

FACULDADE SETE LAGOAS - FACSETE

RICARDO BARBOSA DE CASTRO

**ALINHADORES TRANSPARENTES: EFICÁCIA, LIMITAÇÕES E EFEITOS NO
PERIODONTO - REVISÃO DE LITERATURA**

**SÃO PAULO - SP
2020**

RICARDO BARBOSA DE CASTRO

**ALINHADORES TRANSPARENTES: EFICÁCIA, LIMITAÇÕES E EFEITOS NO
PERIODONTO - REVISÃO DE LITERATURA**

Monografia apresentada ao curso de
Especialização *Lato Sensu* da FACSETE como
requisito parcial para obtenção do título de
Especialista em Ortodontia.
Área de concentração: Ortodontia

Orientador: Prof. Sílvio Kazutoshi Gunzi

SÃO PAULO - SP
2020

CASTRO, Ricardo Barbosa de

Alinhadores Transparentes: eficácia, limitações e efeitos no periodonto - Revisão de Literatura / Ricardo Barbosa de Castro - 2020.

49 fls.

Orientador: Professor Sílvio Kazutoshi Gunzi.

Monografia (especialização) - Faculdade Sete Lagoas, 2020.

1. Ortodontia 2. Alinhadores Transparentes 3. Invisalign

I. Alinhadores transparentes: eficácia, limitações e efeitos no periodonto - Revisão de literatura;

II. Sílvio Kazutoshi Gunzi.

FACULDADE SETE LAGOAS - FACSETE

Monografia intitulada “**Alinhadores transparentes: eficácia, limitações e efeitos no periodonto - Revisão de literatura**” de autoria do aluno **Ricardo Barbosa de Castro**, aprovada em ___/___/2020 pela banca examinadora constituída pelos seguintes professores:

Prof. Dr. José Luís Gonçalves Bretos - Coordenador

Prof. Sílvio Kazutoshi Gunzi - Orientador

Prof. (a) examinador (a)

Prof. (a) examinador (a)

**São Paulo - SP
2020**

DEDICATÓRIA

Ao meu pai, **Manoel de Castro Alves** (*in memoriam*), falecido durante este curso, cujas mãos calejadas por seu árduo labor me conduziram ao caminho da retidão e cujos ensinamentos e exemplo me guiaram nos momentos de dualidade.

A minha mãe, **Zenilde Barbosa de Castro**, pelo seu incomensurável esforço para que eu tivesse a melhor educação e pelo seu carinho e zelo nos momentos em que fui apedrejado pelo destino.

Aos meus irmãos, **Reginaldo e Renata**, pelos embates travados na tenra idade e por se fazerem presentes ainda que distantes, deixando a certeza de que, ao menor sinal de necessidade, se movimentarão em meu auxílio.

A minha esposa, **Sara Barbosa Marques de Castro**, pela fundamental cooperação na construção dos alicerces da nossa família, pelo convívio desde a poesia do início até a crônica da rotina e pelo seu insano esforço diário e suporte para que eu tivesse o tempo e tranquilidade para me dedicar a este meu tão caro objetivo.

Aos meus filhos, **Vítor e Valentina**, por reafirmarem a cada dia em minha vida o significado do amor. Ele, na sua concepção, por ser a gênese da nossa família e por ter se tornado um ser humano melhor que eu sou (cumprindo a minha missão) e ela, por me ensinar a cada dia o significado da persuasão e por sua energia contagiante que transborda e inunda toda a família, nos maus e bons momentos.

AGRADECIMENTOS

A **Deus**, por sua assertividade ao sempre colocar em meu caminho as pessoas corretas para cada situação e por enviar prontamente as respostas para cada questionamento e pedido.

Aos meus queridos **amigos da XVIIIª Turma do curso de especialização do NEO**, por sua generosidade sem tamanho e pelo conhecimento compartilhado nos últimos três anos.

Ao querido professor **Sílvio Kazutoshi Gunzi**, por seu tempo, paciência, por seu imenso conhecimento e sua didática ímpar, pelo convívio além das formalidades e por seu humor sutil e direto, que suaviza o cansaço e tensão dos dias de curso.

Ao coordenador do curso, Professor **José Luís Gonçalves Bretos**, pela excelência na condução de toda a equipe e por seu ensinamento, que transcende os limites da sala de aula e orienta a conduta e postura além dos muros da escola.

Aos professores **Sérgio Jakob, Odilon Souza, Nívio Dias, Sérgio Fagundes, Edgard de Paula Filho e Geraldo Carvalhães** por todo o conteúdo transmitido em sala de aula e por todo o conhecimento compartilhado na clínica, no café e nos corredores do NEO.

A todos os **professores convidados**, pelos ensinamentos fundamentais e complementares à nossa formação, em especial ao professor **Ivan**, com quem aprendi que nem toda urgência, nem toda emergência pode ser sanada em âmbito hospitalar, numa mesa cirúrgica, mas numa outra mesa, talvez.

“Talvez não tenha conseguido fazer o melhor, mas lutei para que o melhor fosse feito. Não sou o que deveria ser, mas graças a Deus, não sou o que eu era antes”.

(Martin Luther King)

RESUMO

Os pacientes cujo período de crescimento tenha sido finalizado, cada vez mais, tem procurado por especialistas em Ortodontia com o intuito de melhorar a sua aparência e alinhar os seus dentes. Os seus objetivos são, na maioria das vezes, a correção de apinhamentos e más posições individuais com um máximo de conforto e uma mínima alteração na aparência. Neste contexto e, graças às modernas técnicas de escaneamento digital das arcadas dentárias aliadas à estereolitografia, tornou-se possível a confecção de uma série de alinhadores transparentes capazes de movimentar os dentes de acordo com o planejamento virtual elaborado por software próprio. O objetivo deste estudo foi elaborar uma Revisão da Literatura Científica acerca dos Alinhadores Transparentes, a sua eficácia, limitações e efeitos sobre as estruturas radiculares e periodontais e, em certa medida, compará-los com os aparelhos ortodônticos fixos convencionais. Os alinhadores mostraram-se eficazes em alguns tipos de movimentos, como correção de apinhamentos, vestibularização de incisivos e expansão das arcadas, mas limitados em outras movimentações, como torque, correção de rotações e extrusão. Os achados sobre os efeitos sobre o periodonto e sobre as estruturas radiculares mostram uma semelhança em comparação com os aparelhos fixos.

Palavras Chave: Ortodontia, Alinhadores Transparentes, Invisalign.

ABSTRACT

Patients whose growth period has already ended, increasingly, have sought out specialists in orthodontics in order to improve their appearance and align their teeth. Their objectives are, in most of cases, the correction of crowding and individual bad positions with maximum comfort and a minimum change in appearance. In this context and, thanks to modern digital scanning techniques of dental arches combined with stereolithography, it became possible to make a series of clear aligners capable of moving teeth according to the virtual planning created by a software. The aim of this study was to prepare a Review of the Scientific Literature on Transparent Aligners, their effectiveness, limitations and effects on root and periodontal structures and, to a certain extent, to compare them with conventional fixed orthodontic appliances. The aligners proved to be effective in some types of movements, such as crowding correction, incisor proclination and arcade expansion, but limited in other movements, such as torque, rotation correction and extrusion. The findings on the effects on the periodontium and root structures shows a similarity in comparison with the fixed appliances.

Keywords: Orthodontics, Clear Aligners, Invisalign.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: Modelo Setup e POSITIONER confeccionado.....	16
FIGURA 2: Ângulos medidos em Radiografia Panorâmica.....	20
FIGURA 3: Imagens 3D e 2D de pré-molar submetido a movimento com alinhador.....	21
FIGURA 4: Imagens 3D e 2D de pré-molar submetido a força leve com cantiléver.....	21
FIGURA 5: Power Ridge da Invisalign.....	26
FIGURA 6: Escaneamento 3D do modelo inicial.....	26
FIGURA 7: Escaneamento 3D do modelo final.....	26
FIGURA 8: Marcações e acurácia das alterações transversais na maxila.....	38

TABELA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

mm	Milímetros
°	Graus (ângulo)
%	Por Cento (porcentagem)
+/-	Para mais ou para menos
®	Marca Registrada
3D	Tridimensional
2D	Bidimensional
<i>et al.</i>	e colaboradores
CAD-CAM	<i>Computer-Aided Design - Computer-Aided Manufacturing</i> (Desenho Assistido por Computador - Manufatura Assistida por Computador)
ABO	<i>American Board of Orthodontics</i>
FDA	<i>Food and Drugs Administration</i>
DP	Desvio Padrão
DI	<i>Discrepancy Index</i> (Índice de Discrepância)
MGS	<i>Model Grading System</i> (Sistema de Classificação Modelo)
OGS	<i>Objective Grading System</i> (Sistema de Classificação Objetiva)
RRA	Reabsorções Radiculares Apicais
OIEARR	<i>Orthodontically Induced External Apical Root Resorption</i> (Reabsorção Radicular Apical Externa Induzida Apicalmente)
IL1B	Gene da Interleucina-1B
IL1RN	Gene Antagonista do receptor da Interleucina-1
SPP1	Gene da Osteopontina

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. PROPOSIÇÃO	14
3. REVISÃO DE LITERATURA	15
4. DISCUSSÃO	41
5. CONCLUSÃO	45
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	46

1. INTRODUÇÃO

Os objetivos do tratamento ortodôntico, sob a ótica dos profissionais de Ortodontia, foram descritos por ANDREWS (1972) através das “seis chaves para uma oclusão normal”, que incluem uma relação molar em Classe I de Angle, correta angulação (inclinação mesiodistal) e inclinação vestibulolingual das coroas, ausência de rotações dentárias, ausência de espaços e plano oclusal plano ou com uma leve curva de Spee.

Para o paciente, no entanto, a principal razão para iniciar um tratamento ortodôntico é obter uma melhora na aparência, o que sugere que os profissionais devem ter como objetivo principal tratar as necessidades do paciente em vez de buscar uma adesão dogmática às seis chaves de oclusão (DAVIES *et al.*, 2001).

Especificamente no grupo de pacientes adultos, a estética relacionada ao posicionamento dos dentes incisivos foi o fator que exerceu maior influência sobre a sua motivação para buscarem o tratamento ortodôntico (MALTAGLIATI e MONTES, 2007).

O crescente interesse deste grupo de pacientes pelo tratamento ortodôntico levou a um aumento na demanda por alternativas estéticas aos aparelhos ortodônticos fixos convencionais. E, com o advento do escaneamento assistido por computador e novas tecnologias de fabricação, foram desenvolvidos novos conceitos de terapia, dentre eles os alinhadores transparentes, como a técnica Invisalign® (MELKOS, 2005).

Os alinhadores transparentes oferecem certas vantagens sobre os aparelhos fixos, o que inclui estética aprimorada, menos emergências clínicas, melhora no conforto e higiene bucal, melhor saúde periodontal e menor irritação dos tecidos moles. A tecnologia de estereolitografia é usada para fabricar alinhadores personalizados a partir de uma moldagem ou de uma imagem intraoral digitalizada no consultório odontológico (WEIR, 2017).

Os avanços na tecnologia digital tornaram viável a fabricação de vários dispositivos sequenciais: as impressões dos arcos maxilar e mandibular são enviadas à empresa, que realiza um tratamento simulado por computador da maloclusão. Para cada etapa dos movimentos dentários simulados, são fabricados modelos virtuais e, a partir

desses modelos, é feita uma série de alinhadores transparentes e removíveis (CLEMENTS *et al.*, 2003).

A documentação digitalizada, juntamente com o planejamento do tratamento, é enviada para a fabricante dos alinhadores, que realiza um “tratamento virtual” através de software próprio. Uma versão digital do tratamento é disponibilizada ao ortodontista, que pode sugerir alterações nos posicionamentos dentários finais e movimentos intermediários para os ajustes na fabricação dos alinhadores. Aprovado o tratamento, a empresa fabrica um conjunto de alinhadores com espessura de 0,030 polegadas cada, com pequenos ajustes que permitem movimentações entre 0,25 mm a 0,33 mm por alinhador (BOYD *et al.*, 2000).

Embora a introdução formal de alinhadores transparentes ao arsenal ortodôntico seja relacionada à aprovação do Invisalign® (Align Technology) pelo FDA em 1998, a tecnologia foi claramente empregada, em formas modificadas, pelo menos desde a introdução do *ToothPositioner* pelo Dr. Harold Kesling em 1946 (WEIR, 2017).

