

INSTITUTO UNIVERSITÁRIO EGAS MONIZ

MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA

ANCORAGEM COM RECURSO A MICRO IMPLANTES EM TRATAMENTOS ORTODÔNTICOS COM ALINHADORES

Trabalho submetido por

Ana Sofia Póvoa Lopes

para a obtenção do grau de Mestre em Medicina Dentária

junho de 2025

INSTITUTO UNIVERSITÁRIO EGAS MONIZ

MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA

ANCORAGEM COM RECURSO A MICRO IMPLANTES EM TRATAMENTOS ORTODÔNTICOS COM ALINHADORES

Trabalho submetido por

Ana Sofia Póvoa Lopes

para a obtenção do grau de **Mestre** em Medicina Dentária

Trabalho orientado por

Prof. Doutora Catarina Isabel Gomes Félix

junho de 2025

AGRADECIMENTOS

Jamais seria possível a realização deste projeto final de curso sem o apoio inestimável de diversas pessoas, às quais pretendo mostrar a minha gratidão:

Em primeiro lugar, começo por agradecer à minha orientadora, Dra. Catarina Isabel Gomes Félix, pelo rigor científico dos seus ensinamentos e por toda a sua atenção, disponibilidade, paciência e simpatia que sempre demonstrou para comigo desde o início ao fim deste projeto.

Ao Instituto Universitário Egas Moniz, por ter feito de mim a pessoa que sou hoje e por me ter proporcionado alguns dos melhores anos da minha vida.

Aos meus pais, que são os meus dois grandes pilares, por todo o amor, carinho e apoio que me faziam chegar, diariamente, ao longo destes 4 anos. Por todos os valores que me ensinaram e ainda por me terem sempre motivado nos momentos mais difíceis, incentivando-me a lutar pelo meu sonho. Um obrigado nunca será suficiente, pois sem eles, não teria chegado ao dia de hoje.

A toda a minha querida família por me felicitarem sempre que atingia os meus objetivos.

Ao meu namorado, Luís, por ter estado sempre ao meu lado quando mais precisei. Por todo o carinho e amor com que sempre me distinguiu. A sua dedicação e apoio incedíveis foram decisivos nesta fase final do meu curso.

À minha parceira de box e grande amiga, Daniela Bilro, por ser um dos meus grandes pilares nesta instituição, não só por acreditar em mim e nas minhas capacidades. Levo uma amiga para a vida.

A todos os amigos em especial à Inês que a Egas Moniz me trouxe, por terem tornado a minha adaptação muito mais simples e por todas as vivências incríveis que juntos disfrutámos.

RESUMO

Os alinhadores ortodônticos transparentes surgiram como uma alternativa estética e confortável aos aparelhos fixos convencionais, oferecendo uma solução mais discreta e funcional para o tratamento ortodôntico. Além disso, permitem um planejamento digital preciso dos movimentos dentários, o que proporciona maior previsibilidade e personalização do tratamento, adaptando-se às necessidades específicas de cada paciente.

Paralelamente, a ancoragem esquelética por meio de micro implantes, trouxe uma revolução na biomecânica ortodôntica. Ao serem inseridos diretamente no osso, esses dispositivos permitem a aplicação de forças ortodônticas sem a necessidade de apoio nos dentes adjacentes, evitando assim efeitos indesejados como a perda de ancoragem ou movimentos dentários não planejados. Os micro implantes destacam-se ainda pela sua simplicidade de instalação, segurança clínica e eficácia mesmo em espaços reduzidos da arcada dentária.

A combinação entre alinhadores e micro implantes representa, assim, um avanço significativo nas abordagens terapêuticas ortodônticas contemporâneas. Esta sinergia torna possível a execução de movimentos dentários complexos e altamente controlados, que seriam de difícil realização apenas com alinhadores. A sua associação com alinhadores permite um menor desconforto para o paciente e uma abordagem mais personalizada. Em casos clínicos que exigem movimentações extensas, retrações anteriores, intrusões, esta combinação tem-se mostrado particularmente vantajosa, contribuindo para tratamentos mais eficazes, previsíveis e satisfatórios.

O objetivo desta revisão narrativa é avaliar de que forma os mecanismos de ancoragem esquelética com recurso a micro implantes, quando associados ao tratamento ortodôntico com alinhadores transparentes, podem permitir obter resultados clínicos mais eficazes e previsíveis.

Palavras-chave: micro implantes, ancoragem esquelética, aparelhos ortodônticos, alinhadores transparentes

ABSTRACT

Clear orthodontic aligners emerged as an aesthetic and comfortable alternative to conventional fixed braces, offering a more discreet and functional solution for orthodontic treatment. In addition, they allow precise digital planning of tooth movements, which provides greater predictability and personalization of treatment, adapting to the specific needs of each patient.

At the same time, skeletal anchorage using micro implants has revolutionized orthodontic biomechanics. By being inserted directly into the bone, these devices allow the application of orthodontic forces without the need for support from adjacent teeth, thus avoiding unwanted effects such as loss of anchorage or unplanned tooth movements. Micro implants also stand out for their ease of installation, clinical safety and effectiveness even in small spaces in the dental arch.

The combination of aligners and micro implants thus represents a significant advance in contemporary orthodontic therapeutic approaches. This synergy makes it possible to perform complex and highly controlled tooth movements that would be difficult to perform with aligners alone. Their combination with aligners allows for less discomfort for the patient and a more personalized approach. In clinical cases that require extensive movements, anterior retractions, and intrusions, this combination has proven to be particularly advantageous, contributing to more effective, predictable, and satisfactory treatments.

The objective of this narrative review is to evaluate how skeletal anchorage mechanisms using micro implants, when associated with orthodontic treatment with clear aligners, can allow for more effective and predictable clinical results.

Keywords: mini-implants, skeletal anchorage, orthodontic appliances, clear aligners

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO	13
1.1. Contextualização	13
1.2. Metodologia de pesquisa.....	15
1.3. Objetivo	15
2. DESENVOLVIMENTO	17
2.1. Alinhadores	17
2.2. Movimentos Dentários realizados pelos Alinhadores	21
2.2.1. Inclinação	21
2.2.2. Translação	22
2.2.3. Torque	23
2.2.4. Intrusão	24
2.2.5. Extrusão	24
2.2.6. Distalização	26
2.3. Vantagens dos Alinhadores Estéticos.....	27
2.4. Desvantagens dos Alinhadores Estéticos	28
2.5. Limitações dos Alinhadores na Movimentação Dentária	29
2.6. Ancoragem ortodôntica.....	30
2.7. Micro implantes	31
2.7.1. Características dos Micro implantes	32
2.7.2. Indicações dos Micro implantes.....	33
2.7.3. Contra-indicações dos Micro implantes.....	33
2.8. Fatores que Influenciam a Eficácia da Ancoragem Esquelética com Micro implantes.....	34
2.9. Localizações anatómicas para a colocação de micro implantes	34
2.9.1. Regiões para colocação de Micro implantes interradiculares	35
2.9.2. Regiões para colocação de Micro implantes extra alveolares na Maxila.....	37
2.9.2.1. Crista infrazigomática	37
2.9.2.2. Tuberosidade maxilar.....	38

2.9.3. Regiões para colocação de Micro implantes extra alveolares na Mandíbula	38
2.9.3.1. Plataforma vestibular e região posterior da mandíbula	38
2.9.3.2. Ramo Ascendente da Mandíbula	39
2.9.4. Palato	40
2.10. Movimentos Dentários realizados pelos Micro Implantes	41
2.10.1. Intrusão	41
2.10.2. Verticalização de Molares	43
2.10.3. Extrusão	44
2.10.4. Distalização	45
2.10.5. Retração dos dentes anteriores	46
2.11. Ancoragem dos Micro implantes com os Alinhadores	47
3. CONCLUSÕES	49
4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	51

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Alinhador transparente. Adaptado de Srivastava et al. (Srivastava et al., 2017).	20
Figura 2 - a) Movimento de inclinação descontrolada, b) Movimento de inclinação controlada (as setas vermelhas correspondem ao movimento labial e as verdes ao movimento lingual). Adaptado de Jiang et al. (Jiang et al., 2021).....	22
Figura 3 - Representação esquemática do movimento de translação de um canino mandibular utilizando inserções elipsoidais. Adaptado de Hennessy & Al-Awadhi (Hennessy & Al-Awadhi 2016).....	23
Figura 4 - Power Ridges nos incisivos superiores. Adaptado de Noar et al. (Noar et al., 2015).....	23
Figura 5 - Intrusão de um incisivo central através da utilização de botões vestibulares e linguais, permitindo a aplicação de um elástico que gera a força de pressão. Adaptado de Chaudret (Chaudret, 2018).....	24
Figura 6 - Extrusão do canino lateral superior esquerdo por tração elástica do botão transparente ao alinhador. Adaptado de Chen et al. (Chen et al., 2017).....	25
Figura 7 - Simulação 3D do processo de distalização dos molares. Representação da situação inicial (a roxo) e da situação planeada (a branco). Adaptado de Alami et al. (Alami et al., 2021)	27
Figura 8 - Constituição do Micro implante: a) cabeça; b) perfil transmucoso; c) ponta activa. Adaptado de Araújo et al. (Araújo et al., 2006).....	32
Figura 9 - a) Colocação de um micro implante infrazigomático entre o primeiro e o segundo molar. b) Na vista oclusal, o local ideal para a colocação do micro implante está representado por um círculo. Adaptado de Chang et al. (Chang et al., 2018).....	37
Figura 10 - Ortopantomografia ilustrativa de um micro implante na tuberosidade maxilar. Adaptado de Sada (Sada, 2016).....	38
Figura 11 - Micro implante na Buccal Shelf Mandibular. Adaptado de Thiesen (Thiesen, 2021).....	39

Figura 12 - Micro implantes no ramo ascendente da mandíbula para verticalização de molares impactados e horizontalizados. Foi colocado um botão nos molares e aplicada uma força de tração entre o botão e o micro implante. Adaptado de Chang, Lin & Eugene Roberts (Chang, Lin & Eugene Roberts, 2018).....	40
Figura 13 - Posicionamento de micro implantes para a intrusão de um grupo de dentes posteriores. Adaptado de Araújo et al. (Araújo et al., 2006).....	42
Figura 14 - Colocação de micro implante na região retromolar para verticalização do molar. Adaptado de Araújo et al. (Araújo et al., 2006).....	43
Figura 15 - As radiografias obtidas durante (Tx) e após o tratamento (Post-Tx), bem como as fotografias intraorais, evidenciam a extrusão bem-sucedida dos caninos superiores, previamente impactados em profundidade (indicados por setas vermelhas), através da utilização de mini-implantes infrazigomáticos como meio de ancoragem (indicados por setas azuis). Adaptado de Chang et al.,2018 (Chang et al., 2018).....	44
Figura 16 - Colocação de micro implantes para distalização de molares através de sliding jigs. Adaptado de Araújo et al. (Araújo et al., 2006)	46
Figura 17 - Retração de dentes anteriores com micro implantes. Adaptado de Araújo et al. (Araújo et al., 2006)	47

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - “Algumas marcas de Alinhadores disponíveis no mercado” (retirado de Ortodontia Invisível Com Alinhador Dentário - Angel Aligner, 2025; Accueil - Les Aligneurs Transparents Smilers® - Smilers, 2024; Alinhadores Transparentes Spark | a Diferença Spark, 2025; Smartee – Alinhadores Dentários Invisíveis, 2023; Invisalign, 2023; ClearCorrect® | Transparente. Simples. Simpático., 2025).....20

Tabela 2 - Localizações interradiculares mais seguras para colocação de micro implantes na maxila.....36

Tabela 3 - Localizações interradiculares para colocação de micro implantes na mandíbula 36

LISTA DE ABREVIATURAS

3D = 3 Dimensional

CAD - Computer-aided design

CAM - Computer-aided manufacturing

CBCT - Cone Beam Computed Tomography

IPR – Interproximal Reduction

mm – Milímetros

MoC - Momento de controlo

MoF - Momento de força

Post-tx - Após o tratamento

Tx - Durante o tratamento

1. INTRODUÇÃO

1.1. Contextualização

Atualmente, os alinhadores transparentes desempenham um papel relevante na ortodontia contemporânea, especialmente em pacientes que desejam evitar o uso de aparelhos fixos convencionais, procurando uma solução mais estética, confortável e tecnologicamente avançada (Coelho et al., 2022).

O tratamento com alinhadores transparentes, apresenta diversas vantagens em comparação aos aparelhos ortodônticos fixos tradicionais, como melhorias estéticas, menor incidência de urgências clínicas, maior conforto, facilidade na higiene e benefícios para a saúde periodontal (Haouili et al., 2020).

No entanto, algumas más oclusões e casos ortodônticos mais complexos permanecem difíceis de corrigir exclusivamente com alinhadores transparentes (Coelho et al., 2022).

A introdução de diversos componentes auxiliares no tratamento com alinhadores ortodônticos trouxe inúmeras vantagens para o ortodontista, ao otimizar tanto a biomecânica como a variedade de más oclusões passíveis de tratamento (Hennessy & Al-Awadhi, 2016).

