

Dental Second Look AI: Ferramenta multipropósito para análise de imagens panorâmicas odontológicas

Caio Uehara Martins¹, Camila Tirapelli², Alessandra Alaniz Macedo¹

¹ Universidade de São Paulo (USP)
Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto (FFCLRP)
Departamento de Computação e Matemática (DCM)

²Universidade de São Paulo (USP)
Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto (FORP)

caiouehara@usp.br, catirapelli@forp.usp.br, ale.alaniz@usp.br

Abstract. *Dental health has become an important topic in digital health, as it not only impacts people's lives but also reveals essential statistics about the health profile of the individuals analyzed, correlating oral information with population characteristics of interest. An automated tool is proposed for the analysis of panoramic dental images, presenting two main services: (i) the classification of oral diseases in patients, using a set of neural network models, to support dental decision-making; and (ii) the presentation of epidemiological data extracted from data and images to support decision-making in health management.*

Resumo. *A saúde bucal tem se tornado um tópico importante de saúde digital, pois além de impactar a vida das pessoas, também revela estatísticas essenciais sobre o perfil de saúde e de qualidade de vida dos indivíduos analisados, correlacionando informações bucais a características de interesse da população. Propõe-se uma ferramenta automatizada para análise e visualização de imagens panorâmicas odontológicas, apresentando dois serviços principais: (i) a classificação de doenças bucais de pacientes, a partir de um conjunto de modelos de redes neurais, para servir de apoio a decisão odontológica; e (ii) a apresentação de dados epidemiológicos extraídos de prontuários e de imagens para apoiar a tomada de decisão em gestão em saúde.*

1. Introdução

A Saúde Digital está transformando a forma como os serviços de saúde são organizados e oferecidos em todo o mundo, uma vez que as suas atividades estão intrinsecamente ligadas à informação e comunicação, dependendo de conhecimento e de tecnologias para facilitar mecanismos inovadores, eficazes e eficientes que ampliem o alcance e melhorem a qualidade, resolutividade e humanização dos vários aspectos do cuidado em saúde [6, 5]. Nesse contexto, a saúde bucal vem sendo um tópico importante de saúde digital, pois além de impactar a qualidade de vida das pessoas, ela também revela estatísticas essenciais sobre o perfil dos indivíduos analisados, podendo correlacionar informações bucais a características de interesse sobre a população [1].

No Brasil, o Ministério da Saúde realiza o Projeto SB Brasil, uma pesquisa focada em entender as condições bucais da população brasileira em perspectiva epidemiológica,

feita no âmbito da Política Nacional de Saúde Bucal: Brasil Sorridente (PNSB). Contudo, esses levantamentos são muito custosos e demorados, já que requerem uma grande força tarefa para coletar, classificar e analisar os dados [4].

Assim, este artigo propõe uma ferramenta automatizada para análise de imagens panorâmicas odontológicas, propondo dois serviços principais: (i) a classificação de doenças bucais de pacientes, a partir de um conjunto de modelos de redes neurais, para servir de apoio a decisão odontológica; e (ii) a apresentação de dados epidemiológicos coletados a partir de metadados e de imagens, para apoiar a tomada de decisão em gestão. Para o primeiro serviço, os principais *stakeholders* são dentistas, radiologistas e pesquisadores da área interessados em uma segunda opinião para o diagnóstico de doenças bucais, a partir de panorâmicas odontológicas. Já no segundo serviço, um gestor público ou mesmo de instituição privada pode considerar resultados epidemiológicos de uma população representada em suas radiografias para apoiar a tomada de decisão.

2. A Ferramenta

A ferramenta proposta neste artigo participa de uma cooperação do grupo InRedd (*Interdisciplinary Research Group in Digital Dentistry*) da Universidade de São Paulo, no campus de Ribeirão Preto, que é focado em pesquisas interdisciplinares entre as áreas da Computação e da Odontologia. Os projetos do grupo foram aprovados junto ao Comitê Ético de Pesquisa da Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto no processo (CAAE) 51238021.2.0000.5419. Na Computação, tem sido investigado o uso de Inteligência Artificial (IA) para auxílio ao diagnóstico em Odontologia. Especificamente professores da área de Radiologia, pesquisadores e administradores de Odontologia em geral trouxeram os seguintes requisitos em casos de uso:

- auxiliar radiologistas na classificação de imagens panorâmicas odontológicas;
- analisar um conjunto de imagens e de metadados, para inferir, de forma eficiente, o conhecimento epidemiológico acerca de uma população estudada. Pretende-se colaborar com a resolução do problema de custo de dados epidemiológicos do SB Brasil, trazendo um apoio computacional aos pesquisadores e administradores;
- prover, de maneira controlada, dados e imagens para a realização de pesquisas científicas.

