

VISUALIZADOR WEB DE EXAMES DICOM COMO RECURSO DIDÁTICO PARA O ENSINO EM ODONTOLOGIA

NUNES, Pedro Afonso Machado¹; GONÇALVES, João Victor Nobre²; SANTOS, Mateus Bertolini Fernandes dos³; VIEIRA, Henrique Timm⁴

¹Universidade Federal de Pelotas - pedroaf1233@gmail.com

²Universidade Federal de Pelotas - jvnobreg@hotmail.com

³Universidade Federal de Pelotas - mateusbertolini@yahoo.com.br

⁴Universidade Federal de Pelotas - henriquetimmvieira@gmail.com

1. DESCRIÇÃO DA INOVAÇÃO

Foi desenvolvido um visualizador web de exames no padrão DICOM voltado ao ensino em Odontologia, acessível diretamente pelo navegador e distribuído por link. Para o usuário final, não há necessidade de instalar software nem realizar download ou upload manual dos arquivos. A aplicação pode ser utilizada em notebooks, tablets e smartphones e permite navegação por reconstrução multiplanar (MPR), ajuste dos cortes ao longo do eixo do dente, visualização de segmentações sobrepostas e acesso a marcadores interativos previamente definidos pelo docente, que reposicionam a navegação nos pontos de interesse do caso.

Seu diferencial é o fluxo pedagógico, e não a simples visualização DICOM na web. Softwares clínicos como o e-Vol DX (BUENO et al., 2018; BUENO; ESTRELA, 2022) e o OsiriX (SHETTY et al., 2021) oferecem recursos avançados de análise, enquanto plataformas abertas como o OHIF demonstram a viabilidade de aplicações radiológicas diretamente no navegador (ZIEGLER et al., 2020). A solução proposta organiza essas possibilidades para a sala de aula: um mesmo caso, previamente preparado pelo professor, pode ser acessado simultaneamente por toda a turma, em diferentes dispositivos, com pontos de interesse e segmentações que orientam a exploração. O objetivo é favorecer a manipulação ativa do volume tomográfico em contexto didático, e não substituir softwares destinados ao diagnóstico clínico.

2. ANÁLISE DE MERCADO

O público-alvo primário é formado por estudantes de graduação e pós-graduação em Odontologia e por docentes de disciplinas nas quais a interpretação de imagens tridimensionais integra o processo de aprendizagem, como Radiologia, Endodontia, Cirurgia e Implantodontia. Embora a tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC) esteja incorporada à prática odontológica, em muitas situações o ensino em sala ainda se apoia em imagens estáticas ou na manipulação do exame apenas pelo professor. A necessidade atendida é permitir que cada estudante explore o exame completo no próprio dispositivo, durante e após a aula, sem depender da instalação prévia de um software específico. Grupos de pesquisa, ligas acadêmicas e atividades de discussão de casos constituem um público secundário de adoção imediata.

O ambiente competitivo pode ser dividido em dois grupos. O primeiro reúne visualizadores clínicos de instalação local, como e-Vol DX e OsiriX, com recursos voltados à análise diagnóstica individual. O segundo inclui plataformas web de propósito geral, como o OHIF, extensíveis e capazes de oferecer MPR e outros

recursos de visualização (ZIEGLER et al., 2020). A proposta não compete pela quantidade de ferramentas diagnósticas, mas por um fluxo especificamente educacional: distribuição do caso por link, organização prévia pelo docente, marcadores guiados e uso simultâneo por uma turma. Esse posicionamento reduz a barreira operacional para incorporar exames DICOM à aula e diferencia a solução pelo desenho pedagógico.

