

# “A eficácia da expansão dentária com alinhadores ortodônticos Invisalign®: Uma revisão sistemática”

Inês Martins de Jesus

Dissertação conducente ao Grau de Mestre em  
Medicina Dentária (Ciclo Integrado)

Gandra, 5 de junho de 2020

Inês Martins de Jesus

Dissertação conducente ao Grau de Mestre em  
Medicina Dentária (Ciclo Integrado)

“A eficácia da expansão dentária com  
alinhadores ortodônticos Invisalign®: Uma  
revisão sistemática.”

Trabalho realizado sob a Orientação de Mestre Aline Gonçalves e  
Coorientação de Professora Doutora Teresa Pinho

## Declaração de Integridade

Eu, acima identificado, declaro ter atuado com absoluta integridade na elaboração deste trabalho, confirmo que em todo o trabalho conducente à sua elaboração não recorri a qualquer forma de falsificação de resultados ou à prática de plágio (ato pelo qual um indivíduo, mesmo por omissão, assume a autoria do trabalho intelectual pertencente a outrem, na sua totalidade ou em partes dele). Mais declaro que todas as frases que retirei de trabalhos anteriores pertencentes a outros autores foram referenciadas ou redigidas com novas palavras, tendo neste caso colocado a citação da fonte bibliográfica.



**CESPU**  
INSTITUTO UNIVERSITÁRIO  
DE CIÊNCIAS DA SAÚDE

## Declaração do Orientador

Eu, **Aline dos Santos Gonçalves**, com a categoria profissional de **Assistente Convidada** do Instituto Universitário de Ciências da Saúde, tendo assumido o papel de Orientadora da dissertação intitulada *"A eficácia da expansão dentária com alinhadores Invisalign®: Uma revisão sistemática"*, da aluna do Mestrado Integrado em Medicina Dentária, **Inês Martins de Jesus**, declaro que sou de parecer favorável para que a Dissertação possa ser depositada para análise do Arguente do Júri nomeado para o efeito para Admissão a provas públicas conducentes à obtenção do Grau de Mestre.

Gandra, 05 de junho de 2020

-----

O Orientador



## Agradecimentos

Chegámos ao final de um capítulo, e olhando para trás posso dizer com todo o orgulho “Eu consegui!”.

Ao longo destes 5 anos não faltaram risos, alegria, dedicação, noitadas de estudo, realização pessoal, enfim, nem tudo foi fácil, mas, hoje, sinto que foram muitos mais os bons do que os maus momentos. E, como em qualquer adeus fica a nostalgia.

Neste caminho não foram poucas as pessoas que contribuíram para o meu sucesso e realização pessoal e, portanto, queria deixar um especial agradecimento a todos esses que fizeram com que fosse tudo mais fácil e me ajudaram em todas as etapas deste caminho tão bonito.

Em primeiro lugar queria agradecer aos meus pais que sempre me apoiaram e estiveram do meu lado a ver-me crescer como profissional, mas, principalmente, como ser humano. Apoiaram-me tanto nas vitórias como nos momentos menos gloriosos, e, portanto, merecem toda a minha gratidão.

Aos meus colegas e amigos que, alguns há mais tempo que outros, me deram alento, e me mostraram o verdadeiro significado de companheirismo.

A todos os professores com quem tive o prazer de aprender e trabalhar, a todos os que foram exigentes e fizeram de mim a aluna que sou hoje.

A todos os pacientes que fizeram parte da nossa vida durante um ano e meio, e, que tão importantes foram no nosso crescimento como médicos dentistas.

Ao professor David Matos que tanto se disponibilizou para me ajudar, não sendo um orientador, mas fazendo o papel de um, um especial obrigado.

E, finalmente, mas não menos importantes, às minhas queridas Orientadora Mestre Aline Gonçalves e Coorientadora Professora Doutora Teresa Pinho, e também amigas, que incansavelmente me guiaram e tantas vezes motivaram não só na realização deste trabalho como na vida. São sem dúvida exemplos como profissionais, mas também como pessoas.

Um enorme obrigada a todos por tornarem estes cinco anos os melhores da minha vida e por ajudarem a tornar-me a profissional e pessoa que sou hoje.



*“A nossa natureza consiste em movimento; o repouso completo é a morte.”*

Blaise Pascal



## Resumo

**Introdução:** A tecnologia Invisalign® tem como objetivo garantir a estética que um aparelho ortodôntico convencional não consegue, e ao mesmo tempo, apresentar bons resultados, embora a eficácia deste sistema seja ainda controversa. A expansão da arcada é possível com este sistema e pode auxiliar a correção de apinhamentos e mordidas cruzadas posteriores dento-alveolares.

**Objetivos:** Analisar a eficácia do movimento de expansão dentária com alinhadores ortodônticos Invisalign®.

**Material e Métodos:** Foi realizada uma pesquisa bibliográfica na base de dados PubMed e Cochrane Library, utilizando as palavras-chave: *"tooth movement"*, *"invisalign®"*, *"effectiveness"*, *"expansion"* e *"clear aligners"*. Foram encontrados 475 artigos e após uma análise faseada foram selecionados 9 artigos para esta revisão.

