

UNIVERSIDADE DE UBERABA
MESTRADO ACADÊMICO EM ODONTOLOGIA
GISELLE SANTIAGO DA CUNHA ZANQUETA

**O USO DA REALIDADE VIRTUAL AUMENTADA NO PROCESSO
ENSINO/APRENDIZAGEM DA REMODELAÇÃO ÓSSEA NO MOVIMENTO
ORTODÔNTICO**

UBERABA – MG

2026

GISELLE SANTIAGO DA CUNHA ZANQUETA

**O USO DA REALIDADE VIRTUAL AUMENTADA NO PROCESSO
ENSINO/APRENDIZAGEM DA REMODELAÇÃO ÓSSEA NO MOVIMENTO
ORTODÔNTICO**

Dissertação apresentada ao programa de Pós-graduação em Odontologia – Mestrado Acadêmico da Universidade de Uberaba, como requisito parcial para a obtenção do título de mestre em Odontologia, na área de concentração em Clínica Odontológica Integrada.

Orientador: Prof. Dr. Cesar Penazzo Lepri

UBERABA- MG

2026

Catálogo elaborado pelo Setor de Referência da Biblioteca Central UNIUBE

Z17u Zanqueta, Giselle Santiago da Cunha.
O uso da realidade virtual aumentada no processo ensino/aprendizagem na remodelação óssea no movimento ortodôntico / Giselle Santiago da Cunha Zanqueta. – Uberaba (MG), 2026.
28 f. : il., color.

Dissertação (Mestrado) – Universidade de Uberaba. Programa de Pós-Graduação em Odontologia. Mestrado Acadêmico em Odontologia. Área de Concentração em Clínica Odontológica Integrada.

Orientador: Prof. Dr. Cesar Penazzo Lepri.

1. Ortodontia. 2. Realidade aumentada. 3. Odontologia. I. Lepri, Cesar Penazzo. II. Universidade de Uberaba. Programa de Pós-Graduação em Odontologia. Mestrado Acadêmico em Odontologia. III. Título.

CDD 617.643

Tatiane da Silva Viana – Bibliotecária – CRB-6/3171

GISELLE SANTIAGO DA CUNHA ZANQUETA

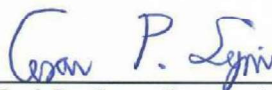
O USO DA REALIDADE VIRTUAL AUMENTADA NO PROCESSO ENSINO/APRENDIZAGEM DA REMODELAÇÃO ÓSSEA NO MOVIMENTO ORTODÔNTICO

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Odontologia do Programa de Pós-Graduação em Odontologia - Mestrado da Universidade de Uberaba.

Área de concentração: Clínica Odontológica Integrada

Aprovado (a) em: 23/02/2026

BANCA EXAMINADORA:



Prof. Dr. Cesar Penazzo Lepri
Orientador
Universidade de Uberaba



Prof^ª. Dr^ª. Maria Angélica Hueb de Menezes Oliveira
Universidade de Uberaba

gov.br Documento assinado digitalmente
JANISSE MARTINELLI DE OLIVEIRA MISIARA
Data: 23/02/2026 21:43:32-0300
Verifique em <https://validar.id.gov.br>

Prof^ª. Dr^ª. Janisse Martinelli Oliveira Misiara
Universidade Federal do Triângulo Mineiro

AGRADECIMENTOS

Deus me deu a oportunidade e a honra de participar deste grupo do Mestrado em Odontologia da Uniube - Turma XX. Minha eterna gratidão!

Ao meu Orientador César Penazzo Lepri, minha admiração por tamanha inteligência e elegância ao lidar com seus alunos.

Ao Professor Gilberto Antônio Borges, meu carinho por me permitir vivenciar o ensino em sala de aula na geração da tecnologia.

À Professora Maria Angélica Hueb De Menezes Oliveira, minha gratidão por me permitir participar de seus projetos inovadores.

Aos demais professores agradeço por tanto aprendizado, cada um a seu modo, nos fazendo evoluir a cada etapa.

Aos meus colegas que se tornaram amigos tão especiais e cada qual ao seu modo, deixou sua marca na minha vida e no meu coração.

Aos meus filhos, Luíza e Théo, por todo amor e alegria que me mantiveram nesses dois anos especiais na minha vida.

À minha família que foi a minha base, me ajudando a cuidar dos meus pequenos quando eu não podia estar presente.

E por fim, à UNIUBE e aos órgãos de fomento, que contribuíram para que tudo isso fosse possível.

“Fé é assim: primeiro você coloca os pés, depois Deus coloca o chão!”

Inspirado em: **Josué 1:3-**

RESUMO

A Ortodontia é definida pela movimentação dentária por meio de forças mecânicas aplicadas ao aparelho ortodôntico. Essas forças, fazem com que as raízes comprimam o ligamento periodontal, levando a uma área de hialinização que agirá sobre o osso causando uma reabsorção e posteriormente uma remodelação óssea. A compreensão da biologia do movimento dentário permite melhorar a eficácia e eficiência dos tratamentos ortodônticos. Dentre as inovações tecnológicas educacionais a realidade aumentada é apontada como uma das mais promissoras. Diversos estudos comprovam que sua utilização traz contribuições para a percepção e motivação dos discentes em diversas atividades no contexto educacional. Diante do que foi exposto, o objetivo deste trabalho foi a criação de material didático sobre reabsorção e aposição óssea na movimentação ortodôntica, com uso de realidade aumentada, em que o aluno poderá visualizar os mecanismos de ação por meio de QR- CODE. Foram realizados desenhos mostrando o passo a passo dessa remodelação óssea durante a movimentação ortodôntica e e-book explicativo. Após, foi confeccionado um filme em 3D com a explicação do processo e com acesso por QR-CODE. Espera-se com esse material didático inovador que os alunos se sintam mais motivados e que a biomecânica ortodôntica seja melhor entendida.

