



ESCOLA DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA

JÔNATAS ALVES SILVEIRA

METaverso na Odontologia: Imersão e Interatividade em Sala de Aula no Período da Pós-Realidade

PORTO ALEGRE

2023

ESCOLA DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA

JÔNATAS ALVES SILVEIRA

METaverso na Odontologia: Imersão e Interatividade em Sala de Aula no Período da Pós-Realidade

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado ao Centro Universitário Ritter dos Reis como parte das exigências para obtenção do título de bacharel em Odontologia.

Orientador: Prof. Nilton de Moura Alves

PORTO ALEGRE

2023

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer e dedicar este trabalho, primeiramente, ao meu pai Jesus Amilton, que nunca mediu esforços para me apoiar e incentivar desde muito antes de eu mesmo decidir o que gostaria de cursar. Sem a tua presença constante na minha vida e na minha jornada acadêmica, nada disso seria possível. Este é mais um degrau na nossa escada.

Agradeço também ao meu amigo, colega e dupla João Felipe pela parceria e encorajamento durante os cinco anos de graduação. Obrigado por acreditar em mim e me incentivar mesmo quando eu duvidava da minha capacidade. Sou muito grato pela amizade que construímos. Amigo, quem mais cresce com tudo isso, sou eu.

Preciso agradecer também ao amigo e colega Guilherme Vasques pela dedicação, ajuda e principalmente pela paciência durante a construção deste trabalho. Teu apoio foi essencial em cada etapa.

Gostaria de expressar minha gratidão ao meu professor e orientador, Nilton Alves, cuja presença foi uma fonte de inspiração desde o primeiro dia de aula. Tua dedicação, sabedoria, orientação e compromisso com a excelência foram fundamentais para a construção, não só deste trabalho, mas de toda a minha trajetória na Odontologia. Agradeço por cada segundo da tua presença durante os últimos anos (apesar da pediatria).

Por fim, gostaria de agradecer aos demais amigos, colegas e professores que fizeram parte da minha vida durante os anos da graduação. Agradeço por toda palavra de incentivo e encorajamento que recebi. Com certeza cada gesto de apoio e pensamento positivo fez a diferença na minha jornada.

Este trabalho é dedicado a cada um de vocês que, de alguma maneira ou de outra, fizeram parte da minha história. Serei eternamente grato.

SUMÁRIO

RESUMO	5
ABSTRACT	6
1 INTRODUÇÃO	7
2 OBJETIVO	8
3 METODOLOGIA	9
4 REVISÃO DE LITERATURA	10
4.1 Conceitos iniciais.....	10
4.1.1 Realidade Estendida.....	10
4.1.2 Realidade Virtual.....	11
4.1.3 Realidade Aumentada.....	12
4.2 O Metaverso.....	13
4.2.1 Metaverso na educação.....	14
4.2.2 Metaverso na Odontologia.....	15
4.3 Exemplos práticos.....	16
4.3.1 Pulp Cavity.....	16
4.3.2 VOXEL-MAN Dental.....	18
4.3.3 Projeto Vida Odonto.....	20
4.3.4 Metaverso UniRitter.....	21
5 Considerações finais	25
REFERÊNCIAS	26