No caso do radiologista, pretende-se auxiliar a tomada de decisão odontológica, a partir da ferramenta e da arquitetura de serviços apresentadas, além de uma interface interativa, na qual o usuário pode configurar as camadas dos modelos e rodar uma imagem de interesse, para observar a classificação que as redes fazem daquela imagem.

No caso do pesquisador, planeja-se oferecer o acervo de dados InRedd para outros pesquisadores do Brasil e do exterior que realizam estudos na área. Atualmente, o *dataset* do InRedd é composto de cerca de mil imagens e metadados de anotações de odontologistas criados na fase de treinamento dos módulos de redes neurais apresentados na Figura 1. O *dataset* está descrito em [3]. Por meio desse serviço, pretende-se distribuir, de forma organizada e controlada, dados de pesquisa que poderão sustentar estudos científicos em outras instituições.

No caso do administrador, a ideia é processar coleções de imagens e de metadados, de forma que seja possível aplicar modelos analíticos para relacionar a saúde bucal, com os dados apresentados daquela determinada população.

3. Processos e Desenvolvimento

3.1. Organização do projeto

Para os passos iniciais do desenvolvimento da ferramenta, seguiu-se um modelo iterativo e incremental. A ideia da ferramenta é evoluir, por meio da criação de versões, criadas a partir de *feedbacks* dos grupos de usuários para recriações das arquiteturas e do desenvolvimento de código refatorado ou novo. Usa-se para controlar as versões e configurações do projeto a tecnologia Git de versionamento, em conjunto com a plataforma GitHub, que disponibiliza um recurso de organização de projetos. Nesse ambiente, as tarefas são estruturadas em um modelo *kanban* com *tags* definidas, agrupando *features* ou modificações a serem implementadas.

3.2. Modelagens do processamento das Redes Neurais

O grupo de Computação do InRedd desenvolveu um conjunto de três modelos de redes neurais, a partir do seu próprio *dataset* [3], considerados como base para uma análise de qualquer imagem panorâmica bucal [2], e também mais um modelo final, considerado como aplicação direta (especificado em entender uma determinada característica do paciente), por exemplo, a presença de cárie nos dentes [7].

Os modelos foram organizados em agrupamentos de modelos classificadores, por meio de uma árvore (ver Figura 1), de forma que cada nó representa uma rede e que, ao final, por meio do caminho percorrido da árvore, geramos um sequenciamento de processamento em cadeia (exemplificado com os nós em verde).

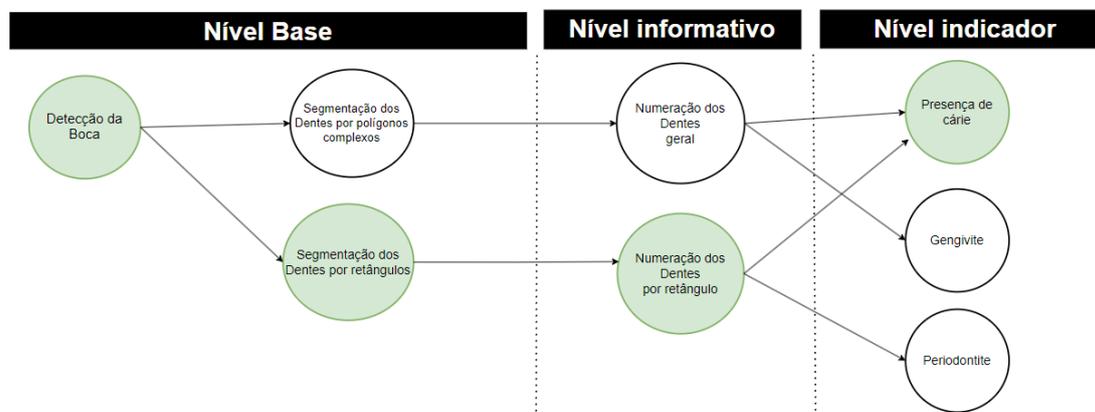


Figura 1. Organização em árvore (horizontal) do processamento dos modelos

A ferramenta atualmente divide-se em três conjuntos de modelos, os de Nível Base (Detecção da Boca e Segmentação), os de Nível Informativo (Numeração dos dentes) e os de Nível Indicador (Presença de Cárie ou outras doenças bucais), sendo que suas responsabilidades são:

- Nível Base: Diminuir o custo de processamento dos modelos seguintes, preparando as imagens para um processamento de maior nível semântico.
- Nível Informativo: Agregar na sequência de processamento, informações que possam ser utilizadas como pré-condição para outro modelo, mas também revelam informações diretamente ao radiologista.

- Nível Indicador: Classificar uma ocorrência clínica do paciente.
- . Assim, a partir da escolha dos modelos pela estrutura da árvore, pode-se seleccionar o caminho desejado (nesse caso, destacado em verde) e gerar uma sequência de processamento, conforme a Figura 2.

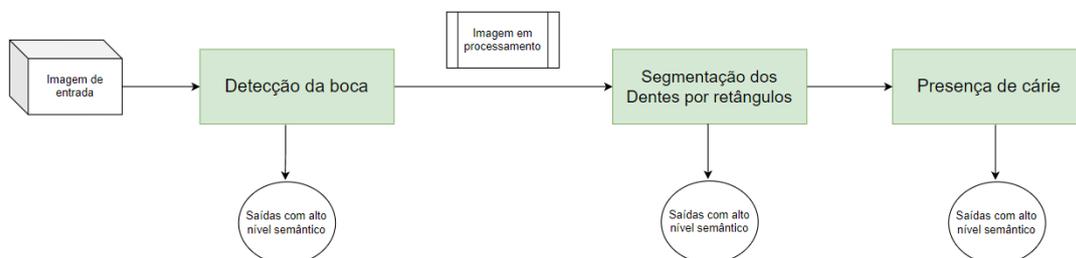


Figura 2. Sequência de processamento gerada a partir da árvore

Com essa organização, será possível também, no futuro, combinar outros dados agregados às imagens, para auxiliar no entendimento das perspectivas epidemiológicas das informações coletadas, o que será necessário para atender o caso de uso do administrador.

3.3. Estrutura da ferramenta

A ferramenta tem o princípio de cliente-servidor, dispondo de uma *API* para uma máquina que encapsula os modelos em classes de redes neurais e prove o processamento em cadeia das imagens. Assim, a partir de uma aplicação web cliente, que consome essa *API*, disponibiliza-se os serviços de forma interativa em uma *aplicação web*. O site que disponibiliza os serviços da ferramenta pode ser visto na Figura 3.

