



INSTITUTO UNIVERSITÁRIO EGAS MONIZ

MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA

**COMPARAÇÃO DE TÉCNICAS DE TERMOFORMAÇÃO DE
ALINHADORES *IN-OFFICE***

Trabalho submetido por
Maria Benedita Rodrigues Palma Covas Lima
para a obtenção do grau de Mestre em Medicina Dentária

novembro de 2021



INSTITUTO UNIVERSITÁRIO EGAS MONIZ

MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA

**COMPARAÇÃO DE TÉCNICAS DE TERMOFORMAÇÃO DE
ALINHADORES *IN-OFFICE***

Trabalho submetido por
Maria Benedita Rodrigues Palma Covas Lima
para a obtenção do grau de **Mestre** em Medicina Dentária

Trabalho orientado por
Doutor Hélder Nunes Costa

novembro de 2021

DEDICATÓRIA

Ao meu Pai.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Doutor Hélder Nunes Costa, pelo interesse inicial de orientar o meu trabalho, pela disponibilidade, dedicação e rigor indispensáveis ao longo de todo este tempo.

Ao Prof. Doutor Mário Polido, por me disponibilizar a utilização do laboratório de biomateriais.

Ao Instituto Universitário Egas Moniz e a todos os seus docentes, pelos conhecimentos que me transmitiram ao longo deste percurso.

À minha mãe, por ter sido a pessoa que melhor me conheceu. A quem devo todos os princípios e valores que hoje tenho. De quem guardo saudades infinitas.

Ao meu pai, por todo o amor, carinho, dedicação e por ter estado sempre presente em todas as etapas da minha vida. Por me ter proporcionado a oportunidade de tirar este curso. Por nos ter suportado sempre, a mim e às minhas irmãs. Sem o meu pai não seria a mesma.

Às minhas irmãs, que estiveram comigo nos meus melhores e piores momentos. Que me acompanharam durante estes cinco anos em Lisboa, nas alturas em que fui a melhor, mas também a pior companhia do mundo. Por serem as pessoas que mais amo.

À minha família pelo apoio incondicional, tanto a nível pessoal como académico. Por ser a melhor, pela alegria constante e pelo amor gigante. Devo-lhes a nossa união. Por terem feito de mim o que sou hoje.

À Manuela, que está ao meu lado a amparar-me desde que nasci.

Aos meus amigos, os melhores que há. Que passaram comigo os momentos mais felizes e divertidos, mas também os mais stressantes, os de estudo e até mesmo os mais desesperantes e tristes. Por me apoiarem e me acompanharem em tudo. Não tenho como agradecer.

RESUMO

Objetivos: Testar a viabilidade de uma técnica para avaliar se existem diferenças entre os alinhadores termoformados a vácuo e os termoformados a pressão no que toca ao ajuste dos mesmos às arcadas dentárias.

Materiais e métodos: Foram termoformados 5 alinhadores sobre 5 cópias de um mesmo modelo, utilizando sempre o plástico *Essix ACE*[®]. A impressão das cópias do modelo foi realizada por uma impressora 3D e as mesmas eram constituídas por resina. Dos 5 alinhadores, 3 foram termoformados a pressão (1 experimental) e os restantes 2 a vácuo. A técnica testada consistiu na colocação da resina colorida *Tensol 70* na interface alinhador/modelo. Em adição, foi elaborada a testagem de mais uma técnica. Para tal, foram realizados cortes transversais através de uma máquina de corte num molar, pré-molar e incisivo com a posterior medição da largura dos mesmos através do sistema informático *ImageJ*.

Resultados: A técnica testada para avaliar se existem diferenças no ajuste dos alinhadores não se mostrou viável. Contudo, a técnica adicional aponta para a existência de diferenças na capacidade de ajuste dos alinhadores. Uma vez que, aos cortes dos dentes pertencentes ao alinhador termoformado a pressão corresponderam sempre valores de largura mais altos comparativamente aos obtidos pelos alinhadores termoformados a vácuo.

Conclusão: O recurso à resina *Tensol 70* para avaliar o ajuste dos alinhadores às arcadas dentárias não é viável. No entanto, o estudo, no seu decorrer, apontou para a existência de diferenças no ajuste dos alinhadores quando comparadas as duas técnicas de termoformação.

Palavras chave: *Clear Aligners*[®], Alinhadores Invisíveis, *Invisalign*[®], Avaliação da Cor

ABSTRACT

Objective: Test the viability of the technique to assess whether there are differences between vacuum thermoformed and pressure thermoformed aligners in terms of their adjustment to the dental arches.

Materials and Method: 5 aligners were thermoformed over 5 copies of the same model, always using *Essix ACE*® plastic. The model copies were printed using a 3D printer and they were made of resin. Of the 5 aligners, 3 of them were thermoformed under pressure (1 experimental) and the remaining 2 under vacuum. The tested technique consisted of placing colored resin *Tensol 70* at the aligner/model interface. In addition, the testing of one more technique was elaborated. To this end, cross sections were performed using a machine to cut a molar, premolar and incisor with subsequent measurement of their width using the ImageJ software.

Results: The technique tested to assess whether there are differences in the adjustment of aligners was not viable. However, the additional technique points to the existence of differences in the adjustability of the aligners. Since, the cuts of teeth belonging to the pressure thermoformed aligners always corresponded to higher width values compared to those obtained by the vacuum thermoformed aligners.

Conclusion: The use of *Tensol 70* resin to assess the adjustment of aligners to the dental arches is not feasible. However, the study, during its course, pointed to the existence of differences in the adjustment of the aligners when comparing the two thermoforming techniques.

Key Words: *Clear Aligners*® , Invisible Aligners, *Invisalign*® , Color assessment.

ÍNDICE

I. INTRODUÇÃO.....	15
1. EXPLICAÇÃO E CONTEXTUALIZAÇÃO DO ESTUDO.....	15
2. ALINHADORES INVISÍVEIS.....	16
2.1. História e evolução dos alinhadores.....	18
2.2. Características dos alinhadores.....	22
2.2.1. Tipo de recorte dos alinhadores.....	22
2.2.2. Composição dos materiais dos alinhadores.....	22
2.2.3. Espessura do material.....	24
2.2.4. Método de fabrico/termoformação dos alinhadores.....	24
2.3. Passos do tratamento com alinhadores.....	24
2.4. Princípios da técnica de tratamento com alinhadores dentários.....	26
2.5. Indicações.....	28
2.6. Limitações.....	28
2.7. Vantagens.....	29
2.8. Desvantagens.....	31
3. AVALIAÇÃO DA COR.....	31
3.1. Método de avaliação visual da cor.....	33
3.2. Métodos de avaliação instrumentais da cor.....	34
3.2.1. Colorímetros.....	35
3.2.2. Espectrofotómetros.....	36
3.3. Fotografia digital.....	38
II. OBJETIVOS DO ESTUDO.....	41
III. HIPÓTESE DO ESTUDO.....	43
IV. MATERIAIS E MÉTODOS.....	45
1. MATERIAIS.....	45
1.1. Plástico Essix ACE [®]	50
2. MÉTODOS.....	51
2.1. Termoformação dos alinhadores.....	51
2.1.1. Termoformação dos alinhadores a vácuo.....	51
2.1.2. Termoformação a pressão.....	57

3. OBTENÇÃO DA RESINA COLORIDA	62
4. METODOLOGIA ADICIONAL	69
V. RESULTADOS.....	83
VI. DISCUSSÃO	85
VII. CONCLUSÃO.....	87
VIII. PERSPETIVAS FUTURAS	89
IX. BIBLIOGRAFIA	91

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Programa informático ClinCheck®.	15
Figura 2 - Alinhador dentário.	17
Figura 3 - Imagem representativa do espectro visível (Adaptada de Shamma et al., 2011).	32
Figura 4 - Imagem representativa do espectro eletromagnético, invisível e visível (Adaptado de Shamma et al., 2011).	33
Figura 5 - 2 plásticos Essix ACE®, para termoformação de alinhadores a vácuo.	50
Figura 6 - 3 plásticos Essix ACE®, para termoformação de alinhadores a pressão.	50
Figura 7 - DENTAFLUX-The thermoforming machine.	52
Figura 8 - Máquina DENTAFLUX-The thermoforming machine com o plástico colocado na estrutura da máquina, o modelo na placa base.	52
Figura 9 - Máquina DENTAFLUX-The thermoforming machine com o plástico a aquecer na estrutura da máquina.	53
Figura 10 - Máquina DENTAFLUX-The thermoforming machine com o botão de “vácuo” acionado e com o plástico cobre o modelo.	53
Figura 11 - Máquina DENTAFLUX-The thermoforming machine com a opção de vácuo ligada até que o alinhador já formado arrefeça.	54
Figura 12 - Alinhador termoformado a vácuo retirado da estrutura da máquina.	54
Figura 13 - Recorte do excesso de plástico em redor do modelo com recurso a uma tesoura de pontas curvas e bico redondo.	55
Figura 14 - Corte do alinhador 4-5 mm acima do zénite dos dentes utilizando uma faca de cera aquecida numa lamparina.	55
Figura 15 - Polimento do alinhador até 2-3 mm acima do zénite de cada dente com discos de polimento.	56
Figura 16 - Os 2 alinhadores termoformados a vácuo.	56
Figura 17 - Os dois alinhadores termoformados a vácuo sobre o saco branco identificado, onde foram guardados de imediato após a sua termoformação.	57
Figura 18 - Máquina SCHEU-Ministar.	57
Figura 19 - Máquina SCHEU-Biostar com o código 113 e os 25 segundos correspondentes de tempo de aquecimento.	58

Figura 20 - Máquina SCHEU-Ministar com o plástico colocado na estrutura da máquina, o modelo na placa base e com o tempo de aquecimento introduzido consoante o código fornecido pelo fabricante (Código Biostar: 113).	59
Figura 21 - Máquina SCHEU-Ministar com o elemento de aquecimento sobre o plástico.	59
Figura 22 - Máquina SCHEU-Ministar com o plástico aquecido sobre o modelo.	60
Figura 23 - Máquina SCHEU-Ministar com o alinhador termoformado sobre o modelo.	60
Figura 24 - Alinhador termoformado a pressão retirado da estrutura da máquina.	61
Figura 25 - Os 3 alinhadores termoformados a pressão.	61
Figura 26 - Os 3 alinhadores (1 experimental) termoformados a pressão sobre o saco preto identificado onde foram guardados de imediato após a sua termoformação.	62
Figura 27 - Tensol 70 (Parte A) – Metilmetacrilato.	62
Figura 28 - Tensol 70 (Parte B) – Catalisador.	63
Figura 29 - Figura que ilustra os 5 ml de Metacrilato a serem retirados com recurso a uma seringa de 5 ml.	63
Figura 30 - Figura que ilustra os 0,25 ml de Catalisador a serem retirados com recurso a uma pipeta de 1000 µl.	64
Figura 31 - Figura que ilustra a colocação dos 0,25 ml do Catalisador no copo de ensaio onde já se encontravam os 5 ml do Metilmetacrilato.	64
Figura 32 - Corante BIODUR® AC 50.	65
Figura 33 - Quantidade do corante BIODUR® AC 50 que foi utilizada na mistura.	65
Figura 34 - Mistura da resina com o aspeto final.	66
Figura 35 - Seringa com os 5 ml de resina.	66
Figura 36 - Alinhador com a resina distribuída.	67
Figura 37 - Alinhados, com a resina, encaixado no modelo de cerâmica correspondente.	67
Figura 38 - Alinhador depois do excesso de resina ser limpo no sentido descendente.	67
Figura 39 - Alinhador com tonalidade rosa opaco, tornando-se inviável para a medição da intensidade da cor da resina.	68
Figura 40 - Resultado do alinhador termoformado a vácuo.	69
Figura 41 - Máquina de corte: Hard tissue microtome – Accutom-50.	69
Figura 42 - Cortes nos dentes 26. (A) Alinhador termoformado a vácuo (B) Alinhador termoformado a pressão.	70

Figura 43 - Cortes nos dentes 11. (A) Alinhador termoformado a vácuo (B) Alinhador termoformado a pressão.	70
Figura 44 - Cortes nos dentes 14. (A) Alinhador termoformado a vácuo (B) Alinhador termoformado a pressão.	70
Figura 45 - Zoom utilizado em todas as fotografias.	71
Figura 46 - Programa informático ImageJ.	72
Figura 47 - Régua milimétrica que foi incorporada nas fotografias para criação de uma escala.	72
Figura 48 - Procedimento para importar as fotografias para o programa ImageJ.	73
Figura 49 - Procedimento para importar as fotografias para o programa ImageJ.	73
Figura 50 - ImageJ já com a fotografia do corte do dente 26 do alinhador termoformado a pressão importada.	74
Figura 51 - Utilização de 1 mm da régua milimétrica para a escala.	74
Figura 52 - Seleção da opção “Analyze, Set Scale”, para posterior confirmação dos dados da escala.	75
Figura 53 - Confirmação dos dados da escala.	75
Figura 54 - Medição do corte do dente 26 pertencente ao alinhador termoformado a pressão. Com uma angulação de 0° e com o valor obtido de 11,70 mm.	76
Figura 55 - Introdução dos valores obtidos na primeira escala para as escalas das restantes medições, de maneira que não houvesse alterações entre elas.	77
Figura 56 - Medição do corte do dente 26 pertencente ao alinhador termoformado a vácuo. Com uma angulação de 0° e com o valor obtido de 10,50 mm.	78
Figura 57 - Medição do corte do dente 14 pertencente ao alinhador termoformado a pressão. Com uma angulação de 0° e com o valor obtido de 10,30 mm.	79
Figura 58 - Medição do corte do dente 14 pertencente ao alinhador termoformado a vácuo. Com uma angulação de 0° e com o valor obtido de 9,46 mm.	80
Figura 59 - Medição do corte do dente 11 pertencente ao alinhador termoformado a pressão. Com uma angulação de 0° e com o valor obtido de 3,37 mm.	81
Figura 60 - Medição do corte do dente 11 pertencente ao alinhador termoformado a pressão. Com uma angulação de 0° e com o valor obtido de 3,00 mm.	82

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Tabela com as diferentes gerações de alinhadores invisíveis (Adaptado de Hennessy & Al-Awadhi, 2016).	20
Tabela 2 - Tabela com os equipamentos de identificação de cor disponíveis comercialmente (Adaptado de Vichi, et al., 2011).	34
Tabela 3 - Tabela com os diferentes materiais utilizados em laboratório.....	45
Tabela 4 - Tabela representativa dos tempos de aquecimento consoante a espessura do plástico e da máquina utilizada.....	58
Tabela 5 - Tabela com os resultados da lardura das medições da largura dos cortes	83

LÍSTA DE ABREVIATURAS

CAD – Computer-Aided Design (Desenho Auxiliado por Computador)

CAM – Computer-Aided Manufacturing (Produção Auxiliada por Computador)

cm - Centímetros

IF – Infravermelhos

IPR – Redução interproximal dos dentes

IUEM – Instituto Universitário Egas Moniz

min - Minutos

ml – Mililitro

mm – Milímetros

nm – Nanometros

PC – Polocarbonato

PET-G – Polietileno tereftalato-gicol modificado

pol – Polegadas

PP – Polipropileno

PU – Poliuretano

RGB – Áreas vermelhas, verdes e azuis do espectro visível

UV – Ultravioletas

μl - Microlítro

ΔE^* - Delta E

I. INTRODUÇÃO

1. Explicação e contextualização do estudo

É notória a crescente procura por tratamentos que melhorem a imagem e a estética a nível global. Para combater esta necessidade no âmbito da medicina dentária desenvolveram-se os alinhadores transparentes, que apareceram através dos aparelhos *Invisalign*[®], aliando a estética à eficácia.

Todas as empresas que produzem alinhadores possuem um sistema informático que permite a comunicação entre os seus próprios técnicos, que produzem os alinhadores consoante as indicações dos médicos dentistas responsáveis pelo caso, e o médico dentista. Estes sistemas informáticos permitem a troca de ideias e indicações entre ambos, com vista a se realizar o melhor tratamento possível. No caso da *Align Technology*[®], responsável pelo lançamento do sistema *Invisalign*[®], esse sistema informático tem o nome de *ClinCheck*[®] (Figura 1).

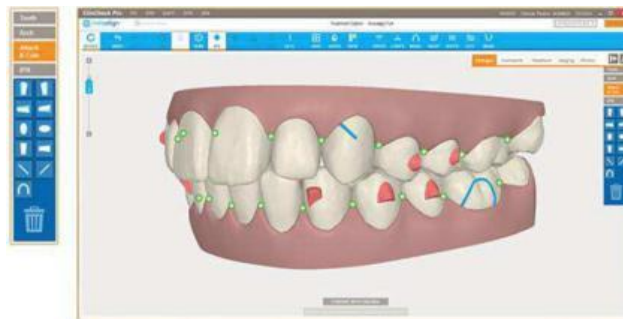


Figura 1 - Programa informático *ClinCheck*[®].

Fonte: <http://www.invisalign-g6.com/en-EU/clincheckpro.aspx>

No entanto, com a evolução da tecnologia, hoje em dia já é possível ao médico dentista dispensar o “intermediário”, isto é, atualmente, existe a alternativa de todos estes procedimentos, antigamente exclusivos às empresas fabricantes de alinhadores, serem elaborados pelo médico dentista no seu próprio consultório, ou seja, “*in office*”. Com esta evolução surgiram questões, por parte dos médicos dentistas, para as quais a literatura

ainda não apresentou respostas. Algumas dessas questões são por exemplo: “Qual dos métodos de termoformação de alinhadores deve ser utilizado? Pressão ou Vácuo? Existem vantagens de um dos métodos em detrimento do outro? Algum deles promove um maior ajuste às arcadas dentárias?”

Tendo em conta as questões acima apresentadas, achou-se oportuna a realização deste estudo piloto de maneira a testar uma metodologia com vista a esclarecer as dúvidas e questões ainda com resposta inexistente por parte da literatura. Este esclarecimento poderá não só tornar as escolhas e procedimentos dos médicos dentistas mais conscientes e eficazes, como também beneficiar o paciente, que passará a usufruir de tratamentos ainda mais eficientes.

2. Alinhadores invisíveis

A palavra ortodontia provém da união de duas palavras gregas “*orthos*”, que significa “normal” ou “correta” e “*dontos*”, que significa “dentes”. O tratamento da má oclusão, de forma a corrigir e melhorar a posição dos dentes e maxilares é uma das principais preocupações do ortodontista (Srivastava et al., 2017).

Inicialmente, a ortodontia era uma técnica utilizada mais em adolescentes, contudo, nos últimos anos, o interesse dos adultos pelo tratamento ortodôntico tem crescido, o que levou à procura de técnicas mais estéticas. A sociedade, cada vez mais exigente, procura uma aparência mais bonita e perfeita, sendo um fator considerável na autoestima, na qualidade de vida e no sucesso do indivíduo (Nold et al., 2014). Foi por este motivo que a estética se tornou na principal motivação para a procura de um tratamento ortodôntico, principalmente para indivíduos com uma maior exposição pública, como é o caso dos professores, atores e todas as outras profissões que requerem uma aparência facial e dentária agradável. Tal facto levou à procura, por parte de investigadores, de soluções que realizassem estes desejos estéticos no decorrer do tratamento (Neto, n.d.; Patel et al., 2014). Entre as alternativas desenvolvidas, encontram-se os *brackets* estéticos, os *brackets* linguais e os alinhadores plásticos (Moro et al., 2017). É exatamente quando o desejo do paciente é também a estética no decorrer do tratamento, para além da correção dentária, que os alinhadores são mais utilizados (Neto, 2011), sendo da responsabilidade do médico dentista estudar os novos métodos de tratamento existentes e auxiliar os

doentes na melhor escolha tanto a nível estético como a nível funcional (Moro et al., 2017).