Palavras-chave: remodelação óssea; ortodontia; realidade aumentada.

ABSTRACT

Orthodontics is defined as the movement of teeth through mechanical forces applied to orthodontic appliances. These forces cause the roots to compress the periodontal ligament, leading to an area of hyalinization that acts on the bone, causing resorption and subsequent bone remodeling. Understanding the biology of tooth movement allows for improved effectiveness and efficiency of orthodontic treatments. Among educational technological innovations, augmented reality is considered one of the most promising. Several studies prove that its use contributes to the perception and motivation of students in various activities within the educational context. Given the above, the objective of this study was to create didactic material on bone resorption and apposition in orthodontic movement, using augmented reality, in which the student can visualize the mechanisms of action through QR codes. Drawings were created showing the step-by-step process of this bone remodeling during orthodontic movement, along with an explanatory e-book. Afterwards, a 3D film explaining the process were produced and accessible via QR code. It is hoped that this innovative teaching material will motivate students and improve their understanding of orthodontic biomechanics.

Keywords: bone remodeling; orthodontics; augmented reality.

SUMÁRIO

1 Introdução.....	9
2 Objetivo.....	12
3 Metodologia.....	13
4 Resultados.....	15
5 Discussão.....	22
6 Conclusão.....	25
Referências.....	26

1 Introdução

A geração que vem ingressando aos cursos de graduação cresceu com o uso constante de tecnologias digitais e dispositivos móveis. São jovens que adquiriram competências e habilidades diferenciadas, criando um descompasso com as atividades que são desenvolvidas em sala de aula atualmente, isto porque ainda são educadas e ensinadas conforme uma metodologia de aprendizagem tradicional, onde as aulas expositivas prevalecem (SILVA, 2019).

Ainda segundo Silva (2019), o uso das tecnologias móveis e sem fio, possibilitam que o espaço de aprendizagem seja ampliado, oferecendo aos alunos a oportunidade de realizar atividades em horários distintos e em qualquer ambiente.

A Realidade virtual (RV) que coloca o usuário dentro de um ambiente totalmente digital; a realidade aumentada (RA), que sobrepõe elementos virtuais ao ambiente real, por meio de dispositivos eletrônicos; e holografia, que projeta imagens tridimensionais aparentando flutuar no espaço são tecnologias capazes de proporcionar experiências interativas e altamente envolventes.

Há necessidade para a implementação de novos projetos e metodologias de ensino no ambiente acadêmico de maneira a enriquecer e contribuir para o processo de ensino o qual passa por grandes modificações especialmente no âmbito da educação no ambiente virtual (KHADER; SILVEIRA; LUND, 2021).

A inovação pedagógica e tecnológica não devem atuar separadamente, pois as TDIC (tecnologias digitais de informação e comunicação) estão em todos os espaços e a todo o momento, devendo os docentes atribuir sentido, dar significado de forma a colaborar com a aprendizagem (VIDAL; MERCADO, 2020).

Na Odontologia, a tecnologia de reconstrução 3D tem sido amplamente utilizada para imagens e análises 3D de tratamento ortodôntico, arcadas dentárias para tratamento restaurador, osso craniofacial, tecido mole, moldes dentários, navegação cirúrgica e outras áreas. Apesar do uso da tecnologia de reconstrução 3D ter algumas desvantagens como a exigência de experiência do operador, qualidade variável de diferentes scanners, e alto custo inicial, a tecnologia desempenhou um papel importante no tratamento odontológico. De forma geral, a revolução digital mudou radicalmente a indústria odontológica (CEN *et al*, 2023).

De acordo com Tyan et al (2021), nos últimos anos, a impressão 3D progrediu em direção ao nível celular, e a bioimpressão 3D oferece possibilidades ilimitadas para a criação de vários tecidos. Em pouco tempo, o design de realidade virtual poderá interagir com tecnologias de impressão 3D no campo da Odontologia. Por exemplo, os indivíduos poderão executar diretamente o design 3D da restauração no mundo virtual e observar os produtos de restauração 3D para estimar melhor a viabilidade dos produtos e reduzir o desperdício de tempo e recursos. Em resumo, prevêem que a tecnologia de impressão 3D terá um futuro brilhante.

Mangano *et al.* (2023) demonstraram que a integração de inteligência artificial e realidade aumentada no planejamento de cirurgia guiada por implantes é viável e pode aprimorar a precisão, a visualização tridimensional e o suporte à tomada de decisão clínica.

Sipiyaruk *et al.* (2023) evidenciaram, em revisão de escopo, que o uso de tecnologias de simulação no ensino de Ortodontia potencializa o aprendizado clínico, aprimora habilidades práticas e favorece experiências educacionais mais interativas e seguras.