O mercado potencial é predominantemente institucional, composto por cursos de Odontologia e unidades acadêmicas que utilizam TCFC em atividades de ensino. O mercado alcançável no curto prazo é a própria Faculdade de Odontologia da UFPel, onde a ferramenta pode ser validada em diferentes disciplinas e cenários didáticos. Em etapa posterior, a adoção por outras instituições poderá ocorrer como recurso educacional aberto ou por oferta institucional hospedada ou implantada localmente, conforme os custos de infraestrutura, suporte e governança dos dados. Como o acesso pelo estudante exige apenas navegador e link, a expansão para novas turmas tem baixa complexidade no ponto de uso; os principais condicionantes de escala são hospedagem, manutenção, curadoria dos casos e controle de acesso. Nesta fase, portanto, o alcance deve ser interpretado como potencial de adoção e difusão, e não como projeção de receita.

3. ESTRATÉGIA DE DESENVOLVIMENTO E IMPLEMENTAÇÃO

O projeto ainda não possui modelo de negócio formalizado e encontra-se em fase acadêmica, mantido pelo Laboratório de Odontologia Digital da UFPel como iniciativa de ensino e desenvolvimento tecnológico. Dois cenários de implementação serão avaliados após a validação: manutenção como recurso educacional aberto, sustentado institucionalmente, ou disponibilização para outras faculdades por implantação ou licenciamento institucional, com infraestrutura própria ou hospedada. A escolha dependerá da aceitação dos usuários, dos custos de armazenamento e tráfego, da necessidade de suporte e da capacidade de manter um acervo seguro de casos.

Quanto à propriedade intelectual, não há registro formalizado. Está em avaliação, com apoio do núcleo de inovação tecnológica da Universidade, a pertinência do registro do programa de computador no Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), especialmente antes de eventual expansão interinstitucional.

O desenvolvimento ocorreu em três etapas. Na primeira, foram implementadas as funcionalidades centrais de navegação MPR, sobreposição de segmentações e marcadores. Na segunda, o visualizador foi disponibilizado por link, eliminando a necessidade de instalação e de manipulação manual dos arquivos pelo estudante. Na terceira, realizou-se um teste piloto em situação real de ensino, no qual um professor de Endodontia utilizou a ferramenta para apresentar e explorar casos clínicos com estudantes. O piloto não incluiu instrumento formal de avaliação e, portanto, demonstrou viabilidade de uso, mas não eficácia pedagógica. Os próximos passos são aplicar instrumentos estruturados de usabilidade e percepção de aprendizagem, testar o recurso em outras disciplinas e refinar a interface a partir dos dados obtidos.

O nível de maturidade tecnológica é estimado em TRL 6, correspondente à demonstração das funções críticas de um protótipo em ambiente relevante. A ferramenta já se encontra funcional e foi demonstrada em uma atividade didática real, porém ainda em escala restrita. O avanço para TRL 7 deverá exigir

demonstração sistemática do sistema em ambiente operacional, com uso em múltiplas turmas e disciplinas, estabilidade sob acessos simultâneos e registro estruturado de desempenho e usabilidade.

Os principais riscos são a ausência de validação formal de usabilidade e impacto pedagógico, a sustentabilidade da hospedagem diante de acessos simultâneos e a proteção dos dados de imagem. A mitigação prevista inclui validação em etapas, monitoramento de desempenho e custos de infraestrutura, utilização de casos previamente desidentificados para ensino, controle de acesso e observância da LGPD. Esses dados também serão necessários para definir o modelo de implementação e a escala viável do serviço.

4. RESULTADOS ESPERADOS E IMPACTO

O principal impacto esperado é educacional e social: ampliar o acesso à exploração ativa de volumes tomográficos sem exigir que cada estudante disponha de computador específico ou software instalado. Em vez de apenas acompanhar a manipulação feita pelo docente, o estudante pode navegar pelo caso no próprio dispositivo, rever os pontos marcados e retomar o exame após a aula. Há respaldo para esse princípio em experiências educacionais com PACS e visualizadores DICOM: um modelo de ensino experiencial baseado em PACS e RadiAnt apresentou melhor desempenho em uma questão de descrição e diagnóstico e maior autopercepção de habilidades radiológicas em comparação ao ensino convencional (CHEN et al., 2019). Em TCFC, a visualização diretamente em DICOM permitiu maior proporção de mensurações executáveis do que relatórios estáticos em PDF (SOLOMONOV et al., 2025), e o uso de reconstrução 3D aumentou a confiança dos examinadores e, em determinados grupos, a detecção de estruturas anatômicas complexas (SILVA et al., 2026). Esses achados sustentam a relevância de oferecer ao estudante interação direta com os dados volumétricos, embora o efeito pedagógico específico da ferramenta proposta ainda precise ser testado.