O sistema Invisalign®, introduzido pela Align Technology (Santa Clara, Califórnia) em 1999, combina os princípios básicos do tratamento ortodôntico através de aparelhos termoplásticos removíveis (idealizado inicialmente por Kesling e depois por Ponitz, McNamara e Sheridan) com o moderno software de estereolitografia CAD-CAM e simulação de movimento dentário (SIMON *et al.*, 2014).

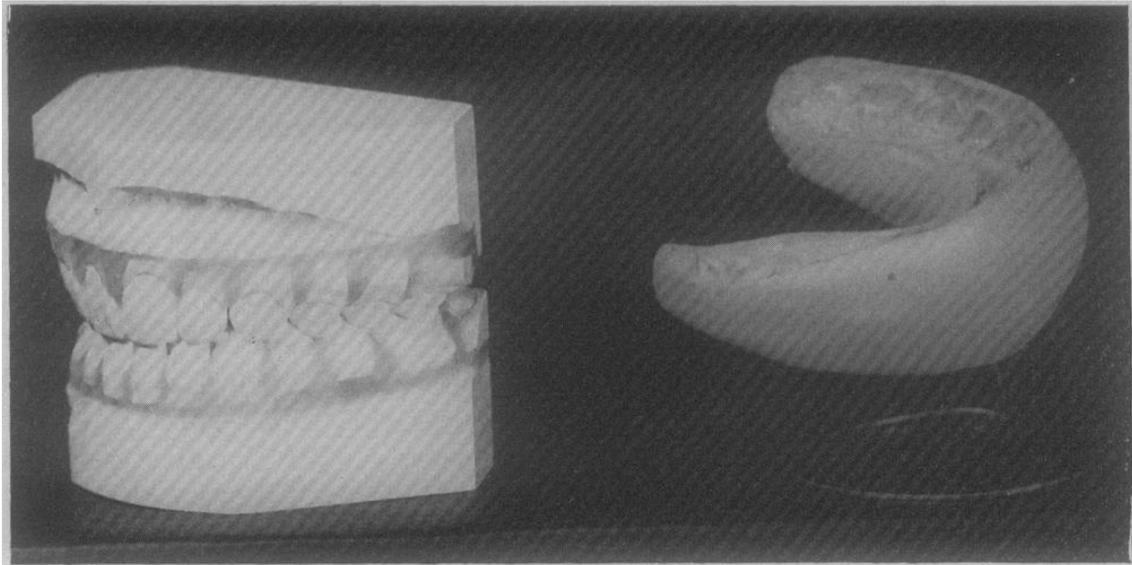
2. PROPOSIÇÃO

O objetivo deste estudo foi elaborar uma Revisão da Literatura Científica acerca dos Alinhadores Transparentes, a sua eficácia, limitações e efeitos sobre as estruturas radiculares e periodontais e, em certa medida, compará-los com os aparelhos ortodônticos fixos convencionais.

3. REVISÃO DE LITERATURA

Em 1945, Kesling descreveu uma nova modalidade de aparelho ortodôntico (*Positioner*) que poderia levar os dentes ao seu melhor posicionamento, sem qualquer interferência de bandas ou fios, capaz de gerar forças funcionais que levassem os dentes ao formato de arco e que pudesse ser usado como contenção ao final do tratamento. A indicação do *Positioner* seria para o refinamento e contenção de casos tratados inicialmente com aparelhos convencionais, que corrigiriam rotações e levariam os dentes a posições próximas das desejadas. Nesta fase do tratamento, a aparatologia fixa seria removida, modelos de gesso, após moldagem, seriam obtidos e os dentes seriam então “extraídos” dos modelos e depois reposicionados em suas bases e fixados com cera, após obtenção do formato da arcada (Figura 1). Estes modelos *setup*, depois de posicionados em um articulador, seriam então utilizados para a construção do aparelho, feito de borracha flexível em peça única, que preencheria os espaços entre as arcadas, bem como as superfícies vestibular e lingual das arcadas superior e inferior. O material do aparelho permitiria que ele se esticasse sobre os dentes e, durante o uso, sua resiliência direcionaria cada dente para a posição ou configuração predeterminada, com a vantagem de que, após a manipulação obtida com os aparelhos fixos, os dentes, nesta fase, estariam mais instáveis e suscetíveis à movimentação com forças leves. O autor relatou que, por meio do *Positioner* (FIGURA 1), pequenos espaços foram fechados, rotações moderadas foram corrigidas, discrepâncias maxilares e mandibulares foram minimizadas e foi obtida oclusão adequada entre os dentes maxilares e mandibulares. Além disso, o posicionamento axial foi alterado, não apenas pelas pressões exercidas nas superfícies vestibular e lingual dos dentes, mas também pelas forças funcionais que exerceram pressão nas superfícies oclusais dos dentes. O autor também previu a utilização, no futuro, de uma série de posicionadores, com pequenas alterações dentárias entre estes, na medida em que o tratamento avançasse.

FIGURA 1 - Modelo *Setup* e *POSITIONER* confeccionado.



Fonte: KESLING, H. D., 1945.

Em 2005, Djeu, Shelton, e Maganzini compararam objetivamente o tratamento realizado com Invisalign® àquele tradicionalmente realizado por meio de aparelhos convencionais com bráquetes. Em seu estudo, dois grupos com 48 pacientes cada, sem necessidade de extração, receberam respectivamente aparelhos Invisalign® e aparelhos ortodônticos com bráquetes e foram realizadas análises estatísticas que objetivaram comparar os dois métodos quanto ao resultado do tratamento e a sua duração e avaliar os pontos fortes e fracos do Invisalign® em comparação com os bráquetes. Os resultados obtidos foram classificados através do sistema de classificação objetiva (OGS). O grupo Invisalign® perdeu, em média, treze pontos OGS a mais que o grupo de aparelhos ortodônticos e a taxa de aprovação do OGS para o Invisalign foi 27% menor que a dos aparelhos fixos. Os aparelhos Invisalign® e fixos tiveram pontuações semelhantes em alinhamento, cristas marginais, contatos interproximais e angulação da raiz, mas os resultados do Invisalign® foram consideravelmente inferiores aos dos aparelhos fixos para inclinação vestibulolingual, contatos oclusais, relações oclusais e *overjet*. Os tratamentos com Invisalign® foram concluídos, em média, quatro meses mais cedo do que aqueles com aparelhos fixos. Os autores concluíram que, baseado no OGS, o Invisalign® se mostrou inferior aos bráquetes no tratamento de maloclusões, sendo

especialmente deficiente em sua capacidade de corrigir grandes discrepâncias anteroposteriores, torque posterior e contatos oclusais inadequados. Os pontos fortes do Invisalign® foram sua capacidade de fechar espaços, corrigir tão bem quanto os aparelhos fixos as rotações anteriores e a altura das cristas marginais.

Em 2005, Lagravère e Flores-Mir conduziram uma revisão sistemática da literatura com o intuito de determinar os efeitos do tratamento realizado com o sistema ortodôntico Invisalign® (Align Technology, Santa Clara, Califórnia). Os autores revisaram os estudos clínicos que avaliaram os efeitos do tratamento Invisalign® em pacientes cujo crescimento havia sido concluído. Eles não consideraram estudos envolvendo intervenções cirúrgicas ou outras intervenções ortodônticas simultâneas. Os autores pesquisaram, com o auxílio de um bibliotecário, bancos de dados eletrônicos (*PubMed, MEDLINE, EMBASE Excerpta Medica, Thomsen's ISI Web of Science e LILACS*). Usaram "Invisalign" como o único termo de pesquisa e 22 documentos apareceram na pesquisa combinada. Depois, usaram "ensaios clínicos", "seres humanos" e "efeitos do tratamento Invisalign" como critérios de seleção abstrata. Apenas dois artigos publicados atenderam a esses critérios de inclusão. Entretanto, após a leitura apurada dos artigos, os autores determinaram que eles não avaliaram adequadamente os efeitos do tratamento com Invisalign®. Como os autores não encontraram nenhum estudo que quantificasse os efeitos ou a obtenção dos objetivos do tratamento, não puderam tirar conclusões robustas sobre os resultados, indicações e limitações de uso do sistema Invisalign®, sugerindo que os profissionais teriam que confiar na experiência clínica, nas opiniões de especialistas e nas limitadas evidências publicadas sobre os aparelhos Invisalign®.

Em 2007, Kuncio *et al.* compararam as alterações dentárias ocorridas após o uso de contenção entre pacientes tratados com Invisalign® e aqueles tratados com aparelhos fixos convencionais. Os pacientes foram identificados e divididos em dois grupos: o primeiro com 11 indivíduos que usaram Invisalign® e retornaram após contato e o segundo grupo também com 11 pacientes que usaram aparatologia fixa durante o tratamento. As contenções utilizadas pelo grupo Invisalign® foram os próprios alinhadores finais e pelo grupo aparelho fixo foram contenções Essix®. Os pacientes foram instruídos a usar as contenções em período integral por seis meses e depois à

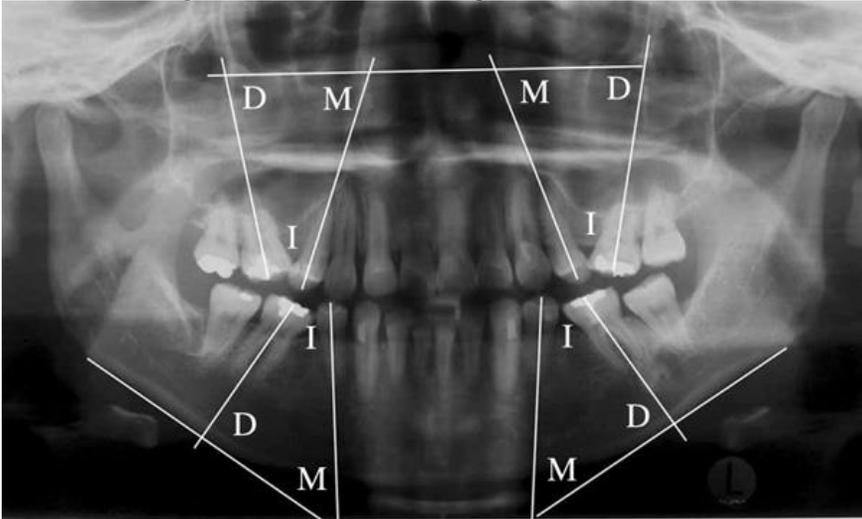
noite por pelo menos mais seis meses. Moldes odontológicos e radiografias panorâmicas foram coletados e analisados usando o *Objective Grading System* (OGS) do *American Board of Orthodontics* (ABO). Os casos foram avaliados imediatamente após a remoção do aparelho e, novamente, três anos depois, sendo que todos os pacientes utilizaram contenção por pelo menos um ano. Os autores avaliaram as diferenças nos resultados do tratamento entre os grupos para cada uma das oito categorias no OGS (alinhamento, cristas marginais, inclinação vestibulolingual, contatos oclusais, relações oclusais, sobressaliência, contatos interproximais e angulação radicular), incluindo quatro subcategorias adicionais na categoria alinhamento (ântero-superior, pósterio-superior, ântero-inferior e pósterio-inferior). As alterações no resultado total de alinhamento no grupo Invisalign® foi significativamente maior que no grupo de pacientes que utilizou aparelho fixo. Mudanças significativas no alinhamento total e no alinhamento ântero-inferior foram observadas nos dois grupos, mas somente no grupo Invisalign® foram observadas mudanças significativas no alinhamento ântero-superior. Os autores concluíram que os pacientes tratados com Invisalign® tiveram uma maior recidiva em comparação com aqueles tratados com aparelhos fixos convencionais.

