-padrão das amostras de SmartTrack® Invisalign após período de imersão de 7 dias (T1), entre o 7º e 14º dia (T2) e entre o dia 0 e 14º dia (T3) em detergente neutro (DN).

	T1	T2	T3
Média	3,572	2,216	4,452
Desvio-padrão	2,087	1,513	1,907

Legenda: T1: dia 0 ao 7º dia, T2: 7º dia ao 14º dia, T3: dia 0 ao 14º dia.

Gráfico 7. Média da variação de cor (ΔE) e desvio-padrão das amostras de SmartTrack® Invisalign após período de imersão de 7 dias (T1), entre o 7º e 14º dia (T2) e entre o dia 0 e 14º dia (T3) em detergente neutro (DN).



Legenda: As letras iguais representam grupos estatisticamente iguais. Letras diferentes representam grupos estatisticamente diferentes. Nível de significância $p<0,05$. Teste ANOVA seguido de Tukey. T1: dia 0 ao 7º dia, T2: 7º dia ao 14º dia, T3: dia 0 ao 14º dia.

5.8 Análise da variação de cor (ΔE) das amostras de SmartTrack® Invisalign imersas na solução hipoclorito de sódio (HS) ao longo dos períodos experimentais.

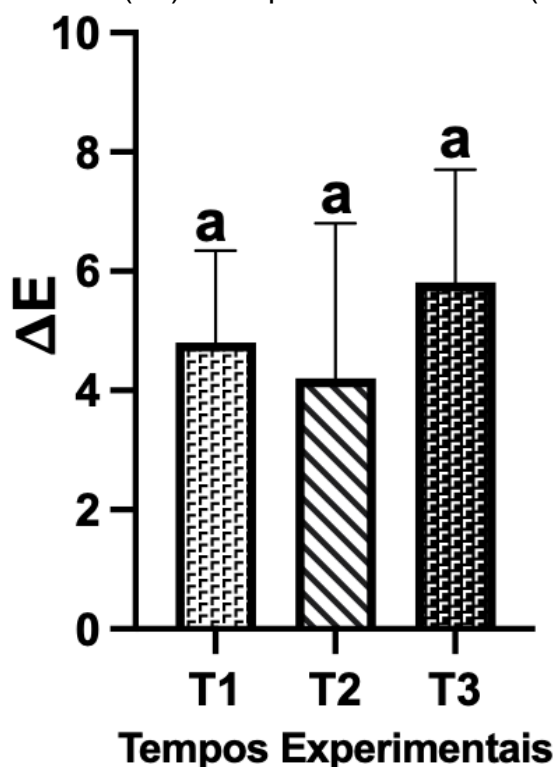
A análise da variação de cor (ΔE) ao longo dos períodos experimentais das amostras de SmartTrack® Invisalign imersas em hipoclorito de sódio (HS) não demonstrou variação de cor entre os períodos T1 (entre o dia zero e o 7º dia de imersão), T2 (entre o 7º e o 14º dia de imersão), T3 (entre o dia zero e o 14º dia de imersão) ($p>0,05$).

Quadro 9. Média da variação de cor (ΔE) e desvio-padrão das amostras de SmartTrack® Invisalign após período de imersão de 7 dias (T1), entre o 7º e 14º dia (T2), e entre o dia 0 e 14º dia (T3) em hipoclorito de sódio (HS).

	T1	T2	T3
Média	4,804	4,206	5,812
Desvio-padrão	1,54	2,594	1,894

Legenda: T1: dia 0 ao 7º dia, T2: 7º dia ao 14º dia, T3: dia 0 ao 14º dia.

Gráfico 8 . Média da variação de cor (ΔE) e desvio-padrão das amostras de SmartTrack® Invisalign após período de imersão de 7 dias (T1), entre o 7º e 14º dia (T2), e entre o dia 0 e 14º dia (T3) em hipoclorito de sódio (HS).



Legenda: As letras iguais representam grupos estatisticamente iguais. Letras diferentes representam grupos estatisticamente diferentes. Nível de significância $p<0,05$. Teste ANOVA seguido de Tukey. T1: dia 0 ao 7º dia, T2: 7º dia ao 14º dia, T3: dia 0 ao 14º dia.

5.9 Análise da variação de cor (ΔE) das amostras de do grupo SmartTrack® Invisalign imersas na solução bicarbonato de sódio (BC) ao longo dos períodos experimentais.

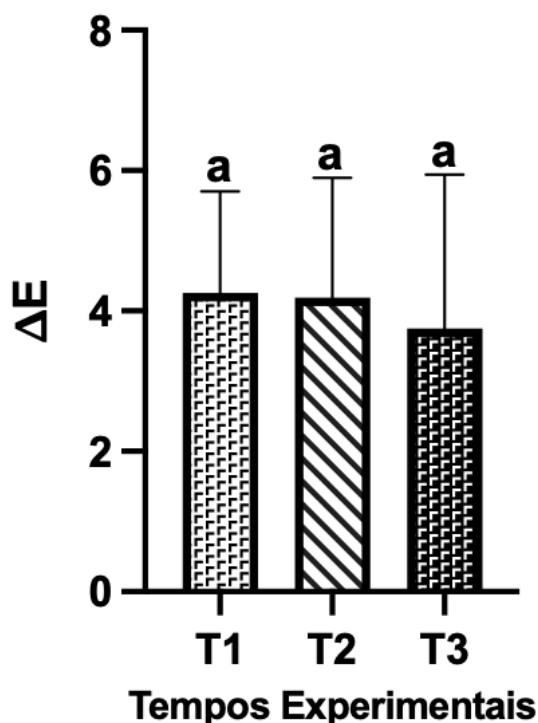
A análise da variação de cor (ΔE) ao longo dos períodos experimentais das amostras de SmartTrack® Invisalign imersas em bicarbonato de sódio (BC) não demonstrou variação de cor entre os períodos T1 (entre o dia zero e o 7º dia de imersão), T2 (entre o 7º e o 14º dia de imersão), T3 (entre o dia zero e o 14º dia de imersão) ($p>0,05$).

Quadro 10. Média da variação de cor (ΔE) e desvio-padrão das amostras de SmartTrack® Invisalign após período de imersão de 7 dias (T1), entre o 7º e 14º dia (T2), e entre o dia 0 e 14º dia (T3) em bicarbonato de sódio (BC).