Os dispositivos temporários de ancoragem, como os micro implantes, têm sido amplamente utilizados devido à sua fácil aplicação e remoção, à possibilidade de inserção em diferentes regiões da arcada, inclusive entre raízes dentárias, e à capacidade de suportar carga ortodôntica imediata, em semelhança com os implantes dentários convencionais (Choi et al., 2009).

Os micro implantes possuem diversas aplicações clínicas, podendo ser utilizados com o objetivo de atuar sobre grupos de dentes ou apenas dentes unitários, dependendo do objetivo do tratamento. Vários estudos descrevem a sua utilização para alcançar uma ampla gama de movimentos dentários ortodônticos, tais como a intrusão (Nienkemper et al., 2012), encerramento de espaços, distalização, mesialização (Teruko Takano-Yamamoto & Kuroda, 2007), extrusão, tração de dentes impactados (Chane-Fane &

Darqué, 2015), correção de planos oclusais inclinados (Bowman, 2017) e no auxílio de tratamentos de ortopedia funcional, nomeadamente, expansão palatina rápida e correção de classes II e III esqueléticas (Esenlik et al., 2015; Baumgaertel, 2014; Fatma Deniz Uzuner & Belma Işık Aslan, 2015).

Estes dispositivos, inseridos no osso alveolar, proporcionando ancoragem direta ou indireta com uma boa estabilidade, revelam ser um recurso valioso em casos clínicos mais complexos (Chang et al., 2016).

Os locais mais frequentemente utilizados para a colocação de micro implantes ortodônticos na mandíbula incluem o processo o ramo mandibular, alveolar inter-radicular, a região retromolar e a plataforma vestibular. Na maxila são: o palato, a crista infrazigomática, a tuberosidade maxilar e o processo alveolar, tanto na região vestibular quanto na palatina, entre as raízes dentárias (Mallick et al., 2021; Papadopoulos & Tarawneh, 2007).

A avaliação da área inter-radicular constitui um passo essencial no planeamento prévio à colocação dos micro implantes. Um dos locais mais seguros, disponíveis nos espaços inter-radulares da maxila ou mandíbula estão entre o segundo e o primeiro pré-molares, entre cinco a onze milímetros da crista alveolar (Alkadhimi & Al-Awadhi, 2018).

Determinadas características das más oclusões, bem como a abordagem de casos ortodônticos mais complexos, apresentam limitações em termos de controlo e previsibilidade do tratamento quando realizados exclusivamente com alinhadores transparentes (Haouili et al., 2020).

Movimentos rotacionais e verticais, por exemplo, estão entre os mais desafiadores movimentos ortodônticos. Em rotações inferiores a 1,5°, é frequente recorrer-se a desgastes interproximais (IPR – *Interproximal reduction*) para criar pequenos espaços que facilitem o movimento dos dentes. Já em rotações maiores, torna-se necessário o uso de recursos auxiliares, como micro implantes ou botões com elásticos (binários de força), embora esses métodos nem sempre garantam a correção completa do problema (Mendes Ribeiro et al., 2023).

Estes dispositivos atuam de forma híbrida com o alinhador ortodôntico, permitindo que o ortodontista aproveite o melhor de cada sistema, tornando-se mais

previsível a execução de mecânicas mais complexas que possam ser necessárias em alguma etapa do tratamento (Celenza, 2012).

Neste sentido, torna-se importante entender de que forma é que a combinação de dispositivos de ancoragem esquelética, através dos micro implantes, durante e/ou após o tratamento ortodôntico com alinhadores, pode revelar-se vantajosa para superar as limitações ainda presentes no uso exclusivo dos alinhadores transparentes (Bowman et al., 2015).

1.2. Metodologia de pesquisa

Para a realização desta revisão narrativa, foi realizada uma revisão com base em artigos científicos publicados entre 2004 e 2024, recorrendo às bases de dados PubMed, Google Scholar, SciELO, ScienceDirect, B-on e Scopus. Para a pesquisa, foram selecionadas as seguintes palavras-chave: “mini-implants”, “orthodontic anchorage procedures”, “Orthodontic appliances” e “clear aligner appliances”.

1.3. Objetivo

O objetivo desta revisão narrativa é avaliar de que forma os mecanismos de ancoragem esquelética com recurso a micro implantes, quando associados ao tratamento ortodôntico com alinhadores transparentes, podem permitir obter resultados clínicos mais eficazes e previsíveis.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1. Alinhadores

O conceito de utilizar alinhadores transparentes para corrigir a posição dentária surgiu pela primeira vez em 1944, com o Posicionador Dentário da TP Orthodontics, demonstrando que essa abordagem faz parte da prática ortodôntica há décadas (Weir, 2017).

Harold Kesling, em 1940, destacou-se como pioneiro ao desenvolver um alinhador ortodôntico fabricado em borracha flexível, obtido a partir do enceramento laboratorial dos dentes posicionados em oclusão de Classe I. Este dispositivo tinha como principal objetivo a correção de ligeiros apinhamentos dentários, sendo especialmente utilizado para o aperfeiçoamento das fases finais do tratamento ortodôntico, através da realização de pequenos movimentos na arcada dentária (Hennessy & Al-Awadhi, 2016).

Mais tarde, em 1964, Henry Nahoum aperfeiçoou a técnica proposta por Kesling ao introduzir um método de confecção de alinhadores através a vácuo. Esta técnica consistia na secção dos dentes anteriores apinhados no modelo em gesso, os quais eram reposicionados com cera, de acordo com o alinhamento pretendido. A partir deste modelo modificado, tornou-se possível moldar diversos materiais termoplásticos por vácuo, permitindo a produção de alinhadores capazes de promover movimentos dentários controlados (Bichu et al., 2023).

No entanto, foi apenas em 1998 que a empresa Align Technology, Inc.[®] lançou o sistema Invisalign[®] no mercado e, desde então, os alinhadores transparentes tornaram-se um recurso cada vez mais comum na ortodontia contemporânea (Figura 1) (Weir, 2017).

Os alinhadores ortodônticos transparentes têm registado um crescimento exponencial em termos de utilização clínica e aceitação por parte dos pacientes, representando uma evolução significativa no tratamento ortodôntico. Estes dispositivos são removíveis e esteticamente discretos, disponibilizados atualmente por diversas marcas comerciais, têm promovido uma mudança substancial na abordagem ortodôntica contemporânea, ao permitirem uma intervenção eficaz com menor impacto visual e psicossocial. Em comparação com os aparelhos ortodônticos fixos convencionais, os

alinhadores transparentes oferecem vantagens claras em termos de estética, conforto e aceitação social, aspetos que contribuem para uma maior adesão ao tratamento por parte dos pacientes, principalmente em pacientes adultos (Alami et al., 2022).

A Align Technology, Inc.[®] (Santa Clara, CA, EUA) lançou o sistema Invisalign[®] em 1998, introduzindo a tecnologia CAD/CAM (*computer-aided design / computer-aided manufacturing*) na Ortodontia. Inicialmente, os alinhadores foram comercializados como uma alternativa aos aparelhos fixos tradicionais para casos simples de má oclusão, como ligeiro apinhamento ou encerramento de pequenos diastemas. Com o tempo, contudo, a gama de casos passíveis de tratamento com alinhadores alargou-se, tornando esta abordagem cada vez mais versátil na ortodontia (Lombardo et al., 2017).

A maioria dos alinhadores transparentes é comumente confeccionado mediante o envio dos registos dos pacientes — como ficheiros digitais, radiografias, exames clínicos e fotografias — para laboratórios externos especializados no desenvolvimento destes dispositivos. No entanto, este paradigma tem vindo a alterar-se, fruto da diminuição dos custos associados aos equipamentos necessários para a produção de alinhadores no próprio consultório (Shah et al., 2022).

Na tentativa de conciliar dois objetivos centrais — proporcionar ao clínico um maior controlo sobre o tratamento, possivelmente até um controlo total, e reduzir os custos associados aos alinhadores, que acabam inevitavelmente por recair sobre o paciente — tem-se verificado um aumento significativo no interesse dos ortodontistas pela produção e desenvolvimento direto de alinhadores. Esta prática, geralmente designada por In-Office, tem ganho destaque na literatura (Chen et al., 2017; Sharma et al., 2021).

Desta forma, através da impressão 3D, os ortodontistas passam a dispor de um controlo mais preciso sobre os seus planos de tratamento, o que se traduz numa abordagem mais eficaz, previsível e rápida para os pacientes (Harikrishnan & Subramanian, 2023).

O primeiro passo na confeção dos alinhadores consiste na aquisição de dados intraorais, os quais podem ser obtidos através de scaneamento digital ou, alternativamente, por meio de impressões em elastómero. No entanto, considerando que o fluxo digital visa precisamente eliminar a etapa das impressões, o scaneamento intraoral

tornou-se a opção mais vantajosa, permitindo a redução do espaço físico necessário para o armazenamento dos modelos dos pacientes no consultório (Christensen, 2017).

No entanto, o tratamento com alinhadores transparentes não se restringe unicamente à sua utilização isolada. Em casos clínicos que exigem movimentos ortodônticos mais complexos, como o movimento em bloco dos dentes ou a necessidade de reforço de ancoragem, é frequentemente indispensável o uso de elementos auxiliares. Entre esses, destacam-se os *attachments*, *pressure points* ou *power ridges* e *bite ramps* (usados para aplicar forças direcionadas e ajudar a mover os dentes para a posição desejada). Paralelamente, podem ser integrados outros dispositivos habitualmente utilizados na ortodontia fixa convencional, com o propósito de potenciar os resultados clínicos, incluindo botões e dispositivos temporários de ancoragem e elásticos intermaxilares (Weir, 2017).

A implementação dos *attachments* visa otimizar a eficácia da biomecânica dos alinhadores, ao possibilitar a aplicação de vetores de força adicionais que alteram a resultante das forças exercidas sobre cada dente, permitindo, dessa forma, a realização de movimentos dentários mais complexos (Arango, 2011).

Importa salientar que os *attachments* não são elementos ativos, na medida em que não geram forças por si próprios. Tratam-se, antes, de componentes passivos que interferem com a deformação elástica do alinhador, provocada pela discrepância entre a posição real do dente e a forma ideal do alinhador. Essa interação permite a criação de novos vetores de força que orientam o dente na direção desejada. A geometria, a localização e as dimensões dos *attachments* constituem fatores determinantes do tipo de movimento pretendido e, conseqüentemente, do plano de tratamento mais adequado para cada caso clínico, uma vez que diferentes configurações influenciam de forma significativa tanto a direção das forças como a magnitude (Arango, 2011; Costa et al., 2020).





Desde então, os diferentes sistemas de alinhadores têm sido continuamente aprimorados e expandidos globalmente, conquistando um número crescente de utilizadores. Se no início a sua aplicação se limitava à correção de más oclusões de Classe I, hoje é possível tratar casos mais complexos, incluindo más oclusões de Classe II e III severas, além de colaborar em tratamentos ortodôntico-cirúrgicos (Chan & Darendeliler, 2017).



Figura 2 - Alinhador transparente. Adaptado de Srivastava et al. (Srivastava et al., 2017).

Atualmente existe uma grande variedade de marcas de alinhadores dentro das quais são exemplo as apresentadas na Tabela 1.

Tabela 3 - “Algumas marcas de Alinhadores disponíveis no mercado” (retirado de Ortodontia Invisível Com Alinhador Dentário - Angel Aligner, 2025; Accueil - Les Aligneurs Transparents Smilers® - Smilers, 2024; Alinhadores Transparentes Spark | a Diferença Spark, 2025; Smartee – Alinhadores Dentários Invisíveis, 2023; Invisalign, 2023; ClearCorrect® | Transparente. Simples. Simpático., 2025).

Marca	Logo	Ano de lançamento
Invisalign®		1998
Spark®		2017
Smilers®		1987
Angel Aliner®		2003
Smartee®		2004
Clearcorrect®		2008

2.2. Movimentos Dentários realizados pelos Alinhadores

2.2.1. Inclinação

Segundo Proffit, a aplicação de uma força simples sobre a coroa do dente, afastada do seu centro de resistência, origina um movimento de inclinação que pode ser controlada ou descontrolada (Proffit et al., 2019).

A inclinação descontrolada resulta do momento de rotação gerado, provocando a rotação do dente em torno do seu centro de resistência, com deslocação da coroa numa determinada direção e do ápice radicular em sentido oposto (Proffit et al., 2019).

Na inclinação controlada, o ortodontista promove o movimento da coroa dentária mantendo o ápice radicular praticamente imóvel, o que faz com que o centro de rotação coincida com a extremidade apical da raiz (Figura 2) (Proffit et al., 2019).

