



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PIAUÍ
CAMPUS TERESINA CENTRAL
TECNOLOGIA EM ANÁLISE E DESENVOLVIMENTO DE SISTEMAS

AROLDO LENON JALES DOS SANTOS

FERRAMENTA COMPUTACIONAL PARA ANÁLISE E VISUALIZAÇÃO PARA
IMAGENS MÉDICAS

TERESINA, PIAUÍ
2023

AROLDO LENON JALES DOS SANTOS

FERRAMENTA COMPUTACIONAL PARA ANÁLISE E VISUALIZAÇÃO PARA
IMAGENS MÉDICAS

Trabalho de Conclusão de Curso (monografia) apresentado como exigência parcial para obtenção do diploma do Curso de Análise e Desenvolvimento de Sistemas do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, Campus Teresina Central.

Orientador: Prof. Dr. Otilio Paulo da Silva Neto

TERESINA, PIAUÍ
2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD

Santos, Aroldo Lenon Jales dos

SS237ff Ferramenta computacional para análise e visualização para imagens
médicas / Aroldo Lenon Jales dos Santos. - 2023.
29 f.: il. color.

Monografia (Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas) -
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, Campus
Teresina Central, 2023.

Orientador : Prof Dr. Otilio Paulo da Silva Neto.

1. Câncer de mama. 2. DICOM. 3. Imagens médicas. I. Título.

CDD - 004.21

Elaborado por Denise de Paula Veras Aquino CRB 3/962

AROLD O LENON JALES DOS SANTOS

FERRAMENTA COMPUTACIONAL PARA ANÁLISE E VISUALIZAÇÃO PARA
IMAGENS MÉDICAS

Trabalho de Conclusão de Curso (monografia) apresentado como exigência parcial para obtenção do diploma do Curso de Análise e Desenvolvimento de Sistemas do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, Campus Teresina Central.

Aprovada em 14/12/2023.

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Otilio Paulo da Silva Neto(Orientador)
Instituto Federal do Piauí (IFPI)

Prof. M^e. Duany Dreyton Bezerra Sousa
Instituto Federal do Piauí (IFPI)

Prof. M^e. Rogério da Silva Batista
Instituto Federal do Piauí (IFPI)

TERESINA, PIAUÍ
2023

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente aos meus pais que sempre apoiaram meus estudos e minhas decisões.

Agradeço aos professores da instituição pela dedicação e proximidade com os alunos fizeram toda a diferença em minha trajetória.

Agradeço ao meu orientador e professor, Otílio Paulo, seu conhecimento, paciência e dedicação foram fundamentais.

Expresso minha gratidão a todos os colegas de classe que compartilharam ideias, desafios e momentos de aprendizado.

RESUMO

O cancer ou tumor maligno é uma patologia complexa, podendo atacar células e sistemas vitais do organismo através do crescimento rápido e invasivo de células, acometendo pessoas em todo o mundo, por diversos fatores como, ambiente e hábitos de vida. Dentre os principais tipos de câncer, é importante destacar o tumor na mama atingindo principalmente mulheres entre 41 e 50 anos. Desse modo, o cancer tem sido tratado como um problema de saúde mundial pelo aumento na incidência de casos, afetando a qualidade de vida dos pacientes e familiares. O seguinte projeto tem como objetivo desenvolver um módulo de visualização de imagens, que será auxiliado por um algoritmo capaz de identificar possíveis áreas tumorais relacionadas ao câncer de mama. Permitindo, a comparação entre volumes originais e volumes gerados pelo algoritmo que possam evidenciar os habitats tumorais, proporcionando uma avaliação mais eficiente dos efeitos do tratamento proposto ao paciente em questão.

Palavras-chaves: Câncer de mama; Imagens Médicas; DICOM.

ABSTRACT

A cancer or a malignant tumor is a complex pathology that can attack cells and vital systems of the body through the rapid and invasive growth of cells, affecting people all over the world due to various factors such as their environment and lifestyle. Among the main types of cancer, it is important to highlight the breast tumor. It mainly affects women between the ages of 41 and 50. Cancer has been treated as a global health problem due to the increase in the number of cases, affecting the quality of life of patients and their families. The aim of the following project is to develop a visualization module, which will be aided by an algorithm capable of identifying possible tumor areas related to breast cancer. This will enable a comparison between volumes generated by the algorithm that can highlight tumor habitats, providing a more efficient assessment of the effects of the treatment proposed to the patient.