	T1	T2	T3
Média	4,256	4,188	3,751
Desvio-padrão	1,446	1,707	2,195

Legenda: T1: dia 0 ao 7º dia, T2: 7º dia ao 14º dia, T3: dia 0 ao 14º dia.

Gráfico 9 . Média da variação de cor (ΔE) e desvio-padrão das amostras de SmartTrack® Invisalign após período de imersão de 7 dias (T1), entre o 7º e 14º dia (T2), e entre o dia 0 e 14º dia (T3) em bicarbonato de sódio (BC).



Legenda: As letras iguais representam grupos estatisticamente iguais. Letras diferentes representam grupos estatisticamente diferentes. Nível de significância $p<0,05$. Teste ANOVA seguido de Tukey. T1: dia 0 ao 7º dia, T2: 7º dia ao 14º dia, T3: dia 0 ao 14º dia.

5.10 Análise da variação de cor (ΔE) das amostras do grupo SmartTrack® Invisalign imersas na solução corega tabs (CT) ao longo dos períodos experimentais.

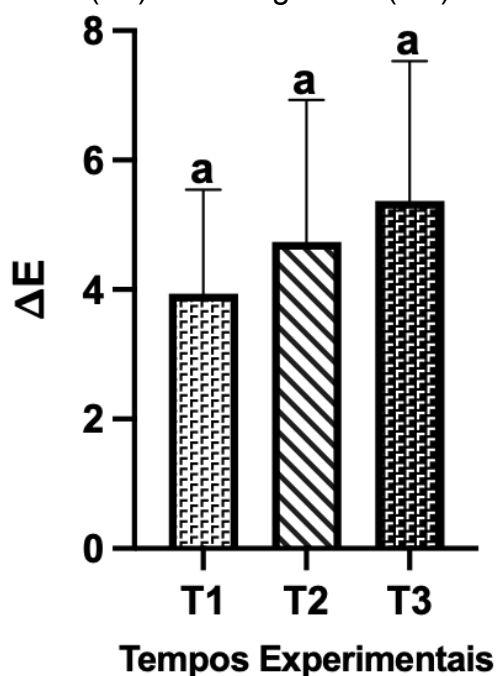
A análise da variação de cor (ΔE) ao longo dos períodos experimentais das amostras de SmartTrack® Invisalign imersas em corega tabs (CT) não demonstrou variação de cor entre os períodos T1 (entre o dia zero e o 7º dia de imersão), T2 (entre o 7º e o 14º dia de imersão), T3 (entre o dia zero e o 14º dia de imersão) ($p>0,05$).

Quadro 11. Média da variação de cor (ΔE) e desvio-padrão das amostras de SmartTrack® Invisalign após período de imersão de 7 dias (T1), entre o 7º e 14º dia (T2), e entre o dia 0 e 14º dia (T3) em corega tabs (CT).

	T1	T2	T3
Média	3,934	4,734	5,37
Desvio-padrão	1,61	2,199	2,16

Legenda: T1: dia 0 ao 7º dia, T2: 7º dia ao 14º dia, T3: dia 0 ao 14º dia.

Gráfico 10 . Média da variação de cor (ΔE) e desvio-padrão das amostras de SmartTrack® Invisalign após período de imersão de 7 dias (T1), entre o 7º e 14º dia (T2), e entre o dia 0 e 14º dia (T3) em corega tabs (CT).



Legenda: As letras iguais representam grupos estatisticamente iguais. Letras diferentes representam grupos estatisticamente diferentes. Nível de significância $p<0,05$. Teste ANOVA seguido de Tukey. T1: dia 0 ao 7º dia, T2: 7º dia ao 14º dia, T3: dia 0 ao 14º dia.

5.11 Análise da variação de cor (ΔE) das amostras de SmartTrack® Invisalign imersas na solução digliconato de clorexidina (CHX) ao longo dos períodos experimentais.

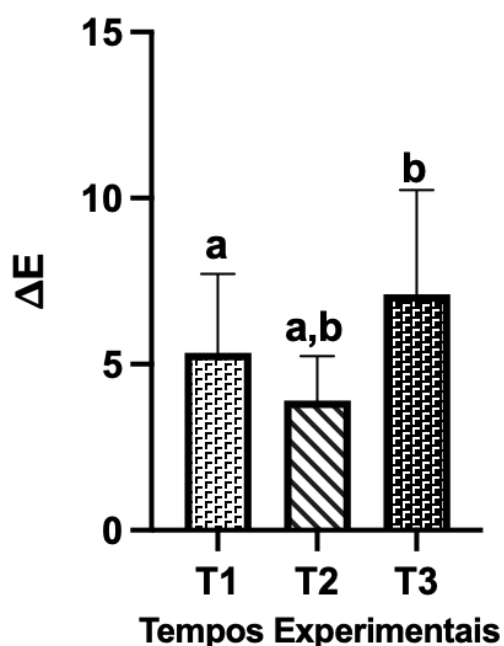
A análise da variação de cor (ΔE) ao longo dos períodos experimentais das amostras de SmartTrack® Invisalign imersas em digliconato de clorexidina (CHX) demonstrou uma variação de cor para o período T1 (entre dia 0 e o 7º dia de imersão), quando comparado ao período T3 (entre o dia zero e o 14º dia de imersão) ($p=0,01$). Não foi observada diferença entre os períodos T1 vs. T2 e entre T2 vs. T3 ($p>0,05$).

Quadro 12. Média da variação de cor (ΔE) e desvio-padrão das amostras de SmartTrack® Invisalign após período de imersão de 7 dias (T1), entre o 7º e 14º dia (T2), e entre o dia 0 e 14º dia (T3) em digliconato de clorexidina (CHX) .

	T1	T2	T3
Média	5,348	3,903	7,112
Desvio-padrão	2,374	1,337	3,127

Legenda: T1: dia 0 ao 7º dia, T2: 7º dia ao 14º dia, T3: dia 0 ao 14º dia.

Gráfico 11 . Média da variação de cor (ΔE) e desvio-padrão das das amostras de SmartTrack® Invisalign após período de imersão de 7 dias (T1), entre o 7º e 14º dia (T2), e entre o dia 0 e 14º dia (T3) em digliconato de clorexidina (CHX).