A movimentação dos dentes para vestibular ou para lingual com o uso de alinhadores transparentes não apresenta grandes desafios, desde que exista um espaço adequado ou um intervalo interoclusal que permita o movimento vestibulo lingual dos dentes. Para facilitar esse movimento, é fundamental considerar a sobreposição vertical dos dentes envolvidos. Por outras palavras, quando um dente que precisa de ser movido no sentido vestibulo-lingual está sobrerupcionado em relação ao plano oclusal, como acontece em casos de mordida cruzada, esse movimento torna-se mais difícil. Isto deve-se ao fato de ser necessário um espaço inter-oclusal maior, que nem sempre está disponível ou é confortável para o paciente. Uma solução possível, é realizar primeiro a intrusão do dente sobrerupcionado e só depois proceder à sua movimentação vestibulo-lingual. No entanto, esta abordagem pode tornar o tratamento mais complexo e demorado (Tarek El-Bialy et al., 2016).

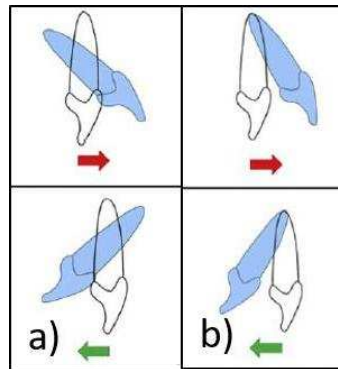


Figura 2 - a) Movimento de inclinação descontrolada, b) Movimento de inclinação controlada (as setas vermelhas correspondem ao movimento labial e as verdes ao movimento lingual). Adaptado de Jiang et al. (Jiang et al., 2021).

2.2.2. Translação

Para a realização de movimentos de translação com alinhadores ortodônticos transparentes, como no encerramento de espaços resultantes de extrações dentárias, recomenda-se a utilização de *attachments* verticais de formato retangular. A eficácia deste tipo de movimento depende da aplicação da força ortodôntica o mais próximo possível do centro de resistência do dente ou da sua associação com um momento de contra força, de modo a minimizar inclinações indesejadas da coroa dentária. Neste contexto, dispositivos auxiliares como micro implantes revelam-se estratégicos, pois permitem a aplicação de forças através de elásticos numa posição mais próxima do centro de resistência dos dentes. Esta abordagem contribui significativamente para o controlo da inclinação radicular, promovendo a manutenção do paralelismo entre as raízes durante o movimento dentário (Hennessy & Al-Awadhi, 2016).

Os *attachments* poderão igualmente possibilitar a realização de movimentos dentários em bloco, de forma semelhante aos brackets vestibulares, através da aplicação de momento de força (MoF) e momento de controlo (MoC), (Figura 3) (Hennessy & Al-Awadhi, 2016).

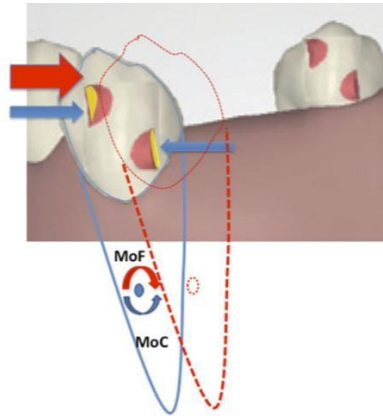


Figura 3 - Representação esquemática do movimento de translação de um canino mandibular utilizando inserções elipsoidais. Adaptado de Hennessy & Al-Awadhi (Hennessy & Al-Awadhi 2016).

2.2.3. Torque

No âmbito do tratamento ortodôntico com alinhadores transparentes, o movimento de torque refere-se ao deslocamento do dente no sentido vestibulo-lingual em torno do seu centro de resistência, de forma que a coroa e a raiz se movimentem em direções opostas (Hennessy & Al-Awadhi, 2016).

Os alinhadores transparentes seguem os mesmos princípios biomecânicos de movimentação dentária que os restantes aparelhos ortodônticos. No entanto, devido à elasticidade das suas margens gengivais, podem apresentar limitações no controlo dos movimentos radiculares — limitação essa que pode ser atenuada através da utilização de *power ridges* (Figura 4) (Jiang et al., 2021).



Figura 4 - Power Ridges nos incisivos superiores. Adaptado de Noar et al. (Noar et al., 2015).

2.2.4. Intrusão

O movimento de intrusão, consiste no deslocamento vertical do dente em direção ao interior do osso alveolar (Viridi, 2012).

Jedliński (2023) demonstrou que os *attachments* horizontais ou retangulares são eficazes na indução do movimento de intrusão. No entanto, é comum a aplicação de *attachments* de retenção nos dentes adjacentes àqueles que necessitam desse tipo de movimento, com o objetivo de evitar a desadaptação do alinhador.

Por conseguinte, é essencial que o paciente seja devidamente informado sobre esta possibilidade antes do início do tratamento (Jedliński et al., 2023).

A utilização de botões vestibulares e linguais permitem a aplicação de elásticos para gerarem a força para o movimento de intrusão, tal como mostra a Figura 5 (Chaudret, 2018).

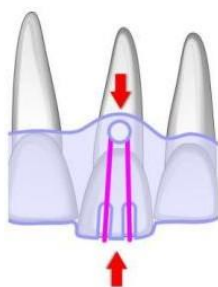


Figura 5 - Intrusão de um incisivo central através da utilização de botões vestibulares e linguais, permitindo a aplicação de um elástico que gera a força de pressão. Adaptado de Chaudret (Chaudret, 2018).

2.2.5. Extrusão

A extrusão de molares com recurso a alinhadores ortodônticos revela-se significativamente mais desafiante do que quando realizada através de mecânicas ortodônticas convencionais (Rossini et al., 2015).

A extrusão dentária destaca-se como o movimento ortodôntico com menor precisão na obtenção da posição final prevista, possivelmente devido à limitação do

material dos alinhadores em exercer forças eficazes no sentido vertical. Este tipo de movimento é frequentemente aplicado na correção de mordidas abertas, especialmente através da extrusão dos dentes anteriores. De acordo com a literatura disponível até 2014, apenas cerca de 30% do movimento planejado era, em média, efetivamente atingido. Os incisivos maxilares (18%) e mandibulares (25%) foram os que demonstraram os menores níveis de precisão na execução deste tipo de movimento (Kravitz et al., 2009; Rossini et al., 2015; Giancotti et al., 2017).

Segundo Savignano, (2019), a extrusão de um incisivo central superior só é eficaz quando associada ao uso de *attachments*. Ao comparar diferentes tipos de *attachments* — um retangular palatino (2,0 mm x 4,0 mm x 1,5 mm), um retangular vestibular (2,0 mm x 4,0 mm x 1,5 mm) e um elipsoidal vestibular (2,5 mm x 4,0 mm x 1,5 mm) — verificou-se que o *attachment* retangular palatino foi o mais eficaz na promoção da extrusão. Neste caso, a posição do *attachment*, seja mais incisal ou mais cervical, revelou-se ainda mais relevante do que a sua forma geométrica para alcançar um resultado clínico otimizado (Savignano et al., 2019).

A sobreposição dos modelos digitais obtidos antes e após o tratamento permitem visualizar, com detalhe, os movimentos realizados por cada dente, com base em áreas de referência específicas (Figura 6), (Chen et al., 2017).



Figura 6 - Extrusão do canino lateral superior esquerdo por tração elástica do botão transparente ao alinhador. Adaptado de Chen et al. (Chen et al., 2017).

2.2.6. Distalização

A distalização dos dentes superiores é indicada em casos de má oclusão de Classe II, com o objetivo de reposicionar os dentes maxilares numa posição mais posterior, promovendo uma adequada intercuspidação molar e canina, evitando assim a necessidade de extração de pré-molares. Tradicionalmente, este movimento é obtido através da utilização de aparelhos extraorais de tração cervical ou de aparelhos do tipo pêndulo. Embora estas abordagens se tenham revelado eficazes, apresentavam algumas limitações. No caso dos aparelhos pêndulo, exige-se precaução face ao possível deslocamento mesial dos pré-molares e inclinação distal das coroas dos molares. Por sua vez, os dispositivos de tração cervical podem estar associados ao aumento da dimensão esquelética e da altura facial anterior (Fuzy et al., 2006; Lione et al., 2015; Doruk et al., 2016).

Estudos conduzidos por Simon et al. (2014) e por Ravera et al. (2016) demonstraram que a utilização de alinhadores transparentes, em associação com elásticos de Classe II e *attachments*, permitem alcançar uma distalização dos molares superiores por meio de translação, em pacientes adultos. No primeiro estudo, verificou-se ser possível distalizar os molares superiores de forma controlada em aproximadamente 1,5 mm com o auxílio de *attachments*. O estudo subsequente confirmou a possibilidade de distalização dos primeiros molares maxilares em cerca de 2,25 mm e dos segundos molares em aproximadamente 2,52 mm, sem ocorrência de movimentos verticais, inclinação significativa da coroa ou alterações na altura facial. Para garantir a eficácia e o controlo deste movimento, a utilização de *attachments* retangulares e verticais na superfície vestibular dos molares é fundamental para contrariar a tendência à inclinação distal da coroa (Simon et al., 2014; Ravera et al., 2016).

Outro estudo de Simon et al. (2014), teve como objetivo avaliar a eficácia dos alinhadores nos movimentos de torque incisal e distalização dos molares. Entre os movimentos analisados, a distalização molar revelou a maior taxa de precisão, com uma média aproximada de 87%, mesmo sem a utilização de elásticos de Classe II durante o tratamento (Figura 7).



Figura 7 - Simulação 3D do processo de distalização dos molares. Representação da situação inicial (a roxo) e da situação planeada (a branco). Adaptado de Alami et al. (Alami et al., 2021).

2.3. Vantagens dos Alinhadores Estéticos

Os alinhadores estéticos apresentam um *design* praticamente transparente devido ao material utilizado no seu fabrico, o que os torna praticamente indistinguíveis dos dentes naturais. Estes dispositivos ajustam-se de forma precisa às coroas dentárias, garantindo retenção mecânica. Embora possam ocasionar lesões orais, tal ocorre com uma frequência muito baixa, uma vez que não incorporam elementos metálicos, como arcos, *brackets*, botões ou molas, sendo, assim, considerados dispositivos confortáveis. Além disso, ao contrário dos aparelhos fixos, os alinhadores estéticos exigem um planeamento rigoroso e detalhado, realizado por meio de sistemas de *setup*, para determinar a movimentação ou contenção de cada dente de forma precisa (Gonçalves Cardoso et al., 2019; Kumar et al., 2020; Simão & Bittencourt, 2021).

Os sistemas de alinhadores estéticos oferecem ao profissional clínico a possibilidade de reduzir significativamente o tempo de atendimento, uma vez que o tratamento é planeado com antecedência. Além disso, permitem ao paciente visualizar o seu plano de tratamento virtualmente através de diversos *softwares 3D* o que possibilita a análise detalhada de cada fase do tratamento (*staging*). Este recurso favorece uma compreensão mais aprofundada do processo por parte do paciente, contribuindo para uma maior aceitação e adesão ao planeamento proposto (Cordeiro & Zago, 2019).

Os alinhadores apresentam uma maior simplicidade técnica no seu manuseio, o que permite que as consultas sejam agendadas com intervalos mais longos entre si, além de serem relativamente curtas. Isto deve-se ao facto de os alinhadores serem

confeccionados de uma só vez, oferecendo ao paciente a possibilidade de escolher as datas das consultas de acordo com a sua conveniência e necessidades (Kumar et al., 2018).

Em situações em que é necessária, por exemplo, a extração de um dente, o profissional pode optar por solicitar o acrescento de um “pôntico” no alinhador e posteriormente proceder ao preenchimento do mesmo, correspondente ao dente extraído, com resina no próprio alinhador, visando preservar a estética do sorriso (Gonçalves Cardoso et al., 2019; Kumar et al., 2018; Simão & Bittencourt, 2021).

2.4. Desvantagens dos Alinhadores Estéticos

Embora a ortodontia tenha registado avanços significativos, suportados por diversos estudos e inovações tecnológicas, os alinhadores estéticos ainda apresentam algumas limitações. Uma das principais é a necessidade de utilizar uma sequência de alinhadores para efetuar a correção dentária, não sendo possível corrigir apenas com um único alinhador. Atualmente, não existe um método capaz de reduzir o número de alinhadores necessários durante o tratamento, acelerar o processo de movimentação dentária ou melhorar a qualidade do tratamento e dos resultados finais. Investigadores e profissionais da área continuam a trabalhar para alcançar esse objetivo (Elshazly et al., 2022).

Dispositivos removíveis, como os alinhadores invisíveis, podem causar efeitos adversos, como maior disfagia e aumento do fluxo salivar, sendo estes alguns dos efeitos indesejados observados em pacientes que recorrem a este tipo de tratamento (Cardoso et al., 2019).

O tempo e os resultados do tratamento podem ser negativamente comprometidos caso o paciente não compareça às consultas ou não mantenha uma higiene oral adequada (Kumar, Bhardwaj & Garg, 2018).

