

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE ODONTOLOGIA**

Luisa Franco Minatto

**ESTUDO DA EFICIÊNCIA DAS SOLUÇÕES DE LIMPEZA
PARA USO EM ALINHADORES ORTODÔNTICOS**

Porto Alegre
maio 2021

LUISA FRANCO MINATTO

**ESTUDO DA EFICIÊNCIA DAS SOLUÇÕES DE LIMPEZA
PARA USO EM ALINHADORES ORTODÔNTICOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Odontologia da Faculdade de Odontologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial para a obtenção do título de Cirurgiã-Dentista.

Orientadora: Dra. Karina Santos Mundstock

Coorientador: Dr. Lucas Silveira Machado

Porto Alegre
maio 2021

LUISA FRANCO MINATTO

**ESTUDO DA EFICIÊNCIA DAS SOLUÇÕES DE LIMPEZA
PARA USO EM ALINHADORES ORTODÔNTICOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Odontologia da Faculdade de Odontologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial para a obtenção do título de Cirurgiã-Dentista.

Porto Alegre, 21 de Maio de 2021

Karina Santos Mundstock

Doutora em Odontologia (Ortodontia). Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Lucas Silveira Machado

Doutor em Odontologia (Dentística Restauradora). Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Érika de Oliveira Dias de Macêdo

Doutora em Odontologia (Materiais Dentários). Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Rafael Melara

Doutor em Odontologia (Dentística Restauradora). Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Dedico este trabalho aos meus pais Evanise e Luis e a meu
namorado Kevin, por me fornecerem todo o apoio que eu
precisava durante a minha trajetória.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha orientadora Dra. Karina Santos Mundstock e Coorientador Dr. Lucas Silveira Machado por todo suporte e conhecimentos transmitidos durante o projeto e a execução desse trabalho. Ambos são profissionais admiráveis e com muito conhecimento, nos quais me inspiro para a minha vida profissional.

Ao Laboratório de Morfologia Vegetal da UFRGS e à Maria Cecília Moço por me fornecerem a estufa (Termostato *Robertshaw*) que foi utilizada durante a execução desse trabalho.

A Wilcos do Brasil por me fornecer o espectrofotômetro padrão VITA *Easyshade V* utilizado para a execução desse trabalho.

Aos meus colegas, especialmente Juliana Matias, Nathália Beatriz, Nicole Camozzato e Jéssica Wosloszyn, por dividirem essa jornada comigo, serem um apoio para contar nos momentos de dificuldades e, por fim, tornarem a trajetória da graduação mais leve.

À minha família, especialmente à minha mãe Evanise, o meu pai Luis, o meu irmão Gabriel e o meu namorado Kevin. O apoio de vocês foi fundamental e nada disso seria possível sem vocês.

RESUMO

Os alinhadores invisíveis surgiram a partir de uma demanda estética na ortodontia. O aparelho *Invisalign*[®], é confeccionado com um material termoplástico chamado poliuretano. Apesar do poliuretano ser um material biocompatível, ele não é um material inerte e é sensível ao calor, umidade e tempo de exposição prolongado com as enzimas salivares. Estudos mostram que, após a exposição desses alinhadores a agentes pigmentantes, eles sofrem alterações de coloração. O objetivo desse estudo foi avaliar os efeitos *in vitro* de diferentes soluções pigmentantes nos alinhadores *Invisalign*[®] e a capacidade de remoção dessas pigmentações nos alinhadores por diferentes soluções de limpeza disponíveis no mercado brasileiro. Os noventa alinhadores ortodônticos foram imersos em seis meios de coloração diferentes: água destilada, café, chá preto, refrigerante Coca-Cola[®], suco de uva e *golden milk*. Cada solução teve um volume de 400ml e foi mantido a $37\pm 1^{\circ}\text{C}$ em uma estufa (termostato *Robertshaw*). Foram preparadas soluções diariamente para as imersões de 7 dias. Os alinhadores após serem aleatoriamente imersos nas soluções pigmentantes, foram distribuídos para ficarem em contato com as soluções de limpeza. Foram testadas 5 soluções de limpeza: água destilada, água oxigenada, *CoregaTabs*, *KinOrthonet*, Aparelho +*Clean*. Para a análise de cor foram utilizados os parâmetros de cor *Commission Internationale de l'Eclairage* (CIE), os parâmetros de cor L*, a*, e b* (LAB) dos alinhadores foram mensurados com um espectrofotômetro padrão VITA *Easysshade V* (Vita *Zahnfabrik, BadSackingen, Alemanha*) antes da coloração (T0), após 7 dias nas soluções pigmentantes (T1) e após o uso das soluções de limpeza (T2). O valor total da mudança de cor, Delta E (ΔE^*), foi calculado. Os resultados foram submetidos ao teste estatístico *Shapiro-Wilk* para a verificação da normalidade. Na presença de distribuição normal, foram submetidos à Análise de Variância de um fator (solução corante e limpeza) e as médias ao teste de *Tukey* (5%). Os resultados obtidos demonstraram em ordem decrescente de pigmentação: *golden milk*, café, chá preto, suco de uva, Coca-Cola[®] e água destilada. O grupo suco de uva, seguido pelo grupo do chá preto, apresentaram a maior variação de ΔE^* , após o ciclo de limpeza. Podemos concluir que o *golden milk* foi a solução pigmentante que mais gerou pigmentação extrínseca e as soluções de limpeza: *CoregaTabs*, Aparelho +*Clean* e água oxigenada apresentaram maior efetividade para remoção de pigmentos nos alinhadores.

Palavras-chave: Estética. Aparelhos Ortodônticos Removíveis. Pigmentação. Ortodontia.

ABSTRACT

The invisible aligners arose from an aesthetic demand in orthodontics. The Invisalign® appliance is made with a thermoplastic material called polyurethane. Although polyurethane is a biocompatible material, it is not an inert material and is sensitive to heat, humidity and prolonged exposure time with salivary enzymes. Studies showed that, after exposure of aligners to pigmenting agents, they suffer color changes. The objective of this study was to evaluate in vitro effects of different pigment solutions in the Invisalign® aligners and the ability to remove these pigments in the aligners by different cleaning solutions available in the Brazilian market. The ninety orthodontic aligners were immersed in six different coloring media: distilled water, coffee, black tea, Coca-Cola® soda, grape juice and golden milk. Each solution had a volume of 400ml and was kept at 37 ± 1 ° C in an oven (Robertshaw thermostat). They were prepared daily for 7-day immersions. After being randomly immersed in the pigment solutions, the aligners were distributed to be in contact with the cleaning solutions. Five cleaning agents were tested: distilled water, hydrogen peroxide, CoregaTabs, KinOrthonet, Aparelho + Clean. The aligners were cleaned after being immersed in the pigment solutions, and a cleaning cycle was carried out. For color analysis, the Commission Internationale de l'Eclairage (CIE) color parameters were used, the L *, a *, and b * (LAB) color parameters of the aligners were measured with a standard VITA Easyshade V spectrophotometer (Vita Zahnfabrik, BadSackingen, Germany) before staining (T0), after 7 days in pigment solutions (T1) and after one cycle in cleaning solutions (T2). The total value of the color change (ΔE^*) was calculated. The results were analyzed using the Shapiro-Wilk statistical test to verify normality. In the presence of normal distribution, one factor Analysis of Variance was used (coloring agents and cleaning) and as means to the Tukey test (5%). The results obtained showed in decreasing order of pigmentation: golden milk, coffee, black tea, grape juice, Coca-Cola® and distilled water. The grape juice group, followed by the black tea group, dissipates the greatest variation of ΔE^* , after the cleaning cycle. We can concluded that golden Milk was the pigmentation solution that most caused extrinsic pigmentation and the cleaning solutions: CoregaTabs, Aparelho + Clean and hydrogen peroxide showed greater effectiveness in removing aligner pigments.

