



INSTITUTO UNIVERSITÁRIO EGAS MONIZ

MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA

**COMPARAÇÃO DA ALTERAÇÃO DA COLORAÇÃO DE
ALINHADORES ESTÉTICOS DOS SISTEMAS INVISALIGN® E
SPARK® QUANDO EXPOSTOS A AGENTES POTENCIALMENTE
CORANTES**

Trabalho submetido por
Mariana Inês da Silva Castelhana
para a obtenção do grau de Mestre em Medicina Dentária

outubro de 2022



INSTITUTO UNIVERSITÁRIO EGAS MONIZ

MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA

**COMPARAÇÃO DA ALTERAÇÃO DA COLORAÇÃO DE
ALINHADORES ESTÉTICOS DOS SISTEMAS INVISALIGN® E
SPARK® QUANDO EXPOSTOS A AGENTES POTENCIALMENTE
CORANTES**

Trabalho submetido por
Mariana Inês da Silva Castelhana
para a obtenção do grau de **Mestre** em Medicina Dentária

Trabalho orientado por
Prof. Doutora Teresa Sobral Costa

outubro de 2022

AGRADECIMENTOS

À minha orientadora, Prof. Doutora Teresa Sobral Costa, pelo apoio durante a realização deste trabalho, pelo material fornecido e pelo exemplo do que é ser uma boa profissional.

Ao Prof. Doutor Luís Proença, pela disponibilidade e pela sua ajuda na análise estatística.

Ao Prof. Doutor Mário Polido, pelo consentimento para utilização do laboratório.

Ao Instituto Universitário Egas Moniz, que nos últimos 5 anos me providenciou com muita aprendizagem e experiências, contribuindo fortemente para a pessoa que sou hoje.

Aos meus pais, pelo apoio incansável e por todo o esforço para me permitir ter esta oportunidade. Sem vocês nada disto seria possível.

Ao Daniel, o meu namorado, pelo apoio constante durante todo o percurso e por me incentivar sempre a dar o meu melhor.

Às minhas colegas e grandes amigas Cristina, Cristiana, Matilde, Maria Inês, Marta e Sabina por terem tornado este percurso mais fácil e divertido, por todo o companheirismo e pelas horas de estudo e apoio.

RESUMO

Objetivo: Este estudo tem como objetivo comparar e analisar a alteração da coloração de alinhadores estéticos dos sistemas Invisalign® e Spark® quando expostos a agentes potencialmente corantes.

Materiais e métodos: Para a realização deste estudo recorreu-se a uma amostra composta por 100 alinhadores Invisalign® e 60 alinhadores Spark®. Os alinhadores foram distribuídos por quatro soluções potencialmente corantes (café, Coca-Cola®, chá preto e leite) e pelo grupo controlo (água destilada). Os alinhadores foram armazenados numa estufa a uma temperatura constante de 37°C. A análise da coloração dos alinhadores foi feita com recurso a um espectrofotómetro (SpectroShade™ Micro), através do sistema CIE $L^*a^*b^*$, e à fotografia digital em três tempos experimentais: antes da imersão dos alinhadores nas soluções potencialmente corantes (T0), após 7 dias de imersão (T1) e após 14 dias de imersão (T2). A análise estatística dos resultados obtidos foi feita com recurso ao programa Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) através dos testes ANOVA fatorial de medidas repetidas.

Resultados: Os alinhadores do sistema Invisalign® expostos à solução café apresentaram uma alteração de cor estatisticamente significativa. Os alinhadores do sistema Spark® expostos à solução café, embora tenham apresentado uma alteração de cor, esta não foi estatisticamente significativa. A solução chá preto teve um efeito nos alinhadores dos dois sistemas de apresentaram uma tendência para ficarem mais escuros e mais amarelos (evidenciaram valores diminuídos da coordenada L^* e aumentados da coordenada b^*). As soluções Coca-Cola® e leite não provocaram uma alteração de cor significativa nos alinhadores de nenhum dos sistemas. Estes resultados foram comprovados pela análise das fotografias digitais.

Conclusão: O café teve um efeito significativo na alteração de cor dos alinhadores do sistema Invisalign®. O tempo de imersão mostrou influência na alteração da cor dos alinhadores.

Palavras-Chave: Ortodontia, Invisalign®, Spark®, Espectrofotometria

ABSTRACT

Objective: This study aims to compare and analyze the change in staining of esthetic aligners of the Invisalign® and Spark® systems when exposed to potentially coloring agents.

Materials and methods: A sample consisting of 100 Invisalign® and 60 Spark® aligners was used for this study. The aligners were distributed in four potentially staining solutions (coffee, Coca-Cola®, black tea and milk) and the control group (distilled water). The aligners were stored in an incubator at a constant temperature of 37°C. The analysis of the aligners' coloration was performed using a spectrophotometer (SpectroShade™ Micro), through the CIE L*a*b* system, and digital photography at three experimental times: before immersion of the aligners in the potentially staining solutions (T0), after 7 days of immersion (T1) and after 14 days of immersion (T2). Statistical analysis of the results obtained was performed using the Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) program using repeated measures factorial ANOVA tests.

Results: The Invisalign® aligners exposed to the coffee solution showed a statistically significant color change. Aligners on the Spark® system exposed to the coffee solution, although they showed a color change, it was not statistically significant. The black tea solution had an effect on the aligners of both systems, which showed a tendency to become darker and more yellow (they showed decreased L* and increased b* values). The Coca-Cola® and milk solutions did not cause a significant color change in the aligners of either system. These results were confirmed by the analysis of the digital photographs.

Conclusion: Coffee had a significant effect on the color change of the Invisalign® system aligners. The immersion time showed influence on the color change of the aligners.

Keywords: Orthodontics, Invisalign®, Spark®, Spectrophotometry

ÍNDICE

I. INTRODUÇÃO	15
1. Contextualização teórica e justificação do trabalho.....	15
2. Revisão Bibliográfica.....	16
2.1 Má Oclusão.....	16
2.2 Alinhadores.....	17
2.2.1 Indicações e Limitações.....	18
2.2.2 Vantagens e desvantagens	21
2.2.3 Sistema Invisalign®	24
2.2.4 Sistema Spark®	26
2.3 Análise da Alimentação Portuguesa	26
2.4 Avaliação da cor	27
2.4.1 Avaliação da cor visual.....	27
2.4.2 Avaliação da cor instrumental	28
2.4.2.1 Espectrofotómetro	29
2.4.2.1.1 SpectroshadeTM Micro	30
2.4.2.2 Fotografia Digital	30
2.5 Estudos Precedentes	31
II. OBJETIVOS	35
3. Questões de Estudo.....	35
III. MATERIAIS E MÉTODOS.....	37
4. Metodologia de pesquisa de literatura.....	37
5. Tipo de estudo	37
6. Local de estudo	37
7. Amostra de estudo	37
8. Materiais.....	37

9. Metodologia de Investigação.....	39
9.1 Análise da cor com recurso ao espectrofotómetro.....	40
9.2 Análise da cor com recurso à fotografia digital.....	43
9.3 Metodologia estatística	43
IV. RESULTADOS	45
10. Análise com recurso ao espectrofotómetro	45
11. Análise com recurso à fotografia digital.....	52
V. DISCUSSÃO	57
12. Escolha da investigação.....	57
13. Escolha do método de investigação	58
14. Discussão dos resultados	60
15. Limitações da investigação	62
VI. PERSPETIVAS FUTURAS.....	65
VII. CONCLUSÃO.....	67
VIII. BIBLIOGRAFIA	69

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Organização dos diferentes grupos nos recipientes de vidro.....	39
Figura 2 - Placas de vidro dentro dos recipientes.....	40
Figura 3 - Estufa onde os recipientes foram armazenados.	40
Figura 4 – Spectroshade™ Micro com azulejos de calibração.	41
Figura 5 - Bases confeccionadas em putty e modelos dos dentes 21 e 41 em resina.....	41
Figura 6 - Alinhador a ser medido dentro da campânula escura.	42
Figura 7 - Imagem obtida através do espectrofotômetro (esquerda), seleção efetuada (meio) e resultados da medição (direita).	42
Figura 8 - Fotografias dos alinhadores do sistema Invisalign® imersos nas diferentes soluções nos três tempos experimentais.	54
Figura 9 - Fotografias dos alinhadores do sistema Spark® imersos nas diferentes soluções nos três tempos experimentais.....	55

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Estudos precedentes sobre a coloração de alinhadores de diversas marcas por ordem cronológica.	32
Tabela 2 - Soluções utilizadas no estudo.	38
Tabela 3 - ANOVA fatorial de medidas repetidas	51
Tabela 4 - Valores do ΔE ao longo do tempo experimental dos alinhadores Invisalign®.	60
Tabela 5 - Valores do ΔE ao longo do tempo experimental dos alinhadores Spark®. ..	60

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Valores médios das coordenadas L^*a^*b dos alinhadores Invisalign® no tempo T0 (inicial).	46
Gráfico 2 - Valores médios das coordenadas L^*a^*b dos alinhadores Invisalign® no tempo T1 (após 7 dias).	46
Gráfico 3 - Valores médios das coordenadas L^*a^*b dos alinhadores Invisalign® no tempo T2 (após 14 dias).	47
Gráfico 4 - Valores médios das coordenadas L^*a^*b dos alinhadores Spark® no tempo T0 (inicial).	47
Gráfico 5 - Valores médios das coordenadas L^*a^*b dos alinhadores Spark® no tempo T1 (após 7 dias).	48
Gráfico 6 - Valores médios das coordenadas L^*a^*b dos alinhadores Spark® no tempo T2 (após 14 dias).	48
Gráfico 7 - Valores do Delta E para cada grupo antes da imersão dos alinhadores nas soluções (T0).	49
Gráfico 8 - Valores do Delta E para cada grupo após 7 dias de imersão dos alinhadores nas soluções (T1).	49
Gráfico 9 - Valores do Delta E para cada grupo após 14 dias de imersão dos alinhadores nas soluções (T2).	50
Gráfico 10 - Comportamento dos diferentes grupos ao longo do tempo experimental dos alinhadores da marca Invisalign.	50
Gráfico 11 - Comportamento dos diferentes grupos ao longo do tempo experimental dos alinhadores da marca Spark.	51

LISTA DE ABREVIATURAS

IUEM - Instituto Universitário Egas Moniz

CAT - *Clear Aligner Therapy*

CAD - *Computer-Aided-Design*

CAM - *Computer-Aided-Manufacturing*

PSI – Libras por polegada quadrada

IPR – *Interproximal Reduction*

CIE - *Commission Internationale de l'Eclairage*

LED - *Light Emitting Diode*

CCD - *Charge-Coupled Device*

I. INTRODUÇÃO

1. Contextualização teórica e justificação do trabalho

A ortodontia é a especialidade da medicina dentária que tem vindo, nas últimas décadas, a tratar a má oclusão, uma desordem que está consideravelmente presente na população mundial, e também na população portuguesa. Com uma população cada vez mais exigente, a estética e o conforto são pontos importantes na decisão de um plano de tratamento, ou até, à falta destes, a decisão de não o fazer.

Com o desenvolvimento de alinhadores transparentes, o conceito de ortodontia e a perceção da mesma pelos pacientes mudou drasticamente, levando a um aumento da procura de tratamento. Os alinhadores permitem uma maior estética e conforto quando comparados aos aparelhos convencionais, podendo ser retirados para as refeições, tornando-se numa solução discreta.

No que toca ao consumo de bebidas, muitas delas potencialmente corantes, é recomendada a remoção do alinhador, no entanto, nem sempre os pacientes seguem a recomendação, sendo então necessário estudos sobre as propriedades mecânicas dos mesmos e da sua estabilidade de cor de forma a saber como os alinhadores reagem a este tipo de comportamento, visto que a sua transparência é um dos fatores mais importantes na motivação dos pacientes, sendo esperada pelo menos durante duas semanas, período de possível utilização de cada alinhador.

Deste modo, considerou-se pertinente realizar o presente estudo sobre a coloração de alinhadores de dois fabricantes diferentes disponíveis no mercado (Align Technology com o sistema Invisalign® e Ormco Corporation com o sistema Spark®) com recurso a quatro soluções potencialmente corantes presentes na alimentação portuguesa: café, Coca-Cola®, chá preto e leite.

Assim, caso se verifique uma alteração na coloração dos alinhadores com o contacto com as soluções, os médicos dentistas podem consciencializar os pacientes sobre a correta utilização dos mesmos de forma a manter a sua estética. Além disso, se se observar diferença entre os dois fabricantes, pode ser mais um ponto na decisão do alinhador a ser escolhido para a realização do tratamento.

2. Revisão Bibliográfica

2.1 Má Oclusão

Má oclusão pode ser definida como um desalinhamento dos dentes ou uma relação incorreta entre os dentes das duas arcadas dentárias (Scala et al., 2012), sendo uma desordem de desenvolvimento do sistema maxilo-facial que pode infligir perturbações funcionais e estéticas (Ribeiro-Lages et al., 2020).

Pacientes que sofram os impactos de uma má oclusão severa reportam vários problemas a nível dentário que afetam a sua qualidade de vida de muitas formas. Esse impacto tem recebido muito menos atenção do que o de outras doenças orais comuns pelo facto da má oclusão ser vista como um conjunto de desvios dentários e não como uma doença (Choi et al., 2015).

Embora a má oclusão, por si, não seja uma causa de dor orofacial, esta pode, indiretamente, dar origem a dor através de doença temporomandibular e trauma dentário, gengival ou nas mucosas. Adicionalmente, pode ser considerada como um cofator que pode acelerar o desenvolvimento de uma doença periodontal existente, como também causar anormalidades na fala (Zhang et al., 2006).

O autoconceito é definido como a perceção da própria capacidade de dominar ou lidar eficazmente com o ambiente em redor, sendo esta influenciada e afetada pelas reações de outros indivíduos (Tung & Kiyak, 1998). A característica física mais importante no desenvolvimento de uma alta autoestima é a face, ou seja, pessoas que estejam satisfeitas com a aparência da sua face são mais confiantes. Tanto homens como mulheres expressaram mais insatisfação com os seus dentes do que com qualquer outra característica facial (Hershon & Giddon, 1980). Assim, na estrutura facial, os dentes têm um papel importante na aparência física de um indivíduo e a má oclusão pode afetar, de forma adversa, a imagem corporal e o autoconceito de uma pessoa, tanto na adolescência como na idade adulta (Helm et al., 1985).

Crianças com más oclusões têm uma probabilidade maior de serem vítimas de bullying, como provocações, alcunhas e agressões físicas (DiBiase & Sandler, 2001). A aparência dentofacial não só impacta a aceitação social, mas também na perceção de inteligência (Zhang et al., 2006). Sujeitos com uma aparência dentária relativamente normal são vistos como tendo uma melhor aparência física, mais desejados por amigos,

mais inteligentes e menos prováveis de ter comportamentos agressivos, tendo também mais expectativas altas por parte de professores (Johal et al., 2007).

Todos estes efeitos físicos, sociais e psicológicos causados pela má oclusão motivam os pacientes a procurar tratamento ortodôntico (Zhang et al., 2006).

2.2 Alinhadores

Tal como nos sistemas de aparelhos fixos, o termo *Clear Aligner Therapy (CAT)* abrange uma vasta gama de aparelhos com diferentes modos de ação, métodos de construção e a aplicabilidade a vários tratamentos de mal oclusões. Todos estes partilham a utilização de alinhadores plásticos termoformados transparentes que cobrem muitos ou todos os dentes. No entanto, além desse ponto comum, existem grandes e significativas diferenças que afetam cada um dos sistemas no que toca às suas capacidades para tratar os diferentes problemas ortodônticos (Weir, 2017).

O conceito de fabricar alinhadores através de moldes dentários para movimentação ortodôntica remonta a 1945. Esse novo aparelho surgiu do desejo de criar algo simples que influenciasse todos os dentes a fluir para a sua melhor posição possível, sem qualquer interferência de bandas ou fios, efetivo sobre forças funcionais e que alcançasse ainda mais a desejada harmonia entre as características faciais e a disposição dentária (Kesling, 1945).

No entanto, na altura, a praticabilidade comprovada desse aparelho de posicionamento dentário cingia-se ao posicionamento artístico final e retenção dos dentes dos casos que já tiveram um tratamento básico concluído com um aparelho de tipo convencional (Kesling, 1945; Weir, 2017). Alguns sistemas de alinhadores permanecem deliberada e explicitamente limitados à correção de irregularidades posicionais menores, enquanto outros afirmam tratar mal oclusões complexas (Weir, 2017).

A apresentação formal deste tipo de aparelho dentário foi em 1998 quando a Align Technology foi aprovada pela FDA (Weir, 2017). Com o desenvolvimento dos materiais dentários e de tecnologia 3D ao longo dos anos, e também pelas suas considerações estéticas, a ortodontia invisível teve uma crescente procura, principalmente entre pacientes adultos, tornando a utilização de alinhadores termoplásticos bastante popular (Iliadi et al., 2019; Zheng et al., 2017).

A tecnologia CAD/CAM e o fluxo de trabalho digital segue os seguintes passos: (1) A aquisição de imagem digital (impressão) é obtida através de uma abordagem direta (digitalização intraoral) ou indireta (impressões tradicionais de alta qualidade que são depois digitalizadas), culminando numa representação digital da dentição do paciente, fornecendo uma estrutura para o planeamento virtual do movimento dentário com recurso a alinhadores. (2) O planeamento digital do tratamento e a manipulação dentária são feitos utilizando plataformas CAD. O algoritmo informático segmenta as coroas clínicas individuais do modelo 3D digitalizado. A visualização adicional das raízes é possível através da importação e sobreposição de dados tomográficos computadorizados de digitalização. A posição dos dentes é manipulada através de movimentos sequenciais em direção às posições desejadas, resultando na geração de modelos virtuais sequenciais com dentes em posições planeadas para cada etapa. (3) A produção de modelos e a impressão de modelos 3D de movimentos dentários leva à geração de modelos em série tangíveis através da tecnologia CAM a partir de ficheiros de desenho digital, através de técnicas de fabrico subtrativo (fresagem) ou aditivo (impressão 3D). A impressão tridimensional é atualmente a tecnologia líder utilizada para a fabricação de modelos ortodônticos. (4) Os alinhadores transparentes são termoformados nos modelos digitais 3D em série, cortados, polidos e entregues pelo clínico ao paciente na sequência relevante (Hartshorne & Wertheimer, 2022).