A colaboração do paciente ao tratamento constitui um fator determinante para o sucesso terapêutico com alinhadores. O cumprimento rigoroso do plano estipulado, através da utilização correta e contínua de todos os alinhadores, é imprescindível para a obtenção dos resultados pretendidos. No entanto, esta dependência do comportamento do

paciente implica uma limitação no controlo direto do tratamento por parte do profissional de saúde (Joffe, 2003).

Sendo que, os alinhadores dispositivos removíveis devem ser retirados durante as refeições, existe uma maior probabilidade de perda por parte do paciente, o que pode comprometer tanto a continuidade quanto a eficácia do tratamento (Srivastava et al., 2017).

Importa igualmente referir que, do ponto de vista económico, os tratamentos com alinhadores representam um custo mais elevado quando comparados com outras abordagens ortodônticas. Tal facto deve-se, em grande medida, aos encargos associados ao software utilizado no planeamento digital do tratamento, bem como aos materiais específicos necessários para a sua execução (Patel et al., 2014).

A suscetibilidade dos alinhadores ortodônticos a choques térmicos provocados pelo consumo de bebidas quentes e frias constitui uma limitação significativa desta terapêutica, uma vez que os materiais plásticos e resinosos utilizados na sua composição, quando expostos a altas temperaturas e ambientes alcalinos, podem libertar Bisfenol A e sofrer alterações estéticas, como manchas. Por essa razão, recomenda-se a remoção dos alinhadores durante as refeições (Sharma et al., 2021).

2.5. Limitações dos Alinhadores na Movimentação Dentária

Apesar dos alinhadores representarem um avanço significativo na ortodontia, persistem algumas limitações associadas à sua utilização. Casos que requerem extrações de pré-molares ou incisivos inferiores, bem como movimentos ortodônticos mais complexos — como intrusões, extrusões, rotações e distalizações dos molares — continuam a apresentar desafios, uma vez que os molares são dentes de maior dimensão e resistência à movimentação, nomeadamente em situações de mordida aberta, mordida profunda severa ou impactação dentária. A eficácia do tratamento também pode ser comprometida em pacientes com múltiplas ausências dentárias, patologias periodontais, coroas clínicas curtas, ou em casos de grandes discrepâncias entre a relação cêntrica e a oclusão cêntrica. Além disso, este sistema restringe o controlo biomecânico direto por parte do profissional durante as consultas. Embora a introdução de *attachments* e a

utilização de elásticos intra e intermaxilares tenham contribuído para ampliar as possibilidades terapêuticas, muitas das limitações biomecânicas do sistema permanecem. O sistema de dispositivos removíveis, é essencialmente limitado a movimentos de inclinação, com ou sem controlo, o que frequentemente resulta na ausência de paralelismo radicular em movimentos de verticalização, retração, extrusão e rotação dentária insuficiente (Gonçalves Cardoso et al., 2019; Lin et al., 2022; Simão & Bittencourt, 2021).

2.6. Ancoragem ortodôntica

De acordo com a terceira lei de Newton, a toda a ação corresponde uma reação de igual intensidade, mas em sentido oposto. Esta lei é essencial em ortodontia, uma vez que, ao aplicarmos forças para movimentar os dentes para uma determinada posição, forças de igual intensidade, mas em direção oposta, atuarão simultaneamente, podendo provocar movimentos dentários indesejados. Com o objetivo de neutralizar estas forças indesejadas, surgiu o conceito de ancoragem ortodôntica, definido como a capacidade de oferecer resistência aos movimentos dentários não pretendidos. Este fenómeno é fundamental na ortodontia, uma vez que a perda de ancoragem pode resultar em movimentos dentários não planeados, comprometendo, assim, o sucesso do tratamento (Roberts-Harry & Sandy, 2004; Nahidh M., 2019).

A ancoragem tradicional baseia-se na utilização de dispositivos clássicos intraorais, como elásticos intermaxilares, de dispositivos de ancoragem extra oral, botão de Nance, assim como, barra lingual e transpalatina. No entanto, estes métodos apresentam algumas limitações, nomeadamente a incapacidade de suportar forças ortodônticas elevadas em tratamentos de maior complexidade, o que pode resultar na movimentação das unidades de ancoragem, além de exigirem a colaboração ativa do paciente (Pereira et al., 2019; Chang et al., 2018).

De acordo com Chang e Tseng (2014), garantir uma ancoragem adequada representa um dos principais desafios na ortodontia e ortopedia dentofacial. Isto deve-se, em grande parte, ao facto de muitos dos métodos utilizados para reforçar a ancoragem ortodôntica, exigem a colaboração ativa do paciente durante o tratamento. O conceito de ancoragem sempre teve um papel essencial no tratamento ortodôntico, sobretudo no que

diz respeito à retenção dos aparelhos e ao controle dos efeitos colaterais indesejáveis resultantes da abordagem terapêutica adotada (Chang & Tseng, 2014).

Com o intuito de superar estas limitações, foram desenvolvidos dispositivos de ancoragem temporários, destacando-se entre eles os micro implantes.

2.7. Micro implantes

A introdução do conceito de utilização de micro implantes como dispositivos de ancoragem temporária em ortodontia remonta a 1997, tendo sido proposta por Kanomi (Crismani et al., 2010).

Desde então, os micro implantes ortodônticos ganharam popularidade, sobretudo pela simplicidade associada à sua colocação e remoção, pelo custo reduzido e pela escassa necessidade de colaboração por parte do paciente (Chang & Tseng, 2014; Papadopoulos & Tarawneh, 2007; Papageorgiou et al., 2012).

O seu valor clínico reside essencialmente na capacidade de manterem uma estabilidade relativa ao osso, no incremento efetivo da ancoragem ortodôntica que proporcionam e na baixa incidência de efeitos adversos ou complicações, que poderiam comprometer a saúde oral ou os resultados do tratamento (Liou et al., 2004; Papageorgiou et al., 2012).

Os micro implantes, como o próprio nome indica, distinguem-se por apresentarem dimensões menores em comparação com os implantes dentários convencionais, sendo a sua colocação e remoção relativamente simples. Estes dispositivos oferecem ao ortodontista uma ancoragem esquelética temporária máxima, sem depender da colaboração do paciente, e podem ser aplicados em diversas situações clínicas (Nosouhian et al., 2015).

Atualmente, o uso de micro implantes em tratamentos ortodônticos tem-se tornado cada vez mais comum, sendo estes removidos assim que a ancoragem deixa de ser necessária (Elias et al., 2012; Becker et al., 2018).

2.7.1. Características dos Micro implantes

Os micro implantes correspondem a dispositivos médicos compostos por uma liga de titânio, apresentando variações dimensionais ao nível do comprimento endo-ósseo, entre 5 mm e 15 mm, e do diâmetro, entre 1,2 mm e 2,3 mm (Alkadhimi & Al-Awadhi, 2018). Habitualmente, possuem uma morfologia cônica ou cilíndrica e uma superfície polida (Araújo et al., 2006). Apesar das diferenças associadas às marcas comerciais, a sua estrutura pode ser, de forma geral, dividida em três porções distintas: a cabeça, o perfil transmucoso e a ponta ativa (Figura 8), (Alkadhimi & Al-Awadhi, 2018; Araújo et al., 2006).

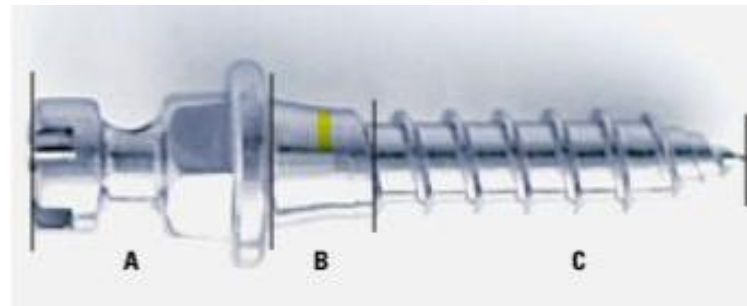


Figura 8 - Constituição do Micro implante: a) cabeça; b) perfil transmucoso; c) ponta activa.

Adaptado de Araújo et al. (Araújo et al., 2006).

Além de proporcionarem uma ancoragem esquelética absoluta, os micro implantes reduzem significativamente a necessidade de colaboração ou intervenção ativa por parte do paciente. Estes fatores contribuem para uma maior eficácia e previsibilidade do tratamento ortodôntico. Acresce ainda que a colocação destes dispositivos é realizada por via transmucosa, não requerendo cirurgia de retalho, o que resulta numa menor prevalência de complicações associada ao procedimento. Esta característica constitui uma vantagem relevante face a outros dispositivos de ancoragem temporária, tais como, por exemplo, as mini-placas (Chang & Tseng, 2014; Verma et al., 2022).

2.7.2. Indicações dos Micro implantes

O sucesso dos micro implantes enquanto unidades de ancoragem depende, em grande medida, da sua estabilidade. Esta estabilidade só pode ser assegurada mediante a elaboração de um plano de tratamento personalizado e cuidadosamente delineado. Na definição deste plano e das suas diferentes fases, compete ao ortodontista determinar os movimentos dentários a realizar e avaliar a necessidade de ancoragem e, com base nesses critérios, estabelecer o número de micro implantes a utilizar, bem como as suas localizações ideais para maximizar a eficácia clínica. (Poggio et al.,2006)

As indicações mais frequentes para a utilização de micro implantes em tratamento ortodôntico incluem a intrusão de dentes sobrerupcionados, a intrusão de molares com o objetivo de corrigir mordidas abertas anteriores, a retração em massa do segmento anterior, a verticalização de molares, a distalização dos mesmos, a tração de caninos impactados e a ancoragem para máscaras faciais (Chang & Tseng, 2014).

2.7.3. Contra-indicações dos Micro implantes

Apesar da sua ampla aplicabilidade, os micro implantes apresentam algumas contraindicações clínicas que devem ser devidamente consideradas no planeamento ortodôntico. A sua utilização não é recomendada em pacientes com dentição decídua ou em fase de dentição mista precoce, dada a instabilidade óssea característica destas fases do desenvolvimento. Para além disso, o tabagismo intenso constitui um fator de risco relevante, tendo sido associado a uma diminuição significativa dos índices de sucesso dos micro implantes ortodônticos (Chang & Tseng, 2014).

O titânio dos micro implantes apresenta potencial para induzir reações alérgicas de tipo IV, conforme estabelecido na classificação das reações de hipersensibilidade (Goutam et al., 2014).

Embora se trate de uma condição rara, a ocorrência de alergia ao titânio pode resultar em consequências clínicas relevantes, tais como edema, dor e eczema, impactando significativamente a qualidade de vida do paciente (Poli et al., 2021).

2.8. Fatores que Influenciam a Eficácia da Ancoragem Esquelética com Micro implantes

A eficácia da ancoragem esquelética por meio de micro implantes ortodônticos, pode ser atribuída à sua capacidade de manter um contato ósseo próximo, o que permite a sua estabilidade relativa dentro do osso e resistência às forças ortodônticas aplicadas. Neste contexto, a competência dos micro implantes em potencializar a ancoragem e, simultaneamente, a minimização da ocorrência de efeitos adversos ou complicações que possam comprometer o sucesso do tratamento, constitui um requisito fundamental para a sua utilização eficaz. Tais características são essenciais para garantir a viabilidade do tratamento ortodôntico e são amplamente reconhecidas na literatura (Liu et al., 2020; Park, 2020).

O diâmetro do micro implante, o biótipo esquelético vertical do paciente, a inflamação dos tecidos peri-implantares e a localização dos micro implantes constituem fatores determinantes para a sua estabilidade e, por conseguinte, para o sucesso do tratamento ortodôntico. A literatura aponta que a desinserção, a inflamação e o edema dos tecidos moles ao redor da região de inserção dos micro implantes, assim como o diâmetro destes dispositivos, estão entre os efeitos colaterais mais frequentemente associados à falha dos micro implantes. Tais complicações têm um impacto direto na viabilidade do tratamento ortodôntico e na eficácia da ancoragem esquelética, representando desafios que devem ser considerados na aplicação clínica desses dispositivos (Chen et al., 2007).

2.9. Localizações anatômicas para a colocação de micro implantes

A determinação da localização ideal, para a colocação do micro implante constitui um fator determinante para a eficácia do tratamento ortodôntico. Esta escolha deve basear-se não apenas nos objetivos terapêuticos pretendidos, mas também na duração estimada do tratamento, uma vez que o tempo de permanência do micro implante na sua posição original pode influenciar diretamente a sua eficácia. Adicionalmente, as condições do tecido gengival no local de inserção, nomeadamente a presença excessiva

de tecido mole ou a ausência de gengiva aderida, devem ser criteriosamente avaliadas, dado que podem comprometer a estabilidade do dispositivo (Baumgaertel et al., 2008).

Por outro lado, a distância interradicular, assim como a proximidade de outras estruturas anatômicas, assume particular relevância na planificação da colocação de micro implantes ortodônticos. A inserção deve ser realizada em regiões onde as raízes dentárias se encontrem adequadamente afastadas, sendo recomendada uma folga mínima de 1 mm de osso alveolar em redor do micro implante, de forma a garantir a preservação da saúde periodontal. Relativamente às estruturas anatômicas adjacentes que podem limitar ou condicionar a colocação do dispositivo, destacam-se o nervo alveolar inferior, o seio maxilar e diversas estruturas vasculares, como artérias e veias (Baumgaertel et al., 2008; Alkadhimi & Al-Awadhi, 2018).