Legenda: As letras iguais representam grupos estatisticamente iguais. Letras diferentes representam grupos estatisticamente diferentes. Nível de significância $p<0,05$. Teste ANOVA seguido de Tukey. T1: dia 0 ao 7º dia, T2: 7º dia ao 14º dia, T3: dia 0 ao 14º dia.

5.12 Análise da variação de cor (ΔE) das amostras de BioAlign Bio-Art® imersas na solução detergente neutro (DN) ao longo dos períodos experimentais

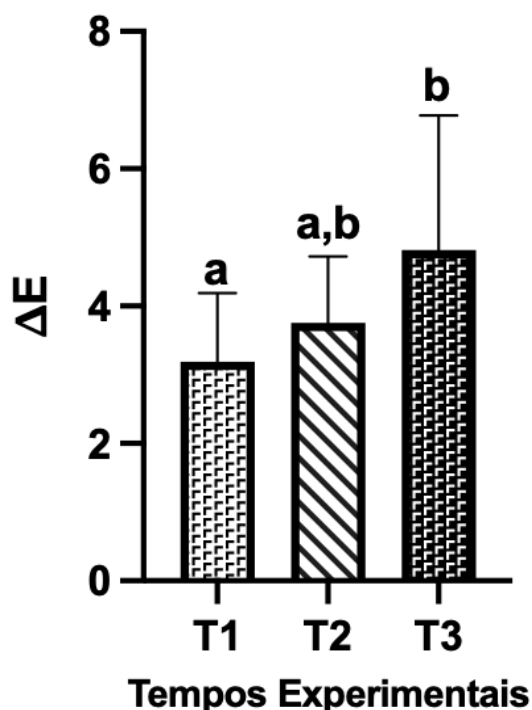
A análise da variação de cor (ΔE) ao longo dos períodos experimentais das amostras de BioAlign Bio-Art® imersas em detergente neutro (DN) demonstrou uma variação de cor para o período T1 (entre dia 0 e o 7º dia de imersão), quando comparado ao período T3 (entre o dia zero e o 14º dia de imersão) ($p=0,01$). Não foi observada diferença entre os períodos T1 vs. T2 e entre T2 vs. T3 ($p>0,05$).

Quadro 13. Média da variação de cor (ΔE) e desvio-padrão das amostras de BioAlign Bio-Art® após período de imersão de 7 dias (T1), entre o 7º e 14º dia (T2), e entre o dia 0 e 14º dia (T3) em detergente neutro (DN).

	T1	T2	T3
Média	3,19	3,759	4,816
Desvio-padrão	1,001	0,967	1,964

Legenda: T1: dia 0 ao 7º dia, T2: 7º dia ao 14º dia, T3: dia 0 ao 14º dia.

Gráfico 12. Média da variação de cor (ΔE) e desvio-padrão das amostras de BioAlign Bio-Art® após período de imersão de 7 dias (T1), entre o 7º e 14º dia (T2), e entre o dia 0 e 14º dia (T3) em detergente neutro (DN).



Legenda: As letras iguais representam grupos estatisticamente iguais. Letras diferentes representam grupos estatisticamente diferentes. Nível de significância $p<0,05$. Teste ANOVA seguido de Tukey. T1: dia 0 ao 7º dia, T2: 7º dia ao 14º dia, T3: dia 0 ao 14º dia.

5.13 Análise da variação de cor (ΔE) das amostras de BioAlign Bio-Art® imersas na solução hipoclorito de sódio (HS) ao longo dos períodos experimentais

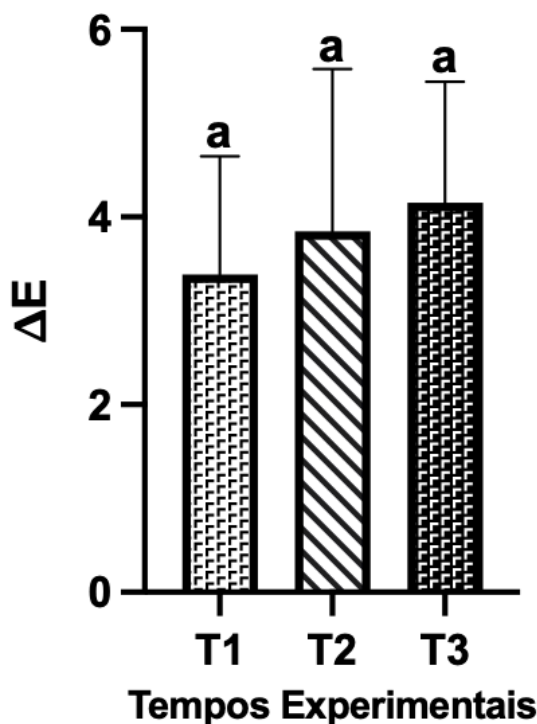
A análise da variação de cor (ΔE) ao longo dos períodos experimentais das amostras de BioAlign Bio-Art® imersas em hipoclorito de sódio (HS) não demonstrou variação de cor entre os períodos T1 (entre o dia zero e o 7º dia de imersão), T2 (entre o 7º e o 14º dia de imersão), T3 (entre o dia zero e o 14º dia de imersão) ($p > 0,05$).

Quadro 14. Média da variação de cor (ΔE) e desvio-padrão das amostras de BioAlign Bio-Art® após período de imersão de 7 dias (T1), entre o 7º e 14º dia (T2), e entre o dia 0 e 14º dia (T3) em hipoclorito de sódio (HS).

	T1	T2	T3
Média	3,39	3,847	4,152
Desvio-padrão	1,257	1,732	1,289

Legenda: T1: dia 0 ao 7º dia, T2: 7º dia ao 14º dia, T3: dia 0 ao 14º dia.

Gráfico 13. Média da variação de cor (ΔE) e desvio-padrão das amostras de BioAlign Bio-Art® após período de imersão de 7 dias (T1), entre o 7º e 14º dia (T2), e entre o dia 0 e 14º dia (T3) em hipoclorito de sódio (HS).



Legenda: As letras iguais representam grupos estatisticamente iguais. Letras diferentes representam grupos estatisticamente diferentes. Nível de significância $p < 0,05$. Teste ANOVA seguido de Tukey. T1: dia 0 ao 7º dia, T2: 7º dia ao 14º dia, T3: dia 0 ao 14º dia.