Este tipo de aparelhos surge como uma notável alternativa aos sistemas de *brackets* e arcos, uma vez que vai ao encontro das expectativas dos doentes, que desejam uma solução mais atrativa pelo facto de ser mais estética, quase impercetível e possuir uma maior comodidade (Moro et al., 2017; Patel et al., 2014). O tratamento com alinhadores dentários (Figura 2) tem como base a aplicação, de forma sequencial, destes dispositivos transparentes e flexíveis, que se encontram adaptados e ajustados aos dentes e movimentam-nos progressivamente até à posição desejada (Balachandran et al., 2019; Barone et al., 2017).



Figura 2 - Alinhador dentário.

Fonte: https://www.micheldental.com/blog/wpcontent/uploads/2018/06/AdobeStock_1864_18920.jpeg

A série de alinhadores dentários removíveis têm a função de alinhar as peças dentárias, podendo fazê-lo a mover um dente ou um grupo de dentes de 0,15-0,3 mm. Estes alinhadores devem ser utilizados 20-22 horas por dia e alterados a cada 1-2 semanas de maneira a ser atingido o resultado final (Henrikson, 2020).

Os tratamentos ortodônticos com alinhadores dentários podem alcançar resultados tão ou mais bem sucedidos que os aparelhos convencionais em casos de mordida aberta moderada. Este facto deve-se à possibilidade de intrusão das peças dentárias posteriores, permitindo um bom controlo vertical. No entanto, para que tal seja realizado, tal como acontece em todas as outras técnicas da ortodontia, é indispensável que o médico dentista tenha um total controlo sobre o sistema (Henrikson, 2020).

2.1. História e evolução dos alinhadores

A aplicação de alinhadores dentários, ao contrário do que se pode pensar, não é uma técnica recente, tendo sido utilizada pela primeira vez no ano de 1945, quando Kesling introduziu o “aparelho de posicionamento dentário”. Este aparelho baseava-se numa peça única, de borracha flexível transparente, construída sob um modelo de gesso, a partir do qual era realizado um “*set-up*” encerado, em que os dentes eram movimentados sobre o gesso até à posição programada. Este aparelho permitia apenas pequenos movimentos dentários, como a inclinação de coroas, sendo utilizado com o objetivo de finalizar tratamentos já iniciados ou corrigir pequenas recidivas (Hennessy & Al-Awadhi, 2016; Moro et al., 2017). No ano de 1971, Pontiz, a partir da mesma base de Kesling, criou o *invisible retainer*, possuindo também apenas a capacidade de produzir pequenos movimentos e em determinados tipos e tamanho de coroas clínicas (Hennessy & Al-Awadhi, 2016). Sheridan, 14 anos depois, desenvolveu a técnica de Kesling tornando possível a realização de redução interproximal dos dentes (IPR). No entanto, esta técnica, tal como as anteriormente descritas, também só permitia pequenos movimentos dentários e era necessário fazer um novo “*set-up*” e novas impressões na maioria das consultas, o que tornava o tratamento muito mais demorado e incómodo (Hennessy & Al-Awadhi, 2016; Neto, 2011).

Com o desenvolvimento da tecnologia 3D passou a ser possível fazer a previsão dos movimentos dentários e, por sua vez, a partir da tecnologia *Computer-Aided Design – Computer-Aided Manufacturing (CAD/CAM)* viabilizar-se a confecção de modelos de cada movimento dentário. Com esta evolução deixou de haver a necessidade de fazer novos “*set-up*” e novas impressões a cada movimento, sendo que a partir de um único registo passou a ser criada toda a série de modelos. Com as tecnologias mencionadas, os alinhadores transparentes consecutivos passaram a ser utilizados em maior escala (Lombardo et al., 2017) e foram amplamente desenvolvidos e aperfeiçoados, de forma a permitir sempre a biomecânica dos movimentos dentários para proporcionar uma maior quantidade, mas também qualidade nas correções das más-oclusões dentárias (Papadimitriou et al., 2018).

A empresa *Align Technology*[®] lançou, em 1999, nos Estados Unidos, Santa Clara, Califórnia, o sistema *Invisalign*[®], o primeiro na criação de um sistema com base exclusiva numa tecnologia digital tridimensional, aliando a este sistema um planeamento também ele digital, uma manufatura em grande escala e engenharia baseada em princípios mecânicos. Por todas estas razões o sistema *Invisalign*[®] veio revolucionar a ortodontia plástica, continuando sempre a evoluir continuamente (Cardoso et al., 2019).

Um estudo realizado em 2005, por Djeu, onde foi feita a comparação entre o desempenho do sistema *Invisalign*[®] com o sistema *multibrackets*, conclui que, a nível global, os resultados obtidos com o sistema *Invisalign*[®] eram inferiores aos obtidos pelo sistema *multibrackets*, sendo também inferior em alguns aspetos específicos como em contactos oclusais, torques dos dentes posteriores e discrepâncias ântero-posteriores. Contudo, noutros pontos, os resultados dos dois sistemas foram semelhantes, como por exemplo nos movimentos de nivelamento, na redução de diastemas e no paralelismo de raízes (Djeu et al., 2005).

Uma das grandes limitações dos primeiros alinhadores criados, os lançados pela *Invisalign*[®] em 1999, era o facto de só terem a capacidade de realizarem pequenas correções, o que fez com que Hennessy os classificasse como alinhadores de primeira geração. Estes alinhadores de primeira geração não possuíam nenhum dispositivo acessório e os movimentos eram realizados somente através do contacto dente/alinhador. No entanto, desde a sua introdução no mercado, os alinhadores dentários têm evoluído na tentativa de trazer benefícios e alcançar um melhor alinhamento e oclusão dentaria. Com esta evolução percebeu-se a necessidade do uso de acessórios para aperfeiçoar o movimento dentário, começando a existir incentivo das marcas para tal. Começaram a ser utilizados acessórios de resina para melhorar a retenção do alinhador ou botões para facilitar o uso de elásticos. Nesta altura, Hennessy classificou os alinhadores com acessórios de resina ou botões como sendo de segunda geração. Contudo, estes alinhadores não demonstraram diferenças significativas nos resultados dos movimentos dentários pretendidos quando comparados com os de primeira geração, apresentando também um baixo autodomínio nos movimentos da coroa e raiz. Existem movimentos mais complexos, como os de inclinação: onde existe movimento somente da coroa e os de translação pura/movimento em corpo do dente: onde ocorre movimentação, ao mesmo

tempo e na mesma direção, da coroa e da raiz, para os quais é preciso relacionar uma força aplicada à localização do centro de rotação do dente. Para se conseguir realizar um movimento de translação existe a necessidade de aplicar uma força na direção do movimento pretendido e, ao mesmo tempo, outra força no sentido contrário, para prevenir a inclinação, ou seja, um par de forças. Por esse que não era capaz de ser produzido pelos alinhadores de primeira e de segunda geração, o que levou à necessidade de evolução e criação de outra geração de alinhadores, tendo sido propostas certas modificações: acessórios e cortes de precisão e pontos de pressão. Para combater as limitações descritas até então, foi criado um programa informático que passou a pré-ajustar os *attachments* otimizados (acessórios de precisão) e as dobras de precisão, com vista a alterar a forma como os alinhadores aplicam as forças no dente. Estes alinhadores com *attachments* otimizados e dobras foram classificados como alinhadores de terceira geração por Hennessy e vieram permitir a realização de movimentos de extrusão e rotação, bem como movimentos de raiz e em corpo. Deste modo, passaram a existir três gerações de alinhadores dentários (Tabela 1) (Hennessy et al., 2016).

Tabela 1 - Tabela com as diferentes gerações de alinhadores invisíveis (Adaptado de Hennessy & Al-Awadhi, 2016).

CARACTERÍSTICAS		
1ª GERAÇÃO	2ª GERAÇÃO	3ª GERAÇÃO
Sem nenhum elemento auxiliar incorporado.	Colocação de <i>attachments</i> e/ou elásticos intermaxilares.	Todos os acessórios são colocados automaticamente pelo sistema informático.

Os *attachments* são confeccionados com resina composta e podem dividir-se, em 3 tipos principais: (1) Elipsóides – com dimensões de 3 mm de altura, 2 mm de largura e 0,75-1 mm de espessura, estão disponíveis para uso em incisivos, caninos e pré-molares, sendo utilizados de forma isolada para a correção de rotações ou em pares para movimentos de raiz; (2) Biselados/chanfrados – com 3, 4, ou 5 mm de largura, 2 mm de altura e 0,25-1 mm de espessura e são utilizados para movimentos de extrusão; (3) Retangulares – apresentam dimensões de 3, 4 ou 5 mm de largura, 2 mm de altura e 0,5-1 mm de

espessura e são utilizados quando existe necessidade de realizar grandes movimentos mesio-distais (Hennessy & Al-Awadhi, 2016).

Os três tipos de *attachments* são gradualmente ativados durante o avanço do tratamento, ou seja, à medida que o paciente passa de alinhador para alinhador, até atingirem a sua máxima ativação. Também podem ser feitos pontos de pressão nos alinhadores, que, tal como o nome indica, exercem pressão na coroa dentária promovendo outros movimentos, como por exemplo, o torque da raiz (Hennessy & Al-Awadhi, 2016).

Se é verdade que os alinhadores sofreram um grande processo de inovação, também é verdade que os mesmos continuam a evoluir de forma exponencial, uma vez que as empresas continuam a investir cada vez mais na otimização, a partir da utilização de princípios fundamentais da biomecânica, com o objetivo de controlar por completo o movimento dentário e assim obter ainda melhores resultados. A geração de alinhadores otimizados automaticamente por um sistema informático, foi denominado, pela empresa *Align*[®] como sistema *SmartForce*[®]. No sistema informático os algoritmos definem não só o melhor sistema de forças para realizar o movimento dentário necessário, como também, a melhor forma do *attachment* para receber esse sistema de forças, colocando-o e posicionando-o em local específico da face do dente orientado em relação aos eixos e ativado pelo alinhador (Morton et al., 2017).

A partir da utilização de *attachments* otimizados alcançaram-se resultados iguais aos oferecidos pelos sistemas *multibrackets*, uma vez que estes acessórios de precisão permitiram grandes avanços, sendo o maior de todos o facto de poderem individualizar a relação momento-força sobre a superfície ativa do acessório necessária para resultar em movimento (Cai et al., 2015). Foram vários os estudos que confirmaram a importância do desenvolvimento destes acessórios de precisão, os *attachments* otimizados: a comparação entre os movimentos de distalização dos caninos com *attachments* e sem *attachments*, feita por Gomes et al., verificou que no movimento com *attachments* existiu controlo de inclinação, o que não aconteceu no mesmo movimento sem a utilização de *attachments* (Gomez et al., 2015); já Elkholy et al., demonstraram que os movimentos que necessitam de par de forças só podem ser realizados com a utilização destes acessórios (Elkholy et al., 2016).

2.2. Características dos alinhadores

Não só dos *attachments* depende a qualidade do tratamento com alinhadores dentários, uma vez que existem outras características, estas referentes aos próprios alinhadores, que influenciam o sucesso do tratamento: Tipo de recorte do alinhador; composição do material; espessura do material e método de fabricação/termoformação (Hennessy & Al-Awadhi, 2016).

2.2.1. Tipo de recorte dos alinhadores

Cowley realizou um estudo no ano de 2012, na Universidade de Nevada, onde observou 3 tipos diferentes de recorte da margem do alinhador com e sem *attachments*:

1. Recorte seguindo a margem gengival;
2. Recorte reto no zênite gengival;
3. Recorte reto 2 mm acima do zênite gengival.

Verificou-se que, se durante o tratamento ortodôntico com alinhadores plásticos ocorrer deflexão na região dos pontos de contacto, esta irá causar desocclusão na região dos pré-molares, motivo pelo qual se pôde concluir que a existência de flexibilidade nas margens gengivais reduz a quantidade de força que pode ser exercida sobre o dente na linha da gengiva, impedido a realização de alguns movimentos. Assim sendo, o recorte reto 2 mm acima do zênite é o mais vantajoso, pois reduz a flexibilidade do alinhador, melhorando a retenção e, conseqüentemente, a capacidade para realizar movimentos mais complexos, fornecendo ao alinhador a flexibilidade suficiente, e, ao mesmo tempo a força necessária para a realização de todos os movimentos (Cowley & Mah, 2012).

2.2.2. Composição dos materiais dos alinhadores

O polietileno tereftalato-gicol modificado (PET-G) é, atualmente, o mais utilizado pelos fabricantes de alinhadores plásticos (Ryu et al., 2018). É um material com alguma dureza, boas propriedades mecânicas, formabilidade, resistência à fadiga e estabilidade dimensional. No entanto, existem outras matérias que também são utilizados, entre eles o polipropileno (PP), copoliéster, policarbonato (PC), que também é muito utilizado em *brackets* estéticos devido às suas características óticas, físicas e químicas e o poliuretano (PU), que apresenta várias características favoráveis como a sua flexibilidade, elasticidade, resistência química e facilidade de processamento (Liu et al., 2016).

Com o desenvolvimento da tecnologia CAD/CAM passou a ser possível utilizar materiais de composição termoplástica no fabrico de alinhadores ortodônticos, sendo os principais componentes os poliéster, poliuretano e polipropileno. Estes materiais são bastante utilizados em contenções ortodônticas, goteiras noturnas e de branqueamento e em *splints* para DTM, uma vez que apresentam excelentes propriedades físicas, químicas e mecânicas, como por exemplo baixa rigidez, boa flexibilidade, biocompatibilidade e estabilidade dimensional (Condo' et al., 2018).

Ao longo dos anos a composição dos alinhadores evoluiu, permitindo tratamentos e resultados mais eficientes. No caso dos primeiros alinhadores lançados no mercado pela *Invisalign*[®], a sua composição era feita de uma mistura de polímeros incompatíveis com as necessidades e exigências clínicas e físico-químicas para os movimentos dentários. Facto este responsável pela limitação de tratamento apenas de apinhamentos e espaçamentos leves a moderados (1-6 mm), arcos atrésicos sem comprometimento esquelético e recidivas após tratamento ortodôntico com aparelho fixo convencional (Djeu et al., 2005).

Como já referido, os alinhadores sofreram uma evolução constante desde então e, no ano de 2013, os alinhadores *Invisalign*[®] passaram a ser constituídos por um material com uma melhor curva tensão-deformação, melhor elasticidade e com 4 vezes mais adaptação ao dente, promovendo maior consistência na aplicação de forças ortodônticas, maior estabilidade química e elasticidade e um ajuste de alinhamento mais preciso e comodo para o paciente (Bräscher et al., 2016). Apesar da contínua evolução e do surgimento de novos materiais na composição dos alinhadores, existiu um material comum a todas as gerações: o poliuretano, responsável por uma melhor adaptabilidade ao arco dental, melhor translucidez, flexibilidade, consistência na aplicação de forças ortodônticas, melhor ajuste e estabilidade química (Condo' et al., 2018).

O grande objetivo alcançado pela *Invisalign*[®] com o *SmartTrack*[®] (o novo material de composição protegido por uma patente e que apresenta como seu componente principal o poliuretano termoplástico, que apesar de apresentar uma menor estabilidade de cor, ajuda a melhorar a elasticidade e mantém a forma constante ao longo do tempo, permitindo uma melhor resposta biológica ao movimento dentário, sendo também mais macio e elástico do que o material anteriormente utilizado), foi aliar um maior controlo

dos movimentos a um maior conforto para os pacientes, que relataram uma diminuição da pressão sobre a inserção do alinhador e uma igual diminuição na intensidade e duração da dor (Morton et al., 2017).

2.2.3. Espessura do material

No estudo de Elkholy et al., observou-se que as espessuras de PET-G (que podem variar entre 0,3-1 mm) de 0,3 mm e 0,4 mm apresentam uma redução das forças em 35% e a espessura correspondente a 0,5mm uma redução em 71%. Sabendo que a redução das forças pode contribuir para a diminuição da subcarga do periodonto, mas que os alinhadores só são viáveis com uma espessura a partir de 0,4 mm, visto que abaixo desse valor, o seu alto índice de deformação inviabiliza o uso clínico e ainda que, ao terem sido comparadas as espessuras entre 0,625 mm e 0,75 mm não foram encontradas diferenças significativas no grau de rigidez (Elkholy et al., 2016), é recomendado a utilização de uma sequência de 0,4; 0,5 e 0,75 mm de espessura de folha do plástico, garantindo uma força inicialmente baixa com um posterior aumento progressivo da mesma, que é diretamente relacionada com a espessura (Elkholy et al., 2017).

2.2.4. Método de fabrico/termoformação dos alinhadores

Existem dois métodos de termoformar os alinhadores: vácuo ou a pressão. Os alinhadores termoformados a pressão fornecem forças mais elevadas dos que termoformados a vácuo (Hahn et al., 2009). O método de termoformação dos alinhadores encontra-se diretamente relacionado com o comportamento biomecânico dos mesmos. Alinhadores termoformados a pressão têm momentos de força mais elevados em movimentos de inclinação e rotação quando comparados com os termoformados a vácuo (Brockmeyer et al., 2017).

2.3. Passos do tratamento com alinhadores

Para que sejam alcançados resultados de sucesso com estes tipos de aparelhos, é fundamental a execução de um bom diagnóstico. Para tal, é essencial uma análise completa da história clínica e anamnese e a realização de exames radiográficos como a ortopantomografia e telerradiografia de perfil (Chan & Darendeliler, 2017; Srivastava et

al., 2017; Thukral & Gupta, 2015). Também a elaboração de fotografias intra e extra-orais frontais e de perfil, tal como a sua qualidade, são importantes para um bom planeamento do tratamento (Chan & Darendeliler, 2017; Patel et al., 2014).

Posteriormente, após serem feitos os procedimentos clínicos que possam ser necessários, como por exemplo restaurações, irão ser realizadas as impressões à cavidade oral do paciente. Essas impressões devem ser feitas com polissiloxano de vinil, que é um silicone de adição (Chan & Darendeliler, 2017; Patel et al., 2014; Phan & Ling, 2007; Srivastava et al., 2017; Thukral & Gupta, 2015). No entanto, em alternativa à técnica convencional de elaboração das impressões, foi criado um *scanner* intra-oral (*iTero*[®], no caso da *Invisalign*[®]) que, para além de permitir substituir as impressões manuais por um *scaneamento* digital e preciso de ambas as arcadas, evita as distorções provocadas pelo silicone tornando as impressões mais credíveis e confiáveis (Chan & Darendeliler, 2017; Srivastava et al., 2017; Thukral & Gupta, 2015). Quando as impressões são realizadas através dos métodos convencionais, as moldeiras necessárias são fornecidas pela empresa da marca dos alinhadores utilizados, juntamente com a caixa onde as mesmas (impressões superior e inferior) serão colocadas. Simultaneamente com as impressões, é colocado na caixa o registo de mordida do paciente, que é também realizado nesta fase do tratamento (Chan & Darendeliler, 2017; Patel et al., 2014; Phan & Ling, 2007).