RESUMO

INTRODUÇÃO: o desenvolvimento de ferramentas tecnológicas como o Metaverso, que utiliza como base os conceitos de Realidade Estendida, Realidade Aumentada e Realidade Virtual, tem mostrado um grande potencial no aprimoramento da educação na área da saúde e Odontologia. Por se tratar de um ambiente virtual onde os usuários são capazes de interagir e criar experiências imersivas, os estudantes têm acesso a práticas que, antes, só eram capazes em laboratório ou clínica. **OBJETIVO:** o objetivo deste Trabalho de Conclusão de Curso é abordar e analisar os benefícios e desafios do uso do Metaverso na educação e ensino da Odontologia e, além disso, apresentar ferramentas já desenvolvidas que colaboram tanto com o ensino de novos alunos, quanto com o dia a dia de profissionais da área. **METODOLOGIA:** para abordar o tema, diversos artigos relacionados ao Metaverso foram revisados e alguns exemplos de plataformas já utilizadas foram apresentadas, sendo uma delas desenvolvida por alunos do Centro Universitário Ritter dos Reis (UniRitter). **REVISÃO DE LITERATURA:** antes de entender o que é o Metaverso e quais suas aplicações na área da Odontologia, precisa-se compreender três conceitos básicos: Realidade Estendida, Realidade Virtual e Realidade Aumentada. A aplicação dessas tecnologias possibilita o desenvolvimento de um ambiente virtual baseado em Metaverso, que se tratando de Odontologia, pode trazer inúmeros acréscimos, tanto em sala de aula, quanto no atendimento aos pacientes. Alguns exemplos de plataformas que se baseiam em tais tecnologias são o *Pulp Cavity* – um filtro que escaneia as imagens tomográficas de canais radiculares em 2D, converte para 3D e possibilita com que os usuários visualizem todas as estruturas com todos os detalhes e por todos os ângulos; o *Voxel-Man Dental* – um simulador que utiliza Realidade Virtual e possibilita aos usuários praticar alguns casos simulados; o Projeto Vida Odonto, da USP, que atualmente possibilita aos alunos de Odontologia praticar, em específico, a técnica de anestesia do nervo alveolar inferior; e o ambiente virtual baseado em Metaverso desenvolvido em conjunto entre professores e alunos dos cursos de Tecnologia da Informação e Odontologia, da UniRitter – que possibilita que o estudante analise e interaja com diversos instrumentais odontológicos, diversos dentes com diferentes graus de desenvolvimento de cárie e, ainda, realize um procedimento de remoção de cárie e restauração com resina composta. **CONSIDERAÇÕES FINAIS:** entende-se que novas tecnologias digitais transformam a Odontologia no ensino e na prática clínica, embora a maioria ainda esteja em fase experimental. As pesquisas futuras devem aprimorar tais ferramentas a fim de aperfeiçoar o ensino e o cuidado com os pacientes.

Palavras-chave: Metaverso; educação; saúde; Odontologia, futuro.

ABSTRACT

INTRODUCTION: the development of technological tools such as the Metaverse, which is based on the concepts of Extended Reality, Augmented Reality, and Virtual Reality, has shown great potential in enhancing education in the field of healthcare and Dentistry. By creating a virtual environment where users can interact and experience immersive scenarios, students now have access to practices that were previously only possible in laboratories or clinics. **OBJECTIVE:** the objective of this Final Course Project is to address and analyze the benefits and challenges of using the Metaverse in dental education and teaching, as well as to present already developed tools that contribute to both the education of new students and the daily work of professionals in the field. **METHODOLOGY:** to address the topic, several articles related to the Metaverse were reviewed, and examples of already used platforms were presented, including one developed by students from the University Center Ritter dos Reis (UniRitter). **REVIEW:** before understanding what the Metaverse is and its applications in Dentistry, it is necessary to comprehend three basic concepts: Extended Reality, Virtual Reality, and Augmented Reality. The application of these technologies enables the development of a virtual environment based on the Metaverse, which, in the context of Dentistry, can bring numerous advantages both in the classroom and in patient care. Some examples of platforms based on these technologies include Pulp Cavity, a filter that scans 2D tomographic images of root canals, converts them into 3D, and allows users to visualize all structures in detail and from various angles. Another example is Voxel-Man Dental, a simulator that utilizes Virtual Reality and enables users to practice simulated cases. The Vida Odonto Project at USP allows dentistry students to practice the technique of inferior alveolar nerve anesthesia. Additionally, the virtual environment based on the Metaverse, developed collaboratively by IT and Dentistry professors and students at UniRitter, enables students to analyze and interact with various dental instruments, different teeth with varying degrees of dental caries, and even perform a cavity removal and composite restoration procedure. **FINAL CONSIDERATIONS:** it is understood that new digital technologies are transforming dental education and clinical practice, although most of them are still in the experimental phase. Future research should aim to improve such tools to enhance teaching and patient care.

Keywords: Metaverse; education; health; Dentistry; future.