Keywords: Cancer; Medical Images; DICOM.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Imagem dos Projetos da Solução OpImageViewer	14
Figura 2 – Relacionamento de Entidades no banco de dados relacional	16
Figura 3 – Diagrama UML de Casos de Uso	17
Figura 4 – Imagem dos Projetos da Solução OpImageViewer	18
Figura 5 – Imagem da Estrutura de Arquivos na Camada de Apresentação	18
Figura 6 – Imagem da Paleta de Cores da Aplicação	19
Figura 7 – Captura de Tela do Login Inicial da Aplicação	19
Figura 8 – Captura de Tela do Paciente	20
Figura 9 – Captura de Tela de Exames do Paciente	20
Figura 10 – Captura de Tela para Adicionar Novo Exame	21
Figura 11 – Captura de Tela de Importação Bem Sucedida	21
Figura 12 – Trecho do Código da Classe VtkWindwOp	22
Figura 13 – Trecho do Código da Classe VtkWindwOpWrapper	23
Figura 14 – Captura de Tela da Visualização das Imagens Médicas	24
Figura 15 – Captura de Tela da Visualização das Imagens em MPR (Multiplanar Reconstruction	25
Figura 16 – Captura de Tela da Visualização 3D das Imagens Médicas	25
Figura 17 – Captura de Tela da Edição de Laudo do Exame	26
Figura 18 – Captura de Tela da Visualização dos Resultados da Análise	27
Figura 19 – Representação da Arquitetura da Aplicação	28

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

WPF	Windows Presentation Foundation
MVVM	Model View ViewModel
ORM	Object Relational Mapping
SGBD	Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados
UI	User Interface
DLL	Dynamic Link Library
MPR	Multiplanar Reconstruction

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	JUSTIFICATIVA	11
3	OBJETIVOS	12
3.1	OBJETIVOS GERAIS	12
3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
4	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	13
4.1	SISTEMA DE GERENCIAMENTO DE BANCO DE DADOS.....	13
4.2	VISÃO COMPUTACIONAL	13
4.3	DICOM	13
4.4	ITK.....	13
4.5	VTK.....	14
5	METODOLOGIA	15
5.1	ESPECIFICAÇÕES DA IMPLEMENTAÇÃO	15
5.2	DEFINIÇÃO DAS ENTIDADES DO SISTEMA	15
5.3	CASOS DE USO	17
5.4	MÓDULO DE GERENCIAMENTO.....	18
5.5	MÓDULO DE VISUALIZAÇÃO	22
5.5.1	Detalhamento das principais funcionalidades	24
5.6	MÓDULO DE ANÁLISE.....	27
5.7	ARQUITETURA	28
6	CONCLUSÃO	29
6.1	TRABALHOS FUTUROS	29
	REFERÊNCIAS	30

1 INTRODUÇÃO

O câncer ou tumor maligno é uma patologia complexa, podendo atacar células e sistemas vitais do organismo através do crescimento rápido e invasivo de células, acometendo pessoas em todo o mundo, por diversos fatores como, ambiente e hábitos de vida (??). Dentre os principais tipos de câncer, é importante destacar o tumor na mama atingindo principalmente mulheres entre 41 e 50 anos. Desse modo, o câncer tem sido tratado como um problema de saúde mundial pelo aumento na incidência de casos, afetando a qualidade de vida dos pacientes e familiares (??).

Diante deste problema, é importante ressaltar que o diagnóstico precoce e o acompanhamento do tratamento são fundamentais no enfrentamento da patologia, mas em vários casos é difícil mensurar a progressão ou regressão do tumor durante o tratamento, podendo levar a um prognóstico menos preciso. Portanto, se faz necessário a utilização de softwares que possam auxiliar o tratamento, com o objetivo de aprimorar o trabalho dos profissionais da área, dentre as soluções disponíveis, pode-se destacar os softwares capazes de visualizar imagens médicas, utilizando o padrão DICOM ("digital imaging and communications in medicine") (??).

O DICOM é amplamente utilizado para a comunicação e armazenamento de informações associadas aos pacientes, sendo o formato mais comum para exames como Tomografias Computadorizadas, Ressonâncias Magnéticas e Ultrassonografias. Porém, grande parte dos softwares atuais não permitem comparações mensuráveis para o tratamento proposto. Essa limitação impede uma análise mais precisa e comparativa dos resultados e do tratamento proposto ao paciente. Para superar essa lacuna, surge a necessidade de desenvolver soluções mais abrangentes, como o projeto proposto.

