

**FACULDADE DE TECNOLOGIA DE SETE LAGOAS**

**FACSETE**

**JULIANA ABREU MAXIMIANO**

**USO DE ALINHADORES NA ORTODONTIA**

**SERTÃOZINHO**

**2024**

**JULIANA ABREU MAXIMIANO**

**USO DE ALINHADORES NA ORTODONTIA**

Monografia apresentada ao curso de Especialização *Latu Sensu* da Faculdade de Tecnologia de Sete Lagoas como requisito parcial para conclusão do Curso de Especialização.

Área de Concentração: Ortodontia.

Orientador: Eduardo Mendes Gotardo

**SERTÃOZINHO**

**2024**

Maximiano, Juliana Abreu

Uso de alinhadores na Ortodontia / Juliana Abreu Maximiano –  
Sertãozinho:[s.n.], 2024. 28p.; 30cm;il

Orientador: Eduardo Mendes Gotardo

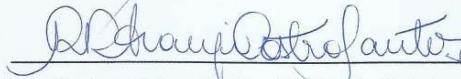
Monografia. (Especialização em Ortodontia) -- Faculdade de Tecnologia de Sete Lagoas. Orientador: Eduardo Mendes Gotardo. 1. Alinhador 2.Ortodontia. Sertãozinho, 2024.

**FACULDADE DE TECNOLOGIA DE SETE LAGOAS**

Monografia intitulada "Uso de Alinhadores na Ortodontia" de autoria do  
Juliana Abreu Maximiano, aprovada pela banca examinadora constituída  
pelos seguintes professores:



\_\_\_\_\_  
Eduardo Mendes Gotardo - Ortogotardo – Centro de Estudos em Ortodontia –  
Orientador



\_\_\_\_\_  
Renata P. A. Castro- Ortogotardo – Centro de Estudos em Ortodontia -  
Coorientador



\_\_\_\_\_  
André Reis Pinto - Ortogotardo – Centro de Estudos em Ortodontia - Examinador

**Sertãozinho, 19 de julho de 2024**

## **DEDICATÓRIA**

Dedico essa monografia a todos que me auxiliaram ao longo da minha jornada ortodontica.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus em primeiro lugar por me dar discernimento e persistência, agradeço aos meus pais e meu namorado pelo apoio ao longo do curso e pelos queridos professores pela paciência e dedicação.

## RESUMO

A Ortodontia tem visto revoluções significativas com a introdução de novas tecnologias e materiais que melhoram a eficácia, estética e conforto dos tratamentos. Os alinhadores transparentes, inicialmente usados para finalização, agora tratam maloclusões moderadas a severas, representando 30-45% dos casos em consultórios ortodônticos. A precisão dos movimentos dentários com alinhadores pode ser inferior em movimentos complexos. Alinhadores transparentes também têm um impacto positivo na saúde periodontal, reduzindo a incidência de lesões de mancha branca e acúmulo de placa. Em pacientes em crescimento, os alinhadores transparentes mostram-se eficazes e seguros, com benefícios adicionais na saúde periodontal e menor tempo de tratamento em comparação com aparelhos fixos. Em conclusão, tanto os alinhadores transparentes quanto os aparelhos fixos são eficazes no tratamento de maloclusões. No entanto, os alinhadores têm limitações em movimentos dentários complexos. Eles oferecem maior conforto e menor percepção de dor, mas variam na precisão dos movimentos dentários. A tecnologia de impressão 3D melhorou as propriedades mecânicas dos alinhadores, e estudos mostram que alinhadores transparentes mantêm melhor a saúde periodontal. A eficácia dos alinhadores em pacientes em crescimento é promissora, mas pesquisas futuras são necessárias para continuar aprimorando esses dispositivos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Alinhadores Transparentes, Aparelhos Fixos, Biomecânica dos Alinhadores

## **ABSTRACT**

Orthodontics has undergone significant revolutions with the introduction of new technologies and materials that enhance the efficacy, aesthetics, and comfort of treatments. Clear aligners, initially used for finalization, now treat moderate to severe malocclusions, representing 30-45% of cases in orthodontic practices. The precision of tooth movements with aligners may be inferior in complex movements. Clear aligners also have a positive impact on periodontal health, reducing the incidence of white spot lesions and plaque accumulation. In growing patients, clear aligners have proven to be effective and safe, offering additional benefits in periodontal health and shorter treatment times compared to fixed appliances. In conclusion, both clear aligners and fixed appliances are effective in treating malocclusions. However, aligners have limitations in complex tooth movements. They offer greater comfort and lower pain perception but vary in the precision of tooth movements. The 3D printing technology has improved the mechanical properties of aligners, and studies show that clear aligners better maintain periodontal health. The effectiveness of aligners in growing patients is promising, but future research is needed to continue improving these devices.

Keywords: Clear Aligners, Fixed Appliances, Aligners Biomechanics.

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	08
2.	PROPOSIÇÃO.....	10
3.	REVISÃO DE LITERATURA .....	11
4.	DISCUSSÃO .....	19
5.	CONCLUSÃO.....	22
6.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	23

## 1. INTRODUÇÃO

A Ortodontia tem passado por revoluções significativas ao longo das últimas décadas, com a introdução de novas tecnologias e materiais que prometem melhorar a eficácia, a estética e o conforto dos tratamentos. Entre essas inovações, a terapia com alinhadores transparentes (Clear Aligner Therapy - CAT) destaca-se como uma alternativa cada vez mais popular aos aparelhos ortodônticos fixos convencionais. Inicialmente, os alinhadores eram utilizados principalmente para tratamentos de finalização, mas a evolução dos materiais e técnicas possibilitou seu uso em casos de maloclusões moderadas a severas (Phan, 2007).

A terapia com alinhadores ortodônticos está transformando a prática da Ortodontia. Relatórios recentes sugerem que a terapia com alinhadores ortodônticos representa 30-45% dos casos tratados em consultórios ortodônticos (Kau *et al.*, 2023). A evolução dos alinhadores modernos trouxe melhorias significativas, permitindo o manejo de uma ampla gama de maloclusões ortodônticas (Kau *et al.*, 2023).