5.14 Análise da variação de cor (ΔE) das amostras de BioAlign Bio-Art® imersas na solução bicarbonato de sódio (BC) ao longo dos períodos experimentais.

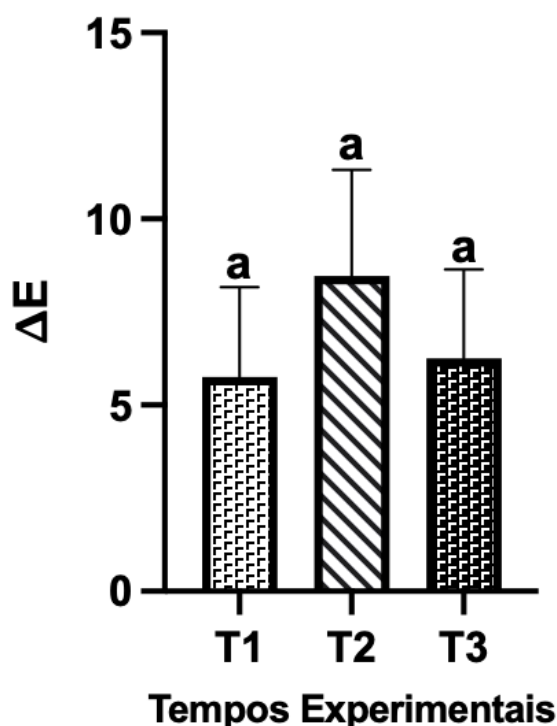
A análise da variação de cor (ΔE) ao longo dos períodos experimentais das amostras de BioAlign Bio-Art® imersas em bicarbonato de sódio (BC) não demonstrou variação de cor entre os períodos T1 (entre o dia zero e o 7º dia de imersão), T2 (entre o 7º e o 14º dia de imersão), T3 (entre o dia zero e o 14º dia de imersão) ($p > 0,05$).

Quadro 15. Média da variação de cor (ΔE) e desvio-padrão das amostras de BioAlign Bio-Art® após período de imersão de 7 dias (T1), entre o 7º e 14º dia (T2), e entre o dia 0 e 14º dia (T3) em bicarbonato de sódio (BC).

	T1	T2	T3
Média	5,76	8,464	6,253
Desvio-padrão	2,415	2,856	2,386

Legenda: T1: dia 0 ao 7º dia, T2: 7º dia ao 14º dia, T3: dia 0 ao 14º dia.

Gráfico 14. Média da variação de cor (ΔE) e desvio-padrão das amostras de BioAlign Bio-Art® após período de imersão de 7 dias (T1), entre o 7º e 14º dia (T2), e entre o dia 0 e 14º dia (T3) em bicarbonato de sódio (BC).



Legenda: As letras iguais representam grupos estatisticamente iguais. Letras diferentes representam grupos estatisticamente diferentes. Nível de significância $p < 0,05$. Teste ANOVA seguido de Tukey. T1: dia 0 ao 7º dia, T2: 7º dia ao 14º dia, T3: dia 0 ao 14º dia.

5.15 Análise da variação de cor (ΔE) das amostras de BioAlign Bio-Art® imersas na solução corega tabs (CT) ao longo dos períodos experimentais.

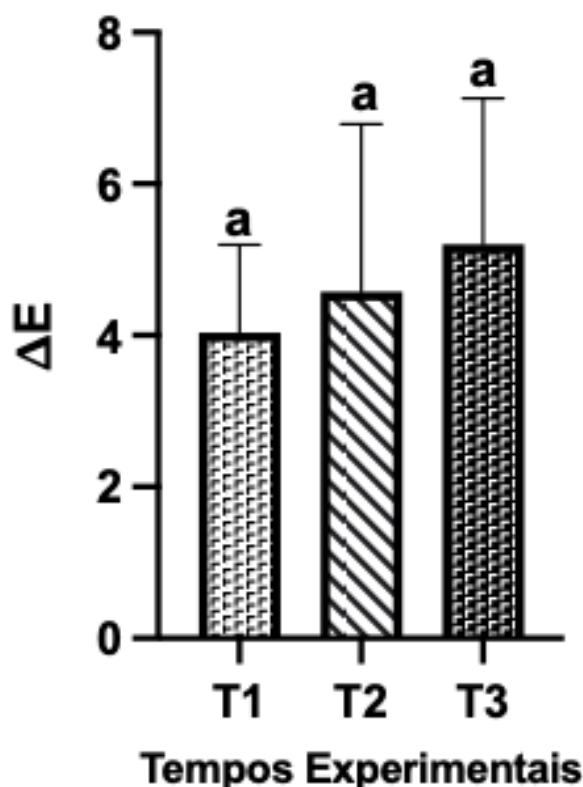
A análise da variação de cor (ΔE) ao longo dos períodos experimentais das amostras de BioAlign Bio-Art® imersas em corega tabs (CT) não demonstrou variação de cor entre os períodos T1 (entre o dia zero e o 7º dia de imersão), T2 (entre o 7º e o 14º dia de imersão), T3 (entre o dia zero e o 14º dia de imersão) ($p>0,05$).

Quadro 16. Média da variação de cor (ΔE) e desvio-padrão das amostras de BioAlign Bio-Art® após período de imersão de 7 dias (T1), entre o 7º e 14º dia (T2), e entre o dia 0 e 14º dia (T3) em corega tabs (CT).

	T1	T2	T3
Média	4,038	4,574	5,206
Desvio-padrão	1,156	2,213	1,923

Legenda: T1: dia 0 ao 7º dia, T2: 7º dia ao 14º dia, T3: dia 0 ao 14º dia.

Gráfico 15. Média da variação de cor (ΔE) e desvio-padrão das amostras de BioAlign Bio-Art® após período de imersão de 7 dias (T1), entre o 7º e 14º dia (T2), e entre o dia 0 e 14º dia (T3) em corega tabs (CT).



Legenda: As letras iguais representam grupos estatisticamente iguais. Letras diferentes representam grupos estatisticamente diferentes. Nível de significância $p<0,05$. Teste ANOVA seguido de Tukey. T1: dia 0 ao 7º dia, T2: 7º dia ao 14º dia, T3: dia 0 ao 14º dia.