O seguinte projeto tem como objetivo desenvolver um módulo de visualização de imagens, que será auxiliado por um algoritmo capaz de identificar possíveis áreas tumorais relacionadas ao câncer de mama (????), permitindo a comparação entre volumes originais e volumes gerados pelo algoritmo que possam evidenciar os habitats tumorais, proporcionando uma avaliação mais eficiente dos efeitos do tratamento proposto ao paciente.

2 JUSTIFICATIVA

Atualmente, as ferramentas para visualização de imagens disponíveis possuem limitações em relação ao acompanhamento do paciente durante o tratamento e armazenamento de informações importantes ao médico. Somando-se ainda, o cansaço físico do profissional ao analisar várias imagens durante sua jornada de trabalho, sem o auxílio de uma ferramenta para gerenciar os resultados obtidos, impactando diretamente na produtividade do médico. Estes processos de análise atualmente se dão de modo subjetivo, podendo gerar inconsistências ao avaliar se o tratamento terapêutico está sendo efetivo.

O projeto proposto é um software projetado para aprimorar o acompanhamento do paciente durante o tratamento que por sua vez, oferece recursos como cadastro de pacientes e importação de procedimentos relacionados ao paciente, proporcionando assim uma gestão mais eficiente das informações médicas, fornecendo acesso rápido a informações relevantes, como histórico de exames, quadros comparativos e resultados obtidos. Dessa forma, os profissionais de saúde podem ter uma visão abrangente do quadro clínico de cada paciente, facilitando a tomada de decisões e na avaliação da resposta terapêutica.

Portanto, torna-se essencial desenvolver um software completo que possua de modo integrado algoritmos para identificação de possíveis habitats tumorais e apresentar os dados de maneira adequada, com o objetivo de auxiliar os profissionais da saúde na análise e no prognóstico (??)

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVOS GERAIS

- Desenvolver uma ferramenta computacional capaz de visualizar, analisar e armazenar, imagens médicas.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Gerenciar as análise dos exames ao longo do tratamento terapêutico dos pacientes.
- Permitir a consulta dos resultados obtidos para elaboração de laudos médicos.
- Possibilitar recursos par a visualização de imagens médicas.
- Sintetizar informações das imagens.

4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Para a compreensão do projeto e as decisões feitas durante o desenvolvimento do software é importante entender alguns conceitos teóricos.

4.1 SISTEMA DE GERENCIAMENTO DE BANCO DE DADOS

O software de gerenciamento de banco de dados é parte fundamental do desenvolvimento de um software robusto, um SGBD deve possuir uma gama de funcionalidades com o objetivo de acessar, organizar e controlar os dados da aplicação facilitando o desenvolvimento. Para esta solução o banco escolhido foi o MySQL, por ser de código aberto ¹ e por oferecer vantagens significativas em relação ao custo de implementação.

4.2 VISÃO COMPUTACIONAL

Visão computacional é uma área da computação responsável pela forma como um computador enxerga o meio à sua volta, extraindo informações significativas a partir de imagens capturadas por câmeras de vídeo, sensores, scanners, entre outros dispositivos. Estas informações permitem reconhecer, manipular e pensar sobre os objetos que compõem uma imagem (??).

4.3 DICOM

Durante o desenvolvimento dos primeiros equipamentos de imagens diagnósticas, cada fabricante possuía seu modelo de comunicação armazenando os metadados de uma imagem, dificultando a interoperabilidade, algo imprescindível na saúde. Com o objetivo de solucionar este problema, a National Electrical Manufacturers Association (NEMA) e a ACR (American College of Radiology) desenvolveram o DICOM ("digital imaging and communications in medicine"). A exibição de imagens no padrão DICOM não define como as imagens são exibidas ou anotadas. Além dos dados da imagem, o DICOM inclui estruturas de dados importantes para a imagem, exibidos na Figura 1. Essas estruturas são colocadas em um cabeçalho, que contém a descrição do objeto, dados do paciente, nome da instituição e outras informações como procedimentos realizados ou relatórios, possibilitando a intercomunicação de imagens (????).