Todos os procedimentos realizados até então: registos, impressões/*scan* de ambas as arcadas, as fotografias e também a prescrição médica são enviados para a empresa da marca dos alinhadores escolhidos. A prescrição médica é introduzida no sistema informático pertencente à marca que, por sua vez, elabora uma sequência virtual dos movimentos necessários para que a má oclusão do paciente seja corrigida. Esta sequência virtual é revista e ajustada, as vezes que forem necessárias, pelo médico dentista responsável pelo caso, de maneira que o resultado desejado seja alcançado. Quando concluídos os ajustes, o ortodontista aprova o planeamento final e dá a ordem para o fabrico dos alinhadores. O número de alinhadores necessários irá depender da complexidade do caso e da distância entre a posição inicial das peças dentárias e a respetiva posição final, isto é, a posição pretendida. Como tal, o número de alinhadores pode variar em média entre 10 a 40 (Chan & Darendeliler, 2017; Srivastava et al., 2017; Thukral & Gupta, 2015).

Os alinhadores são produzidos por uma técnica *CAD-CAM* e formados por plástico biocompatível e autorizado para uso na cavidade oral. Os modelos 3D de cada uma das etapas do alinhamento dentário são contruídos por um processo a laser, sendo utilizados para a termoformação dos alinhadores (Srivastava et al., 2017). Posteriormente à sua termoformação, estas placas são recortadas, acabadas e polidas por meio informático. Após o início do fabrico dos alinhadores, depois do “ok” dado pelo ortodontista, os mesmo levam certa de 1 semana a serem produzidos na totalidade e a serem entregues no consultório do médico (Patel et al., 2014). Ao serem recebidos pelo clínico, os alinhadores vêm acompanhados pelas respetivas datas de uso e instruções, como por exemplo a realização de Reduções Interproximais (IPR) ou colocação de *attachments*, de acordo com cada alinhador (Chan & Darendeliler, 2017; Patel et al., 2014; Srivastava et al., 2017; Thukral & Gupta, 2015). Aquando da entrega ao paciente, são fornecidas ao mesmo todas as informações indispensáveis para o sucesso do tratamento, como a duração de utilização dos alinhadores durante o dia e a altura em que o alinhador em uso deve ser trocado pelo seguinte (Patel et al., 2014). Os mesmos devem ser utilizados durante o maior número de horas possíveis, em média 20 a 22 horas por dia. Só devem ser retirados para comer, beber e para a realização da higiene oral. Segundo alguns autores, a substituição do alinhador a uso deve ser feita a cada 2 a 3 semanas (Chan & Darendeliler, 2017; Srivastava et al., 2017; Thukral & Gupta, 2015). No entanto, existem outros que afirmam que, apesar da troca de alinhador a cada 2 semanas proporcionar movimentos dentários eficientes e benéficos, são recomendadas substituições semanais dos mesmos (Bowman, 2017).

Apesar das indicações mencionadas acima, devem ser feitas consultas de rotina, normalmente de 6 a 8 semanas, para que o clínico possa acompanhar o caso e verificar a evolução do mesmo (Chan & Darendeliler, 2017; Srivastava et al., 2017; Thukral & Gupta, 2015).

2.4. Princípios da técnica de tratamento com alinhadores dentários

São vários os princípios importantes a saber relativamente ao tratamento com alinhadores dentários (Srivastava et al., 2017):

1. Os alinhadores não efetuam o movimento de puxar os dentes, penas de empurrar.
– Para que ocorra o movimento desejado é necessária uma superfície que empurre

os dentes, para tal, é essencial a existência de uma superfície de pressão adaptada a cada dente que desempenhe essa função.

2. São elaborados vários movimentos em simultâneo. – É esta uma das vantagens apontadas pelo autor, a ocorrência de vários movimentos ao mesmo tempo e de forma eficiente, como a alteração de torque, a rotação e o alinhamento dos dentes.
3. Os movimentos de ancoragem são desejados para realizar movimentos eficientes. – Tal como acontece nos aparelhos fixos, os movimentos de ancoragem são também muito utilizados pelos alinhadores dentários.
4. Para que os dentes possam movimentar é indispensável a existência de espaço na arcada.
5. De maneira que a sua utilização seja mais intuitiva, cada alinhador possui a marca de um L (*lower/ inferior*) ou um U (*upper/ superior*).
6. Para facilitar a colocação dos alinhadores, os mesmos devem ser colocados primeiramente a nível dos incisivos e só depois encaixados posteriormente até ficarem totalmente ajustados.
7. Os alinhadores não devem ser mordidos, pois este acontecimento pode provocar danos impossíveis de serem reparados e fazer com que os mesmos percam a capacidade de realizar a sua função.
8. As forças iniciais a que os alinhadores estão capacitados correspondem a 200 g. Estas vão diminuindo gradualmente até chegarem às 40 g em 48 horas.
9. Por fim, segundo o autor, não é aconselhável saltar a sequência de alinhadores, sendo importante a utilização correta de cada um.

2.5. Indicações

Os tratamentos ortodônticos elaborados através de sistemas de alinhadores dentários apresentam as suas principais indicações para casos de (Simon et al., 2014; Srivastava et al., 2017):

- Resolução de recidivas após utilização de aparelho fixo convencional;
- Encerramentos de diastemas leves e resolução de apinhamentos dentários leves a moderados, ambos inferiores a 5mm;
- Exodontia do incisivo inferior em casos de apinhamento severo;
- Intrusão dentária de 1 ou 2 dentes;
- Movimento distal dos molares;
- Arcos constrictos de origem não esquelética;
- Expansão de arcadas dentárias sem efetuar demasiado *tipping* e correção de uma mordida cruzada posterior dentoalveolar de maneira a melhorar a estética do sorriso ou para gerar espaço para a correção de apinhamentos;
- Problemas de dimensão vertical, como é o caso de mordidas profundas (Classe II divisão 2) de grau leve a moderado.

A última indicação é possível devido à constante evolução do sistema ao longo dos últimos anos (Srivastava et al., 2017).

2.6. Limitações

As limitações referentes a este tipo de tratamento ortodôntico são (Cardoso et al., 2019):

- Diastemas e apinhamentos superiores a 5mm;
- Encerramento de espaços após extração de pré-molares;
- Arcadas que apresentem múltiplas perdas dentárias;
- Rotação, extrusão e distalização dos molares, uma vez que são dentes com maior calibre;
- Coroas clínicas curtas;
- Pacientes com doença periodontal;

- Necessidade de colaboração do paciente;
- Discrepâncias esqueléticas ântero-posteriores superiores a 2 mm;
- Dentes que possuam giroversões superiores a 20°;
- Discrepância entre a oclusão cêntrica e a relação cêntrica;
- Discrepâncias ântero-posteriores e *overjet* superior a 2 mm;
- Dentes com inclinação dentária superior a 45°;
- Pacientes com extrusões dentárias;
- Controlo do torque;
- Sobremordida acentuada;
- Necessidade de erupção completa;
- Colapso transversal;
- Os tecidos moles e duros da cavidade oral não são incorporados no sistema informático, tal como as suas relações;
- A posição e inclinação das raízes pode não ser a correta no programa, uma vez que é só revelada a posição da coroa dos dentes;
- Caso a evolução do paciente seja bastante rápida, os alinhadores podem não encaixar na perfeição, facto que também pode ser considerado como uma limitação.

2.7. Vantagens

São várias as importantes vantagens apresentadas para a saúde dos pacientes, sendo o conforto e a estética as duas vantagens mais evidentes. Para além das duas vantagens supracitadas existem outras que são tão, ou mais importantes, como por exemplo, a possibilidade de retirar o alinhador durante as refeições e o facto de permitir uma melhor eliminação da placa bacteriana, na medida em que todos os instrumentos possíveis de serem utilizados no ato da higiene oral, como escovas, escovilhões ou fio dentário, conseguem chegar a todas as superfícies das peças dentárias e espaços interproximais sem que haja a interposição de arcos ou *brackets*, como acontece nos aparelhos ortodônticos fixos. Por esta razão, os pacientes utilizadores de tratamentos de ortodontia plástica apresentam menor probabilidade de risco de cárie, gengivites e doenças periodontais, comparativamente aos que possuem aparelhos fixos. Para além disto, estes pacientes

também têm a vantagem de não possuírem quaisquer restrições alimentares (Cardoso et al., 2019).

No caso de atletas de alta competição, este tipo de aparelhos é muito procurado, uma vez que, aquando do ato desportivo, para além da função principal referente ao alinhador, o mesmo serve de proteção, evitando muitas vezes traumas possíveis de ocorrer, também. A baixa ou inexistente prevalência de reabsorção radicular no final do tratamento é também um benefício do sistema (Krieger et al., 2013).

Outra vantagem é o facto da possível realização de branqueamento dentário durante o tratamento ortodôntico com estes aparelhos, uma vez que o mesmo não possui *brackets*. Desta forma, este procedimento dispensa a realização das convencionais moldeiras de branqueamento (Urzal, 2017).

Ao contrário do que acontece com os aparelhos fixos tradicionais, com os alinhadores invisíveis existe uma baixa possibilidade de ocorrerem movimentos indesejados durante o tratamento ortodôntico, uma vez que todos os movimentos são programados nos “*set-ups*” dos sistemas (Cardoso et al., 2019).

Estes sistemas permitem a redução do tempo de cadeira por consulta, uma vez que, devido ao planeamento do tratamento, os alinhadores já se encontram prontos antes de se iniciar cada consulta. É também importante referir que o último alinhador pode servir como aparelho e contenção, evitando a realização de um alinhador apenas para esta função (Urzal, 2017).

Apesar de todas as vantagens acima referidas apresentarem elevada importância, para o paciente, a mais relevante de todas diz respeito à dor. Neste aspeto, existem vários estudos que indicam que o tratamento ortodôntico com recurso aos alinhadores invisíveis é muito menos doloroso do que o que utiliza aparelhos ortodônticos fixos (Cardoso et al., 2019; Gao et al., 2021).

2.8. Desvantagens

Uma das desvantagens do sistema recai sobre o facto do sucesso do tratamento estar dependente da motivação do paciente. A característica removível dos alinhadores, apesar de ser uma vantagem para a realização da higiene oral, pode também apresentar-se como desvantagem em pacientes pouco motivados, que não aderem completamente ao tratamento, não colocando os alinhadores durante o tempo suficiente, influenciando assim o sucesso do mesmo. A mesma característica também pode ser considerada como não vantajosa, uma vez que pode levar à perda dos mesmos por parte dos pacientes (Srivastava et al., 2017).

As condições intraorais durante o consumo de bebidas quentes podem expor os alinhadores a choques térmicos transitórios indesejáveis, uma vez que os materiais plásticos e auxiliares, como os adesivos, *brackets* de policarbonato e alinhadores, são potenciais libertadores de Bisfenol A, especialmente em meios alcalinos e de altas temperaturas (Sharma et al., 2021).

Os materiais termoplásticos transparentes de que são feitos os alinhadores são suscetíveis a manchas que levam à alteração da estética dos mesmos (Sharma et al., 2021).

Existem fatores externos que podem influenciar o tempo e os resultados do tratamento com alinhadores dentários, como é o caso da ocorrência de um aumento excessivo do osso e o não comparecimento do paciente nas consultas (Kumar et al., 2018). Para além disso, este tipo de dispositivos potenciam um aumento de fluxo salivar e maior disfagia, efeito não desejado verificado em pacientes a efetuar tratamento com sistemas de alinhadores dentários (Cardoso et al., 2019).

Por fim, o elevado custo associado a este tipo de tratamento é também uma das principais desvantagens do mesmo (Srivastava et al., 2017).

3. Avaliação da cor

A cor é uma sensação e não algo físico (Joiner & Luo, 2017), uma vez que se define como a aparência subjetiva da luz visível que é detetada pelo olho humano. É um

fenômeno da luz e uma percepção visual que permite a distinção de objetos. O objeto, a fonte de luz e o observador são os três elementos variáveis que fazem parte dos pré-requisitos primários para a percepção da cor. A percepção da mesma varia sempre que um destes elementos se altera (Agrawal & Kapoor, 2013).

À emissão de energia em qualquer comprimento de onda dá-se o nome de fonte de luz. Quando a luz incide no objeto, este pode refleti-la, transmiti-la ou absorvê-la, dependendo das suas propriedades físicas. A cor depende da reflexão espectral, isto é, da quantidade de luz refletida em diferentes comprimentos de onda. Quando a luz chega aos olhos é absorvida pelos fotorreceptores da retina, que a convertem num sinal capaz de ser interpretado pelo cérebro. A retina possui três tipos de terminações nervosas: os bastonetes, que têm como função captar o branco e o preto e os cones, que são encarregues de toda a visão colorida (Joiner & Luo, 2017).

O espectro de luz visível encontra-se entre os 400 e os 700 nm, correspondendo à luz que o olho humano é capaz de captar, o que varia de pessoa para pessoa. A cor violeta corresponde ao comprimento de onda de 400 nm, enquanto que, a cor vermelha corresponde ao comprimento de onda mais longo, por volta dos 700 nm (Figura 3) (Shammas & Alla, 2011).

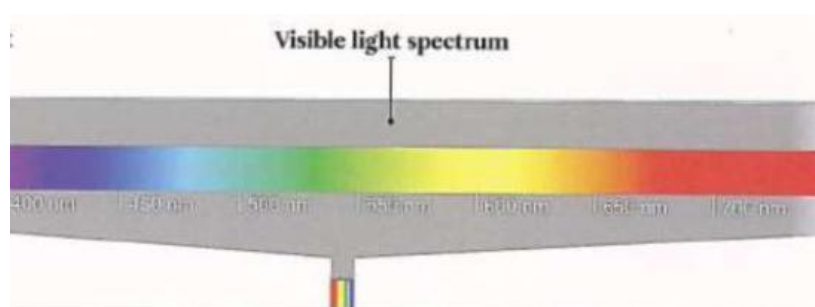


Figura 3 - Imagem representativa do espectro visível (Adaptada de Shammas et al., 2011).

As restantes ondas do espectro definem-se como espectro invisível, uma vez que não são visíveis pelo olho humano. Do espectro invisível fazem parte as ondas de rádio, micro-ondas, infravermelhos (IF) e ultravioletas (UV), raios X e raios gama. Assim, o espectro eletromagnético (Figura 4) é composto pelo espectro invisível e visível (Shammas & Alla, 2011).

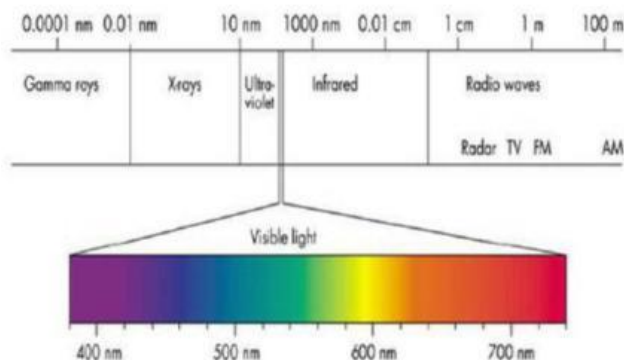


Figura 4 - Imagem representativa do espectro eletromagnético, invisível e visível (Adaptado de Shamma et al., 2011).

A conformidade de cores é uma das etapas mais importantes para o êxito dos tratamentos estéticos, sendo, também por esta razão, uma das tarefas mais desafiantes para os médicos dentistas (Fondriest, 2004; Reyes et al., 2019).

A seleção e avaliação de qualquer cor pode ser feita a partir de dois métodos diferentes: por uma apreciação visual ou através de uma análise instrumental (Agrawal & Kapoor, 2013; Hilton et al., 2013). Ambos os métodos anteriormente mencionados utilizam escalas de cor já pré-fabricadas e padronizadas como referência. No entanto, os resultados adquiridos dependem não só dessa escala de cor, mas também da marca e do material utilizado para a obtenção da mesma (Reyes et al., 2019). Assim sendo, a cor é percebida e analisada pelo recetor, seja este humano (método visual) ou instrumento de medida (método instrumental), em função da exposição solar a que o objeto analisado está a ser exposto. Ambos os procedimentos de avaliação da cor apresentam vantagens e desvantagens, pelo que devem ser analisados simultaneamente (Chu et al., 2010).

3.1. Método de avaliação visual da cor

O método de avaliação visual da cor é um processo subjetivo, simples (Brook et al., 2007), rápido e barato, sendo por estas razões muito utilizado clinicamente (Joiner, 2004), sendo também um processo viável, uma vez que o olho humano possui capacidade de perceber pequenas diferenças de cor entre dois objetos (Chu et al., 2010; Igiel et al., 2016).

Este método realiza-se através da comparação da cor da peça dentária com uma escala de cores *standard* (Haddad et al., 2009; Joiner, 2004). São várias as escalas existentes e disponíveis para o efeito e correspondem a um conjunto de amostras que reflete a média das cores dentárias existentes na população humana. No entanto, apresenta inúmeras limitações e pode ser influenciado por variados fatores (Lagouvardos et al., 2009; Sikri, 2010) como a luz ambiente, translucidez do objeto a ser avaliado (Lehmann et al., 2010) e, até mesmo pelo género, idade, fadiga e experiência do operador. O tipo de exposição prévia dos olhos à luz também é um fator influenciador (Sikri, 2010).

3.2. Métodos de avaliação instrumentais da cor

Para pôr fim à subjetividade inerente à perceção individual da cor, no final da década de 90 foram introduzidos no mercado sistemas de identificação através de instrumentos. Estes instrumentos apresentam como vantagem o facto de serem mais rápidos e coerentes na análise da cor e o facto de os resultados poderem ser quantificados (Parameswaran et al., 2016; Paravina et al., 2019). Apesar disso, a avaliação instrumental também apresenta limitações, como o facto de variar segundo o método de medição utilizado, a configuração e o tipo do aparelho e as condições do ambiente/fundo presentes na altura das medições. O método de identificação da cor por meio de instrumentos pode ser realizado com recurso a espectrofotómetros, colorímetros e também por via de um programa informático de imagem digital (Joiner & Luo, 2017; Parameswaran et al., 2016). Na tabela 2 são apresentados alguns desses instrumentos disponíveis.

Tabela 2 - Tabela com os equipamentos de identificação de cor disponíveis comercialmente (Adaptado de Vichi, et al., 2011).

Equipamentos de medição de cor		
Dispositivo	Marca	Tipo
Easyshade	VITA	Espectrofotómetro
Easyshade Compact	VITA	Espectrofotómetro
Shade X	X-Rite	Espectrofotómetro
ShadeStar	Dentsply	Espectrofotómetro
DVS 11	DV	Espectrofotómetro
Spectroshade Micro	MHT	Espectrofotómetro/ Fornece imagens

Crystal eye	Olympus	Espectrofotómetro/ Fornece imagens
Shade Eye	Shofu	Colorímetro
Shade Scan	Cynovad	Colorímetro
Shade Vision	X-Rite	Colorímetro/ Fornece Imagens
Clear Match	Clarity Dental	Software (Necessita de câmara digital)
Color Scanner 2006	Nuova Franco Suisse	Software (Necessita de câmara digital)

3.2.1 Colorímetros

Os colorímetros são os instrumentos mais simples. Medem a cor através de um filtro, que, ao mesmo tempo que simula o olho humano, filtra a luz que é refletida nas áreas RGB (áreas vermelhas, verdes e azuis) do espectro visível (Joiner & Luo, 2017; Kim-Pusateri et al., 2009; Ramanna, 2018; Vichi et al., 2011).