5.16 Análise da variação de cor (ΔE) das amostras do grupo BioAlign Bio-Art® imersas na solução digliconato de clorexidina (CHX) ao longo dos períodos experimentais.

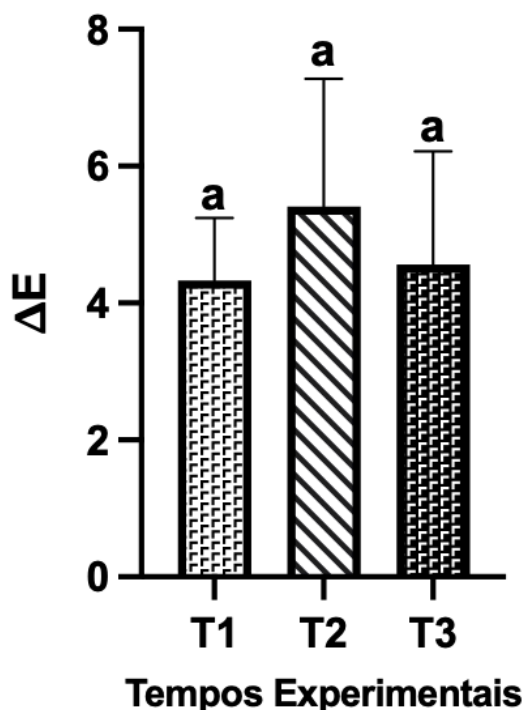
A análise da variação de cor (ΔE) ao longo dos períodos experimentais das amostras de BioAlign Bio-Art® imersas em digliconato de clorexidina (CHX) não demonstrou variação de cor entre os períodos T1 (entre o dia zero e o 7º dia de imersão), T2 (entre o 7º e o 14º dia de imersão), T3 (entre o dia zero e o 14º dia de imersão) ($p > 0,05$).

Quadro 17. Média da variação de cor (ΔE) e desvio-padrão das amostras de BioAlign Bio-Art® após período de imersão de 7 dias (T1), entre o 7º e 14º dia (T2), e entre o dia 0 e 14º dia (T3) em digliconato de clorexidina (CHX).

	T1	T2	T3
Média	4,329	5,409	4,561
Desvio-padrão	0,9131	1,866	1,655

Legenda: T1: dia 0 ao 7º dia, T2: 7º dia ao 14º dia, T3: dia 0 ao 14º dia.

Gráfico 16. Média da variação de cor (ΔE) e desvio-padrão das amostras de BioAlign Bio-Art® após período de imersão de 7 dias (T1), entre o 7º e 14º dia (T2), e entre o dia 0 e 14º dia (T3) em digliconato de clorexidina (CHX).



Legenda: As letras iguais representam grupos estatisticamente iguais. Letras diferentes representam grupos estatisticamente diferentes. Nível de significância $p < 0,05$. Teste ANOVA seguido de Tukey. T1: dia 0 ao 7º dia, T2: 7º dia ao 14º dia, T3: dia 0 ao 14º dia.

6. DISCUSSÃO

A presente pesquisa avaliou a estabilidade de cor de dois grupos de alinhadores (BioAlign Bio-Art® e SmartTrack® Invisalign) em cinco protocolos de desinfecção: detergente neutro, hipoclorito de sódio 1%, bicarbonato de sódio 5%, Corega® Tabs e Digliconato de Clorexidina 2% em três períodos experimentais - após 7 dias de imersão (T1), entre o 7º e o 14º dia de imersão (T2), e após 14 dias de imersão (entre o dia 0 e o 14º dia) (T3). Os resultados obtidos evidenciam diferenças relevantes tanto entre os materiais constituintes dos alinhadores invisíveis quanto entre as substâncias higienizadoras experimentais testadas, com destaque para o comportamento progressivo das alterações cromáticas ao longo do tempo.

No grupo SmartTrack® Invisalign não foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre as substâncias nos períodos T1 e T2 ($p > 0,05$). Apenas em T3 foi detectada diferença significativa, especificamente na comparação entre bicarbonato de sódio e digliconato de clorexidina ($p = 0,02$), em que o digliconato de clorexidina atingiu um ΔE 7,11 contra ΔE de 3,75 do bicarbonato, indicando que o efeito diferencial das substâncias sobre esse material se torna mais evidente com o acúmulo do tempo de exposição às substâncias. Esse dado é clinicamente relevante, pois sugere que mesmo substâncias inicialmente aparentemente inócuas podem gerar alterações perceptíveis a longo prazo.

No grupo BioAlign Bio-Art®, as diferenças entre as substâncias foram observadas mais precocemente, já no período T1. Esse comportamento diferenciado pode estar relacionado às características estruturais do copoliéster, que apresenta maior afinidade por determinadas substâncias químicas, tornando-o mais susceptível às alterações cromáticas desde os primeiros dias de uso (Bradley *et al.*, 2016). A detecção de diferenças estatísticas em T1 e T2 para o grupo BioAlign Bio-Art®, e apenas em T3 para o grupo SmartTrack® Invisalign aponta que o material do alinhador é um fator determinante na velocidade com que as alterações cromáticas se instalem. O SmartTrack® Invisalign, sendo um polímero termoplástico multicamadas patenteado, apresentou maior homogeneidade nos resultados entre as substâncias nos períodos iniciais, enquanto o BioAlign Bio-Art®, fabricado em copoliéster, demonstrou maior variabilidade e susceptibilidade às alterações cromáticas já nos primeiros sete dias.

Os dois materiais (BioAlign Bio-Art® e SmartTrack® Invisalign) avaliados no presente estudo responderam de forma distinta aos cinco protocolos de desinfecção,

evidenciando que a composição química do polímero exerce papel central na estabilidade cromática dos alinhadores.

Esses achados estão em consonância com estudos que relatam diferenças de comportamento entre materiais a base de poliuretano termoplástico (TPU, do inglês *Thermoplastic Polyurethane*) e tereftalato de polietileno glicol modificado (PETG, do inglês *Polyethylene Terephthalate Glycol*), indicando que a permeabilidade e a organização das cadeias moleculares influenciam diretamente a absorção de substâncias e, conseqüentemente, a estabilidade de cor (Delgado *et al.*, 2025; Ryokawa *et al.*, 2006). Materiais com maior afinidade por água tendem a incorporar mais substâncias pigmentantes e a degradar-se de forma mais acelerada (Bradley *et al.*, 2016). Embora o copoliéster do BioAlign Bio-Art® apresente características distintas do PETG puro, a maior reatividade observada neste estudo sugere perfil de absorção compatível com esse comportamento.