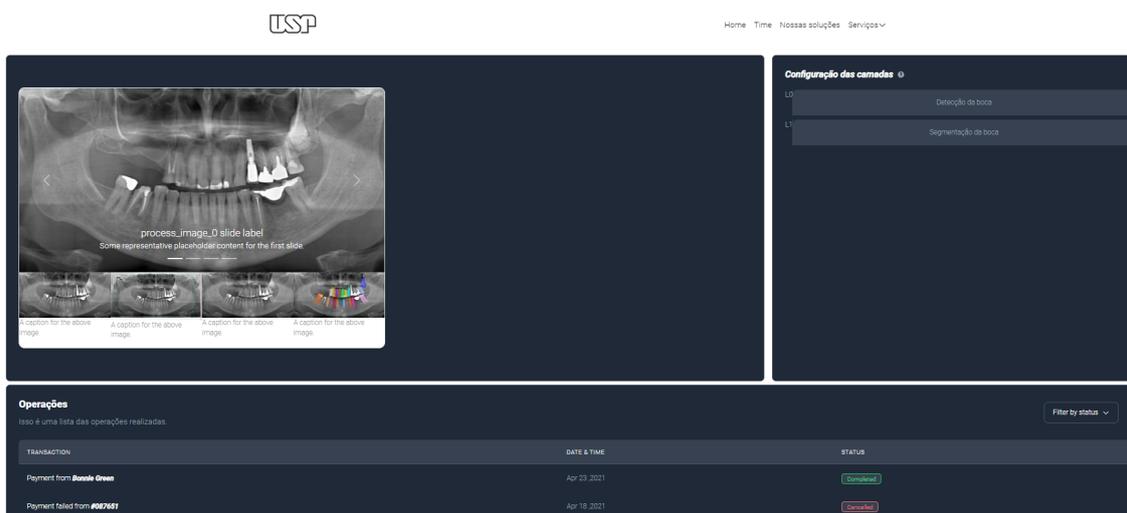


Figura 3. Protótipo (Demo 2) para a interface da ferramenta

3.4. Arquitetura

A ferramenta apresenta uma arquitetura em 4 camadas, no padrão MVCS são elas: *Models*, *Views*, *Controllers*, *Services*. Neste artigo, não contemplamos a camada de *Models*, pois ele está em desenvolvimento.

A interface de usuário (Visualizações) é desenhada por meio de componentes, abstraindo o visual em pequenos módulos lógicos e renderizáveis de código.

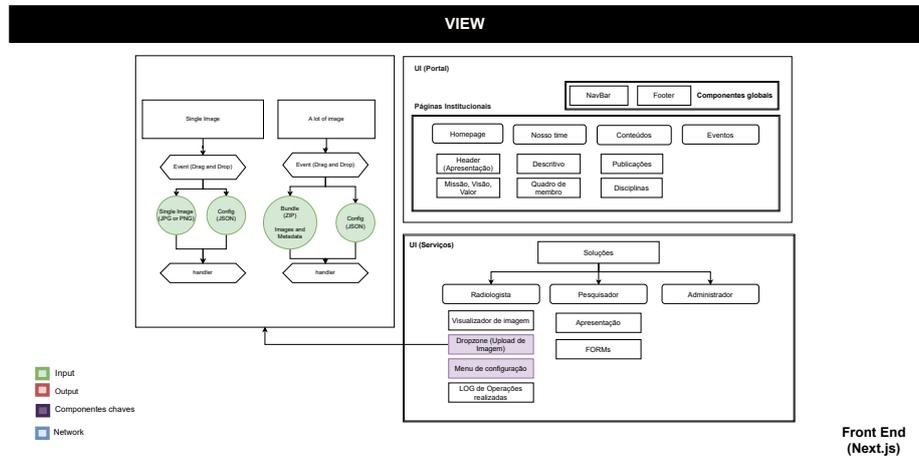


Figura 4. Camada de visualização: Componentes e Divisão das páginas

No servidor, a arquitetura é baseada no padrão de *controllers* e *services*, nos quais a comunicação com a interface de usuário é feita via requisições HTTP. A estrutura das mensagens, requisição-resposta, usa no *request* o tipo de dado *FormData*, que em um campo leva o arquivo da imagem (JPG ou PNG) junto a um campo de tipo JSON com os metadados das imagens e o estado das configurações da ferramenta. Já no *response*, é devolvido um JSON, contendo os *outputs* de resposta da inferência de cada rede da cadeia de processamento, deixando a renderização dos *outputs*, para a camada de visualização.