O estudo de cor utilizando colorímetros apresenta muitos pontos fortes, como a sua sensibilidade na perceção capaz de medir mínimas diferenças de cor em amostras de cor muito semelhantes, sendo também um instrumento de fácil utilização e de menor custo em comparação com o espectrofotómetro (Joiner & Luo, 2017; Kim-Pusateri et al., 2009). No entanto, quando se fala de medição da cor em dentes, estes instrumentos apresentam algumas desvantagens em comparação com os espectrofotómetros, pois os colorímetros são padronizados para fazer análises de superfícies planas, o que não acontece nos dentes, já que estes são naturalmente curvos e podem apresentar anomalias de superfície (Joiner & Luo, 2017). Outra desvantagem tem a ver com o facto dos dentes apresentarem alguma translucidez, o que pode originar perda de luz na extremidade do dente em estudo, obtendo valores de cor incorretos, uma vez que estes instrumentos não registam a translucidez, tornando-se, neste aspeto, menos precisos que os espectrofotómetros. Também o desgaste dos filtros afeta a precisão dos colorímetros aquando da medição (Joiner & Luo, 2017; Ramanna, 2018).

3.2.2. Espectrofotômetros

O espectrofotômetro é um instrumento de análise utilizado para a medição quantitativa das propriedades de transmissão ou reflexo de um objeto. Medições estas limitadas para cores com comprimentos de onda correspondentes ao espectro visível (dos 400 aos 700 nm) (Kim-Pusateri et al., 2009; Vichi et al., 2011). A medição da cor através do espectrofotômetro tem-se mostrado mais precisa do que a feita com recurso a escalas comerciais. Deste modo, os melhores resultados obtidos pelos espectrofotômetros na detecção da cor têm sido referidos em vários estudos (Joiner & Luo, 2017; Liberato et al., 2019), sendo estes instrumentos considerados o *gold standard* (Reyes et al., 2019). Por estes motivos os espectrofotômetros são muito utilizados em medicina dentária (Chu, 2003; Jivanescu et al., 2010; Paul et al., 2002). Estes aparelhos demonstraram um aumento de 33% na precisão de medição em comparação com as técnicas convencionais de observação do olho humano e uma correspondência mais objetiva em 93,3% dos casos (Knezović Zlatarić et al., 2016). Contudo, também apresentam desvantagens, tal como o custo associado, o desconforto para o paciente e, devido à translucidez e curvatura do dente, está presente também a dificuldade na avaliação da cor *in vivo* (Brook et al., 2007; Joiner, 2004; Khurana et al., 2007). Em adição, o uso do espectrofotômetro contribui para o aumento da infecção cruzada, uma vez que no ato da medição existe contacto com a superfície da peça dentária (Brook et al., 2007).

No que diz respeito a medições intraorais existem cuidados a ter. O paciente deve escovar a face vestibular dos dentes a medir durante um minuto e depois lavar com água, evitando erros derivados da descoloração extrínseca. É também importante o dente estar hidratado antes da medição, evitando assim alterações na opacidade que ocorrem devido à perda intrínseca de humidade. (Moodley et al., 2015)(Moodley et al., 2015).

Existem também outros fatores a ter em conta, como a luz ambiente, o fundo presente atrás do objeto a medir e o embaciamento da lente ótica da câmara, visto que, de acordo com alguns estudos, todos estes fatores podem influenciar o grau de repetibilidade da correspondência de cor e resultados imprecisos (Joiner & Luo, 2017). A calibração periódica do espectrofotômetro é absolutamente necessária para que haja veracidade nas suas medições. São duas as etapas da calibração: primeiro posiciona-se o espectrofotômetro contra o azulejo branco e depois contra o azulejo verde. Após a imagem

do objeto a medir ser capturada, a mesma aparece no ecrã tátil podendo ser armazenada num cartão de memória e transferida para o computador (Chu et al., 2010; Johnston, 2009; Kim-Pusateri et al., 2009).

Os espectrofotómetros disponíveis comercialmente encontram-se divididos em dois grupos: os que não fornecem imagens e que medem áreas específicas dos dentes (área cervical, média ou oclusal), como é o caso do *VITA Easyshade Compact* e os espectrofotómetros que fornecem imagem e informação de cor da totalidade do dente, como por exemplo o *Spectroshade Micro* e o *Crystaleye* (Dias et al., 2017; Moodley et al., 2015).

3.2.2.1. SpectroShade™ Micro

O *Spectroshade Micro™* (MHT Optic Research, Niederhasli, Switzerland) é um aparelho mais elaborado tanto a nível de *hardware* como a nível do *desing*. Alia a análise espectrofotométrica com a imagem digital, proporcionando uma maior flexibilidade na análise da cor (Vichi et al., 2011). Este espectrofotómetro apresenta um sistema de iluminação que faz emissões de luz com um espectro equivalente à luz do dia (Llena et al., 2011). Possui também um sistema de cor com mais pormenor, como o sistema CIE $L^*a^*b^*$, um sistema tridimensional que determina a cor exata dos objetos e um sistema de camara digital com tecnologia espectrofotométrica de LED. A sua fiabilidade encontra-se entre 96,9 % e 96,4% *in vitro*, sendo que a sua precisão está entre os 80,2% e os 92,6% (Dozic et al., 2010; Joiner & Luo, 2017; Taneja et al., 2018).

Os resultados das medições realizadas são expressos em sistemas de coordenadas *Commission Internationale de l'Eclairage* (CIE) $L^*a^*b^*$ e CIE $L^*a^*b^*$ e, em simultâneo, numa escala de cores *standard* (Chu, 2003). A coordenada L^* avalia o objeto a ser medido (Brook et al., 2007; Joiner, 2004; Kim-Pusateri et al., 2009; Lagouvardos et al., 2009; Mokrzycki Cardinal Stefan & Tatol, n.d.; Sikri, 2010), classificando com o valor 0 um preto perfeito e com o valor 100 um branco perfeito. As coordenadas a^* e b^* retratam a cromaticidade da cor. A coordenada a^* corresponde ao eixo vermelho-verde (Brook et al., 2007; Joiner & Luo, 2017; Kim-Pusateri et al., 2009; Sikri, 2010), onde na presença da cor verde, o valor de a^* é negativo, sendo o seu valor positivo perante a cor vermelha. Por fim, a coordenada b^* representa a cromaticidade no azul-amarelo. O valor de b^* é

negativo na presença da cor azul e positivo se a cor for amarela (Lagouvardos et al., 2009; Taneja et al., 2018). As coordenadas a^* e b^* , na presença de cores neutras apresentam valores perto de zero, como por exemplo em cores como o branco e o cinzento, já quando estão perante cores mais saturadas, os seus valores aumentam (Joiner, 2004; Mokrzycki & Tatol, 2011; Ragain, 2016^a).

Delta E (ΔE^*) indica a diferença de cor entre dois objetos, podendo ser usado para determinar a alteração completa da cor de um objeto, através da fórmula: $\Delta E^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2}$, utilizando os resultados obtidos pelo espectrofotómetro (Taneja et al., 2018). ΔL^* , Δa^* e Δb^* expõem a diferença das coordenadas L^* , a^* e b^* entre as duas amostras, respetivamente (Schmitt et al., 2011; Taneja et al., 2018; Pecho et al., 2016). ΔE^* é caracterizado através do limite de aceitabilidade, que corresponde ao valor a partir do qual a alteração da cor é inaceitável nos materiais estéticos dentários (Khashayar et al., 2014). Quando:

- $\Delta E^* < 1$ a alteração da cor é impercetível;
- $1 \leq \Delta E^* \leq 3,7$ a alteração da cor é clinicamente aceitável;
- $\Delta E^* > 3,7$ existe uma alteração da cor percetível (Taneja et al., 2018).

Após a realização da medição das cores, todos os dados e imagens espectrais são transmitidos para o seu computador interno e armazenados na memória. O sistema informático do *Spectroshade MicroTM* também é capaz de efetuar o mapeamento de cores e o envio de dados por mail ao laboratório (Chu et al., 2010; Hilton et al., 2013).

3.3. Fotografia digital

A utilização deste instrumento de avaliação da cor é dependente do olho humano e, conseqüentemente, possui um certo grau de subjetividade (Chu et al., 2010). Este processo também depende de parâmetros como a iluminação, o meio envolvente e o tipo de dispositivo utilizado (Hong et al., 2001).

Este método apresenta como vantagem a facilidade de utilização, ausência de contacto entre o dispositivo e a superfície das peças dentárias, possibilidade de observação da peça dentária na sua totalidade, permanência das imagens capturadas numa base de dados que

permite a reavaliação das mesmas quando necessário e a qualquer momento (Joiner & Luo, 2017) e o seu baixo custo (Jarad et al., 2005; Wee et al., 2006).

II. Objetivos do Estudo

Este estudo trata-se de um estudo piloto que visa tentar encontrar um método para comparar a capacidade de ajuste entre as duas técnicas de termoformação dos alinhadores: pressão e vácuo, tentando desta forma ajudar a combater a lacuna existente na literatura. Assim sendo, o seu principal objetivo é verificar a viabilidade da técnica testada para o efeito.

III. Hipótese do Estudo

Questão 1: O recurso à resina *Tensol 70* é viável para avaliar o ajuste dos alinhadores às arcadas dentárias?

Hipótese nula: O recurso à resina *Tensol 70* não é viável para avaliar o ajuste dos alinhadores às arcadas dentárias.

Hipótese alternativa: O recurso à resina *Tensol 70* é viável para avaliar o ajuste dos alinhadores às arcadas dentárias.

Questão 2: Existe diferença no ajuste dos alinhadores quando comparadas as duas técnicas de termoformação?

Hipótese nula: Não existe diferença no ajuste dos alinhadores às arcadas dentárias quando comparadas as duas técnicas de termoformação.

Hipótese alternativa: Existe diferença no ajuste dos alinhadores às arcadas dentárias quando comparadas as duas técnicas de termoformação.

IV. Materiais e Métodos


Este trabalho realizado é um estudo piloto de desenho experimental e metodologia quantitativa.


O mesmo decorreu nos laboratórios de Biomateriais (Anexo 1) e de Microbiologia, ambos do Instituto Universitário Egas Moniz (IUEM).






1. Materiais

Foram diversos os materiais utilizados do decorrer da prática laboratorial. Os mesmo irão ser resumidamente apresentados na tabela 3, onde estão indicados o nome e a finalidade correspondente.






Tabela 3 - Tabela com os diferentes materiais utilizados em laboratório.

Imagem	Material
	<p>5 cópias impressas de um mesmo modelo de arcada superior.</p> <p>Elaboradas por uma impressora 3D: <i>Silprint 125 Ultra</i>, e constituídas pela resina <i>Silaprint ModellIII</i>, ambas da fabricadas pela <i>Siladent</i>[®].</p>

	<p>2 plásticos <i>Essix ACE</i>[®].</p> <p>Para realizar a termoformação dos 2 alinhadores a vácuo.</p>
	<p>3 plásticos <i>Essix ACE</i>[®].</p> <p>Para realizar a termoformação dos 3 alinhadores a pressão.</p>
	<p>Máquina <i>DENTAFLUX-The machine thermoforming machine</i>.</p> <p>Utilizada para a termoformação a vácuo.</p>
	<p>Máquina <i>SCHEU-Ministar</i>.</p> <p>Utilizada para a termoformação a pressão.</p>

	<p>Lamparina.</p>
	<p>Fósforos.</p>
	<p>Faca de cera.</p>
	<p>Tesoura pontas curvas e bico redondo.</p>
	<p>Contra-ângulo.</p>

	<p>Discos de polimento.</p>
	<p>Resina <i>Tensol 70</i>.</p> <p>Resina constituída por duas partes: Parte A (melilmetacrilato) (à esquerda) e parte B (catalisador) (à direita).</p>
	<p>Corante <i>BIODUR[®] AC 50</i>.</p>
	<p>Seringa de 5 ml.</p>

	<p>Pipeta de 1000 μl.</p>
	<p>Copo de ensaio de 50 ml.</p>
	<p>Colher.</p>
	<p>Máquina de corte: <i>Hard tissue microtome – Accutom-50.</i> Utilizada para realizar os cortes nos alinhadores.</p>
	<p>Régua milimétrica.</p>

1.1. Plástico *Essix ACE*[®]

Para termoformar os alinhadores foram utilizados 2 plásticos *Essix ACE*[®] para termoformação a vácuo (Figura 5), e 3 para termoformação a pressão (Figura 6).



Figura 5 - 2 plásticos *Essix ACE*[®], para termoformação de alinhadores a vácuo.



Figura 6 - 3 plásticos *Essix ACE*[®], para termoformação de alinhadores a pressão.

Segundo o fabricante, o plástico *Essix ACE*[®] é indicado para a produção de aparelhos dentários e ortodônticos tais como alinhadores, planos de mordida, goteiras diurnas e noturnas, dispositivos anti-ressono, placas, aparelhos móveis, reposicionadores e pontes temporárias.

Existem precauções a ter em conta:

- Não é possível a reutilização da folha de plástico, isto é, após ser termoformada, não pode voltar a ser utilizada;
- O plástico *Essix ACE*[®] não é recomendado para indivíduos com bruxismo;
- Os doentes com historial de reação alérgica ao plástico não devem usar este produto;

- Um dispositivo termoformado apenas pode ser utilizado uma vez, num único doente, pois existem riscos de infeção e contaminação;
- O armazenamento das folhas de plástico deve ser feito em locais frescos e secos.

2. Métodos

Neste capítulo são descritos todos os protocolos e métodos de elaboração utilizados no estudo.

2.1. Termoformação dos alinhadores

Como já mencionado foram termoformados 5 alinhadores, 2 a vácuo e os restantes 3 a pressão. Um dos alinhadores termoformados a pressão foi utilizado apenas para controlo de alguns pontos importantes: a quantidade de resina a ser utilizada em cada alinhador, a fim da medição da cor; averiguar a possibilidade de pigmentação dos modelos a por parte da resina e a possibilidade de interação entre a resina e o plástico do alinhador. A diferença entre a termoformação a vácuo e a pressão recai na máquina utilizada, sendo que uma, como o próprio nome indica provoca sucção no plástico, na forma de vácuo, após o mesmo ser aquecido, permitindo a sua termoformação ao modelo. Enquanto que a outra causa pressão sob a forma de ar, para que ocorra a termoformação do plástico ao modelo, sendo desta forma descrita como termoformação a pressão. Devido ao facto das máquinas utilizadas serem diferentes, apresentam também diferente manuseamento, o que faz como que o protocolo utilizado pelo operador varie consoante o tipo de termoformação que está a realizar. De seguida irão ser descritos os dois protocolos utilizados, isto é, o protocolo para a termoformação a vácuo e para a termoformação a pressão.

2.1.1. Termoformação dos alinhadores a vácuo

Para a termoformação a vácuo dos 2 alinhadores foi utilizada a máquina *DENTAFLUX-The machine thermoforming machine* (Figura 7) e foi seguido o seguinte protocolo disponibilizado pelo fabricante:



Figura 7 - DENTAFLUX-The thermoforming machine.

Começou-se por verificar se a altura do modelo que iria ser utilizado para a termoformação correspondia à indicada pelo fabricante, isto é, aproximadamente 1,9 cm. Após confirmação iniciou-se o pré-aquecimento da máquina durante, mais ou menos, 3 minutos. Passado o tempo pretendido, foram retiradas as películas protetoras presentes em ambos os lados do plástico *Essix ACE*[®] e o plástico foi inserido na estrutura da máquina e o modelo na placa base (Figura 8).



Figura 8 - Máquina DENTAFLUX-The thermoforming machine com o plástico colocado na estrutura da máquina, o modelo na placa base.

Observou-se o plástico a aquecer para controlar todo o processo (Figura 9), uma vez que o mesmo só deve estar sujeito a aquecimento até afundar cerca de 0,95-1,27 cm.

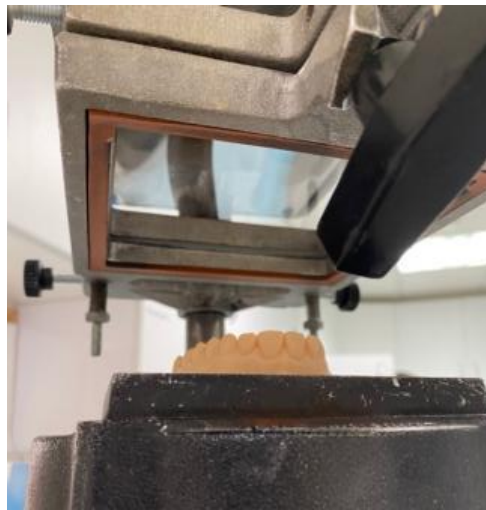


Figura 9 - Máquina *DENTAFLUX-The thermoforming machine* com o plástico a aquecer na estrutura da máquina.

Assim que foram atingidos esses valores o botão de vácuo foi acionado e baixou-se o plástico sobre o modelo (Figura 10), deixando o botão de vácuo ficar a funcionar até que o plástico arrefecesse (Figura 11).



Figura 10 - Máquina *DENTAFLUX-The thermoforming machine* com o botão de “vácuo” acionado e com o plástico sobre o modelo.



Figura 11 - Máquina *DENTAFLUX-The thermoforming machine* com a opção de vácuo ligada até que o alinhador já formado arrefeça.

De seguida o tabuleiro formado foi retirado da estrutura da máquina (Figura 12) e o aparelho foi aparado.



Figura 12 - Alinhador termoformado a vácuo retirado da estrutura da máquina.

Para efetuar o acabamento do alinhador retirou-se todo o excesso de plástico em redor do modelo com a utilização de uma tesoura de pontas curvas e bico redondo (Figura 13).



Figura 13 - Recorte do excesso de plástico em redor do modelo com recurso a uma tesoura de pontas curvas e bico redondo.

Seguidamente, com recurso a uma faca de cera aquecida numa lamparina, fez-se o corte do alinhador 4-5 mm acima do zénite dos dentes (Figura 14).



Figura 14 - Corte do alinhador 4-5 mm acima do zénite dos dentes utilizando uma faca de cera aquecida numa lamparina.

Depois de se obter todo o alinhador recortado, terminou-se a preparação do mesmo fazendo o seu polimento. Para tal, utilizou-se discos de polimento inseridos com um mandril num contra-ângulo. Realiza-se o polimento da parte superior do alinhador até se atingir cerca de 2-3 mm acima do zénite de cada dente e, simultaneamente, obter-se um alinhador com as extremidades arredondadas e macias (Figura 15).



Figura 15 - Polimento do alinhador até 2-3 mm acima do zênite de cada dente com discos de polimento.

Por fim, após ser realizado todo o processo de aparo, acabamento e polimento ficaram formados, como desejado, os 2 alinhadores idênticos termoformados a vácuo, elaborados a partir de duas cópias do mesmo modelo (Figura 16).



Figura 16 - Os 2 alinhadores termoformados a vácuo.

Para que não existissem trocas entre estes alinhadores e os alinhadores que iriam ser termoformados a pressão, desde o momento em que os alinhadores termoformados a vácuo ficaram prontos, os mesmo foram, de imediato, guardados num saco branco devidamente identificado e foram sempre trabalhados à parte e de forma individual (Figura 17).