2.2.1 Indicações e Limitações

Os aparelhos de alinhamento transparentes são atrativos tanto para os clínicos como para os pacientes, no entanto, os clínicos devem estar conscientes e instruídos sobre as limitações destes aparelhos. Assim, os clínicos que desejem utilizar sistemas de alinhamento transparentes devem selecionar cuidadosamente os casos apropriados, sendo que a gestão das expectativas dos pacientes é importante para um resultado bem-sucedido (Kassam & Stoops, 2020). Os principais preditores do resultado do tratamento são a seleção adequada do paciente, a complexidade do paciente, o planeamento do tratamento, o cumprimento, a experiência clínica e a monitorização regular (Hartshorne & Wertheimer, 2022).

Os parâmetros que influenciam o carácter biomecânico dos alinhadores incluem as propriedades do material, a espessura do material e a precisão de encaixe do alinhador nos dentes e quaisquer acessórios. Os alinhadores podem ser feitos numa série que se

baseia na alteração progressiva da forma do alinhador utilizando um material de alinhamento ou, em sistemas alternativos, diferentes materiais de alinhamento podem ser utilizados numa série sequencial, ou num ciclo de repetição de materiais diferentes (Weir, 2017).

Os alinhadores transparentes são compostos por polímeros de resinas termoplásticas como poliuretano (PU), polietileno tereftalato (PET), polietileno tereftalato glicol (PETG) e policloreto de vinila, resinas específicas com muito bom desempenho (Beldiman et al., 2021). A espessura dos alinhadores tem sido tipicamente relatada entre 0,5mm e 1mm, no entanto, esta não parece desempenhar um papel significativo sobre as forças e momentos iniciais gerados pelos alinhadores termoplásticos (Iliadi et al., 2019).

Alguns alinhadores são formados a vácuo, e outros são formados por pressão (Weir, 2017), sendo que ambas utilizam pressão de ar para formar os aparelhos. Na formação de vácuo, a pressão de ar atmosférica é utilizada com um máximo teórico de 15 libras por polegada quadrada (PSI). Obtêm-se pressões de 3 a 14 PSI, dependendo da eficiência da bomba de vácuo. Em outros sistemas, é utilizado ar comprimido até 100 PSI. O detalhe interior do alinhador depende da magnitude da pressão do ar, até um máximo. Quanto mais detalhada for a superfície interna, maior será a força gerada e maior a precisão (Nahoum, 2014).

Os alinhadores podem ser baseados nos modelos de gesso, ou impressões (geralmente de polivinil siloxano, mas não exclusivamente) pelo médico dentista com recurso a um laboratório que permite que os aparelhos possam ser fabricados através da utilização de tecnologia de digitalização 3D. Os modelos produzidos a partir das várias fontes podem, por sua vez, ser manipulados nas várias fases de tratamento através de ajuste manual ou através da tecnologia CAD-CAM. Alguns produtos estão à disposição do clínico para fabrico interno via impressão 3D, enquanto outros são fabricados e enviados num laboratório central. Quanto mais preciso for o modelo sobre o qual os alinhadores são feitos, mais precisos são os movimentos dentários subsequentes (Weir, 2017).

Os movimentos dentários mais amplamente examinados são a inclinação e rotação, com forças rotacionais ascendentes a um nível muito mais elevado (Iliadi et al., 2019). Invisalign® pode proporcionar um alinhamento bem-sucedido, no entanto, coloca

dificuldades em conseguir contactos oclusais, inclinação bucolingual e movimento vertical dos dentes (Kassam & Stoops, 2020).

Assim, terapia com alinhadores é eficaz a alinhar e nivelar os arcos dentários em pacientes após crescimento. Além disso, o movimento de intrusão anterior realizável com alinhadores é comparável ao relatado para a técnica convencional. Também se mostra eficaz no controlo do movimento corporal do molar superior quando prescrita uma distalização de 1,5mm. No entanto, não é eficaz no controlo do movimento de extrusão anterior nem no controlo de rotações, especialmente de dentes arredondados. Resultados contrastantes foram relatados em relação ao controlo vertical posterior, e uma conclusão definitiva não pode ser tirada. A terapia com alinhadores não se baseia apenas em alinhadores. Requer o uso de auxiliares (*attachments*, elásticos interarcadas, redução interproximal (IPR), geometrias de alinhadores alteradas) para melhorar a previsibilidade do movimento ortodôntico (Rossini et al., 2015).

Desta forma, alguns sistemas de alinhadores incorporam o uso de *attachments* de resina nos dentes para realizar mais tipos de movimentos que de outra forma seriam difíceis ou mesmo impossíveis através de um alinhador (Weir, 2017). As indentações nos alinhadores são fabricadas onde o torque de raiz é necessário. O operador pode também solicitar a colocação de acessórios de não precisão nos dentes, onde se sente que melhorariam os movimentos conseguidos (Hennessy & Al-Awadhi, 2016).

Existem três tipos comuns de *attachments*: elipsóide, biselado e retangular. Os acessórios elipsóides são utilizados individualmente para rotações, ou em pares onde são tentados movimentos radiculares, disponíveis para incisivos, caninos e pré-molares. Os acessórios biselados são utilizados com mais frequência quando o objetivo é extrair um dente. Os *attachments* retangulares são utilizados quando são solicitados grandes movimentos mesio-distais. À medida que os pacientes progridem através dos diferentes alinhadores, os *attachments* tornam-se mais ativos até finalmente preencherem a ranhura do alinhador (Hennessy & Al-Awadhi, 2016).

Embora tanto os aparelhos fixos como o Invisalign® possam mover os dentes para posições clinicamente aceitáveis, não existe literatura sobre a magnitude da força que está a ser criada pela terapia de alinhamento (Zheng et al., 2017).

Uma diferença no protocolo de tratamento entre alinhadores e aparelhos convencionais é que pacientes tratados com invisalign® trocam de alinhador de duas em

duas semanas, ao contrário dos convencionais que são ajustados a cada 4-6 semanas (Kuncio et al., 2007). Um estudo mediu os efeitos da rigidez do material e do tempo de ativação sobre a qualidade do tratamento e a melhoria dentária, tendo os autores concluído que não houve diferença significativa entre os protocolos de frequência de mudança de alinhador de 1 semana e 2 semanas (Clements et al., 2003). Além disso, de acordo com os dados internos da empresa, uma análise que compara a previsibilidade do movimento dentário em 200 casos não mostrou qualquer diferença na previsibilidade ou taxas de refinamento entre alterações de alinhador de 1 ou 2 semanas. Assim, sendo que tanto o protocolo de uma semana e o de duas semanas atinge uma precisão clinicamente semelhante, é sugerido que um protocolo de 7 dias é um protocolo aceitável, apresentando metade do tempo de tratamento. No entanto, se os movimentos dentários posteriores forem desafiantes ou caso sejam necessários movimentos angulares (ou seja, torque, inclinação e rotação), o protocolo de 14 dias deve ser considerado (Al-Nadawi et al., 2021).

2.2.2 Vantagens e desvantagens

A maior vantagem dos alinhadores, em comparação com os aparelhos ortodônticos fixos, é a melhoria da estética e do conforto para o paciente. Por estas razões, os pacientes que se preocupam com a sua aparência ou a sua fala são bons candidatos a tratamento com alinhadores transparentes. Contudo, os alinhadores têm algumas desvantagens, incluindo custos mais elevados e a incapacidade de tratar certos tipos de má oclusão (Zheng et al., 2017).

Pacientes tratados com alinhadores têm um menor tempo de tratamento, passando menos tempo no consultório quando comparado com pacientes tratados com aparelhos convencionais, necessitando também de menos visitas urgentes ao consultório (67% menos urgências). Emergências não são comuns com alinhadores porque existem poucas partes auxiliares suscetíveis de se partir, e não existem bandas ou *brackets* que se possam soltar. Além disso, os alinhadores são removidos durante as refeições, pelo que é eliminado o risco de fratura durante a mastigação (Buschang et al., 2014; Zheng et al., 2017). No caso de um alinhador ser perdido ou ficar danificado, este pode ser substituído num espaço de duas semanas enquanto o paciente continua a utilizar o alinhador anterior (Weir, 2017).

Estudos demonstram que adultos tratados com alinhadores Invisalign® sentiram menos dor e menos impactos negativos nas suas vidas durante a primeira semana de tratamento ortodôntico do que aqueles tratados com aparelhos fixos. Além disso, a estética, a capacidade de remoção e o tamanho reduzido dos alinhadores Invisalign® resultaram em diferenças funcionais e psicossociais superiores, em comparação com os aparelhos fixos, bem como numa redução significativa da dor (Miller et al., 2007; Weir, 2017).

Adicionalmente, a utilização de alinhadores amovíveis facilita a higiene oral. Tratamento com os mesmos foi associado à melhoria do estado periodontal, evidenciado pela diminuição dos níveis de placa, inflamação gengival, hemorragia à sondagem, profundidades de bolsas à sondagem e pontuação BANA. Estes resultados sugerem que alinhadores removíveis devem ser considerados no planeamento do tratamento para o paciente ortodôntico adulto em risco de periodontite (Karkhanechi et al., 2013).

No entanto, a adesão do paciente ao tratamento é imperativa para que sejam tratados efetiva e eficazmente. Os alinhadores são removíveis e se estes são realmente usados vai depender da responsabilidade dos pacientes, enquanto que com aparelho fixo o médico tem um maior controlo sobre o movimento e, assim, é mais efetivo a tratar a mal oclusão e a prever o resultado (Buschang et al., 2014).

Ao serem comparados os resultados do tratamento com Invisalign® e ortodontia tradicional, o sistema Invisalign® era especialmente deficiente na sua capacidade de corrigir grandes discrepâncias anteroposteriores e contactos oclusais. Os pontos fortes do Invisalign® foram a sua capacidade de fechar espaços e corrigir rotações anteriores e alturas marginais da crista (Djeu et al., 2005). No entanto, com o passar do tempo e com a sua evolução, o sistema Invisalign® demonstrou ser uma modalidade terapêutica viável para o tratamento de mordeduras abertas anteriores adultas leves que não necessitem de extração, sendo que o fechamento das mordidas é conseguido principalmente através de uma combinação de rotação anti-horária do plano mandibular, intrusão molar inferior e extrusão de incisivos inferiores (Moshiri et al., 2017). Deste modo, alinhadores transparentes podem ser eficazes no controlo da dimensão vertical e na correção de mordidas abertas anteriores leves a moderadas em casos adultos sem extrações. O mecanismo de tratamento para pacientes de Classe III difere significativamente do mecanismo para pacientes de Classe I e de Classe II. A extrusão de incisivos maxilares

em pacientes com mordida aberta dentária e a redução do plano do ângulo mandibular com extrusão de incisivos mandibulares em pacientes com mordida aberta esquelética são os fatores que contribuem mais significativamente para o fecho da mordida aberta (Suh et al., 2022).

Tanto os alinhadores como os aparelhos fixos foram eficazes no tratamento da mal oclusão. Os alinhadores apresentam vantagem no movimento segmentado dos dentes e na redução da duração do tratamento, enquanto os aparelhos convencionais são mais eficazes em alcançar grandes melhorias, produzindo contactos oclusais adequados, controlando o torque dos dentes, aumentando a largura transversal e a retenção comparativamente aos alinhadores. Portanto, os clínicos devem considerar as características destes dois aparelhos ortodônticos ao tomarem a decisão de tratamento (Ke et al., 2019).

Um estudo que comparou a estabilidade do resultado do tratamento com alinhadores comparando com *brackets* convencionais verificou que os pacientes tratados com Invisalign® apresentam mais recaídas que os tratados com aparelhos convencionais. Ambos os grupos foram submetidos a um protocolo de retenção semelhante, o que significa que as fibras gengivais e periodontais foram igualmente reorganizadas (Kassam & Stoops, 2020; Kuncio et al., 2007).

Mesmo sob forças ortodônticas ideais ocorre sempre alguma reabsorção do osso alveolar. A reabsorção ocorre em 7-14 dias, necessitando do mesmo tempo para a regeneração e reparo do ligamento periodontal. Por esse motivo, aparelhos ortodônticos não devem ser reativados em intervalos superiores a 3 semanas. Ativações muito frequentes podem causar danos no processo de reparação. Deste modo, pode ser postulado que os intervalos de 2 semanas de alinhadores são muito pequenos e que podem levar a uma má formação óssea e a mais recaídas (Kuncio et al., 2007).

A presença de softwares de planeamento do tratamento virtuais permite ao médico fazer ajustes ao modelo digital do paciente, incluindo movimentos dentários, forma do arco, *attachments*, estadiamento (tempo, caminho, e sequência de movimentos dentários), e cortes de precisão aos dentes de escolha, bem como abordar as necessidades de redução interproximal e espaçamento. Além disso, permite que o paciente visualize a progressão do tratamento digital até à sua conclusão. No entanto, nem sempre representa com precisão resultados clínicos e a sobre correção precisa de ser incorporada para compensar

os erros e imprecisões envolvidos devido ao biomaterial, software e tolerâncias de fabrico, e para facilitar a magnitude dos movimentos desejados (Hartshorne & Wertheimer, 2022).

A terapia de alinhamento parece ter vantagens significativas em relação à eficiência (tempo de tratamento, tempo de cadeira) em casos ligeiros a moderados, com base em vários estudos transversais. Não existem provas suficientes em relação à eficácia e estabilidade do tratamento com alinhadores transparentes em comparação com os *brackets* convencionais (Zheng et al., 2017).

Os resultados do tratamento podem variar do que é possível com aparelhos fixos convencionais. Os principais preditores de um resultado de tratamento bem-sucedido e previsível incluem a complexidade do paciente, o seu cumprimento, experiência clínica, fatores do paciente (por exemplo, idade), qualidade das impressões, material de alinhamento, software e tecnologia. As sobre correções e refinamentos são provavelmente necessários para gerir os movimentos dentários em pacientes complexos (Hartshorne & Wertheimer, 2022).

Existe uma vasta gama de opções a partir das quais um clínico pode escolher se usar alinhadores transparentes é a opção de tratamento desejada. As diferenças entre estes aparelhos são profundas, o que torna a escolha de um aparelho específico uma decisão crítica determinada pela gravidade da maloclusão, a capacidade do médico para influenciar o resultado final, a rapidez e utilidade do tratamento clínico, a estética e conforto do aparelho (Weir, 2017).

2.2.3 Sistema Invisalign®

A Align Technology desenvolveu e introduziu o sistema Invisalign® (Align Technology) em 1998, o primeiro aparelho ortodôntico concebido e fabricado utilizando tecnologia CAD/CAM, através da procura de uma alternativa estética aos aparelhos convencionais fazendo uso de um método “invisível”. Esta alternativa consiste em utilizar uma série de alinhadores amovíveis, transparentes e gerados por computador para mover a dentição. A tecnologia de imagem digital tridimensional permitiu uma série de configurações de dentes a partir de uma única impressão. Invisalign® evoluiu rapidamente e, desde 2008, introduziu tecnologias melhoradas, incluindo características SmartForce (*attachments* otimizados, zonas de pressão e estadiamento personalizado),

material de alinhamento SmartTract com multicamadas (melhor ajuste e gama de aplicação de força), consistindo num material de poliuretano ou copoliéster, e tecnologia SmartStage (determina o melhor caminho para o movimento dentário e a forma do alinhador) (Hartshorne & Wertheimer, 2022; Kuncio et al., 2007).

O sistema Invisalign® é o sistema de alinhadores mais complexo atualmente disponível, devido a várias razões: oferece aos médicos a possibilidade de submeter tanto o scan como impressões, um tratamento computadorizado (com um elevado grau de detalhe) e design do aparelho, manipulação computadorizada do modelo 3D com um elevado nível de precisão e alinhadores de arcada completa que são acompanhados por uma vasta gama de tipos de *attachments* especificamente analisados e concebidos por computador, rampas de mordedura anterior, cortes de precisão e botões para a incorporação do uso de elásticos no tratamento e *power arms* e *power ridges* para um melhor controlo axial da raiz e do torque, respetivamente. Também são incorporados pontos de pressão que ajudam nos movimentos de elevação e intrusão de dentes mais difíceis (Weir, 2017).

Com uma presença global, apresenta o EXOCAD, software dentário líder mundial de CAD/CAM. Aborda pacientes simples e complexos e apresenta retenção pós-tratamento. O seu material SmartTrack produz forças constantes e subtis para melhorar a movimentação dentária, e a sua tecnologia SmartStage programa um movimento dentário sequencial para otimizar a previsibilidade dos resultados do tratamento. A tecnologia SmartForce permite o uso de *attachments* personalizados, rampas de mordedura e *power ridges*, como mencionado anteriormente (Hartshorne & Wertheimer, 2022).

A Align Technology Inc introduziu o seu software de planeamento de tratamento virtual ClinCheck *cloud-based* como um aspeto integral da terapia Invisalign®. O ClinCheck fornece uma interface visual 3D que permite ao médico personalizar o planeamento do tratamento para cada paciente a fim de maximizar a eficácia da terapia de alinhamento. Proporciona ao clínico o controlo total sobre o planeamento do tratamento, revisão do paciente, monitorização, detalhamento e modificação (Hartshorne & Wertheimer, 2022).

2.2.4 Sistema Spark®

Recentemente, a Ormco Corporation (Orange, CA, EUA) introduziu o seu *Spark™ Clear Aligner System*, do qual, diferentemente de outras tipologias de alinhadores produzidos por outras empresas, a literatura científica não está disponível (Bruno et al., 2021).

Produtos com TruGEN™, a mais recente inovação em material para alinhadores transparentes, que consiste num material de marca própria de resina de poliuretano, os alinhadores Spark afirmam ser mais transparentes, mais confortáveis e mais resistentes à coloração. O *Spark Aligner System* foi projetado para fornecer transparência, conforto e desempenho para resultados estéticos para os pacientes (Beldiman et al., 2021; Hartshorne & Wertheimer, 2022). Apresenta uma força contínua maior, melhor retenção da superfície de contacto, maior controlo sobre o planeamento previsível do tratamento e movimentação dentária mais eficiente e eficaz. Também oferece o uso de guias de erupção, tubos de mordedura posterior, rampas de mordedura e *attachments* de bisel anatómicos. Apresenta também uma plataforma de tratamento virtual denominada Approver. (Hartshorne & Wertheimer, 2022).