A Ortodontia é definida pela movimentação dentária por meio de forças mecânicas aplicadas ao aparelho ortodôntico. Essas forças, fazem com que as raízes comprimam o ligamento periodontal, levando a uma área de hialinização. Como o cimento é mais resistente e protege a raiz, durante a movimentação dentária, essa hialinização agirá sobre o osso causando uma reabsorção e posteriormente uma remodelação óssea. A ortodontia possibilita a prevenção e correção de desajustes oclusais por meio de tratamentos preventivos, interceptativos e corretivos (GOMES; STRELOW; DE ALMEIDA, 2021).

O osso é um tecido dinâmico que é remodelado por meio do metabolismo celular. Em condições fisiológicas, a reabsorção e a formação óssea são equilibradas. Se o equilíbrio entre esses dois processos for desbalanceado, ocorrerão alterações na massa e qualidade óssea. (ONO, 2023).

Durante a movimentação dentária ortodôntica, osteoclastos e osteoblastos aparecem no espaço periodontal e induzem a remodelação óssea alveolar, por meio da recepção de estímulos mecânicos. Quando a força é aplicada aos dentes durante o tratamento ortodôntico, a reabsorção óssea ocorre no lado de compressão do osso alveolar em que os dentes se movem, e a formação óssea ocorre no lado oposto (lado de tração). O movimento osteodentário induzido representa um fenômeno biológico direcionado para fins terapêuticos e estéticos, mas tem seus limites relacionados à velocidade em que isto ocorreria ao longo do tempo. A compreensão da biologia

do movimento dentário permite melhorar a eficácia e eficiência dos tratamentos ortodônticos (COLLAZO, 2018).

No ligamento periodontal, o movimento dentário-ósseo induzido promove compressão ou alongamento de fibras de colágeno e outras estruturas ligamentares. A forma constante das células, mantida por seu citoesqueleto proteico, é inevitavelmente deformada, e isso induz estresse celular, com grande liberação de mediadores. Nesse estado de estresse, a quantidade de mediadores de comunicação celular aumenta acentuadamente, incluindo os mediadores que induzem a reabsorção óssea e a nova formação, aumentando a taxa de remodelação óssea nos tecidos periodontais. Esses mediadores incluem prostaglandinas, citocinas e fatores de crescimento, que agem apenas localmente (CONSOLARO, SILVA, CARDOSO, 2022).

A reabsorção óssea frontal na cortical alveolar desencadeia reorganização osteoblástica, síntese de nova matriz e remodelação do ligamento periodontal, com reposição celular e reparo cementoblástico. No lado de tração, as forças ortodônticas promovem distensão ligamentar, alterações vasculares e celulares discretas, reorganização das fibras periodontais e possível recidiva associada às fibras gengivais, enquanto variações nos níveis de mediadores químicos podem estimular aposição óssea ou, quando excessivas, induzir reabsorção semelhante à observada nas áreas de pressão (CONSOLARO, 2005).

Yamaguchi e Fukasawa (2021) discutiram o papel da inflamação no tratamento ortodôntico, destacando que esse processo biológico atua simultaneamente como mecanismo essencial para a remodelação óssea e movimentação dentária, mas também como fator associado à reabsorção radicular inflamatória induzida pela Ortodontia, evidenciando a necessidade de equilíbrio na resposta inflamatória para otimizar a eficácia terapêutica e minimizar efeitos adversos.

Considerando esse cenário de transformação digital e a necessidade de estratégias pedagógicas que favorecem a visualização dinâmica de fenômenos complexos, a Realidade Virtual e a Realidade Aumentada despontam como ferramentas promissoras no ensino da Ortodontia. Tais tecnologias permitem representar, em ambientes interativos e tridimensionais, processos biológicos tradicionalmente explicados de forma estática, ampliando a compreensão dos mecanismos envolvidos na remodelação óssea durante o movimento dentário. Dessa forma, torna-se pertinente o desenvolvimento de recursos educacionais imersivos que contribuam para a aprendizagem significativa dos estudantes, justificando a elaboração do presente estudo.

2 Objetivo

Baseado no que foi exposto, o presente trabalho objetiva a criação de material didático sobre reabsorção e aposição óssea na movimentação ortodôntica, com o uso de realidade aumentada, em que o aluno poderá visualizar os mecanismos de ação por meio de QR-Code.

3 Metodologia

Primeiramente criou-se um e-book utilizando-se artigos recentes do Pubmed e livros de autores consagrados sobre histologia no movimento ortodôntico.

Este e-book deu origem a um vídeo explicativo e depois a Realidade Aumentada, utilizando o Software Autodesk 3ds Max.

A realidade aumentada (RA) consiste em uma tecnologia que integra um conteúdo virtual dentro de um cenário real a partir de câmeras. Com isso, ela permite sobrepor elementos – oferecendo um mundo real com outros olhos.

A tecnologia é capaz de criar uma camada digital sobre qualquer cena, ampliando o que se vê em um smatphone, tablet ou qualquer outro aparelho com câmera.

A RA, adiciona elementos digitais ao mundo real, permitindo interação limitada. É uma sobreposição de informações digitais em exibições do ambiente físico. A RA é baseada em marcadores que utilizam imagens alvo, conhecidas como marcadores, para posicionar objetos no ambiente. O reconhecimento de imagem identificará esses marcadores programados no aplicativo ou dispositivo RA, permitindo que o dispositivo determine a posição e orientação da câmera e insira imagens RA no local correto.