Historicamente, pode ser feita uma linha temporal sobre o desenvolvimento dos alinhadores:

- 1925: Flex O-Tite introduzido por Remensnyder.

- 1945: "Tooth Positioning Appliance" introduzido por Kesling.

- 1959: Nahoum desenvolve o primeiro aparelho transparente termoplástico documentado.

- 1970s: Ponitz propõe o "Retentor Invisível".

- 1985: McNamara modifica a técnica de vácuo para criar um retentor invisível.

- 1993: Sheridan introduz o "Essix Appliance".

- 1997: Fundada a Align Technology, que desenvolve o Invisalign, revolucionando a fabricação de alinhadores com tecnologia CAD/CAM (Phan, 2007).

Com o tempo, a tecnologia avançou significativamente, permitindo que esses dispositivos fossem utilizados para uma variedade de correções ortodônticas, inclusive pesquisas sobre correções em crianças (Paglia, 2023). A introdução da impressão 3D direta, por exemplo, representou um marco importante, possibilitando a fabricação rápida e precisa de alinhadores diretamente no consultório (Tartaglia, 2021).

Diversos estudos compararam a eficácia dos alinhadores transparentes com a dos aparelhos fixos (Papageorgiou *et al.*, 2020; Shrivastava *et al.*, 2023). Trabalhos

indicam que os alinhadores são eficazes para alinhar e nivelar os arcos dentários, embora apresentem limitações em movimentos complexos, como rotações severas e extrusões (Rossini et al., 2015; Wazwaz *et al.*, 2022). Essa perspectiva é reafirmada por outros autores, destacando que, embora os alinhadores ofereçam benefícios em termos de higiene oral e conforto (de Leyva *et al.*, 2023), eles podem não ser tão eficazes quanto os aparelhos fixos em alguns aspectos (Santonocito, 2022; Raghavan, 2023).

A tecnologia de impressão 3D tem permitido a produção de alinhadores com propriedades mecânicas variadas, dependendo do equipamento utilizado. Por exemplo, propriedades mecânicas de alinhadores produzidos por diferentes impressoras 3D, constatando diferenças significativas que podem impactar a eficácia clínica. Impressoras LCD, por exemplo, tendem a produzir alinhadores com maior dureza e módulo de elasticidade em comparação com impressoras DLP (Zinelis et al., 2021).

Estudos também examinaram o impacto dos alinhadores transparentes na saúde oral. Raghavan (2023) comparou a incidência de lesões de mancha branca, acúmulo de placa e bactérias cariogênicas entre pacientes utilizando alinhadores transparentes e aparelhos fixos, concluindo que os alinhadores transparentes são associados a uma melhor manutenção da saúde periodontal (Rouzi *et al.*, 2023).

Embora os alinhadores transparentes ofereçam muitas vantagens, ainda existem áreas que necessitam de mais pesquisas. Estudos futuros devem focar na otimização dos materiais e técnicas de impressão 3D para maximizar a eficácia clínica e minimizar possíveis complicações (Zinelis et al., 2021; Tartaglia, 2021). Além disso, é essencial investigar mais profundamente as propriedades mecânicas e biocompatibilidade dos novos materiais utilizados na fabricação de alinhadores (Tartaglia, 2021).

## **2. PROPOSIÇÃO**

Esta monografia visa explorar o uso alinhadores transparentes no tratamento ortodôntico em termos de eficácia do tratamento, propriedades mecânicas, impacto na saúde oral e perspectivas futuras. Através de uma revisão abrangente da literatura existente, este estudo pretende fornecer uma visão clara das vantagens e limitações dos alinhadores transparentes, bem como destacar áreas para futuras pesquisas e desenvolvimento.

### 3. REVISÃO DA LITERATURA

Hennesy *et al.*, 2016, compararam a proclinação do incisivo mandibular produzida por aparelhos fixos labiais e alinhadores transparentes de terceira geração. Para o estudo 44 pacientes foram selecionados, todos adultos com leve apinhamento de incisivos mandibulares (menos de 4 mm) e bases esqueléticas Classe I. A proclinação do incisivo mandibular foi medida a partir da comparação de cefalogramas laterais pré-tratamento e quase no final do tratamento. Os autores encontraram uma proclinação média de  $5,3 \pm 4,3$  graus, com aparelho fixos e uma proclinação média de  $3,4 \pm 3,2$  graus, com alinhadores. Concluíram que não houve diferença significativa da proclinação dos incisivos inferiores, apesar que o uso de radiografias cefalografica não é um método com alta precisão.



[www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fmarcelodaltro.com.br%2Fcases%2Falinhadoresesteticos%2F&psig=AOvVaw348sX6haDPIXa4JWJEJOL5&ust=1719922177095000&source=images&cd=vfe&opi=89978449&ved=0CBEQjRxqFwoTCLjXx9bnhYcDFQAAAAAdAAAAABAE](https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fmarcelodaltro.com.br%2Fcases%2Falinhadoresesteticos%2F&psig=AOvVaw348sX6haDPIXa4JWJEJOL5&ust=1719922177095000&source=images&cd=vfe&opi=89978449&ved=0CBEQjRxqFwoTCLjXx9bnhYcDFQAAAAAdAAAAABAE)

Almasound *et al.*, em 2018, estudaram a percepção de dor entre pacientes tratados com aparelhos fixos autoligáveis passivos e aqueles tratados com alinhadores Invisalign® durante a primeira semana de tratamento ortodôntico. Foram selecionados 64 pacientes de uma clínica dentária privada na Arábia Saudita, divididos em dois grupos de 32 pacientes cada: grupo 1: tratado com aparelhos fixos autoligáveis passivos; grupo 2: Tratado com alinhadores Invisalign®. Foi então estudado a percepção de dor avaliada usando uma escala visual analógica (VAS) em diferentes intervalos: 4 horas, 24 horas, dia 3 e dia 7. Um percentual menor de pacientes tratados com Invisalign® relatou dor em comparação com aqueles tratados

com aparelhos fixos autoligáveis passivos, com o ponto de dor mais alto em 24 horas e mais baixo no dia 7 e o menor uso de analgésicos no grupo Invisalign®. Concluem que pacientes tratados com alinhadores Invisalign® relataram menos dor durante a primeira semana de tratamento ortodôntico em comparação com aqueles tratados com aparelhos fixos autoligáveis passivos. Sendo a intensidade da dor foi maior em 24 horas e diminuiu significativamente até o dia 7. O uso de analgésicos também foi menor no grupo tratado com Invisalign®. Assim, a percepção de dor foi significativamente menor entre os pacientes tratados com Invisalign®. A adaptação aos alinhadores Invisalign® parece ser maior, resultando em maior satisfação e menor uso de analgésicos.