No que diz respeito à aplicação clínica, os resultados indicam que os dois materiais sofrem alterações cromáticas clinicamente relevantes quando submetidos a desinfecção química em diferentes tempos T1, T2 e T3. Contudo, o BioAlign Bio-Art® demonstrou maior sensibilidade a determinadas substâncias específicas, como uso da solução desinfectante de bicarbonato de sódio, o que deve ser considerado pelo clínico ao orientar os pacientes sobre os protocolos de higienização mais adequados para cada tipo de alinhador.

O bicarbonato de sódio foi a substância que produziu os resultados mais expressivos no grupo BioAlign Bio-Art®, com diferenças estatisticamente significativas em relação ao detergente neutro ($p=0,004$) e ao hipoclorito de sódio ($p=0,01$) já em T1, e em relação a todos os outros grupos em T2 ($p<0,05$). Esse achado é particularmente relevante dado que o bicarbonato de sódio é frequentemente recomendado como alternativa de baixo custo para a higienização de dispositivos removíveis.

A literatura aponta que o bicarbonato de sódio apresenta baixa ação antimicrobiana quando comparado a outros agentes, sem capacidade de reduzir significativamente a quantidade de biofilme (Silva *et al.*, 2025). Associado a isso, os resultados do presente estudo sugerem que, para o copoliéster BioAlign Bio-Art®, esta substância apresenta potencial cromogênico elevado, possivelmente relacionado à interação entre o pH alcalino da solução e a matriz polimérica do material, favorecendo a degradação superficial e a conseqüente retenção de pigmentos externos (Alweneen *et al.*, 2025).

Para o grupo SmartTrack® Invisalign, o bicarbonato de sódio não demonstrou variação significativa de cor entre os períodos T1, T2 e T3 ($p > 0,05$), sugerindo que o SmartTrack® Invisalign é menos suscetível a essa substância. Ainda assim, ao comparar os grupos em T3, o BC apresentou a menor média de variação de cor ($\Delta E = 3,751$) entre as substâncias avaliadas no Invisalign, indicando que, para esse material específico, o bicarbonato pode representar uma opção com menor impacto cromático acumulado em relação a outros agentes experimentais utilizados no estudo. Esse dado contrasta com o comportamento observado no BioAlign Bio-Art® e reforça a importância de se considerar o tipo de material ao definir o protocolo de higienização.

O digliconato de clorexidina a 2% foi a substância que produziu as maiores médias de variação de cor no grupo SmartTrack® Invisalign ao longo de 14 dias ($\Delta E = 7,112$ em T3), com diferença estatisticamente significativa em relação ao bicarbonato de sódio ($p = 0,02$). Além disso, foi observada diferença na variação de cor entre T1 e T3 ($p = 0,01$), indicando que o efeito cromático da clorexidina sobre o SmartTrack® Invisalign se torna progressivamente mais expressivo com o tempo de uso.

Esse resultado está em conformidade com evidências anteriores que relatam que o digliconato de clorexidina, apesar de ser um dos agentes mais eficazes no controle de biofilme, atuando de forma bactericida e bacteriostática (Semenoff *et al.*, 2010), tende a promover alterações cromáticas perceptíveis nos materiais poliméricos ao longo do tempo (Silva *et al.*, 2025). A molécula de clorexidina possui natureza catiônica, que favorece sua adsorção à superfície dos polímeros, podendo alterar as propriedades ópticas do material por meio de interações químicas com a matriz (Dalforno *et al.*, 2018).

No grupo BioAlign Bio-Art®, a clorexidina apresentou $\Delta E = 4,561$ em T3, valor inferior ao do bicarbonato de sódio ($\Delta E = 6,253$) nesse mesmo período. Diferentemente do observado no SmartTrack® Invisalign, não foram detectadas diferenças estatisticamente significativas entre as substâncias no grupo BioAlign Bio-Art® em T3 ($p > 0,05$), indicando que, ao final dos 14 dias, as alterações cromáticas promovidas pelas diferentes substâncias nesse material tendem a se aproximar, sem distinção estatística entre os agentes testados. Esse comportamento sugere que o efeito diferencial das substâncias sobre o copoliéster, embora evidente nos períodos iniciais (T1 e T2), não se mantém estatisticamente significativo na avaliação acumulada do período total.

Do ponto de vista clínico, os achados indicam que a utilização rotineira do digliconato de clorexidina para higienização de alinhadores deve ser avaliada com cautela, considerando que, embora eficaz no controle microbiano, pode comprometer significativamente a estabilidade cromática dos dispositivos, impactando a principal vantagem estética do tratamento. Esses resultados reforçam a necessidade de equilibrar eficácia antimicrobiana e preservação das propriedades ópticas dos materiais na escolha do protocolo de desinfecção (Dalforno *et al.*, 2018; Silva *et al.*, 2025).

Entre as demais substâncias avaliadas, o detergente neutro (DN) apresentou as menores médias de variação de cor em ambos os materiais, especialmente nos períodos iniciais. Para o SmartTrack® Invisalign, o DN registrou $\Delta E = 3,572$ em T1 e $\Delta E = 2,216$ em T2, valores inferiores a todos os demais grupos nesses períodos. Para o BioAlign Bio-Art®, o DN foi um dos grupos com menores valores de ΔE ao longo de todo o experimento. Esses achados estão em consonância com a literatura, que descreve o detergente neutro como uma alternativa conservadora em relação à preservação da cor e rugosidade superficial dos alinhadores (Silva *et al.*, 2025; Dalforno *et al.*, 2018).

O hipoclorito de sódio a 1% não demonstrou diferença estatisticamente significativa entre os períodos para nenhum dos dois materiais ($p > 0,05$), indicando um padrão de alteração cromática relativamente constante ao longo do tempo.