Figura 17 - Os dois alinhadores termoformados a vácuo sobre o saco branco identificado, onde foram guardados de imediato após a sua termoformação.

2.1.2. Termoformação a pressão

Para a termoformação dos 3 alinhadores a pressão (1 experimental) foi utilizada a máquina *SCHEU-Ministar* (Figura 18).



Figura 18 - Máquina *SCHEU-Ministar*.

Tendo em conta a informação do fabricante para o protocolo de termoformação a pressão começou-se também por verificar se a altura do modelo que iria ser utilizado para a termoformação correspondia à indicada pelo fabricante (1,9 cm), após confirmação colocou-se a máquina em pré-aquecimento durante, mais ou menos, 3 minutos. Passado o tempo pretendido, foram retiradas as películas protetoras presentes em ambos os lados do plástico *Essix ACE*[®] e o plástico foi inserido na estrutura da máquina e o modelo na placa base (Figura 19). De seguida introduziu-se o código em conformidade com a máquina de termoformação em utilização (Tabela 4). Na impossibilidade de ser utilizada

uma máquina *Biostar*, sendo a alternativa uma *Ministar*, foi necessário confirmar a quantos segundos de aquecimento correspondia o código 113 da *Biostar*, uma vez que o plástico em questão apresentava uma espessura de 0,75 mm. Para tal, foi inserido o código mencionado acima numa máquina *Biostar* da mesma marca e verificou-se que o mesmo correspondia a 25 segundos de aquecimento (Figura 19), tendo sido esse o tempo utilizado (Figura 20).

Tabela 4 - Tabela representativa dos tempos de aquecimento consoante a espessura do plástico e da máquina utilizada.

Espessura do plástico	Código Biostar	Druformat
0,75 mm (.030 pol.)	113	1:00
0,88 mm (.035 pol.)	123	1:05
1,0 mm (.040 pol.)	133	1:10

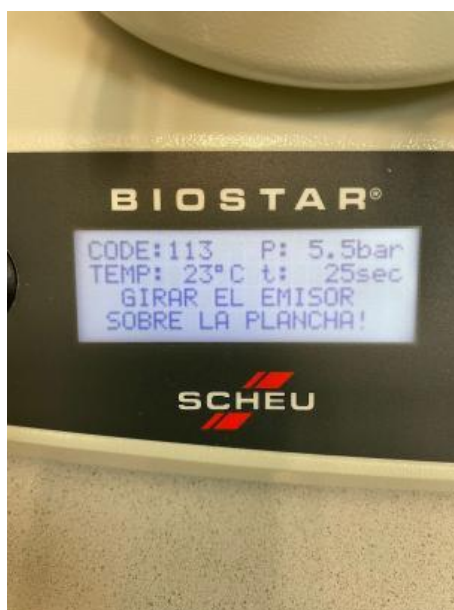


Figura 19 - Máquina *SCHEU-Biostar* com o código 113 e os 25 segundos correspondentes de tempo de aquecimento.



Figura 20 - Máquina *SCHEU-Ministar* com o plástico colocado na estrutura da máquina, o modelo na placa base e com o tempo de aquecimento introduzido consoante o código fornecido pelo fabricante (Código *Biostar*: 113).

Posteriormente, o elemento de aquecimento foi colocado sobre o plástico e foi acionado o botão de início (Figura 21).



Figura 21 - Máquina *SCHEU-Ministar* com o elemento de aquecimento sobre o plástico.

Assim que os tempos de aquecimento e arrefecimento terminaram, o elemento aquecimento foi afastado do plástico, este último, por sua vez, foi colocado de imediato sobre o modelo (Figura 22).



Figura 22 - Máquina *SCHEU-Ministar* com o plástico aquecido sobre o modelo.

Após a fase de arrefecimento libertou-se a pressão e abriu-se a máquina (Figura 23) e retirou-se o tabuleiro formado da estrutura da máquina (Figura 24).



Figura 23 - Máquina *SCHEU-Ministar* com o alinhador termoformado sobre o modelo.



Figura 24 - Alinhador termoformado a pressão retirado da estrutura da máquina.

Por fim, procedeu-se ao acabamento do aparelho elaborando-se as mesmas etapas já mencionadas para o mesmo efeito nos alinhadores termoformados a vácuo. No final, tal como era o objetivo, foram criados 3 alinhadores idênticos, termoformados a pressão, sob três cópias iguais do mesmo modelo (Figura 25).



Figura 25 - Os 3 alinhadores termoformados a pressão.

No caso dos alinhadores termoformados a pressão, os mesmos foram guardados num saco preto devidamente identificado (Figura 26).



Figura 26 - Os 3 alinhadores (1 experimental) termoformados a pressão sobre o saco preto identificado onde foram guardados de imediato após a sua termoformação.

3. Obtenção da resina colorida

Para se passar à fase seguinte deste estudo piloto, elaborou-se a resina colorida para posteriores medições da intensidade da cor. Para tal, foi utilizada a resina *Tensol 70*, que é constituída por duas partes: parte A – Metilmetacrilato (figura 27) e parte B – Catalisador (Figura 28).



Figura 27 - *Tensol 70* (Parte A) – Metilmetacrilato.



Figura 28 - *Tensol 70* (Parte B) – Catalisador.

Mais uma vez, foram seguidas as instruções do fabricante, como tal, a proporção utilizada foi de 20/1 ml, isto é, 20 ml de parte A para 1 ml de parte B. Começou-se por estimar a quantidade total de resina necessária para cada alinhador, tendo como molde o alinhador termoformado para experiência. Chegou-se então à conclusão de que cada alinhador iria necessitar de aproximadamente 3 ml de resina, como tal, e para que se tivesse alguma margem de erro, realizou-se a mistura para uma quantidade de 5 ml de resina (parte A), correspondentes a 0,25 ml de catalisador (parte B). Foi utilizada uma seringa de 5 ml para se retirar os 5 ml da resina (parte A) (Figura 29) e uma pipeta de 1000 μ l para os 0,25 ml do catalisador (parte B) (Figura 30).



Figura 29 - Figura que ilustra os 5 ml de Metacrilato a serem retirados com recurso a uma seringa de 5 ml.



Figura 30 - Figura que ilustra os 0,25 ml de Catalisador a serem retirados com recurso a uma pipeta de 1000 μ l.

Após medidas e retiradas dos seus frascos originais, ambas as porções foram colocadas no mesmo copo de ensaio (Figura 31).



Figura 31 - Figura que ilustra a colocação dos 0,25 ml do Catalisador no copo de ensaio onde já se encontravam os 5 ml do Metilmetacrilato.

Para concluir a elaboração da resina, foi adicionado o corante *BIODUR*[®] *AC 50* (Figura 32) numa quantidade correspondente a meia colher (Figura 33).



Figura 32 - Corante *BIODUR*[®] *AC 50*.

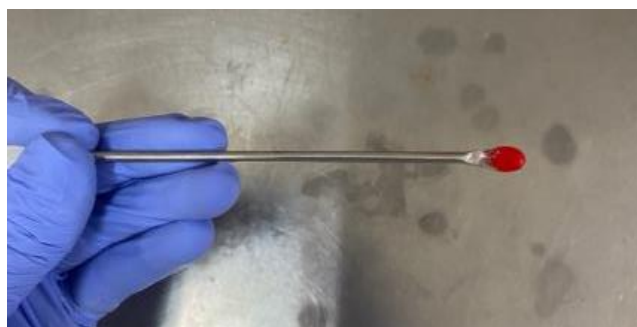


Figura 33 - Quantidade do corante *BIODUR*[®] *AC 50* que foi utilizada na mistura.

A mistura foi mexida de forma energética, obtendo no final um aspeto homogéneo de cor vermelha devido ao corante (Figura 34).



Figura 34 - Mistura da resina com o aspeto final.

De seguida, foram retirados para uma nova seringa de 5 ml, os 5ml obtidos, tendo sido expulsa da mesma toda a quantidade de ar (Figura 35).

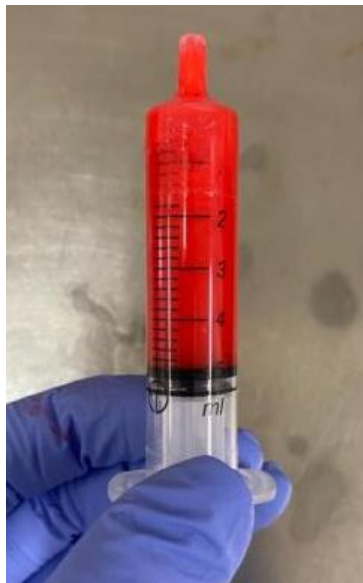


Figura 35 - Seringa com os 5 ml de resina.

De imediato, os 3 ml calculados para o alinhador foram distribuídos ao longo do mesmo (Figura 36), sobrando assim 2 ml na seringa, que foram descartados.



Figura 36 - Alinhador com a resina distribuída.

Após a distribuição da resina, o alinhador foi instantaneamente encaixado no modelo de cerâmica (Figura 37). O excesso da mistura extravasou e foi rapidamente limpo sempre no sentido descendente, para que não houvesse pigmentação da parte exterior do alinhador devido à resina (Figura 38).



Figura 37 - Alinhados, com a resina, encaixado no modelo de cerâmica correspondente.



Figura 38 - Alinhador depois do excesso de resina ser limpo no sentido descendente.

Por fim, o alinhador foi deixado em repouso durante 24 horas para que a resina pudesse catalisar a temperatura ambiente. Após esse tempo verificou-se o estado do alinhador, altura em que se concluiu que a resina *Tensol 70* não demonstrou resultados viáveis para o estudo da capacidade de ajuste entre as duas técnicas de termoformação, uma vez que ao catalisar, reagiu com o plástico do alinhador, tendo adquirido um apeto rosa opaco (Figura 39).



Figura 39 - Alinhador com tonalidade rosa opaco, tornando-se inviável para a medição da intensidade da cor da resina.

Em adição decidiu-se testar outra metodologia. Para tal, o alinhador experimental (que foi termoformado a pressão, como já tinha sido mencionado anteriormente) foi aproveitado e foi realizado exatamente o mesmo protocolo de elaboração da resina colorida para um alinhador termoformado a vácuo. Após ser obtido o mesmo resultado no alinhador termoformado a vácuo (Figura 40), deu-se início à elaboração da nova metodologia.



Figura 40 - Resultado do alinhador termoformado a vácuo.

4. Metodologia adicional

A metodologia adicional foi iniciada através da realização de cortes transversais com recurso à máquina de corte existente no laboratório de biomateriais da faculdade (Figura 41).



Figura 41 - Máquina de corte: *Hard tissue microtome – Accutom-50*.

Estes cortes foram feitos de forma igual em ambos os alinhadores, tendo sido realizados 3 cortes em três pontos diferentes e de forma estratégica, iguais para ambos os alinhadores:

- Um corte nos dentes 26, realizado no sentido da ponta da cúspide méso-vestibular até à ponta da cúspide méso-palatina (Figura 42).

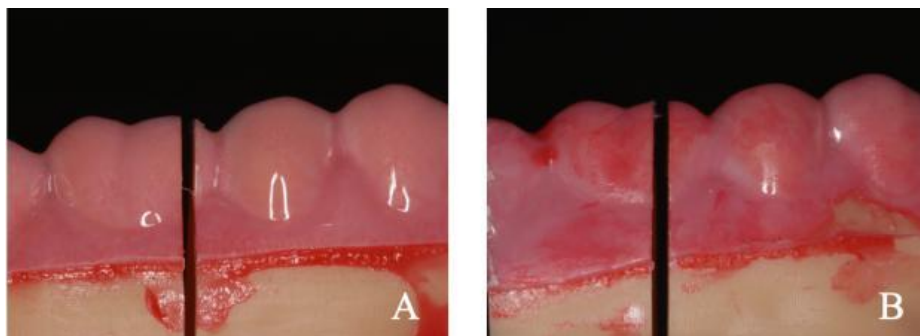


Figura 42 - Cortes nos dentes 26. (A) Alinhador termoformado a vácuo (B) Alinhador termoformado a pressão.

- Um segundo corte no centro dos dentes 11, no sentido do zênite do dente até ao cingulo do mesmo (Figura 43).

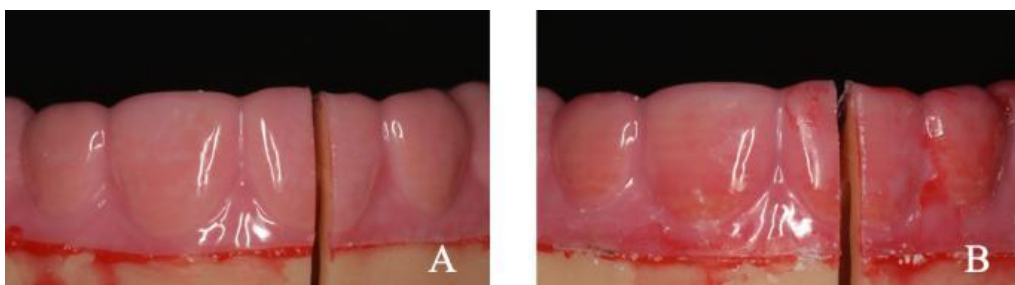


Figura 43 - Cortes nos dentes 11. (A) Alinhador termoformado a vácuo (B) Alinhador termoformado a pressão.

- Um terceiro corte nos dentes 14, desde a ponta da cúspide vestibular até à ponta da cúspide palatina (Figura 44).

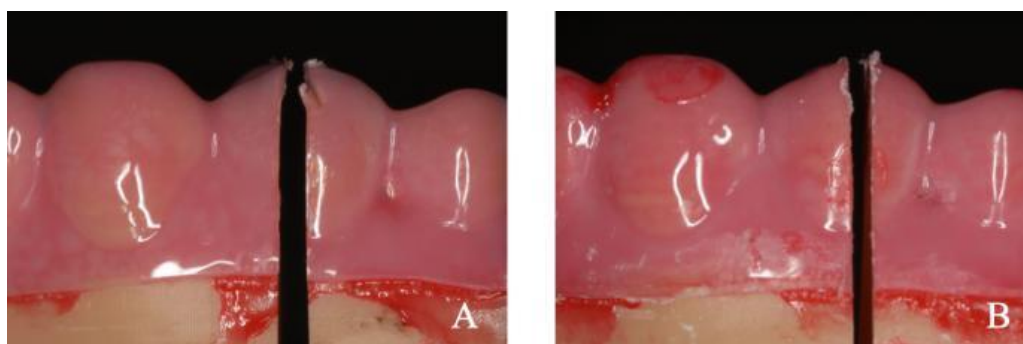


Figura 44 - Cortes nos dentes 14. (A) Alinhador termoformado a vácuo (B) Alinhador termoformado a pressão.

Após a realização dos cortes foram tiradas fotografias a todos eles. Todas as fotografias foram feitas respeitando o mesmo padrão, isto é, em todas elas a máquina fotográfica encontrava-se pousada num tripé; a distância entre a câmara e os cortes a fotografar foi sempre a mesma e as condições de iluminação mantidas constantes durante a realização de todas as fotografias. Para além disso, o *zoom* colocado na máquina foi também sempre o mesmo em todas (Figura 45).



Figura 45 - *Zoom* utilizado em todas as fotografias.

A partir das fotografias efetuadas, o objetivo foi medir a largura de cada corte, a fim de se tentar perceber se existiriam diferenças na espessura de resina acumulada na interface alinhador/modelo de cerâmica entre os dois alinhadores termoformados de diferentes processos. Ou seja, se existiriam diferenças no ajuste entre o alinhador termoformado a vácuo e o alinhador termoformado a pressão, uma vez que, quanto maior fosse a largura do corte, maior seria a espessura da resina e, conseqüentemente, menor o ajuste do alinhador.

Para a medição das larguras dos cortes, foi utilizado um programa informático denominado *ImageJ* (Figura 46), que foi elaborado no *National Institutes of Health*, tendo sido criado com vista a ser um programa de arquitetura aberto e disponível para todos os utilizadores.

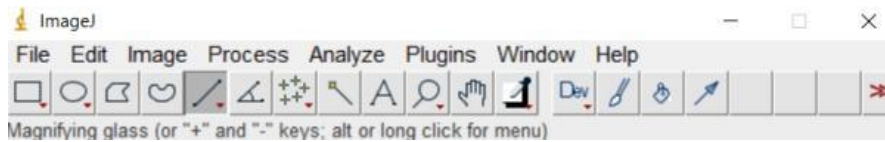


Figura 46 - Programa informático *ImageJ*.

Em todas as fotografias foi incorporada uma régua milimétrica (Figura 47) para que fosse possível a execução de uma escala no programa informático.

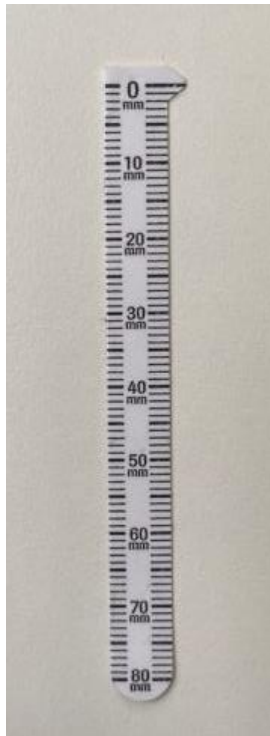


Figura 47 - Régua milimétrica que foi incorporada nas fotografias para criação de uma escala.

De seguida vai ser descrito o protocolo de utilização do *ImageJ* para realização das medições. Para tal, vai ser usado como exemplo a medição do corte do dente 26, do alinhador termoformado a pressão. Nas medições dos restantes cortes, o protocolo utilizado foi exatamente o mesmo.

Após o programa ser descarregado e aberto, a primeira coisa a fazer é importar a fotografia do corte que se quer medir, deste modo, seleciona-se a opção “*File, Open*” (Figura 48) e, de seguida, escolhe-se a fotografia desejada (Figura 49).

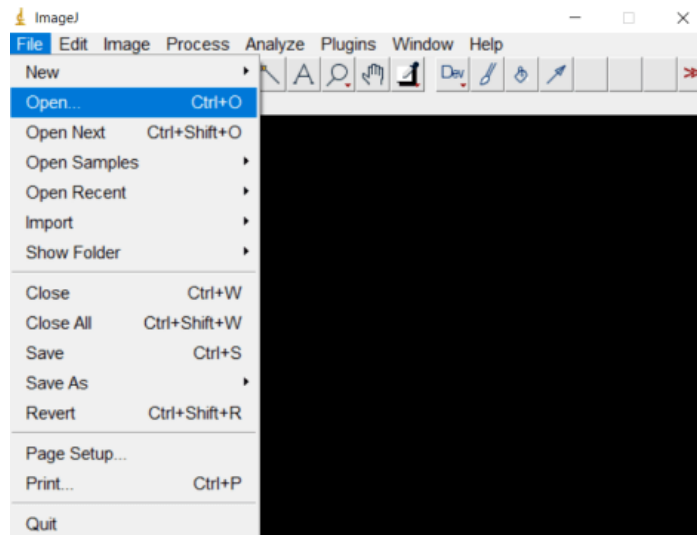


Figura 48 - Procedimento para importar as fotografias para o programa *ImageJ*.