Keywords: Esthetics. Orthodontic Appliances, Removable. Pigmentation. Orthodontics.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
2 ARTIGO CIENTÍFICO	11
RESUMO	11
INTRODUÇÃO	12
MATERIAIS E MÉTODOS	13
RESULTADOS	15
DISCUSSÃO	18
CONCLUSÃO	23
REFERÊNCIAS	23
3 CONCLUSÃO	26
REFERÊNCIAS	27

1 INTRODUÇÃO

Devido ao crescimento de uma demanda estética na ortodontia, principalmente para os pacientes adultos, surgiram várias alternativas de aparelhos estéticos como braquetes estéticos, aparelhos linguais e os alinhadores invisíveis (ROSVALL *et al.*, 2009; MASPERO *et al.*, 2010; GHAFARI, 2015; MALIK; MCMULLIN; WARING, 2013).

Os alinhadores ortodônticos além de serem muito discretos e estéticos, uma de suas vantagens em relação aos demais, é ser removível, o que permite que o paciente consiga higienizar melhor seus dentes e possa se alimentar normalmente (LOMBARDO *et al.*, 2015). Efetivamente, os alinhadores invisíveis repercutem minimamente na estética, ao mesmo tempo em que são capazes de efetivamente e progressivamente movimentar os dentes para a posição programada (BOYD; MILLER; VLASKALIC, 2000; KIM; ECHARRI, 2007; KOHDA *et al.*, 2013; LOMBARDO *et al.*, 2015).

O tratamento ortodôntico com alinhadores é fundamentado no uso sequencial destes aparelhos removíveis fabricados a partir de um material termoplástico (MARTORELLI *et al.*, 2013; LIU *et al.*, 2016). No caso do aparelho *Invisalign*®, esse material é o poliuretano. Apesar do poliuretano ser um material biocompatível, ele não é um material inerte e é sensível ao calor, umidade e tempo de exposição prolongado com as enzimas salivares (SCHUSTER *et al.*, 2004; GRACCO *et al.*, 2009). Os alinhadores devem ser utilizados continuamente, exceto durante a higiene oral e a mastigação. Geralmente, os alinhadores são trocados a cada 14 dias durante o tratamento, e portanto, cada alinhador permanece em boca por aproximadamente 308 horas (GRACCO *et al.*, 2009).

Conforme Liu *et al.*, (2016, p. 246) afirmaram: “No entanto, embora os alinhadores sejam aparelhos estéticos promissores, a estabilidade de cor dos materiais desses alinhadores é pouco relatada na literatura”. Alguns estudos mostram que, após a exposição desses alinhadores a soluções pigmentantes, eles sofrem alterações de coloração (ZAFEIRIADIS *et al.*, 2014; LIU *et al.*, 2016; LOMBARDO *et al.*, 2015). Segundo Liu *et al.* (2016, p. 246): “Observando a partir de uma perspectiva estética, a estabilidade de cor e transparência dos alinhadores deve ser estável durante as duas semanas de uso dos mesmos alinhadores”. Durante o tratamento, é recomendado que os alinhadores sejam removidos antes de se

alimentar. Porém, a exposição dos alinhadores a soluções pigmentantes é inevitável, especialmente quando o paciente ingere líquidos sem remover os alinhadores da sua boca, devido a restrições de horário durante o seu trabalho ou até mesmo em eventos sociais (LIU *et al.*, 2016).

Para os pacientes que não seguem a recomendação de remover o alinhador antes de se alimentar, os pigmentos provenientes principalmente das bebidas podem se acumular e levar a alterações de cor no material do alinhador. Portanto os alinhadores podem se tornar menos estéticos durante o tratamento, e isso é uma preocupação clínica (LIU *et al.*, 2016).

Por fim, há poucos estudos que investigam se as soluções de limpeza disponíveis no mercado brasileiro são capazes de remover as pigmentações e consequentemente aumentar o tempo de estabilidade de cor e transparência dos alinhadores durante o período de uso do mesmo alinhador.

Este estudo tem como objetivo avaliar os efeitos *in vitro* de diferentes soluções pigmentantes nos alinhadores *Invisalign*® e a capacidade de remoção dessas pigmentações nos alinhadores por diferentes soluções de limpeza disponíveis no mercado brasileiro.

2 ARTIGO CIENTIFÍCO

RESUMO

Introdução: O objetivo deste estudo foi avaliar os efeitos *in vitro* de diferentes soluções pigmentantes nos alinhadores *Invisalign*® e a capacidade de remoção dessas pigmentações nos alinhadores por diferentes soluções de limpeza disponíveis no mercado brasileiro.

Métodos: Noventa alinhadores *Invisalign*® foram imersos em seis meios de coloração diferentes: água destilada, café, chá preto, refrigerante Coca-Cola®, suco de uva e *golden milk*. Após, foram testadas 5 maneiras de realizar a limpeza dos alinhadores: água destilada, água oxigenada, *CoregaTabs*, *KinOrthonet*, Aparelho +*Clean*. Para a análise de cor foram utilizados os parâmetros de cor *Commission Internationale de l'Eclairage* (CIE L* a* b*), que foram mensurados com um espectrofotômetro padrão VITA *Easyshade V* antes da coloração (T0) e após 7 dias nas soluções pigmentantes (T1) e após o um ciclo nas soluções de limpeza (T2). O valor total da mudança de cor, Delta E (ΔE^*), foi calculado. Os resultados foram submetidos ao teste estatístico *Shapiro-Wilk* para a verificação da normalidade. Na presença de distribuição normal, foram submetidos à Análise de Variância um fator (solução corante e limpeza) e as médias ao teste de *Tukey* (5%).

Resultados: As soluções que mais pigmentaram os alinhadores foram, respectivamente, *golden milk* e café. O grupo suco de uva, seguido pelo grupo do chá preto, apresentaram a maior variação de ΔE^* , após o ciclo de limpeza.

Conclusão: A solução pigmentante que mais gerou pigmentação extrínseca foi o *golden milk*. *CoregaTabs*, Aparelho +*Clean* e água oxigenada foram as soluções de limpeza mais efetivas para remoção de pigmentos nos alinhadores.

Palavras-chave: Estética. Aparelhos Ortodônticos Removíveis. Pigmentação. Ortodontia.

INTRODUÇÃO

Os alinhadores surgiram devido a um aumento pela demanda estética na ortodontia, principalmente pelos pacientes adultos (ROSVALL *et al.*, 2009). Além de serem estéticos, os alinhadores possuem a vantagem de serem removíveis o que facilita a higienização da cavidade bucal e não gera restrições alimentares como um aparelho ortodôntico convencional (LOMBARDO *et al.*, 2015).

O tratamento ortodôntico com esses alinhadores é baseado no seu uso sequencial e geralmente são trocados a cada 14 dias de uso pelo paciente (MARTORELLI *et al.*, 2013; LIU *et al.*, 2016). Os alinhadores devem permanecer em boca por aproximadamente 20 a 22 horas para manter a sua efetividade. A recomendação é que sejam removidos apenas para realização da higiene bucal e alimentação (GRACCO *et al.*, 2009).