2.3 Análise da Alimentação Portuguesa

Embora a sua situação geográfica atlântica, Portugal é mediterrânico tando pela sua história como pela sua natureza e isto foi corroborado não só pelas suas práticas culturais e sociais, mas também pelos seus hábitos alimentares. A Dieta Mediterrânica é considerada Património Imaterial da Humanidade desde 4 de Dezembro de 2013 e define-se como um estilo de vida saudável, fruto de um regime nutricional equilibrado (Chacoto, 2014; Rodrigues et al., 2008)

Esta dieta alimentar define-se pela sua base de produtos locais, colhidos sazonalmente e confeccionados segundo receitas tradicionais. As refeições desempenham uma função social e cultural, pois são partilhadas com familiares e amigos, no quotidiano ou em ocasiões festivas. Quer o repouso, necessário para restaurar forças físicas e anímicas, quer o exercício físico moderado (praticado diariamente) são parte integrante deste estilo de vida milenar – a Dieta Mediterrânica – que tem vindo a ser transmitido de geração em geração e é visto pela ciência contemporânea como um modelo a adotar (Chacoto, 2014; Rodrigues et al., 2008).

A população portuguesa consome cerca de 254 g/dia de produtos lácteos, principalmente leite (167 g/dia). Os refrigerantes apresentam o consumo médio mais elevado a seguir à água (88 g/dia), sendo que consumo diário de um ou mais refrigerantes ou néctares (≥ 220 g/dia) na população portuguesa é de 18%. De seguida, chá e infusões (77g/dia) e café (54,9g/dia) (Lopes et al., 2017).

Tendo em conta os dados anteriormente mencionados, as bebidas escolhidas para a presente investigação foram o café, o chá preto, a Coca-Cola® e o leite por estarem altamente presentes na alimentação da população portuguesa.

2.4 Avaliação da cor

A produção física da cor requer três elementos: uma fonte de luz, um objeto e um detetor. Para que a cor seja vista, a luz é refletida a partir de um objeto, estimulando os sensores neurais na retina do olho a enviar um sinal que é interpretado no córtex visual do cérebro. O detetor pode ser o olho e o cérebro do observador, ou um sensor ligado a um computador. Há inúmeras possibilidades ao longo deste caminho para alterar o registo final (Brewer et al., 2004; Khurana et al., 2007).

A avaliação da cor pode ser dividida em duas categorias: visual e instrumental (Okubo et al., 1998).

2.4.1 Avaliação da cor visual

A avaliação das cores por comparação visual é um método subjetivo e mostrou ser pouco fiável em resultado de inconsistências nas especificações de perceção de cores entre os observadores. A avaliação visual da cor depende das respostas fisiológicas e psicológicas do observador à estimulação da energia radiante. Inconsistências podem resultar de fatores descontrolados tais como fadiga, envelhecimento, emoções, condições de iluminação, exposição ocular anterior, posição do objeto e do iluminante, e metamerismo. Além disso, estes fatores têm efeitos interpretativos diferentes em cada observador. Apesar destas limitações, o olho humano pode detetar diferenças de cor muito pequenas; contudo, a capacidade de comunicar estas diferenças de cor em termos de magnitude e a natureza da diferença é limitada (Johnston & Kao, 1989; Okubo et al., 1998).

Qualquer método de avaliação da cor humana é, portanto, suscetível a erros resultantes de inconsistências perceptuais (Johnston & Kao, 1989).

2.4.2 Avaliação da cor instrumental

As medições instrumentais podem quantificar a cor e permitir que a comunicação seja mais uniforme e precisa. Instrumentos tais como espectrofotômetros e colorímetros têm sido utilizados em ambientes industriais e de investigação para a avaliação e especificações de cor. O desenvolvimento de colorímetros e espectrofotômetros computadorizados mais avançados tem aumentado a sua utilização na investigação dentária (Khurana et al., 2007; Okubo et al., 1998).

Quando a cor é medida e são identificadas diferenças de cor específicas, o sistema CIELAB é frequentemente utilizado. É um espaço de cor quase uniforme cujas três coordenadas definem a luminosidade, a cromaticidade vermelho-verde e a cromaticidade amarelo-azul. Este é o meio mais popular de definir a cor dos objetos sólidos e baseia-se na Commission Internationale de l'Eclairage (CIE) 1976 $L^*a^*b^*$. Em 1931, a CIE definiu um "observador padrão" através de um conjunto de três funções $x(\lambda)y(\lambda)z(\lambda)$. Estas eram curvas de sensibilidade espectral cuidadosamente prescritas concebidas para modelar os recetores dos cones sensíveis a azul, verde e vermelho do olho, respetivamente. Estas funções são fundamentais para a transformação dos dados de energia espectral em dados de cor significativos (Brewer et al., 2004).

Todos os dispositivos de medição de cor consistem num detetor, condicionador de sinal e software que processa o sinal de uma forma que torna os dados utilizáveis no consultório ou laboratório dentário. Devido à complexa relação entre estes elementos, a análise colorimétrica precisa é, na melhor das hipóteses, difícil. Para tal podem ser usados colorímetros, câmaras digitais como colorímetros de filtro, espectrofotômetros e espectroradiômetros (Brewer et al., 2004).

Um colorímetro é um instrumento utilizado para medir os valores de tristímulo CIE para um estímulo. Os colorímetros utilizam geralmente três ou quatro fotodíodos de silício que têm filtros de correção espectral que simulam de perto as funções padrão do observador. Estes filtros atuam como geradores de funções analógicas que limitam as características espectrais da luz que atinge a superfície do detetor (filtro). Os espectrofotômetros estimam a cor medindo a intensidade da luz refletida em todos os

comprimentos de onda visíveis, enquanto os colorímetros medem a intensidade da luz refletida filtrada por filtros vermelhos, verdes e azuis (simulando a absorvância RGB) (Khurana et al., 2007; Llena et al., 2011).

2.4.2.1 Espectrofotômetro

Os espectrofotômetros medem e registam a quantidade de energia radiante visível refletida ou transmitida por um objeto um comprimento de onda de cada vez para cada valor, croma e tonalidade presente em todo o espectro visível (Khurana et al., 2007).

Os principais componentes de todos os espectrofotômetros são uma fonte de radiação ótica, um sistema ótico para definir as condições geométricas de medição, alguns meios de dispersão da luz, uma mesma peça (por exemplo, um dente translúcido), um detetor e um sistema de processamento de sinais que converte a luz em sinais adequados para análise. Tais dispositivos dão controle sobre as condições de luz externa e a medição foto ótica permite a quantificação da cor utilizando as coordenadas do Laboratório CIE. Após a medição, é gerada uma curva de refletância espectral (Khurana et al., 2007).

Os espectrofotômetros demonstraram ser mais precisos na medição da mudança de cor do que os colorímetros, uma vez que os espectrofotômetros contêm monocromadores e fotodíodos que medem a curva de refletância da cor de um produto a cada 10nm ou menos. A incapacidade de fazer corresponder exatamente as funções padrão do observador com os filtros, mantendo ao mesmo tempo a sensibilidade adequada para baixos níveis de luz, é a razão pela qual a precisão absoluta dos colorímetros de filtro é considerada inferior aos dispositivos de digitalização, tais como espectrofotômetros e espectroradiômetros (Brewer et al., 2004).

CIE $L^*a^*b^*$ é um dos modelos de cor padrão utilizado para descrever todas as cores visíveis, usando três coordenadas básicas. O valor L representa a luminosidade, a^* é uma medida de vermelho (+ a^*) ou verde (- a^*) e b^* é uma medida de amarelo (+ b^*) ou azul (- b^*). A diferença de cor entre as coordenadas de cor é calculada como ΔE , de acordo com a equação: $\Delta E = [(L^*1 - L^*2)^2 + (a^*1 - a^*2)^2 + (b^*1 - b^*2)^2]^{1/2}$. Valores de ΔE superiores a 1 unidade foram visualmente detetáveis por 50% dos observadores humanos em condições controladas e diferenças de cor entre 2,0 e 3,7 foram visualmente detetáveis em condições clínicas (Llena et al., 2011).

2.4.2.1.1 Spectroshade™ Micro

SpectroShade Micro (Medical High Technologies-MHT, Arbizzano di Negrar, Italy) tem um espectrofotômetro com um sistema de iluminação LED que emite uma luz constante com um espectro semelhante à luz do dia, uma câmara digital, um sistema de análise de informação e um ecrã. As cores são transportadas ao longo do percurso especial da luz, divididas em duas guias óticas que convergem simetricamente a luz para a área de interesse. A imagem da área analisada, iluminada com a luz colorida, é então refletida num sensor CCD especial a preto e branco localizado no final do sistema ótico. Este sensor CCD lê os dados na gama visível de 400nm a 700nm. O computador interno analisa mais de 2 milhões de pontos de referência cada vez que uma imagem é adquirida, e é também capaz de impulsionar todas as funcionalidades do instrumento (Llena et al., 2011).

Spectro Shade proporciona uma amalgamação de imagem digital, bem como a exploração espectrofotométrica. Aplica o Clear Match Software System (Hood River, OR, USA: Smart Technology) e é um produto de hardware independente, desenvolvido para utilização em computadores que têm a plataforma Windows e praticamente qualquer câmara digital (Jouhar & Ahmed, 2022).

2.4.2.2 Fotografia Digital

Os recentes avanços na fotografia e na informática resultaram na utilização generalizada da câmara digital para imagens a cores. Este novo dispositivo é capaz de gravar dados digitais de um objeto, que podem posteriormente ser utilizados para produzir uma imagem quando visto num computador, e que podem ser transmitidos através da Internet. As imagens produzidas através de uma câmara digital podem ser analisadas utilizando software de imagem apropriado, permitindo a recolha de valores a cores do todo ou de partes de tais imagens. Este é um processo muito mais barato do que a utilização de dispositivos tradicionais de medição de cor, tais como espectrofotômetros ou colorímetros (Jarad et al., 2005).

Em vez de focar a luz sobre o filme para criar uma reação química, as câmaras digitais captam imagens usando CCDs, que contêm muitos milhares ou mesmo milhões de elementos microscopicamente pequenos e sensíveis à luz. Cada um desses elementos responde apenas à intensidade total da luz que atinge a sua superfície. De forma a obter

uma imagem colorida completa, a maioria dos sensores utiliza a filtragem para olhar para a luz nas suas três cores primárias, sendo que câmaras de maior qualidade utilizam três sensores separados, cada um com um filtro diferente sobre o mesmo. A luz é direcionada para as diferentes combinações filtro/sensor, colocando um divisor de feixe na câmara. O separador de feixe permite a cada detetor ver a imagem simultaneamente. A vantagem deste método é que a câmara regista cada uma das três cores em cada localização de pixel (Brewer et al., 2004).

As câmaras digitais mostram o método mais básico para a medição eletrónica da cor, exigindo ainda um certo grau de seleção de cor independente com o olho humano. Os sistemas de imagem digital estão a tornar-se progressivamente mais difundidos na medição da tonalidade dos dentes. A qualidade da câmara e do método de processamento de imagem afeta a sua precisão. Vários investigadores descobriram que as câmaras digitais podem ser instrumentos confiáveis para determinar a cor dos dentes e da gengiva quando aplicadas em combinação com os procedimentos adequados de padronização (Jouhar & Ahmed, 2022).

2.5 Estudos Precedentes

Durante a pesquisa bibliográfica foram encontrados vários estudos sobre a coloração de alinhadores de diversas marcas, descritos na Tabela 1 (Bernard et al., 2020; Daniele et al., 2022; Eraclides, 2021; Liu et al., 2016; Lombardo et al., 2015; Memè et al., 2021; Neves, 2020; Zafeiriadis et al., 2014). Os alinhadores Invisalign® encontram-se presentes em praticamente todos, no entanto, não existe nenhum estudo que aborde os alinhadores da marca Spark®.

Em relação aos alinhadores Invisalign® existe um consenso na coloração dos alinhadores com café (Bernard et al., 2020; Daniele et al., 2022; Eraclides, 2021; Liu et al., 2016; Memè et al., 2021) e vinho tinto (Bernard et al., 2020; Daniele et al., 2022; Eraclides, 2021; Liu et al., 2016). Relativamente ao chá existe disparidade de resultados sendo que alguns estudos afirmam haver coloração dos alinhadores (Bernard et al., 2020; Liu et al., 2016; Memè et al., 2021) enquanto um estudo afirma não haver alteração (Neves, 2020). Existe também um consenso na não alteração dos alinhadores imersos na Coca-Cola® (Bernard et al., 2020; Eraclides, 2021; Memè et al., 2021). Além destes, foi

revelada alteração com a imersão dos alinhadores em sumo de laranja natural (Eraclides, 2021) e nicotina (Daniele et al., 2022) e não alteração com leite e cerveja (Neves, 2020).

Tabela 1 - Estudos precedentes sobre a coloração de alinhadores de diversas marcas por ordem cronológica.

Estudo	Alinhadores testados	Soluções utilizadas	Tempo Experimental	Método	Resultados
(Zafeiriadis et al., 2014)	Retentores Viverra® (Align Technology)	Água Destilada Café Chá Vinho tinto Coca-cola®	Os retentores estiveram imersos continuamente durante o estudo. Foram feitas medições antes da imersão dos mesmos (T0), após 12 horas de exposição da solução (T1), após 3 dias (T2) e 7 dias (T3).	Para a análise da cor foi usado o UV2401PC UV-VIS Recording Spectrophotometer (Shimadzu®, Tóquio, Japão; UVPROBE versão de software 2.21)	Este estudo concluiu que a cor dos retentores Viverra® apresentou alterações induzidas por várias soluções de coloração, especialmente café, chá e, em menor grau, vinho tinto.
(Lombardo et al., 2015)	Invisalign® All-In® F22®	Saliva artificial complementada com corante alimentar	As amostras foram envelhecidas in vitro a uma temperatura constante durante dois ciclos de 14 dias cada.	Análise espectrofotométrica tanto da sua transmissão como da sua absorvência.	Os alinhadores F22 foram considerados mais transparentes, tanto antes como depois do envelhecimento, seguidos pelos alinhadores Invisalign e All-In.
(Liu et al., 2016)	Invisalign® Angelalign® Smartee®	Água Destilada Café Chá Preto Vinho tinto	Os alinhadores estiveram imersos num período constante, com medições em três tempos: antes da imersão (T0), após 12h (T1) e após 7 dias (T2).	Os parâmetros de cor dos alinhadores foram medidos com um colorímetro padrão VITA Easyshade Compact30 (Vita Zahnfabrik, Bad Sackingen, Alemanha) e com recurso à fotografia digital.	Os três tipos de alinhadores transparentes exibiram estabilidade de cor após 12h de imersão, com exceção dos alinhadores Invisalign manchados com café. Os alinhadores Invisalign eram mais propensos à pigmentação do que os alinhadores

					Angelalign e Smartee.
(Bernard et al., 2020)	Invisalign® ClearCorrect® Minor Tooth Movement®	Saliva Artificial Café Chá Preto Vinho Tinto Coca-cola	Os alinhadores estiveram numa imersão contínua, com medições em quatro tempos: antes da imersão (T0), após uma exposição de 12 horas (T1), após uma exposição de 7 dias (T2) e após a limpeza (T3).	Os alinhadores foram digitalizados com recurso ao scanner Epson Perfection V700 Photo flatbed (Seiko Epson Corporation, Suwa, Nagano, Japão), com recurso ao espectrofotómetro Thermo Fisher Nicolet iS5 (Thermo Fisher Scientific, Waltham, MA, USA) e com recurso à fotografia digital.	Os alinhadores Invisalign® eram mais propensos à pigmentação do que os dispositivos ClearCorrect® ou o Minor Tooth Movement® após uma exposição a café ou vinho tinto. O chá preto causou manchas importantes na superfície das três marcas testadas.
(Neves, 2020)	Invisalign®	Soro Fisiológico Água Leite Chá Preto Cerveja	Os alinhadores foram imersos continuamente e foram feitas medições em três tempos: inicial (T0), após 7 dias (T1) e após 14 dias (T2).	Para este estudo recorreu-se ao espectrofotómetro (SpectroShade Micro Optic) e à fotografia digital.	O consumo de água, leite, chá preto e cerveja não altera a cor dos alinhadores da marca testada.
(Memè et al., 2021)	Invisalign®	Café Chá Coca-Cola® Radiação Ultravioleta	Os alinhadores foram imersos continuamente e foram feitas medições após 24h e após 48h.	Para a análise da cor foi usado um espectrofotómetro Bruker Invenio FTIR equipado com um acessório Platinum ATR para medições de reflectância (pacote de software OPUS 7.5, Bruker Optics, Ettlingen, Alemanha).	Os resultados obtidos sugerem que as propriedades químicas dos alinhadores analisados não são afetadas pela exposição às bebidas testadas, no entanto o café e o chá provocaram alterações de cor significativas.
(Eraclides, 2021)	Invisalign®	Água Destilada Café Vinho Tinto Sumo de Laranja Natural Coca-Cola®	Os alinhadores foram imersos continuamente e foram feitas medições em três tempos: inicial (T0), após 7 dias (T1) e após 14 dias (T2).	Para este estudo recorreu-se ao espectrofotómetro (SpectroShade Micro) e à fotografia digital.	As bebidas café, vinho tinto e sumo de laranja natural provocaram uma alteração da cor dos alinhadores. O contacto com

					a solução Coca-Cola® não promoveu uma alteração estatisticament e significativa da cor dos dispositivos ortodônticos.
(Daniele et al., 2022)	Essix ACE Plastic® Erkodur® Ghost Aligner® Zendura FLX® Invisalign®	Saliva Artificial Vinho Tinto Café Nicotina	Foram feitas medições com um colorímetro antes da imersão (t0) e após 7 e 14 dias de imersão, respetivamente (t7 e t14). Após os 14 dias foi analisada a espectrofotometria.	Foram efetuadas medições ATR-FTIR efetuadas através de um espectrofotómetro NexusTM 870 (Thermo Fisher Scientific, Waltham, MA, EUA) e as propriedades óticas foram analisadas através de um espectrofotómetro UV-vis (Lambda 25 Perkin-Elmer ultravioleta/visível, PerkinElmer, Waltham, MA, EUA). Também foi usado um colorímetro PCE Instrument (PCE Deutschland GmbH, Meschede, Alemanha).	Após 14 dias de imersão em vinho tinto e café, os alinhadores à base de PETG e PU revelam uma mudança perceptível na cor. Estes resultados são particularment e marcados para Invisalign, mostrando mudanças para outras cores.