**Resultados:** No setor anterior, os valores de protrusão variam de 27,4% nos incisivos centrais inferiores a 50,8% nos incisivos laterais inferiores. No setor posterior, os pré-molares e caninos obtiveram precisões semelhantes, sendo estas inferiores à dos molares. A arcada inferior alcançou precisões maiores de expansão que a superior. Os valores de expansão tendem a manter-se constantes na arcada inferior. Na arcada superior, a precisão diminui de anterior para posterior, sendo a sobrecorreção e a adição de torque radículo-vestibular necessários para alcançar resultados clínicos pretendidos.

**Conclusões:** O sistema Invisalign® pode ser considerado eficaz no movimento de expansão, visto que a quantidade de expansão planeada foi obtida na grande maioria dos estudos. No entanto, são necessárias mais investigações no que respeita ao movimento de expansão, de forma a conhecer melhor o comportamento dos diferentes dentes quando submetidos a este movimento.

**Palavras-chave:** movimento dentário; invisalign®; eficácia; alinhadores transparentes; expansão.



## Abstract

**Introduction:** Invisalign® technology aims to guarantee the aesthetics that a conventional orthodontic appliance cannot, and at the same time, present good results, although the effectiveness of this system is still controversial. The expansion of the arch is possible with this system and can assist in the correction of crowding and posterior dento-alveolar crossbites.

**Objectives:** To analyze the effectiveness of tooth expansion movement with Invisalign® orthodontic aligners.

**Material and Methods:** A bibliographic research was carried out in the PubMed and Cochrane Library database, using the following keywords: "tooth movement", "invisalign®", "efficacy", "expansion" and "clear aligners". A total of 475 articles were found, and after a careful analysis and a staged procedure (stages), 9 articles were included.

**Results:** In the anterior sector, the protrusion values vary from 27.4% in the central incisors below 50.8% in the lower lateral incisors. In the posterior sector, premolars and canines obtained similar precision, which was inferior to that of molars. The lower arch reached greater expansion needs than the upper one. Expansion values tend to remain constant in the lower arch. In the upper arch, precision decreases from anterior to posterior, with overcorrection and the addition of buccal root torque necessary to achieve the intended clinical results.

**Conclusions:** The Invisalign® system can be considered effective in the expansion movement, since the amount of expansion planned was obtained in the vast majority of studies. However, further research is needed with regard to the expansion movement, in order to better understand the behavior of different teeth when subjected to this movement.

**Key-words:** tooth movement; invisalign®; effectiveness; clear aligners; expansion



## Índice geral

<b>1- Introdução</b> .....	1
<b>2- Material e Métodos</b> .....	3
2.1- Protocolo e registo.....	3
2.2- Critérios de elegibilidade .....	3
2.3- Critérios de Inclusão e exclusão .....	4
2.4- Fontes de informação .....	4
2.5- Seleção dos estudos.....	5
<b>3- Resultados</b> .....	6
3.1- Seleção de estudos .....	6
3.2- Processo de coleta de dados.....	7
3.3- Lista dos dados.....	8
<b>4- Discussão</b> .....	10
4.1- Caninos superiores.....	10
4.2- Caninos inferiores .....	11
4.3- Pré-molares .....	11
4.4- Molares.....	12
4.5- Análise da precisão por arcada .....	12
<b>5- Limitações</b> .....	13
<b>6- Conclusões</b> .....	14
<b>7- Bibliografia</b> .....	15



## Índice de tabelas

<b>Tabela 1-</b> Estratégia PICOS .....	3
<b>Tabela 2-</b> Critérios de inclusão e exclusão.....	4



## Índice de figuras

Figura 1- Diagrama de fluxo PRISMA .....	7
--	---



## Lista de siglas

CAD-CAM – Computer-aided-design/computer-aided-manufacturing

PRISMA – Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses

PICOS – Patient, Intervention, comparison, outcome, study design



## 1- Introdução

Os alinhadores foram introduzidos na década de 40, quando Kesling(1) produziu um aparelho posicionador dentário que tinha como objetivo refinar a fase final do tratamento ortodôntico.(2)

Este aparelho consistia numa peça de borracha flexível, fabricada a partir de um modelo em Classe I que era capaz de proporcionar pequenos movimentos em certos dentes, enquanto mantinha os restantes alinhados na arcada dentária.(2,3)

Para que fossem criados movimentos dentários mais ambiciosos, era necessária uma série de alinhadores com uma sequência específica.(2)

Ao longo do tempo foram desenvolvidos alinhadores de três gerações, sendo que os de primeira geração são os mais básicos e estes obtinham os seus resultados contando unicamente com a função do próprio alinhador, sem serem incorporados quaisquer tipos de elementos auxiliares. Até à data, não existem dados significativos acerca deste tipo de alinhadores.(2)

Os alinhadores de segunda geração consistiam em aparelhos aos quais foram incorporados elementos auxiliares como attachments, que melhoraram o movimento dentário. Os ortodontistas passaram a poder requerer botões de compósito e elásticos intermaxilares.(2)