As pastilhas efervescentes (Corega Tabs®) apresentaram médias de ΔE intermediárias em ambos os materiais SmartTrack® Invisalign e BioAlign Bio-Art®, sem diferenças estatisticamente significativas entre os períodos para nenhum dos grupos ($p > 0,05$). Resultados semelhantes foram descritos por estudos que avaliaram métodos de limpeza em dispositivos removíveis, destacando que as pastilhas efervescentes apresentam eficácia antimicrobiana, mas tendem a induzir alterações cromáticas com o uso prolongado (Silva *et al.*, 2025; Fathi *et al.*, 2015).

A análise da variação de cor por substância ao longo dos períodos experimentais revelou padrões distintos entre os dois materiais avaliados, com diferenças estatisticamente significativas restritas a grupos específicos.

No grupo SmartTrack® Invisalign, duas substâncias apresentaram diferenças significativas entre os períodos experimentais. O detergente neutro demonstrou menor variação de cor no período T2 ($\Delta E = 2,216$) em comparação ao período T3 ($\Delta E = 4,452$) ($p = 0,04$), indicando que, embora o impacto cromático dessa substância seja

discreto nos períodos iniciais, a variação acumulada ao longo de 14 dias torna-se estatisticamente distinta da variação observada isoladamente na segunda semana. O digliconato de clorexidina, por sua vez, apresentou diferença significativa entre T1 ($\Delta E=5,348$) e T3 ($\Delta E = 7,112$) ($p=0,01$), evidenciando que o efeito cromático acumulado dessa substância sobre o SmartTrack® Invisalign se intensifica progressivamente com o tempo de exposição, o que pode ser atribuído à adsorção progressiva da molécula catiônica da clorexidina à superfície polimérica, com consequente comprometimento das propriedades ópticas do material ao longo do tempo (Silva *et al.*, 2025). As demais substâncias — hipoclorito de sódio, bicarbonato de sódio e Corega Tabs® — não demonstraram diferenças estatisticamente significativas entre os períodos experimentais para o SmartTrack® Invisalign ($p>0,05$).

No grupo BioAlign Bio-Art®, apenas o detergente neutro apresentou diferença estatisticamente significativa entre os períodos, com menor variação de cor em T1 ($\Delta E=3,19$) em comparação ao período T3 ($\Delta E = 4,816$) ($p=0,01$), indicando que, mesmo sendo a substância com menor impacto cromático entre os agentes testados, o detergente neutro promove alterações progressivas e estatisticamente detectáveis no copoliéster ao longo do período total de avaliação. As demais substâncias hipoclorito de sódio, bicarbonato de sódio, Corega Tabs® e digliconato de clorexidina não demonstraram diferenças estatisticamente significativas entre os períodos experimentais para o BioAlign Bio-Art® ($p>0,05$), o que não implica ausência de alteração cromática, mas indica que as mudanças ocorreram de forma relativamente uniforme ao longo do tempo, sem incremento progressivo estatisticamente detectável entre os intervalos avaliados (Iliadi *et al.*, 2024).

O presente estudo apresenta algumas limitações inerentes ao seu delineamento *in vitro*. As condições laboratoriais, embora padronizadas e reprodutíveis, não replicam integralmente o ambiente oral, onde variáveis como temperatura, pH salivar, composição da dieta e hábitos do paciente interagem de forma dinâmica com os materiais. Além disso, o período de avaliação de 14 dias, embora relevante, não permite conclusões sobre o comportamento dos materiais em períodos de tratamento mais longos.

Outra limitação refere-se aos diferentes níveis de polimentos quando comparadas as amostras de BioAlign Bio-Art® frente as amostras de SmartTrack® Invisalign, devido às diferentes formas de obtenção dessas amostras, o que não permitiu uma comparação estatística direta entre os dois tipos de materiais.

Estudos futuros devem ser conduzidos com tempos de exposição mais longos, além de incorporar outras análises, tais como rugosidade superficial.

7. CONCLUSÃO

Conclui-se que os cinco protocolos de higienização influenciaram a estabilidade cromática dos alinhadores ortodônticos, com comportamento dependente do tipo de material. O BioAlign Bio-Art® apresentou maior alteração de cor frente ao bicarbonato de sódio, enquanto o SmartTrack® Invisalign demonstrou maior estabilidade cromática, sendo mais afetado pelo digliconato de clorexidina. A solução detergente neutro apresentou o menor impacto sobre a variação de cor dos alinhadores.

REFERÊNCIAS

- ABBATE, G. M. *et al.* Periodontal health in teenagers treated with removable aligners and fixed orthodontic appliances. **Journal of Orofacial Orthopedics**, Heidelberg, v. 76, p. 240-250, 2015. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00056-015-0285-5>. Acesso em: 10 abr. 2026.
- ALWENEEN, A.; ALQAHTANI, N. The effectiveness of different cleaning methods for clear orthodontic aligners: impacts on physical, mechanical, and chemical properties—an in vivo study. **Polymers**, Basel, v. 17, n. 12, p. 1620, 2025. DOI: 10.3390/polym17121620. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4360/17/12/1620>. Acesso em: 10 abr. 2025.
- AŞIK, A.; SEZICI, Y. L.; YETKINER, E.; YETKINER, A. A.; ERSIN, N. Color improvement and stability of orthodontic clear aligners following different cleaning protocols. **Clinical Oral Investigations**, Berlin, v. 30, n. 5, p. 170, 2026. DOI: 10.1007/s00784-026-06861-4. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00784-026-06861-4>. Acesso em: 10 abr. 2025.
- BRADLEY, T. G. *et al.* Do the mechanical and chemical properties of Invisalign™ appliances change after use? A retrieval analysis. **European Journal of Orthodontics**, Oxford, v. 38, n. 1, p. 27-31, 2016. Disponível em: <https://academic.oup.com/ejo/article-abstract/38/1/27/2599888>. Acesso em: 10 jun. 2025.
- DALFORNO, R. F.; AUZANI, M. L.; ZUCUNI, C. P.; RODRIGUES, C. S.; MAY, L. G. Color and translucency stability of CAD/CAM restorative materials. **Brazilian Journal of Oral Sciences**, Piracicaba, v. 21, p. e224265, 2021. DOI: 10.20396/bjos.v21i00.8664265. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/bjos/article/view/8664265>. Acesso em: 10 jun. 2025.
- DELGADO, J. I.; KEHYAIAN, P.; FERNÁNDEZ-BLÁZQUEZ, J. P. Thermoplastics for clear aligners: a review. **Polymers**, Basel, v. 17, n. 12, p. 1681, 2025. DOI: 10.3390/polym17121681. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4360/17/12/1681>. Acesso em: 10 jun. 2025.
- ELKHOLY, F.; SCHMIDT, S.; AMIRKHANI, M.; SCHMIDT, F.; LAPATKI, B. G. Mechanical characterization of thermoplastic aligner materials: recommendations for test parameter standardization. **Journal of Healthcare Engineering**, London, v. 2019, p. 8074827, 2019. DOI: 10.1155/2019/8074827. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1155/2019/8074827>. Acesso em: 10 jun. 2025.
- FATHI, H.; MARTINY, H.; JOST-BRINKMANN, P. G. Efficacy of cleaning tablets for removable orthodontic appliances: an in vivo pilot study. **Journal of Orofacial Orthopedics**, München, v. 76, n. 2, p. 143-151, 2015. DOI: 10.1007/s00056-014-0277-x. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00056-014-0277-x>. Acesso em: 10 abr. 2025.
- HE, K.; XU, M.; LIAO, W.; YAO, Y. Evaluation of color stability and material surface stability of different types of clear aligners under curcumin staining in vitro. **BMC Oral**