Ling *et al.*, em 2007, revisaram estudos clínicos que descreveram algumas das limitações associadas à utilização da técnica Invisalign®. Os autores descrevem a técnica Invisalign® como uma série de alinhadores fabricados com material plástico transparente e fino (normalmente menor que 1 mm) desenvolvido com técnicas de laboratório CAD-CAM para movimentar os dentes cerca de 0,25 mm a 0,30 mm por placa, usada cada uma por um período de 15 dias por, no mínimo, 20 a 22 horas ao dia. As indicações da técnica seriam para o tratamento de apinhamentos leve a moderados (1 a 5 mm de apinhamento), mordida profunda associada à maloclusão de classe II, divisão 2ª (corrigida com vestibularização e intrusão de incisivos), atresia maxilar não-esquelética e recidivas após tratamento ortodôntico fixo. As condições difíceis de tratar com Invisalign® ou contraindicadas seriam apinhamento acima de 5 mm, discrepâncias esqueléticas ântero-posteriores superiores a 2 mm, discrepâncias de relação cêntrica e oclusão cêntrica, dentes severamente rotacionados (mais de 20 graus), mordidas abertas (anteriores e posteriores), extrusão de dentes, dentes com coroas clínicas curtas e arcadas com vários dentes ausentes, além de casos com extrações, quando se observam

exagerada inclinação dentária durante o fechamento dos espaços. Os autores concluíram que a técnica Invisalign®, apesar da vantagem estética, apresenta diversas limitações operacionais, obtendo resultados inferiores aos aparelhos fixos tradicionais.

Em 2008, Baldwin *et al.* descreveram a movimentação dentária dos elementos adjacentes aos espaços provenientes de extrações dentárias em casos tratados com alinhadores transparentes e finalizados inicialmente com alinhadores e posteriormente com aparelhos fixos. Em sua amostra, foram avaliados 24 pacientes submetidos à extração de pelo menos um pré-molar durante o tratamento. Os protocolos de tratamento diferiram na rigidez do material, macia ou dura, e na frequência da troca de alinhadores, uma semana ou 2 semanas. A inclinação dos dentes adjacentes aos espaços foi mensurada antes do tratamento, após o tratamento com alinhadores e depois de finalizada a terapia com aparatologia fixa. As informações foram obtidas através de moldes dentais e radiografias panorâmicas (Figura 2) e os dados inseridos em gráfico para avaliação do tempo de tratamento quando utilizados alinhadores e aparelho fixo. Ao término do uso dos alinhadores, foi observada uma significativa inclinação dos dentes adjacentes aos espaços resultantes das extrações, enquanto os casos concluídos com aparelhos fixos resultaram em um posicionamento mais vertical dos dentes adjacentes aos espaços. As comparações entre o material macio e o duro e a frequência de substituição dos alinhadores (uma semana versus duas semanas) não mostraram diferenças evidentes na alteração da inclinação dentária. O tratamento iniciado com alinhadores e concluído com aparelho fixo levou uma média de 40 meses. Os autores concluíram que inclinações podem ser observadas em pacientes submetidos a extrações dentárias e tratados com alinhadores, mas podem ser corrigidas com aparelhos fixos, o que, porém, tende a aumentar o tempo médio de tratamento. Verificaram ainda que o uso de alinhadores rígidos ou flexíveis e a substituição semanal ou a cada duas semanas dos alinhadores não fez diferença na quantidade de inclinação dentária nos dentes próximos aos espaços de extração.

FIGURA 2 - Ângulos medidos em Radiografia Panorâmica.



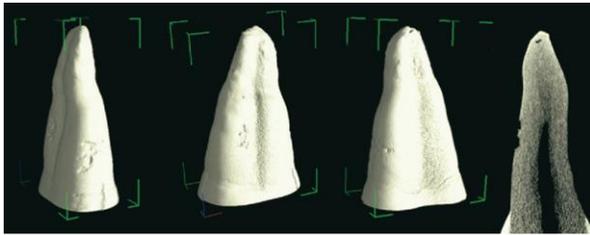
Fonte: BALDWIN et al., 2008.

I: ângulo interdental; M: ângulo mesial; D: ângulo distal.

Em 2008, Barbagallo *et al.* investigaram a intensidade da resposta inflamatória induzida por forças ortodônticas e a quantidade de reabsorção radicular gerada pelo tratamento com alinhadores transparentes (ClearSmile® - ClearSmile, Woollongong, Austrália), comparando os efeitos destes com aqueles gerados por forças ortodônticas convencionais pesadas, leves e nulas. Para quantificar o total de reabsorção foram utilizadas microtomografias de raios-x. Neste estudo, vinte e sete pacientes com necessidade de extrações bilaterais foram divididos aleatoriamente em 3 grupos e as forças foram aplicadas aos 54 primeiros pré-molares superiores que seriam posteriormente extraídos. Nos pacientes do primeiro grupo, os dentes de um lado foram movidos no sentido vestibular a uma taxa de 0,5 mm a cada 2 semanas (substituição dos alinhadores) e os dentes do lado oposto não receberam nenhuma força (grupo controle). Os dentes dos pacientes do segundo grupo foram movidos por alinhadores de um lado e por molas com forças pesadas aplicadas na direção vestibular do outro lado. No grupo 3, os dentes receberam forças leves aplicadas por molas e, no lado oposto foram utilizados alinhadores transparentes. A duração total do tratamento foi de 8 semanas e foram utilizados 4 alinhadores para cada paciente. No final do estudo, os dentes foram extraídos e a reabsorção foi medida com um microtomógrafo de raios-X, para posterior

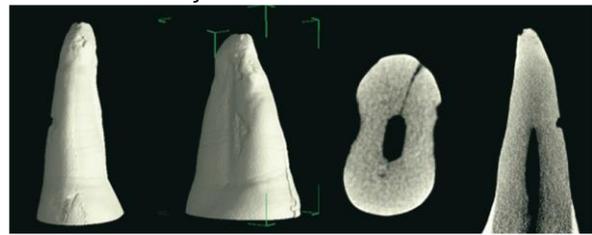
determinação da quantidade, localização e distribuição de áreas de reabsorção radicular. Os autores detectaram uma menor quantidade de reabsorção radicular nos dentes controle, em comparação com aqueles que receberam forças leves (cinco vezes menor). Os dentes movimentados com alinhadores (Figura 3) sofreram reabsorção ligeiramente maior que os dentes movidos com forças leves (Figura 4), ou aproximadamente 6 vezes maior que os dentes controle e os dentes que receberam forças pesadas apresentaram a maior reabsorção, cerca de 9 vezes maior que a do grupo controle. Concluíram que os alinhadores transparentes apresentam efeitos semelhantes no cemento radicular, quando comparados às forças leves aplicadas por aparelhos convencionais.

FIGURA 3 - Imagens 3D e 2D de pré-molar submetido a um movimento com alinhador.



Fonte: BARBAGALLO et al., 2008.

FIGURA 4 - Imagens 3D e 2D de pré-molar submetido a força leve com cantiléver.



Em artigo publicado em 2008, Boyd *et al.* avaliaram o tratamento de 3 pacientes, através de um novo protocolo para o Invisalign®. O intuito foi demonstrar que uma variedade de maloclusões complexas pode ser tratada com sucesso usando este protocolo, incluindo correção de apinhamento moderado, correção de moderada classe II divisão 1 e sobremordida profunda. Os autores citam as dificuldades na obtenção de movimentações mais complexas, como movimentos de corpo, torque de raízes, extrusões e rotações de pré-molares e caninos. O novo protocolo incluiu utilização de elásticos de classe II desde o início do tratamento, desgastes interproximais automaticamente preparados, instalação de *attachments* no centro da coroa clínica, *attachments* retangulares chanfrados para retenção, movimentos de intrusão, extrusão e correção da curva de Spee, além do controle de torque. Todos os dentes foram movimentados simultaneamente, o que promoveu visíveis espaços entre eles através da expansão, o que otimizou os efeitos dos desgastes interproximais para correção do apinhamento, economizando as estruturas dentais. Os autores ressaltam que são necessários novos estudos que testem esse novo protocolo para determinar se os

resultados podem ser repetidos com segurança por outros profissionais em situações comparáveis e que os profissionais que desejam usar alinhadores transparentes em sua prática se beneficiariam da obtenção de níveis sequenciais e padronizados de educação antes de utilizar essa abordagem.

Em 2008, Kravitz *et al.* avaliaram a influência dos *attachments* e dos desgastes interproximais na obtenção de movimentos de rotação de caninos com Invisalign®. Os dentes caninos de 31 pacientes adultos (num total de 53 dentes, sendo 33 caninos superiores e 20 caninos inferiores) tratados com Invisalign® foram medidos a partir dos modelos virtuais. Os pacientes foram instruídos a usar cada alinhador 22 horas por dia, sete dias por semana, durante 2-3 semanas. Os modelos virtuais pré-tratamento com as posições dentárias finais desejadas (obtidas através do ClinCheck®) foram sobrepostos aos modelos virtuais obtidos após o tratamento e os resultados foram comparados entre 3 diferentes grupos: pacientes tratados somente com *attachments*, pacientes tratados somente com desgastes interproximais e pacientes tratados sem *attachments* e sem desgastes interproximais. Os autores, então, compararam a acurácia da rotação canina obtida nas arcadas dentárias e observaram que a eficácia média na obtenção de movimentos rotacionais de caninos através do tratamento Invisalign® foi de 35,8% (43,1% para o grupo que recebeu desgastes interproximais, 33,3% para o grupo que recebeu *attachments* e 30,8% para o grupo sem *attachments* e sem desgastes interproximais). Análises estatísticas indicaram não haver diferenças significativas na eficácia da rotação de caninos entre os três diferentes grupos. Os autores concluíram que *attachments* e desgastes interproximais não promovem melhoras estatisticamente significativas na acurácia da rotação de caninos com o sistema Invisalign®.

Em 2009, Kravitz *et al.* fizeram um estudo clínico prospectivo cujo objetivo foi avaliar a eficácia do movimento dentário obtido através de alinhadores removíveis de poliuretano (Invisalign®, Align Technology, Santa Clara, Califórnia). Em sua amostra, através da medição dos modelos virtuais, avaliaram 401 dentes anteriores (198 superiores e 203 inferiores) de 37 pacientes tratados com Invisalign®. Os modelos virtuais com as posições previstas dos dentes foram sobrepostos aos modelos virtuais com as posições efetivamente alcançadas e a quantidade de movimento dentário prevista foi comparada com a quantidade alcançada após o tratamento, para os seguintes tipos

de movimentos dentários: expansão vestibular, constrição lingual ou palatina, intrusão, extrusão, inclinação mesiodistal, inclinação vestibulolingual e rotação. Foram utilizados, em média, 10 alinhadores na maxila e 12 na mandíbula e, de acordo com a prescrição, desgastes interproximais e *attachments* variados foram utilizados. Os autores observaram que a precisão média na obtenção do movimento dentário com Invisalign® foi de 41%, sendo o movimento mais preciso a constrição lingual (47,1%), e o movimento menos preciso a extrusão (29,6%) - especificamente, extrusão dos incisivos centrais superiores (18,3%) e inferiores (24,5%), seguidos de inclinação mesiodistal dos caninos inferiores (26,9%). A eficácia na rotação dos caninos foi significativamente menor do que a de todos os outros dentes, com exceção dos incisivos laterais superiores. A quantidade média de intrusão obtida foi de 0,72 mm. O torque lingual de coroa foi significativamente mais preciso que o torque vestibular de coroa, principalmente para os incisivos superiores. Os autores não observaram diferenças estatísticas na eficácia da movimentação entre os dentes superiores e inferiores quando comparado o mesmo tipo de dente para todos os movimentos estudados. Os autores sugerem que novos estudos podem melhorar a compreensão da capacidade do Invisalign® de mover os dentes e ajudar o profissional que prescreve o Invisalign® a compreender completamente as suas limitações e a selecionar pacientes adequados para o tratamento, orientar a melhor sequência de movimentos e reduzir a necessidade de refinamento do caso.

Pavoni *et al.* avaliaram, em 2011, as alterações na dimensão transversal e no perímetro da arcada superior, promovidas através de bráquetes autoligados em comparação com o sistema Invisalign®. Os pesquisadores avaliaram um grupo de 20 pacientes no início e final da terapia ortodôntica. Todos apresentavam maloclusão de Classe I, com apinhamento moderado na dentição permanente, sem anomalias craniofaciais, dentes ausentes, nem tratamento ortodôntico progressivo. Houve aumento significativo na largura transversal interpremolaes e intermolaes tanto para o aparelho autoligado quanto para o Invisalign®. Quanto à largura intercaninos, houve uma importante diferença nos resultados entre os dois sistemas, sendo o sistema autoligado mais eficiente que o Invisalign®. Os resultados mostraram ainda aumentos estatisticamente mais significativos no perímetro do arco maxilar com bráquetes autoligados do que o Invisalign® durante o tratamento. O tratamento com bráquetes

autoligados se mostrou eficaz para dissolver o apinhamento leve, aumentando a largura do arco e corrigindo a inclinação vestibulolingual, os contatos oclusais e as angulações radiculares e o tratamento com Invisalign® também obteve sucesso com a correção das arcadas, rotacionando os dentes e nivelando os arcos. Verificaram que Invisalign® pode facilmente inclinar as coroas, mas não pode inclinar as raízes devido à falta de controle do movimento dentário. Não observaram diferenças importantes quanto à duração do tratamento para os dois sistemas. Concluíram que o sistema autoligado produziu maior aumento na largura transversal dento-alveolar e no perímetro do arco maxilar durante o tratamento quando comparado com a técnica Invisalign®.