Por último, foram desenvolvidos alinhadores de terceira geração com o objetivo de melhorar os resultados e conseguir um melhor controlo do movimento dentário ortodôntico. Nestes aparelhos tentou-se alterar a forma como estes incutem o movimento. Os attachments são, atualmente, otimizados. O clínico pode também solicitar a colocação de attachments convencionais nos dentes em que se pensa ser possível melhorar o movimento dentário.(2)

O sistema Invisalign® foi introduzido em 1997 e disponibilizado aos clínicos em 1999. Este sistema veio tornar a proposta de Kesling (citado em (3)) muito mais prática, visto que em vez de em cada consulta se requererem novas impressões e modelos, passou a trabalhar-se com sistema CAD-CAM, combinado com o auxílio do laboratório, tendo como objetivo o fabrico de vários alinhadores invisíveis que conseguem movimentos dentários em pequenos incrementos.(3)

Pode dizer-se que este sistema veio revolucionar a ortodontia, na medida em que, tratando-se de um aparelho removível feito de um material transparente, o Smartrack®, consegue garantir a estética que um aparelho fixo convencional não consegue e por isso alicia cada vez mais pacientes à sua utilização.

Hoje em dia, adultos e adolescentes submetidos a tratamento ortodôntico preferem aparelhos que garantam uma melhor estética, como aparelhos ortodônticos linguais (em que os brackets são colados na face lingual dos dentes) e aparelhos termo formados, como o Invisalign®.(3–5)

Contudo, o sistema Invisalign® não apresenta só vantagens. A sua eficácia em tratamentos de maloclusões mais complexas é, ainda, controversa.

O apinhamento dentário é uma das principais razões pela qual os pacientes procuram tratamento ortodôntico.(6) A expansão da arcada é possível com o Invisalign® e pode ser necessária para melhorar a estética do sorriso, ampliando as arcadas dentários(7) ou como um mecanismo para criar espaço para a correção de apinhamentos.(8–10). Pode também melhorar a dimensão transversal do sorriso ou corrigir mordidas cruzadas posteriores dento-alveolares.(6,7,10)

Alguns autores(11) afirmam que a expansão vestibular pode ser alcançada com o Invisalign® para aliviar apinhamentos dentários, como alternativa à redução interproximal ou para modificar a forma da arcada.(6)

No entanto, o número de estudos(10,12–16) sobre a eficácia do movimento dentário com Invisalign® é limitado, tornando-se difícil para os ortodontistas caracterizar a eficácia da expansão transversal com o Invisalign® de forma objetiva. Além disso, a literatura disponível mostra que o método utilizado para quantificar a previsibilidade do movimento de expansão, é apenas através de medições realizadas nas coroas dos dentes, sem avaliação do movimento radicular.(6)

Assim, o objetivo da presente revisão sistemática integrativa, é responder à seguinte questão orientadora: Qual a eficácia dos alinhadores ortodônticos Invisalign® no movimento de expansão dentária?

## 2- Material e Métodos

### 2.1- Protocolo e registo

O protocolo de revisão utilizado foi o descrito nas recomendações PRISMA (PRISMA Statement), recorrendo à checklist PRISMA, disponível em <http://www.prisma-statement.org/PRISMAStatement/Checklist> e ao Fluxograma PRISMA disponível em <http://www.prisma-statement.org/PRISMAStatement/FlowDiagram>, consultados em 20-04-2020.

### 2.2- Critérios de elegibilidade

Os estudos incluídos na presente revisão sistemática integrativa, foram selecionados de acordo com os seguintes critérios, seguindo a estratégia PICOS (PICOS Strategy):

Tabela 1- Estratégia PICOS

<b>População (Population)</b>	Adultos e adolescentes, com dentição totalmente definitiva e necessidade de correções ortodônticas.
<b>Intervenção (Intervention)</b>	Tratamento ortodôntico com alinhadores Invisalign®.
<b>Comparação (Comparison)</b>	Comparação de modelos pré e pós tratamento, posicionamento dentário previsto versus posicionamento dentário alcançado.
<b>Resultados (Outcomes)</b>	Eficácia, em percentagem, da expansão dentária com alinhadores Invisalign®.
<b>Desenho dos estudos (Study design)</b>	Estudos clínicos (RCT's), prospetivos e retrospectivos

## 2.3- Critérios de Inclusão e exclusão

Tabela 2- Critérios de inclusão e exclusão

Critérios de inclusão	Critérios de exclusão
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Artigos publicados entre 2007 a 2020</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Artigos cujos resumos não se enquadram na temática desta dissertação;</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Artigos de língua inglesa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Artigos cuja leitura na íntegra não forneceu informações úteis</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Artigos cujo estudo se refira a pacientes com dentição totalmente definitiva</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Artigos que são revisões sistemáticas</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estudos realizados em humanos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Artigos de outra língua que não inglesa</li> </ul>

## 2.4- Fontes de informação

**Estratégia de pesquisa** – Foi realizada uma pesquisa bibliográfica nas bases de dados PubMed e Cochrane Library, com as palavras-chave: *“tooth movement”*, *“invisalign®”*, *“effectiveness”*, *“expansion”* e *“clear aligners”*.