1 INTRODUÇÃO

A preparação dos profissionais do século XXI e a proteção do futuro da sociedade por meio da educação são tópicos de extrema importância em um mundo em constante mudança. O progresso em diversas áreas está acelerando e estamos constantemente aprendendo novas informações e habilidades. Para os graduandos e pós-graduandos, a vida profissional de hoje em dia é cada vez mais desafiadora e muitos estão ingressando em carreiras que exigem conhecimento e habilidades que ainda estão em desenvolvimento. Assim, é importante que as instituições educacionais se adaptem a essas mudanças e forneçam aos alunos o conhecimento e as habilidades necessárias para construir o mundo atual¹.

Como alternativa a essas novas demandas, metodologias ativas e jogos educacionais se tornam processos didáticos que visam melhorar o aprendizado, se integrando ou até mesmo substituindo as aulas de modos tradicionais². Ainda, a utilização de jogos educacionais se mostra eficaz na promoção da aprendizagem, especialmente na consolidação de conhecimento, e os estudantes tendem a ter uma visão positiva em relação ao uso dessas tecnologias³.

Na área da saúde, a utilização de jogos educacionais como uma ferramenta pedagógica é amplamente reconhecida, embora alguns educadores de saúde ainda não os utilizem. Quando apropriado, os jogos oferecem uma alternativa aos estilos de ensino convencionais e essa abordagem proporciona um maior engajamento e interação durante as aulas³, tanto por conta das novas ferramentas, quanto por conta da nova mecânica e estética oferecidas⁴.

Atualmente, a busca por conhecimentos acerca da evolução e do desenvolvimento do Metaverso se apresenta como uma nova opção, tendo como objetivo utilizá-lo como ferramenta de apoio ao ensino em escolas e universidades.

2 OBJETIVO

O objetivo deste trabalho de conclusão de curso foi realizar uma revisão da literatura afim de identificar os benefícios e desafios da implementação e do uso do Metaverso no ensino da odontologia, bem como apresentar um sistema baseado em Metaverso desenvolvido por uma parceria entre alunos dos cursos de Tecnologia da Informação e de Odontologia, do Centro Universitário Ritter dos Reis (UniRitter), entre outros modelos desenvolvidos.

3 METODOLOGIA

A metodologia desta monografia baseou-se na revisão de artigos e materiais relacionados ao Metaverso, com o objetivo de analisar como essa tecnologia pode impactar o ensino na área da saúde. Além disso, buscou-se apresentar um sistema com base no conceito de Metaverso, desenvolvido através de uma parceria entre alunos de Tecnologia da Informação e Odontologia da UniRitter, além de outros modelos já em uso no mercado.

4 REVISÃO DE LITERATURA

4.1 Conceitos iniciais

O Metaverso é uma dimensão virtual que se baseia em algumas tecnologias avançadas capazes de proporcionar interações multissensoriais com ambientes digitais, objetos virtuais e outras pessoas, criando uma experiência imersiva aos usuários. Essas tecnologias são capazes de simular sensações visuais, auditivas e até mesmo táteis, o que permite uma experiência interativa e envolvente⁵.

Para entender o funcionamento do Metaverso, alguns conceitos de tecnologias precisam ser apresentados. São eles:

- Realidade Estendida (XR);
- Realidade Virtual (RV);
- Realidade Aumentada (RA);

4.1.1 *Realidade Estendida*

É uma terminologia ampla, de difícil definição, que engloba um conjunto de tecnologias imersivas, tais como RA e RV. Essas tecnologias criam ambientes digitais onde informações são representadas e projetadas, permitindo aos usuários a interação com as mesmas, sem necessariamente a utilização de telas como monitores, smartphones e tablets⁶.



Figura 1: Usuários em locais diferentes, utilizando RA e RV para interagir entre si, com o ambiente e com os objetos virtuais.

4.1.2 Realidade Virtual

É um ambiente digital completamente criado e separado da realidade física, onde os usuários experimentam a sensação de estar imersos em um mundo diferente, com comportamentos que se assemelham ao ambiente real. Essa imersão é aprimorada com o uso de equipamentos especializados que permitem a interação com o ambiente virtual através de modalidades sensoriais como visão, som, toque, movimento e interação natural com objetos virtuais⁷. Além disso, a tecnologia de RV utiliza gráficos 3D sofisticados, avatares e ferramentas de comunicação instantânea para criar uma experiência de imersão no mundo virtual. Ademais, o ambiente permite que vários usuários acessem e participem simultaneamente, criando um avatar que representa a personalidade de cada usuário⁸.