Krieger *et al.* realizaram, em 2012, um estudo estendido tendo como base um estudo piloto anterior, com o objetivo de comparar as posições dentárias na região anterior com o molde inicial, bem como o movimento dentário obtido com o uso de alinhadores transparentes (Invisalign®) com a posição inicial correspondente no ClinCheck®. Analisaram, para este estudo, os modelos inicial e final, além dos modelos ClinCheck® pré e pós-tratamento de 50 pacientes. Os parâmetros avaliados foram: comprimento anterior das arcadas superior/inferior e distância intercaninos, *overjet*, *overbite*, desvio da linha média dentária e o índice de irregularidade de Little. O apinhamento foi dissolvido através dos seguintes métodos terapêuticos: desgaste interproximal, protrusão dos incisivos, distalização e exodontia de um incisivo. Antes do tratamento, o apinhamento ântero-superior era, em média, de 5,39 mm e o apinhamento ântero-inferior era de 5,96 mm. Após o tratamento, estes valores foram reduzidos para 1,57 mm na maxila e 0,82 mm na mandíbula, em média. A diferença entre a movimentação dentária prevista/alcançada variou em média de 0,01 mm (DP \pm 0,48) para o comprimento da arcada ântero-inferior, e de até 0,7 mm (DP \pm 0,87) para o *overbite*. Todos os parâmetros avaliados, com exceção do *overbite*, foram significativamente equivalentes. Os autores concluíram que a utilização de alinhadores transparentes (Invisalign®) foi eficaz na resolução de apinhamentos moderados, através, principalmente, da protrusão dos dentes anteriores (aumento do arco). Os modelos finais do ClinCheck® forneceram alta precisão em comparação com os modelos iniciais. Os objetivos traçados com o ClinCheck® para os parâmetros avaliados, com exceção do *overbite*, foram atingidos.

Castroflorio *et al.*, em 2013, testaram a eficiência do *Power Ridge*® da Align Technology no controle da inclinação vestibulolingual dos incisivos superiores. O *Power Ridge*® (Figura 5) é uma "torção" da superfície do alinhador, que pretende manter a sua perfeita adaptação na margem gengival, gerando um binário de forças e efetivamente girando o dente em torno de seu centro de resistência. Em seu estudo, para avaliar a eficácia do *Power Ridge*®, os autores examinaram 12 incisivos superiores em 6 pacientes Invisalign® (quatro mulheres, dois homens, idade média 26,3 anos) que necessitavam de torque radicular lingual como parte de seu tratamento. Obtiveram, através do ClinCheck®, os setups inicial e final para cada incisivo superior nas visualizações padrão direita e esquerda e fizeram o escaneamento tridimensional dos modelos de gesso inicial e final para cada paciente. O escaneamento e medições foram realizados por um laboratório independente que determinou as medidas de torque e as coordenadas tridimensionais dos pontos de referência. Dos 12 dentes iniciais, três apresentaram menor movimento de raiz que de coroa e deixaram de fazer parte da análise dos dados. Os autores fizeram a sobreposição das medições de torque nos *setups* virtuais e nos modelos digitalizados do início (Figura 6) e do final (Figura 7) do tratamento e determinaram a variação unidirecional da porcentagem de expressão de torque. Os valores médios encontrados de torque para os nove incisivos superiores no início do tratamento foram 20,95° nos *setups* virtuais e 21,12° nos modelos digitalizados e de 10,55° e 10,53°, respectivamente, no final do tratamento. A mudança média no torque para os *setups* virtuais entre o início e final do tratamento representou a prescrição de torque, de 10,40°. Cerca de 99% do torque pretendido no *setup* inicial do ClinCheck® foi realmente expresso no *setup* final. Os autores concluíram que, quando é necessária uma correção de torque de cerca de 10°, é possível que alinhadores com *Power Ridges*® possam fornecer um melhor controle dos incisivos superiores do que o obtido com algumas prescrições de sistemas pré-ajustados e atestaram a precisão das prescrições do Invisalign ClinCheck®.

FIGURA 5 - Power Ridge® da Invisalign®.



FIGURA 6 - Escaneamento 3D do modelo inicial.

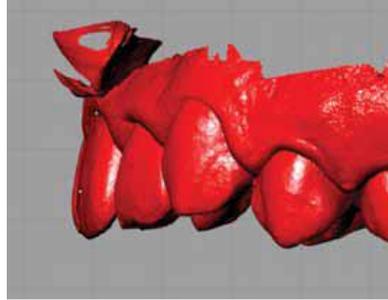
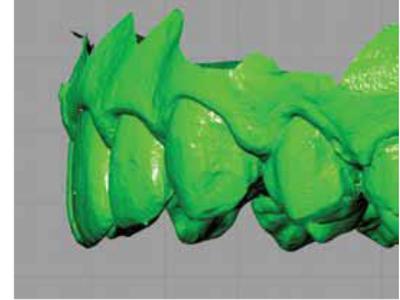


FIGURA 7 - Escaneamento 3D do modelo final.



Fonte: CASTROFLORIO et al., 2013.

Kassas *et al.*, em 2013, avaliaram os resultados do tratamento Invisalign® em maloclusões leves e moderadas usando o *Model Grading System (MGS)* da *American Board of Orthodontics (ABO)*. Selecionaram 119 pacientes que atendiam aos critérios de inclusão que incluíam ter dentição permanente completa com uma pontuação no Índice de Discrepância (DI) entre 10 e 20 e ter sido tratado com Invisalign® sem extração. Desses 119 casos, 31 (20 mulheres e 11 homens) tinham um conjunto completo de registros pré e pós-tratamento. Os modelos pré e pós-tratamento foram avaliados usando o MGS do ABO. Os critérios MGS avaliados foram: alinhamento, cristas marginais, inclinação vestibulolingual, contatos oclusais, relações oclusais, *overjet* e contatos interproximais. Os pacientes foram instruídos a usar os alinhadores 24 horas por dia, sete dias por semana e a substituição dos alinhadores ocorreu a cada duas semanas. Dependendo do planejamento de cada caso, desgastes interproximais com tiras de lixa diamantadas foram utilizados e a duração média dos tratamentos foi de 18 meses. Os resultados médios de todas as categorias da MGS foram melhorados após o tratamento, com exceção das categorias contatos oclusais e relações oclusais, que tiveram os seus resultados piorados. Os autores observaram melhorias estatisticamente significantes nas categorias alinhamento e inclinação vestibulolingual e as categorias *overjet*, cristas marginais e contatos interproximais mostraram melhorias gerais após o tratamento. Os autores concluíram que o tratamento Invisalign®, quando usado em maloclusões leves e moderadas, foi eficaz na correção do alinhamento dentário e da inclinação

vestibulolingual, mas obteve resultados negativos nas categorias contatos oclusais posteriores e nas relações oclusais.

Krieger *et al.*, em 2013, investigaram a incidência e gravidade das reabsorções radiculares apicais (RRA) durante o tratamento ortodôntico com alinhadores e se algum fator externo, como gênero ou idade poderia influenciar na RRA. Avaliaram 100 pacientes (17 a 75 anos) com oclusão de Classe I e apinhamento anterior antes do tratamento, tratados exclusivamente com alinhadores (Invisalign®, Align Technologies, Santa Clara, CA, EUA). Foram avaliados os dentes anterossuperiores, anteroinferiores e primeiros molares. Os comprimentos de raiz e coroa de um total de 1600 dentes foram medidos em radiografias panorâmicas pré e pós-tratamento. No final do tratamento, as alterações do comprimento da raiz foram calculadas através da proporção raiz-coroa, levando-se em consideração os comprimentos de raiz e coroa antes e após o tratamento. A diminuição dessa proporção foi considerada como um encurtamento do comprimento inicial da raiz. Além disso, a movimentação dos dentes anteriores foi avaliada por meio de telerradiografias e pelos *setups* 3-D de cada paciente. O apinhamento anterior foi resolvido com desgaste interproximal e/ou vestibularização dos dentes anteriores, de acordo com o planejamento de cada caso. Todos os pacientes apresentaram diminuição do comprimento radicular em pelo menos dois dentes, sendo que a média foi de 7,36 dentes afetados por paciente e 54% dos 1600 dentes avaliados não apresentaram redução radicular. Uma redução de até 10% do comprimento de raiz foi observada em 27,75% dos dentes, enquanto 11,94% dos dentes apresentaram diminuição entre 10% e 20%, e 6,31% dos dentes tiveram o seu comprimento radicular original reduzido em mais de 20%. Os autores não identificaram relação entre as RRA e a movimentação individual dos dentes, sexo, idade ou movimento ortodôntico sagital e vertical. Assim, devido à alta variabilidade individual no grau de reabsorção radicular, não há previsibilidade pelos fatores externos.

Em 2013, Larson, Vaubel e Grünheid avaliaram a eficácia do tratamento ortodôntico assistido por computador na obtenção das posições dentárias prescritas pelo plano de tratamento virtual. Os autores fizeram a sobreposição dos modelos pós-tratamento digitalizados de 23 pacientes tratados com SureSmile® aos seus correspondentes modelos de plano de tratamento virtual. Os autores registraram as

discrepâncias individuais entre as posições dentárias do plano de tratamento virtual e o resultado real obtido. Consideraram clinicamente ideais discrepâncias inferiores a 0,5 mm nas medições mesiodistal, vestibulolingual e vertical e inferiores a 2° para torque, inclinação e rotação. O posicionamento dentário no sentido mesiodistal foi considerado clinicamente ideal para todos os dentes, com exceção dos incisivos laterais superiores e segundos molares. No sentido vestibulolingual, registraram posições ideais para todos os dentes, com exceção dos incisivos centrais, pré-molares e molares superiores, e os incisivos e segundos molares inferiores. A posição vertical foi considerada clinicamente ideal para todos os dentes, exceto os segundos molares inferiores. Para torque, inclinação e rotação, a discrepância excedeu os limites considerados clinicamente ideais para todos os dentes, exceto o torque da coroa nos segundos pré-molares inferiores e a inclinação da coroa nos segundos pré-molares e primeiros molares inferiores. Os autores concluíram que a eficácia do tratamento ortodôntico assistido por computador para alcançar a posição dentária prevista varia de acordo com o tipo e a dimensão do movimento dentário.

Em 2014, Chisari *et al.* examinaram os impactos da idade, sexo, comprimento das raízes, níveis ósseos e qualidade óssea no movimento dentário ortodôntico obtido através de alinhadores transparentes Invisalign®. Selecionaram trinta pacientes, com idades entre 18 e 64 anos, divididos em 2 grupos (o primeiro grupo com 7 homens e 8 mulheres entre 18 e 35 anos e o segundo com 5 homens e 10 mulheres com 50 anos de idade ou mais), submetidos à terapia ortodôntica com 4 alinhadores superiores Invisalign® programados para mover um incisivo central por 1 mm ao longo de 8 semanas e fizeram as medições em modelos digitais (porcentagem da meta de movimentação dentária alcançada). Avaliaram as características morfométricas e a qualidade óssea com tomografia computadorizada de feixe cônico e combinaram os dados deste estudo com dados de 2 estudos semelhantes para aumentar o poder de algumas análises. A porcentagem média alcançada da meta de movimentação dentária foi de 57% no total, incluídos os 3 estudos. Os autores não detectaram diferenças significativas ao comparar os estudos quanto a sexo, raça, cooperação e porcentagem da meta de movimentação dentária alcançada. Os autores verificaram uma relação entre idade e movimento dentário, com uma taxa de movimento decrescente dos 18 aos 35 anos, uma taxa

ligeiramente crescente dos 35 aos 50 anos e uma taxa decrescente após os 50 anos (não observada nas mulheres). Houve uma significativa correlação entre a porcentagem da meta alcançada e as medidas lineares do movimento dentário. Foi detectada uma significativa correlação negativa entre o movimento dentário e a medição do ápice ao centro de rotação, mas a qualidade óssea não se correlacionou com o movimento. Os autores concluíram que a relação entre idade e movimento dentário é complexa e pode diferir para pacientes do sexo masculino e feminino e observaram ainda correlações limitadas entre a morfologia e a taxa de movimentação dentária.