O alinhador *Invisalign*®, é constituído de um material termoplástico, chamado poliuretano (GRACCO *et al.*, 2009). Alguns estudos mostraram que, após a exposição desses alinhadores a agentes pigmentantes, eles sofrem alterações de coloração (ZAFEIRIADIS *et al.*, 2014; LIU *et al.*, 2016; LOMBARDO *et al.*, 2015). Porém, a exposição dos alinhadores a agentes pigmentantes é inevitável durante o tratamento. Os agentes pigmentantes são provenientes principalmente das bebidas que o paciente ingere ao longo do dia sem remover os alinhadores, por estar em seu ambiente de trabalho ou algum evento social (LIU *et al.*, 2016). Além disso, remover frequentemente o alinhador pode comprometer a sua eficácia.

Por fim, há poucos estudos que analisam a transparência dos alinhadores após a limpeza. A evidência na literatura ainda é incipiente, foi encontrado apenas um estudo de Bernard *et al.* (2020), onde os alinhadores são pigmentados e após submetidos a soluções de limpeza para análise de mudanças na coloração.

Este estudo tem como objetivo avaliar os efeitos *in vitro* de diferentes soluções pigmentantes nos alinhadores *Invisalign*® e a capacidade de remoção dessas pigmentações nos alinhadores por diferentes soluções de limpeza disponíveis no mercado brasileiro e conseqüentemente aumentar o tempo de estabilidade de cor e transparência dos alinhadores durante o período de uso do mesmo alinhador.

MATERIAIS E MÉTODOS

Delineamento Experimental

Os fatores em estudo foram as soluções pigmentantes para os alinhadores *Invisalign*® em 6 níveis: água destilada (grupo controle), café, chá preto, refrigerante Coca-Cola®, suco de uva e *golden milk*, e as soluções para limpeza dos alinhadores *Invisalign*® em 5 níveis: água destilada (grupo controle), água oxigenada, *CoregaTabs*, *KinOrthonet*, Aparelho +*Clean*. A variável de resposta foi a mensuração de cor analisada após a imersão no fator soluções pigmentantes e nas soluções para limpeza, por meio de espectrofotometria para análise das alterações.

A Pigmentação dos Alinhadores

Para este estudo foram utilizados 90 alinhadores *Invisalign*® produzidos pela Align Technology Inc, após definição por cálculo amostral. Os alinhadores foram randomicamente divididos em 6 grupos de 15 amostras cada, de acordo com a soluções pigmentantes, sendo as amostras imersas nas diferentes soluções em temperatura de 37 ± 1 ° C, por 7 dias.

Cada solução tinha um volume de 400ml e foi mantida a 37 ± 1 °C em uma estufa (Termostato *Robertshaw*). Foram preparadas soluções diariamente para as imersões de 7 dias. Os alinhadores foram enxaguados a cada 24h com água destilada, antes de serem imersos novamente nas soluções pigmentantes frescas. A solução de café instantâneo foi preparada com 8g de pó de café instantâneo (Nescafé® Original, Nestlé, Vevey, Vaud, Suíça) por 400ml de água destilada fervente. (FERNANDES, A. B. N. *et al.*, 2014). Para o chá (English Breakfast Tea, Twinings, Andover, Inglaterra), foram utilizados 2 sacos por 400ml de água destilada fervente (mergulhados por 4 minutos). Foram utilizados os corantes a base de Cola (Coca-Cola®, Coca-Cola Company, Atlanta, GA, EUA) e suco de uva (Aurora, Bento Gonçalves, Brasil) como fornecidos pelos fabricantes, pois são bebidas prontas. O *golden milk* (*Coco Cream Golden Milk*, Puravida, São Paulo, Brasil) foi preparado diluindo 80g do *Coco Cream Golden Milk* em 400ml de água destilada morna ou quente. Para a solução de controle, foi utilizado 400ml de água destilada. As soluções que foram preparadas com água quente, foram após resfriadas até atingirem a temperatura de 37 ± 1 ° C, antes da imersão dos alinhadores.

A Limpeza dos Alinhadores

Após a pigmentação, os 15 alinhadores de cada solução pigmentante foram subdivididos randomicamente em 5 grupos de 3 alinhadores cada, de acordo com as soluções de limpeza. Foram testadas 5 maneiras de realizar a limpeza dos alinhadores realizando a imersão em água destilada (grupo controle), água oxigenada 10 volumes, *CoregaTabs*, *KinOrthonet* e Aparelho +*Clean*. Os alinhadores foram limpos separadamente com água destilada, após terem sido imersos nas soluções pigmentantes, e foram imersos nas diferentes soluções de limpeza ao final de 7 dias, padronizando a rotina de limpeza dos aparelhos.

As amostras foram armazenadas a seco no período em que não estavam imersas nas soluções de limpeza.

A solução de *CoregaTabs* foi preparada com 1 comprimido para uma quantidade de água morna suficiente para cobrir o alinhador (125ml), os alinhadores ficaram imersos na solução por 20 minutos, foram escovados com escova macia utilizando a própria solução e em seguida enxaguados em água corrente. Para a solução de *KinOrthonet*, foi utilizado 125ml da solução sem diluir para cada alinhador, os alinhadores ficaram imersos por 20 minutos, em seguida enxaguados em água corrente com o auxílio de uma escova macia. A solução de Aparelho +*Clean* foi preparada com 1 pastilha em um copo de água morna para cada alinhador (125ml), os alinhadores ficaram imersos por 20 minutos e foram escovados com escova macia utilizando a própria solução e em seguida enxaguados em água corrente. Para a água oxigenada foram utilizados 125ml de solução para cada alinhador, que foram escovados com escova macia. A escovação foi padronizada sendo executados 10 movimentos em cada face do alinhador. Para a água destilada foram utilizados 125ml de solução para cada alinhador.

Avaliação da Alteração de Cor

Foram utilizados os parâmetros de cor *Commission Internationale de l'Eclairage* (CIE) L^* , a^* e b^* (LAB). O parâmetro de cor L^* representa a luminosidade (+ brilhante, - escura), a^* representa a escala de cor vermelha (+) e verde (-), e b^* indica a escala de cor amarela (+) a azul (-). Os parâmetros de cor L^* , a^* , e b^* dos alinhadores foram mensurados com um espectrofotômetro padrão VITA *Easyshade V* (Vita *Zahnfabrik, BadSackingen, Alemanha*) antes da coloração (T0) e após 7 dias nas soluções pigmentantes (T1) e após o ciclo nas

soluções de limpeza (T2). Após cada ciclo de imersão, os alinhadores foram lavados em água corrente, secos com ar comprimido e após foi realizada a mensuração de cor. As medidas foram realizadas por um avaliador previamente calibrado que estava cego para a divisão dos grupos. A superfície lingual plana do incisivo central superior direito de cada alinhador foi mensurada. Uma solução pastosa branca (Colgate® Sensitive Pró-Alívio™, Colgate-Palmolive Company, Nova York, EUA) foi utilizada como referência de fundo e colocada na região interna dos alinhadores. As medidas foram realizadas por contato firme da ponta do sensor óptico verticalmente com a superfície plana do alinhador. Todas as medições foram realizadas na mesma sala com iluminação padronizada. O valor total da mudança de cor, Delta E (ΔE^*), foi calculado de acordo com a equação $\Delta E^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2}$, que representa a diferença de cor antes e depois da coloração. Foram realizadas mensurações no baseline, após as pigmentações e após a imersão nas soluções de limpeza.