Table 5

Use of analgesics in the Invisalign and passive self-ligating fixed appliance groups

Time	Invisalign aligners	Passive self-ligating fixed appliances	p-value
At 4 hr	2 (18.2)	9 (81.8)	0.043*
At 24 hr	1 (8.3)	11 (91.7)	0.003*
At day 3	2 (33.3)	4 (66.7)	0.674
At day 7	0 (0)	4 (100)	0.114
Total	5 (15.1)	28 (84.9)	0.001*

Values are presented as number (%).

Pearson's chi-square test was performed at 4 hr, 24 hr, and day 7. Fisher's exact test was performed at day 3 and 7.

\*p-value &lt; 0.05.

Galan-Lopes *et al.*, 2019, analisaram publicações que avaliaram a precisão e eficiência do sistema Invisalign® para tratamentos ortodônticos individualizados. Para o estudo foi feita uma varredura da literatura de artigos publicados entre agosto de 2007 e agosto de 2017. Dentre os critérios de inclusão e exclusão, 25 artigos considerados relevantes, 5 excluídos devido a vieses excessivos, resultando em 20 artigos analisados. Com o estudo, foi capaz de concluir que os movimentos dentários: transversais, aumento da largura dentoalveolar com Invisalign®, inferior em comparação com braquetes autoligáveis; rotações, precisão reduzida para rotações maiores que 15°, recomendado no máximo 1,5° por alinhador; verticais, movimentos verticais mais difíceis de realizar do que movimentos transversais ou sagitais; sagitais,

movimentação distal dos molares com precisão de 87,65%, sem necessidade de attachments adicionais; overjet, correção total não foi relatada em todos os casos. Assim, os autores encontraram uma precisão de 55% a 72% dos movimentos, dependendo da frequência de troca dos alinhadores (semanal ou quinzenal). Os principais fatores que influenciam os movimentos: Sexo e idade identificados como variáveis influentes; outros fatores considerados incluem qualidade óssea e comprimento dos dentes. Concluem que alinhadores da marca Invisalign® e braquetes fixos são eficazes na alteração das larguras intercanina, interpremolar e intermolar em casos de aglomeração. E, embora seja possível tratar más oclusões complexas com sistemas plásticos, os resultados são menos precisos do que aqueles alcançados com aparelhos fixos.



<https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.dentalarteclinicas.com.br%2Falinador-estetico%2Fmanutencao-do-alinhador-estetico-como-fazer%2F&psig=AOvVaw348sX6haDPIxa4JWjEjOL5&ust=1719922177095000&source=images&cd=vfe&opi=89978449&ved=0CBEQjRxqFwoTCLjXx9bnhYcDFQAAAAAdAAAAABAJ>

Ke, Zhu e Zhu (2019), tiveram o objetivo de verificar se a eficácia do tratamento com alinhadores transparentes é semelhante à dos aparelhos fixos convencionais. Para isso, foram pesquisadas bases de dados como PubMed, Web of Science, Embase, Scopus e Cochrane Central Register of Controlled Clinical Trials. Os critérios de inclusão foram estudos clínicos comparativos que avaliassem a eficácia dos alinhadores transparentes em comparação com aparelhos fixos. Após a triagem, foram selecionados 8 artigos, incluindo ensaios clínicos randomizados e estudos de coorte. Os resultados mostraram que, em termos de contatos oclusais e controle do torque dos dentes, os alinhadores transparentes podem não ser tão eficazes quanto os aparelhos fixos. Além disso, os alinhadores apresentaram menor eficácia em

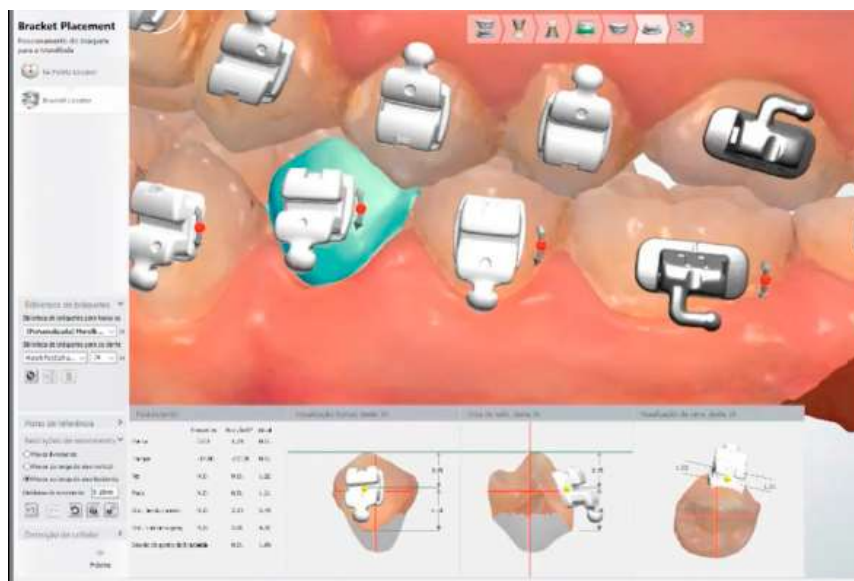
aumentar a largura transversal e em retenção comparada aos aparelhos fixos. Em conclusão, tanto os alinhadores transparentes quanto os aparelhos fixos foram eficazes no tratamento de má oclusão. As vantagens dos alinhadores incluem a movimentação segmentada dos dentes e a redução na duração do tratamento. No entanto, apresentam desvantagens em termos de menor eficácia em produzir contatos oclusais adequados, controlar o torque dos dentes e aumentar a largura transversal comparada aos aparelhos fixos.