Simon *et al.* investigaram, em 2014, a eficácia do tratamento ortodôntico por meio do sistema Invisalign®, avaliando a influência dos auxiliares (*Attachment/Power Ridge®*) na obtenção da movimentação desejada. Avaliaram os movimentos dentários de 30 pacientes, divididos em 3 grupos, de acordo com os objetivos iniciais do ClinCheck®: torque de incisivos superior a 10°, rotação de pré-molares superior a 10° e distalização de molares superior a 1,5 mm. Estes 3 grupos foram subdivididos quanto à utilização ou não de auxiliares (*Attachment / Power Ridge®*). A eficácia do tratamento foi verificada através do escaneamento inicial das arcadas dentárias e escaneamento final dos modelos de gesso, que foram comparados com a quantidade de movimento dentário previsto pelo ClinCheck®. A eficiência média obtida foi de 59%, sendo maior para a distalização de molares (87%) que para o torque dos incisivos superiores (42%) e para a rotação de pré-molares (40%), que teve a menor acurácia observada. Concluíram que os movimentos de corpo estudados podem ser obtidos com o sistema Invisalign®, com a ressalva de que o torque de incisivos e a rotação pura de pré-molares dependem significativamente da velocidade, bem como da quantidade total de movimento dentário planejado, o que pode gerar a necessidade de sobrecorreção ou refinamento, pois nesses casos a simulação do ClinCheck® pode prever mais movimento do que o resultado clinicamente obtido.

Han, em 2015, avaliou o efeito do tratamento ortodôntico nos tecidos periodontais e comparou tratamentos ortodônticos realizados com aparelhos fixos e alinhadores transparentes em pacientes com periodontite. Após o tratamento periodontal e depois de meticulosa orientação de higiene oral, trinta e cinco pacientes foram submetidos a tratamento ortodôntico com aparelhos fixos e com alinhadores

transparentes e os resultados obtidos através de cada tipo de terapia foram mensurados por meio de avaliações clínicas realizadas no início e final do tratamento, quando foi comparada a duração do tratamento em cada um dos métodos. O autor notou melhora no índice geral de placa, no índice gengival e na profundidade de sondagem, além do nível ósseo geral após o tratamento ortodôntico, sendo que não foram encontradas diferenças significativas em relação às alterações do índice de placa, índice gengival, ou do nível ósseo alveolar entre os dois tipos de terapia. Diferenças importantes foram encontradas entre os grupos nas alterações da profundidade de sondagem, maiores nos pacientes que usaram aparelhos fixos e duração do tratamento, sendo menor para o grupo que usou aparelho fixo. O autor indica o tratamento ortodôntico associado ao tratamento periodontal, independentemente da técnica adotada, como forma de melhora da condição periodontal dos pacientes e não relata diferenças significativas entre os tratamentos realizados com aparelhos fixos e alinhadores transparentes em relação ao índice de placa e índice gengival.

Em 2015, Li *et al.* compararam os resultados dos tratamentos realizados através do sistema Invisalign® com tratamentos concluídos por meio de bráquetes ortodônticos. Para a sua comparação, cento e cinquenta e dois pacientes ortodônticos adultos classe I com indicação de extrações foram encaminhados para duas clínicas especializadas em ortodontia e separados aleatoriamente em dois grupos com 76 pacientes cada para serem tratados com alinhadores transparentes ou com bráquetes. Todos os pacientes foram avaliados pela metodologia do exame da Fase III *do American Board of Orthodontics* (ABO) e o índice de discrepância (DI) foi utilizado para analisar os registros de pré-tratamento para controlar a gravidade inicial da maloclusão, avaliando os seguintes critérios: mordida cruzada posterior, apinhamento, *overjet*, cefalometria, oclusão, mordida aberta anterior, sobremordida, mordida aberta lateral, e outros. O grupo de pacientes que utilizou o sistema Invisalign® foi orientado a usar os alinhadores 24 horas por dia, sete dias por semana e os alinhadores foram substituídos a cada 2 semanas. Quando necessário, lançou-se mão de desgastes interproximais. Para o grupo que utilizou bráquetes, foram usados bráquetes convencionais durante todo o tratamento, sem necessidade de ancoragem. Elásticos intermaxilares, quando indicados, foram utilizados em pacientes dos dois grupos. Para a maioria dos critérios avaliados, não

houve diferença estatística entre os dois grupos. As duas categorias de maloclusão que apresentaram resultados com diferença estatisticamente significativa entre os grupos foram inclinação vestibulolingual e contatos oclusais, sendo o sistema Invisalign® inferior na obtenção destes resultados. O sistema Invisalign® exigiu uma maior duração do tratamento (31,5 meses, em média) em comparação com o aparelho fixo convencional (22 meses, em média). Os autores concluíram que tanto o sistema Invisalign® quanto os aparelhos fixos convencionais foram bem-sucedidos no tratamento de casos com extração de pacientes adultos Classe I.

Em 2015, Rossini *et al.* realizaram uma revisão sistemática da literatura com o intuito de apurar a eficácia dos alinhadores transparentes no controle dos seguintes movimentos ortodônticos: intrusão, extrusão, rotação, inclinação/angulação e alinhamento/nivelamento. Para tal, revisaram abundante literatura, de 2000 a 2014, em diversas bases de dados (*LILACS, PubMed, Google Scholar, Scopus, etc.*). Dos 1800 artigos avaliados inicialmente, foram selecionados 11 artigos que se enquadraram nos critérios adotados. Ao todo, na soma dos 11 artigos, foram incluídos no estudo 480 pacientes entre 13 e 72 anos de idade. Os autores encontraram uma média de intrusão de 0,72 mm, com uma maior eficácia para os incisivos centrais superiores e inferiores e a menor eficácia foi encontrada na intrusão dos incisivos laterais superiores. A extrusão foi o movimento dentário menos preciso obtido através dos alinhadores, sendo que a menor precisão foi encontrada na extrusão dos incisivos centrais superiores e inferiores. A média encontrada de extrusão foi de 0,56mm. Para a obtenção de movimentos de rotação, a média de acurácia encontrada dos alinhadores foi de 32% para os caninos inferiores, de 55% para os incisivos centrais superiores e 52% para os incisivos laterais inferiores. A menor acurácia foi detectada na tentativa de rotação dos caninos inferiores: 29%. A correção da inclinação mesiodistal através dos alinhadores foi eficiente, em média, em 41% das tentativas, sendo que a maior eficácia foi obtida na correção da inclinação dos incisivos laterais superiores (43%) e incisivos laterais inferiores (49%). Os caninos superiores (35%) e inferiores (27%), além dos incisivos centrais superiores (39%) tiveram a menor acurácia. Quanto à angulação (inclinação vestibulolingual), os autores observaram uma menor eficiência dos alinhadores em relação aos aparelhos fixos. Encontraram também uma maior acurácia de torque lingual (53%), quando comparado

ao torque vestibular (38%), particularmente para os incisivos centrais superiores. Os autores constataram uma eficácia de 78% para o alinhamento anterior. E, em comparação com aparelhos autoligados, os alinhadores se mostraram mais eficazes na expansão da arcada na região posterior. Os autores concluíram que os alinhadores transparentes podem ser indicados para alinhamento e nivelamento de pacientes que já terminaram o crescimento, além daqueles com necessidade de intrusão anterior. Em contrapartida, não indicam o uso dos alinhadores transparentes para movimentos de rotação e extrusão.

Em 2015, Rossini *et al.* realizaram uma revisão sistemática da literatura existente, a fim de avaliar os efeitos produzidos pelo tratamento com alinhadores transparentes sobre as estruturas periodontais. Os autores pesquisaram o período compreendido entre janeiro de 1945 e setembro de 2014 em diversas bases de dados (*Pubmed, Pubmed Central, National Library of Medicine's Medline, Embase, Cochrane Central Register of Controlled Clinical trials, Web of Knowledge, Scopus, Google Scholar e LILACS*) para identificar todos os artigos revisados potencialmente relevantes para a sua revisão sistemática. Os critérios buscados foram estudos sobre tratamentos realizados com alinhadores transparentes em seres humanos e com descrições claras dos materiais e técnica aplicada. Realizaram os procedimentos de seleção e extração dos artigos, através de um sistema metodológico que classificou a qualidade dos trabalhos selecionados. Dentre os 1247 artigos identificados, cinco artigos com nível de evidência moderado foram considerados relevantes e selecionados para o estudo. O objetivo primário da busca foi identificar os efeitos periodontais do tratamento com alinhadores transparentes, avaliados com base nas variações dos índices periodontais detectados durante o tratamento e o secundário foi investigar se os eventuais movimentos ortodônticos com alinhadores transparentes exerceram efeitos prejudiciais sobre as estruturas dentárias e periodontais. Foi revelada uma melhora significativa dos índices de saúde periodontal, principalmente quando o tratamento com alinhadores transparentes foi comparado com aparelhos fixos e não foram observados efeitos periodontais adversos durante o tratamento com alinhadores transparentes nos estudos selecionados.

Em 2016, Duncan *et al.* revisaram os prontuários de 61 pacientes adultos brancos para investigar as mudanças de posição dos incisivos inferiores em decorrência da correção, sem extrações, do apinhamento com Invisalign®. Para tal, dividiram os pacientes em 3 grupos, classificados de acordo com a severidade do apinhamento da arcada inferior: apinhamento leve (2,0 a 3,9 mm), moderado (4,0 a 5,9 mm) e severo (acima de 6,0 mm). Fizeram análises cefalométricas para determinar as mudanças nos incisivos inferiores, além de medir a redução interproximal e as alterações na largura dos arcos. No grupo dos pacientes com apinhamento severo, encontraram importantes alterações na posição e angulação dos incisivos inferiores. Nos grupos com apinhamento leve e moderado, as alterações de posição e angulação não tiveram importância estatística. Quanto à expansão das arcadas, através da avaliação das distâncias intercaninos, interpremolares e intermolares, notaram que houve um aumento estatisticamente significativo em cada um dos três grupos avaliados. Os autores concluíram que o tratamento com Invisalign® pode ser eficientemente indicado para a correção de apinhamentos da arcada inferior, através da combinação de expansão vestibular da arcada, redução interproximal e vestibularização dos incisivos inferiores. Observaram que a posição dos incisivos inferiores não sofreu alterações importantes quando o apinhamento era inferior a 6 mm. No grupo com apinhamento superior a 6 mm, verificaram que os incisivos inferiores vestibularizaram e protruíram.

Em artigo publicado em 2016, Grünheid *et al.* se propuseram a investigar as alterações na inclinação vestibulolingual dos caninos inferiores e na distância intercanina em pacientes tratados com alinhadores transparentes e compará-las com as alterações obtidas por meio de aparelhos *Edgewise* pré-ajustados. Tomografias computadorizadas *cone-beam* foram obtidas antes e depois do tratamento de 60 pacientes, divididos em 2 grupos (tratados com alinhadores ou com aparelhos *Edgewise*). Os critérios adotados para seleção dos pacientes foram: dentição permanente, maloclusão de Classe I de Angle sem mordida cruzada nos molares, sem necessidade de extrações e visualização completa dos caninos inferiores nas tomografias, antes e depois do tratamento. Para os pacientes do grupo “alinhadores” foi utilizado o sistema Invisalign® e foram realizados desgastes interproximais na região anteroinferior. Os pacientes tratados com aparelhos fixos *Edgewise* receberam, no final, arcos retangulares de aço para expressão do torque

e também receberam desgastes interproximais na região anteroinferior. Os autores observaram que os pacientes tratados com alinhadores tiveram leve aumento da inclinação vestibulolingual dos caninos inferiores, que já era positiva antes do início do tratamento e aumento significativo da distância intercanina ao longo do tratamento. Quanto aos pacientes tratados com aparatologia fixa, notaram diminuição da inclinação vestibulolingual dos caninos inferiores e não observaram alterações estatisticamente relevantes na distância intercaninos. Concluíram que os alinhadores transparentes geralmente levam a um aumento da distância intercanina sem alterações importantes da inclinação vestibulolingual, em contraste com a terapia com aparelhos fixos, que corrigem a inclinação vestibulolingual dos caninos e não alteram a distância intercanina.