Os códigos bidimensionais são os responsáveis pela possibilidade de projetar objetos virtuais em uma filmagem do mundo real, melhorando as informações exibidas, expandindo as fronteiras da interatividade e até possibilitando que novas tecnologias sejam utilizadas e que as atuais se tornem mais precisas. A Realidade Aumentada é desenvolvida combinando-se um código de duas dimensões com auxílio de um programa de computador. Três componentes básicos são desenvolvidos para a Realidade Aumentada:

1. Objeto real com algum tipo de marca de referência, que possibilite a interpretação e criação do objeto virtual;
2. Câmera ou dispositivo capaz de transmitir a imagem do objeto real;
3. Software capaz de interpretar o sinal transmitido pela câmera ou dispositivo.

O processo de formação do objeto virtual é realizado da seguinte forma:

1. O objeto real é colocado em frente à câmera, para que ela capte a imagem e transmita ao equipamento responsável pela interpretação.

2. A câmera visualiza o objeto e manda imagens, em tempo real, para o software que gera o objeto virtual.

3. O software está programado para retornar determinado objeto virtual, dependendo do objeto real que for mostrado à câmera.

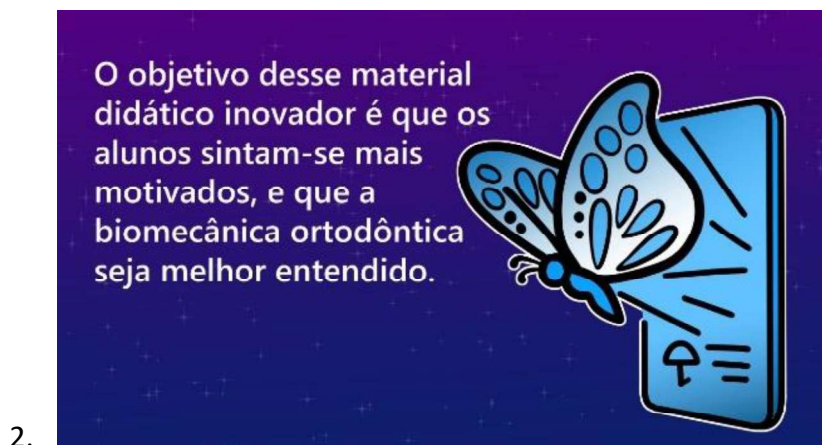
4. O dispositivo de saída (que pode ser uma televisão ou monitor de computador) exhibe o objeto virtual em sobreposição ao real, como se ambos fossem uma coisa só.

São utilizadas impressões programadas no software de interpretação e, então transformadas em objetos tridimensionais, como telefones e formas geométricas.

No presente projeto, especificamente, foram utilizados desenhos mostrando o passo a passo da reabsorção/aposição óssea na movimentação ortodôntica e e-book explicativo. Após, foi confeccionado o filme em 3D com a explicação do processo e com acesso por QR-CODE.

4 Resultados

Como produto educacional gerado por esta pesquisa, foi desenvolvido um e-book ilustrado que apresenta, por meio de representações histológicas e esquemas, a sequência dos eventos envolvidos na movimentação ortodôntica. O material reúne imagens didáticas e textos explicativos que facilitam a compreensão e a visualização integrada de todo o processo biológico. Em complemento ao e-book, segue o QR-Code do vídeo que demonstra o processo de remodelação óssea, com a Realidade Aumentada.



A Ortodontia é definida pela movimentação dentária por meio de forças mecânicas aplicadas ao aparelho ortodôntico.

(GOMES; STRELOW; DE ALMEIDA, 2021).



Adaptado de Barbosa, 2013

3.

O osso possui um tecido dinâmico que é remodelado por meio do metabolismo celular. (ONO, 2023).



4.

Adaptado de <https://share.google/images/AccqPiO6tMLki4Ahp>

- Condições fisiológicas reabsorção e formação óssea equilibradas.
- Equilíbrio entre os dois processos desbalanceado alterações na massa e qualidade óssea

(ONO, 2023)



5.

Imagem adaptada de: <https://youtu.be/Oszx9pRUHU>

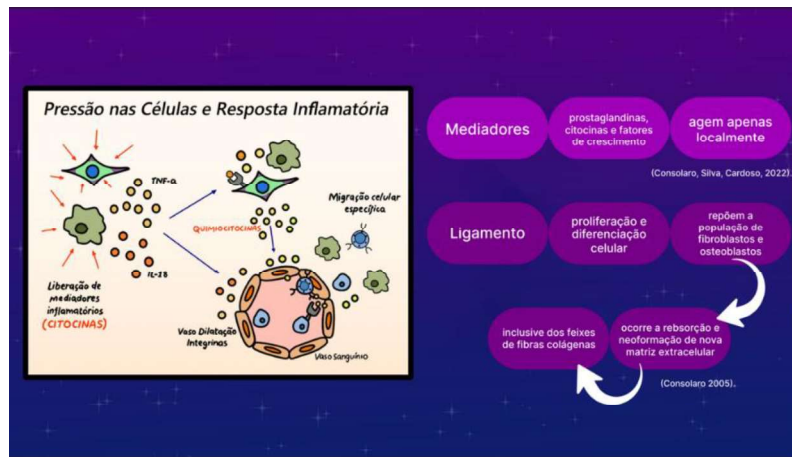


6.



7.