Figura 2: Usuário inserido em um ambiente virtual através da Realidade Virtual.

4.1.3 Realidade Aumentada

A RA adota uma abordagem que difere da RV, na qual elementos virtuais são incorporados em ambientes físicos, a fim de melhorá-los. Ela cria uma fusão espacial entre o mundo real e o virtual, criando uma camada de artefatos digitais que são projetados espacialmente por meio de dispositivos como smartphones, tablets, óculos, lentes de contato, entre outras superfícies⁵. A RA utiliza recursos visuais, sonoros e/ou táteis para enriquecer a experiência do usuário em um ambiente real, acrescentando informações relevantes sobre o que está sendo visto ou sentido⁹.



Figura 3: Exemplo de Realidade Aumentada onde o usuário utiliza um tablet para visualizar os elementos virtuais inseridos no espaço físico real.

4.2 O Metaverso

O autor de ficção científica Neal Stephenson foi o primeiro a mencionar o conceito de Metaverso. Em seu livro “Snow Crash”, de 1992, ele o descreveu como um mundo digital tridimensional – uma experiência de realidade virtual compartilhada – que permitia aos usuários escapar de um mundo físico tedioso¹⁰.

Atualmente o Metaverso pode ser definido como um universo digital em constante evolução, de pós-realidade, que ultrapassa as limitações da física ao incorporar tecnologias como a realidade virtual (RV) e a realidade aumentada (RA). Através da convergência dessas tecnologias, o Metaverso possibilita a criação de ambientes imersivos e interativos, nos quais os usuários podem explorar objetos e espaços virtuais em múltiplas dimensões sensoriais. Além disso, o Metaverso é caracterizado pela sua natureza multiusuário. Isso significa que os usuários podem interagir entre si e com o ambiente virtual desenvolvido em tempo real. Essa interconexão cria uma ampla rede de plataformas interativas e imersivas, nas quais os usuários podem se conectar e colaborar em projetos em comum⁵.

4.2.1 Metaverso na educação

O metaverso tem grande potencial para mudar radicalmente a forma como se aprende, oferecendo soluções inovadoras para áreas da educação como simulações de laboratório e aprimoramento de habilidades. Além disso, possibilita novos modelos de educação à distância em ambientes 3D virtuais e personalizados, transformando a maneira como se aprende¹¹. Ademais, a tecnologia de RV permite uma imersão completa em ambientes de laboratórios virtuais, possibilitando a realização de procedimentos práticos de forma realista. Alguns benefícios que os laboratórios virtuais podem oferecer, quando comparados com laboratórios tradicionais são: redução de custos, maior acessibilidade, economia de tempo, ambientes seguros e flexibilidade no aprendizado autônomo¹².

Um sistema baseado em Metaverso é capaz de proporcionar uma experiência única que transcende as limitações de tempo e espaço. Através da educação baseada no Metaverso, é possível explorar um espaço virtual infinito e aproveitar ao máximo o uso de dados em larga escala, ao mesmo tempo em que se oferece uma experiência educacional comparável ao ensino presencial. Essa abordagem oferece a vantagem de permitir uma interação próxima entre alunos e professores, possibilitando que os alunos tenham uma experiência mais personalizada e adaptada às suas necessidades individuais⁸. Por essa razão, a adoção de tecnologias baseadas em RA e RV, como o Metaverso, com fins educacionais pode aprimorar o aprendizado tanto de fatos, quanto de processos cognitivos².

4.2.2 Metaverso na Odontologia



Figura 4: Odontologia virtual.

A utilização de sistemas tecnológicos baseados em RV e RA pode aprimorar a maneira como o treinamento clínico é conduzido nas instituições de ensino, além de melhorar a prática clínica em geral. Isso pode permitir a obtenção de resultados mais precisos e eficientes em um menor período de tempo¹³.

Estratégias que utilizam simulações ou interpretação de papéis têm como objetivo criar experiências guiadas e interativas que produzem situações reais que podem aprimorar o processo de aprendizagem, permitindo que o aluno conceitue o conhecimento de forma ativa e experimente o conceito dentro do ambiente virtual².