Em 2016, Hennessy *et al.* compararam a vestibularização dos incisivos inferiores produzida por aparelhos fixos com aquela proporcionada por alinhadores transparentes de terceira geração (Invisalign®). Neste estudo, avaliaram 44 pacientes adultos, com idade média de 26,4 anos, que apresentavam apinhamento leve dos incisivos inferiores (menor que 4 mm) e bases esqueléticas em Classe I (ângulo ANB entre 1° e 4°). Os pacientes foram separados em dois grupos aleatórios que seriam submetidos ao tratamento ortodôntico usando aparelhos fixos ou alinhadores transparentes (Invisalign®). A vestibularização dos incisivos inferiores foi medida comparando-se as cefalometrias pré-tratamento com cefalometrias obtidas próximo do final do tratamento. O critério avaliado foi a alteração cefalométrica na inclinação dos incisivos inferiores em relação ao plano mandibular no final do tratamento. O apinhamento médio observado no grupo que usou aparelhos fixos foi de 2,1 mm e no grupo que usou Invisalign® foi de 2,3 mm e a inclinação pré-tratamento média dos incisivos inferiores para o grupo aparelho fixo foi de 90,8° enquanto para o grupo Invisalign® foi de 91,6°. Próximo do final do tratamento, os aparelhos fixos haviam produzido uma vestibularização média de 5,3° enquanto o Invisalign® havia obtido uma inclinação média de 3,4°, não havendo diferenças estatisticamente significantes entre as duas metodologias. Os autores concluíram que não houve diferença na quantidade de vestibularização dos incisivos inferiores produzida por alinhadores transparentes e aparelhos fixos em casos de apinhamento leve.

Em 2017, Elhaddaoui *et al.* fizeram uma revisão sistemática da literatura com o objetivo de avaliar a conexão entre o tratamento ortodôntico com alinhadores transparentes e o risco de reabsorção radicular e, por outro lado, comparar a incidência e a gravidade da reabsorção relacionada ao alinhador com a reabsorção causada por aparelhos fixos com bráquetes. Pesquisaram ensaios clínicos randomizados e não randomizados, metanálises e estudos descritivos publicados antes de dezembro de 2015 sobre tratamentos realizados em pacientes adultos sem necessidade de extração nas seguintes bases de dados: Medline, Embase, EBSCO Host, Cochrane Library e Science Direct. Dentre 93 referências selecionadas, os autores encontraram três estudos que preenchem os seus critérios de seleção. A incidência de reabsorção radicular com alinhadores variou entre 0% e 46%, dos quais 6% foram considerados casos graves, enquanto os tratamentos realizados com aparelhos fixos apresentaram uma incidência de reabsorção radicular variando entre 2% e 50%, dos quais 22% considerados casos graves. Em ambas as técnicas, a incidência de reabsorção foi maior nos incisivos superiores e não foi influenciada por idade ou sexo. Os autores concluíram que em casos de maloclusão que não requerem extração, o tratamento com alinhador ortodôntico está possivelmente associado a uma menor incidência de reabsorção radicular do que o tratamento com aparelho ortodôntico fixo, mas recomendam cautela quanto a esses dados devido aos poucos estudos disponíveis sobre o tema e às diferenças entre as técnicas.

No ano de 2017, Gay *et al.* investigaram a incidência e gravidade da reabsorção radicular em pacientes adultos tratados com alinhadores. Em seu estudo, um grupo de 71 pacientes adultos Classe I de Angle, com apinhamentos inferiores a 6 mm foi tratado com Invisalign® (Align Technologies, Santa Clara, CA, EUA). Todos os incisivos, caninos, primeiros pré-molares superiores e primeiros molares foram avaliados. Os comprimentos de raiz e coroa de 1083 dentes foram medidos em radiografias panorâmicas no início e no final da terapia com Invisalign® e foram calculadas as proporções coroa/raiz de cada dente para que se determinassem as alterações ocorridas entre o início e o final do tratamento. Os autores observaram que todos os pacientes tiveram pelo menos um dente afetado pela redução do comprimento radicular, sendo que a média de dentes com reabsorção radicular por paciente foi de 6,38. A gravidade das

reabsorções foi medida pela quantidade de raiz reabsorvida: cerca de 26% dos dentes tiveram reabsorção de até 10% do comprimento radicular, enquanto 12% dos dentes tiveram perdas radiculares entre 10% e 20% e quase 4% dos dentes foram afetados com uma reabsorção radicular superior a 20% do seu comprimento inicial. Reabsorções mais graves (acima de 20%) tiveram maior incidência nos incisivos laterais superiores e incisivos centrais e laterais inferiores. Concluíram que o tratamento ortodôntico com alinhadores Invisalign® pode causar reabsorções radiculares, semelhante ao que ocorre quando se aplicam forças ortodônticas leves, em tratamentos realizados com aparelhos fixos.

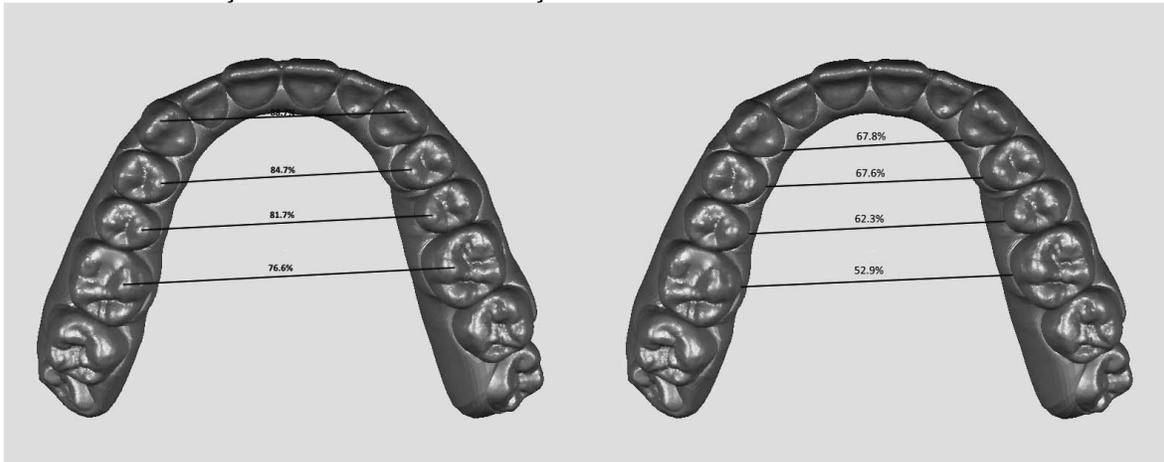
Em 2017, Grünheid, Loh e Larson avaliaram a precisão da tecnologia Invisalign® na obtenção do posicionamento dentário previsto em relação ao tipo de dente e à direção do movimento dentário pretendido. Fizeram a sobreposição dos modelos digitalizados, obtidos após o tratamento, aos modelos correspondentes (também digitalizados) utilizados para a obtenção do plano de tratamento virtual inicial de 30 pacientes (13 homens, 17 mulheres, idade média 21,6 anos) que receberam tratamento Invisalign® sem extração. O tempo médio de tratamento foi de 11 meses e a quantidade média de apinhamento em cada arcada foi de 2 mm. Desgastes interproximais foram realizados, de acordo com o plano de tratamento para cada caso. As diferenças entre o resultado efetivamente obtido através do tratamento Invisalign® e o resultado previsto no plano de tratamento virtual foram calculadas e testadas quanto à significância estatística para cada tipo de dente nas direções mesiodistal, vestibulolingual e cérvico-oclusal, além de apinhamento, torque e rotação. Na maxila, vários dentes apresentaram diferenças estatisticamente significantes entre as posições prevista e alcançada: o incisivo central foi posicionado mais para vestibular e oclusal e apresentou maior torque lingual de coroa. O segundo pré-molar ficou mais distal e lingual em relação à posição prevista e apresentou mais torque vestibular de coroa. A posição do primeiro molar foi muito discrepante nessas mesmas três direções e teve mais inclinação mesial da coroa do que o previsto. O segundo molar teve mais torque vestibular da coroa que o previsto e foi posicionado mais para a lingual e oclusal. Essa diferença no torque dos segundos molares superiores foi considerada clinicamente relevante. Na mandíbula, todos os tipos de dentes apresentaram diferenças estatisticamente significantes. Os incisivos centrais

e laterais foram posicionados mais oclusalmente do que o previsto. O incisivo lateral também teve mais rotação mesial. Os caninos ficaram mais lingualizados e apresentaram mais torque vestibular da coroa e rotação distal do que o previsto. Tanto o primeiro quanto o segundo pré-molar tiveram mais rotação mesial do que o previsto. Finalmente, o primeiro e o segundo molar apresentaram mais torque vestibular da coroa do que o previsto. O segundo molar também apresentou inclinação da coroa para distal. Embora estatisticamente significativa, nenhuma dessas diferenças no arco mandibular foi considerada clinicamente relevante. Os autores concluíram que o Invisalign® pode atingir com grande precisão os resultados pretendidos em casos sem extração, mas os profissionais devem considerar que a expansão maxilar pode não ser totalmente alcançada, os incisivos inferiores tendem a ser posicionados mais oclusalmente do que o previsto, a rotação dos dentes pode estar incompleta e o torque dos molares pode não ser totalmente alcançado e que o conhecimento dessas limitações pode permitir que os profissionais incorporem as compensações necessárias no plano de tratamento virtual.

Houle *et al.*, em 2017, investigaram a previsibilidade da expansão das arcadas dentárias usando o Invisalign®. Obtiveram os modelos digitais pré e pós-tratamento (escaneados através do iTero®), além dos modelos virtuais ClinCheck® (fornecidos pela Align Technology) de 64 pacientes adultos brancos. Mediram os valores lineares das larguras das arcadas superior e inferior para caninos, pré-molares e primeiros molares em dois pontos diferentes: margens gengivais linguais e pontas das cúspides (Figura 8) e fizeram a comparação da expansão planejada no ClinCheck® com as medidas pós-tratamento. Os autores usaram testes de razão de variância para determinar se uma maior mudança planejada estava associada a um erro maior no resultado obtido. Na maxila, os autores notaram uma diferença estatisticamente significativa entre o ClinCheck® e o resultado final, com piores resultados nas regiões mais posteriores da arcada, sendo a distância entre as margens gengivais linguais no primeiro molar a área com menor precisão alcançada (52,9%). Na mandíbula, nas medidas tomadas na margem gengival, notaram uma diferença estatisticamente significativa entre a expansão planejada no ClinCheck® e o resultado final enquanto as medidas registradas nas pontas de cúspides mostraram diferenças não estatisticamente significativas entre a previsão do ClinCheck® e o resultado final. As razões de variância foram significativas para ambas

as arcadas. Os autores encontraram uma acurácia média na obtenção da expansão planejada com o Invisalign® para a maxila de 72,8%, enquanto na mandíbula verificaram uma precisão média de 87,7%. Concluíram que o ClinCheck® superestima a expansão através de movimentos de corpo, enquanto mais inclinações são observadas e que parece apropriada uma sobrecorreção da expansão na região posterior do arco maxilar.

FIGURA 8 - Marcações e acurácia das alterações transversais na maxila.



Fonte: HOULE et al., 2017.

Esquerda: pontas das cúspides; Direita: margem gengival.

Em 2017, Iglesias-Linares *et al.* investigaram se havia diferença na frequência de reabsorção radicular apical externa induzida ortodonticamente (OIEARR, na sigla em inglês), quando comparados tratamentos realizados através de alinhadores removíveis (Invisalign®) com aqueles promovidos por aparatologia fixa, considerando fatores genéticos, radiográficos e clínicos. Fizeram o rastreamento genético do gene da interleucina 1B (IL1B), do gene antagonista do receptor da interleucina-1 (IL1RN) e do gene da osteopontina (SPP1) de 372 pacientes tratados com Invisalign® ou com aparelhos fixos através de análise da saliva. Consideraram também 12 variáveis clínicas, potencialmente associadas à OIEARR e dividiram os pacientes de acordo com a presença detectada radiograficamente de OIEARR (0,2 mm de reabsorção detectada). Os comprimentos das raízes dos incisivos centrais e laterais superiores foram medidos em radiografias panorâmicas calibradas antes e após o tratamento. Além disso, os deslocamentos verticais e sagitais totais dos ápices dos incisivos superiores foram medidos quanto às inclinações inicial e final. A associação entre OIEARR e tipo de aparelho, e ainda os fatores radiográficos, clínicos e genéticos, foi avaliada por meio de

regressão logística condicional retrógrada. Os autores detectaram um risco aumentado de reabsorção radicular apical nos casos clínicos mais complexos e quando necessário maior deslocamento apical do incisivo no plano sagital e, após o ajuste para associações entre fatores clínico-radiográfico-genéticos, não notaram diferenças estatisticamente significantes quanto à OIEARR em relação ao tipo de aparelho ortodôntico utilizado, seja alinhadores removíveis (Invisalign®) ou aparelhos fixos. Somente os indivíduos homozigotos para o alelo T da IL1RN foram mais propensos à OIEARR durante o tratamento ortodôntico. Ao final do estudo, segundo os autores, uma predisposição semelhante à OIEARR foi identificada quando utilizados aparelhos fixos ou alinhadores removíveis (Invisalign®).