<https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.rgo.com.br%2F9-marcas-de-alinhadores-ortodonticos-invisiveis%2F&psig=AOvVaw348sX6haDPIxa4JWjEjOL5&ust=1719922177095000&source=images&cd=vfe&opi=89978449&ved=0CBEQjRxqFwoTCLjXx9bnhYcDFQAAAAAdAAAAABAR>

Cunha, Barbosa e Palma, em 2021, descreveram os recursos disponíveis e as aplicações clínicas da tecnologia CAD/CAM na Ortodontia, destacando os benefícios para o diagnóstico, planejamento e execução do tratamento ortodôntico. Para o estudo os autores iniciam afirmando que a substituição do molde tradicional pelo escaneamento intraoral representa uma mudança de paradigma, oferecendo maior conforto para o paciente e precisão digital elevada. Estes, por sua vez, permitem diagnósticos rápidos e setups virtuais para discutir diferentes alternativas de tratamento com os pacientes, eliminando a necessidade de consultas adicionais e aumenta a biocompatibilidade. Os autores concluem que o escaneamento intraoral reduz o tempo de cadeira e aumenta o conforto do paciente, modelos virtuais facilitam a obtenção de informações diagnósticas, como largura do arco, perímetro e discrepâncias do modelo, a impressão 3D permite a fabricação de dispositivos ortodônticos personalizados com alta precisão. Também, o setup digital e a fabricação de alinhadores proporcionam movimentos dentários mais previsíveis e eficientes. Assim, a adoção do workflow digital na Ortodontia contribui para a redução do tempo de tratamento, elimina etapas clínicas e laboratoriais, e proporciona maior conforto ao paciente e melhor precisão e previsibilidade dos resultados. No entanto, o custo

elevado e a necessidade de treinamento profissional são desafios para a incorporação dessa tecnologia na prática clínica.



Jedliński *et al.*, em 2021, avaliaram e sintetizaram ensaios controlados que investigam as falhas de retenção ortodôntica fixa. Para o estudo foi feita a pesquisa na bases de dados Scopus, Web of Science, Embase e PubMed Central. Foram incluídos ensaios clínicos randomizados (RCTs), estudos de coorte, estudos de caso-controle (CCSs) e estudos retrospectivos sobre a eficácia dos retentores fixos. Foram identificados 177 artigos potenciais, porém, 21 artigos foram incluídos na análise qualitativa. Chegaram à conclusão que nenhum retentor (attachment) garante estabilidade perfeita do alinhamento dentário. Recomendam que sejam colados a todos os dentes aderentes, preferencialmente com o uso adicional de resina de ligação. Afirmam também que a retenção ortodôntica é crucial para manter a posição dos dentes após o tratamento ativo e deve ser ajustada de acordo com as características individuais do paciente.

Castrofolio *et al.*, em 2022, realizaram um estudo que foi projetado para definir quais são os movimentos dentários ortodônticos (OTM) menos previsíveis com alinhadores Invisalign quando o plano de tratamento é projetado por operadores experientes. E, se a presença e a forma dos attachments influenciam a previsibilidade do OTM. Para o estudo, 79 pacientes (média de idade 30,8 anos; 23 homens, 56 mulheres) foram tratados por operadores experientes com uma média de 27 alinhadores no arco maxilar e 25 no arco mandibular. Modelos digitais pós-tratamento e planos de tratamento virtual final foram comparados para avaliar as

diferenças de posição dentária. Foi observado falta de correção foi significativa para todos os movimentos e em todos os grupos de dentes, exceto para a rotação do primeiro molar maxilar. Os movimentos menos previsíveis foram movimentos angulares e rotações de dentes com coroas arredondadas apresentaram as maiores discrepâncias entre a posição prevista e a alcançada. Além disso, attachments otimizados para a rotação dos caninos superiores e pré-molares inferiores não funcionaram adequadamente. E trocar os alinhadores a cada 14 dias reduz a falta de correção em 12% em comparação com a troca a cada 7 dias. A previsibilidade dos movimentos ortodônticos com alinhadores ainda tem limitações relacionadas à biomecânica do sistema. Os movimentos dos segundos molares são em grande parte não expressos, indicando necessidade de pesquisa adicional nos materiais termoplásticos para controlar esses movimentos. Os autores concluem que os resultados permitem um planejamento adequado do tratamento virtual, revelando quanto de sobrecorreção é necessário e quais attachments são mais eficazes. Assim, mesmo com limitações, os resultados clínicos com alinhadores são satisfatórios, mas há necessidade de etapas adicionais de finalização em casos de gravidade leve a moderada.



<https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.yaslipclassificados.com.br%2Fodontologia%2F5614%2Falinador-estetico-dental%2F&psig=AOvVaw348sX6haDPIXa4JWjEjOL5&ust=1719922177095000&source=images&cd=vfe&opi=89978449&ved=0CBEQjRxqFwoTCLjXx9bnhYcDFQAAAAAdAAAAABAA>

Bichu *et al.*, em 2023, cujo artigo revisa os avanços nos materiais usados para a fabricação de alinhadores ortodônticos transparentes, destacando as propriedades e inovações que determinam o desempenho clínico desses alinhadores no ambiente

oral. Alinhadores feitos de plásticos termoformados sem elementos auxiliares. Uso de materiais de poliuretano multicamada que proporcionam força constante e elasticidade melhorada. Destacam os processos de fabricação, como: tradicional: termoformagem de materiais plásticos em modelos físicos; inovador: impressão 3D direta de alinhadores, reduzindo erros acumulativos e proporcionando melhor precisão e sustentabilidade. Propriedade dos materiais como os polímeros termoplásticos: uso de PETG, poliuretano e misturas de polímeros para melhorar as propriedades mecânicas e químicas. Ou mesmo materiais bioativos: materiais que oferecem propriedades antimicrobianas, como nanopartículas de ouro modificadas (AuDAPT) que impedem a formação de biofilmes bacterianos. Destacam o desempenho clínico com a eficiência mecânica de polímeros termoplásticos que demonstram boas propriedades mecânicas, resistência ao desgaste e capacidade de adaptação. Também, alinhadores devem ter alta transmissão de luz e resistência a mudanças de cor quando expostos a diferentes agentes colorantes e temperaturas. Concluem que os avanços nos materiais de alinhadores ortodônticos transparentes, como os polímeros de memória de forma e a impressão 3D, têm o potencial de transformar significativamente as aplicações terapêuticas da terapia com alinhadores transparentes. A conscientização ambiental e a responsabilidade entre os fabricantes, clínicos e usuários de alinhadores são essenciais para alinhar os objetivos de mudança climática com um planeta sustentável.