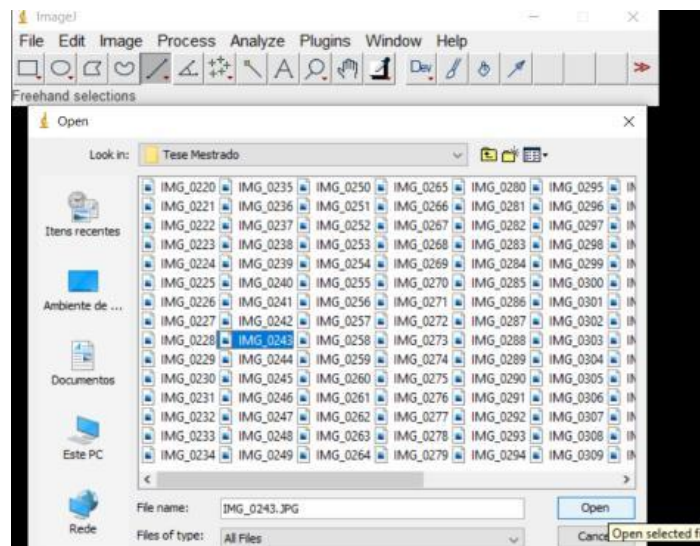


Figura 49 - Procedimento para importar as fotografias para o programa *ImageJ*.

Após a importação para o programa da fotografia desejada (Figura 50), procede-se à calibração do mesmo a partir da elaboração de uma escala. Para este feito, introduz-se no programa uma linha modelo sobre uma medida conhecida, neste caso, foi utilizado 1 mm da régua milimétrica (Figura 51).

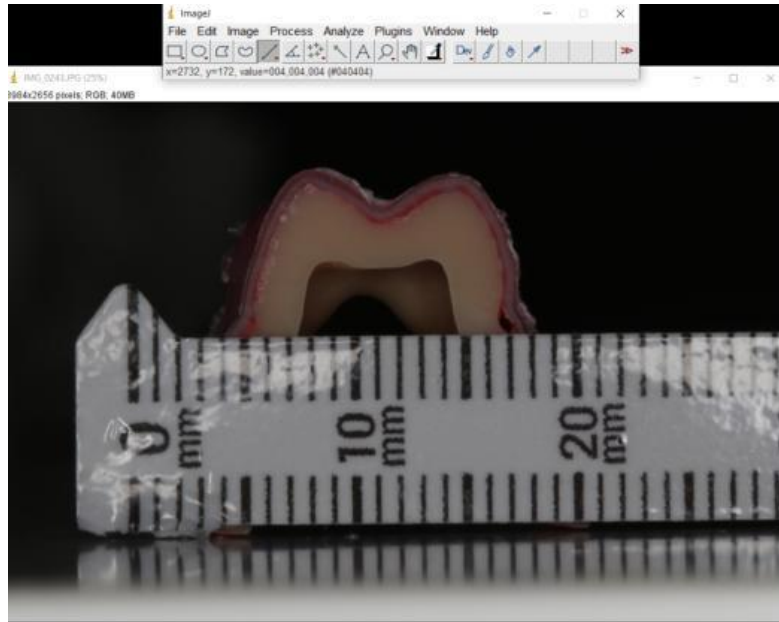


Figura 50 - ImageJ já com a fotografia do corte do dente 26 do alinhador termoformado a pressão importada.

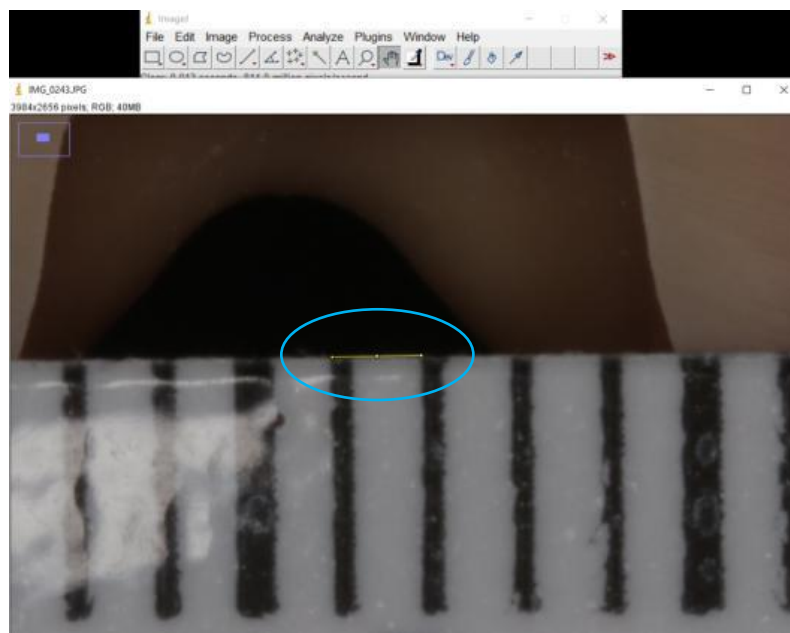


Figura 51 - Utilização de 1 mm da régua milimétrica para a escala.

Depois de ter sido feita a linha sobre o milímetro da régua, é selecionada a opção “Analyze, Set Scale” (Figura 52), onde o programa fornece os dados sobre a escala: distância em pixels a que corresponde a nossa medida padrão e as unidades de medida que pretendemos utilizar (Figura 53).

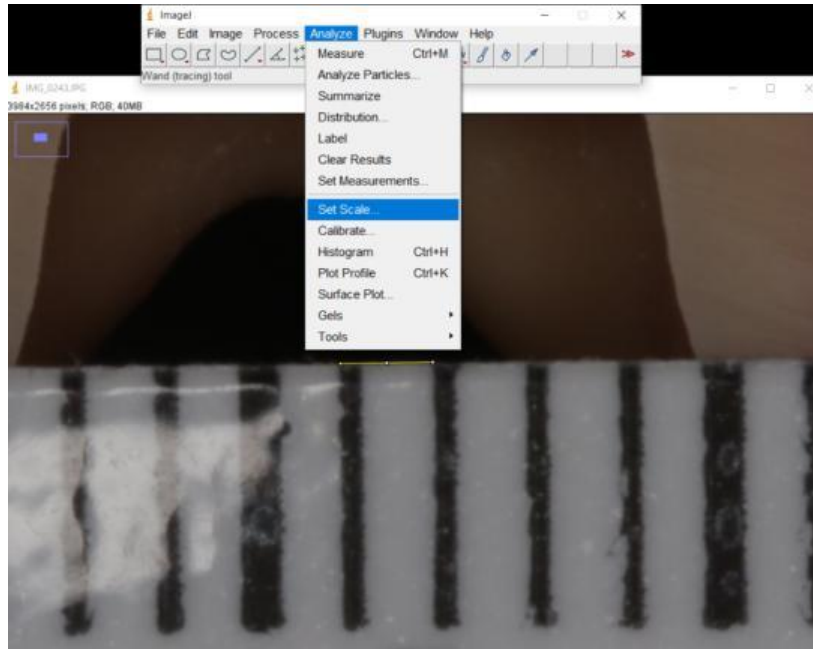


Figura 52 - Seleção da opção “Analyze, Set Scale”, para posterior confirmação dos dados da escala.

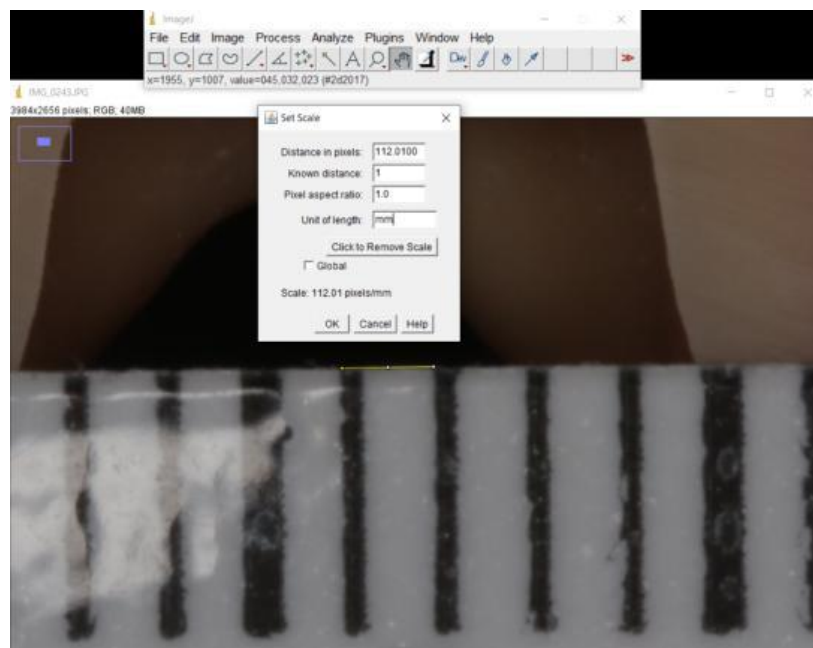


Figura 53 - Confirmação dos dados da escala.

Após uma correta verificação dos dados, a escala é guardada e passa-se para a medição do corte. Para a medição foi elaborada uma linha com uma angulação nula, angulação essa que foi mantida para todas as medições dos restantes cortes. A linha foi feita de maneira que atravessasse o dente por completo, passando por um ponto específico, para que nos cortes dos dentes correspondentes, dos dois alinhadores em avaliação, a medição

pudesse ser realizada no mesmo sítio. Deste modo, foi obtida a medida de 11,70 mm para o corte do dente 26, pertencente ao alinhador termoformado a pressão (Figura 54).

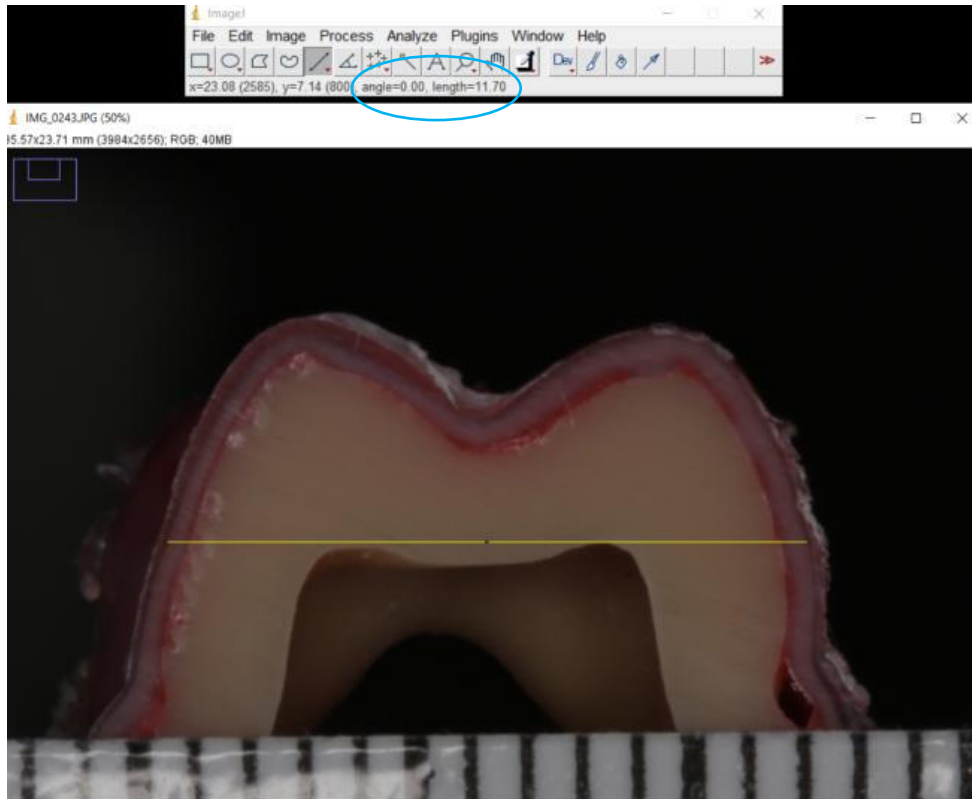


Figura 54 - Medição do corte do dente 26 pertencente ao alinhador termoformado a pressão. Com uma angulação de 0° e com o valor obtido de 11,70 mm.

Para que não houvesse alteração na escala entre as diferentes fotografias, foram introduzidos, antes das restantes medições, os valores obtidos na primeira escala (Figura 55).

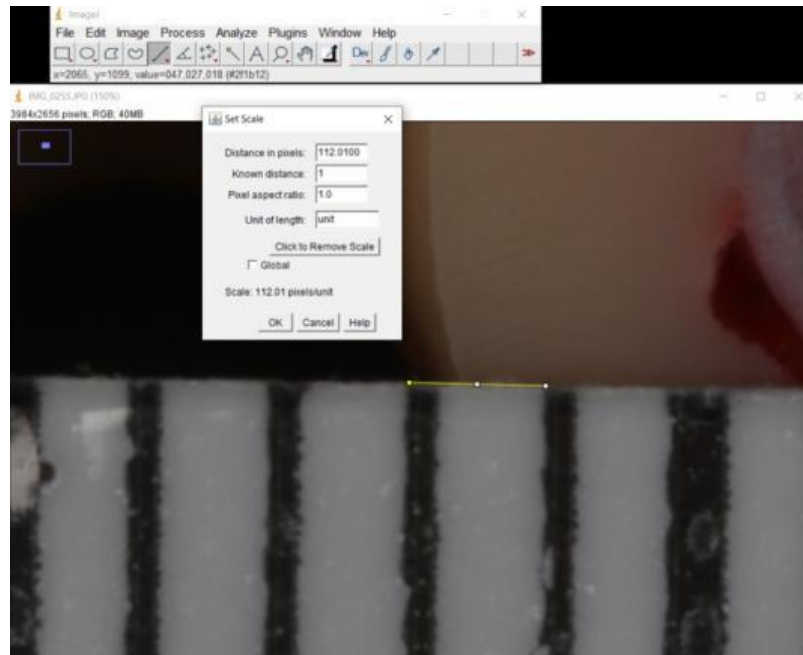


Figura 55 - Introdução dos valores obtidos na primeira escala para as escalas das restantes medições, de maneira que não houvesse alterações entre elas.

Assim, os valores das medições dos restantes cortes foram os seguintes:

No dente 26 do alinhador termoformado a vácuo foi alcançado o valor de 10,50 mm (Figura 56).

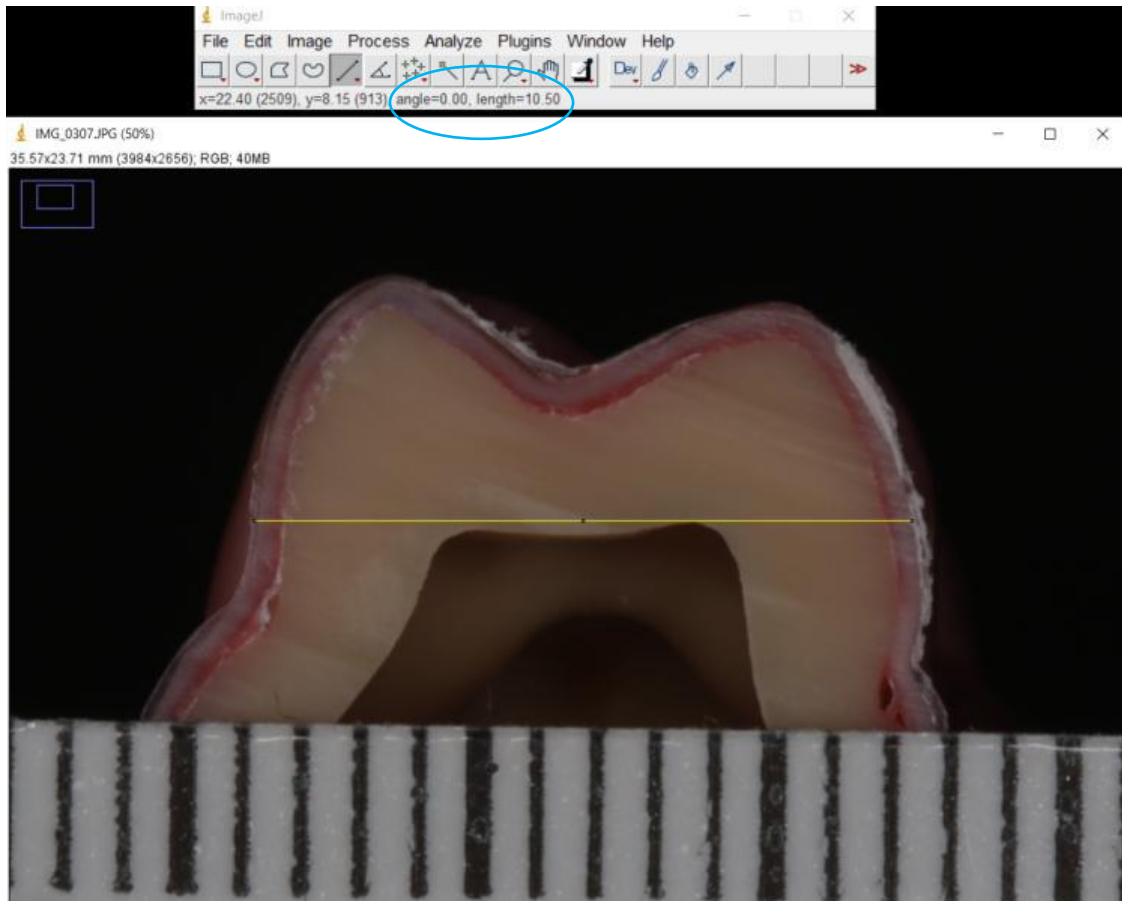


Figura 56 - Medição do corte do dente 26 pertencente ao alinhador termoformado a vácuo. Com uma angulação de 0° e com o valor obtido de 10,50 mm.

O corte do dente 14 pertencente ao alinhador termoformado a pressão apresentou uma medida de 10,30 mm (Figura 57).