4.4 ITK

O Insight Toolkit é uma biblioteca de código aberto escrita em C++, focada no processamento, registro e segmentação de imagens científicas em duas, três ou mais

¹ modelo de produção descentralizado que permite a qualquer pessoa modificar e partilhar tecnologias

Figura 1 – Imagem dos Projetos da Solução OplImageViewer

(0008,0005)	SpecificCharacterSet	ISO_IR 100
(0008,0008)	ImageType	[3] ORIGINAL, PRIMARY, OTHER
(0008,0016)	SOPClassUID	1.2.840.10008.5.1.4.1.1.4
(0008,0018)	SOPInstanceUID	1.2.840.113619.2.507.7636706.3695232.28838.1697638369.754
(0008,0020)	StudyDate	20231020
(0008,0021)	SeriesDate	20231020
(0008,0022)	AcquisitionDate	20231020
(0008,0023)	ContentDate	20231020
(0008,0030)	StudyTime	154600
(0008,0031)	SeriesTime	160610
(0008,0032)	AcquisitionTime	160615
(0008,0033)	ContentTime	160610
(0008,0050)	AccessionNumber	1454914
(0008,0060)	Modality	MR
(0008,0070)	Manufacturer	GE MEDICAL SYSTEMS
(0008,0080)	InstitutionName	ULTRA-X
(0008,0090)	ReferringPhysicianName	GUILHERME MARTINS CORTEZ
(0008,1010)	StationName	MR01MR01
(0008,1030)	StudyDescription	RM MAMAS
(0008,103e)	SeriesDescription	3D Ax VIBRANT ASPIR Mph + C
(0008,1050)	PerformingPhysicianName	GUILHERME MARTINS CORTEZ
(0008,1090)	ManufacturerModelName	SIGNA Explorer

Fonte: Produzido pelo autor

dimensões. Sua utilização independe do sistema operacional, pois utiliza o ambiente CMake para gerenciar o processo de compilação (??). Portanto, a presença do ITK como uma biblioteca de código aberto estabelece uma base sólida para ferramentas computacionais destinadas à análise e visualização de imagens médicas. Sua abordagem flexível e independente de plataforma o torna um componente indispensável para pesquisas e aplicações práticas.

4.5 VTK

O Visualization Toolkit é uma biblioteca escrita em C++ com código aberto disponível para renderização de volume e visualização científica. O VTK foi projetado para ser independente de plataforma. Destacando-se por ser empregado em aplicações médicas, utilizado para visualizar dados tridimensionais provenientes de exames como tomografia computadorizada (TC) e ressonância magnética (RM) (??). Em resumo, o VTK desempenha um papel essencial, fornecendo uma plataforma robusta e flexível para a visualização eficaz de dados 3D em uma variedade de contextos e plataformas.

5 METODOLOGIA

O desenvolvimento de um protótipo para gerenciamento e visualização de imagens médicas envolve determinados passos a serem executados.

5.1 ESPECIFICAÇÕES DA IMPLEMENTAÇÃO

O sistema foi desenvolvido com as linguagens C# na versão 8 e com o framework .NET 6 e C++ na versão 17 com .NET Framework 4.7.2. Além da implementação com o WPF, uma ferramenta para a criação de interfaces gráficas para o sistema Windows¹, entre as principais facilidades que o WPF pode trazer é a facilidade para o desenvolvimento utilizando o padrão MVVM² pois oferece recursos para a ligação automática dos dados entre view e viewmodel. Para a persistência dos dados foi escolhido o ORM Entity Framework Core na versão 7.0.0, permitindo uma maior abstração e independência do SGBD utilizado.

5.2 DEFINIÇÃO DAS ENTIDADES DO SISTEMA

Primeiramente, deve-se definir as principais entidades do sistema, tais como paciente, Médico, Usuário, Procedimento, Análise e Laudo. Após isso é iniciado a implementação efetiva no SGBD, exemplificados na Figura 2.

- **Paciente:**

- Representa os indivíduos que estão passando por exames médicos.
- Cada paciente possui um perfil no sistema, contendo informações relevantes, resultados anteriores de exames e dados pessoais.

- **Médico:**

- Refere-se aos profissionais de saúde responsáveis por solicitar, conduzir e interpretar exames médicos.
- Cada médico possui um perfil que inclui suas especialidades, informações de contato e histórico de exames solicitados.

- **Procedimento:**

- Descreve os diferentes tipos de exames e procedimentos médicos disponíveis.