Em 2017, Zheng *et al.* elaboraram uma revisão sistemática da literatura com o intuito de comparar a eficiência, eficácia e estabilidade do tratamento com alinhadores transparentes ao tratamento realizado com bráquetes convencionais em seres humanos com dentição permanente. Fizeram a sua pesquisa nos bancos de dados eletrônicos *Google Scholar, Cochrane Oral Health Group's Trials Register, CENTRAL, MEDLINE via OVID, EMBASE via OVID e Web of Science* e também nos mais importantes periódicos sobre Ortodontia. Avaliaram a qualidade dos artigos incluídos e dois autores fizeram a seleção do estudo, avaliação da validade e extração dos dados (*design* do estudo, participantes, intervenção e medição do resultado). De um total de 252 estudos avaliados, quatro ensaios clínicos controlados atenderam aos critérios de inclusão e foram comparados segundo os quatro seguintes critérios: duração do tratamento, tempo de cadeira, índices oclusais e estabilidade do tratamento. Os autores observaram uma vantagem significativa dos alinhadores sobre os aparelhos fixos quanto ao tempo de cadeira e à duração do tratamento em casos leves a moderados, mas observaram uma menor eficácia na estabilidade e índices oclusais dos tratamentos realizados com alinhadores transparentes quando comparados com aparelhos convencionais, apesar da limitada quantidade de estudos e evidências. Concluíram, baseados nas evidências atuais, que a duração reduzida do tratamento e o menor tempo de cadeira em casos leves a moderados parecem ser a única vantagem significativa dos alinhadores transparentes sobre os sistemas convencionais e que não há evidências suficientes no

que diz respeito à eficácia e estabilidade do tratamento com alinhadores transparentes em comparação com os bráquetes convencionais.

Em 2018, Liu e Hu produziram cinco conjuntos de alinhadores transparentes, todos com a mesma espessura (0,8 mm), dividiram em cinco grupos (G0 a G4, sendo G0 o grupo controle), com o objetivo de investigar a relação entre os diversos padrões de intrusão obtida através de alinhadores transparentes e as correspondentes forças ortodônticas geradas durante a movimentação. Para cada grupo, foram utilizados 11 alinhadores com a intenção de promover intrusão de incisivos e caninos na arcada inferior. A divisão dos grupos foi feita de forma a estudar a intrusão dos caninos isoladamente (G1), dos quatro incisivos isoladamente (G2), dos caninos e incisivos inferiores em conjunto (G3), com uma taxa de ativação de 0,2 mm para estes três grupos e, dos caninos e incisivos inferiores novamente em grupo (G4), com diferentes taxas de ativação (0,1 mm, 0,15 mm e 0,2 mm). As forças de intrusão foram medidas com um sistema de medição de transdutor força/torque multiaxial em tempo real. Utilizaram *attachments* retangulares convencionais, colados nos primeiros e segundos pré-molares e nos primeiros molares. Os autores observaram que, com a mesma taxa de ativação (0,2 mm) e com *attachments* colados nos pré-molares e molares, os caninos receberam uma maior força intrusiva quando ativados isoladamente. Quando ativados em conjunto com os incisivos, os caninos receberam uma maior força intrusiva do que estes, menor, porém, do que aquela observada quando ativados isoladamente. Os incisivos receberam semelhantes forças de intrusão, observadas tanto nas ativações em conjunto com os caninos quanto isoladamente. No grupo com diferentes taxas de ativação (G4) os autores detectaram forças extrusivas nos caninos e incisivos laterais. Os autores concluíram que a forma e posição dos *attachments*, além da posição dos dentes adjacentes influenciam a força final de intrusão. Além disso, com a mesma ativação, os caninos experimentaram uma maior força de intrusão quando instruídos isoladamente. Durante a intrusão combinada, caninos e incisivos receberam forças diferentes, e os primeiros pré-molares experimentaram as maiores forças extrusivas. E, por fim, utilizando diferentes taxas de ativação, os alinhadores transparentes não exercem forças efetivas em todos os dentes-alvo.

4. DISCUSSÃO

O advento dos alinhadores transparentes proporcionou aos profissionais de Ortodontia uma profícua opção em relação aos aparelhos fixos convencionais, trazendo vantagens para o paciente, como facilidade de higienização, maior conforto e menor duração do tratamento, mas apresenta algumas limitações como a necessidade de cooperação do paciente e dificuldade na obtenção de alguns movimentos (PHAN *et al.*, 2007).

Os alinhadores transparentes podem ser eficazmente indicados na dissolução de apinhamentos leves e moderados, através, principalmente, de vestibularização dentária e desgastes interproximais (KRIEGER *et al.*, 2012; KASSAS *et al.*, 2013; ROSSINI *et al.*, 2015; DUNCAN *et al.*, 2016).

Diferentes autores atestam a capacidade dos alinhadores transparentes, em especial o Invisalign®, de eliminar diastemas, fechando espaços e corrigindo os contatos interproximais (DJEU *et al.*, 2005; KASSAS *et al.*, 2013). A eficácia no fechamento de espaços obtida através dos modernos alinhadores já havia sido atestada em 1945, quando KESLING lançou o *Positioner*.

A vestibularização e a protrusão de incisivos podem ser eficientemente obtidas por meio de alinhadores transparentes durante o alinhamento dentário (DUNCAN *et al.*, 2016) e a eficácia na obtenção destes movimentos com alinhadores é semelhante àquela encontrada por meio de aparelhos fixos (HENNESSY *et al.*, 2016).

A melhora do *overjet* pode ser obtida através de alinhadores transparentes (KASSAS *et al.*, 2013), embora a sua correção tenha se mostrado menos eficaz do que a obtida com aparatologia fixa (DJEU *et al.*, 2005), com exceção dos casos tratados com extração, quando a correção do *overjet* foi bem sucedida tanto com alinhadores quanto com aparelhos fixos (LI *et al.*, 2015).

O tratamento com alinhadores transparentes pode ser eficientemente indicado na obtenção de contatos interproximais e alinhamento das cristas marginais (DJEU *et al.*, 2005; KASSAS *et al.*, 2013) e é tão eficiente quanto o tratamento com aparelhos fixos na busca por estes objetivos (DJEU *et al.*, 2005).

O tratamento de maloclusões leves e moderadas com alinhadores (Invisalign®) pode ser concluído em menor tempo quando comparado com o realizado

através de aparelhos fixos (DJEU *et al.*, 2005; ZHENG *et al.*, 2017). Outros autores não observaram diferenças importantes quanto à duração do tratamento para os dois sistemas (PAVONI *et al.*, 2011) e, em pacientes com periodontite, os alinhadores requereram um maior tempo de tratamento (HAN, 2005), assim como em casos tratados com extrações dentárias (Ll *et al.*, 2015).

A expansão das arcadas dentárias pode ser eficazmente alcançada através de alinhadores transparentes, que atingem os seus objetivos de aumento da largura transversal intermolares e interpremolars (PAVONI *et al.*, 2011; DUNCAN *et al.*, 2016), apesar de haver uma superestimação da expansão através de movimentos de corpo, quando, na verdade, ocorrem mais inclinações dentárias (HOULE *et al.*, 2017).

Alinhadores transparentes são eficazes na obtenção do aumento da distância intercaninos (DUNCAN *et al.*, 2016; GRÜNHEID *et al.*, 2016). Quando comparado com aparelhos fixos autoligados, no entanto, o sistema Invisalign® se mostrou menos eficiente na obtenção do aumento do perímetro da arcada e da distância intercaninos (PAVONI *et al.*, 2011).

Os alinhadores transparentes podem ser indicados para intrusão de dentes anteriores de pacientes que já terminaram o crescimento (ROSSINI *et al.*, 2015), com uma média observada de intrusão de 0,72 mm, mais eficiente para os incisivos centrais superiores e inferiores e menos eficiente na intrusão dos incisivos laterais superiores (KRAVITZ *et al.*, 2009). Os alinhadores foram mais efetivos na intrusão de caninos, isoladamente, do que na intrusão combinada de caninos e incisivos (LIU e HU, 2018).

BALDWIN *et al.* (2008) relataram que podem ser observadas inclinações indesejadas dos dentes adjacentes aos espaços provenientes de extrações em pacientes tratados com alinhadores, enquanto KRAVITZ *et al.* (2009) e ROSSINI *et al.* (2015) registraram uma limitada proficiência na obtenção de inclinação mesiodistal de caninos com alinhadores e outros autores (LARSON *et al.*, 2013; GRÜNHEID *et al.*, 2017) notaram uma discrepância entre a inclinação dentária pretendida pelo plano de tratamento e aquela efetivamente atingida.

Alinhadores transparentes apresentam limitações na capacidade de obtenção de movimentos de corpo, torque ou inclinação vestibulolingual, quando se mostram ineficazes (LARSON *et al.*, 2013), em especial quando estes movimentos são

comparados com aqueles obtidos através de aparelhos fixos (DJEU *et al.*, 2005; PAVONI *et al.*, 2011; LI *et al.*, 2015; ROSSINI *et al.*, 2015; GRÜNHEID *et al.*, 2016). Outros autores relataram melhoras na inclinação vestibulolingual alcançada através dos alinhadores (KASSAS *et al.*, 2013), indicando uma maior eficácia para o torque lingual de coroa do que para o torque vestibular (KRAVITZ *et al.*, 2009), mas observaram que podem ser necessários refinamentos ou sobrecorreções, pois o movimento de corpo (torque) planejado pode não ser totalmente atingido durante o tratamento (SIMON *et al.*, 2014; GRÜNHEID *et al.*, 2017). Recentemente, com a incorporação dos Power Ridges® ao Invisalign®, correções de até 10° na inclinação vestibulolingual de incisivos foram atingidas através de alinhadores transparentes (CASTROFLORIO *et al.*, 2013).

Rotações dentárias são particularmente difíceis de ser alcançadas e o tratamento realizado através de alinhadores demonstra peculiar ineficácia na obtenção deste movimento (LARSON *et al.*, 2013; ROSSINI *et al.*, 2015). A rotação de caninos, em comparação com outros dentes, parece ser menos efetiva (KRAVITZ *et al.*, 2008; KRAVITZ *et al.*, 2009). Sabedores das limitações dos alinhadores na obtenção de rotações dentárias, os autores sugeriram que compensações necessárias fossem incorporadas no planejamento (SIMON *et al.*, 2014; GRÜNHEID *et al.*, 2017).

Alinhadores se mostraram ineficientes na correção de contatos oclusais e relações oclusais inadequados, piorando o quadro inicial (KASSAS *et al.*, 2013) e, quando comparado com o tratamento realizado através de aparelhos fixos, o tratamento com alinhadores transparentes foi menos eficaz na obtenção de contatos oclusais e relação oclusal adequada (DJEU *et al.*, 2005; LI *et al.*, 2015).

A obtenção, por meio de alinhadores, de extrusões dentárias é bastante limitada, sendo mais deficiente quando se trata de incisivos centrais superiores e inferiores (KRAVITZ *et al.*, 2009) e a utilização deste sistema deve ser indicada com cautela quando são planejadas extrusões dentárias (ROSSINI *et al.*, 2015).