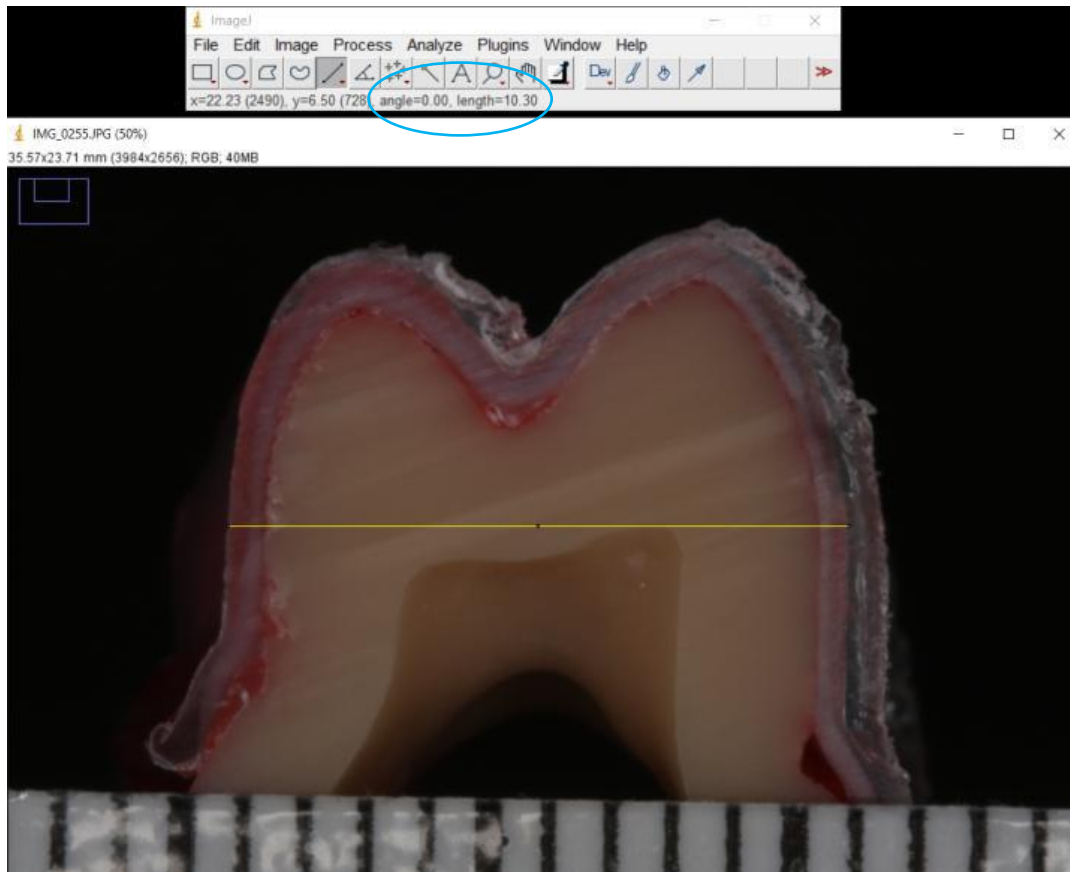


Figura 57 - Medição do corte do dente 14 pertencente ao alinhador termoformado a pressão. Com uma angulação de 0° e com o valor obtido de 10,30 mm.

Já para o mesmo dente do alinhador termoformado a vácuo corresponde o valor de 9,46 mm (Figura 58).

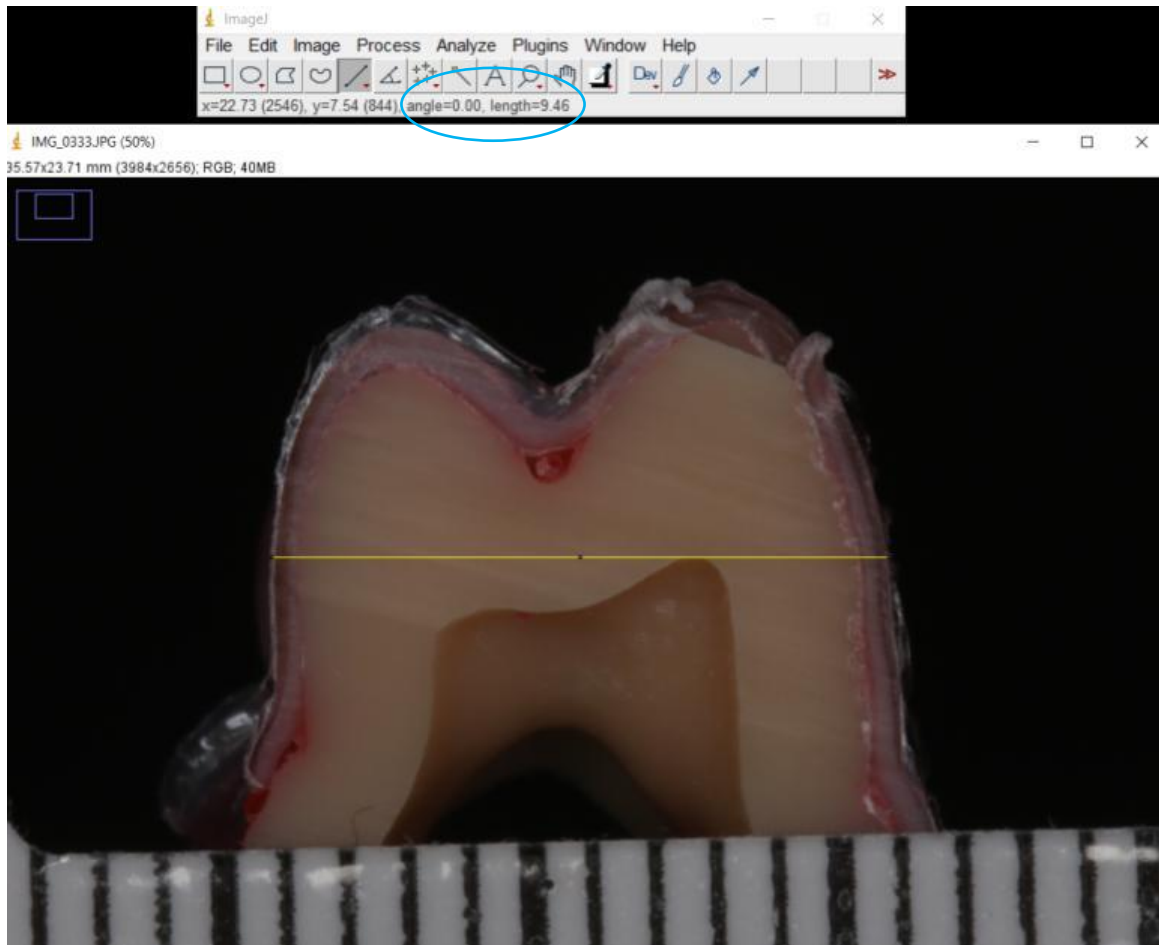


Figura 58 - Medição do corte do dente 14 pertencente ao alinhador termoformado a vácuo. Com uma angulação de 0° e com o valor obtido de 9,46 mm.

Para o último dente em avaliação, o dente 11, neste caso do alinhador termoformado a pressão, a medição teve o resultado de 3,37 mm (Figura 59).

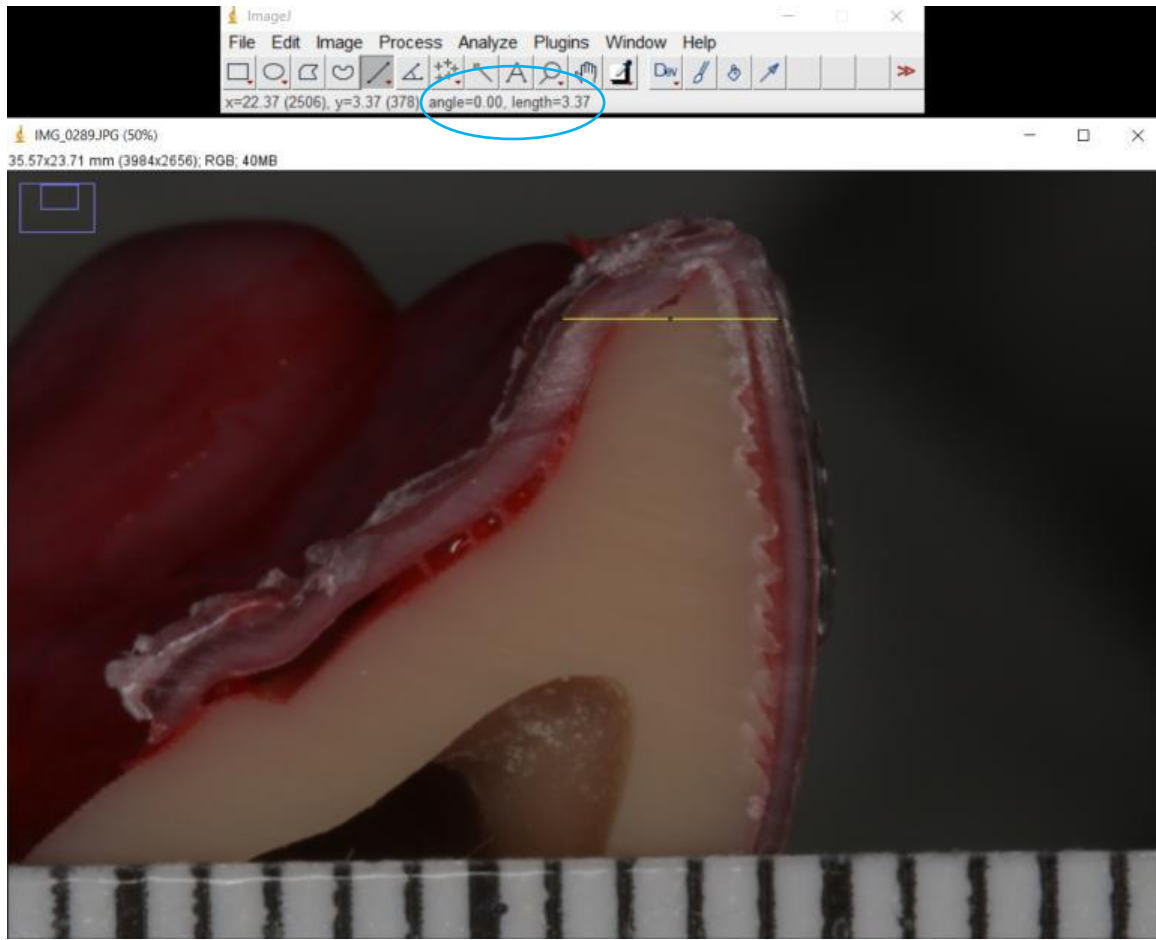


Figura 59 - Medição do corte do dente 11 pertencente ao alinhador termoformado a pressão. Com uma angulação de 0° e com o valor obtido de 3,37 mm.

E, por fim, a medição do dente 11 do alinhador termoformado a vácuo obteve o valor de 3,0 mm (Figura 60).

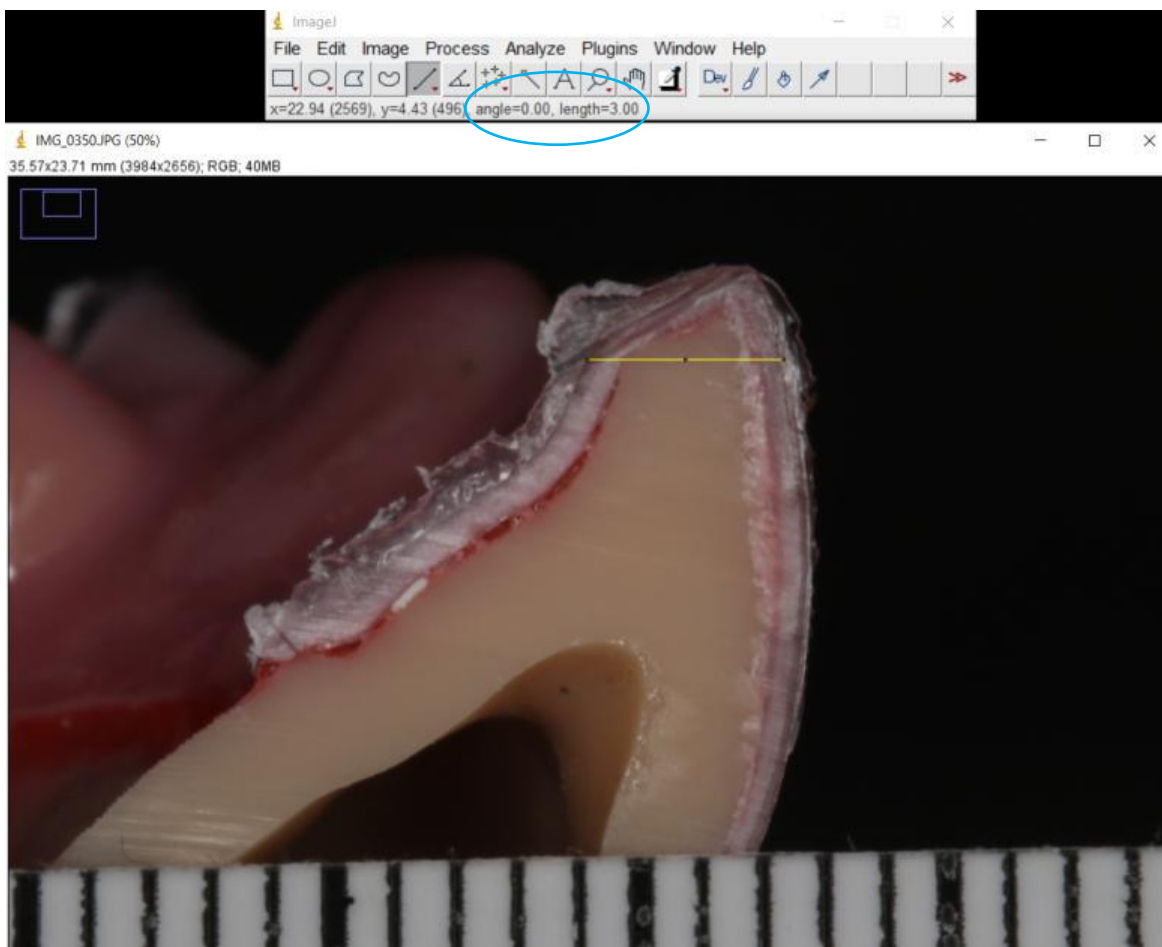


Figura 60 - Medição do corte do dente 11 pertencente ao alinhador termoformado a pressão. Com uma angulação de 0° e com o valor obtido de 3,00 mm.

É importante referir que os valores de “X” e “Y” presentes nas imagens das medições, ao lado dos valores da angulação e do comprimento da reta, correspondem às coordenadas do rato aquando do *download* de cada imagem, como tal, não interferem nos valores de medição.

V. Resultados

O principal resultado obtido por este estudo piloto foi alcançado após a utilização da resina colorida *Tensol 70*, que nos mostrou que a sua utilização é inviável. No entanto, mais resultados foram adquiridos a partir dos cortes dos dentes pertencentes aos alinhadores. De maneira a facilitar a comparação dos resultados obtidos de todas as medições realizadas foi elaborada a tabela 5.

Tabela 5 - Tabela com os resultados da largura das medições da largura dos cortes

DENTE	26 termoformado a pressão	26 termoformado a vácuo	14 termoformado a pressão	14 termoformado a vácuo	11 termoformado a pressão	11 termoformado a vácuo
VALOR	11,70 mm	10,50 mm	10,30 mm	9,46 mm	3,37 mm	3,00 mm

VI. Discussão

A estética, cada vez mais importante no seio da sociedade, leva a que as pessoas procurem, cada vez mais, novos métodos para aperfeiçoar a sua aparência (Nold et al., 2014). No âmbito da medicina dentária, não é só o desejo final de um sorriso harmonioso que tem importância para os pacientes mais exigentes, mas também toda a estética e conforto durante o tratamento, o que culminou na criação e evolução constante dos alinhadores dentários transparentes (Patel et al., 2014).

Esta recente evolução permitiu recentemente aos médicos dentistas fabricarem os seus próprios alinhadores em consultório, sem necessitarem de realizar contratos com marcar. No entanto, devido às fracas orientações ainda existentes para esse feito, este estudo piloto teve como grande objetivo tentar arranjar resposta a uma das pertinentes dúvidas que vão surgindo e ainda sem indicações na literatura: “Existem diferenças entre os alinhadores termoformados a vácuo e os termoformados a pressão no que toca ao ajuste dos mesmos às arcadas dentárias?”. Para tal, testou-se a viabilidade da utilização da resina *Tensol 70* para estudar este facto.

Iniciou-se pela termoformação a vácuo e a pressão dos alinhadores. Durante este procedimento existem situações importantes a referir, como o facto de não ter sido usado um agente isolante entre o modelo e alinhador, o que poderá ter influenciado o ajuste, uma vez que existe a possibilidade de distorção do alinhador logo após o primeiro desencaixe, apesar de não se conseguir averiguar.

Também existe a hipótese da viscosidade da resina influencia o ajuste, impedindo um total assentamento no alinhador no modelo.

Na técnica testada adicionalmente, ao serem realizados os cortes com recurso à máquina de corte, o disco que efetua os mesmos, ao realizar a sua função adquire um certo grau de aquecimento, o que não é possível afirma que não possa alterar a interface alinhador/resina/modelo, enviesando assim os resultados obtidos aquando da medição da largura dos cortes. Para além disso, a espessura do disco também pode tornar o corte mais grosseiro e influenciar os resultados.

Os resultados alcançados após a testagem da segunda técnica, que mostra uma possível viabilidade, apesar de serem necessários estudos mais amplos, contrariamente ao afirmado por Hahn et al., que explica o facto da técnica de termoformação a pressão executar mais força com o melhor ajuste às peças dentárias permitido por esta quando comparados com os termoformados a vácuo (Hahn et al., 2009), apontaram para a possibilidade dos alinhadores termoformados a pressão apresentarem uma menor capacidade de ajuste, uma vez que os valores de largura de corte dos primeiros foram sempre maiores (quanto maior a largura, maior será a espessura de resina na interface alinhador/modelo e, conseqüentemente menor será o ajuste). No entanto, tal afirmação não se pode assegurar por várias razões, sendo algumas deles as limitações referidas acima e o facto da amostra ser pouco significativa.

Contudo, há um facto que se pode assegurar: a resina Tensol 70 não é viável para este estudo.

VII. Conclusão

Com este estudo piloto e, tendo em atenção as limitações do mesmo conclui-se que:

- O recurso à resina *Tensol 70* para avaliar o ajuste dos alinhadores às arcadas dentárias não é viável, uma vez que a mesma, ao catalisar, reage com o plástico de que são formados os alinhadores, impossibilitando a medição da intensidade da cor com recurso a um espectrofotómetro;

- Existe diferença no ajuste dos alinhadores às arcadas dentárias quando comparadas as duas técnicas de termoformação.

VIII. Perspetivas Futuras

Derivada a importância para a prática e sucesso clínico de se encontrarem respostas para as questões deste estudo, será pertinente que os estudos futuros se possam concentrar em:

- Tentar encontrar uma resina colorida que não reaja com o plástico dos alinhadores, para que seja possível a medição da intensidade da cor. Como alternativa também existe a hipótese de, em vez de ser utilizada uma resina, ser utilizado um produto que não tenha a hipótese de sofrer catalisação, como por exemplo uma tinta viável para o efeito;

- Utilizar uma outra alternativa de corte dos alinhadores, se o mesmo for necessário, de maneira que o corte seja feito com o menor aquecimento possível e de também de forma mais fina possível;

- Conseguir utilizar o sistema incorporado no microscópio existente no laboratório de microbiologia da faculdade para as medições dos cortes, em vez do programa *ImageJ*, uma vez que apresenta um maior rigor. Tal hipótese não nos foi possível devido ao não funcionamento temporário do mesmo durante o período de tempo em que este estudo esteve a ser realizado;

- Ao ser utilizado o programa *ImageJ*, em alternativa à medição da largura dos cortes, pode ser feita a medição da área preenchida pela resina, ou seja, a área correspondente à interface modelo/alinhador. Uma vez que, quanto maior fosse essa área, maior seria a interface, logo menor seria o ajuste.