Health, London, v. 25, n. 1, p. 1424, 2025. DOI: 10.1186/s12903-025-06225-6. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1186/s12903-025-06225-6>. Acesso em: 12 abr. 2026.

HU, J. *et al.* Effects of cleaning methods on the removal efficacy of *Streptococcus mutans* biofilm and material properties of thermoplastic aligner materials. **BMC Oral Health**, London, v. 26, n. 1, p. 723, 2026. DOI: 10.1186/s12903-026-08132-w. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1186/s12903-026-08132-w>. Acesso em: 05 mar. 2026.

ILIADI, A.; ZERVOU, S. K.; KOLETZI, D.; SCHÄTZLE, M.; HISKIA, A.; ELIADES, T.; ELIADES, G. Surface alterations and compound release from aligner attachments in vitro. **European Journal of Orthodontics**, Oxford, v. 46, n. 4, art. cjae026, 2024. DOI: 10.1093/ejo/cjae026. Disponível em: <https://academic.oup.com/ejo/article/46/4/cjae026/7694307>. Acesso em: 10 mar. 2025.

KILIÇ, B.; CANPOLAT, Ş.; ÖZTÜRK, M. Comparative evaluation of the effect of different cleaning agents on colour and surface roughness of Invisalign clear aligners: a cross-over randomized controlled trial. **BMC Oral Health**, London, v. 25, n. 1, p. 1745, 2025. DOI: 10.1186/s12903-025-06928-w. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1186/s12903-025-06928-w>. Acesso em: 27 jan. 2026.

KOBKIATKAWIN, C. *et al.* Color stability of clear aligners exposed to various beverages: an in vitro study. **BMC Oral Health**, London, v. 25, n. 1, p. 971, 2025. DOI: 10.1186/s12903-025-06343-1. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1186/s12903-025-06343-1>. Acesso em: 27 jan. 2026.

MA, Y. S. *et al.* Mechanical properties of orthodontic thermoplastics PETG/PC2858 after blending. **Chinese Journal of Dental Research**, Berlin, v. 19, n. 1, p. 43-48, 2016. DOI: 10.3290/j.cjdr.a35696. Disponível em: <https://www.quintessence-publishing.com/deu/de/article/851784/chinese-journal-of-dental-research/2016/01/mechanical-properties-of-orthodontic-thermoplastics-petg-pc2858-after-blending>. Acesso em: 10 jan. 2026.

MADESWARAN, S.; JAYACHANDRAN, S. Sodium bicarbonate: a review and its uses in dentistry. **Indian Journal of Dental Research**, Mumbai, v. 29, n. 5, p. 672-677, 2018. DOI: 10.4103/IJDR.IJDR_30_17. Disponível em: https://journals.lww.com/ijdr/fulltext/2018/29050/sodium_bicarbonate__a_review_and_its_uses_in.25.aspx. Acesso em: 10 jun. 2025.

NELSON-FILHO, P.; PEIXOTO, I. T.; ENOKI, C.; ITO, I. Y.; MATSUMOTO, M. A. Evaluation of home disinfection protocols for acrylic baseplates of removable orthodontic appliances: a randomized clinical investigation. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**, St. Louis, v. 140, n. 1, p. 51-57, 2011. DOI: 10.1016/j.ajodo.2009.12.036. Disponível em: [https://www.ajodo.org/article/S0889-5406\(11\)00333-7/abstract](https://www.ajodo.org/article/S0889-5406(11)00333-7/abstract). Acesso em: 10 mar. 2025.

OLTEANU, N. D. *et al.* Color stability of various orthodontic clear aligner systems after submersion in different staining beverages. **Materials**, Basel, v. 17, n. 16, p. 4009,

2024. DOI: 10.3390/ma17164009. Disponível em:
<https://www.mdpi.com/1996-1944/17/16/4009>. Acesso em: 10 mar. 2025.

ROSSINI, G.; PARRINI, S.; CASTROFLORIO, T.; DEREGIBUS, A.; DEBERNARDI, C. L. Efficacy of clear aligners in controlling orthodontic tooth movement: a systematic review. **The Angle Orthodontist**, Appleton, v. 85, n. 5, p. 881-889, 2015. DOI: 10.2319/061614-436.1. Disponível em:
<https://angle-orthodontist.kglmeridian.com/view/journals/angl/85/5/article-p881.xml>. Acesso em: 10 fev. 2026.

SHARMA, G.; WU, W.; DALAL, E. N. The CIEDE2000 color-difference formula: implementation notes, supplementary test data, and mathematical observations. **Color Research and Application**, Hoboken, v. 30, n. 1, p. 21-30, 2005. DOI: 10.1002/col.20070. Disponível em:
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/col.20070>. Acesso em: 10 mar. 2025.

SILVA, P. C. H. *et al.* Cleaning solutions for orthodontic clear aligners: a microbiological and colorimetric analysis. **Dental Press Journal of Orthodontics**, Maringá, v. 30, n. 2, e2524262, 2025. DOI: 10.1590/2177-6709.30.2.e2524262.oar. Disponível em:
<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC12133152/>. Acesso em: 10 jan. 2026.