II. OBJETIVOS

Este estudo tem como objetivo comparar e analisar a alteração da coloração de alinhadores estéticos dos sistemas Invisalign® e Spark® quando expostos a agentes potencialmente corantes.

3. Questões de Estudo

Questão 1: Existe alteração de cor dos alinhadores do sistema Invisalign® após exposição aos meios utilizados (café, Coca Cola®, chá preto e leite)?

H0 (nula): Não existe alteração de cor dos alinhadores do sistema Invisalign® após exposição aos meios utilizados.

H1 (alternativa): Existe alteração de cor dos alinhadores do sistema Invisalign® após exposição aos meios utilizados.

Questão 2: Existe alteração de cor dos alinhadores do sistema Spark® após exposição aos meios utilizados (café, Coca Cola®, chá preto e leite)?

H0 (nula): Não existe alteração de cor dos alinhadores do sistema Spark® após exposição aos meios utilizados.

H1 (alternativa): Existe alteração de cor dos alinhadores do sistema Spark® após exposição aos meios utilizados.

Questão 3: A alteração de cor dos alinhadores do sistema Invisalign® após exposição aos meios utilizados (café, Coca Cola®, chá preto e leite) é semelhante?

H0 (nula): A alteração de cor dos alinhadores do sistema Invisalign® não é semelhante nos meios utilizados.

H1 (alternativa): A alteração de cor dos alinhadores do sistema Invisalign® é semelhante nos meios utilizados.

Questão 4: A alteração de cor dos alinhadores do sistema Spark® após exposição aos meios utilizados (café, Coca Cola®, chá preto e leite) é semelhante?

H0 (nula): A alteração de cor dos alinhadores do sistema Spark® não é semelhante nos meios utilizados.

H1 (alternativa): A alteração de cor dos alinhadores do sistema Spark® é semelhante nos meios utilizados.

Questão 5: Existe alteração de cor menos significativa dos alinhadores do sistema Invisalign® após a exposição aos diversos meios utilizados (café, Coca Cola®, chá preto e leite) do que a alteração de cor dos alinhadores do sistema Spark® submetidos aos mesmos meios?

H0 (nula): Não existe alteração de cor menos significativa do sistema Invisalign® após a exposição aos diversos meios do que a alteração de cor do sistema Spark® submetido aos mesmos meios.

H1 (alternativa): Existe alteração de cor menos significativa do sistema Invisalign® após a exposição aos diversos meios do que a alteração de cor do sistema Spark® submetido aos mesmos meios.

III. MATERIAIS E MÉTODOS

4. Metodologia de pesquisa de literatura

Durante a realização deste estudo foi efetuada uma revisão de literatura recorrendo a uma pesquisa bibliográfica online nas plataformas digitais PubMed e Google Scholar.

5. Tipo de estudo

O presente estudo é classificado como investigação primária aplicada, sendo, relativamente à metodologia, quantitativo e o seu desenho de estudo experimental.

6. Local de estudo

O estudo teve lugar no Laboratório de Biomateriais do Instituto Universitário Egas Moniz (Anexo I).

7. Amostra de estudo

Para a realização da investigação foram utilizados 160 alinhadores: 100 alinhadores do sistema Invisalign® e 60 alinhadores do sistema Spark®, de pacientes distintos e nunca empregues em cavidade oral.

8. Materiais

A estabilidade da cor dos alinhadores foi estudada em quatro soluções: café (Auchan®), Coca-Cola®, chá preto (Auchan®) e leite (Auchan®). Foi utilizado também um meio de controlo com água destilada (Auchan®). Na tabela seguinte estão discriminados os materiais e o seu modo de preparação.

Tabela 2 - Soluções utilizadas no estudo.

Solução / Fabricante	Modo de preparação	Fotografia
Água Destilada (Auchan®)	Solução pronta a usar	
Café (Auchan®)	Solução preparada com 8 colheres de chá de café em pó para cada 600ml de água a ferver	
Coca-Cola®	Solução pronta a usar	
Chá Preto (Auchan®)	Solução preparada com a colocação de 3 saquetas para cada 600ml de água a ferver	
Leite (Auchan®)	Solução pronta a usar	

9. Metodologia de Investigação

Para estudar a alteração da coloração dos alinhadores recorreu-se a dois métodos: através do espectrofotómetro (Spectroshade™ Micro) e da fotografia digital (Iphone XS Max), em três tempos: T0 (tempo inicial), T1 (após 7 dias de exposição) e T2 (após 14 dias de exposição).

Os 160 alinhadores foram dispostos em 5 grupos diferentes: um grupo controlo imerso em água destilada e mais quatro grupos imersos em soluções distintas: café, Coca-Cola®, chá preto e leite (Figura 1). A investigação foi feita em duas fases, sendo que na primeira foram testados os alinhadores da marca Invisalign® e na segunda os alinhadores da marca Spark®. Posto isto, na primeira fase cada grupo continha 20 alinhadores Invisalign® e na segunda 12 alinhadores Spark®. Cada grupo foi armazenado num recipiente de vidro com 600mL de solução com uma placa de vidro por cima de forma que todos os alinhadores ficassem imersos na solução (Figura 2). Posteriormente foram armazenados numa estufa (Memmert INE 400, Shwabach, Alemanha) a 37° para mimetizar a temperatura da cavidade oral (Figura 3).



Figura 1 - Organização dos diferentes grupos nos recipientes de vidro.

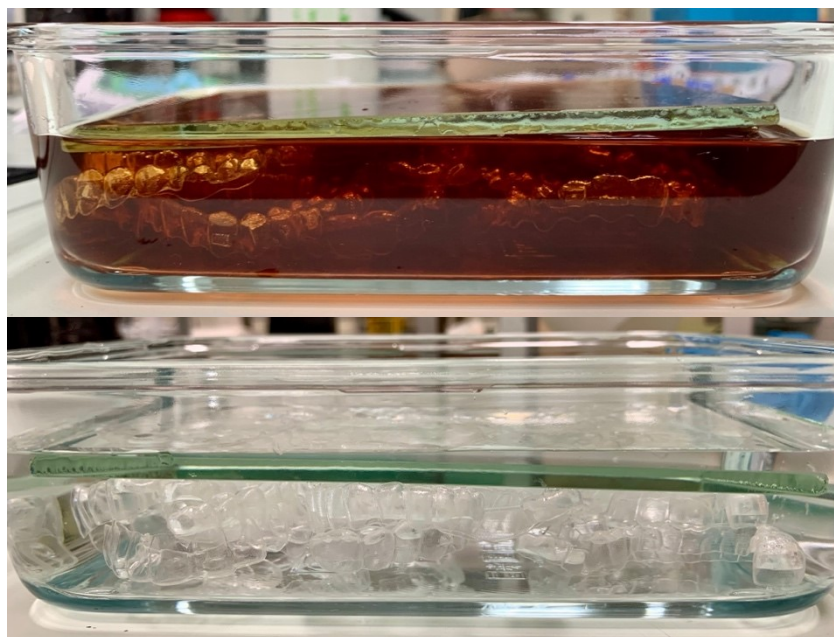


Figura 2 - Placas de vidro dentro dos recipientes.



Figura 3 - Estufa onde os recipientes foram armazenados.

9.1 Análise da cor com recurso ao espectrofotómetro

Antes de serem iniciadas as medições e serem imersos nos líquidos, os alinhadores foram limpos com água destilada e secos com papel absorvente de forma a garantir que não existiam impurezas ou pigmentações anteriores que pudessem interferir com as medições. Para realizar as medições foi utilizado o espectrofotómetro SpectroShade™ Micro (Medical High Technologies-MHT, Arbizzano di Negrar, Italy) (Figura 4).



Figura 4 – Spectroshade™ Micro com azulejos de calibração.

Para efetuar medições é necessário primeiro calibrar o espectrofotômetro. Para tal, são utilizados os azulejos branco e verde (Figura 4), selecionando-se a opção de calibragem no ecrã do espectrofotômetro, fazendo, assim, uma calibração com a cor branca e verde, respetivamente.

Para garantir as mesmas condições (meio envolvente, luz e inclinação) na medição de todos os alinhadores foram confeccionadas bases em silicone (putty) de forma a formar uma base estável durante a leitura. Como os alinhadores são transparentes, foi confeccionado um modelo dos dentes 21 ou 41, conforme se tratasse de um alinhador superior ou inferior, respetivamente, em resina Filtek™ Z250 Universal Restorative (3M ESPE, St. Paul, MN, USA) na cor A3 (Figura 5). Além disso, todas as leituras foram efetuadas dentro de uma campânula escura.



Figura 5 - Bases confeccionadas em putty e modelos dos dentes 21 e 41 em resina.

das soluções nos alinhadores e para evitar colonizações por bactérias, garantindo que as soluções mantinham as suas propriedades.

Os resultados foram fornecidos pelo espectrofotómetro segundo a escala CIE $L^*a^*b^*$.

9.2 Análise da cor com recurso à fotografia digital

A análise da cor também foi feita através da fotografia digital recorrendo à câmara do telemóvel iPhone XS Max (câmara de 12 megapixéis com uma grande angular de abertura de $f/1,8$ e uma teleobjetiva de abertura de $f/2,4$) nos mesmos tempos: inicial (T0), após 7 dias (T1) e após 14 dias (T2). As fotografias foram todas tiradas com as mesmas condições de iluminação e distância e sempre em ambiente de laboratório.

9.3 Metodologia estatística

Em primeiro lugar os valores $L^*a^*b^*$ obtidos nas medições com o espectrofotómetro foram inseridos no Microsoft Excel® para cálculo das médias e da alteração de cor (ΔE^*). Para o cálculo da mesma foi usada a seguinte equação:

$$\Delta E^* = \sqrt{[(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]}$$

Os valores ΔL^* , Δa^* e Δb^* presentes na equação foram calculados através da subtração entre os valores registados ao final dos 14 dias (T2) e os valores iniciais (T0).

Posteriormente, a análise estatística foi efetuada com recurso ao programa IBM® SPSS Statistics (Statistical Package for the Social Sciences), tendo sido utilizada uma metodologia de comparação inferencial com base no teste estatístico ANOVA fatorial de medidas repetidas de forma a responder às questões de estudo. A normalidade de distribuição foi avaliada com o teste Shapiro-Wilks e a homogeneidade de variâncias com o teste de Levene. Foi definido um nível de significância de 5% ($p < 0,05$) para aceitar ou rejeitar a hipótese nula.

IV. RESULTADOS

Os resultados da análise de coloração dos alinhadores foram obtidos através do uso de um espectrofotômetro SpectroShade™ Micro (Medical High Technologies-MHT, Arbizzano di Negrar, Italy) e da fotografia digital em três tempos experimentais distintos: T0 (antes de serem imersos nas soluções), T1 (após 7 dias de imersão) e T2 (após 14 dias de imersão).

10. Análise com recurso ao espectrofotômetro

O espectrofotômetro exibe as medições com recurso ao sistema CIE $L^*a^*b^*$, em que cada coordenada fornece uma informação diferente, como já referido anteriormente: a coordenada L^* avalia o valor da cor, entre 0 (correspondendo ao preto absoluto) e 100 (correspondendo ao branco absoluto); a coordenada a^* pode apresentar valores positivos ou negativos, em que representam vermelho ou verde, respetivamente; a coordenada b^* também apresenta valores positivos ou negativos, representando o amarelo ou azul, respetivamente.

Nos seguintes gráficos encontram-se as médias das coordenadas L^* , a^* e b^* no momento inicial (T0), após 7 dias de imersão (T1) e após 14 dias de imersão (T2), respetivamente, para os alinhadores Invisalign® (Gráficos 1, 2 e 3) e para os alinhadores Spark® (Gráficos 4, 5 e 6).

Na análise dos gráficos referentes ao Invisalign® é visível que as coordenadas não têm diferenças relevantes em T0 entre as diferentes soluções e mantiveram-se sem diferenças até ao T2, com exceção do café e do chá preto. Verifica-se no grupo com a solução café uma diminuição do valor da coordenada L^* , referente à luminosidade, o que significa que ficou mais escuro, e um aumento das coordenadas a^* e b^* , referentes à expressão da cor vermelha e amarela, respetivamente, entre T0 e T2. O chá preto apresenta uma ligeira diminuição da coordenada L^* , e um ligeiro aumento da coordenada b^* , expressando menos luminosidade, ou seja, ficou também mais escuro, e uma maior presença da cor amarela, entre T0 e T2.

Na análise dos gráficos referentes ao Spark® verifica-se que não existem diferenças relevantes nos valores das coordenadas entre as diferentes soluções em T0, e mantém-se dessa forma até T2.

Comparação da alteração da de alinhadores estéticos dos sistemas Invisalign® e Spark® quando expostos a agentes potencialmente corantes

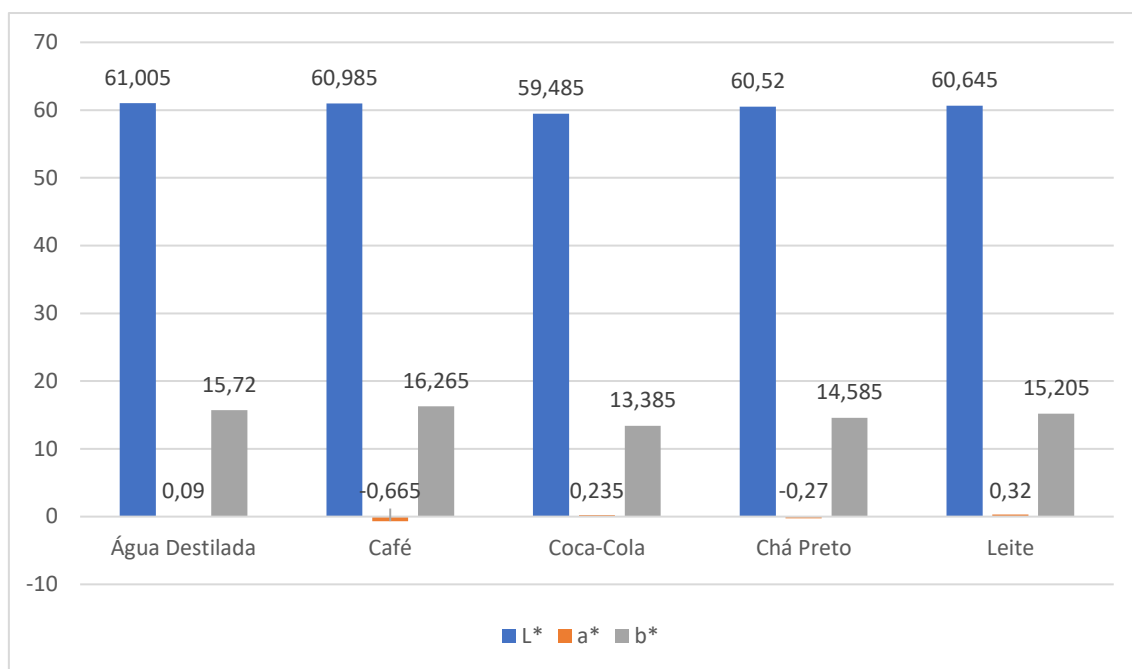


Gráfico 1 – Valores médios das coordenadas L*a*b dos alinhadores Invisalign® no tempo T0 (inicial).

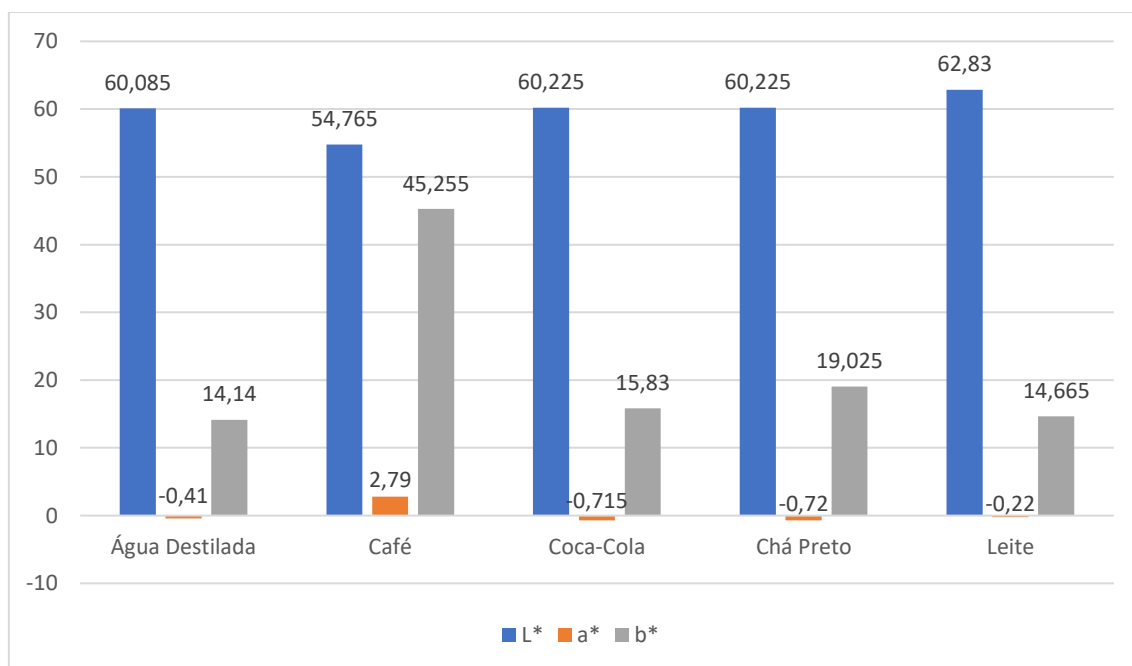


Gráfico 2 - Valores médios das coordenadas L*a*b dos alinhadores Invisalign® no tempo T1 (após 7 dias).