Análise Estatística

Os dados foram avaliados quanto à normalidade pelo teste de *Shapiro-Wilk* apresentando distribuição normal ($p > 0,02$). Em seguida, foram submetidos à Análise de Variância de um fator (solução corante inicialmente e depois da limpeza, para cada corante) e as médias ao teste de *Tukey* (5%).

RESULTADOS

Avaliações quantitativas foram conduzidas para as medições de cor. As médias e os desvios-padrão dos valores de ΔE^* (alteração de cor) são apresentados na Tabela 1 e Tabela 2.

Tabela 1 – Comparações das médias da alteração de cor (ΔE^*) após imersão em soluções pigmentantes, entre parênteses o desvio padrão.

	Coca-Cola®	Chá Preto	Café	Golden Milk	Suco de Uva	Água Destilada
(ΔE)	8,2 ($\pm 3,9$) a	25,6 ($\pm 5,5$) b	40,6 ($\pm 6,4$) c	61,7 ($\pm 5,0$) d	20,8 ($\pm 3,7$) b	8,8 ($\pm 2,8$) a

* Letras iguais apresentam igualdade estatística.

(fonte: elaborado pelo autor)

Tabela 2 – Comparações da alteração de cor (ΔE^*) após imersão nas soluções de limpeza para cada solução pigmentante

	Coca-Cola®			Chá Preto			Café		
	Mean	SD	IC*	Mean	SD	IC*	Mean	SD	IC*
<i>CoregaTabs</i>	5,911	$\pm 0,166$	a	17,836	$\pm 1,522$	a	6,464	$\pm 0,293$	a, b
<i>Aparelho +Clean</i>	6,198	$\pm 0,316$	a	15,962	$\pm 2,27$	a, b	4,732	$\pm 1,256$	a
<i>KinOrthonet</i>	5,328	$\pm 0,709$	a	11,097	$\pm 3,298$	b	9,405	$\pm 1,372$	b
Água Oxigenada	3,274	$\pm 1,856$	a	11,008	$\pm 0,766$	b	6,05	$\pm 2,113$	a, b
Água Destilada	3,459	$\pm 1,786$	a	5,045	$\pm 1,326$	c	3,995	$\pm 1,918$	a

	Golden Milk			Suco de uva			Água Destilada		
	Mean	SD	IC*	Mean	SD	IC*	Mean	SD	IC*
<i>CoregaTabs</i>	4,255	$\pm 1,914$	a	17,771	$\pm 3,157$	a	4,99	$\pm 1,314$	a, b, d
<i>Aparelho +Clean</i>	4,498	$\pm 2,172$	a	18,863	$\pm 1,378$	a	7,384	$\pm 0,638$	a, c
<i>KinOrthonet</i>	6,635	$\pm 1,697$	a	16,994	$\pm 2,792$	a	4,147	$\pm 0,839$	b, d
Água Oxigenada	5,686	$\pm 2,666$	a	12,463	$\pm 1,674$	a, b	7,955	$\pm 0,82$	c
Água Destilada	2,323	$\pm 0,678$	a	6,482	$\pm 3,038$	b	3,494	$\pm 1,159$	d

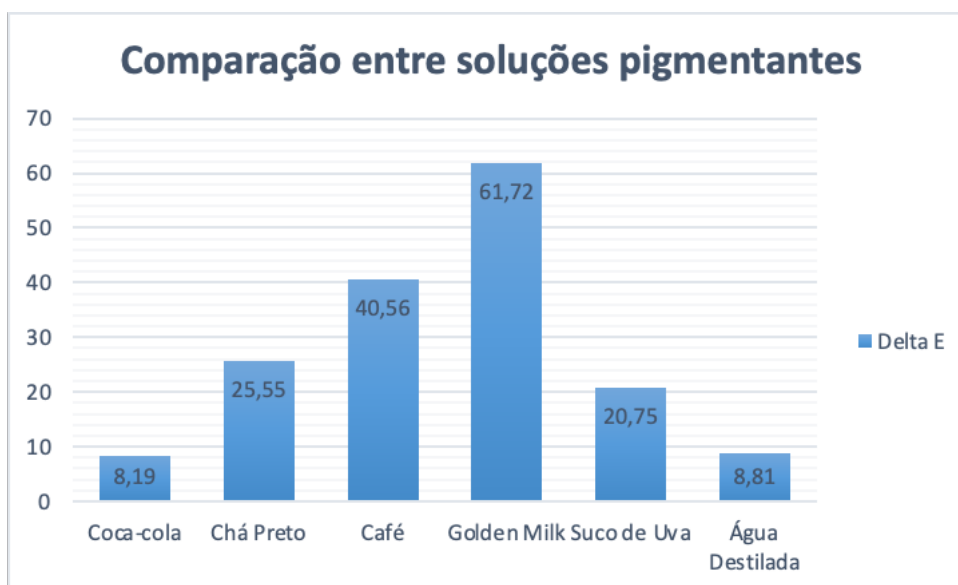
IC, *Intergroup comparison*; SD, *standard deviation*.

* Letras iguais apresentam igualdade estatística.

(fonte: elaborado pelo autor)

Após a análise estatística dos valores de ΔE^* , foi possível observar diferenças significativas nas mudanças de cor entre as diferentes soluções pigmentantes ($p < 0,05$). Em ordem decrescente de pigmentação: *golden milk*, café, chá preto, suco de uva, Coca-Cola®, água destilada (Figura 1). As comparações intergrupos revelaram que os valores de ΔE^* entre os grupos de pigmentação foi estatisticamente significativa e apenas o grupo Coca-Cola® e água destilada não tiveram diferenças estatísticas (Tabela 1).

Figura 1 – Comparação entre as soluções pigmentantes em unidades Delta E.



(fonte: elaborado pelo autor)

Com relação as soluções de limpeza em cada grupo de pigmentação, no grupo Coca-Cola®, todas as soluções se mostraram efetivas estatisticamente e tiveram desempenho semelhante. A solução de Aparelho + *Clean* apresentou a maior média. No grupo chá preto, as soluções de *CoregaTabs* e Aparelho + *Clean* foram as mais efetivas e estatisticamente iguais na limpeza. A solução de *CoregaTabs* apresentou a maior média. No grupo café, as soluções de *KinOrthonet*, *CoregaTabs* e água oxigenada foram as mais efetivas e estatisticamente iguais na limpeza. A solução de *KinOrthonet* apresentou a maior média. No grupo *golden milk*, não foi possível identificar nenhuma diferença estatística entre as soluções de limpeza. No grupo suco de uva, as soluções de *CoregaTabs*, Aparelho + *Clean*, *KinOrthonet* e água oxigenada foram as mais efetivas e estatisticamente iguais na limpeza. A maior média ficou com a solução de Aparelho + *Clean*. No grupo água destilada, as soluções de Aparelho + *Clean* e água oxigenada foram as mais efetivas e estatisticamente iguais na limpeza. A solução de água oxigenada apresentou a maior média (Tabela 2).

O grupo suco de uva, seguido pelo grupo do chá preto, apresentaram a maior variação de ΔE^* , após o ciclo de limpeza (Tabela 2).