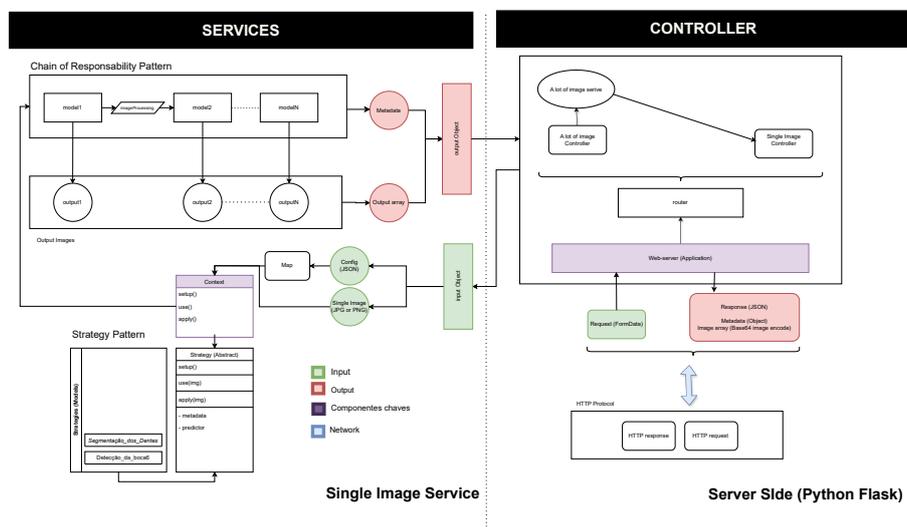


Figura 5. Camada de Controle e Serviços: Processamento da imagem

O serviço desenvolvido até o momento, considerado componente chave na arquitetura, é o "singleImageService", que recebe uma imagem e um estado de configuração para aplicar os modelos de classificação de imagens escolhidos pelo usuário. O processamento e o encapsulamento dos modelos é feito com base no padrão de projeto *Strategy*, cujo cada modelo é considerado um *Strategy* e cada execução é um *Strategy Context*.

3.5. Tecnologias e operação

O projeto foi desenvolvido em Python e Javascript. A programação das interfaces é realizada por meio do *framework NextJS* e o servidor é construído com o suporte do *microframework Python Flask*. As redes neurais foram treinadas e salvas, por meio da biblioteca *Detectron2* do Facebook, que utiliza-se do *Pytorch*.

A infraestrutura de software da ferramenta está localizada no servidor do Departamento de Computação e Matemática da USP, utilizando Docker para encapsular a infraestrutura e os serviços em *containers* e Jenkins para implementar um *PipeLine CI/CD*. Além disso, utiliza-se o Route S3 da *cloud* da AWS para o DNS e o Apache e o Nginx como *Webservers*.

3.6. Demonstração de uso

O link do vídeo demo da ferramenta está em <https://youtu.be/U5fm1gN9XTs>.

A versão teste da Dental Second Look está localizada no nosso portal <https://inredd.com.br/>.

4. Considerações Finais e Trabalhos Futuros

O projeto tem como objetivo oferecer serviços à comunidade com o suporte dos estudos e resultados científicos do grupo InRedd. Atualmente, o foco a longo prazo é automatizar pesquisas epidemiológicas da odontologia que partem de imagens panorâmicas e dados da população estudada, como informações de entrada. Além disso, a curto prazo, queremos criar uma aplicação que seja uma segunda opinião forte no dia a dia de um radiologista ao analisar imagens panorâmicas. Assim, nossas metas futuras são o aprimoramento da interação visual da aplicação web, a partir de testes de usuário, o desenvolvimento de novos modelos, a criação de uma infraestrutura eficiente da aplicação e a disponibilização, de forma eficiente, dos dados manipulados.

Referências

- [1] Fatma Caglayan, Oguzhan Altun, Ozkan Miloglu, Yilmaz Kaya, Muhammed-Dursun, and Ahmet-Berhan. Correlation between oral health-related quality of life (ohqol) and oral disorders in a turkish patient population. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal*, 14(11):e573–e578, 2009.
- [2] José Andery Carneiro. Enhanced tooth segmentation algorithm for panoramic radiographs, 2023. (Master Thesis) Prog. de Computação Aplicada da Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto.
- [3] Eliana Dantas Costa, José Andery Carneiro, Breno Augusto Guerra Zancan, Hugo Gaêta-Araujo, Christiano Oliveira-Santos, Alessandra Alaniz Macedo, and Camila Tirapelli. Potential of artificial intelligence to generate health research reports of decayed, missed and restored teeth. *Odovtos - International Journal of Dental Sciences Vol 26, n1*, 2024.
- [4] Ministério da Saúde. SB Brasil 2020. <https://www.gov.br/saude/pt-br/composicao/saps/brasil-sorridente/sb-brasil-2020>. Último acesso em 12/3/2024.
- [5] Data Digital Health DDH. In *Monitoring the implementation of digital health: An overview of selected national and international methodologies*, 2022.
- [6] Organização Mundial de Saúde. Saúde bucal. <https://www.afro.who.int/pt/regional-director/speeches-messages/dia-mundial-da-saude-oral-2023>. Último acesso em 17/3/2024.
- [7] Breno Augusto Guerra Zancan. Teeth numbering and identification of decayed teeth in panoramic radiographs through convolutional neural networks, 2023. (Master Thesis) Programa de Computação Aplicada da Universidade de São Paulo, campus Ribeirão Preto.