Em casos que demandam extrações dentárias, tratados inicialmente com alinhadores transparentes, inclinações indesejadas podem ser observadas durante o fechamento dos espaços remanescentes, mas podem ser posteriormente corrigidas com aparelhos fixos, o que, porém, tende a aumentar o tempo médio de tratamento (BALDWIN *et al.*, 2008). Quando comparados os métodos, aparelho fixo e Invisalign®,

em pacientes tratados com extrações, o Invisalign® se mostrou menos efetivo na obtenção de inclinação vestibulolingual e contatos oclusais, além de demandar mais tempo para a conclusão do tratamento (LI *et al.*, 2015).

A correção do *overbite* através de alinhadores transparentes Invisalign® não foi alcançada, se considerados os parâmetros traçados pelo ClinCheck® (KRIEGER *et al.*, 2012).

Pacientes tratados com Invisalign® tiveram uma maior recidiva em comparação com aqueles tratados com aparelhos fixos convencionais, apresentando mudanças significativas no alinhamento ântero-superior e ântero-inferior (KUNCIO *et al.*, 2007). Também foi observada uma menor eficácia na estabilidade dos resultados obtidos com alinhadores, apesar da limitada quantidade de estudos e evidências (ZHENG *et al.*, 2017).

Quando investigados os efeitos dos alinhadores transparentes sobre o periodonto, foi observada uma melhora significativa dos índices de saúde periodontal, principalmente quando comparados com os efeitos produzidos por aparelhos fixos e não foram observados efeitos periodontais adversos durante o tratamento com alinhadores transparentes (ROSSINI *et al.*, 2015).

Os alinhadores transparentes apresentam efeitos semelhantes no cimento radicular, quando comparados às forças leves aplicadas por aparelhos convencionais (BARBAGALLO *et al.*, 2008). Reabsorções radiculares foram observadas em todos os pacientes tratados com alinhadores transparentes, em pelo menos dois dentes. A quantidade e severidade da reabsorção observada se assemelha àquela verificada em tratamentos com aparelhos fixos (KRIEGER *et al.*, 2013; GAY *et al.*, 2017; IGLESIAS-LINARES *et al.*, 2017). Outros autores encontraram uma menor incidência de reabsorção radicular em pacientes tratados com alinhadores transparentes em comparação com aparelhos fixos e notaram uma maior incidência de reabsorção radicular nos incisivos superiores, sem relação com idade ou sexo (ELHADDAOUI *et al.*, 2017). Foi detectado um risco aumentado de reabsorção radicular apical nos casos clínicos mais complexos e quando necessário maior deslocamento apical do incisivo no plano sagital (IGLESIAS-LINARES *et al.*, 2017).

5. CONCLUSÃO

Consultada a Literatura Científica acerca dos alinhadores transparentes, é pertinente a sua indicação em casos com maloclusões leves e moderadas, sendo nítida a sua vantagem em relação aos aparelhos fixos em termos de conforto e facilidade de higienização. Os alinhadores apresentaram comprovada eficácia na correção de apinhamentos leves e moderados, fechamento de espaços, expansão das arcadas dentárias e vestibularização/protrusão de incisivos.

A necessidade de cooperação por parte do paciente é uma desvantagem e os alinhadores transparentes apresentaram severas limitações na obtenção de determinados movimentos ortodônticos, particularmente torque e rotações dentárias e na obtenção de contatos oclusais adequados.

A incorporação de novas tecnologias aos alinhadores, como novos materiais, *attachments* e Power Ridges® da Invisalign® podem minimizar essas limitações e proporcionar uma maior eficácia nos resultados clínicos alcançados, mas não há evidência científica suficiente que atestem a sua proficiência.

Os alinhadores transparentes promoveram melhora da saúde periodontal e os pacientes tratados com esta técnica apresentaram reabsorções radiculares apicais semelhantes às observadas em pacientes tratados com aparelhos fixos convencionais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDREWS, L. F. The six keys to normal occlusion. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**. Sept. 1972; v. 62, n. 3, p. 296-309.

BALDWIN, D. K., KING, G., RAMSAY, D. S., HUANG, G., BOLLEN, A. M. Activation time and material stiffness of sequential removable orthodontic appliances. Part 3: premolar extraction patients. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**. 2008; 133:837–845.

BARBAGALLO, L. J., JONES, A. S., PETOCZ, P., DARENDELILER, M. A. Physical properties of root cementum: part 10. Comparison of the effects of invisible removable thermoplastic appliances with light and heavy orthodontic forces on premolar cementum. A microcomputed-tomography study. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**. 2008; 133:218-27.

BOYD, R. L. Esthetic Orthodontic Treatment Using the Invisalign Appliance for Moderate to Complex Malocclusions. **Journal of Dental Education** 2008; 72(8): 948-67.

BOYD, R. L., MILLER, R. J., VLASKALIC, V. The Invisalign system in adult orthodontics: mild crowding and space closure cases. **Journal of Clinical Orthodontics**. 2000; 34:203–12.

CASTROFLORIO, T., GARINO, F., LAZZARO, A., DEBERNARDI C. Upper incisor root control with Invisalign appliances. **Journal of Clinical Orthodontics**. 2013; 47:346-351.

CHISARI, J. R., MCGORRAY, S. P., NAIR, M., WHEELER, T. T. Variables affecting orthodontic tooth movement with clear aligners. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**. 2014;145(4 suppl): S82–S91

CLEMENTS, K. M., BOLLEN, A. M., HUANG, G., KING G., HUJOEL P., Ma T. Activation time and material stiffness of sequential removable orthodontic appliances. Part 2: dental improvements. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**. 2003; 124:502-8.

DAVIES, S. J., GRAY, R. M. J., SANDLER, P. J., O'BRIEN, K. D. Orthodontics and occlusion. **British Dental Journal**. 2001; 191: 539-549.

DJEU, G., SHELTON, C., MAGANZINI, A. Outcome assessment of Invisalign and traditional orthodontic treatment compared with the American Board of Orthodontics objective grading system. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**. 2005; 128:292-298.

DUNCAN, L. O., PIEDADE, L., LEKIC, M., CUNHA, R. S., WILTSHIRE, W. A. Changes in mandibular incisor position and arch form resulting from Invisalign correction of the

crowded dentition treated non-extraction. **The Angle Orthodontist**. 2016; 86(4), 577-583.

ELHADDAOUI, R., QORAICH, H. S., BAHJE, L., ZAOUI, F. Orthodontic aligners and root resorption: A systematic review. **International Orthodontics**. 2017; 15(1), 1–12.

GAY, G., RAVERA, S., CASTROFLORIO T. Root resorption during orthodontic treatment with Invisalign: a radiometric study. **Progress in Orthodontics**. 2017; 18:12.

GRÜNHEID, T., GAALAAS, S., HAMDAN, H., & LARSON, B. E. (2016). Effect of clear aligner therapy on the buccolingual inclination of mandibular canines and the intercanine distance. **The Angle Orthodontist**. 86(1), 10-16.

GRÜNHEID, T., LOH, C., LARSON, B. E. How accurate is Invisalign in nonextraction cases? Are predicted tooth positions achieved? **The Angle Orthodontist**. 2017; 87:809-815.

HAN, J.-Y. A comparative study of combined periodontal and orthodontic treatment with fixed appliances and clear aligners in patients with periodontitis. **Journal of Periodontal & Implant Science**. 2015; 45(6), 193.

HENNESSY, J., GARVEY, T., AL-AWADHI, E. A. A randomized clinical trial comparing mandibular incisor proclination produced by fixed labial appliances and clear aligners. **The Angle Orthodontist**. 2016; 86:706-712.

HOULE, J. P., PIEDADE, L., TODESCAN, R. JR., PINHEIRO, F. H. The predictability of transverse changes with Invisalign. **The Angle Orthodontist**. 2017; 87:19-24.

IGLESIAS-LINARES, A., SONNENBERG, B., SOLANO, B., *et al.* Orthodontically induced external apical root resorption in patients treated with fixed appliances vs removable aligners. **The Angle Orthodontist**. 2016;87(1):3-10.

KASSAS, W., AL-JEWAIR, T., PRESTON, C. B., TABBAA, S. Assessment of Invisalign treatment outcomes using the ABO Model Grading System. **Journal of the World Federation of Orthodontists**. 2013; 2: e61-e64.

KESLING, H. D. The philosophy of the tooth positioning appliance. **American Journal of Orthodontics and Oral Surgery**. 1945; 31:297-304.

KRAVITZ, N. D., KUSNOTO, B., AGRAN, B., VIANA G. Influence of attachments and interproximal reduction on the accuracy of canine rotation with Invisalign. A prospective clinical study. **The Angle Orthodontist**. 2008; 78:682-7.

KRAVITZ, N. D., KUSNOTO, B., BEGOLE, E., OBREZ, A., AGRAN, B. How well does Invisalign work? A prospective clinical study evaluating the efficacy of tooth movement with Invisalign. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**. 2009; 135:27–35.

KRIEGER, E., DRECHSLER, T., SCHMIDTMANN, I., JACOBS, C., HAAG, S., WEHRBEIN, H. Apical root resorption during orthodontic treatment with aligners? A retrospective radiometric study. **Head and Face Medicine**. 2013; 9:21.

KRIEGER, E., SEIFERTH, J., MARINELLO, I., *et al.* Invisalign treatment in the anterior region: were the predicted tooth movements achieved? **Journal of Orofacial Orthopedics**. 2012; 73:365-376.

KUNCIO, D., MAGANZINI, A., SHELTON, C., FREEMAN, K. Invisalign and traditional orthodontic treatment post retention outcomes compared using the American Board of Orthodontics Objective Grading System. **The Angle Orthodontist**. 2007; 77:864-869.

LAGRAVÈRE, M. O., FLORES-MIR, C. The treatment effects of Invisalign orthodontic aligners: a systematic review. **Journal of the American Dental Association**. 2005; 136:1724-1729.

LARSON, B. E., VAUBEL, C. J., GRÜNHEID, T. Effectiveness of computer-assisted orthodontic treatment technology to achieve predicted outcomes. **The Angle Orthodontist**. 2013; 83:557–562.

LI, W., WANG, S., ZHANG, Y. The effectiveness of the Invisalign appliance in extraction cases using the ABO model grading system: a multicenter randomized controlled trial. **International Journal of Clinical Experience in Medicine**. 2015;8(5):8276–8282.

LIU, Y., HU, W. Force changes associated with different intrusion strategies for deep-bite correction by clear aligners. **The Angle Orthodontist**. 2018;88;(6): 771-778.

MALTAGLIATI, L. A., MONTES, L. A. P. Análise dos fatores que motivam os pacientes adultos a buscarem o tratamento ortodôntico. **Revista Dental Press de Ortodontia e Ortopedia Facial**. 2007; 12(6), 54-60.

MELKOS, A. B. Advances in digital technology and orthodontics: a reference to the Invisalign method. **Medicine Science Monitor**. 2005;11: 139-142.

PAVONI, C., LIONE, R., LAGANÀ, G., COZZA, P. Self-ligating versus Invisalign: analysis of dento-alveolar effects. **Annali di Stomatologia (Roma)** 2011; 2:23-7.

PHAN, X., LING, P. H. Clinical limitations of Invisalign. **Journal of the Canadian Dental Association**. 2007; 73:263-266.

ROSSINI, G., PARRINI, S., CASTROFLORIO, T., DEREGIBUS, A., DEBERNARDI, C. L. Efficacy of clear aligners in controlling orthodontic tooth movement: a systematic review. **The Angle Orthodontist**. 2015; 85:881-9.

ROSSINI, G., PARRINI, S., CASTROFLORIO, T., DEREGIBUS, A., DEBERNARDI, C. L. Periodontal health during clear aligners treatment: a systematic review. **European Journal of Orthodontics**. 2015; 37:539-43.

SIMON, M., KEILIG, L., SCHWARZE, J., JUNG, B. A., BOURAUUEL, C. Forces and moments generated by removable thermoplastic aligners: incisor torque, premolar derotation, and molar distalization. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**. 2014; 145:728-736.

SIMON, M., KEILIG, L., SCHWARZE, J., JUNG, B. A., BOURAUUEL, C. Treatment outcome and efficacy of an aligner technique-regarding incisor torque, premolar derotation and molar distalization. **Bio Med Central Oral Health**. 2014; 14:68.

WEIR, T. Clear aligners in orthodontic treatment. **Australian Dental Journal**. 2017;2(suppl 1):58-62.

ZHENG, M., LIU, R., NI, Z., YU, Z. Efficiency, effectiveness and treatment stability of clear aligners: a systematic review and meta-analysis. **Orthodontic and Craniofacial Research**. 2017; 20:127–133.