Imagem adaptada de: Consolaro (2005).



8.

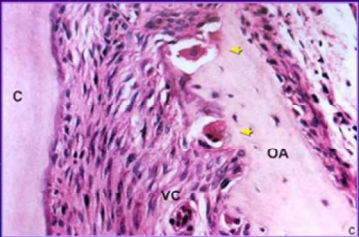
Imagem adaptada de <https://youtu.be/Oszx9pRUHU>

1. Fase imediata ou inicial:

Presença do exsudato inflamatório (pH ácido) favorece chegada e permanência dos clastos

Juntamente com os osteoblastos e macrófagos, os osteoclastos constituem as unidades de reabsorção ou osteorremodeladoras (ou BMU).

(Consolaro, 2005).



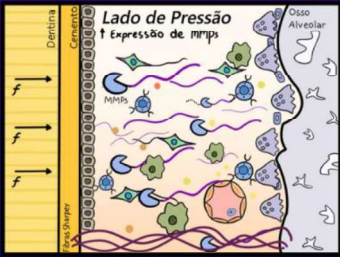
9.

2. Fase ativa ou intermediária:

- Inicia-se a reabsorção após 12h
- BMUs estão presentes após 40h
- Após 3-4 dias há numerosas BMUs sobre a superfície periodontal da cortical óssea nas áreas submetidas à pressão.

Constitui a forma do organismo adaptar-se, aliviando a força sobre o ligamento periodontal, devolvendo-lhe normalidade e a tensigridade.

(Consolaro, 2005).



10.

Imagem adaptada de <https://youtu.be/Oszx9pRUHU>

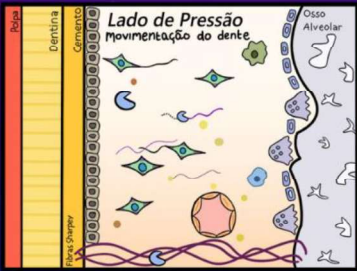
3. Fase reparatória ou final:

Ocorre logo após a reabsorção óssea frontal dar lugar ao deslocamento do dente no alvéolo.

Significa que houve dissipação da força aplicada.

O estresse celular e a inflamação não tem mais estímulos e os mediadores celulares reduzem, gradativamente, seus níveis locais.

(Consolaro, 2005).




11.

Imagem adaptada de <https://youtu.be/Oszx9pRUHU>

LADO DE PRESSÃO

Sobre a superfície irregular da cortical óssea alveolar, em decorrência da reabsorção óssea frontal, os osteoblastos se reorganizam e iniciam a síntese de matriz óssea que vai gradativamente regularizando-a e ao mesmo tempo reinserindo novas fibras periodontais. No ligamento, a proliferação e diferenciação celular repõem a população de fibroblastos e osteoblastos bem como ocorre a reabsorção e neoformação de nova matriz extracelular, inclusive dos feixes de fibras colágenas.

(Consolaro, 2005).



Adaptado de <https://youtu.be/OszzH9pRUHU>

12.

LADO DE TRAÇÃO



A ação das forças promove:

- distensão do ligamento periodontal.
- Fibras colágenas são, mais ou menos, estiradas.
- Vasos sanguíneos parcial e discretamente colabados,
- As células acham-se discretamente deformadas e em hipóxia.
- Havendo também a geração de proteínas livres (em menor quantidade comparando-se a área de pressão).

13.

Imagem adaptada de Consolaro (2005).

LADO DE TRAÇÃO

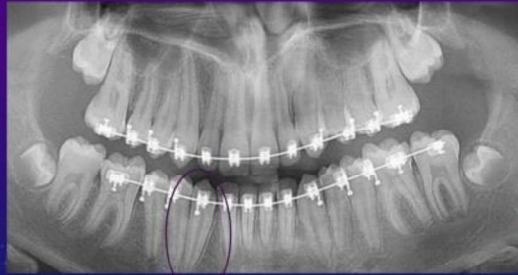
Os pequenos aumentos na quantidade dos mediadores químicos, com destaque para os produtos do ácido aracádônico e, em especial, para as prostaglandinas, são estímulos para a aposição óssea, invertendo-se o efeito quando em níveis mais elevados. Se as forças forem excessivas, podem ser visualizadas áreas de reabsorção óssea, mesmo sendo o lado de tensão, pois aumenta excessivamente o nível local dos mediadores químicos e os fenômenos comuns às áreas de pressão se estabelecem nessas condições.

(Consolaro, 2005)



Adaptado de <https://youtu.be/OszzH9pRUHU>

14.



Radiografia evidencia movimento de distalização de canino inferior direito.

15.

As forças mecânicas aplicadas sobre o dente não são usadas para produzir movimento mecânico e sim para obter um estímulo biológico, capaz de promover reações teciduais desejáveis modificando a posição dentária de forma estável e duradoura (mecanotransdução) (Consolaro, 2005).

16.

As fibras periodontais, da raiz para a superfície dentária, são rearranjadas em 28 dias, sendo que as fibras gengivais permanecem deslocadas e estiradas mesmo após um período de 232 dias, sendo responsáveis pelas recidivas nos movimentos de giroversão.

17.

Conclusão

- Este e-book constitui recurso complementar ao ensino tradicional, oferecendo maior clareza e interação ao estudante.
- A incorporação de tecnologias imersivas representa um avanço para a modernização do ensino em Ortodontia.