DISCUSSÃO

Os resultados do presente estudo sugerem que os efeitos de pigmentação foram mais proeminentes, respectivamente, nos grupos *golden milk*, café, chá preto e suco de uva. O café, o chá preto e o suco de uva também foram utilizados em estudos anteriores como soluções pigmentantes para alinhadores e obtiveram resultados que seguem a mesma ordem de pigmentação que encontramos nesse estudo, com exceção do *golden milk*, que não foi encontrado nenhum artigo que utilizou essa solução como agente pigmentante (BERNARD, G. *et al.*, 2020; LIU *et al.*, 2016; ZAFEIRIADIS *et al.*, 2014). Optou-se por utilizar o *golden milk* como solução pigmentante pela hipótese de que seria uma solução com grande capacidade de pigmentação, e também, ser facilmente encontrado em lojas de produtos naturais em todo o Brasil.

Em contrapartida com os estudos anteriores, o grupo controle (o grupo da água destilada), apresentou pouca, porém presente alteração de cor, ficando semelhante ao grupo Coca-Cola®. Os dois grupos tiveram valores de ΔE^* muito semelhantes tanto após a pigmentação como após o ciclo de limpeza. (LIU *et al.*, 2016; ZAFEIRIADIS *et al.*, 2014).

O poliuretano, material que constitui o aparelho *Invisalign*®, se mostrou em estudos anteriores ser um material com alta susceptibilidade a agentes pigmentantes, quando comparado a outras marcas de alinhadores (BERNARD, G. *et al.*, 2020; LIU *et al.*, 2016). Isso ocorre devido a natureza polar deste material, que é propensa à formação de ligações de hidrogênio que interagem com os pigmentos hidrofílicos em soluções, facilitando assim a adsorção do pigmento no material (GUNTER, 1994.). Além disso, a natureza desse material é naturalmente porosa, o que aumenta a pigmentação (BERNARD, G. *et al.*, 2020; FERNANDES *et al.* 2014).

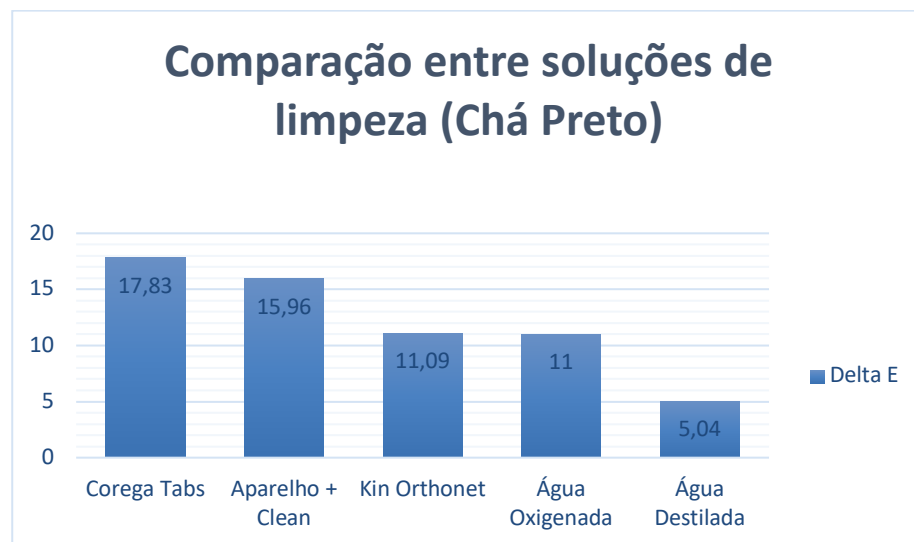
É importante ressaltar que um estudo *in vitro* não simula exatamente como ocorreria o envelhecimento do alinhador na cavidade bucal. Os efeitos dos agentes pigmentantes provavelmente seriam mais proeminentes *in vivo* (ZAFEIRIADIS *et al.* 2014). Entre as alterações em alinhadores *in vivo* já relatadas na literatura estão rachaduras, desgaste nos pontos de contato com os dentes opostos, abrasões e depósitos calcificados nas superfícies dos

alinhadores, resultando em alinhadores notavelmente mais opacos. Além disso, o trauma decorrente da mastigação e bruxismo certamente contribui para a opacidade dos alinhadores utilizados no ambiente oral (GRACCO *et al.*, 2009). As microanálises de raios X realizadas no estudo de Gracco *et al.* (2009), em regiões selecionadas dos alinhadores usados, demonstraram uma distribuição quase uniforme de íons potássio, sódio, cloro e cálcio, consistente com início do processo de calcificação do biofilme. Todos esses processos químicos e mecânicos, além de tornar o alinhador mais opaco, irão também o tornar mais rugoso, possivelmente aumentando a pigmentação desses alinhadores (FERNANDES *et al.* 2014; SCHUSTER, S. *et al.* 2004).

O espectrofotômetro é amplamente utilizado em estudos para medição de coloração, mas possui limitações já relatadas na literatura como apresentar variabilidade de medição conforme o aparelho e a marca (DIAS *et al.* 2020). De acordo com o estudo de Dias *et al.* (2017) a confiabilidade dos dispositivos eletrônicos de aferição de cor varia entre 76% e 95% e a acurácia varia entre 97,6% e 99,1%.

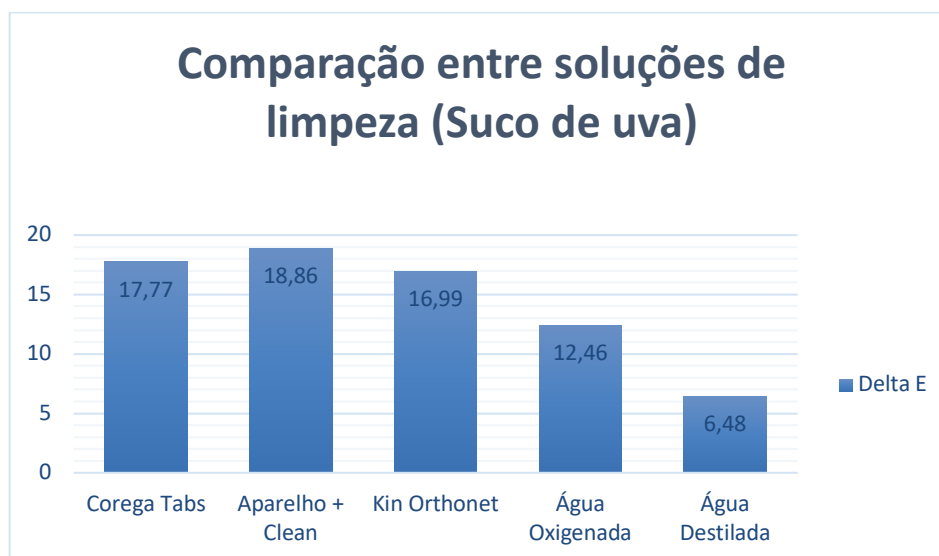
As soluções de limpeza mais efetivas variaram conforme o grupo de pigmentação. Os alinhadores do grupo suco de uva, seguidos pelo grupo do chá preto, obtiveram uma melhor remoção de pigmentos quando comparados aos outros grupos em todas as soluções de limpeza. Isso indica que as soluções utilizadas possuem um melhor potencial de limpeza para remoção de pigmentos dessas bebidas (Figuras 2 e 3).