Utilizando a pesquisa avançada, fizeram-se as seguintes combinações de palavras-chave:

As estratégias de pesquisa detalhadas foram as seguintes: (Tabela 1)

#1 (clear aligners) AND (tooth movement)

#2 (expansion) AND (invisalign)

#3 #1 AND effectiveness

#4 #2 AND clear aligners

#5 #2 AND tooth movement

#6 (invisalign) AND tooth movement

#7 (invisalign) AND effectiveness

#8 #1

**Tabela 3-** Estratégia de pesquisa

Base de dados	Palavras-chave	Artigos encontrados	Artigos selecionados
PubMed	<i>(clear aligners)</i> AND <i>tooth movement</i>	83	6
	<i>(expansion)</i> AND <i>invisalign</i>	277	5
	<i>((effectiveness) AND (clear aligners)) AND (tooth movement)</i>	22	3
	<i>((invisalign) AND (expansion)) AND (clear aligners)</i>	8	3
	<i>((expansion) AND (invisalign)) AND (tooth movement)</i>	61	5
Cochrane Library	<i>(invisalign) AND effectiveness</i>	15	1
	<i>(clear aligners) AND tooth movement</i>	9	1

## 2.5- Seleção dos estudos

**Etapa I** - Foram realizadas pesquisas nas bases de dados PubMed e Cochrane Library procurando artigos do ano 2007 a 2020. Foram aplicados dois filtros na pesquisa, o filtro do intervalo dos anos (2007 a 2020) e o das publicações em inglês, restringindo, assim, a pesquisa. Os artigos duplicados (que se encontravam em mais do que uma base de dados e repetidos, também, na mesma base de dados) foram eliminados, e logo a seguir, foram selecionados os artigos cujos títulos e resumos iam de encontro aos objetivos deste trabalho. De seguida, foram excluídas as revisões sistemáticas. Este trabalho não constou com o auxílio de revisões sistemática, exceto a referência (14) que remete para uma revisão sistemática que foi utilizada, apenas, como exemplo na introdução, quando se explica o número limitado de estudos sobre a expansão, em nada contribuiu para contextualização ou fundamentação teórica deste trabalho.

Para artigos os que não cumpriam critérios de inclusão, a exclusão estava indicada.

**Etapa II** - A qualidade do estudo foi analisada nos restantes artigos, já em formato full-text, de modo a selecionar os que melhor cumpriam o objetivo deste trabalho.

**Etapa III** - Os artigos que cumpriram os requisitos na etapa de análise da qualidade foram avaliados na íntegra, organizando-os em grupos por temas. De seguida, foi elaborada uma tabela em que constam os nomes dos autores de cada estudo, o ano de publicação, o principal objetivo, o tipo de estudo e os principais resultados encontrados.

## **3- Resultados**

### **3.1- Seleção de estudos**

#### **Etapa I – Resultados da base de dados**

A pesquisa bibliográfica identificou um total de 475 artigos. Após a remoção dos duplicados, ficaram 375 artigos que após leitura dos títulos e resumos foram reduzidos a 16, dos quais 3, foram excluídos por não atenderem aos critérios de inclusão. (Figura 1)

#### **Etapa II - Artigos revistos**

Nesta fase, 13 artigos foram revistos para avaliar a qualidade e o desenho do estudo. Uma avaliação detalhada de cada um dos artigos a serem excluídos é apresentado nos parágrafos seguintes.