18.

A aplicação da tecnologia de realidade aumentada no ensino da Ortodontia evidenciou potencial para ampliar a compreensão dos processos biológicos envolvidos na movimentação dentária, favorecer a aprendizagem ativa e significativa, aumentar o engajamento dos estudantes e aprimorar a tomada de decisão clínica. Além disso, o uso da RA mostrou-se promissor para reduzir falhas associadas à compreensão insuficiente dos princípios biomecânicos, configurando-se como uma ferramenta de apoio didático eficaz no contexto da inovação tecnológica.

O uso desse material poderá ser incorporado em cursos de graduação e pós-graduação, promovendo maior qualidade no atendimento e contribuindo para a diminuição das más oclusões e de suas consequências na população.

5 Discussão

A utilização da Realidade Aumentada (RA) no ensino superior tem sido considerada uma estratégia pedagógica inovadora, capaz de promover maior envolvimento dos estudantes e facilitar a compreensão de conteúdos complexos. Tem sido mostrado que recursos imersivos e interativos proporcionam experiências mais dinâmicas, favorecendo a aprendizagem, de acordo com as teorias construtivistas que enfatizam o papel ativo do aluno na construção do conhecimento. Nesse contexto, a RA possibilita a integração entre elementos virtuais e o ambiente real, permitindo que os alunos visualizem, manipulem e explorem conceitos de maneira prática e contextualizada (LI *et al.*, 2025; UPADHYAY *et al.*, 2024).

Vários trabalhos em diferentes áreas do conhecimento indicam que a utilização da RA contribui para a melhoria da retenção de informações, para o desenvolvimento de habilidades intelectuais e para o estímulo ao pensamento crítico e criativo. Estudos recentes demonstram benefícios expressivos: Liu (2025) identificou avanços significativos em engajamento, retenção e desenvolvimento de habilidades em grupos que utilizaram RA e VR em comparação a métodos tradicionais. Em análise mais ampla, Li *et al.* (2025) evidenciaram, em meta-análise com 60 estudos experimentais, um impacto elevado da RA sobre os resultados de aprendizagem, sobretudo em áreas práticas como saúde e engenharia. Nesse sentido, investigações como a de Marks e Thomas (2022), que acompanharam cinco semestres de aplicação da realidade virtual no ensino superior, confirmam que a adoção dessas tecnologias imersivas demanda planejamento pedagógico, adaptação curricular e suporte técnico adequado para alcançar resultados consistentes.

Além disso, estudos conduzidos em diferentes contextos acadêmicos indicam que o uso da Realidade Aumentada (RA) potencializa significativamente a motivação intrínseca dos estudantes, ao favorecer experiências de aprendizagem mais imersivas, interativas e alinhadas às demandas da prática profissional. Essas tecnologias possibilitam a visualização tridimensional de estruturas complexas e a simulação de situações reais, promovendo maior engajamento cognitivo e compreensão conceitual aprofundada (ZEICU *et al.*, 2025; LI *et al.*, 2025; UPADHYAY *et al.*, 2024). No Brasil, estudos realizados no ensino de Física (PEREIRA; ALMEIDA; OLIVEIRA, 2020) e em cursos de Engenharia (SANTOS; LIMA; BARBOSA, 2021) destacaram a boa aceitação da tecnologia, associada a maior engajamento e satisfação dos discentes. Do ponto de vista pedagógico, o uso de tecnologias digitais como ferramentas

cognitivas amplia as possibilidades de ensino-aprendizagem, oferecendo suporte à autonomia do estudante e favorecendo práticas inovadoras (SILVA, 2019).

Na área da saúde, o impacto da integração de tecnologias digitais é notório. Estudos têm evidenciado que a incorporação da realidade aumentada, da reconstrução tridimensional e da impressão 3D em Odontologia ampliam não apenas a qualidade do aprendizado, mas também a aplicabilidade clínica (CEN *et al.*, 2023; TIAN *et al.*, 2021). Associado a isso, observa-se que ferramentas digitais em Odontologia podem melhorar a qualidade de vida relacionados à saúde bucal (SCHIERZ *et al.*, 2024) e favorecer processos diagnósticos e terapêuticos em diferentes especialidades (LÓPEZ JORDI *et al.*, 2016).

Na Ortodontia, a discussão sobre tecnologias digitais deve ser ampliada, pois o ensino mediado por ferramentas como RA, holografia e reconstrução 3D pode favorecer a compreensão de processos biológicos complexos, como os relacionados à remodelação óssea e ao movimento dentário induzido por forças mecânicas (ONO, 2023; CONSOLARO; SILVA; CARDOSO, 2022; COLLAZO, 2018). Obras clássicas, como a de Consolaro (2005), já destacavam a importância de compreender fenômenos como as reabsorções dentárias, que podem ser didaticamente potencializados pelo uso de recursos digitais interativos. Assim, a Ortodontia preventiva e interceptativa, ao ser explorada em ambientes digitais, amplia o potencial formativo ao integrar ciência básica, clínica e tecnologia (GOMES; STRELOW; ALMEIDA, 2020).

Marya *et al.* (2025), em revisão de escopo, analisaram o papel das tecnologias de realidade estendida no planejamento e na simulação do tratamento ortodôntico, evidenciando que essas ferramentas favorecem a visualização tridimensional, a previsão de movimentos dentários e a comunicação clínica, além de apresentarem potencial para aprimorar a precisão diagnóstica e a tomada de decisão terapêutica, embora ainda demandem maior padronização metodológica e validação clínica para ampla incorporação na prática ortodôntica.