Goracci *et al.*, em 2023, estudaram as evidências disponíveis sobre materiais e técnicas de impressão 3D usados na fabricação de aparelhos ortodônticos, focando nas propriedades dos materiais que são clinicamente relevantes. Foi feita uma busca nas bases de dados MEDLINE/PubMed, Scopus, Cochrane Library. Foram incluídos estudos sobre dispositivos para uso intraoral prolongado em Ortodontia. Após as inclusões e exclusões de artigos, um total de 47 artigos foram investigados. Concluem que a evidência científica sobre materiais imprimíveis em 3D para uso ortodôntico intraoral é limitada tanto quantitativa quanto qualitativamente. A impressão 3D oferece vantagens como maior precisão, personalização e redução de custos e desperdício de materiais, mas enfrenta desafios como a necessidade de investimentos iniciais em equipamentos e treinamento adequado. São necessárias investigações adicionais para padronizar testes de laboratório e iniciar estudos clínicos rigorosos para consolidar a aplicação prática dos materiais impressos em 3D na Ortodontia.

Kau *et al.*, 2023, discutiram a evolução dos alinhadores ortodônticos, e descreveram os fundamentos da terapia com alinhadores, e fornecer uma análise baseada em evidências sobre os resultados de tratamentos existentes na literatura atual. O tratamento com alinhadores, segundo os autores, possui alta previsibilidade dos movimentos, com a precisão média entre 41% e 73%, dependendo do tipo de movimento dentário. Movimentos problemáticos incluem torque radicular, translação corporal e derotação de dentes arredondados. Os materiais dos alinhadores evoluíram de polímeros simples para materiais avançados como o SmartTrack, que oferecem forças mais consistentes e maior elasticidade. A impressão 3D de alinhadores elimina erros do fluxo de trabalho termoplástico, oferecendo melhor precisão e menos desperdício. Assim, concluem que a personalização e individualização do tratamento ortodôntico com alinhadores trazem grandes promessas. E, principalmente, a adoção precoce da tecnologia deve ser equilibrada com competência clínica e evidências baseadas em pesquisas para garantir o sucesso no tratamento ortodôntico.

Nucera *et al.*, em 2023, estudam as diferenças entre terapias com alinhadores transparentes que variam na presença de attachments ou na configuração dos attachments. Avaliar como a presença, forma, tamanho, número e posição dos attachments influenciam os movimentos ortodônticos. Foi realizada uma busca na literatura sobre o assunto na literatura científica. Os autores concluem que attachments melhoram significativamente a biomecânica dos alinhadores transparentes, sendo essenciais para a eficácia do tratamento ortodôntico. Afirmam que mais estudos clínicos são necessários para determinar a configuração ideal de attachments para diferentes tipos de movimentos dentários e para confirmar os achados relatados.

Inchingolo *et al.*, em 2024, cujo objetivo principal do artigo foi o de explorar a eficácia, segurança e aceitação dos alinhadores transparentes no tratamento ortodôntico de pacientes em crescimento, focando especificamente em dentição mista. Foi feita uma revisão sistemática da literatura em bases de artigos científicos como PubMed, Cochrane Library, Scopus, Web of Science. A pesquisa focou em pacientes pediátricos com problemas de má oclusão em dentição primária e mista, tratamento ortodôntico com alinhadores transparentes ou outras intervenções ortodônticas, comparações entre diferentes tipos de tratamentos ortodônticos, eficácia do tratamento, duração, satisfação do paciente, mudanças dentárias e esqueléticas,

segurança; estudos publicados entre 1º de janeiro de 2014 e 1º de janeiro de 2024. 15 estudos foram incluídos na análise qualitativa após triagem de 716 publicações:

-Abbate et al. (2015): Melhor higiene oral e menor inflamação gengival em adolescentes tratados com alinhadores Invisalign® em comparação com aparelhos fixos tradicionais.

-Chou et al. (2020): Tratamento mais curto e menor proclinação dos incisivos com alinhadores transparentes comparado a aparelhos fixos.

-Levrini et al. (2021): Expansão significativa da largura do arco maxilar usando Invisalign® First em pacientes com dentição mista.

-Lione et al. (2022): Redução da inflamação gengival e expansão dos arcos intercaninos e molares decíduos.