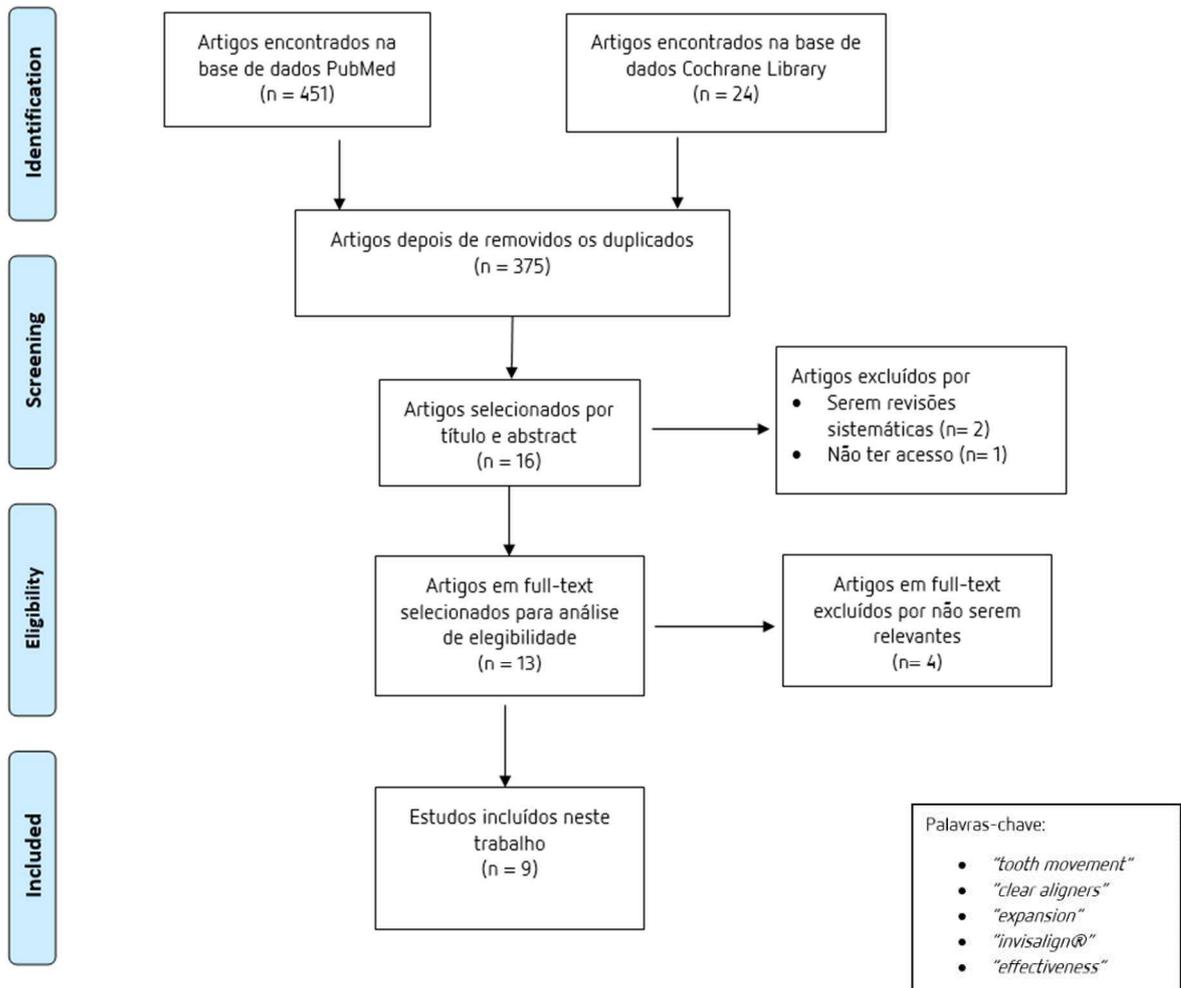
#### **Etapa III - Artigos para inclusão**

Os artigos selecionados para inclusão nesta revisão sistemática integrativa foram então avaliados. Desses 13 artigos, 4 foram excluídos por não proporcionarem informação relevante, tendo em conta o objetivo deste trabalho.

Dos 16 estudos revistos (Etapa I), 13 foram selecionados para revisão posterior (Etapa II).

Por fim, 9 estudos foram incluídos (Etapa III).

Figura 1- Diagrama de fluxo PRISMA



### 3.2- Processo de coleta de dados

As seguintes informações foram retiradas a partir dos artigos selecionados: ano de publicação, nomes dos autores, desenho do estudo, número de participantes, tipo de intervenção e resultados obtidos.

### 3.3- Lista dos dados

**Tabela 4** – Autores, desenho do estudo, objetivo, número de participantes, intervenção, resultados

Autores	Desenho do estudo	Objetivo	Número de participantes	Intervenção	Resultados
<b>Kravitz N <i>et al.</i> (2009)</b>	Estudo prospectivo (CT)	Avaliar a eficácia do movimento dentário alinhadores de poliuretano removíveis.	37 pts 401 dentes	A quantidade de movimento dentário prevista foi comparada com a quantidade alcançada após o tratamento. Os tipos de movimentos estudados foram expansão, constrictão, intrusão, extrusão, inclinação mesio-distal e vestibulo-lingual e rotação.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• A precisão geral de expansão foi de 40,5%.</li> <li>• Os dentes com maior precisão de expansão foram os incisivos laterais mandibulares, com valor de precisão de 50,8% e os dentes com menor precisão foram os incisivos centrais mandibulares com valor de precisão de 27,4%.</li> <li>• O valor de precisão geral a arcada superior foi de 44,5% e da arcada inferior de 36,0%.</li> </ul>
<b>Houle J <i>et al.</i> (2017)</b>	Estudo retrospectivo (CT)	Investigar a previsibilidade da expansão das arcadas usando o Invisalign®.	64 pts	Sobreposição dos modelos digitais para medir diferenças dimensionais transversais entre os movimentos previstos e alcançados.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Precisão geral para a arcada superior de 72,8% e para a arcada inferior de 87,7%.</li> <li>• Maior a quantidade de movimento nas cúspides do que nas margens gengivais.</li> </ul>
<b>Grünheid T <i>et al.</i> (2017)</b>	Estudo de coorte retrospectivo (CT)	Avaliar a precisão do sistema Invisalign® na obtenção das posições previstas dos dentes em relação ao tipo e à direção do movimento dos dentes.	30 pts	Sobreposição de modelos final e inicial usando o registo based-fit surface-based.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• A expansão da arcada superior pode não ser totalmente conseguida;</li> <li>• O torque molar pode não ser totalmente conseguido;</li> <li>• O 2º molar frequentemente apresenta mais torque corono-vestibular do que o previsto</li> </ul>
<b>Charalampakis O <i>et al.</i> (2018)</b>	Estudo retrospectivo (CT)	Determinar a precisão de movimentos dentários específicos com o Invisalign®	20 pts com Classe I 398 dentes estudados	Modelos digitais foram exportados do Clincheck. Sobreposição dos modelos final e inicial na zona posterior usando um software tridimensional. Teste Wilcoxon signed rank.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• As precisões de expansão variam de 76,6% que corresponde aos caninos superiores a 97,4% que corresponde aos caninos inferiores;</li> <li>• A precisão geral de expansão para a arcada superior foi de 77,3% e para a arcada inferior foi de 96,1%, havendo, assim, diferenças estatisticamente significativas nos valores de precisão geral de ambas as arcadas;</li> </ul>