Em um estudo, por exemplo, realizado em 2013 por Eve et al. na Escola de Medicina Dentária da Universidade de Harvard, o desempenho de estudantes de graduação em odontologia e o de residentes em prótese dentária foi comparado em um simulador de RV, a partir do procedimento de remoção de tecidos cariados. Os resultados demonstraram que a eficiência, baseada na porcentagem de lesões de cárie removidas em relação ao tempo utilizado, melhorou significativamente ao longo do experimento, tanto para os alunos novatos de graduação, quanto para os experientes¹⁴.

4.3 Exemplos práticos

4.3.1 *Pulp Cavity*

Em um estudo, foi apresentado um método computacional para realizar endoscopia em canais radiculares usando um software moderno de tomografia computadorizada por feixe cônico (TCFC) em vários casos clínicos. O método envolveu a aquisição de imagens finas de TCFC (0,10mm) nos planos coronal, sagital e axial, bem como o uso de um filtro específico de TCFC (filtro cavidade pulpar do software e-Vol DX) para navegar e escanear as imagens de TCFC em modo 2D com o modo 3D – reconstrução volumétrica. Com o filtro Pulp Cavity na opção de reconstrução volumétrica, um algoritmo foi desenvolvido para tornar a densidade dentinária transparente e melhorar a visualização da cavidade pulpar. O algoritmo também suprime visualmente as áreas com densidade dentinária, permitindo a navegação dinâmica em toda a cavidade pulpar¹⁵.

A qualidade fotorrealística das imagens melhora a visualização dos detalhes usados para a análise de forma e profundidade dos canais. Esse método de modelagem computacional para a endoscopia do canal radicular representa uma nova era na área da endodontia, com um conceito de comunicação e operacionalização clínica baseado na visualização virtual da anatomia interna dos canais radiculares¹⁵.



Figura 5: Aspectos anatômicos da cavidade pulpar em diferentes regiões radiculares e posição do forame apical.

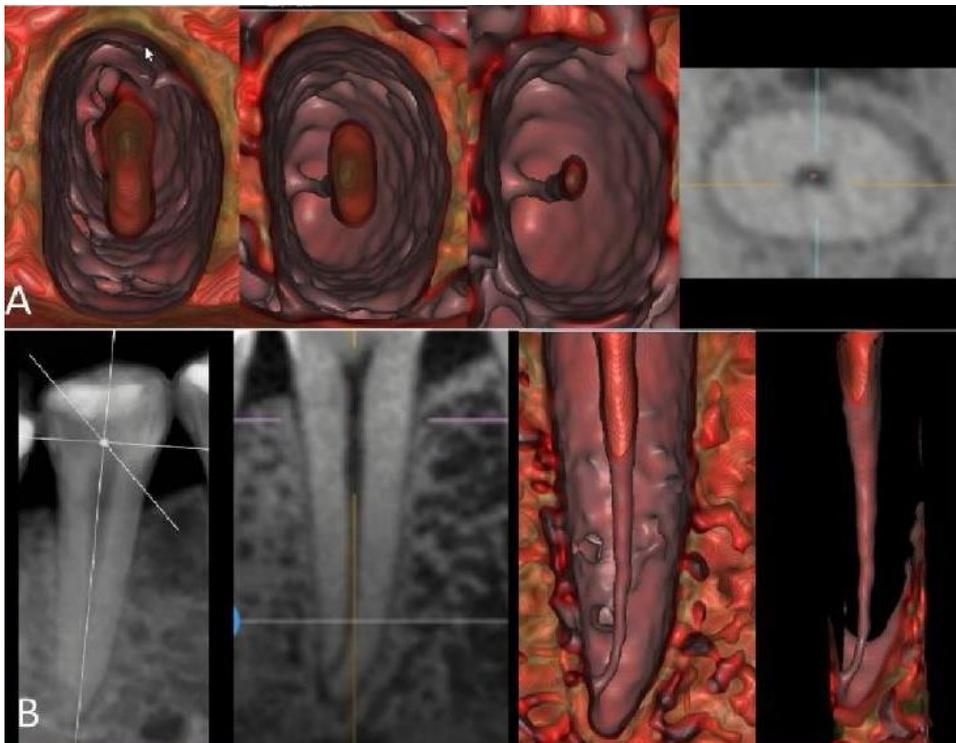


Figura 6: Visualização da cavidade pulpar em diferentes terços radiculares, e a identificação da posição lateral e distal do forame apical abaixo do ápice radiográfico.