Figura 2 – Comparação entre as soluções de limpeza em Delta E.



(fonte: elaborado pelo autor)

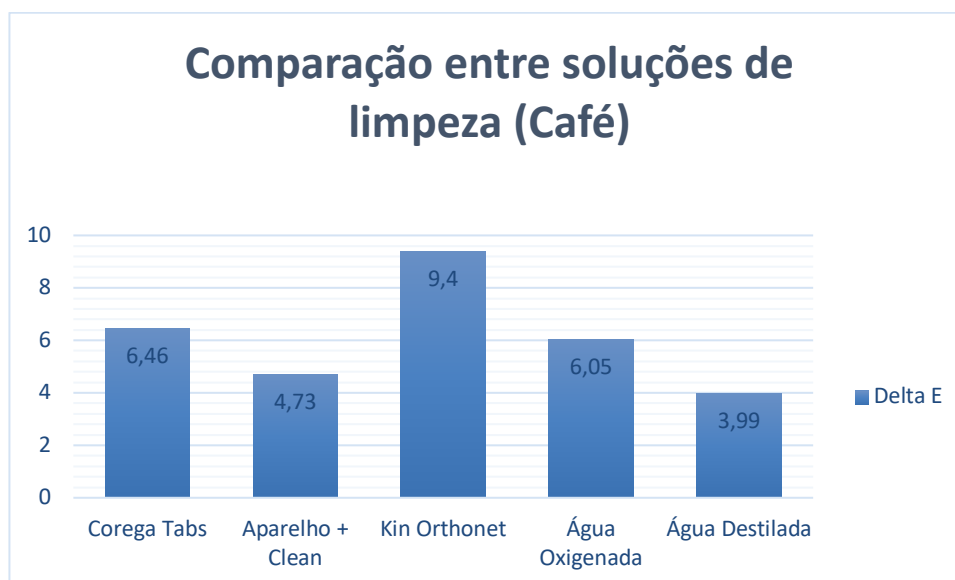
Figura 3 – Comparação entre as soluções de limpeza em Delta E.



(fonte: elaborado pelo autor)

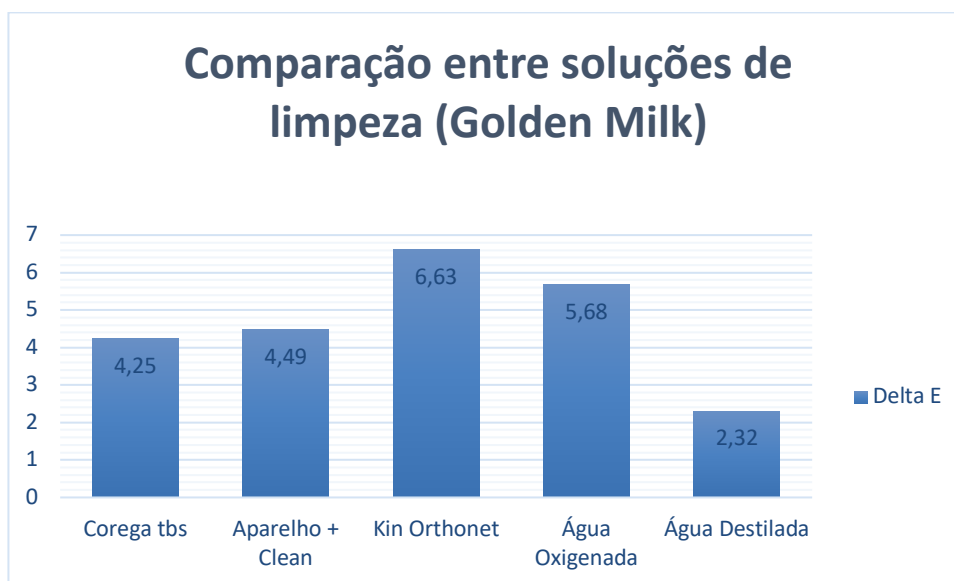
Já no grupo do café e *golden milk*, as soluções de limpeza não apresentaram o mesmo potencial, apenas com destaque para o *KinOrthonet* que teve um bom desempenho para a limpeza dos pigmentos do café (Figuras 4 e 5).

Figura 4 – Comparação entre as soluções de limpeza em Delta E.



(fonte: elaborado pelo autor)

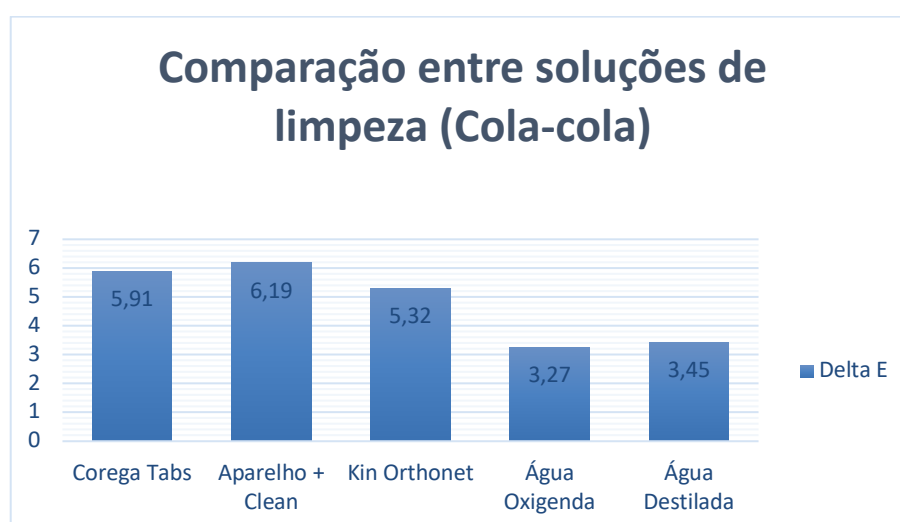
Figura 5 – Comparação entre as soluções de limpeza em Delta E.



(fonte: elaborado pelo autor)

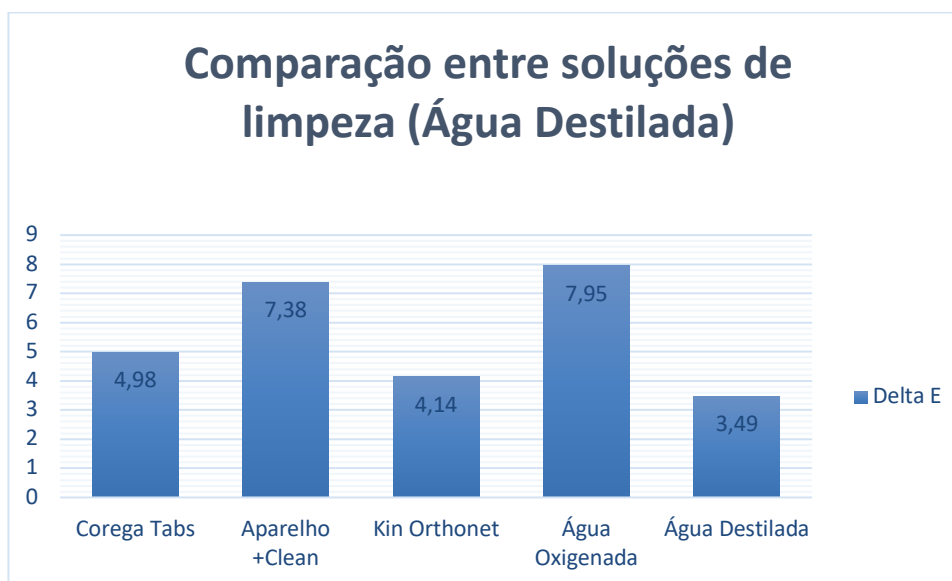
No grupo da Coca-Cola® e água destilada obtivemos resultados de limpeza semelhantes, tendo em vista que esses dois grupos apresentaram valores de ΔE^* muito semelhantes tanto após a pigmentação quanto após a limpeza, isso demonstra que as soluções possuem o mesmo potencial de limpeza para esse nível de pigmentação (Figuras 6 e 7).