¹ Retirado de: <https://github.com/dotnet/wpf> em 01/12/2023

² Retirado de: <https://learn.microsoft.com/pt-br/archive/msdn-magazine/2009/february/patterns-wpf-apps-with-the-model-view-viewmodel-design-pattern> em 01/12/2023

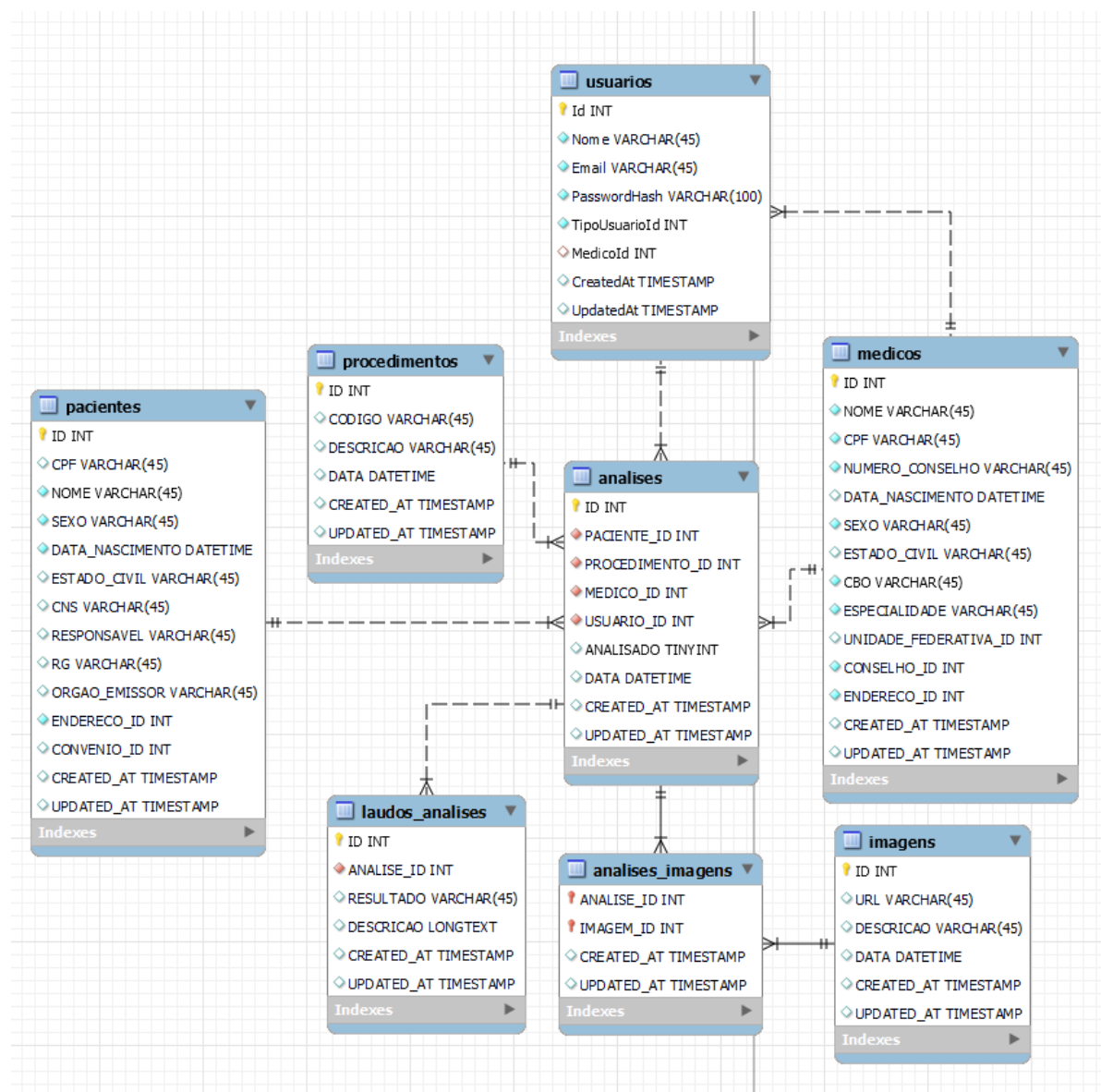
- **Análise:**

- Cada exame no formato DICOM é registrado como uma análise.

- **Laudo:**

- Um laudo está vinculado a uma análise específica e contém informações precisas sobre os achados, diagnósticos e recomendações médicas.