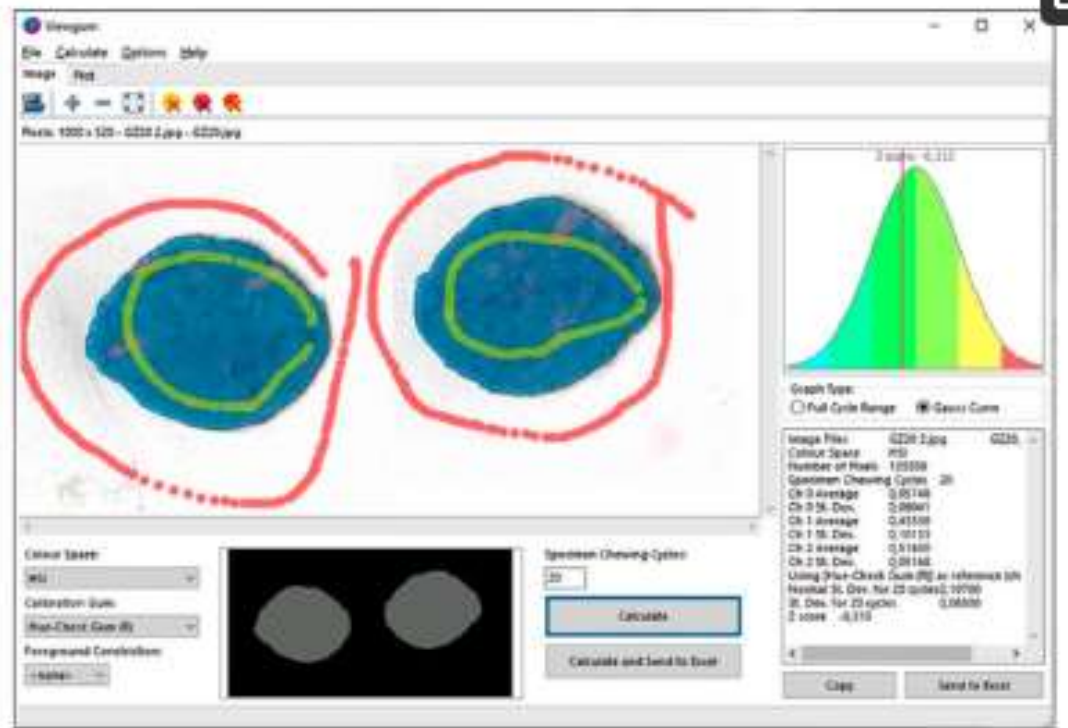
-Sadek et al. (2022): Melhora nas relações esqueléticas verticais e dentárias com o uso do recurso de avanço mandibular do Invisalign®.

Assim, foi possível concluir que o tratamento ortodôntico precoce com alinhadores transparentes pode corrigir maloclusões na fase inicial, minimizando complexidades futuras e melhorando a estética. Além disso, alinhadores transparentes são eficazes e seguros para várias condições ortodônticas, com benefícios potenciais na saúde periodontal e menor tempo de tratamento em comparação com aparelhos fixos, com maior aceitação devido ao conforto e estética dos alinhadores transparentes.

Katib *et al.*, em 2024, estudaram sobre a aplicabilidade da Terapia com Alinhadores Transparentes (CAT), delineando sua biomecânica, indicações, contraindicações, escopo, limitações e fatores que influenciam a estabilidade a longo prazo e os resultados bem-sucedidos, por meio de uma revisão da literatura. O primeiro sistema favorece movimentos menos complicados como inclinação e controle de rotações menores. O segundo sistema opera com base em princípios biomecânicos e é usado para movimentos mais complexos, como intrusão e controle de torque radicular. Gestão de apinhamento e espaçamento entre 1 mm e 5 mm, tratamento de sobremordidas profundas, expansão de arcos não-esqueléticos e correção de casos de recidiva pós-tratamento com aparelhos fixos. Porém é contraindicado para casos de apinhamentos e espaçamento maiores que 5 mm, discrepâncias esqueléticas maiores que 2 mm, rotação severa dos dentes (>20 graus), mordida aberta anterior e posterior, e dentes com coroas clínicas curtas. Também pesquisaram sobre a correção de mordida aberta e profunda, que pode ser tratada

com alinhadores transparentes e auxiliares, como rampas de mordida e elásticos verticais. Para o tratamento de mordida profunda, inclui intrusão dos incisivos e extrusão dos molares, utilizando rampas de mordida e elásticos para melhor controle. Dentre os tratamentos, os autores recomendam como um fator essencial para o sucesso a correta seleção do caso, a adesão do paciente, o constante monitoramento e acompanhamento por parte do profissional.

Levrini *et al.*, em 2024, visaram avaliar a função mastigatória de pacientes usando alinhadores transparentes, para determinar se esses dispositivos podem ser usados durante as refeições, prolongando o tempo de uso e melhorando a eficácia do tratamento. Foram incluídos 20 pacientes tratados com Invisalign®, sendo 7 mulheres e 13 homens, todos com dentição completa (pelo menos 28 dentes) e índice DMFT (dentes cariados, perdidos e obturados) máximo de 4. O procedimento envolveu os participantes mastigando duas gomas de mascar Hue-Check Gum® (uma rosa e outra azul) em ciclos de 5, 10 e 20 com e sem os alinhadores. A goma foi então seca e pressionada em um molde 3D, escaneada em ambos os lados e analisada optoelectronicamente usando o software ViewGum. Um grupo de controle da Universidade de Bern foi utilizado para validar o procedimento. A análise revelou que os resultados da mistura de cores variavam significativamente com o número de ciclos de mastigação. Não houve diferenças estatisticamente significativas na mistura de cores ou outros parâmetros entre os grupos com e sem alinhadores para o mesmo número de ciclos de mastigação. Alinhadores transparentes são preferidos por sua estética e conforto, mantendo a função mastigatória eficiente e permitindo o uso contínuo durante as refeições, o que pode melhorar o ajuste dos alinhadores e reduzir o tempo de tratamento. Além disso, melhor higiene oral é mantida com alinhadores, reduzindo o risco de lesões de manchas brancas e cáries. A função mastigatória é complexa e depende de múltiplos fatores como número de dentes oclusais, força máxima, taxa de fluxo salivar, entre outros. Testes com goma de mascar são um método confiável para avaliar a eficiência mastigatória. Concluíram que alinhadores transparentes não alteram significativamente a função mastigatória, permitindo que sejam usados durante as refeições para melhorar o ajuste e a eficácia do tratamento.



#### 4. DISCUSSÃO

A introdução de novas tecnologias e materiais na Ortodontia, particularmente a terapia com alinhadores transparentes (Clear Aligner Therapy - CAT), tem provocado uma mudança significativa na prática ortodôntica. Originalmente utilizados para tratamentos de finalização, os alinhadores evoluíram para tratar maloclusões moderadas a severas (Phan, 2007). Essa transformação reflete um aumento na popularidade e na aceitação dos alinhadores entre os pacientes e os profissionais, representando hoje 30-45% dos casos tratados em consultórios ortodônticos (Kau et al., 2023).