4.3.2 VOXEL-MAN Dental

Um outro uso da tecnologia de RV foi desenvolvido pela empresa alemã VOXEL-MAN, que criou um simulador odontológico chamado VOXEL-MAN Dental. Um sistema que oferece aos estudantes de odontologia a oportunidade de praticar em casos simulados, situações que se aproximam bastante de situações reais. O treinamento nessa plataforma permite que os alunos aprimorem suas habilidades manuais, além do raciocínio para solução de problemas.

No equipamento, os dentes e instrumentos são modelados em alta resolução e apresentados em uma tela 3D. A caneta odontológica é representada por uma espécie de joystick responsivo que pode ser movimentado em três dimensões, proporcionando ao usuário a sensação de resistência ao toque. Essa sensibilidade permite diferenciar as estruturas dentais como esmalte, dentina, polpa e tecido cariado.

No simulador, possível acessar uma ampla variedade de instrumentos, incluindo odontoscópio e brocas de alta e baixa rotação e diferentes formas. As brocas são controladas por um pedal, simulando uma situação real de laboratório ou atendimento clínico. A visualização dos dentes em 3D permite a inspeção em todas as faces, bem como a ampliação conforme necessário.



Figura 7: Simulador VOXEL-MAN Dental.

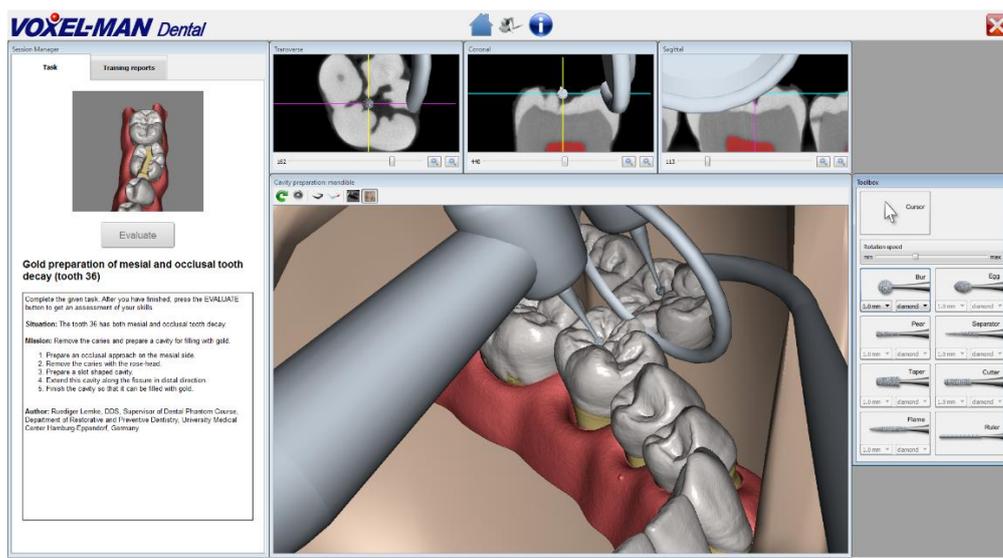


Figura 8: Interface da área de trabalho do simulador VOXEL-MAN Dental.

4.3.3 Projeto Vida Odonto

Uma parceria entre os cursos de Engenharia de Computação da USP, Artes Cênicas, Sociais e Humanas e a Faculdade de Odontologia de Bauru, permitiu o desenvolvimento de um simulador que utiliza a tecnologia de RV para criar uma simulação virtual de um consultório odontológico onde é possível visualizar com precisão as estruturas internas da boca do paciente, também virtual, incluindo a mandíbula e o maxilar.

A atividade proposta foi a de anestesia do nervo alveolar inferior, onde o aluno, ao utilizar um óculos de realidade virtual, pode visualizar uma representação digital da face do paciente e, com o uso das mãos, realiza a prática do procedimento odontológico.