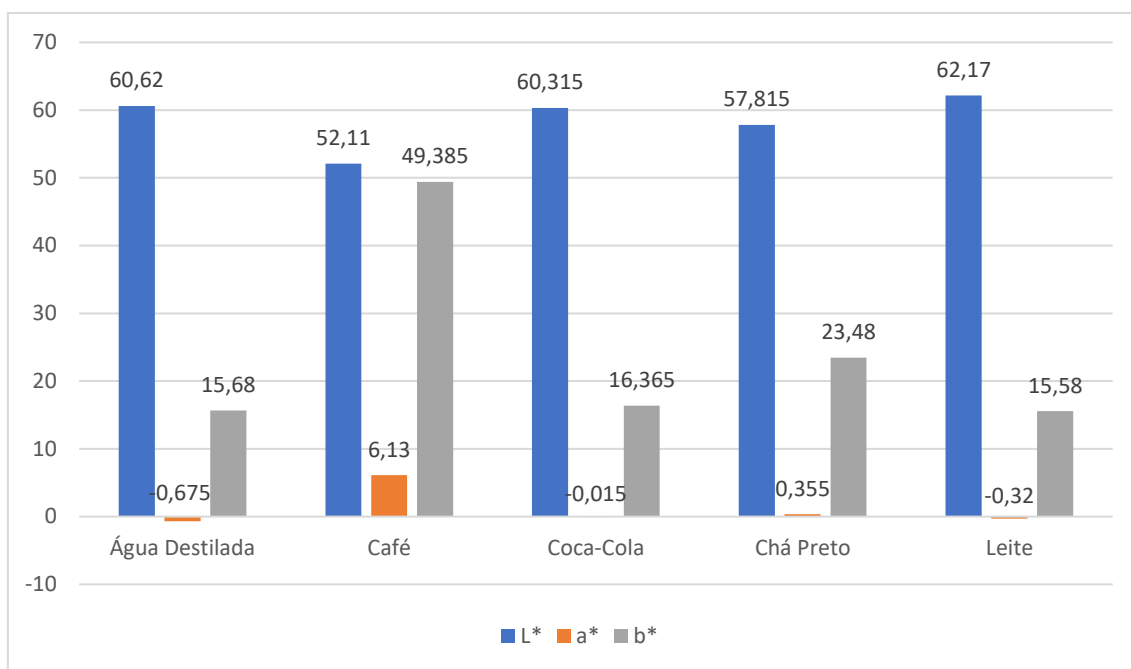


Gráfico 3 - Valores médios das coordenadas L*a*b dos alinhadores Invisalign® no tempo T2 (após 14 dias).

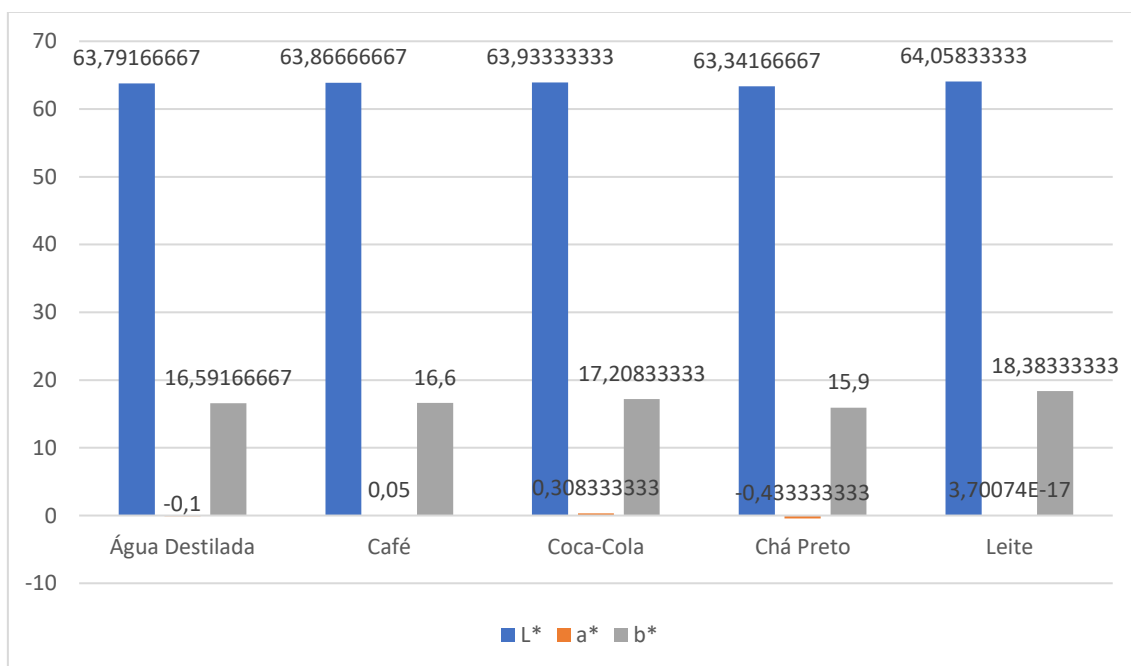


Gráfico 4 - Valores médios das coordenadas L*a*b dos alinhadores Spark® no tempo T0 (inicial).

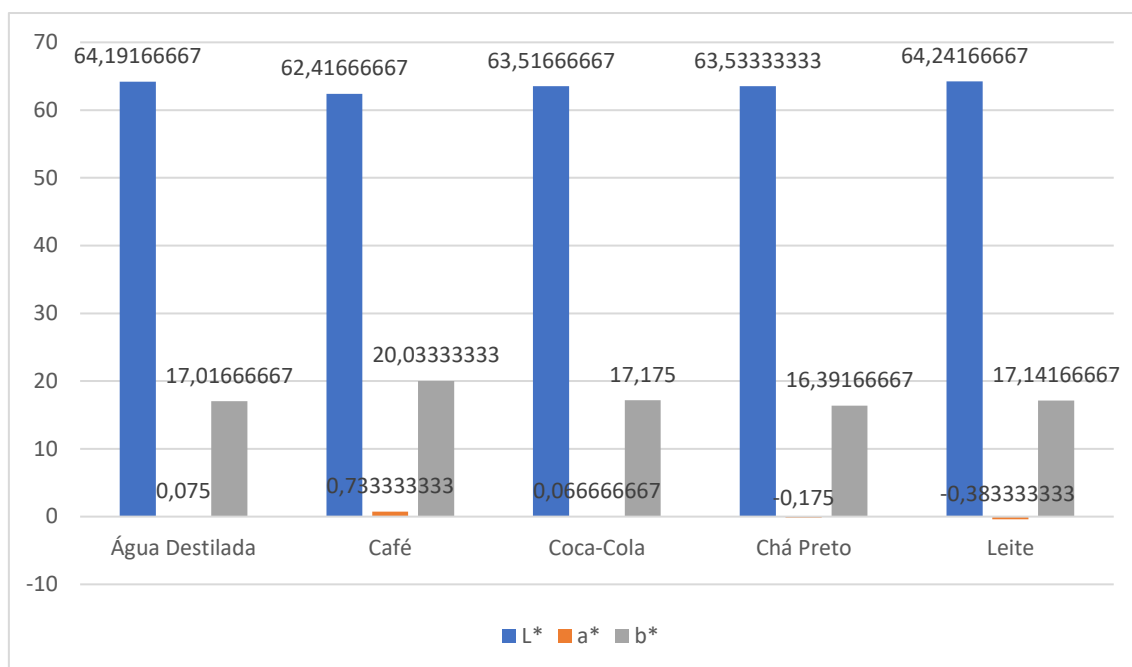


Gráfico 5 - Valores médios das coordenadas L*a*b dos alinhadores Spark® no tempo T1 (após 7 dias).

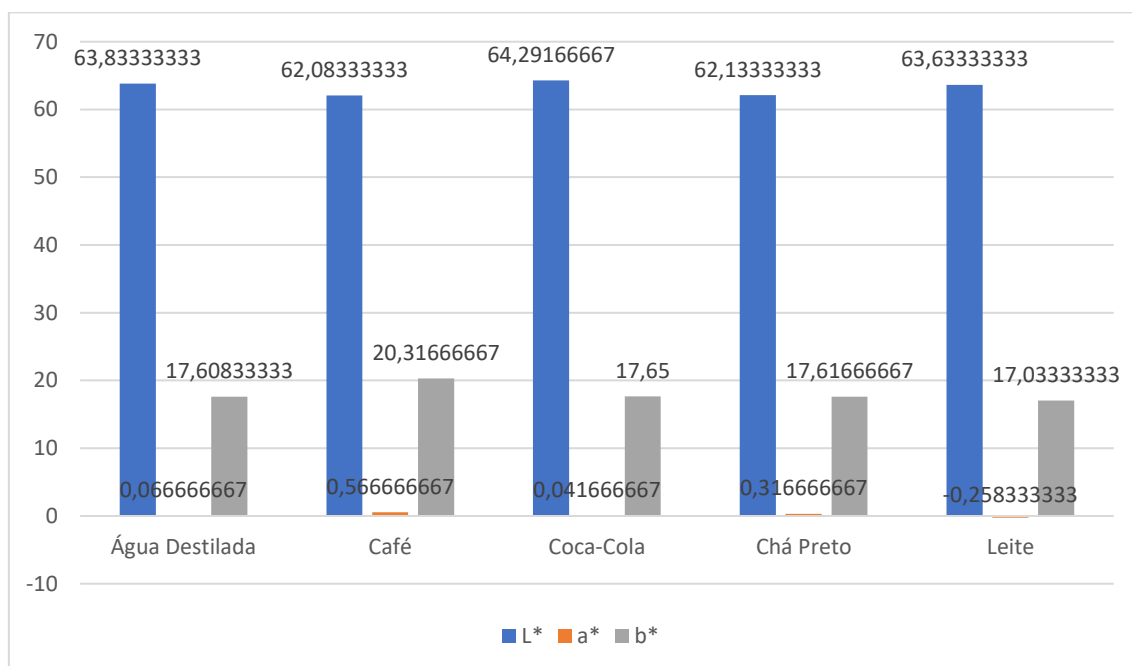


Gráfico 6 - Valores médios das coordenadas L*a*b dos alinhadores Spark® no tempo T2 (após 14 dias).

A partir das coordenadas L^* , a^* e b^* , e a partir da fórmula apresentada anteriormente, foram calculados os ΔE para as diferentes soluções e tempos. A estatística descritiva encontra-se presente nos anexos II e III. Com base na mesma, foram gerados os seguintes gráficos, onde está representada a diferença dos valores do ΔE para cada

grupo em cada tempo (T0, T1 e T2) (Gráficos 7, 8 e 9). Em cada gráfico cada grupo está representado por um número, sendo que os grupos 1, 2, 3, 4 e 5 consistem nos alinhadores Invisalign® em água destilada, café, Coca-Cola®, chá preto e leite, respetivamente; e os grupos 6, 7, 8, 9 e 10 consistem nos alinhadores Spark® em Água Destilada, café, Coca-Cola®, chá preto e leite, respetivamente.

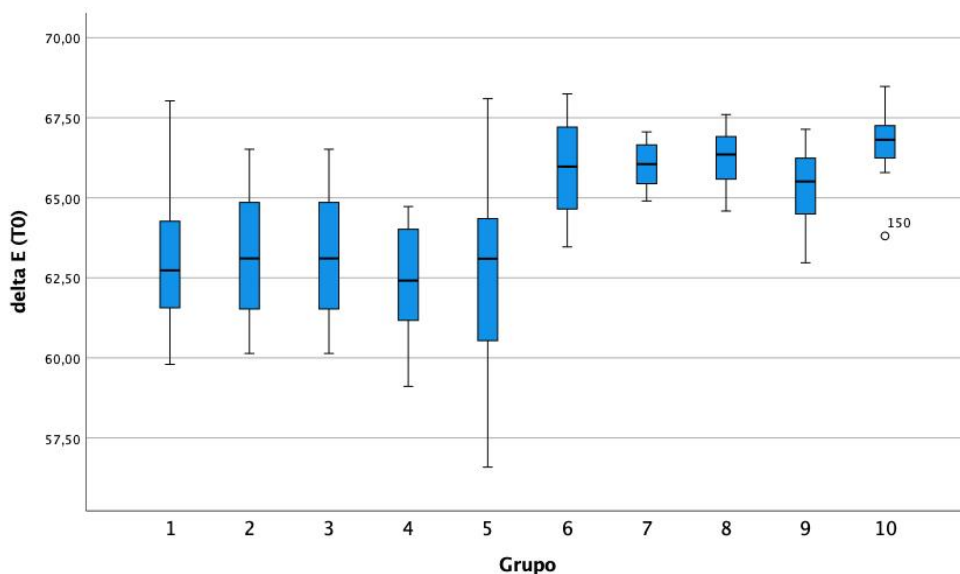


Gráfico 7 - Valores do Delta E para cada grupo antes da imersão dos alinhadores nas soluções (T0).

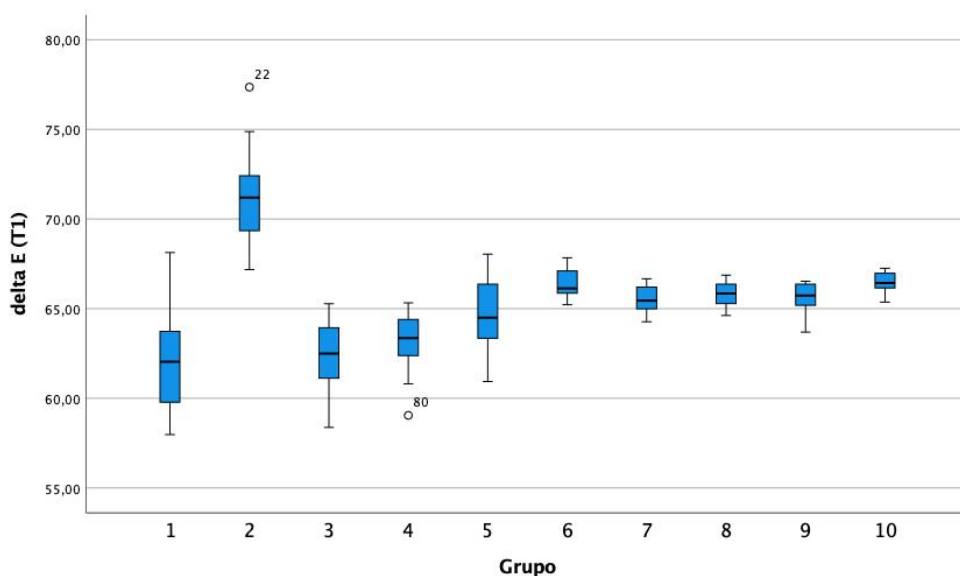


Gráfico 8 - Valores do Delta E para cada grupo após 7 dias de imersão dos alinhadores nas soluções (T1).

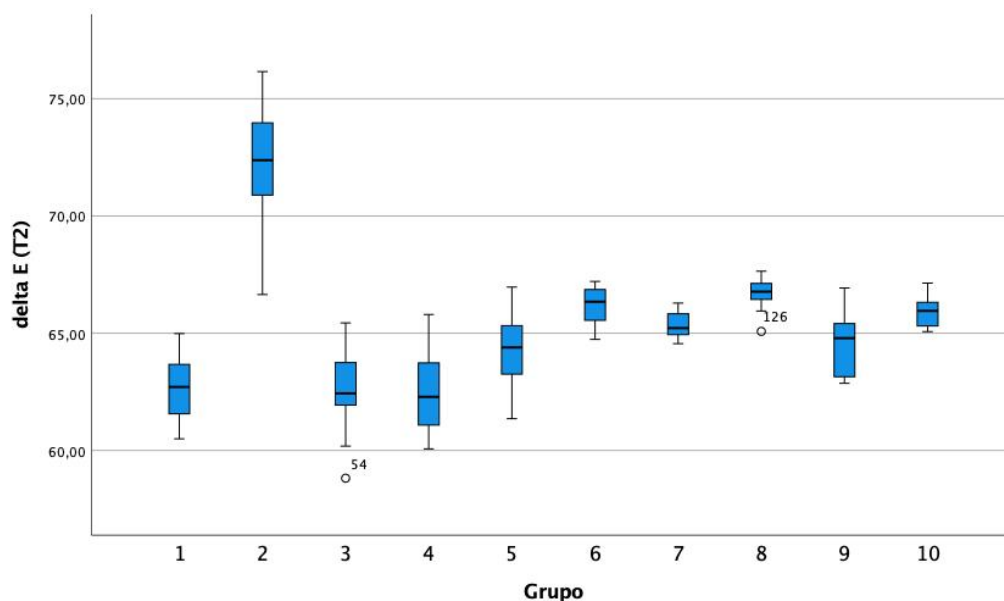


Gráfico 9 - Valores do Delta E para cada grupo após 14 dias de imersão dos alinhadores nas soluções (T2).

Os gráficos apresentados de seguida (Gráficos 9 e 10) apresentam os valores das médias de alteração de cor de cada solução nos diferentes tempos experimentais (T0, T1 e T2) para cada marca com um intervalo de confiança de 95%.