Comparando a eficácia dos alinhadores transparentes com a dos aparelhos fixos, Hennesy et al. (2016) encontraram uma proclinação média dos incisivos mandibulares semelhantes entre os dois métodos, sugerindo que ambos os tratamentos podem alcançar resultados comparáveis em termos de movimentos dentários. No entanto, Rossini et al. (2015) e Raghavan (2023) destacaram que os alinhadores podem ter limitações em movimentos complexos, como rotações severas e extrusões, indicando que os aparelhos fixos podem ser mais eficazes nesses casos específicos.

A percepção de dor durante o tratamento é um fator crítico na escolha do método ortodôntico. Almasound et al. (2018) relataram que os pacientes tratados com Invisalign® experimentaram menos dor em comparação com aqueles tratados com aparelhos fixos autoligáveis passivos, especialmente na primeira semana de tratamento. Isso sugere uma vantagem significativa dos alinhadores transparentes em termos de conforto do paciente.

A precisão dos movimentos dentários também é um aspecto importante na avaliação da eficácia dos alinhadores. Galan-Lopes et al. (2019) concluíram que, embora os alinhadores possam realizar uma variedade de movimentos dentários, sua precisão pode ser inferior em movimentos mais complexos, como rotações e movimentos verticais. Esses achados são corroborados por Castrolino et al. (2022), que observaram que a previsibilidade dos movimentos ortodônticos com alinhadores ainda enfrenta limitações biomecânicas, especialmente em movimentos angulares e rotações de dentes com coroas arredondadas.

A tecnologia de impressão 3D tem permitido a produção de alinhadores com propriedades mecânicas variadas, dependendo do equipamento utilizado. Zinelis et al. (2021) destacaram que impressoras LCD tendem a produzir alinhadores com maior dureza e módulo de elasticidade em comparação com impressoras DLP, o que pode impactar a eficácia clínica. Bichu et al. (2023) discutiram os avanços nos materiais usados para a fabricação de alinhadores, enfatizando o potencial transformador de materiais avançados como o SmartTrack, que oferecem forças mais consistentes e maior elasticidade.

Estudos sobre a saúde oral dos pacientes também são essenciais. Raghavan (2023) encontrou que os alinhadores transparentes estão associados a uma melhor manutenção da saúde periodontal em comparação com aparelhos fixos, reduzindo a incidência de lesões de mancha branca e acúmulo de placa. Levrini et al. (2024) confirmaram que os alinhadores não alteram significativamente a função mastigatória, permitindo seu uso durante as refeições e melhorando o ajuste e a eficácia do tratamento.

A eficácia e a aceitação dos alinhadores transparentes também foram exploradas em pacientes em crescimento. Inchingolo et al. (2024) concluíram que o tratamento ortodôntico precoce com alinhadores pode corrigir maloclusões na fase inicial, minimizando complexidades futuras e melhorando a estética, com benefícios potenciais na saúde periodontal e menor tempo de tratamento em comparação com aparelhos fixos.

Contudo, apesar das várias vantagens dos alinhadores transparentes, a literatura destaca a necessidade de mais pesquisas. Zinelis et al. (2021) e Tartaglia (2021) enfatizaram a importância de estudos futuros focados na otimização dos materiais e técnicas de impressão 3D para maximizar a eficácia clínica e minimizar possíveis complicações. Goracci et al. (2023) reforçam que a evidência científica sobre materiais imprimíveis em 3D para uso ortodôntico intraoral ainda é limitada, indicando a necessidade de investigações adicionais para consolidar a aplicação prática desses materiais.

Em resumo, enquanto os alinhadores transparentes oferecem várias vantagens em termos de conforto, estética e manutenção da saúde oral, existem limitações em sua eficácia para certos tipos de movimentos dentários complexos. A evolução contínua dos materiais e técnicas, juntamente com pesquisas adicionais, é crucial

para superar essas limitações e aprimorar a eficácia dos tratamentos ortodônticos com alinhadores transparentes.

## 5. CONCLUSÃO

A análise da literatura existente permitiu chegar às seguintes conclusões:

1. Eficácia do Tratamento: Tanto os alinhadores transparentes quanto os aparelhos fixos são eficazes no tratamento de maloclusões. No entanto, os alinhadores apresentam certas limitações em movimentos dentários complexos, como rotações severas e extrusões, onde os aparelhos fixos podem ser mais eficazes.

2. Conforto e Percepção de Dor: Os alinhadores transparentes, como o Invisalign®, são preferidos por muitos pacientes devido ao maior conforto e menor percepção de dor durante o tratamento.

3. Precisão dos Movimentos Dentários: A precisão dos movimentos dentários com alinhadores varia conforme o tipo de movimento.

4. Tecnologia de Impressão 3D: A introdução da impressão 3D direta permitiu a produção de alinhadores com propriedades mecânicas superiores, dependendo do tipo de impressora utilizada. Impressoras LCD tendem a produzir alinhadores com maior dureza e elasticidade comparadas às impressoras DLP.

5. Impacto na Saúde Oral: Alinhadores transparentes têm sido associados a uma melhor manutenção da saúde periodontal em comparação com aparelhos fixos.

6. Aplicação em Pacientes em Crescimento: Em pacientes pediátricos, alinhadores transparentes demonstraram ser eficazes e seguros, com benefícios adicionais na saúde periodontal e menor tempo de tratamento em comparação com aparelhos fixos.

7. Necessidade de Pesquisas Futuras: A literatura aponta para a necessidade de estudos adicionais que explorem a otimização dos materiais e técnicas de impressão 3D, além de investigações mais aprofundadas sobre as propriedades mecânicas e biocompatibilidade dos novos materiais utilizados na fabricação de alinhadores.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Almasoud NN. Pain perception among patients treated with passive self-ligating fixed appliances and Invisalign® aligners during the first week of orthodontic treatment. *Korean J Orthod.* 2018 Sep;48(5):326-332.

Bichu YM, Alwafi A, Liu X, Andrews J, Ludwig B, Bichu AY, Zou B. Advances in orthodontic clear aligner materials. *Bioact Mater.* 2022 Oct 20;22:384-403.