Projeções financeiras seriam prematuras nesta fase, pois ainda não há modelo de receita nem estimativa consolidada do custo de operação em escala. A validação deverá, contudo, registrar indicadores de viabilidade como armazenamento por caso, tráfego gerado, número de acessos simultâneos, custo de hospedagem por turma e demanda de suporte. Esses dados permitirão comparar, de forma objetiva, a manutenção institucional de acesso aberto com eventual implantação ou licenciamento para outras instituições.

A visão de futuro contempla três movimentos encadeados. O primeiro é consolidar o uso em diferentes disciplinas da Faculdade de Odontologia da UFPEL e ampliar o acervo de casos didáticos. O segundo é realizar validação formal de usabilidade e aprendizagem, idealmente comparando grupos ou momentos de ensino com e sem o recurso. O terceiro, condicionado aos resultados anteriores, é testar a expansão interinstitucional e incorporar funcionalidades adicionais, como anotações do estudante, roteiros guiados de casos e integração com ambientes virtuais de aprendizagem. O resultado esperado é transformar o visualizador em uma infraestrutura educacional reproduzível, de fácil acesso e adaptável a diferentes cenários de ensino odontológico.

5. CONCLUSÕES

O visualizador desenvolvido reúne navegação MPR, sobreposição de segmentações e marcadores guiados em uma aplicação acessível por navegador, com foco específico no ensino odontológico. Seu diferencial não está em substituir visualizadores clínicos, mas em facilitar que o mesmo exame, previamente preparado pelo docente, seja explorado simultaneamente por uma turma em diferentes dispositivos. O teste piloto demonstrou a viabilidade de uso em atividade didática, mas a eficácia pedagógica ainda necessita de avaliação formal. As próximas etapas são validar usabilidade e aprendizagem, dimensionar os custos e requisitos de hospedagem e definir a estratégia de propriedade intelectual e expansão. A consolidação dessas etapas poderá sustentar a adoção do recurso em outras disciplinas e instituições de ensino.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BUENO, Mike R. et al. Development of a New Cone-Beam Computed Tomography Software for Endodontic Diagnosis. *Brazilian Dental Journal*, v. 29, n. 6, p. 517-529, 2018.
- BUENO, Mike R.; ESTRELA, Carlos. 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*, v. 33, n. 4, p. 21-30, 2022.
- CHEN, Yingqian et al. Constructing an experiential education model in undergraduate radiology education by the utilization of the picture archiving and communication system (PACS). *BMC Medical Education*, v. 19, n. 1, p. 383, 2019.
- SHETTY, Heeresh et al. Three-dimensional semi-automated volumetric assessment of the pulp space of teeth following regenerative dental procedures. *Scientific Reports*, v. 11, p. 21914, 2021.
- SILVA, Julio Almeida et al. Impact of Examiner Training and 3D Reconstruction on CBCT Detection of Anatomical Microstructure. *Brazilian Dental Journal*, v. 36, e256910, 2026.
- SOLOMONOV, Michael et al. Can Viewing Modality Affect Frontal Mandibular Bone Height Measurement? A Comparison Between 3D DICOM Viewer and Printed PDF Cone Beam Computer Tomography Reports. *Dentistry Journal*, v. 13, n. 1, p. 22, 2025.
- ZIEGLER, Erik et al. Open Health Imaging Foundation Viewer: An Extensible Open-Source Framework for Building Web-Based Imaging Applications to Support Cancer Research. *JCO Clinical Cancer Informatics*, v. 4, p. 336-345, 2020.