Por fim, a espessura do osso cortical constitui um fator determinante para a estabilidade dos micro implantes, dado que a sua colocação em zonas com espessura óssea adequada promove uma maior estabilidade primária e potencia o sucesso a longo prazo do tratamento ortodôntico (Baumgaertel et al., 2008).

Com base na integração destes vários fatores anatômicos e biomecânicos, diversos autores indicam como locais preferenciais para a inserção de micro implantes as regiões entre o segundo pré-molar e o primeiro molar, bem como entre o primeiro e o segundo molares, na zona vestibular posterior da mandíbula e da maxila (Poggio et al., 2006; Kalra et al., 2014).

2.9.1. Regiões para colocação de Micro implantes interradiculares

Numerosos estudos têm sido desenvolvidos com o propósito de identificar, com base em critérios anatômicos e clínicos, as localizações interradiculares que apresentam maior segurança para a colocação de micro implantes ortodônticos. Estas áreas, identificadas como apresentando menor risco de interferência com estruturas anatômicas adjacentes, são designadas por “zonas seguras” (Alkadhimi & Al-Awadhi 2018; Poggio et al., 2006; Chaimanee et al., 2011). Na maxila, os espaços interradiculares identificados como mais seguros para a colocação de micro implantes são os seguintes (Tabela 2):

Tabela 2 - Localizações interradiculares mais seguras para colocação de micro implantes na maxila

Região	Dentes de Referência	Distância da Crista Alveolar	Referência
Palatina	2º molar e 1º molar superiores	2 a 5 mm	Poggio et al., 2006
Palatina	1º molar superior e 2º pré-molar	2 a 8 mm	Chaimanee et al., 2011
Vestibular e Palatina	2º pré-molar e 1º pré-molar	5 a 11 mm	Alkadhimi & Al-Awadhi, 2018
Vestibular e Palatina	1º pré-molar e canino	5 a 11 mm	Alkadhimi & Al-Awadhi, 2018
Vestibular	1º molar e 2º pré-molar	5 a 8 mm	Poggio et al., 2006
Vestibular	Incisivo central e incisivo lateral	6 mm	Poggio et al., 2006

Por outro lado, na mandíbula, os espaços interradiculares considerados mais seguros para a colocação de micro implantes localizam-se na vertente vestibular (Tabela 3):

Tabela 3 - Localizações interradiculares para colocação de micro implantes na mandíbula

Localização anatómica	Distância à crista alveolar	Referência
Entre o segundo e o primeiro molar	11 mm	Chaimanee et al., 2011
Entre o primeiro molar e o segundo pré-molar	11 mm	Alkadhimi & Al-Awadhi, 2018
Entre o segundo e o primeiro pré-molar	11 mm	Alkadhimi & Al-Awadhi, 2018
Entre o primeiro pré-molar e o canino	11 mm	Alkadhimi & Al-Awadhi, 2018
Entre o incisivo lateral e o canino	6 mm	Alkadhimi & Al-Awadhi, 2018

2.9.2. Regiões para colocação de Micro implantes extra alveolares na Maxila

2.9.2.1. Crista infrazigomática

A crista infrazigomática (IZC) constitui uma localização privilegiada para a colocação de micro implantes, uma vez que permite uma ancoragem eficaz em diversos tratamentos ortodônticos, designadamente a retração do canino, a retração da região anterior, a movimentação em bloco da maxila e a intrusão dentária dos dentes posteriores (Santos & Silveira, 2019).

A crista infrazigomática representa uma zona anatómica privilegiada para a colocação de micro implantes extra-alveolares, uma vez que permite a sua inserção na base da eminência zigomática, sobre a face vestibular do processo alveolar que suporta as raízes dos molares superiores, evitando, assim, o contacto direto com estas estruturas. De acordo com diversos autores, a técnica de inserção deverá ser realizada em duas fases distintas: numa primeira etapa, a ponta do micro implante deve ser introduzida perpendicularmente ao eixo longitudinal do dente; numa segunda fase, após a perfuração da cortical óssea, deve proceder-se à inclinação da chave num ângulo aproximado de 70° no plano frontal, direcionando o implante para a zona vestibular relativamente às raízes dos molares. (Chang, Lin & Yeh, 2018; Liu et al., 2017).

Com o intuito de facilitar a higiene oral e de prevenir a inflamação dos tecidos moles peri-implantares, é recomendável que a cabeça do micro implante fique posicionada a, pelo menos, 5 mm de distância da mucosa (Figura 9) (Chang, Lin & Yeh, 2018).

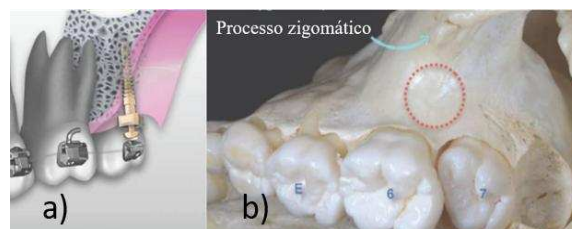


Figura 9 - a) Colocação de um micro implante infrazigomático entre o primeiro e o segundo molar. b) Na vista oclusal, o local ideal para a colocação do micro implante está representado por um círculo. Adaptado de Chang et al. (Chang et al., 2018).

2.9.2.2. Tuberosidade maxilar

A evidência científica relativa à colocação de micro implantes na tuberosidade maxilar é limitada, uma vez que esta região é, regra geral, considerada pouco adequada para este tipo de procedimento. Tal deve-se, sobretudo, à escassa disponibilidade óssea nesta zona, frequentemente comprometida pela presença dos terceiros molares (Figura 10) (Poggio et al., 2006).



Figura 10 - Ortopantomografia ilustrativa de um micro implante na tuberosidade maxilar.
Adaptado de Sada (Sada, 2016).

2.9.3. Regiões para colocação de Micro implantes extra alveolares na Mandíbula

2.9.3.1. Plataforma vestibular e região posterior da mandíbula

A plataforma vestibular corresponde a uma depressão anatômica localizada na região posterior da mandíbula, lateralmente à área dos molares, frequentemente designada por *Buccal shelf* (Figura 11). Esta zona apresenta uma placa cortical vestibular espessa, característica que a torna particularmente favorável à colocação de implantes ósseos. Nesta região, o micro implante é habitualmente inserido paralelamente ao eixo longitudinal do dente, sendo, na maioria das vezes, posicionado distalmente à raiz distal dos segundos molares inferiores ou no espaço entre o primeiro e o segundo molar inferior, nas proximidades da linha mucogengival. (Chang, Lin & Yeh, 2018).



Figura 11 - Micro implante na Buccal Shelf Mandibular. Adaptado de Thiesen (Thiesen, 2021).

Os mini-implantes extra-alveolares possibilitam a utilização de parafusos de maior calibre, com diâmetros entre 1,2 mm e 2 mm e comprimentos variando entre 10 mm e 17 mm, de forma a evitar o recobrimento da cabeça do parafuso pela mucosa livre (Almeida, 2017).

A correta seleção do comprimento do micro implante, bem como a verificação da existência de suporte ósseo circunferencial adequado, são requisitos fundamentais para a sua colocação nesta região. Estas precauções visam minimizar o risco de inclinação ou cisalhamento do micro implante, fatores que podem comprometer a sua estabilidade e levar à falha do dispositivo (Nanda et al., 2020).

2.9.3.2. Ramo Ascendente da Mandíbula

A estrutura óssea do ramo ascendente da mandíbula é predominantemente composta por osso compacto e denso, é que torna esta região particularmente adequada para a fixação cirúrgica e constitui um local favorável para os micro implantes. Do ponto de vista biomecânico, o bordo anterior do ramo ascendente da mandíbula é considerado o local ideal para a colocação de micro implantes de ancoragem, principalmente quando se pretende a verticalização de molares impactados horizontalmente (Figura 12), (Chang, Lin & Yeh, 2018).

A localização ideal dos micro implantes para um trajeto direto de tração sem interferência oclusal é a meio, entre a crista oblíqua externa e a crista oblíqua interna do ramo ascendente, cerca de 5-8 mm acima do plano oclusal (Chang, Lin & Eugene Roberts, 2018).

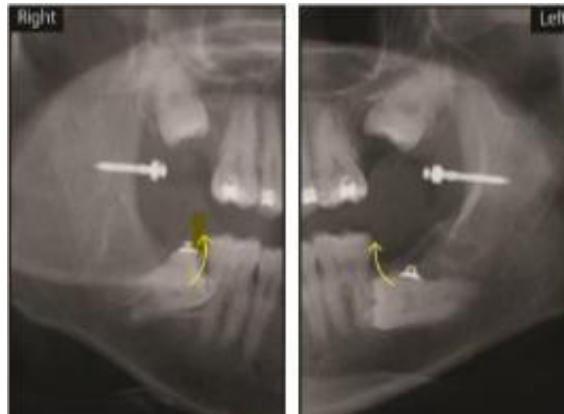


Figura 12 - Micro implantes no ramo ascendente da mandíbula para verticalização de molares impactados e horizontalizados. Foi colocado um botão nos molares e aplicada uma força de tração entre o botão e o micro implante. Adaptado de Chang, Lin & Eugene Roberts (Chang, Lin & Eugene Roberts, 2018).

2.9.4. Palato

A região palatina tem sido progressivamente adotada como um local privilegiado para a colocação de micro implantes ortodônticos, revelando-se eficaz em diversos tipos de tratamento, nomeadamente na intrusão de molares, na protração molar e na retração do segmento dentário anterior (Nanda et al., 2020).

A tração de caninos inclusos pode ser realizada por diversas técnicas, sendo habitualmente associada à instalação de aparelho ortodôntico fixo. No entanto, a utilização de micro implantes ortodônticos, quando corretamente posicionados, constitui uma alternativa eficaz, permitindo a aplicação de forças direcionadas sem a necessidade de recorrer a aparelhos fixos convencionais e evitando, simultaneamente, a movimentação indesejada de dentes adjacentes (Marassi et al., 2005).

Esta região apresenta diversas vantagens, nomeadamente o fácil acesso para a colocação dos dispositivos e a presença de osso cortical espesso, o que garante uma

qualidade e quantidade óssea adequadas ao suporte dos micro implantes (Mallick et al., 2021; Nienkemper et al., 2012). Para além disso, a menor irritação dos tecidos moles, a queratinização dos tecidos que recobrem os ossos palatinos e a ausência de estruturas anatómicas relevantes — como raízes dentárias, nervos ou vasos sanguíneos — que possam interferir com a colocação ou com a mecânica ortodôntica desejada, tornam esta zona particularmente favorável. Por estas razões, os micro implantes palatinos são frequentemente inseridos em diferentes áreas do palato, incluindo a região anterior, a região média e a região posterior (Lyu et al., 2020; Nanda et al., 2020).

2.10. Movimentos Dentários realizados pelos Micro Implantes

Os micro implantes ortodônticos representam uma ferramenta fundamental no tratamento ortodôntico contemporâneo, ao viabilizarem a execução de movimentos dentários complexos, tais como a intrusão de dentes para correção de mordidas profundas, distalização de dentes posteriores, retração em massa de dentes anteriores, erupção de dentes impactados e verticalização de molares, ampliando assim as possibilidades terapêuticas com maior controle e previsibilidade (Lyu et al., 2020; Mallick et al., 2021).

Os micro implantes ortodônticos configuram-se como uma alternativa terapêutica eficaz na correção de discrepâncias sagitais e transversais, possibilitando, em determinados casos, a dispensa de procedimentos cirúrgicos ortognáticos mais invasivos (Papadopoulos & Tarawneh, 2007).

2.10.1. Intrusão

A intrusão dentária, quer de dentes anteriores quer de posteriores, representa um dos movimentos mais desafiadores da ortodontia convencional devido ao risco de extrusão indesejada dos dentes de ancoragem. A utilização de micro implantes, ao fornecerem ancoragem esquelética estável e independente da colaboração ativa do paciente, representa uma solução eficaz para superar as limitações biomecânicas tradicionais associadas à perda de ancoragem (González Espinosa et al., 2020; Yamaguchi et al., 2012).

A intrusão de dentes anteriores, facilitada pelo uso de micro implantes, configura-se como uma abordagem eficaz na correção de mordidas profundas e na redução do sorriso gengival, representando uma alternativa biomecanicamente vantajosa e clinicamente previsível (Chaimanee et al., 2011; Yamaguchi et al., 2012).