Figura 6 – Comparação entre as soluções de limpeza em Delta E.



(fonte: elaborado pelo autor)

Figura 7 – Comparação entre as soluções de limpeza em Delta E.



(fonte: elaborado pelo autor)

Como foi realizada uma pigmentação exagerada, existe a hipótese de que se fossem realizados mais ciclos de limpeza, poderíamos ter uma melhor despigmentação dos alinhadores, principalmente no grupo *golden milk*, que foi o grupo de maior pigmentação e onde todas as soluções de limpeza testadas se mostraram estatisticamente iguais. Realizou-se a metodologia proposta, com um ciclo de limpeza de 20 minutos cada, pois optou-se por seguir a orientação dos fabricantes no uso das soluções de limpeza.

Se o valor ΔE^* é menor que 1 unidade ($\Delta E^* < 1$), então a mudança de coloração é considerada clinicamente invisível. Valores de ΔE^* de 1 a 3,3 unidades são diferenças ainda consideradas clinicamente aceitáveis. Valores ΔE^* superiores a 3,3 são perceptíveis mesmo por observadores não treinados (por exemplo, pacientes), e é considerada clinicamente não aceitável (VICHI; FERRARI; DAVIDSON, 2004; SEGUI; HEWLETT; KIM, 1989). Ou seja, todos os nossos alinhadores apresentaram valores de ΔE^* superiores a 3,3 tanto na fase de pigmentação quanto na fase de limpeza, com exceção ao grupo Coca-Cola® com limpeza em água oxigenada e o grupo *golden milk* com limpeza em água destilada (Tabelas 1 e 2).

Os resultados dessa pesquisa ilustram que os ortodontistas devem manter a orientação para os pacientes removerem os alinhadores antes de consumir bebidas, principalmente se for ingerido o *golden milk* ou o café, que são as bebidas com maior potencial de pigmentação e que, conseqüentemente, são as mais difíceis de remover os pigmentos.

A água oxigenada se mostrou estatisticamente igual na remoção de pigmentos quando comparada a soluções de limpeza específicas testadas nesse estudo. Além disso, parece ser uma solução comum, de fácil acesso, custo baixo, e poderia ser usada preventivamente diariamente em alinhadores.

Porém mais estudos *in vivo* são necessários para avaliar a pigmentação dos alinhadores e a capacidade de remoção de agentes pigmentantes por diferentes soluções de limpeza.

CONCLUSÃO

Os Alinhadores *Invisalign*® são suscetíveis a pigmentação quando expostos a agentes pigmentantes. Os agentes pigmentantes possuem diferentes capacidades de pigmentação e distintos potenciais de serem removidos pelas soluções de limpeza. O *golden milk* foi o agente pigmentante que apresentou a maior capacidade de pigmentação dos alinhadores entre todos os grupos estudados. *CoregaTabs*, Aparelho + *Clean* e água oxigenada foram as soluções de limpeza mais efetivas para remoção de pigmentos nos alinhadores, seguido pelo *KinOrthonet* e a água destilada.

REFERENCIAS

BERNARD, G. *et al* Colorimetric and spectrophotometric measurements of orthodontic thermoplastic aligners exposed to various staining sources and cleaning methods. **Head & Face Medicine**, Montréal, v.16, n.2, p.1-12, 2020.

BOYD, R. L.; MILLER, R.J.; VLASKALIC V. The Invisalign system in adult orthodontics: mild crowding and space closure cases. **Journal of Clinical Orthodontics**, San Francisco, v. 34, n. 4, p. 203-212, Apr. 2000.

DIAS *et al*. CIEL*a*b* values in vita classical and vita 3d master by two dental spectrophotometers. **The International Journal of Prosthodontics**, 2021.
DOI: 10.11607/ijp.7235. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33750999/>. Acesso em: 5 maio 2021.

DIAS *et al*. Determinação da cor de diferentes escalas por dois métodos espectrofotométricos – estudo *in vitro*. **Revista Portuguesa de Estomatologia, Medicina Dentária e Cirurgia Maxilofacial**, Lisboa, v. 58, n.3, p. 1-7, 2017.

FERNANDES, A. B. N. *et al*. Assessment of exogenous pigmentation in colourless elastic ligatures. **Journal of Orthodontics**, Rio de Janeiro, v. 41, p. 147–151, 2014.

GHAFFARI, J.G. Centennial inventory: the changing face of orthodontics. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**, Beirut, v. 148, n. 5, p. 732-739, 2015.

GRACCO, A. *et al.* Short-term chemical and physical changes in Invisalign appliances. **Australian Orthodontic Journal**, Ferrara, v. 25, n. 1, p. 34-40, May 2009.

GUNTER, O. **Polyurethane Handbook**. Munich: Hanser Publishers, 1994.

KIM, T.W.; ECHARRI P. Clear aligner: an efficient, esthetic, and comfortable option for an adult patient. **World Journal of Orthodontics**, Seoul, v. 8, n. 1, p. 13-18, 2007.

KOHDA, N. *et al.* Effects of mechanical properties of thermoplastic materials on the initial force of thermoplastic appliances. **Angle Orthodontist**, Hokkaido, v. 83, n. 3, p. 476-483, 2013.

LIU, C. *et al.* Colour stabilities of three types of orthodontic clear aligners exposed to staining agents. **International Journal of Oral Science**, Chengdu, v. 8, n. 4, p. 246-253, Sept. 2016.

LOMBARDO, L. *et al.* Optical properties of orthodontic aligners: spectrophotometry analysis of three types before and after aging. **Progress in Orthodontics**, Milano, v. 16, n. 4, p. 1-8, 2015.

MALIK, O.H.; MCMILLIN, A.; WARING, D.T. Invisible orthodontics part 1: Invisalign. **Dental Update**, Manchester, v. 40, n. 3, p. 203-215, Apr. 2013.

MARTORELLI, M. *et al.* A comparison between customized clear and removable orthodontic appliances manufactured using RP and CNC techniques. **Dental Materials**, Naples, v. 29, n. 2, p. 1-10, Feb. 2013.

MASPERO, C. *et al.* Orthodontic treatment in elderly patients. **Progress in Orthodontics**, Milano, v. 11, n. 1, p. 62-75, 2010.

ROSVALL, M. D. *et al.* Attractiveness, acceptability, and value of orthodontic appliances. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**, Utah, v. 135, n. 3, p. 276-288, Mar. 2009.

SCHUSTER, S. *et al.* Structural conformation and leaching from in vitro aged and retrieved Invisalign appliances. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**, Milwaukee, v. 26, n. 6, p. 725-728, Dec. 2004.

SEGHI, R.R.; HEWLETT, E.R.; KIM, J. Visual and instrumental colorimetric assessments of small color differences on translucent dental porcelain. **Journal of Dental Research**, v. 68, n.12, p.1760-1754, 1989.