Figura 9: Aluna de odontologia realizando procedimento odontológico utilizando a RV.



Figura 10: À esquerda, consultório odontológico 3D; à direita, cabeça de paciente evidenciando estruturas importantes para procedimento de anestesia.

4.3.4 Metaverso UniRitter

No mês de setembro de 2022, iniciou-se um projeto denominado Metaverso na Odontologia, fruto de uma parceria entre alunos e professores dos cursos de Tecnologia da Informação e Odontologia, da Universidade Ritter dos Reis (UniRitter). O projeto apresentou como objetivo inicial a criação de um ambiente virtual em três dimensões, altamente imersivo e interativo, que possibilitou aos alunos e professores de odontologia visualizar e interagir com diferentes elementos 3D, tais como arcadas dentárias com distintas etapas de desenvolvimento de cárie e inúmeros instrumentais odontológicos. Tudo isso com a finalidade de estabelecer uma etapa intermediária entre o laboratório e a clínica, a fim de aprimorar o ensino da cariologia.

Utilizando tecnologias como Unreal Engine (ambiente de desenvolvimento que inclui todas as ferramentas necessárias para construir a simulação), Blender (ferramenta que permite a criação de conteúdos 3D oferecendo funcionalidades completas para modelagem, renderização, animação, pós-produção, criação e visualização de conteúdos 3D interativos) e Oculus (software necessário para uso do óculos de realidade virtual – Rift)

foi desenvolvido três diferentes “trilhas de aprendizagem”, cada uma com objetivos específicos.

A primeira trilha foca no reconhecimento de instrumentais e materiais dentários, enquanto a segunda tem como propósito a observação e identificação distintos níveis de cárie. Já a terceira trilha oferece a oportunidade de simular o procedimento de remoção de tecido cariado e restauração do elemento dentário com resina composta.



Figura 11: Trilhas de aprendizagem.



Figura 12: Identificação de materiais e instrumentais odontológicos.



Figura 13: Identificação de diferentes etapas do avanço da cárie.

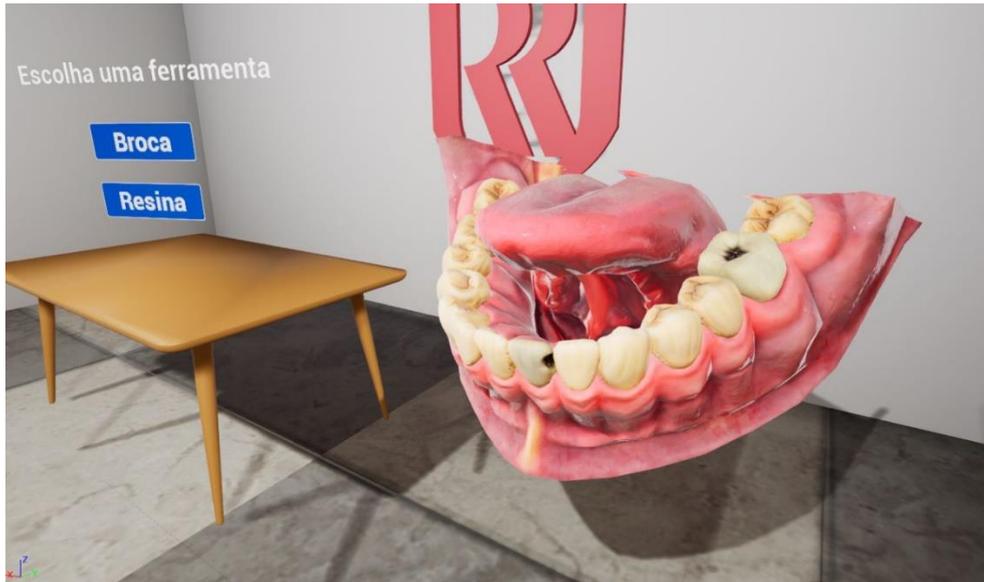


Figura 14: Arcada que possibilita a realização de procedimentos odontológicos.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As novas tecnologias digitais têm o potencial de transformar a Odontologia, tanto no ensino quanto na prática clínica. Os estudantes podem melhorar seu conhecimento e habilidades práticas, enquanto os profissionais da Odontologia podem utilizar essas tecnologias como ferramentas úteis no auxílio da função.