A colocação do micro implante entre as raízes do incisivo lateral e do canino é considerada a abordagem mais eficaz para a intrusão dos dentes anteriores, devido à proximidade com o ponto de aplicação da força. Contudo, na ausência de espaço interradicular adequado, a instalação próxima ao ápex radicular torna-se necessária, embora apresente desvantagens, como o aumento da distância em relação à força aplicada e a inserção em mucosa alveolar não queratinizada, o que pode resultar em maior desconforto para o paciente e risco de submersão do micro implante (Santos & Silveira, 2019)

A intrusão de molares é um dos movimentos ortodônticos de maior complexidade biomecânica. A utilização de micro implantes tem-se revelado um recurso eficaz no auxílio a este tipo de movimento, embora o número e a localização dos mesmos possam variar consoante a quantidade de dentes a serem intruídos. Para a intrusão de uma ou mais unidades dentárias no mesmo lado da arcada, recomenda-se a colocação de, pelo menos, dois micro implantes — um na região vestibular e outro na região palatina — de forma a garantir um controlo adequado do torque gerado. Quando o objetivo é a intrusão de um maior número de dentes, torna-se necessário recorrer à colocação de três ou quatro micro implantes, a fim de assegurar uma distribuição equilibrada das forças aplicadas e maior previsibilidade do movimento (Figura 13), (Marassi & Marassi, 2008; Araújo et al., 2006).

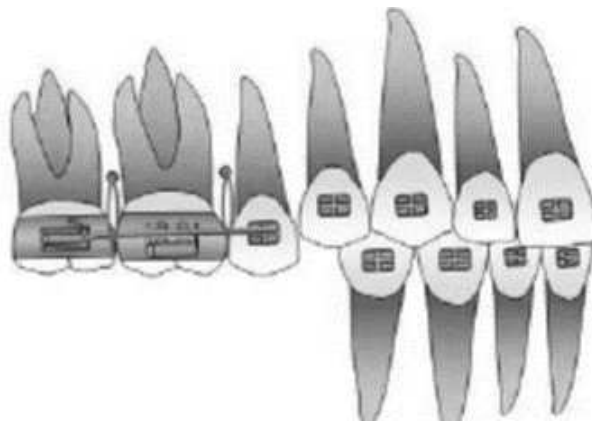


Figura 13 - Posicionamento de micro implantes para a intrusão de um grupo de dentes posteriores. Adaptado de Araújo et al. (Araújo et al., 2006).

2.10.2. Verticalização de Molares

A perda de unidades dentárias está frequentemente associada à inclinação dos dentes adjacentes, o que pode comprometer tanto a oclusão funcional como o planeamento de um tratamento reabilitador adequado. De forma semelhante, a impactação de segundos molares é uma ocorrência relativamente comum e requer, do ponto de vista biomecânico, uma abordagem comparável àquela utilizada para a correção da inclinação dentária decorrente da perda dentária. Uma das estratégias terapêuticas eficazes para ambas a situação consiste, na colocação de um micro implante na região retromolar (Figura 14). Esta localização distal ao dente alvo proporciona um vetor de força com direção posterior e inferior, favorecendo a movimentação dentária desejada com maior controlo biomecânico (Araújo et al., 2006).

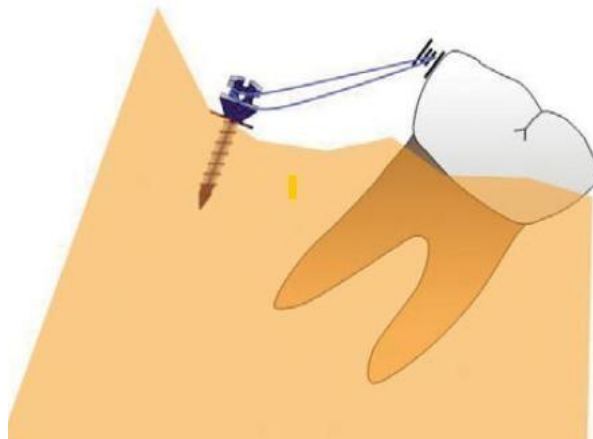


Figura 14 - Colocação de micro implante na região retromolar para verticalização do molar.

Adaptado de Araújo et al. (Araújo et al., 2006).

Quando o objetivo clínico é a verticalização e mesialização do molar, a colocação do micro implante deve ser realizada numa posição mais anterior, de forma a permitir que a linha de ação da força aplicada passe mais próxima do centro de resistência do dente, maximizando assim a eficiência do movimento ortodôntico (Araújo et al., 2006).

Nos casos em que os molares se encontram severamente impactados, a inserção de micro implantes no ramo ascendente da mandíbula revela-se uma alternativa eficaz. Esta localização anatômica permite a obtenção de uma ancoragem esquelética estável,

possibilitando a aplicação de forças com vetor superior, o que é particularmente vantajoso na tração e reposicionamento desses dentes (Chang et al., 2018).

2.10.3. Extrusão

A impatcação dentária ocorre com maior frequência nos terceiros molares, sendo os caninos superiores os dentes mais frequentemente impactados a seguir a estes. Para um diagnóstico preciso e um planeamento terapêutico eficaz, é fundamental a realização de uma tomografia computadorizada de feixe cónico (CBCT - *Cone Beam Computed Tomography*). Quando a erupção espontânea de um canino superior é considerada improvável, a abordagem terapêutica que alia intervenção cirúrgica à tração ortodôntica apresenta-se como uma alternativa mais vantajosa à extração dentária. Nestes casos, a utilização de um micro implante na região infrazigomática como meio de ancoragem para promover a erupção do dente impactado tem-se mostrado uma estratégia clínica eficaz e preferencial (Figura 15), (Chang et al., 2018).

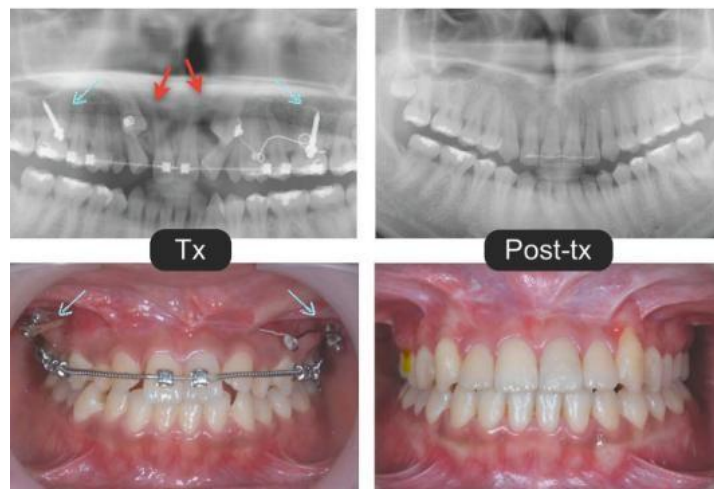


Figura 15 - As radiografias obtidas durante (Tx) e após o tratamento (Post-Tx), bem como as fotografias intraorais, evidenciam a extrusão bem-sucedida dos caninos superiores, previamente impactados em profundidade (indicados por setas vermelhas), através da utilização de mini-implantes infrazigomáticos como meio de ancoragem (indicados por setas azuis). Adaptado de Chang et al.,2018 (Chang et al., 2018).

Em casos de terceiros molares inclusos, especialmente quando a sua remoção se apresenta complexa devido à proximidade com o nervo alveolar inferior, pode ser vantajoso recorrer à erupção ortodôntica assistida por micro implantes. Esta abordagem permite não só simplificar a exodontia, reduzindo o risco de lesões neurológicas, como também proporciona um controlo biomecânico mais eficaz, graças à ancoragem estável que os micro implantes oferecem. Além disso, ao aplicar forças extrusivas controladas, é possível reposicionar o dente de forma a torná-lo funcional, evitando a necessidade de extração (Chaimanee et al., 2011).

Por outro lado, nos casos de molares inclusos com posicionamento horizontalizado, os micro implantes ortodônticos têm sido amplamente utilizados como meio de ancoragem para a sua verticalização, uma vez que permitem minimizar os efeitos colaterais sobre os dentes adjacentes. A colocação de um micro implante na região retromolar possibilita a aplicação de forças distais ao centro de resistência do molar impactado, o que facilita o controlo do vetor de força durante a fase de extrusão e contribui para uma movimentação mais previsível e eficiente (Santos & Silveira, 2019).

2.10.4. Distalização

A distalização dos molares é uma abordagem comum no tratamento das más oclusões de Classe II e III. Embora o uso de micro implantes para ancoragem esquelética tenha se mostrado eficaz nesse tipo de movimento, a sua inserção entre as raízes dos dentes representa uma limitação importante, pois pode comprometer a integridade radicular e dificultar a colocação ideal dos implantes (Chung et al., 2004; Araújo et al., 2006).

Na distalização dos molares superiores, a colocação de micro implantes entre o segundo pré-molar e o primeiro molar superior constitui uma opção viável, funcionando como ancoragem indireta. Para a aplicação eficaz da força distalizante, é geralmente necessário recorrer ao uso de *sliding jigs* ou molas abertas, permitindo a transferência da força para uma zona mais posterior (Figura 16). Numa fase subsequente, torna-se necessário remover os micro implantes e reposicioná-los, de modo a viabilizar a retração dos dentes situados anteriormente à sua localização inicial, ou, em alternativa, recorrer a

dispositivos de ancoragem convencionais, como as barras palatinas (Chung et al., 2004; Araújo et al., 2006).

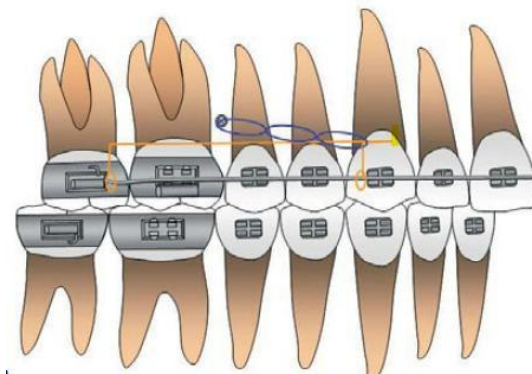


Figura 16 - Colocação de micro implantes para distalização de molares através de sliding jigs.
Adaptado de Araújo et al. (Araújo et al., 2006).

2.10.5. Retração dos dentes anteriores

A utilização de micro implantes como suporte na retração dos dentes anteriores surgiu devido à falta de colaboração dos pacientes com aparelhos extraorais ou outros métodos tradicionais de ancoragem, à necessidade de uma ancoragem absoluta e à existência de unidades de ancoragem comprometidas, como em casos com poucos dentes. Esta estratégia permite ultrapassar essas dificuldades e oferece um controlo biomecânico mais preciso durante o tratamento ortodôntico (Santos & Silveira, 2019).

Assim, a retração pura dos segmentos anteriores pode ser facilitada pela utilização de micro implantes, que funcionam como ancoragem esquelética eficaz neste tipo de movimentação (Figura 17), (Chaimanee et al., 2011). A retração dos dentes anteriores revela-se ainda necessária em casos de apinhamento dentário acentuado na região anterior. Quando se opta por não proceder à extração de nenhuma unidade dentária, torna-se imprescindível realizar a distalização de todos os dentes posteriores, criando, assim, o espaço necessário para o alinhamento e posterior retração dos dentes anteriores. Após a distalização, forma-se um espaço na arcada, a mesial do primeiro pré-molar, que pode ser utilizado para reposicionar adequadamente os dentes anteriores (Nanda & Uribe, 2008).

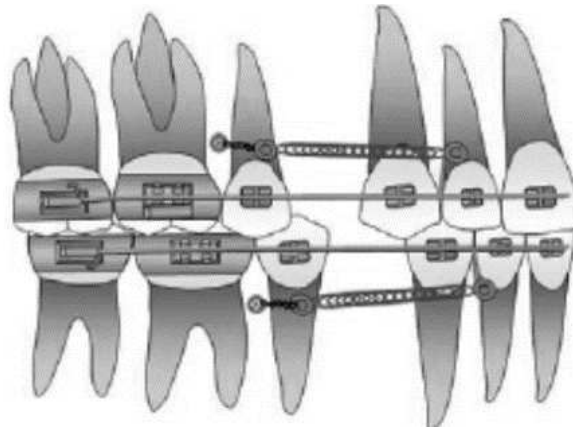


Figura 17 - Retração de dentes anteriores com micro implantes. Adaptado de Araújo et al. (Araújo et al., 2006).

2.11. Ancoragem dos Micro implantes com os Alinhadores

Certos aspetos associados a más oclusões e ao tratamento de casos ortodônticos de maior complexidade revelam-se difíceis de controlar e de resolver exclusivamente através da utilização de alinhadores transparentes (Haouili et al., 2020).

Neste sentido, a utilização de protocolos de tratamento combinados, que integrem ancoragem esquelética com micro implantes ortodônticos — durante e/ou após o tratamento com alinhadores, revela-se uma estratégia eficaz para superar as limitações atualmente associadas a este sistema (Alessandra Luvisa et al., 2013; Bowman, 2015; Cordeiro & Zago, 2019; Salazar et al., 2018)

O controlo da movimentação dentária em bloco — seja na distalização, no encerramento de espaços ou na expansão — é amplamente considerado por muitos ortodontistas como um dos principais desafios no tratamento com alinhadores. Contudo, a utilização combinada de alinhadores transparentes com ancoragem esquelética permite alcançar resultados mais previsíveis e eficazes, otimizando o controlo biomecânico durante o tratamento ortodôntico (Thiesen, 2021).