VICHI, A.; FERRARI M.; DAVIDSON C.L. Color and opacity variations in three different resin-based composite products after water aging. **Dental Materials**, v. 20, p. 530-534, 2004.

ZAFEIRIADIS, A.A. *et al.* An in vivo spectrophotometric evaluation of Vivera® and Essix® clear thermoplastic retainer discolouration. **Australian Orthodontic Journal**, Thessaloniki, v. 34, n. 1, p. 3-10, May 2018.

ZAFEIRIADIS, A.A. *et al.* In vitro spectrophotometric evaluation of Vivera® clear thermoplastic retainer discolouration. **Australian Orthodontic Journal**, Thessaloniki, v.30, n. 2, p. 192-200, Nov. 2014.

3 CONCLUSÃO

A presente pesquisa científica abordou os efeitos de in vitro de soluções pigmentantes nos alinhadores *Invisalign*® e a capacidade de remoção dessas pigmentações nos alinhadores por diferentes soluções de limpeza disponíveis no mercado brasileiro.

É fundamental que durante o tratamento com os alinhadores eles mantenham uma estabilidade de cor e transparência, não perdendo a sua característica principal de ser um aparelho ortodôntico estético.

A partir dessa pesquisa, foi possível concluir que as soluções pigmentantes causam alteração de cor nos alinhadores *Invisalign*®. As soluções pigmentantes possuem diferentes capacidades de pigmentação e distintos potenciais de serem removidos pelas soluções de limpeza. Além disso, observou-se variação conforme o grupo de pigmentação a solução de limpeza que demonstrou melhores resultados (maior variação de ΔE^*). As soluções que geraram uma maior pigmentação nos alinhadores foram, respectivamente, *golden milk* e café. As soluções de limpeza mostraram uma melhor eficácia na remoção de pigmentos do grupo suco de uva, seguido pelo grupo do chá preto. *CoregaTabs*, *Aparelho + Clean* e água oxigenada foram as soluções de limpeza mais efetivas para remoção de pigmentos nos alinhadores, seguido pelo *KinOrthonet* e a água destilada. A água oxigenada parece ser uma solução comum, de fácil acesso, custo baixo, e poderia ser usada preventivamente diariamente em alinhadores.

Através do exposto nessa pesquisa, os ortodontistas ainda devem manter a orientação para os pacientes removerem os alinhadores antes de consumir bebidas, principalmente se for ingerido o *golden milk* ou o café, que são as bebidas com maior potencial de pigmentação e que, conseqüentemente, são as mais difíceis de remover os pigmentos pelas soluções de limpeza. Porém, mais estudos in vivo são necessários para avaliar a pigmentação dos alinhadores e a capacidade de remoção de agentes pigmentantes por diferentes soluções de limpeza.

REFERENCIAS

- BERNARD, G. *et al.* Colorimetric and spectrophotometric measurements of orthodontic thermoplastic aligners exposed to various staining sources and cleaning methods. **Head & Face Medicine**, Montréal, v.16, n.2, p.1-12, 2020.
- BOYD, R. L.; MILLER, R.J.; VLASKALIC V. The Invisalign system in adult orthodontics: mild crowding and space closure cases. **Journal of Clinical Orthodontics**, San Francisco, v. 34, n. 4, p. 203-212, Apr. 2000.
- DIAS *et al.* CIEL*a*b* values in vita classical and vita 3d master by two dental spectrophotometers. **The International Journal of Prosthodontics**, 2021.
DOI: 10.11607/ijp.7235. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33750999/>. Acesso em: 5 maio 2021.
- DIAS *et al.* Determinação da cor de diferentes escalas por dois métodos espectrofotométricos – estudo in vitro. **Revista Portuguesa de Estomatologia, Medicina Dentária e Cirurgia Maxilofacial**, Lisboa, v. 58, n.3, p. 1-7, 2017.
- FERNANDES, A. B. N. *et al.* Assessment of exogenous pigmentation in colourless elastic ligatures. **Journal of Orthodontics**, Rio de Janeiro, v. 41,p. 147–151, 2014.
- GHAFAARI, J.G. Centennial inventory: the changing face of orthodontics. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**, Beirut, v. 148, n. 5, p. 732-739, 2015.
- GRACCO, A. *et al.* Short-term chemical and physical changes in Invisalign appliances. **Australian Orthodontic Journal**, Ferrara, v. 25, n. 1, p. 34-40, May 2009.
- GUNTER, O. **Polyurethane Handbook**. Munich: Hanser Publishers, 1994.
- KIM, T.W.; ECHARRI P. Clear aligner: an efficient, esthetic, and comfortable option for an adult patient. **World Journal of Orthodontics**, Seoul, v. 8, n. 1, p. 13-18, 2007.
- KOHDA, N. *et al.* Effects of mechanical properties of thermoplastic materials on the initial force of thermoplastic appliances. **Angle Orthodontist**, Hokkaido, v. 83, n. 3, p. 476-483, 2013.
- LIU, C. *et al.* Colour stabilities of three types of orthodontic clear aligners exposed to staining agents. **International Journal of Oral Science**, Chengdu, v. 8, n. 4, p. 246-253, Sept. 2016.
- LOMBARDO, L. *et al.* Optical properties of orthodontic aligners: spectrophotometry analysis of three types before and after aging. **Progress in Orthodontics**, Milano, v. 16, n. 4, p. 1-8, 2015.
- MALIK, O.H.; MCMILLIN, A.; WARING, D.T. Invisible orthodontics part 1: Invisalign. **Dental Update**, Manchester, v. 40, n. 3, p. 203-215, Apr. 2013.
- MARTORELLI, M. *et al.* A comparison between customized clear and removable orthodontic appliances manufactured using RP and CNC techniques. **Dental Materials**, Naples, v. 29, n. 2, p. 1-10, Feb. 2013.

MASPERO, C. *et al.* Orthodontic treatment in elderly patients. **Progress in Orthodontics**, Milano, v. 11, n. 1, p. 62–75, 2010.

ROSVALL, M. D. *et al.* Attractiveness, acceptability, and value of orthodontic appliances. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**, Utah, v. 135, n. 3, p. 276-288, Mar. 2009.

SCHUSTER, S. *et al.* Structural conformation and leaching from in vitro aged and retrieved Invisalign appliances. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**, Milwaukee, v. 26, n. 6, p. 725-728, Dec. 2004.

SEGHI, R.R.; HEWLETT, E.R.; KIM, J. Visual and instrumental colorimetric assessments of small color differences on translucent dental porcelain. **Journal of Dental Research**, v. 68, n.12, p.1760-1754, 1989.

VICHI, A.; FERRARI M.; DAVIDSON, C.L. Color and opacity variations in three different resin-based composite products after water aging. **Dental Materials**, v. 20, p. 530-534, 2004.

ZAFEIRIADIS, A.A. *et al.* An in vivo spectrophotometric evaluation of Vivera® and Essix® clear thermoplastic retainer discolouration. **Australian Orthodontic Journal**, Thessaloniki, v. 34, n. 1, p. 3-10, May 2018.

ZAFEIRIADIS, A.A. *et al.* In vitro spectrophotometric evaluation of Vivera® clear thermoplastic retainer discolouration. **Australian Orthodontic Journal**, Thessaloniki, v.30, n. 2, p. 192-200, Nov. 2014.