IX. BIBLIOGRAFIA

- Agrawal, V., & Kapoor, S. (2013). Color and shade management in esthetic dentistry. *Universal Research Journal of Dentistry*, 3(3), 120-127. <https://doi.org/10.4103/2249-9725.123975>
- Balachandran, S., Ganapathy, D., & Ramanathan, V. (2019). *Clear aligners - A review*. *Drg Investment Today*, 12(10), 2280-2284. <https://jprsolutions.info/final-file-5dac7381b9a9a1.85812639.pdf>
- Barone, S., Paoli, A., Razionale, A. v., & Savignano, R. (2017). Computational design and engineering of polymeric orthodontic aligners. *International Journal for Numerical Methods in Biomedical Engineering*, 33(8), 1-15. <https://doi.org/10.1002/CNM.2839>
- Bowman, S. J. (2017). Improving the predictability of clear aligners. *Seminars in Orthodontics*, 23(1), 65–67. <https://doi.org/10.1053/j.sodo.2016.10.005>
- Bräscher, A. K., Zuran, D., Feldmann, R. E., & Benrath, J. (2016). Patient survey on Invisalign ® treatment comparing [corrected] the SmartTrack ® material to the previously aligner material. *Journal of Orofacial*, 77(6), 432–438. <https://doi.org/10.1007/S00056-016-0051-3>
- Brockmeyer, P., Kramer, K., Böhrnsen, F., Gruber, R. M., Batschkus, S., Rödig, T., & Hahn, W. (2017). Removable thermoplastic appliances modified by incisal cuts show altered biomechanical properties during tipping of a maxillary central incisor. *Progress in Orthodontics*, 18(1), 1–7. <https://doi.org/10.1186/S40510-017-0183-Z/FIGURES/4>
- Brook, A. H., Smith, R. N., & Lath, D. J. (2007). The clinical measurement of tooth colour and stain. *International Dental Journal*, 57(5), 324–330. <https://doi.org/10.1111/J.1875-595X.2007.TB00141.X>

- Cai, Y., He, B., Yang, X., & Yao, J. (2015). Optimization of configuration of attachment in tooth translation with transparent tooth correction by appropriate moment-to-force ratios: Biomechanical analysis. *Bio-Medical Materials and Engineering*, 26 Suppl 1, S507–S517. <https://doi.org/10.3233/BME-151340>
- Cardoso, L. G., Maia, J. P. C., Souza, L. T. R., Coutinho, L. N., Paraguassú, V. N. S., Almeida, K. M. F. de, & Lessa, A. M. G. (2019). A Era da Evolução na Ortodontia: Sistema Invisalign® / The Age of Evolution in Orthodontics: Invisalign® System. *ID on Line. Revista de Psicologia*, 13(45), 489–499. <https://doi.org/10.14295/IDONLINE.V13I45.1750>
- Chan, E., & Darendeliler, M. A. (2017). The Invisalign® appliance today: A thinking person's orthodontic appliance. *Seminars in Orthodontics*, 23(1), 12–64. <https://doi.org/10.1053/J.SODO.2016.10.003>
- Chu, S. J. (2003). Use of a reflectance spectrophotometer in evaluating shade change resulting from tooth-whitening products. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry: Official Publication of the American Academy of Esthetic Dentistry*, 15(SUPPL. 1), S42-S48. <https://doi.org/10.1111/J.1708-8240.2003.TB00317.X>
- Chu, S. J., Trushkowsky, R. D., & Paravina, R. D. (2010). Dental color matching instruments and systems. Review of clinical and research aspects. *Journal of Dentistry*, 38 Suppl 2(SUPPL. 2), e2-e16. <https://doi.org/10.1016/J.JDENT.2010.07.001>
- Condo', R., Pazzini, L., Cerroni, L., Pasquantonio, G., Lagana', G., Pecora, A., Mussi, V., Rinaldi, A., Mecheri, B., Licocchia, S., & Maiolo, L. (2018). Mechanical properties of “two generations” of teeth aligners: Change analysis during oral permanence. *Dental Materials Journal*, 37(5), 835–842. <https://doi.org/10.4012/DMJ.2017-323>
- Cowley, D. P., & Mah, J. (2012). The effect of gingival-margin design on the retention of thermoformed aligners. *J Clin Orthod*, XLVI(11), 697-702. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23395874/>

- 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*. <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: Official Publication of the American Association of Orthodontists, Its Constituent Societies, and the American Board of Orthodontics*, 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), 50–56. <https://doi.org/10.1016/J.JDENT.2010.07.004>
- Elkholy, F., Schmidt, F., Jäger, R., & Lapatki, B. G. (2016). Forces and moments delivered by novel, thinner PET-G aligners during labiopalatal bodily movement of a maxillary central incisor: An in vitro study. *The Angle Orthodontist*, 86(6), 883–890. <https://doi.org/10.2319/011316-37R.1>
- Elkholy, F., Schmidt, F., Jäger, R., & Lapatki, B. G. (2017). Forces and moments applied during derotation of a maxillary central incisor with thinner aligners: An in-vitro study. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 151(2), 407–415. <https://doi.org/10.1016/J.AJODO.2016.08.020>
- Fondriest, J. (2004). Shade matching in restorative dentistry: the science and strategies. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 91(6), 553. <https://doi.org/10.1016/J.PROSDENT.2004.03.015>
- Gao, M., Yan, X., Zhao, R., Shan, Y., Chen, Y., Jian, F., Long, H., & Lai, W. (2021). Comparison of pain perception, anxiety, and impacts on oral health-related quality of life between patients receiving clear aligners and fixed appliances during the

- initial stage of orthodontic treatment. *European Journal of Orthodontics*, 43(3), 353–359. <https://doi.org/10.1093/EJO/CJAA037>
- Gomez, J. P., Peña, F. M., Martínez, V., Giraldo, D. C., & Cardona, C. I. (2015). Initial force systems during bodily tooth movement with plastic aligners and composite attachments: A three-dimensional finite element analysis. *The Angle Orthodontist*, 85(3), 454–460. <https://doi.org/10.2319/050714-330.1>
- Haddad, H. J., Jakstat, H. A., Arnetzl, G., Borbely, J., Vichi, A., Dumfahrt, H., Renault, P., Corcodel, N., Pohlen, B., Marada, G., de Parga, J. A. M. V., Reshad, M., Klinke, T. U., Hannak, W. B., & Paravina, R. D. (2009). Does gender and experience influence shade matching quality?, *Journal of Dentistry*, 37(SUPPL. 1), e40-e,44. <https://doi.org/10.1016/J.JDENT.2009.05.012>
- Hahn, W., Fialka-Fricke, J., Dathe, H., Fricke-Zech, S., Zapf, A., Gruber, R., Kubein-Meesenburg, D., & Sadat-Khonsari, R. (2009). Initial forces generated by three types of thermoplastic appliances on an upper central incisor during tipping. *European Journal of Orthodontics*, 31(6), 625–631. <https://doi.org/10.1093/EJO/CJP047>
- Hennessy, J., & Al-Awadhi, E. A. (2016). Clear aligners generations and orthodontic tooth movement. *Journal of Orthodontics*, 43(1), 1–9. <https://doi.org/10.1080/14653125.2015.1108725>
- Hennessy, J., Garvey, T., & Al-Awadhi, E. A. (2016). A randomized clinical trial comparing mandibular incisor proclination produced by fixed labial appliances and clear aligners. *The Angle Orthodontist*, 86(5), 706–712. <https://doi.org/10.2319/101415-686.1>
- Henrikson, T. (2020). Treatment with Invisalign® in specialist practice. <https://doi.org/10.12968/Ortu.2020.13.2.64>, 13(2), 64–70. <https://doi.org/10.12968/ORTU.2020.13.2.64>
- Hong, G., Luo, M. R., & Rhodes, P. A. (2001). A study of digital camera colorimetric characterisation based on polynomial modelling | Semantic Scholar. *Color Research*

& *Application*, 26(1), 76-84 <https://www.semanticscholar.org/paper/A-study-of-digital-camera-colorimetric-based-on-Hong-Luo/62c40f959f4b358165304a15d4c294af7306baf4>

- Igiel, C., Weyhrauch, M., Wentaschek, S., Scheller, H., & Lehmann, K. M. (2016). Dental color matching: A comparison between visual and instrumental methods. *Dental Materials Journal*, 35(1), 63–69. <https://doi.org/10.4012/DMJ.2015-006>
- 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>
- Jivanescu, A., Mascauteanu, C., Pop, D., Goguta, L., & Bratu, D. (2010). Conventional Versus Spectrophotometric Shade Taking for the Upper Central Incisor: A Clinical Comparative Study. *Timisoara Medical Journal*, 60(4), 274-279. https://www.researchgate.net/publication/228839137_Conventional_Versus_Spectrophotometric_Shade_Taking_for_the_Upper_Central_Incisor_A_Clinical_Comparative_Study
- Johnston, W. M. (2009). Color measurement in dentistry. *Journal of Dentistry*, 37(SUPPL. 1), e2-e6 <https://doi.org/10.1016/J.JDENT.2009.03.011>
- Joiner, A. (2004). Tooth colour: a review of the literature. *Journal of Dentistry*, 32 Suppl 1(SUPPL.), 3–12. <https://doi.org/10.1016/J.JDENT.2003.10.013>
- Joiner, A., & Luo, W. (2017). Tooth colour and whiteness: A review. *Journal of Dentistry*, 67S, S3–S10. <https://doi.org/10.1016/J.JDENT.2017.09.006>
- Khashayar, G., Bain, P. A., Salari, S., Dozic, A., Kleverlaan, C. J., & Feilzer, A. J. (2014). Perceptibility and acceptability thresholds for colour differences in dentistry. *Journal of Dentistry*, 42(6), 637–644. <https://doi.org/10.1016/J.JDENT.2013.11.017>
- 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* 2007 203:12, 203(12), 675–680. <https://doi.org/10.1038/bdj.2007.1108>
- Kim-Pusateri, S., Brewer, J. D., Davis, E. L., & Wee, A. G. (2009). Reliability and accuracy of four dental shade-matching devices. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 101(3), 193–199. [https://doi.org/10.1016/S0022-3913\(09\)60028-7](https://doi.org/10.1016/S0022-3913(09)60028-7)
- Knezović Zlatarić, D., Illeš, D., Alajbeg, I., & Žagar, M. (2016). In Vivo Evaluations of Inter-Observer Reliability Using VITA Easyshade® Advance 4.0 Dental Shade-Matching Device. *Acta Stomatologica Croatica*, 50(1), 34–39. <https://doi.org/10.15644/ASC50/1/5>
- Krieger, E., Drechsler, T., Schmidtman, I., Jacobs, C., Haag, S., & Wehrbein, H. (2013). Apical root resorption during orthodontic treatment with aligners? A retrospective radiometric study. *Head & Face Medicine*, 9(1), 1. <https://doi.org/10.1186/1746-160X-9-21>
- Kumar, K., Bhardwaj, S., & Garg, V. (2018). Invisalign: A Transparent Braces. *Journal of Advanced Medical and Dental Sciences Research*, 6(7), 148-150. https://www.researchgate.net/publication/327531921_Review_Article_Invisalign_A_Transparent_Braces
- Lagouvardos, P. E., Fougia, A. G., Diamantopoulou, S. A., & Polyzois, G. L. (2009). Repeatability and interdevice reliability of two portable color selection devices in matching and measuring tooth color. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 101(1), 40–45. [https://doi.org/10.1016/S0022-3913\(08\)60289-9](https://doi.org/10.1016/S0022-3913(08)60289-9)
- Lehmann, K. M., Igiel, C., Schmidtman, I., & Scheller, H. (2010). Four color-measuring devices compared with a spectrophotometric reference system. *Journal of Dentistry*, 38(SUPPL. 2), e65–e70. <https://doi.org/10.1016/J.JDENT.2010.07.006>
- Liberato, W. F., Barreto, I. C., Costa, P. P., de Almeida, C. C., Pimentel, W., & Tioffi, R. (2019). A comparison between visual, intraoral scanner, and spectrophotometer

- shade matching: A clinical study. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 121(2), 271–275. <https://doi.org/10.1016/J.PROSDENT.2018.05.004>
- 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. <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., Ramina, F., Huanca Ghislanzoni, L. T., & Siciliani, G. (2017). Predictability of orthodontic movement with orthodontic aligners: a retrospective study. *Progress in Orthodontics*, 18(1), 1. <https://doi.org/10.1186/S40510-017-0190-0>
- Mokrzycki Cardinal Stefan, W., & Tatol, M. (2011). Color difference Delta E-A survey Colour difference $\Delta E-A$ survey. *Machine Graphics & Vision*, 20(4), 383-411. <https://www.researchgate.net/publication/236023905>
- Moodley, D., Patel, N., Moodley, T., & Ranchod, H. (2015). Comparison of colour differences in visual versus spectrophotometric shade matching. *South African Dental Journal*, 70(9), 402–407.
- Moro, A., Bubadra, P. G., Barros Junior, T., Schimim, S. C., Morais, N. D., & Correr, G. M. (2017). Ortodontia lingual x alinhadores removíveis: quando utilizar. *Ortho Sci., Orthod. Sci. Pract*, 104–130.
- Morton, J., Derakhshan, M., Kaza, S., & Li, C. (2017). Design of the Invisalign system performance. *Seminars in Orthodontics*, 23(1), 3–11. <https://doi.org/10.1053/J.SODO.2016.10.001>

- Neto, F. (2001). SISTEMA ART ALIGNER DE ALINHADORES INVISÍVEIS: RELATO DE CASO.
- Nold, S., Horvath, S., Stampf, S., & Blatz, M. (2014). Analysis of Select Facial and Dental Esthetic Parameters. *The International Journal of Periodontics & Restorative Dentistry*, 34(5), 623–629. <https://doi.org/10.11607/PRD.1969>
- Papadimitriou, A., Mousoulea, S., Gkantidis, N., & Kloukos, D. (2018). Clinical effectiveness of Invisalign® orthodontic treatment: a systematic review. *Progress in Orthodontics*, 19(1). <https://doi.org/10.1186/S40510-018-0235-Z>
- Parameswaran, V., Anilkumar, S., Lylajam, S., Rajesh, C., & Narayan, V. (2016). Comparison of accuracies of an intraoral spectrophotometer and conventional visual method for shade matching using two shade guide systems. *Journal of Indian Prosthodontic Society*, 16(4), 352–358. <https://doi.org/10.4103/0972-4052.176537>
- Paravina, R. D., Pereira Sanchez, N. A., Ghinea, R., & Powers, J. M. (2019). Colorimetric (CIEDE2000) comparison between two shade guides used for visual evaluation of tooth whitening efficacy. *Srpski Arhiv Za Celokupno Lekarstvo*, 147(3–4), 142–147. <https://doi.org/10.2298/SARH181129006P>
- Patel, D., Mehta, F., & Mehta, N. (2014). Aesthetic Orthodontics : An Overview. *Orthodontic Journal of Nepal*, 4(2), 38–43. <https://doi.org/10.3126/OJN.V4I2.13897>
- Paul, S., Peter, A., Pietrobon, N., & Hämmerle, C. H. F. (2002). Visual and spectrophotometric shade analysis of human teeth. *Journal of Dental Research*, 81(8), 578–582. <https://doi.org/10.1177/154405910208100815>
- Phan, X., & Ling, P. H. (2007). Clinical limitations of Invisalign . *Journal of the Canadian Dental Association*, 73(3), 263-266. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17439714/>

- Ramanna, P. K. (2018). Standardizing Shade Matching with Technology-based Shade Matching Systems and Color Formulation. *Undefined*, 5(1), 83–86. <https://doi.org/10.5005/JP-JOURNALS-10052-0157>
- Reyes, J., Acosta, P., & Ventura, D. (2019). Repeatability of the human eye compared to an intraoral scanner in dental shade matching. *Heliyon*, 5(7), e02100. <https://doi.org/10.1016/J.HELIYON.2019.E02100>
- Ryu, J. H., Kwon, J. S., Jiang, H. B., Cha, J. Y., & Kim, K. M. (2018). Effects of thermoforming on the physical and mechanical properties of thermoplastic materials for transparent orthodontic aligners. *Korean Journal of Orthodontics*, 48(5), 316–325. <https://doi.org/10.4041/KJOD.2018.48.5.316>
- Shammas, M., & Alla, R. K. (2011). Color and shade matching in dentistry. *Trends in Biomaterials and Artificial Organs*, 25(4), 172–175.
- https://www.researchgate.net/publication/233832453_Color_and_Shade_Matching_in_Dentistry
- Sharma, R., Drummond, R., Wiltshire, W., Schroth, R., Lekic, M., Bertone, M., & Tate, R. (2021). Quality of life in an adolescent orthodontic population: Invisalign versus fixed appliances. *The Angle Orthodontist*, 91(6), 718–724. <https://doi.org/10.2319/062820-592.1>
- Sikri, V. (2010). Color: Implications in dentistry. *Journal of Conservative Dentistry : JCD*, 13(4), 249. <https://doi.org/10.4103/0972-0707.73381>
- Simon, M., Keilig, L., Schwarze, J., Jung, B. A., & Bourauel, C. (2014). Treatment outcome and efficacy of an aligner technique--regarding incisor torque, premolar derotation and molar distalization. *BMC Oral Health*, 14(1), 1-7. <https://doi.org/10.1186/1472-6831-14-68>

- Srivastava, R., Jyoti, B., Kushwaha, S., & Shastri, A. (2017). Sequential removal orthodontics: an alternative approach. *International Journal of Contemporary Medical Research International Journal of Contemporary Medicine Surgery and Radiology*, 2(1), 32–36.
- Taneja, S., Kumar, M., Agarwal, P. M., & Bhalla, A. (2018). Effect of potential remineralizing agent and antioxidants on color stability of bleached tooth exposed to different staining solutions. *Journal of Conservative Dentistry : JCD*, 21(4), 378–382. https://doi.org/10.4103/JCD.JCD_354_17
- Thukral, R., & Gupta, A. (2015). INVISALIGN: INVISIBLE ORTHODONTIC TREATMENT-A REVIEW. *Journal of Advanced Medical and Dental Sciences Research |Vol*, s42–s44. <http://www.dentistryiq.com/articles/2013/10/an->
- Vichi, A., Louca, C., Corciolani, G., & Ferrari, M. (2011). Color related to ceramic and zirconia restorations: a review. *Dental Materials: Official Publication of the Academy of Dental Materials*, 27(1), 97–108. <https://doi.org/10.1016/J.DENTAL.2010.10.018>
- Wee, A. G., Lindsey, D. T., Kuo, S., & Johnston, W. M. (2006). Color accuracy of commercial digital cameras for use in dentistry. *Dental Materials: Official Publication of the Academy of Dental Materials*, 22(6), 553–559. <https://doi.org/10.1016/J.DENTAL.2005.05.011>

ANEXOS

Anexo 1



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

Identificação do Estudante: Maria Benedita Rodrigues Palma Covas Lima, nº112393

Título do Trabalho: Comparação de técnicas de termoformação de alinhadores *in-office*.

Excelentíssimo Prof. Doutor Mário Cruz Polido,

A aluna Maria Benedita Covas Lima, vem por este meio solicitar o acesso ao Biomaterials Lab para realização do projeto final do MIMD, intitulado de “Comparação de técnicas de termoformação de alinhadores *in-office*”, orientado pelo Prof. Doutor Hélder Nunes Costa. Com a necessidade da utilização do espectrofotómetro para a medição das diferenças de cor entre os espécimes (alinhadores).

Atenciosamente, com os melhores cumprimentos,

Monte da Caparica, 24 de Novembro de 2020

Assinado por: **MÁRIO HUMBERTO DOS SANTOS
CRUZ POLIDO**
Num. de Identificação: BI053292871
Data: 2020.12.21 11:34:51+00'00'