A utilização das tecnologias digitais no ensino superior também tem potencial para estimular o desenvolvimento de competências socioemocionais e habilidades transversais, conhecidas como *soft skills*, fundamentais para a formação acadêmica e profissional (RAGUSA *et al.*, 2022; VIDAL; MERCADO, 2020). Nesse contexto, a aplicação de tecnologias imersivas, como holografia e realidade aumentada, favorece práticas pedagógicas mais dinâmicas e

colaborativas (FRANÇA; GONÇALVES; LAMEIRÃO, 2023; KHADER; SILVEIRA; LUND, 2021).

Apesar dos avanços, existem desafios importantes, como a necessidade de infraestrutura adequada, custos de implementação e capacitação docente para uso efetivo das ferramentas (UPADHYAY *et al.*, 2024). Outro ponto a ser observado é que a simples inserção da tecnologia não garante, por si só, melhores resultados de aprendizagem. O bom resultado depende diretamente de um planejamento pedagógico que alinhe os objetivos educacionais às potencialidades da RA e demais tecnologias digitais, promovendo integração coerente e não meramente ilustrativa (MARKS; THOMAS, 2022).

Assim, os achados desta pesquisa concordam com evidências nacionais e internacionais que apontam a RA e outras tecnologias digitais como recursos didáticos de alto potencial no ensino superior. Contudo, reforça-se a necessidade de estudos adicionais que avaliem não apenas os efeitos imediatos sobre a aprendizagem, mas também as repercussões a longo prazo na formação dos estudantes, envolvendo aspectos como autonomia, pensamento crítico, capacidade de resolução de problemas e inserção no mercado de trabalho (LIU, 2025; LI *et al.*, 2025; RAGUSA *et al.*, 2022; VIDAL; MERCADO, 2020).

6 Conclusão

- O estudo atingiu seu objetivo ao desenvolver um material didático em realidade aumentada voltado ao ensino da remodelação óssea no movimento ortodôntico.

- A RA mostrou-se uma estratégia promissora para aprimorar a visualização e a compreensão de processos biológicos complexos.

- O e-book e o modelo 3D constituem recursos complementares ao ensino tradicional, oferecendo maior clareza e interação ao estudante.

- Recomenda-se a realização de avaliações futuras para verificar a efetividade pedagógica do material e orientar ajustes.

- A incorporação de tecnologias imersivas representa um avanço para a modernização do ensino em Ortodontia.

Referências

1. CEN, Y.; HUANG, X.; LIU, J.; QIN, Y.; WU, X.; YE, S.; DU, S.; LIAO, W. Application of three-dimensional reconstruction technology in dentistry: a narrative review. **BMC Oral Health**, London, v. 23, n. 1, p. 630, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12903-023-03142-4>.
2. COLLAZO, Araceli González. **Biologia do movimento dentário em Ortodontia**. 2018. 30 f. Tese (Doutorado em Odontologia) – Universidade Fernando Pessoa, Porto, 2018.
3. CONSOLARO, Alberto. **Reabsorções Dentárias nas especialidades clínicas**. 2.ed. Maringá: Dental Press, 2005. 616p.
4. CONSOLARO, A.; SILVA, E.; CARDOSO, M. A. What changes in the biology of bone movement induced with mini-implants/miniplates is the synchronicity. **Dental Press Journal of Orthodontics**, Maringá, v. 27, n. 3, p. e22ins3.ins3, 2022.
5. FRANÇA, M. C. B.; GONÇALVES, T. O.; LAMEIRÃO, S. V. O. C. A holografia como uma possibilidade para o ensino: uma revisão bibliográfica. **Amazônia: Revista de Educação em Ciências e Matemáticas**, Belém, v. 19, n. 43, p. 82, 2023. DOI: <https://doi.org/10.18542/amazrecm.v19i43.14905>.
6. GOMES, G. V.; STRELOW, T. A. T.; ALMEIDA, S. A. Ortodontia preventiva e interceptativa e suas contribuições para um bom desenvolvimento da oclusão do paciente em fase de dentição decídua e/ou mista: um estudo teórico. **Facit Business and Technology Journal**, Itabira, v. 14, n. 2, p. 77, 2020.
7. KHADER, G. A. C.; SILVEIRA, M. C.; LUND, R. G. OdontoTech: fomento ao ensino e à inovação tecnológica – relato de experiência de um projeto de ensino. **Research, Society And Development**, [S.l.], v. 10, n. 15, p. e413101522748, 2021. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i15.22748>.
8. LI, G.; LUO, H.; CHEN, D.; WANG, P.; YIN, X.; ZHANG, J. Augmented Reality in Higher Education: A Systematic Review and Meta-Analysis of the Literature from 2000 to 2023. **Education Sciences**, Basel, v. 15, n. 6, p. 678, 2025. DOI: <https://doi.org/10.3390/educsci15060678>.
9. LIU, Liping. Enhancing educational training and learning outcomes through a hybrid experience created by integrating augmented reality and virtual reality technologies. **Journal Of Computational Methods In Sciences And Engineering**, [S.L.], v. 25, n. 3, p. 2310-2321, 6 jan. 2025. SAGE Publications. <http://dx.doi.org/10.1177/14727978241312994>.
10. LÓPEZ JORDI, M. D.; FIGUEIREDO, M. C.; BARONE, D.; PEREIRA, C. Study and analysis of information technology in dentistry in Latin American countries. **Acta Odontológica Latinoamericana**, Buenos Aires, v. 29, n. 1, p. 14-22, 2016.