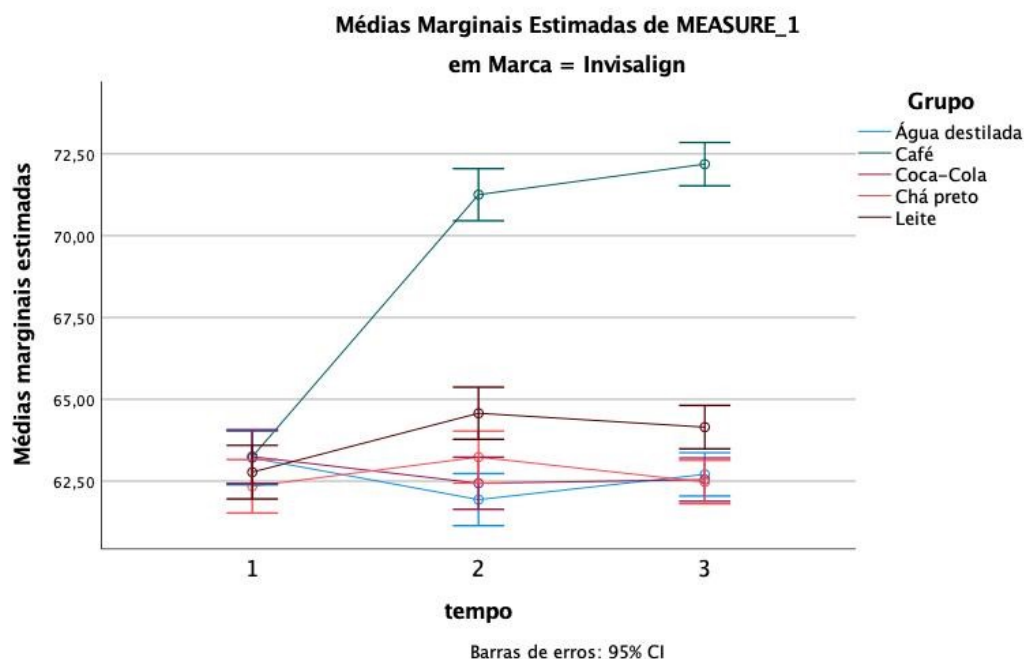


Gráfico 10 - Comportamento dos diferentes grupos ao longo do tempo experimental dos alinhadores da marca Invisalign.

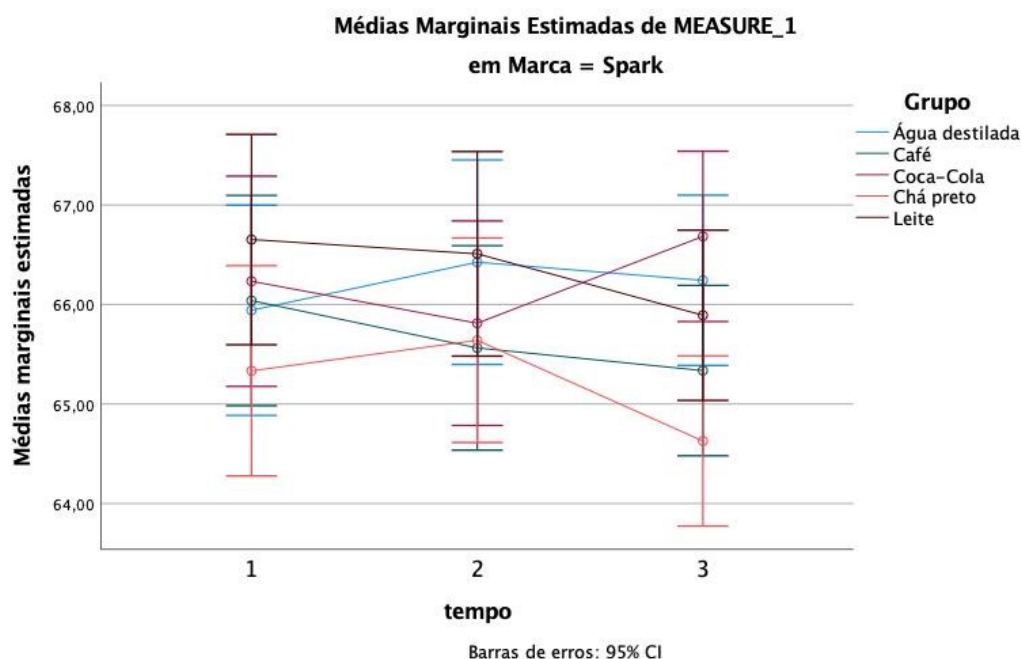


Gráfico 11 - Comportamento dos diferentes grupos ao longo do tempo experimental dos alinhadores da marca Spark.

Analisando os gráficos anteriores, é perceptível o aumento do ΔE no grupo da solução café dos alinhadores Invisalign®, sendo que os restantes grupos não apresentam diferenças significativas, demonstrando a alteração de cor neste grupo.

Na tabela seguinte (Tabela 3) encontram-se apresentados os valores do teste ANOVA fatorial de medidas repetidas, que permite avaliar a interação das diferentes variáveis, sendo estas o tempo, a solução (grupo) e a marca. Ao analisar a tabela, conclui-se que existe uma diferença significativa na alteração da cor dos alinhadores ao longo do tempo ($p < 0,05$), sendo também possível constatar que existe uma interação significativa entre o tempo e a marca ($p < 0,05$) e o tempo e o grupo ($p < 0,05$), e também entre o tempo, a marca e o grupo ($p < 0,05$) ou seja, o comportamento entre diferentes soluções e diferentes marcas ao longo do tempo é significativamente distinto.

Tabela 3 - ANOVA fatorial de medidas repetidas

Efeito	p	Eta parcial quadrado
Tempo	<0,01	0,100
Tempo*marca	<0,01	0,171
Tempo*grupo	<0,01	0,338
Tempo*marca*grupo	<0,01	0,412

Ao analisar o valor do Eta parcial quadrado, que corresponde à magnitude de cada fator, conseguimos perceber a influência das diferentes variáveis, pelo que podemos concluir que todos os fatores (tempo, tempo*marca e tempo*grupo) considerados apresentam elevada influência na alteração de cor dos alinhadores (0,100, 0,171 e 0,338 respetivamente), tendo uma influência mais elevada quando em conjunto (tempo*marca*grupo – 0,412). Assim sendo, o tempo de imersão do alinhador é um fator a ter em conta, bem como a marca e o grupo, ou seja, a substância a que o alinhador foi submetido.

11. Análise com recurso à fotografia digital

As fotografias digitais dos alinhadores expostos às diferentes soluções corantes, como também ao grupo de controlo, ao longo do tempo experimental encontram-se nas figuras 8 e 9, dos alinhadores do sistema Invisalign® e Spark®, respetivamente.

Ao analisar os alinhadores do sistema Invisalign®, é possível verificar que no grupo de controlo não existiu alteração da cor após os 7 e após os 14 dias de imersão. Tanto o grupo da solução Coca-Cola® como o grupo com a solução leite também mantiveram a cor ao longo do tempo experimental, não existindo assim alterações perceptíveis destes dois grupos quando comparados com o grupo controlo. No entanto, no grupo com a solução café é visível uma alteração de cor dos alinhadores, apresentando uma cor laranja em T1 que se intensifica no final do tempo experimental em T2, apresentando grandes diferenças perceptíveis em comparação com o controlo. O grupo com a solução chá preto também apresentou algumas diferenças de cor, apresentando um tom acastanhado em T1 que se intensifica em T2, mostrando assim ligeiras diferenças com o grupo de controlo.

Ao analisar os alinhadores do sistema Spark®, verifica-se que o grupo de controlo não demonstrou diferenças na alteração de cor tanto após os 7 dias como após os 14 dias. Novamente, tanto o grupo da solução Coca-Cola® como o grupo da solução leite mantiveram a cor ao longo da investigação, não existindo diferenças perceptíveis quando comparados com o grupo controlo. Por outro lado, tanto o grupo com a solução café como o grupo com a solução chá preto apresentam alguma coloração, apresentando um tom acastanhado em T1, que se intensifica em T2, apresentando uma ligeira diferença quando comparados ao grupo de controlo.

No panorama geral, é visível que os alinhadores expostos ao café e ao chá preto apresentaram uma alteração de cor, sendo que o café no sistema Invisalign® apresenta uma coloração muito mais perceptível do que o chá no mesmo sistema ou o café e o chá no sistema Spark®.

É possível observar que dentro de cada sistema, a alteração de cor dos alinhadores é distinta entre as diferentes soluções e a sua variação intensifica-se ao longo do tempo experimental.

Comparação da alteração da de alinhadores estéticos dos sistemas Invisalign® e Spark® quando expostos a agentes potencialmente corantes

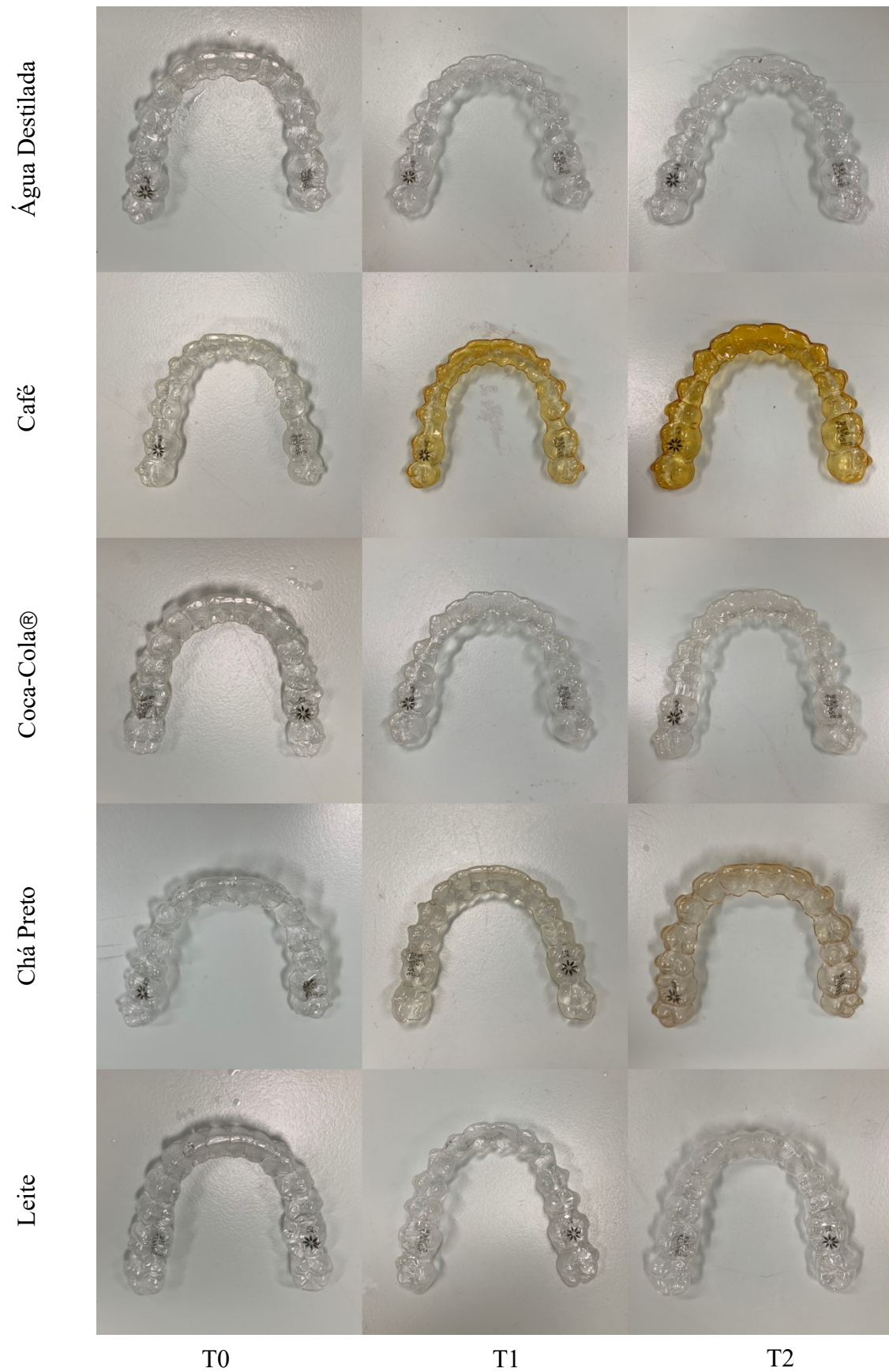


Figura 8 - Fotografias dos alinhadores do sistema Invisalign® imersos nas diferentes soluções nos três tempos experimentais.

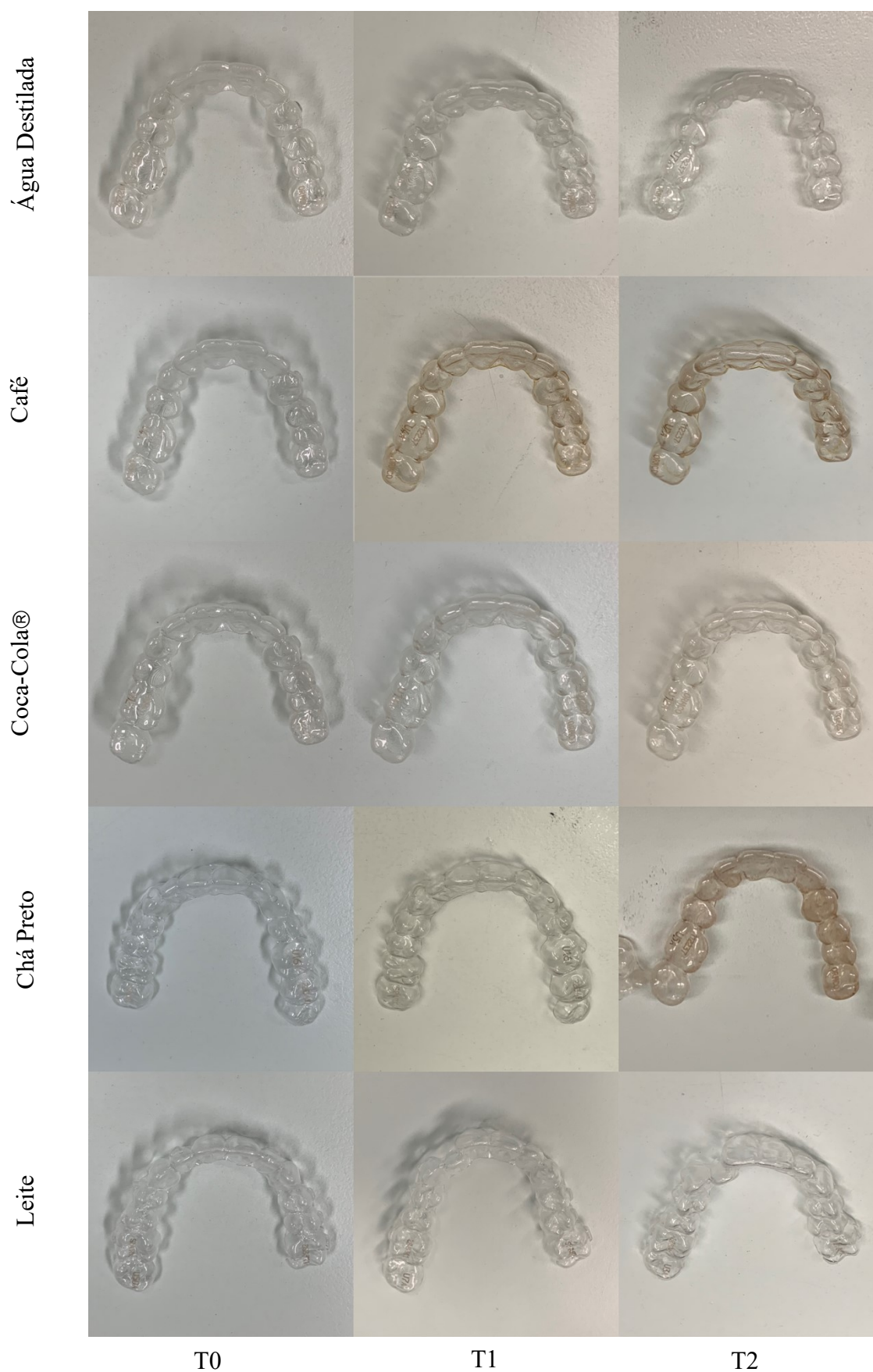


Figura 9 - Fotografias dos alinhadores do sistema Spark® imersos nas diferentes soluções nos três tempos experimentais.

V. DISCUSSÃO

12. Escolha da investigação

A indústria ortodôntica, como todas as indústrias, tem sofrido mudanças significativas e avanços tecnológicos na última década. Embora estas mudanças apresentem desafios e exijam adaptação, também permitem ofertas de serviços adicionais e mais eficientes aos pacientes (Bentson & Copple, 2022).

Nos últimos anos, as preocupações estéticas relativas aos aparelhos ortodônticos aumentaram significativamente devido ao número crescente de pacientes adultos submetidos a terapia ortodôntica. Os alinhadores removíveis transparentes têm atingido uma popularidade crescente como uma alternativa estética e confortável aos aparelhos fixos tradicionais (Macri et al., 2022).

É esperado que cada alinhador mantenha as suas propriedades mecânicas e estéticas durante as duas semanas em que é utilizado pelo paciente, no entanto, a estabilidade da cor pode ser afetada por diferentes fatores, como a radiação ultravioleta, bebidas corantes e colutórios, principalmente quando pacientes consomem bebidas corantes sem retirarem os alinhadores da cavidade oral (Liu et al., 2016).

Os alinhadores representavam menos de 1% de todos os casos ortodônticos no início deste século. Na América do Norte, essa percentagem subiu para os 25% em 2020, e espera-se que suba para 50% até 2030. Além disso, embora a maioria dos alinhadores sejam associados à Invisalign®, tem havido uma explosão de novas empresas e fabricantes estabelecidos que oferecem alinhadores e planeamento de tratamento digital, tais como ClearCorrect (fundado em 2006), 3-M's, Clarity™ Aligner, Reveal Clear Aligners de Henry Schein, Spark Clear Aligner de Ormco, uLab entre outros (Bentson & Copple, 2022).

Desta forma, o objetivo da presente investigação foi avaliar a coloração de alinhadores em contacto com soluções potencialmente corantes de duas marcas distintas presentes no mercado (Invisalign® e Spark®), sendo estas o café, a Coca-Cola®, o chá preto e o leite.

Os resultados do presente estudo vão auxiliar os profissionais de medicina dentária a transmitir a informação necessária aos pacientes sobre o cuidado necessário ao realizar terapia com alinhadores.