<p><b>Ning Zhou, Jing Guob (2019)</b></p>	<p>Estudo retrospectivo (CT)</p>	<p>Investigar a eficiência e o padrão de movimento da expansão da arcada superior usando alinhadores Invisalign®.</p>	<p>20 pts adultos</p>	<p>Registos de pré-tratamento (estágio T0) e imediatamente após a conclusão da fase de expansão (estágio T1) foram colhidos, incluindo modelos digitais e tomografia computadorizada de feixe cruzado. Os softwares Dolphin 3D, Geomagic Studio 12.0 e Meazure foram utilizados para medir dados e calcular diferenças entre os resultados previstos e alcançados.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Este estudo avaliou outros tipos de movimentos que não só a expansão, sendo a sua precisão geral de 86,7%.</li> <li>• Houve diferenças significativas entre os valores de expansão esperados e obtidos. Os valores de precisão de expansão da coroa do canino, primeiro pré-molar e segundo pré-molar e primeiro molar superiores foram <math>79,75 \pm 15,23\%</math>, <math>76,1 \pm 18,32\%</math>, <math>73,27 \pm 19,91\%</math> e <math>68,31 \pm 24,41\%</math>, respetivamente.</li> <li>• A precisão média do movimento de expansão em corpo para o primeiro molar superior foi de <math>36,35 \pm 29,32\%</math>.</li> <li>• Correlações negativas foram encontradas entre as quantidades de expansão predefinidas e a precisão do movimento de expansão em corpo, e entre o torque inicial dos primeiros molares superiores e a precisão do movimento de expansão em corpo.</li> </ul>
<p>CT, clinical trial; pts, participantes;</p>					

## 4- Discussão

Cada grupo de dentes tem as suas próprias características e nem todos os dentes têm o mesmo comportamento quando aplicadas forças, portanto, para melhor compreensão e interpretação dos resultados, a análise da expansão deverá ser realizada por grupos dentários:

### 4.1- Caninos superiores

A precisão da expansão ao nível dos caninos superiores varia de 36% (Kravitz N. *et al* (2009)) a 79,5% (Zhou N, Guo J (2019)). Os valores encontrados nos estudos de Houle J. *et al* (2017) e Charalampakis O. *et al* (2018) vão de encontro aos resultados no estudo de Zhou N, Guo J (2019), que observou um valor médio de 78,3% e de 76,6%, ao nível da cúspide e da margem gengival palatina, respetivamente.(6,12,17)

A maior diferença entre o valor obtido e valor previsto, no estudo de Charalampakis *et al* (2018) foi encontrada na expansão intercanina superior, resultando numa precisão de 76,6% (valor de precisão mais baixo entre os dentes estudados). O que não é surpreendente, uma vez que os caninos superiores têm as raízes mais longas e uma morfologia coronária cónica, que confere pouca retenção aos alinhadores.(18)

A diferença considerável entre a precisão do movimento encontrado por Kravitz N. *et al* (2009) e os restantes estudos (Charalampakis O. *et al* (2018), Houle J. *et al* (2017) e Zhou N, Guo J (2019), poderá ser explicada pelo facto deste estudo ter sido efetuado anteriormente a uma significativa evolução tecnológica do sistema Invisalign®. O desenvolvimento tecnológico ao nível dos sistemas de forças, aumento da retenção e evolução das propriedades do material utilizado na confeção dos alinhadores, podem estar associados à disparidade de resultados. Devemos referir ainda, que a amostra utilizada no estudo de Kravitz N. *et al* (2009) foi relativamente mais baixa que nos estudos posteriores.(6,10,12,17)

#### 4.2- Caninos inferiores

Os caninos inferiores apresentam uma precisão de expansão maior do que os caninos superiores, no entanto no estudo de Kravitz N. *et al* (2009) foi observado o oposto, sendo a precisão dos caninos inferiores de 29,9%, menor que a dos superiores (36%). Este valor não vai de encontro aos apresentados por Charalampakis O. *et al* (2018) e Houle J. *et al* (2017) uma vez que estes fazem referência a precisões de expansão para os caninos inferiores consideravelmente altas, 97,4% e 80,5%, respetivamente. O estudo de Zhou N, Guo J (2019) não analisou movimentos de expansão na arcada inferior.(6,10,12,17)