11. MARKS, B.; THOMAS, J. Adoption of virtual reality technology in higher education: An evaluation of five teaching semesters in a purpose-designed laboratory. **Education and Information Technologies**, Dordrecht, v. 27, n. 1, p. 1287-1305, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10639-021-10653-6>.
12. MARYA, A.; SELVARAJ, S.; OKAZAKI, K.; WANG, D. H.; KANETAKA, H.; PORNTAVEETUS, T. The role of extended reality in orthodontic treatment planning and simulation: a scoping review. **International Dental Journal**, [S.l.], v. 75, n. 6, p. 103855, 2025. DOI: <https://10.1016/j.identj.2025.103855>.
13. ONO, Taketo. Estimulação mecânica e remodelação óssea no tratamento ortodôntico. **Revista Farmacológica Japonesa**, Tóquio, v. 158, n. 3, p. 258-262, 2023.
14. PEREIRA, A. A.; ALMEIDA, F. R.; OLIVEIRA, R. M. Atividade educacional utilizando Realidade Aumentada para o Ensino de Física no Ensino Superior. **Revista Thema**, Pelotas, v. 18, n. 2, p. 413-427, 2020. Disponível em: <https://portal.amelica.org/ameli/journal/24/241319011/html/>. Acesso em: 16 ago. 2025.
15. RAGUSA, A.; CAGGIANO, V.; TRIGUEROS RAMOS, R.; GONZÁLEZ-BERNAL, J. J.; GENTIL-GUTIÉRREZ, A.; BASTOS, S. A. M. C.; GONZÁLEZ-SANTOS, J.; SANTAMARÍA-PELÁEZ, M. High Education and University Teaching and Learning Processes: Soft Skills. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, Basel, v. 19, n. 17, p. 10699, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph191710699>.
16. SANTOS, C. A.; LIMA, J. F.; BARBOSA, E. A. A realidade aumentada na perspectiva de estudantes: uma pesquisa exploratória nos cursos de engenharia da UNIT/AL. **Interfaces Científicas – Educação**, Aracaju, v. 9, n. 2, p. 86-99, 2021. Disponível em: <https://periodicos.set.edu.br/educacao/article/view/7187>. Acesso em: 16 ago. 2025.
17. SCHIERZ, O.; HIRSCH, C.; KREY, K. F.; GANSS, C.; KÄMMERER, P. W.; SCHLENZ, M. A. Digital dentistry and its impact on oral health-related quality of life. **Journal of Evidence Based Dental Practice**, Amsterdam, v. 24, n. 1S, p. 101946, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jebdp.2023.101946>.
18. SILVA, P. F. O uso das Tecnologias Digitais como Ferramentas Cognitivas. **Renote**, Porto Alegre, v. 17, n. 2, p. 76-86, 2019. DOI: <https://doi.org/10.22456/1679-1916.96588>.
19. SIPIYARUK, K.; KAEWSIRIRAT, P.; SANTIWONG, P. Technology-enhanced simulation-based learning in orthodontic education: a scoping review. **Dental Press Journal of Orthodontics**, [S.l.], v. 28, n. 3, e2321354, 2023. DOI: <https://10.1590/2177-6709.28.3.e2321354.oar>.

20. TIAN, Y.; CHEN, C.; XU, X.; WANG, J.; HOU, X.; LI, K.; LU, X.; SHI, H.; LEE, E. S.; JIANG, H. B. A Review of 3D Printing in Dentistry: Technologies, Affecting Factors, and Applications. **Scanning**, New York, v. 2021, n. 8, p. 1-19, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1155/2021/9950131>.
21. UPADHYAY, B.; BRADY, C.; CHALIL MADATHIL, K.; BERTRAND, J.; McNEESE, N. J.; GRAMOPADHYE, A. Collaborative augmented reality in higher education: A systematic review of effectiveness, outcomes, and challenges. **Applied Ergonomics**, Oxford, v. 121, p. 104360, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2024.104360>.
22. VIDAL, O. F.; MERCADO, L. P. L. Integração das Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação em Práticas Pedagógicas Inovadoras no Ensino Superior. **Revista Diálogo Educacional**, Curitiba, v. 20, n. 65, p. 723-749, 2020. DOI: <https://doi.org/10.7213/1981-416x.20.065.ds10>.
23. YAMAGUCHI, M.; FUKASAWA, S. Is inflammation a friend or foe for orthodontic treatment?: inflammation in orthodontically induced inflammatory root resorption and accelerating tooth movement. **International Journal of Molecular Sciences**, [S.l.], v. 22, n. 5, p. 2388, 2021. DOI: <https://10.3390/ijms22052388>.
24. ZEICU, F. G.; PANAIT, C. I.; VOINESCU, C. M.; SANDU, I. T. Enhancing the Learning Experience Through Augmented Reality: Practical Applications and Success Stories. **Knowledge-Based Organization**, Sibiu, v. 31, n. 3, p. 196-207, 2025. DOI: <https://doi.org/10.2478/kbo-2025-0097>.