A modalidade de tratamento ortodôntico híbrido, que combina o uso de alinhadores transparentes com ancoragem esquelética através de micro implantes, assegura uma maior eficácia e otimização dos resultados terapêuticos. Em situações que requerem intrusão dentária posterior, por exemplo, os micro implantes desempenham um

papel fundamental, permitindo, quando o sistema de forças é corretamente estabelecido, a execução de um movimento de intrusão de forma eficaz e previsível (Araújo et al., 2006; Bowman, 2015).

O tratamento ortodôntico da mordida aberta anterior em pacientes adultos continua a representar um desafio clínico significativo, dada a combinação de fatores dentários e esqueléticos envolvidos (Guarneri et al., 2013).

A integração de alinhadores ortodônticos com acessórios complementares- tais como elásticos verticais, micro implantes ortodônticos e attachments otimizados- revela-se uma abordagem eficaz para potenciar o sucesso clínico no tratamento destes casos complexos (Putrino et al., 2021).

3. CONCLUSÕES

A integração de micro implantes na terapêutica com alinhadores representa um avanço relevante no tratamento de casos ortodônticos e ortopédicos complexos. Esta abordagem combinada permite explorar o melhor de cada sistema, maximizando os seus benefícios individuais e conduzindo a resultados clínicos mais previsíveis e satisfatórios. Para além de possibilitar a resolução de situações clínicas exigentes, a combinação de técnicas contribui ainda para a potencial redução do tempo total de tratamento.

A utilização de dispositivos de ancoragem esquelética, como os micro implantes, alarga significativamente o âmbito de aplicação dos alinhadores transparentes, ao mesmo tempo que reforça a eficácia e a previsibilidade dos resultados. No entanto, a adoção desta abordagem híbrida exige uma análise criteriosa dos princípios biomecânicos envolvidos, sendo fundamental um planeamento rigoroso e individualizado de cada caso clínico.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Accueil - Les aligneurs transparents Smilers® - Smilers. (2024, March 11). Smilers.<https://www.smilers.com/>

Alami, S., Sahim, S., Hilal, F., Essamlali, A., & Quars, F. E. (2022). Perception anSatisfaction of Patients Treated with Orthodontic Clear Aligners. *Open Access Library Journal*, 9(10), Article 10. <https://doi.org/10.4236/oalib.1109300>

Alinhadores transparentes Spark | A diferença Spark. (2025). Spark Clear Aligners. <https://sparkaligners.com/pt-pt>

Alkadhimi, A., & Al-Awadhi, E. A. (2018). Miniscrews for orthodontic anchorage: a review of available systems. *Journal of Orthodontics*, 45(2), 102–114. <https://doi.org/10.1080/14653125.2018.1443873>

Almeida MR. Extra-alveolar mini-implants associated to aligners for Class II malocclusion treatment. *Clin Orthod*. 2020; 19(6): 42-54. <https://doi.org/10.14436/2675-486X.19.6.042-054.epa>

Almeida, M. R. (2017). Biomecânica de distalização dentoalveolar com mini-implantes extra-alveolares em paciente Classe I com biprotusão. *Revista Clínica de Ortodontia Dental Press*, 16(6), 61–67. <https://doi.org/10.14436/1676-6849.16.6.061-076.art>

Antoszevska-Smith, J., Sarul, M., Łyczek, J., Konopka, T., & Kawala, B. (2017). Effectiveness of orthodontic miniscrew implants in anchorage reinforcement during en-masse retraction: A systematic review and meta-analysis. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 151(3), 440–455. <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2016.08.029>

Arango, J. P. (2011). Current Biomechanical Rationale Concerning Composite Attachments in Aligner Orthodontics. Em *Principles and Biomechanics of Aligner Treatment* (pp. 13-25). *Elsevier Health Sciences*.

Araújo, T. M. de, Nascimento, M. H. A., Bezerra, F., & Sobral, M. C. (2006). Ancoragem esquelética em Ortodontia com miniimplantes. *Revista Dental Press de Ortodontia E Ortopedia Facial*, 11, 126–156. <https://doi.org/10.1590/S1415-54192006000400014>

Baumgaertel, S. (2014). Hard and soft tissue considerations at mini-implant insertion sites. *Journal of Orthodontics*, 41(sup1), s3–s7. <https://doi.org/10.1179/1465313314y.0000000104>

Baumgaertel, S., Hans, M. G., & Razavi, M. R. (2008). Mini-implant anchorage for the orthodontic practitioner. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 133(4), 621–627. <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2007.03.022>

Becker, K., Pliska, A., Busch, C., Wilmes, B., Wolf, M., & Drescher, D. (2018). Efficacy of orthodontic mini implants for en masse retraction in the maxilla: a systematic review and meta-analysis. *International Journal of Implant Dentistry*, 4(1), 35. <https://doi.org/10.1186/s40729-018-0144-4>

Bichu, Y. M., Alwafi, A., Liu, X., Andrews, J., Ludwig, B., Bichu, A. Y., & Zou, B. (2022). Advances in orthodontic clear aligner materials. *Bioactive materials*, 22, 384–403. <https://doi.org/10.1016/j.bioactmat.2022.10.006>

Bowman, S. J. (2017). Class II treatment with miniscrews. *Clinical Dentistry Reviewed*, 2(1). <https://doi.org/10.1007/s41894-017-0014-0>

Bowman, S. J., Celenza, F., Sparaga, J., Papadopoulos, M. A., Ojima, K., & Lin, J. C.-Y. (2015). Creative adjuncts for clear aligners, part 2: Intrusion, rotation, and extrusion. *Journal of Clinical Orthodontics: JCO*, 49(3), 162–172. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26104954/>

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>

Celenza, F. (2012). Implant Interactions with Orthodontics. *Journal of Evidence Based Dental Practice*, 12(3), 192–201. [https://doi.org/10.1016/s1532-3382\(12\)70036-2](https://doi.org/10.1016/s1532-3382(12)70036-2)

ClearCorrect® | Transparente. Simples. Simpático. (2025). Straumann.com.
<https://www.straumann.com/clearcorrect/pt/pt/pacientes.html>

Chaimanee, P., Suzuki, B., & Suzuki, E. Y. (2011). "Safe zones" for miniscrew implant placement in different dentoskeletal patterns. *The Angle Orthodontist*, 81(3), 397–403. <https://doi.org/10.2319/061710-111.1>

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>

Chane-Fane, C., & Darqué, F. (2015). Rapid maxillary expansion assisted by palatal mini-implants in adolescents – Preliminary study. *International Orthodontics*, 13(1), 96–111. <https://doi.org/10.1016/j.ortho.2014.12.001>

Chang, C. C. H., Lin, J. S. Y., & Yeh, H. Y. (2018). Extra-Alveolar Bone Screws for Conservative Correction of Severe Malocclusion Without Extractions or Orthognathic Surgery. *Current Osteoporosis Reports*, 16(4), 387–394. <https://doi.org/10.1007/s11914-018-0465-5>

Chang, C., Huang, C., & Roberts, W. (2016). Chief consultant. *In International Journal of Orthodontics & Implantology*. https://iaoi.pro/asset/files/ijoi_41_pdf_article/074_082.pdf

Chang, H.-P., & Tseng, Y.-C. (2014). Miniscrew implant applications in contemporary orthodontics. *The Kaohsiung Journal of Medical Sciences*, 30(3), 111–115. <https://doi.org/10.1016/j.kjms.2013.11.002>

Chen, Y. J., Chang, H. H., Huang, C. Y., Hung, H. C., Lai, E. H., & Yao, C. C. (2007). A retrospective analysis of the failure rate of three different orthodontic skeletal anchorage systems. *Clinical Oral Implants Research*, 18(6), 768–775. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0501.2007.01405.x>

Chen, Y.-J., Chan, L.-Y., & Jane Yao, C.-C. (2017). Clear Aligner Treatment with “In-Office” Virtual Model Set-Up and 3D Printing. *Journal of Dentistry and Oral Care*, 3(2), 1–5. <https://doi.org/10.15436/2379-1705.17.1418>

Christensen, L. R. (2017). Digital workflows in contemporary orthodontics. *APOS Trends in Orthodontics*, 7, 12–18. <https://doi.org/10.4103/2321-1407.199180>

Coelho, B. S., Melo, W. J. de, & Kervahal, P. A. (2022). Benefícios e limitações do aparelho ortodôntico transparente: uma revisão narrativa. *Scire Salutis*, 12(1), 369–375. <https://doi.org/10.6008/CBPC2236-9600.2022.001.0040>

Cordeiro, M., & Zago, H. (2019). Orthodontic Aligner (Invisalign®): A Reality. Literature Review. *Revista Gestão & Saúde*, 21(2), 47–53.

Costa, R., Calheiros, F. C., Ballester, R. Y., & Gonçalves, F. (2020). Effect of three different attachment designs in the extrusive forces generated by thermoplastic aligners in the maxillary central incisor. *Dental press journal of orthodontics*, 25(3), 46–53. <https://doi.org/10.1590/2177-6709.25.3.046-053.oar>

Doruk, C., Cankaya, O. S., & Guvenc, I. S. (2016). Non-Extraction Treatment of Skeletal Class II Adult Patient with Total Maxillary Arch Distalization. *Turkish Journal of Orthodontics*, 122-128.

El-Bialy T, Galante D, Daher S. Orthodontic Biomechanics: Treatment Of Complex Cases Using Clear Aligner. Recent Advances in Dentistry. Volume 1. Bentham Science Publishers; 2016

Elias, C. N., Oliveira Ruellas, A. C., & Fernandes, D. J. (2012). Orthodontic implants: concepts for the orthodontic practitioner. *International journal of dentistry*, 2012, 1-7. <https://doi.org/10.1155/2012/549761>

Elshazly, T. M., Keilig, L., Alkabani, Y., Ghoneima, A., Abuzayda, M., Talaat, W., Talaat, S., & Bourauel, C. P. (2022). Potential Application of 4D Technology in Fabrication of Orthodontic Aligners. *Frontiers in Materials*, 8(January), 1–9.

Esenlik, E., Ağlarıcı, C., Albayrak, G. E., & Fındık, Y. (2015). Maxillary protraction using skeletal anchorage and intermaxillary elastics in Skeletal Class III patients. *The Korean Journal of Orthodontics*, 45(2), 95. <https://doi.org/10.4041/kjod.2015.45.2.95>

Fatma Deniz Uzuner, & Belma Işık Aslan. (2015). Miniscrew Applications in Orthodontics. <https://doi.org/10.5772/59879>

Fuziy, A., de Almeida, R. R., Janson, G., Angelieri, F., & Pinzan, A. (2006). Sagittal, vertical, and transverse changes consequent to maxillary molar distalization with the pendulum appliance. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 502-510.

Giancotti, A., Garino, F., & Mampieri, G. (2017). Use of clear aligners in open bite cases: an unexpected treatment option. *Journal of Orthodontics*, 114-125.

González Espinosa, D., de Oliveira Moreira, P. E., da Sousa, A. S., Flores-Mir, C., & Normando, D. (2020). Stability of anterior open bite treatment with molar intrusion using skeletal anchorage: a systematic review and meta-analysis. *Progress in orthodontics*, 21(1), 35. <https://doi.org/10.1186/s40510-020-00328-2>

González Del Castillo McGrath, M., Araujo-Monsalvo, V. M., Murayama, N., Martínez-Cruz, M., Justus-Doczi, R., Domínguez-Hernández, V. M., & Ondarza-Rovira, R. (2018). Mandibular anterior intrusion using miniscrews for skeletal anchorage: A 3-dimensional

finite element analysis. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics : official publication of the American Association of Orthodontists, its constituent societies, and the American Board of Orthodontics*, 154(4), 469–476. <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2018.01.009>

Goutam, M., Giriya pura, C., Mishra, S. K., & Gupta, S. (2014). Titanium Allergy : A Literature Review. *Indian Journal of Dermatology*, 59(6), 630. <https://doi.org/10.4103/0019-5154.143526>

Haouili, N., Kravitz, N. D., Vaid, N. R., Ferguson, D. J., & Makki, L. (2020). Has Invisalign improved? A prospective follow-up study on the efficacy of tooth movement with Invisalign. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 158(3), 420–425. <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2019.12.015>

Hennessy, J., & Al-Awadhi, E. A. (2016). Clear aligners generations and orthodontic tooth movement. *Journal of Orthodontics*, 43(1), 68–76. <https://doi.org/10.3389/fmats.2021.794536>

Invisalign.pt. <https://www.invisalign.pt>

Jedliński, M., Mazur, M., Greco, M., Belfus, J., Grocholewicz, K., & Janiszewska-Olszowska, J. (2023). Attachments for the Orthodontic Aligner Treatment—State of the Art—A Comprehensive Systematic Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(5), Article 5. <https://doi.org/10.3390/ijerph20054481>

Jiang, T., Jiang, Y.-N., Chu, F.-T., Lu, P.-J., & Tang, G.-H. (2021). A cone-beam computed tomographic study evaluating the efficacy of incisor movement with clear aligners : Assessment of incisor pure tipping, controlled tipping, translation, and torque. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 159(5), 635–643. <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2019.11.025>

Joffe L. (2003). Invisalign: early experiences. *Journal of orthodontics*, 30(4), 348–352. <https://doi.org/10.1093/ortho/30.4.348>

Jung MH. A comparison of second premolar extraction and mini-implant total arch distalization with interproximal stripping. *The Angle orthodontist [Internet]*. 2013 Jul;83(4):680–5. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23199101/>

Kalra, S., Tripathi, T., Rai, P., & Kanase, A. (2014). Evaluation of orthodontic mini-implant placement: a CBCT study. *Progress in Orthodontics*, 15(1), 61. <https://doi.org/10.1186/s40510-014-0061-x>

Kravitz, N. D., Kusnoto, B., BeGole, E., Obrez, A., & Agran, B. (2009). How well does Invisalign work? A prospective clinical study evaluating the efficacy of tooth movement with Invisalign. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 27-35.