Mesmo com o promissor desenvolvimento de tais tecnologias, suas aplicações são ainda, em grande parte, experimentais. Sendo assim, futuras pesquisas da área devem concentrar-se no aprimoramento dos sistemas desenvolvidos, visando aumentar ainda mais o potencial que essas ferramentas como o Metaverso podem oferecer no ensino de alunos de Odontologia e no cuidado dos pacientes de modo geral.

REFERÊNCIAS

1. Beatrix Fahnert, Be prepared – Learning for the future, *FEMS Microbiology Letters*, Volume 366, Issue 16, August 2019, fnz200, <https://doi.org/10.1093/femsle/fnz200>
2. Akl EA, Pretorius RW, Sackett K, Erdley WS, Bhoopathi PS, Alfarah Z, Schünemann HJ. The effect of educational games on medical students' learning outcomes: a systematic review: BEME Guide No 14. *Med Teach*. 2010 Jan;32(1):16-27. doi: 10.3109/01421590903473969. PMID: 20095770.
3. Blakely, G., Skirton, H., Cooper, S., Allum, P. and Nelmes, P. (2010), Use of educational games in the health professions: A mixed-methods study of educators' perspectives in the UK. *Nursing & Health Sciences*, 12: 27-32.
4. K.M. Kapp, *The gamification of learning and instruction: game-based methods and strategies for training and education*, John Wiley & Sons, 2012
5. Mystakidis S. Metaverse. *Encyclopedia* [Internet]. 2022 Feb 10;2(1):486–97. available from: <http://dx.doi.org/10.3390/encyclopedia2010031>
6. Speicher, Maximilian & Hall, Brian & Nebeling, Michael. (2019). What is Mixed Reality?. 10.1145/3290605.3300767.
7. Slater Mel, Sanchez-Vives Maria V. Enhancing Our Lives with Immersive Virtual Reality, *Frontiers in Robotics and AI*, 2016, <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/frobt.2016.00074>. doi: 10.3389/frobt.2016.00074
8. Kye B, Han N, Kim E, Park Y, Jo S. Educational applications of metaverse: possibilities and limitations. *J Educ Eval Health Prof*. 2021;18.32. doi: 10.3352/jeehp.2021.18.32
9. María-Blanca Ibáñez, Carlos Delgado-Kloos - Augmented reality for STEM learning: A systematic review, *Computers & Education*, 2018, 109-123. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.05.002>.
10. Kye B, Han N, Kim E, Park Y, Jo S. Educational applications of metaverse: possibilities and limitations. *J Educ Eval Health Prof*. 2021;18.32. doi: 10.3352/jeehp.2021.18.32

11. Logishetty K, Rudran B, Cobb JP. Virtual reality training improves trainee performance in total hip arthroplasty: a randomized controlled trial. *Bone Joint J.* 2019 Dec 1;101-B(12):1585-1592. <https://doi.org/10.1302/0301-620X.101B12.BJJ-2019-0643.R1>
12. Chan, Philippe, Tom Van Gerven, Jean-Luc Dubois and Kristel Bernaerts. "Virtual chemical laboratories: a systematic literature review of research, technologies and instructional design." *Computers and Education Open* (2021)
13. Monterubbianesi R, Tosco V, Vitiello F, Orilisi G, Fraccastoro F, Putignano A, et al. Augmented, Virtual and Mixed Reality in Dentistry: A Narrative Review on the Existing Platforms and Future Challenges. *Applied Sciences* [Internet]. 2022 Jan 15;12(2):877. Available from: <http://dx.doi.org/10.3390/app12020877>
14. Eve, E. J., Koo, S., Alshihri, A. A., Cormier, J., Kozhenikov, M., Donoff, R. B., & Karimbux, N. Y. (2014). Performance of dental students versus prosthodontics residents on a 3D immersive haptic simulator. *Journal of dental education*, 78(4), 630–637.
15. Bueno, M. R., & Estrela, C. (2022). A computational modeling method for root canal endoscopy using a specific CBCT filter: A new era in the metaverse of endodontics begins. *Brazilian dental journal*, 33(4), 21–30. <https://doi.org/10.1590/0103-6440202205078>