Castroflorio T, Sedran A, Parrini S, Garino F, Reverdito M, Capuozzo R, Mutinelli S, Grybauskas S, Vaitiekūnas M, Deregibus A. Predictability of orthodontic tooth movement with aligners: effect of treatment design. *Prog Orthod.* 2023 Jan 16;24(1):2. doi: 10.1186/s40510-022-00453-0. Erratum in: *Prog Orthod.* 2023 Oct 24;24(1):47.

Cunha TMAD, Barbosa IDS, Palma KK. Orthodontic digital workflow: devices and clinical applications. *Dental Press J Orthod.* 2021 Dec 15;26(6):e21spe6.

de Leyva P, Eslava JM, Hernández-Alfaro F, Acero J. Orthognathic surgery and aligners. A comparative assessment of periodontal health and quality of life in postsurgical orthodontic treatment with aligners versus traditional fixed appliances: a randomized controlled trial. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal.* 2023 May 1;28(3):e208-e216.

Galan-Lopez L, Barcia-Gonzalez J, Plasencia E. A systematic review of the accuracy and efficiency of dental movements with Invisalign®. *Korean J Orthod.* 2019 May;49(3):140-149.

Goracci C, Juloski J, D'Amico C, Balestra D, Volpe A, Juloski J, Vichi A. Clinically Relevant Properties of 3D Printable Materials for Intraoral Use in Orthodontics: A Critical Review of the Literature. *Materials (Basel).* 2023 Mar 8;16(6):2166.

Hennessy J, Garvey T, Al-Awadhi EA. A randomized clinical trial comparing mandibular incisor proclination produced by fixed labial appliances and clear aligners. *Angle Orthod.* 2016 Sep;86(5):706-12.

Inchingolo AD, Dipalma G, Ferrara I, Viapiano F, Netti A, Ciocia AM, Mancini A, Malcangi G, Palermo A, Inchingolo AM, Inchingolo F. Clear Aligners in the Growing Patient: A Systematic Review. *Children (Basel)*. 2024 Mar 23;11(4):385.

Jedliński M, Grocholewicz K, Mazur M, Janiszewska-Olszowska J. What causes failure of fixed orthodontic retention? - systematic review and meta-analysis of clinical studies. *Head Face Med*. 2021 Jul 24;17(1):32.

Katib HS, Hakami AM, Albalawei M, Alhajri SA, Alruwaily MS, Almusallam MI, Alqahtani GH. Stability and Success of Clear Aligners in Orthodontics: A Narrative Review. *Cureus*. 2024 Jan 10;16(1):e52038.

Kau CH, Soh J, Christou T, Mangal A. Orthodontic Aligners: Current Perspectives for the Modern Orthodontic Office. *Medicina (Kaunas)*. 2023 Oct 5;59(10):1773.

Ke Y, Zhu Y, Zhu M. A comparison of treatment effectiveness between clear aligner and fixed appliance therapies. *BMC Oral Health*. 2019 Jan 23;19(1):24.

Levrini L, Deppieri A, Carganico A, Rodigari G, Saran S, Zecca PA, Cicciù M, Bocchieri S. Chewing Function with Efficiency Tests in Subjects Wearing Clear Aligners. *Dent J (Basel)*. 2024 Mar 1;12(3):57.

Nucera R, Dolci C, Bellocchio AM, Costa S, Barbera S, Rustico L, Farronato M, Militi A, Portelli M. Effects of Composite Attachments on Orthodontic Clear Aligners Therapy: A Systematic Review. *Materials (Basel)*. 2022 Jan 11;15(2):533.

Paglia L, Marzo G. Aligners, can my child use them too? *Eur J Paediatr Dent*. 2023 Dec 1;24(4):259.

Papageorgiou SN, Koletsi D, Iliadi A, Peltomaki T, Eliades T. Treatment outcome with orthodontic aligners and fixed appliances: a systematic review with meta-analyses. *Eur J Orthod*. 2020 Jun 23;42(3):331-343.

Phan X, Ling PH. Clinical limitations of Invisalign. *J Can Dent Assoc*. 2007 Apr;73(3):263-6.

Raghavan S, Abu Alhajja ES, Duggal MS, Narasimhan S, Al-Maweri SA. White spot lesions, plaque accumulation and salivary caries-associated bacteria in clear aligners

compared to fixed orthodontic treatment. A systematic review and meta- analysis. *BMC Oral Health*. 2023 Aug 27;23(1):599.

Rossini G, Parrini S, Castroflorio T, Deregibus A, Debernardi CL. Efficacy of clear aligners in controlling orthodontic tooth movement: a systematic review. *Angle Orthod*. 2015 Sep;85(5):881-9.

Rouzi M, Zhang X, Jiang Q, Long H, Lai W, Li X. Impact of Clear Aligners on Oral Health and Oral Microbiome During Orthodontic Treatment. *Int Dent J*. 2023 Oct;73(5):603-611.

Santonocito S, Polizzi A. Oral Microbiota Changes during Orthodontic Treatment. *Front Biosci (Elite Ed)*. 2022 Jul 27;14(3):19.

Shrivastava A, Mohanty P, Dash BP, Jena S, Sahoo N. Proficiency of Clear Aligner Therapy: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Cureus*. 2023 Sep 11;15(9):e45072.

Tartaglia GM, Mapelli A, Maspero C, Santaniello T, Serafin M, Farronato M, Caprioglio A. Direct 3D Printing of Clear Orthodontic Aligners: Current State and Future Possibilities. *Materials (Basel)*. 2021 Apr 5;14(7):1799.

Wazwaz F, Seehra J, Carpenter GH, Ireland AJ, Papageorgiou SN, Cobourne MT. Duration of tooth alignment with fixed appliances: A systematic review and meta-analysis. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2022 Jan;161(1):20-36.

Zinelis S, Panayi N, Polychronis G, Papageorgiou SN, Eliades T. Comparative analysis of mechanical properties of orthodontic aligners produced by different contemporary 3D printers. *Orthod Craniofac Res*. 2022 Aug;25(3):336-341.