13. Escolha do método de investigação

À semelhança dos estudos apresentados na Tabela 2, para avaliar a coloração dos alinhadores foi realizado um estudo *in vitro*, de forma a manter viável a avaliação das propriedades dos alinhadores, visto que o ambiente oral é difícil de standardizar. Desta forma, é possível comparar as diferenças de coloração dos alinhadores num ambiente constante, no entanto, é de notar que os resultados do laboratório podem diferir dos resultados testados em ambiente oral (Buchmann et al., 2012).

O presente estudo recorreu ao uso de 160 alinhadores, sendo que 100 pertencem ao sistema Invisalign® e 60 ao sistema Spark®. As soluções escolhidas foram café, Coca-Cola®, chá preto e leite por serem soluções potencialmente corantes, sendo que têm níveis de consumo alto em Portugal, e também por serem soluções já presentes em estudos anteriores sobre o sistema Invisalign®, sendo estes os seguintes: Liu et al. (2016) - café e chá preto; Bernard et al. (2020) - café, chá preto e Coca-Cola®; Neves (2020) - chá preto e leite; Memè et al. (2021) - café, chá e Coca-Cola®; Eraclides (2021) - café e Coca-Cola® e Daniele et al. (2022) – café.

Como grupo de controlo foi utilizada água destilada, à semelhança de Liu et al. (2016) e Eraclides (2021). Os alinhadores foram mantidos a uma temperatura de 37° que simula a temperatura da cavidade oral (Memè et al., 2021).

Os alinhadores foram divididos em 5 grupos (um para cada solução) e armazenados em recipientes de vidro com uma placa de vidro por cima para garantir que os alinhadores ficam submersos durante o tempo experimental (Bernard et al., 2020) e armazenados na estufa a 37° de forma a simular a temperatura da cavidade oral (Memè et al., 2021).

As soluções foram trocadas diariamente (Bernard et al., 2020; Liu et al., 2016), de forma a manter as suas propriedades, evitar a deposição de bactérias e impedir a formação de resíduos nos alinhadores. Todos os alinhadores foram lavados com água destilada antes de serem imersos nas soluções e todos os dias aquando da troca da solução (Bernard et al., 2020).

A análise da cor dos alinhadores foi feita em três tempos experimentais distintos: T0 (antes de serem imersos), T1 (após 7 dias de imersão) e T2 (após 14 dias de imersão), à semelhança de Neves (2020), Eraclides (2021) e Daniele et al. (2022), tendo-se optado por não efetuar as medições após 12h, 24h e 48h. Optou-se por estes tempos

experimentais por serem os tempos recomendados de utilização de cada alinhador – uma a duas semanas - antes de serem substituídos pelo alinhador seguinte da sequência (Memè et al., 2021).

Para medir a alteração da coloração dos alinhadores recorreu-se ao uso de um espectrofotômetro, à semelhança da maioria dos estudos mencionados na Tabela 2. O espectrofotômetro utilizado na presente investigação foi o SpectroShade™ Micro que, de acordo com Khurana et al. (2007) e Llena et al. (2011), apresenta boa repetibilidade e consistência. É um espectrofotômetro de superfície total configurado com geometria ótica de 45-0° (Dozic et al., 2010), em que os ângulos representam os ângulos das vias de iluminação e observação, respetivamente, sendo que esta configuração é superior na correlação com diferenças de cor visuais (Johnston & Kao, 1989), apresentando valores de desempenho acima de 90% (Dias et al., 2017). A calibração do espectrofotômetro foi efetuada segundo as instruções recorrendo aos azulejos de calibração e realizada antes do início de todas as medições.

De forma a manter os alinhadores sempre na mesma posição aquando das medições com o espectrofotômetro recorreu-se a uma base de silicone de adição para padronizar as mesmas (Koksal & Dikbas, 2008). Devido à sua transparência foi necessária uma referência de fundo para ser possível medir a diferença da coloração pelo que foi utilizado um modelo dos dentes em resina fluída na cor A3 para os incisivos 21 e 41, respetivamente caso fosse um alinhador superior ou inferior (Liu et al., 2016).

Para avaliar a alteração de coloração foi utilizado o sistema CIE L*a*b*, sendo este o meio mais popular de definir a cor de objetos (Brewer et al., 2004), tendo sido o método utilizado nos seguintes estudos mencionados na Tabela 2: Liu et al. (2016), Bernard et al. (2020), Neves (2020), Memè et al. (2021), Eraclides (2021) e Daniele et al. (2022).

Para a interpretação dos valores, valores de $\Delta E < 1$ foram considerados como não apreciáveis pelo olho humano. Os valores $1 < \Delta E < 3,3$ foram considerados apreciáveis por pessoas qualificadas mas considerados clinicamente aceitáveis, enquanto os valores de $\Delta E > 3,3$ foram considerados apreciáveis também por pessoas não qualificadas e por essa razão clinicamente não aceitáveis (Bernard et al., 2020; Vichi et al., 2004).

Além das medições com o espectrofotômetro, recorreu-se também à fotografia digital, tendo sido encontrada uma correlação muito elevada e estatisticamente

significativa entre o espectrofotômetro e a câmara digital para todas as coordenadas de cor CIE L*, a*, e b*, tornando-se num método alternativo independente mais barato que o uso de instrumentos de medição de cor tradicionais, estando a ser utilizado cada vez mais (Cal et al., 2006; Jarad et al., 2005; Jouhar & Ahmed, 2022). Vários estudos precedentes da coloração de alinhadores recorrem a este método (Bernard et al., 2020; Eraclides, 2021; Liu et al., 2016; Memè et al., 2021; Neves, 2020).

14. Discussão dos resultados

O objetivo da presente investigação focou-se em avaliar a alteração de coloração dos alinhadores de duas marcas diferentes quando imersos em soluções potencialmente corantes e perceber se o comportamento é semelhante entre as mesmas.

Nas tabelas seguintes (Tabela 4 e 5) encontram-se resumos dos valores do ΔE dos alinhadores ao longo do tempo das duas marcas diferentes:

Tabela 4 - Valores do ΔE ao longo do tempo experimental dos alinhadores Invisalign®.

Invisalign®	T1	T2	T3
Água Destilada	63,2095	61,9380	62,7095
Café	63,2485	71,2560	72,1880
Coca-Cola	63,2485	62,4365	62,5485
Chá Preto	62,3440	63,2370	62,4755
Leite	62,7775	64,5765	64,1520

Tabela 5 - Valores do ΔE ao longo do tempo experimental dos alinhadores Spark®.

Spark®	T1	T2	T3
Água Destilada	65,9425	66,4258	66,2433
Café	66,0400	65,5642	65,3367
Coca-Cola	66,2342	65,8125	66,6850
Chá Preto	65,3342	65,6408	64,6292
Leite	66,6533	66,5100	65,8925

Relativamente à Tabela 4, referente ao sistema Invisalign®, os grupos das soluções água destilada, Coca-Cola®, chá preto e leite apresentam valores de ΔE inferiores a 3,3, pelo que os resultados são clinicamente aceitáveis, não existindo diferenças significativas na coloração dos alinhadores nesses grupos. No entanto, no grupo da solução café, o ΔE é superior a 3,3, pelo que o resultado não é clinicamente aceitável.

Correlacionando os dados estatísticos com a fotografia digital, conseguimos ver que os grupos das soluções água destilada, Coca-Cola® e leite mantiveram valores estáveis das coordenadas L^* , a^* e b^* durante o tempo experimental, o que é corroborado pelo que é observado na fotografia, não existindo mudança de cor. Em relação ao grupo do chá preto é descrita uma diminuição dos valores da coordenada L^* e um aumento dos valores da coordenada b^* , o que está de acordo com a fotografia pois os alinhadores ficaram mais escuros e mais amarelos, no entanto, não é estatisticamente considerável. Relativamente ao grupo do café, houve uma diminuição dos valores da coordenada L^* e um aumento dos valores das coordenadas a^* e b^* , principalmente desta última, o que significa que os alinhadores ficaram mais escuros e adquiriram uma cor vermelha e amarela, principalmente, o que é notório na fotografia e estatisticamente considerável.

Desta forma, no que toca à primeira questão de estudo, aceita-se a hipótese nula para as soluções Coca-Cola®, chá preto e leite e a hipótese alternativa para a solução café. E, assim, aceita-se também a hipótese nula da terceira questão de estudo, visto que os alinhadores se comportam de maneira diferente nas diferentes soluções.

Analisando a tabela 5, referente ao sistema Spark® todos os grupos apresentaram valores de ΔE inferiores a 3,3, pelo que os resultados são clinicamente aceitáveis e não existem diferenças significativas da coloração dos alinhadores desta marca.

Comparando com a fotografia digital, é possível observar que os grupos das soluções água destilada, Coca-Cola® e leite mantiveram a sua cor original, o que é corroborado pela consistência dos valores das coordenadas L^* , a^* e b^* , não existindo alteração da cor. Em relação aos grupos das soluções café e chá preto, observa-se uma ligeira diminuição dos valores da coordenada L^* , e um ligeiro aumento das coordenadas a^* e b^* , o que significa que ficaram ligeiramente mais escuros e amarelados, o que é observável nas fotografias, no entanto, não é estatisticamente considerável.

Deste modo, aceita-se a hipótese nula da segunda questão de estudo para todas as soluções. Como todos os alinhadores exibiram um comportamento semelhante nos vários grupos aceita-se a hipótese alternativa da quarta questão de estudo.

Relativamente ao sistema Invisalign®, estes resultados vão de encontro com os descritos em estudos anteriores, embora estes tenham utilizado tempos experimentais distintos. O efeito positivo do café é constatado nos estudos de Bernard et al. (2020), Liu et al. (2016), Eraclides (2021), Memè et al. (2021) e Daniele et al. (2022). Em relação ao chá preto existe uma disparidade de resultados, sendo que Bernard et al. (2020) e Memè et al. (2021) referem uma resposta positiva, no entanto, Liu et al. (2016) e Neves (2020) descrevem uma resposta negativa, tal como a presente investigação. A Coca-Cola® deu resultado a uma resposta negativa, corroborado pelos estudos de Eraclides (2021) e Memè et al. (2021), tal como o leite, que também apresentou uma resposta negativa na investigação de Neves (2020).

As alterações de cor dos alinhadores transparentes podem ser associadas à adsorção de pigmentos ou à penetração da superfície do material quando os alinhadores são imersos nos agentes de coloração. Este processo pode variar consoante os pigmentos das soluções corantes e das características dos materiais dos alinhadores (Liu et al., 2016).

O sistema Invisalign® demonstra-se mais propenso à coloração por soluções corantes, podendo esse aspeto ser devido ao processo de termoformagem que levou à formação de uma superfície com porosidades capaz de prender resíduos de impurezas e ao facto do poliuretano ser uma substância polar, o que leva a um aumento da absorção de água, causando a tração de pigmentos externos para o polímero (Bernard et al., 2020; Daniele et al., 2022). Assim, aceita-se a hipótese nula da quinta questão de estudo (Existe alteração de cor menos significativa dos alinhadores do sistema Invisalign® após a exposição aos diversos meios utilizados (café, Coca Cola®, chá preto e leite) do que a alteração de cor dos alinhadores do sistema Spark® submetidos aos mesmos meios?).

15. Limitações da investigação

Uma vez que se trata de um estudo in vitro, este não reproduz as condições orais normais com indivíduos reais a usar os aparelhos durante o tempo recomendado, não existindo variações da flora microbiana e dos níveis de enzimas, nem a exposição a fatores alimentares e diferentes forças funcionais (mastigação, remoção, reinserção) ou

parafuncionais (bruxismo), podendo ter sido utilizada saliva artificial para melhor reproduzir o ambiente oral (Bernard et al., 2020; Buchmann et al., 2012; Memè et al., 2021).

Além disso, os alinhadores foram mantidos nas soluções a uma temperatura constante de 37°, no entanto, essa pode não corresponder à temperatura a que os líquidos são consumidos, visto que bebidas como o café e o chá são ingeridas a temperaturas superiores. Outro fator importante de notar é que a imersão contínua dos alinhadores não corresponde ao tempo exato de consumo das bebidas, no entanto, é difícil determinar o tempo real de pigmentação pois teriam de ser realizados mais estudos de forma a investigar o tempo de consumo médio das bebidas analisadas para que fosse feita uma correspondência com os 14 dias de utilização do alinhador.

Embora tenha sido utilizada uma amostra de 100 alinhadores do sistema Invisalign®, apenas foram utilizados 60 alinhadores do sistema Spark® devido a dificuldades na obtenção junto da marca de mais alinhadores, fazendo com que a investigação não tivesse a mesma amostragem e existisse uma discrepância para os dois sistemas estudados.

Outra limitação no presente estudo foi o facto de as fotografias terem sido tiradas com recurso a um smartphone em vez de uma câmara digital. Embora a câmara do iPhone XS Max possua uma elevada qualidade, não se assemelha à qualidade providenciada por câmaras profissionais e teria permitido um melhor controlo sobre as condições de iluminação.

VI. PERSPETIVAS FUTURAS

Futuramente, devido à popularidade que alinhadores têm alcançado nos últimos anos, e à sua crescente utilização e procura por parte dos pacientes, seria pertinente a realização de mais estudos e investigações com soluções potencialmente corantes *in vivo*, visto que todas as investigações até ao momento têm sido feitas *in vitro*, o que permitiria estudar o impacto das condições presentes na cavidade oral nos resultados e perceber se os estudos *in vitro* se aproximam das condições fisiológicas.

Relativamente a estudos *in vitro*, seria pertinente estudar a coloração de alinhadores em temperaturas semelhantes à temperatura real de ingestão dos líquidos pela população e também tendo em conta o tempo real de exposição dos alinhadores aos líquidos durante as duas semanas de utilização.

Além disso, o uso de saliva artificial poderia assemelhar-se mais às condições reais da cavidade oral, pelo que seria bom implementar isso em futuros estudos.

Embora o sistema Invisalign® seja o mais popular e mais utilizado mundialmente, várias marcas têm emergido no mercado e seria importante realizar mais estudos que englobassem mais marcas de alinhadores de forma a poder comparar a estabilidade cromática das mesmas, como o caso do sistema Spark® que não apresenta estudos anteriores.

VII. CONCLUSÃO

Considerando os resultados obtidos, é possível concluir que:

- A bebida café provoca uma alteração estatisticamente significativa na cor dos alinhadores do sistema Invisalign®, enquanto as bebidas chá preto, Coca-Cola® e leite não provocaram uma alteração estatisticamente significativa na cor dos mesmos.

- Os alinhadores Invisalign® apresentaram um comportamento significativamente diferente entre as diferentes soluções potencialmente corantes.

- No sistema Spark® nenhuma das bebidas (café, Coca-cola®, chá preto e leite) causou uma alteração estatisticamente significativa na cor dos alinhadores.

- Os alinhadores Spark® não apresentaram um comportamento significativamente diferente entre os diferentes grupos.

- Os alinhadores imersos em chá preto de ambos os sistemas e os imersos em café do sistema Spark® mostraram uma tendência para ficarem mais escuros e mais amarelos (evidenciaram valores diminuídos da coordenada L* e aumentados da coordenada b*).

- O tempo de imersão tem um efeito significativo na alteração de cor dos alinhadores, sendo que a intensidade da coloração aumenta com o tempo experimental.

Deste modo, os médicos dentistas devem aconselhar os seus pacientes que se encontram a realizar tratamento ortodôntico com alinhadores dos efeitos das bebidas potencialmente corantes, principalmente o café no sistema Invisalign®, e que estas não devem ser consumidas com os dispositivos ortodônticos colocados na cavidade oral, de forma a manter as suas propriedades estéticas.

VIII. BIBLIOGRAFIA

- Al-Nadawi, M., Kravitz, N. D., Hansa, I., Makki, L., Ferguson, D. J., & Vaid, N. R. (2021). Effect of clear aligner wear protocol on the efficacy of tooth movement: A randomized clinical trial. *Angle Orthodontist*, 91(2), 157–163. <https://doi.org/10.2319/071520-630.1>
- Beldiman, M., Macovei, G., Zegan, G., Ioanid, N., & Vasilache, C. C. (2021). *CLEAR ALIGNERS – TECHNOLOGIES AND MATERIALS*. 10(4), 2–7.
- Bentson, C., & Copple, D. (2022). Opportunities in the evolving orthodontic industry—digital processes, teledentistry and group practices. *Seminars in Orthodontics*, 28(1), 37–42. <https://doi.org/10.1053/j.sodo.2022.02.008>
- Bernard, G., Rompré, P., Tavares, J. R., & Montpetit, A. (2020). Colorimetric and spectrophotometric measurements of orthodontic thermoplastic aligners exposed to various staining sources and cleaning methods. *Head and Face Medicine*, 16(1), 1–11. <https://doi.org/10.1186/s13005-020-00218-2>
- Brewer, J. D., Wee, A., & Seghi, R. (2004). Advances in color matching. *Dental Clinics of North America*, 48(2), 341–358. <https://doi.org/10.1016/j.cden.2004.01.004>
- Bruno, G., Gracco, A., Barone, M., Mutinelli, S., & De Stefani, A. (2021). Invisalign® vs. Spark™ template: Which is the most effective in the attachment bonding procedure? a randomized controlled trial. *Applied Sciences (Switzerland)*, 11(15). <https://doi.org/10.3390/app11156716>
- Buchmann, N., Senn, C., Ball, J., & Brauchli, L. (2012). Influence of initial strain on the force decay of currently available elastic chains over time. *Angle Orthodontist*, 82(3), 529–535. <https://doi.org/10.2319/062011-399.1>
- Buschang, P. H., Shaw, S. G., Ross, M., Crosby, D., & Campbell, P. M. (2014). Comparative time efficiency of aligner therapy and conventional edgewise braces. *Angle Orthodontist*, 84(3), 391–396. <https://doi.org/10.2319/062113-466>
- Cal, E., Güneri, P., & Kose, T. (2006). Comparison of digital and spectrophotometric measurements of colour shade guides. *Journal of Oral Rehabilitation*, 33(3), 221–228. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2842.2005.01560.x>
- Chacoto, L. (2014). *A dieta mediterrânica nos provérbios portugueses*. 163–174.
- Choi, S. H., Kim, B. Il, Cha, J. Y., & Hwang, C. J. (2015). Impact of malocclusion and common oral diseases on oral health-related quality of life in young adults. *American*

- Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 147(5), 587–595.
<https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2014.12.025>
- Clements, K. M., Bollen, A. M., Huang, G., King, G., Hujoel, P., & Ma, T. (2003). Activation time and material stiffness of sequential removable orthodontic appliances. Part 2: Dental improvements. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 124(5), 502–508.
<https://doi.org/10.1067/j.ajodo.2003.08.001>
- Daniele, V., Macera, L., Taglieri, G., Spera, L., Marzo, G., & Quinzi, V. (2022). Color stability, chemico-physical and optical features of the most common petg and pu based orthodontic aligners for clear aligner therapy. *Polymers*, 14(1).
<https://doi.org/10.3390/polym14010014>
- Dias, S., Marques, D., Silveira, J., Corado, D., Alves, R., & Mata, A. (2017). Determinação da cor de diferentes escalas por dois métodos espectrofotométricos – estudo in vitro. *Revista Portuguesa de Estomatologia, Medicina Dentária e Cirurgia Maxilofacial*, 58(3), 3–9. <https://doi.org/10.24873/j.rpemd.2017.10.023>
- Djeu, G., Shelton, C., & Maganzini, A. (2005). Outcome assessment of Invisalign and traditional orthodontic treatment compared with the American Board of Orthodontics objective grading system. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 128(3), 292–298.
<https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2005.06.002>
- Dozic, A., Voit, N. F. A., Zwartser, R., Khashayar, G., & Aartman, I. (2010). Color coverage of a newly developed system for color determination and reproduction in dentistry. *Journal of Dentistry*, 38(SUPPL. 2), e50–e56.
<https://doi.org/10.1016/j.jdent.2010.07.004>
- Eraclides, M. M. G. P. (2021). *ANÁLISE DA ESTABILIDADE DA COR DO SISTEMA INVISALIGN® QUANDO EXPOSTO A AGENTES POTENCIALMENTE CORANTES*.
- Hartshorne, J., & Wertheimer, M. B. (2022). Emerging insights and new developments in clear aligner therapy: A review of the literature. *AJO-DO Clinical Companion*, 00(00), 1–14. <https://doi.org/10.1016/j.xaor.2022.04.009>
- Helm, S., Kreiborg, S., & Solow, B. (1985). Psychosocial implications of malocclusion: A 15-year follow-up study in 30-year-old Danes. *American Journal of Orthodontics*, 87(2), 110–118. [https://doi.org/10.1016/0002-9416\(85\)90020-X](https://doi.org/10.1016/0002-9416(85)90020-X)

- Hennessey, J., & Al-Awadhi, E. A. (2016). Clear aligners generations and orthodontic tooth movement. *Journal of Orthodontics*, 43(1), 68–76. <https://doi.org/10.1179/1465313315Y.0000000004>
- Hershon, L. E., & Giddon, D. B. (1980). Determinants of facial profile self-perception. *American Journal of Orthodontics*, 78(3), 279–295. [https://doi.org/10.1016/0002-9416\(80\)90273-0](https://doi.org/10.1016/0002-9416(80)90273-0)
- Iliadi, A., Koletsi, D., & Eliades, T. (2019). Forces and moments generated by aligner-type appliances for orthodontic tooth movement: A systematic review and meta-analysis. *Orthodontics and Craniofacial Research*, 22(4), 248–258. <https://doi.org/10.1111/ocr.12333>
- Jarad, F. D., Russell, M. D., & Moss, B. W. (2005). The use of digital imaging for colour matching and communication in restorative dentistry. *British Dental Journal*, 199(1), 43–49. <https://doi.org/10.1038/sj.bdj.4812559>
- Johal, A., Cheung, M. Y. H., & Marcenes, W. (2007). *The impact of two different malocclusion traits on quality of life*. <https://doi.org/10.1038/sj.bdj.2007.33>
- Johnston, W. M., & Kao, E. C. (1989). Assessment of Appearance Match by Visual Observation and Clinical Colorimetry. *Journal of Dental Research*, 68(5), 819–822. <https://doi.org/10.1177/00220345890680051301>
- Jouhar, R., & Ahmed, M. A. (2022). *applied sciences An Overview of Shade Selection in Clinical Dentistry*.
- Karkhanechi, M., Chow, D., Sipkin, J., Sherman, D., Boylan, R. J., Norman, R. G., Craig, R. G., & Cisneros, G. J. (2013). Periodontal status of adult patients treated with fixed buccal appliances and removable aligners over one year of active orthodontic therapy. *Angle Orthodontist*, 83(1), 146–151. <https://doi.org/10.2319/031212-217.1>
- Kassam, S. K., & Stoops, F. R. (2020). Are clear aligners as effective as conventional fixed appliances? *Evidence-Based Dentistry*, 21(1), 30–31. <https://doi.org/10.1038/s41432-020-0079-5>
- Ke, Y., Zhu, Y., & Zhu, M. (2019). A comparison of treatment effectiveness between clear aligner and fixed appliance therapies. *BMC Oral Health*, 19(1). <https://doi.org/10.1186/s12903-018-0695-z>
- Kesling, H. D. (1945). *Journal of Orthodontics and Oral Surgery*. 29.
- Khurana, R., Tredwin, C. J., Weisbloom, M., & Moles, D. R. (2007). A clinical evaluation of the individual repeatability of three commercially available colour measuring

- devices. *British Dental Journal*, 203(12), 675–680.
<https://doi.org/10.1038/bdj.2007.1108>
- Koksal, T., & Dikbas, I. (2008). Color stability of different denture teeth materials against various staining agents. *Dental Materials Journal*, 27(1), 139–144.
<https://doi.org/10.4012/dmj.27.139>
- Kuncio, D., Maganzini, A., Shelton, C., & Freeman, K. (2007). Invisalign and traditional orthodontic treatment postretention outcomes compared using the american board of orthodontics objective grading system. *Angle Orthodontist*, 77(5), 864–869.
<https://doi.org/10.2319/100106-398.1>
- Liu, C. L., Sun, W. T., Liao, W., Lu, W. X., Li, Q. W., Jeong, Y., Liu, J., & Zhao, Z. H. (2016). Colour stabilities of three types of orthodontic clear aligners exposed to staining agents. *International Journal of Oral Science*, 8(4), 246–253.
<https://doi.org/10.1038/ijos.2016.25>
- Llena, C., Lozano, E., Amengual, J., & Forner, L. (2011). Reliability of two color selection devices in matching and measuring tooth color. *Journal of Contemporary Dental Practice*, 12(1), 19–23. <https://doi.org/10.5005/jp-journals-10024-1004>
- Lombardo, L., Arreghini, A., Maccarrone, R., Bianchi, A., Scalia, S., & Siciliani, G. (2015). Optical properties of orthodontic aligners—spectrophotometry analysis of three types before and after aging. *Progress in Orthodontics*, 16(1), 1–8.
<https://doi.org/10.1186/s40510-015-0111-z>
- Lopes, C., Torres, D., Oliveira, A., Severo, M., Alarcão, V., Guiomar, S., Mota, J., Teixeira, P., Rodrigues, S., Lobato, L., Magalhães, V., Correia, D., Carvalho, C., Pizarro, A., Marques, A., Vilela, S., Oliveira, L., Nicola, P., Soares, S., & Ramos, E. (2017). IAN-AF, Inquérito Alimentar Nacional e de Atividade Física - Relatório de resultados de 2017. In *Universidade do Porto*.
- Macri, M., Murmura, G., Varvara, G., Traini, T., & Festa, F. (2022). Clinical Performances and Biological Features of Clear Aligners Materials in Orthodontics. *Frontiers in Materials*, 9(February), 1–10.
<https://doi.org/10.3389/fmats.2022.819121>
- Memè, L., Notarstefano, V., Sampalmieri, F., Orilisi, G., & Quinzi, V. (2021). Atr-ftir analysis of orthodontic invisalign® aligners subjected to various in vitro aging treatments. *Materials*, 14(4), 1–10. <https://doi.org/10.3390/ma14040818>
- Miller, K. B., McGorray, S. P., Womack, R., Quintero, J. C., Perelmutter, M., Gibson, J., Dolan, T. A., & Wheeler, T. T. (2007). A comparison of treatment impacts between

- Invisalign aligner and fixed appliance therapy during the first week of treatment. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 131(3), 302.e1-302.e9. <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2006.05.031>
- Moshiri, S., Araújo, E. A., McCray, J. F., Thiesen, G., & Kim, K. B. (2017). Cephalometric evaluation of adult anterior open bite non-extraction treatment with invisalign. *Dental Press Journal of Orthodontics*, 22(5), 30–38. <https://doi.org/10.1590/2177-6709.22.5.030-038.oar>
- Nahoum, H. I. (2014). Forces and moments generated by removable thermoplastic aligners. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 146(5), 545–546. <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2014.08.006>
- Neves, A. A. C. (2020). *ALTERAÇÃO DA COLORAÇÃO DE ALINHADORES ESTÉTICOS EXPOSTOS A DIFERENTES MEIOS*.
- Okubo, S. R., Kanawati, A., Richards, M. W., & Childress, S. (1998). Evaluation of visual and instrument shade matching. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 80(6), 642–648. [https://doi.org/10.1016/S0022-3913\(98\)70049-6](https://doi.org/10.1016/S0022-3913(98)70049-6)
- Ribeiro-Lages, M. B., Martins, M. L., Magno, M. B., Masterson Ferreira, D., Tavares-Silva, C. M., Fonseca-Gonçalves, A., Serra-Negra, J. M., & Maia, L. C. (2020). Is there association between dental malocclusion and bruxism? A systematic review and meta-analysis. In *Journal of Oral Rehabilitation* (Vol. 47, Issue 10, pp. 1304–1318). Blackwell Publishing Ltd. <https://doi.org/10.1111/joor.12971>
- Rodrigues, S. S. P., Caraher, M., Trichopoulou, A., & de Almeida, M. D. V. (2008). Portuguese households' diet quality (adherence to Mediterranean food pattern and compliance with WHO population dietary goals): Trends, regional disparities and socioeconomic determinants. *European Journal of Clinical Nutrition*, 62(11), 1263–1272. <https://doi.org/10.1038/sj.ejcn.1602852>
- Rossini, G., Parrini, S., Castroflorio, T., Deregibus, A., & Debernardi, C. L. (2015). Efficacy of clear aligners in controlling orthodontic tooth movement: A systematic review. *Angle Orthodontist*, 85(5), 881–889. <https://doi.org/10.2319/061614-436.1>
- Scala, A., Auconi, P., Scazzocchio, M., Caldarelli, G., McNamara, J. A., & Franchi, L. (2012). Using Networks To Understand Medical Data: The Case of Class III Malocclusions. *PLoS ONE*, 7(9), 1–8. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0044521>
- Suh, H., Garnett, B. S., Mahood, K., Mahjoub, N., Boyd, R. L., & Oh, H. (2022). Treatment of anterior open bites using non-extraction clear aligner therapy in adult

- patients. *Korean Journal of Orthodontics*, 52(3), 210–219. <https://doi.org/10.4041/kjod21.180>
- Tung, A. W., & Kiyak, H. A. (1998). Psychological influences on the timing of orthodontic treatment. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics : Official Publication of the American Association of Orthodontists, Its Constituent Societies, and the American Board of Orthodontics*, 113(1), 29–39. [https://doi.org/10.1016/S0889-5406\(98\)70274-4](https://doi.org/10.1016/S0889-5406(98)70274-4)
- Vichi, A., Ferrari, M., & Davidson, C. L. (2004). Color and opacity variations in three different resin-based composite products after water aging. *Dental Materials*, 20(6), 530–534. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2002.11.001>
- Weir, T. (2017). Clear aligners in orthodontic treatment. *Australian Dental Journal*, 62, 58–62. <https://doi.org/10.1111/adj.12480>
- Zafeiriadis, A. A., Karamouzos, A., Athanasiou, A. E., Eliades, T., & Palaghias, G. (2014). In vitro spectrophotometric evaluation of Vivera clear thermoplastic retainer discolouration. *Australian Orthodontic Journal*, 30(2), 192–200.
- Zhang, M., McGrath, C., & Hägg, U. (2006). The impact of malocclusion and its treatment on quality of life: A literature review. In *International Journal of Paediatric Dentistry* (Vol. 16, Issue 6, pp. 381–387). <https://doi.org/10.1111/j.1365-263X.2006.00768.x>
- Zheng, M., Liu, R., Ni, Z., & Yu, Z. (2017). Efficiency, effectiveness and treatment stability of clear aligners: A systematic review and meta-analysis. *Orthodontics and Craniofacial Research*, 20(3), 127–133. <https://doi.org/10.1111/ocr.12177>

IX. ANEXOS

Anexo I – Autorização



Pedido de Autorização para realização do trabalho de projeto final do MIMD no Biomaterials Lab

Identificação do Estudante: Mariana Inês da Silva Castelhana, nº 112866

Título do Trabalho: Comparação da alteração da coloração de alinhadores estéticos dos sistemas Invisalign® e Spark® quando expostos a agentes potencialmente corantes

Excelentíssimo Professor Doutor Mário Cruz Polido,

A aluna Mariana Castelhana, vem por este meio solicitar o acesso ao Biomaterials Lab para realização do projeto final do Mestrado Integrado em Medicina Dentária, intitulado de: Comparação da alteração da coloração de alinhadores estéticos dos sistemas Invisalign® e Spark® quando expostos a agentes potencialmente corantes, orientado pela Professora Doutora Teresa Sobral Costa.

Com os melhores cumprimentos,

Monte da Caparica, 15 de novembro de 2021

Assinado por: **MÁRIO HUMBERTO DOS SANTOS**
CRUZ POLIDO
Num. de Identificação: 05329287
Data: 2021.11.18 15:24:04+00'00'



Anexo II - Estatística Descritiva Invisalign

		N	Média	Erro Padrão	Erro Erro	Intervalo de confiança de 95% para média		Mínimo	Máximo
						Limite inferior	Limite superior		
Delta E (T0)	Água Destilada	20	63,2095	2,18579	0,48876	62,1865	64,2325	59,80	68,03
	Café	20	63,2485	1,81838	0,40660	62,3975	64,0995	60,14	66,52
	Coca-Cola	20	63,2485	1,81838	0,40660	62,3975	64,0995	60,14	66,52
	Chá Preto	20	62,3440	1,80818	0,40432	61,4977	63,1903	59,11	64,73
	Leite	20	62,7775	2,89416	0,64715	61,4230	64,1320	56,59	68,10
Delta E (T1)	Água Destilada	20	61,9380	2,64014	0,59035	60,7024	63,1736	57,98	68,13
	Café	20	71,2560	2,64119	0,59059	70,0199	72,4921	67,18	77,36
	Coca-Cola	20	62,4365	1,92419	0,43026	61,5359	63,3371	58,38	65,28
	Chá Preto	20	63,2370	1,57168	0,35144	62,5014	63,9726	59,05	65,33
	Leite	20	64,5765	1,96832	0,44013	63,6553	65,4977	60,94	68,04
Delta E (T2)	Água Destilada	20	62,7095	1,37691	0,30789	62,0651	63,3539	60,50	64,99
	Café	20	72,1880	2,46285	0,55071	71,0353	73,3407	66,65	76,16
	Coca-Cola	20	62,5485	1,54702	0,34592	61,8245	63,2725	58,82	65,44
	Chá Preto	20	62,4755	1,64378	0,36756	61,7062	63,2448	60,07	65,80
	Leite	20	64,1520	1,59253	0,35610	63,4067	64,8973	61,36	66,97

Anexo III - Estatística Descritiva Spark

		N	Média	Erro Padrão	Erro Erro	Intervalo de confiança de 95% para média		Mínimo	Máximo
						Limite inferior	Limite superior		
Delta E (T0)	Água Destilada	12	65,9425	1,55531	0,44898	64,9543	66,9307	63,47	68,25
	Café	12	66,0400	0,68576	0,19796	65,6043	66,4757	64,90	67,06
	Coca-Cola	12	66,2342	0,92055	0,26574	65,6493	66,8191	64,59	67,60
	Chá Preto	12	65,3342	1,38336	0,39934	64,4552	66,2131	62,97	67,14
	Leite	12	66,6533	1,15989	0,33483	65,9164	67,3903	63,81	68,48
Delta E (T1)	Água Destilada	12	66,4258	0,79908	0,23068	65,9181	66,9335	65,22	67,84
	Café	12	65,5642	0,74431	0,21486	65,0913	66,0371	64,27	66,67
	Coca-Cola	12	65,8125	0,71181	0,20548	65,3602	66,2648	64,62	66,87
	Chá Preto	12	65,6408	0,89599	0,25865	65,0716	66,2101	63,69	66,53
	Leite	12	66,5100	0,56198	0,16223	66,1529	66,8671	65,37	67,25
Delta E (T2)	Água Destilada	12	66,2433	0,77484	0,22368	65,7510	66,7356	64,74	67,21
	Café	12	65,3367	0,55953	0,16152	64,9812	65,6922	64,56	66,29
	Coca-Cola	12	66,6850	0,70091	0,20234	66,2397	67,1303	65,08	67,65
	Chá Preto	12	64,6292	1,39541	0,40282	63,7426	65,5158	62,87	66,93
	Leite	12	65,8925	0,63280	0,18267	65,4904	66,2946	65,07	67,14

ANEXO IV – ANOVA fatorial de medidas repetidas

Testes de contrastes dentre-sujeitos

Medida: MEASURE_1							
Origem	tempo	Tipo III Soma dos Quadrados	df	Quadrado Médio	Z	Sig.	Eta parcial quadrado
tempo	Linear	45,958	1	45,958	16,661	<,001	,100
	Quadrático	19,813	1	19,813	7,396	,007	,047
tempo * marca	Linear	85,275	1	85,275	30,913	<,001	,171
	Quadrático	12,499	1	12,499	4,666	,032	,030
tempo * grupo	Linear	211,448	4	52,862	19,163	<,001	,338
	Quadrático	67,115	4	16,779	6,263	<,001	,143
tempo * marca * grupo	Linear	290,510	4	72,628	26,329	<,001	,412
	Quadrático	67,860	4	16,965	6,333	<,001	,144
Erro(tempo)	Linear	413,777	150	2,759			
	Quadrático	401,827	150	2,679			