Esta diferença entre a precisão de movimento observada nos caninos superiores e inferiores pode dever-se ao facto de a quantidade de alteração requerida para a arcada inferior ser menor do que para a superior, sendo que a precisão do movimento parece estar diretamente relacionada com a magnitude do mesmo. Além disso, a resistência é reduzida devido ao facto da arcada superior estar a expandir-se simultaneamente.(10)

#### 4.3- Pré-molares

Os valores de precisão de expansão dos pré-molares apresentados por Houle J. *et al* (2017) resultam da média calculada entre a precisão do primeiro pré-molar e segundo pré molar, tanto para os superiores, sendo a precisão de 74%, como inferiores, de 92,5%.(10)

Estes valores de precisão vão de encontro aos valores apresentados por de Charalampakis O. *et al* (2018) e Zhou N, Guo J (2019) sendo estes de 77,9% e 74,7%, respetivamente, para pré-molares superiores e 94,8% para pré-molares inferiores, valor este apresentado por Charalampakis O. *et al* (2018). Não há diferença estatisticamente significativa entre os valores de precisão de cada autor. No caso dos pré-molares continua a ver-se uma diferença significativa entre os dentes superiores e inferiores o que corrobora o exposto acima, na justificação das diferenças encontradas entre as precisões dos caninos superiores e inferiores. Não houve, também, diferença significativa entre as precisões dos caninos e pré-molares.(6,17)

#### 4.4- Molares

Apenas dois estudos analisaram o movimento de expansão ao nível dos molares. Houle J. *et al* (2017) apresentou uma precisão de expansão de 64,7% para os primeiros molares superiores e 85,4% para os primeiros molares inferiores, tendo sido estes valores calculados igualmente a partir da média entre os valores de expansão mensurados ao nível das cúspides e ao nível da margem gengival. Os valores observados são semelhantes ao reportados pelo estudo de Zhou N, Guob J (2019), que refere uma precisão de 68,31% para primeiros molares superiores, uma vez que não analisou a arcada inferior.(6,10)

No geral, observou-se uma tendência para a arcada superior, onde a precisão do movimento diminui de anterior para posterior, ou seja, dos caninos para os molares. Essa diferença é multifatorial, resultante da anatomia radicular, espessura da cortical, maior carga mastigatória e maior resistência dos tecidos moles da região jugal posterior.(6,10)

#### 4.5- Análise da precisão por arcada

A precisão de expansão para a arcada superior é de 72,8%, 76,37% e 77,3%, para os estudos de Houle J. *et al* (2017), Zhou N, Guo J (2019) e Charalamapakis O. *et al* (2018), respetivamente, e portanto, são semelhantes. Na arcada inferior os valores de precisão encontrados também são semelhantes, sendo de 87,7% no estudo de Houle J. *et al* (2017) e 96,1% no estudo de Charalampakis O. *et al* (2018). Zhou N, Guo J (2019) não avaliou a arcada inferior.(6,10,17)

Ao contrário do que se observou nos estudos mencionados acima, no estudo de Kravitz N. *et al* (2009) a precisão da arcada superior foi de 44% e da inferior 36%, assim a arcada inferior alcançou uma precisão menor que a superior. Os valores alcançados foram, também, muito inferiores aos observados nos restantes estudos.(12)

Podemos observar, que a expansão é maior na arcada inferior do que na arcada superior, pelos valores de precisão maiores observados na arcada inferior, o que vai de encontro ao descrito por Grünheid T. *et al* (2017) de que é provável que a expansão da



arcada maxilar não tenha sido totalmente alcançada e os molares tenham inclinado em vez de se movimentarem em corpo durante o tratamento. O que significa que a expansão da arcada superior foi influenciada pelo efeito adverso da inclinação dos molares, o que tornou incompleta a expansão. Isto pode ser consequência da flexão dos alinhadores.(19)

Independentemente do tipo de expansão desejada, a inclinação vestibular dos dentes posteriores deve ser minimizada. Neste sentido, é de vital importância investigar a eficácia do movimento de expansão em corpo.

Assim, no estudo de Zhou N, Guo J (2019), obteve-se uma precisão de 68,31%, a quantidade de expansão conseguida na coroa foi de  $1,06 \pm 0,051$ mm, na raiz foi de  $0,29 \pm 0,36$ mm e, por sua vez, o movimento em corpo foi de  $36,35 \pm 29,32$  no primeiro molar superior e a proporção do movimento de expansão entre a raiz e a coroa foi de aproximadamente 2:5. O primeiro molar superior inclinou vestibularmente  $2,07 \pm 3,278^\circ$  após a expansão. A expansão do arco com alinhadores Invisalign®, neste estudo, deveu-se principalmente ao movimento de inclinação, que tem um significado importante para orientar a aplicação dos alinhadores Invisalign®. Assim, de acordo com o torque inicial dos dentes posteriores, uma quantidade adequada de torque negativo na coroa pode ser predefinida no ClinCheck® para melhorar a eficácia da expansão em corpo.(6)

## 5- Limitações

Este trabalho apresenta algumas limitações:

- Existência de apenas um número limitado de estudos sobre expansão com alinhadores invisalign®, sendo um dos artigos selecionados de 2009 pelo que pode estar um pouco desatualizado;
- Os estudos selecionados analisarem dentes diferentes pelo que foi difícil a comparação de resultados, por exemplo apenas o estudo de Kravitz N. *et al*/ (2009) se focou na análise do setor anterior;
- Existência de divergências entre autores, no que se refere, por exemplo, a erros de programação;

## 6- Conclusões

Os resultados dos estudos permitiram concluir que:

- ✓ Os autores estiveram em concordância em relação às precisões dos caninos e pré-molares superiores e inferiores;
- ✓ A precisão diminui de anterior para posterior na arcada superior, mantendo-se constante na inferior;
- ✓ A precisão é extremamente elevada para o maxilar inferior, sendo menor para o superior;
- ✓ A sobrecorreção e a adição de torque radiculo-vestibular, na arcada superior, parecem ser necessários para alcançar os resultados clínicos pretendidos ao nível dos molares.

Desta forma podemos concluir que o sistema Invisalign® é eficaz no movimento de expansão, uma vez que a quantidade de expansão planeada foi obtida na grande maioria dos estudos. No entanto, são necessárias mais investigações no que respeita ao movimento de expansão com o sistema Invisalign®, de forma a conhecer melhor o comportamento dos diferentes grupos de dentes, quando submetidos a este movimento.

## 7- Bibliografia

1. Kesling HD. Coordinating the predetermined pattern and tooth positioner with conventional treatment. *Am J Orthod Oral Surg.* 1946;32(5):285–93.
2. Hennessy J, Al-awadhi EA, Hennessy J, Al-awadhi EA. Clear aligners generations and orthodontic tooth movement Clear aligners generations and orthodontic tooth movement. 2016;3125(January).
3. Phan X, Ling PH. Clinical limitations of invisalign. *J Can Dent Assoc (Tor).* 2007;73(3):263–6.
4. Chisari JR, Mcgorray SP, Nair M, Wheeler TT. Variables affecting orthodontic tooth movement with clear aligners. *Am J Orthod Dentofac Orthop [Internet].* 145(4):S82–91. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ajodo.2013.10.022>
5. Mampieri G, Giancotti A. Invisalign technique in the treatment of adults with pre-restorative concerns. *Prog Orthod.* 2013 Oct;14(1):1–9.
6. Zhou N, Guo J. Efficiency of upper arch expansion with the Invisalign system. *Angle Orthod.* 2020 Jan;90(1):23–30.
7. Article O. Characterization of posed smile by using visual analog scale, smile arc, buccal corridor measures, and modified smile index. :515–23.
8. Womack WR, Ahn JH, Ammari Z. A new approach to correction of crowding. 1999;310–6.
9. Lee RT, Eng F, Glasg F. CONTINUING EDUCATION ARTICLE Arch width and form: A review. 1999;305–13.
10. Houle J-P, Piedade L, Todescan RJ, Pinheiro FHSL. The predictability of transverse changes with Invisalign. *Angle Orthod.* 2017 Jan;87(1):19–24.
11. Miethke HR. Invisalign ® , an Innovative Invisible Orthodontic Appliance to Correct Malocclusions : Advantages and Limitations. 2012;(May).
12. Kravitz ND, Kusnoto B, Begole E, Obrez A, Agran B. movement with Invisalign. *YMOD [Internet].* 135(1):27–35. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ajodo.2007.05.018>
13. Simon M, Keilig L, Schwarze J, Jung BA, Bourauel C. Treatment outcome and efficacy of an aligner technique – regarding incisor torque , premolar derotation and molar distalization. 2014;14(1):1–7.



14. Papadimitriou A, Mousoulea S, Gkantidis N, Kloukos D. Clinical effectiveness of Invisalign® orthodontic treatment : a systematic review. 2018;
15. Solano-Mendoza B, Sonnemberg B, Solano-Reina E, Iglesias-Linares A. How effective is the Invisalign® system in expansion movement with Ex30' aligners? Clin Oral Investig. 2017 Jun;21(5):1475–84.
16. Krieger E, Seiferth J, Marinello I, Jung BA, Wriedt S, Jacobs C, et al. Invisalign® treatment in the anterior region Were the predicted tooth movements achieved ? Invisalign® -Behandlungen im Frontzahnbereich Wurden die vorhergesagten Zahnbewegungen erreicht ? 2012;(5):365–76.
17. Charalampakis O, Iliadi A, Ueno H, Oliver DR, Kim KB. Accuracy of clear aligners: A retrospective study of patients who needed refinement. Am J Orthod Dentofac Orthop [Internet]. 2018;154(1):47–54. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2017.11.028>
18. Charalampakis O, Iliadi A, Ueno H, Oliver DR, Kim KB. Accuracy of clear aligners: A retrospective study of patients who needed refinement. Am J Orthod Dentofac Orthop Off Publ Am Assoc Orthod its Const Soc Am Board Orthod. 2018 Jul;154(1):47–54.
19. Grünheid T, Loh C, Larson BE. How accurate is Invisalign in nonextraction cases? Are predicted tooth positions achieved? Angle Orthod. 2017;87(6):809–15.