Kumar, K., Bhardwaj, S., & Garg, V. (2020). Invisalign: A Transparent Braces. *J Adv Med Dent Scie Res*, 8(1), 184–186. <https://doi.org/10.21276/jamdsr>

Lin, E., Julien, K., Kesterke, M., & Buschang, P. H. (2022). Differences in finished case quality between Invisalign and traditional fixed appliances: A randomized controlled trial. *Angle Orthodontist*, 92(2), 173–179. <https://doi.org/10.2319/032921-246.1>

Lione, R., Franchi, L., Lagana, G., & Cozza, P. (2015). Effects of cervical headgear and pendulum appliance on vertical dimension in growing subjects: a retrospective controlled clinical trial. *European Journal of Orthodontics*, 338-344.

Liu, H., Wu, X., Yang, L., & Ding, Y. (2017). Safe zones for miniscrews in maxillary dentition distalization assessed with cone-beam computed tomography. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics: official publication of the American Association of Orthodontists, its constituent societies, and the American Board of Orthodontics*, 151(3), 500–506. <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2016.07.021>

Liu, Y., Yang, Z. J., Zhou, J., Xiong, P., Wang, Q., Yang, Y., Hu, Y., & Hu, J. T. (2020). Comparison of Anchorage Efficiency of Orthodontic Mini-implant and Conventional Anchorage Reinforcement in Patients Requiring Maximum Orthodontic Anchorage: A Systematic Review and Meta-analysis. *The journal of evidence-based dental practice*, 20(2), 101401. <https://doi.org/10.1016/j.jebdp.2020.101401>

Lombardo, L., Arreghini, A., Ramina, F., Huanca Ghislazoni, L. T., & Siciliani, G. (2017). Predictability of orthodontic movement with orthodontic aligners: a retrospective study. *Progress in Orthodontics*, 18(1), 35. <https://doi.org/10.1186/s40510-017-0190-0>

Lyu, X., Guo, J., Chen, L., Gao, Y., Liu, L., Pu, L., Lai, W., & Long, H. (2020). Assessment of available sites for palatal orthodontic mini-implants through cone-beam computed tomography. *The Angle orthodontist*, 90(4), 516–523. <https://doi.org/10.2319/070719-457.1>

Machado R. M. (2020). Space closure using aligners. *Dental press journal of orthodontics*, 25(4), 85–100. <https://doi.org/10.1590/2177-6709.25.4.085-100.sar>

Mallick, S., Murali, P. S., Kuttappa, M. N., Shetty, P., & Nair, A. (2021). Optimal sites for mini-implant insertion in the lingual or palatal alveolar cortical bone as assessed by cone beam computed tomography in South Indian population. *Orthodontics & Craniofacial Research*, 24(1), 121–129. <https://doi.org/10.1111/ocr.12415>

Marassi, C., Leal, A., Chianelli, O., & Sobreira, D. (2005). O USO DE MINIIMPLANTES COMO AUXILIARES DO TRATAMENTO ORTODÔNTICO. <https://www.researchgate.net/publication/238080348>

Mendes Ribeiro, S. M., Aragón, M. L. S. C., Espinosa, D. D. S. G., Shibasaki, W. M. M., & Normando, D. (2024). Orthodontic aligners: between passion and science. *Dental press journal of orthodontics*, 28(6), e23spe6. <https://doi.org/10.1590/2177-6709.28.6.e23spe6>

Moutawakil, A. E. (2021). Biomechanics of Aligners: Literature Review. *Advances in Dentistry & Oral Health*, 13(5). <https://doi.org/10.19080/adoh.2020.13.555872>

Nahidh M, Al Azzawi AM, Al-Badri SC. Understanding Anchorage in Orthodontics- Review Article. *Journal of Dentistry & Oral Disorders*. 2019

Nanda, R., Uribe, F., A. (2008). *Temporary Anchorage Devices in Orthodontics* (1st ed.). Mosby.

Nanda, R., Uribe, F., & Yadav, S. (2020). *Temporary Anchorage Devices in Orthodontics* (2nd ed.). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-60933-3.05001-8>

Nienkemper, M., Pauls, A., Ludwig, B., Wilmes, B., & Drescher, D. (2012). Multifunctional use of palatal mini-implants. *Journal of Clinical Orthodontics*. JCO, 46(11), 679–704.

Nienkemper, M., Wilmes, B., Lübberink, G., Ludwig, B., & Drescher, D. (2012). Extrusion of impacted teeth using mini-implant mechanics. *Journal of clinical orthodontics*: JCO, 46(3), 150–183.

Noar, J. H., Sharma, S., Roberts-Harry, D., & Qureshi, T. (2015). A discerning approach to simple aesthetic orthodontics. *British dental journal*, 218(3), 157–166. <https://doi.org/10.1038/sj.bdj.2015.55>

Nosouhian, S., Rismanchian, M., Sabzian, R., Shadmehr, E., Badrian, H., & Davoudi, A. (2015). A Mini-review on the Effect of Mini-implants on Contemporary Orthodontic Science. *Journal of International Oral Health: JIOH*, 7(1), 83–87.

Ortodontia Invisível com Alinhador Dentário - Angel Aligner. (2025, May 7). Angel Aligner. <https://www.angelaligner.com/pt-pt/>

Papadopoulos, M. A., & Tarawneh, F. (2007). The use of miniscrew implants for temporary skeletal anchorage in orthodontics: a comprehensive review. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontics*, 103(5), e6–e15. <https://doi.org/10.1016/j.tripleo.2006.11.022>

Park, J. H. (2020). *Temporary Anchorage Devices in Clinical Orthodontics* (1st ed.). John Wiley & Sons, Inc. <https://doi.org/10.1002/9781119513636>

Patel D, Mehta F, Mehta N. Aesthetic Orthodontics: An Overview. *Orthodontic Journal of Nepal*, 2014; (2), 38.

Pereira, L., Nava, L., Cançado, L., Jordão, C., & Pereira Alexandre, L. (2019). *Absolute orthodontic anchorage: A brief review*. Retrieved April 6, 2025, from <https://www.oraljournal.com/archives/2019/vol5issue4/PartC/5-4-29-580.pdf>

Poggio, P. M., Incorvati, C., Velo, S., & Carano, A. (2006). "Safe zones": a guide for miniscrew positioning in the maxillary and mandibular arch. *The Angle orthodontist*, 76(2), 191–197. [https://doi.org/10.1043/0003-3219\(2006\)076\[0191:SZAGFM\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1043/0003-3219(2006)076[0191:SZAGFM]2.0.CO;2)

Poli, P. P., de Miranda, F. V., Polo, T. O. B., Santiago Júnior, J. F., Lima Neto, T. J., Rios, B. R., Assunção, W. G., Ervolino, E., Maiorana, C., & Faverani, L. P. (2021). Titanium Allergy Caused by Dental Implants: A Systematic Literature Review and Case Report. *Materials (Basel, Switzerland)*, 14(18), 5239. <https://doi.org/10.3390/ma14185239>

Proffit, W. R., Fields, H. W., Larson, B., & Sarver, D. M. (2019). *Ortodoncia contemporânea*. Elsevier.

Roberts-Harry, D., & Sandy, J. (2004). Orthodontics. Part 9: anchorage control and distal movement. *British dental journal*, 196(5), 255–263. <https://doi.org/10.1038/sj.bdj.4811031>

Rossini, G., Parrini, S., Castroflorio, T., Deregibus, A., & Debernardi, C. L. (2015). Efficacy of clear aligners in controlling orthodontic tooth movement: a systematic review. *The Angle Orthodontist*, 85(5), 881–889. <https://doi.org/10.2319/061614-436.1>

Sada, J. (2016). Simultaneous Intrusion and Distalization Using Miniscrews in the Maxillary Tuberosity. *PubMed*, 50(10), 605–612.

Santos, M. E., & Silveira, C. A., (2019). Interradicular mini-implants and extra-alveolar mini-implants in orthodontic movement. *revistaeletronicafunvic.org*, 4(2), 31-38.

Savignano, R., Valentino, R., Razionale, A. V., Michelotti, A., Barone, S., & D'Antò, V. (2019). Biomechanical Effects of Different Auxiliary-Aligner Designs for the Extrusion of an Upper Central Incisor: A Finite Element Analysis. *Journal of Healthcare Engineering*

Shah, M. J., Ajay Kantilal Kubavat, Patel, K. V., & Prajapati, N. H. (2022). Fabrication of in-house aligner- A review. *Journal of Contemporary Orthodontics*, 6(3), 120–124. <https://doi.org/10.18231/j.jco.2022.022>

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. *Angle Orthodontics*, 91(6), 718–724.

Sharma, R., Rajput, A., Gupta, K. K., & Sharma, H. (2018). Clear aligner: invisalign: A review. *Indian Journal of Orthodontics and Dentofacial Research*, 4(4), 173-175. <https://doi.org/10.18231/2455-6785.2018.0034>

Simão, M. I. S., & Bittencourt, D. (2021). Uso de Alinhadores Invisalign na Prática Ortodôntica: Revisão de Literatura / Use of Invisalign Aligners in Orthodontic Practice: Literature Review. *ID on Line REVISTA DE PSICOLOGIA*, 15(56), 188– 201. <https://doi.org/10.14295/idonline.v15i56.3125>

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, 68. <https://doi.org/10.1186/1472-6831-14-68>

Smartee – Alinhadores Dentários Invisíveis. (2023). [Smarteealigners.pt.](https://smarteealigners.pt/)
<https://smarteealigners.pt/>

Srivastava, R., Jyoti, B., Kushwaha, S., & Shastri, A. (2017). Sequential Removal Orthodontics: An Alternative Approach. *International Journal of Contemporary Medicine Surgery and Radiology*, 2(1), 32–36.

Subramanian, A., & Harikrishnan, S. (2023). 3D printing in orthodontics: A narrative review. *Journal of International Oral Health*, 15(1), 15. https://doi.org/10.4103/jioh.jioh_83_22

Teruko Takano-Yamamoto, & Kuroda, S. (2007). Titanium screw anchorage for correction of canted occlusal plane in patients with facial asymmetry. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 132(2), 237–242. <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2005.12.032>

Tseng, L. L., Chang, C. H., & Roberts, W. E. (2016). Diagnosis and conservative treatment of skeletal Class III malocclusion with anterior crossbite and asymmetric maxillary crowding. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics: official publication of the American Association of Orthodontists, its constituent societies, and the American Board of Orthodontics*, 149(4), 555–566. <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2015.04.042>

Verma, D., Kaur Bindra, P., Ahluwalia, R., Gupta, M., & Sharman, K. (2022). Mini screws – An absolute anchorage for en-mass retraction of bimaxillary dentoalveolar protrusion: A case report. *Journal of Contemporary Orthodontics*, 5(4), 33–37. <https://doi.org/10.18231/j.jco.2021.006>

Virdi, R. S. (2012). Biomechanics in orthodontics: Principles and practice. *British Dental Journal*, 213(1), 42-42. <https://doi.org/10.1038/sj.bdj.2012.608>

Weir, T. (2017). Clear aligners in orthodontic treatment. *Australian Dental Journal*, 62(S1), 58–62. <https://doi.org/10.1111/adj.12480>

Yamaguchi, M., Inami, T., Ito, K., Kasai, K., & Tanimoto, Y. (2012). Mini-implants in the anchorage armamentarium: new paradigms in the orthodontics. *International journal of biomaterials*, 2012, 394121. <https://doi.org/10.1155/2012/394121>

Zhang, X.-J., He, L., Guo, H.-M., Tian, J., Bai, Y.-X., & Li, S. (2015). Integrated three-dimensional digital assessment of accuracy of anterior tooth movement using clear aligners. *The Korean Journal of Orthodontics*, 45(6), 275. <https://doi.org/10.4041/kjod.2015.45>.