Figura 2 – Relacionamento de Entidades no banco de dados relacional

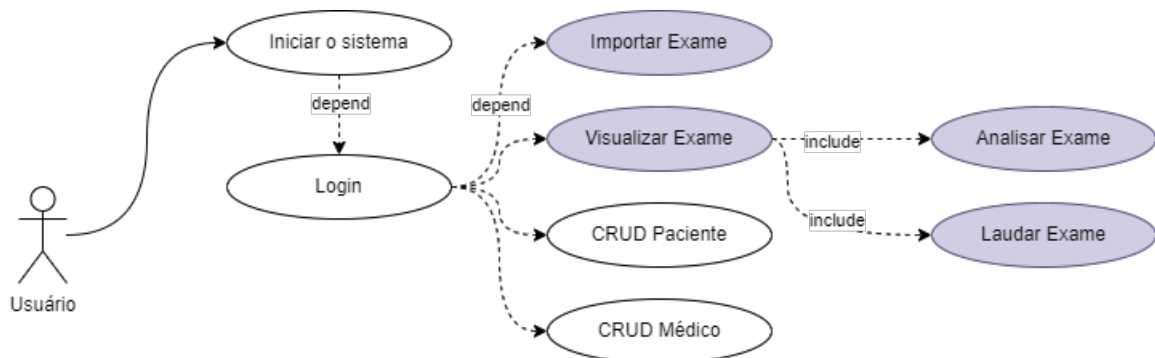


Fonte: Produzido pelo autor

5.3 CASOS DE USO

Para atender às necessidades essenciais do usuário, o sistema oferece uma gama de casos de uso fundamentais para a prática clínica. Abaixo, destacamos os principais casos de uso.

Figura 3 – Diagrama UML de Casos de Uso



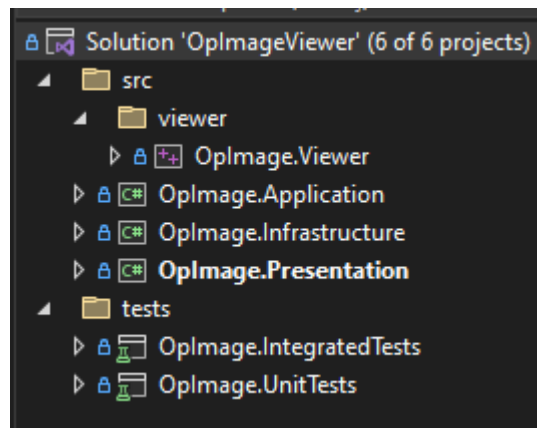
Fonte: Produzido pelo autor

- **Caso de Uso Importar Exame:** A funcionalidade de importar exames permite que o usuário copie facilmente dados provenientes de diferentes fontes, também verificando a integridade dos dados a serem importados.
- **Caso de Uso Visualizar Exame:** Proporciona ao usuário a visualização das imagens DICOM e todos os seus sub-volumes.
- **Caso de Uso Analisar Exame:** O usuário pode aplicar o algoritmo para identificação de habitats tumorais para o exame selecionado na visualização, e após alguns minutos receber o resultado com novas imagens e métricas sobre os habitats encontrados.
- **Caso de Uso Laudar Exame:** Esta funcionalidade permite a escrita de um laudo médico através de um editor de texto, podendo ser carregado um modelo pré estabelecido de laudo ou não e verificar laudos anteriores.

5.4 MÓDULO DE GERENCIAMENTO

Após a implementação do banco de dados, é iniciado o projeto para uma aplicação desktop Windows em WPF (Windows Presentation Foundation) com a linguagem de programação C#, utilizando a arquitetura de três camadas com uma camadas para apresentação, aplicação, e para infraestrutura exposta na Figura 4 (??).

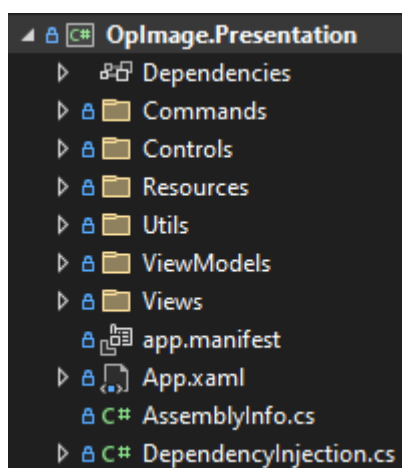
Figura 4 – Imagem dos Projetos da Solução OplImageViewer



Fonte: Produzido pelo autor

Assim, a camada de apresentação utiliza o padrão MVVM, como demonstrado na Figura 5.

Figura 5 – Imagem da Estrutura de Arquivos na Camada de Apresentação



Fonte: Produzido pelo autor

Após, definir a organização do projeto é feita a criação das principais telas da UI do sistema, foi definida uma paleta de cores mais escura apresentadas na Figura 6, uma vez que, os sistemas de visualização de imagens médicas geralmente são utilizados em ambientes de baixa luminosidade. Uma paleta de cores escura ajuda a manter a adaptação dos olhos a essas condições de baixa luz, minimizando a fadiga ocular.

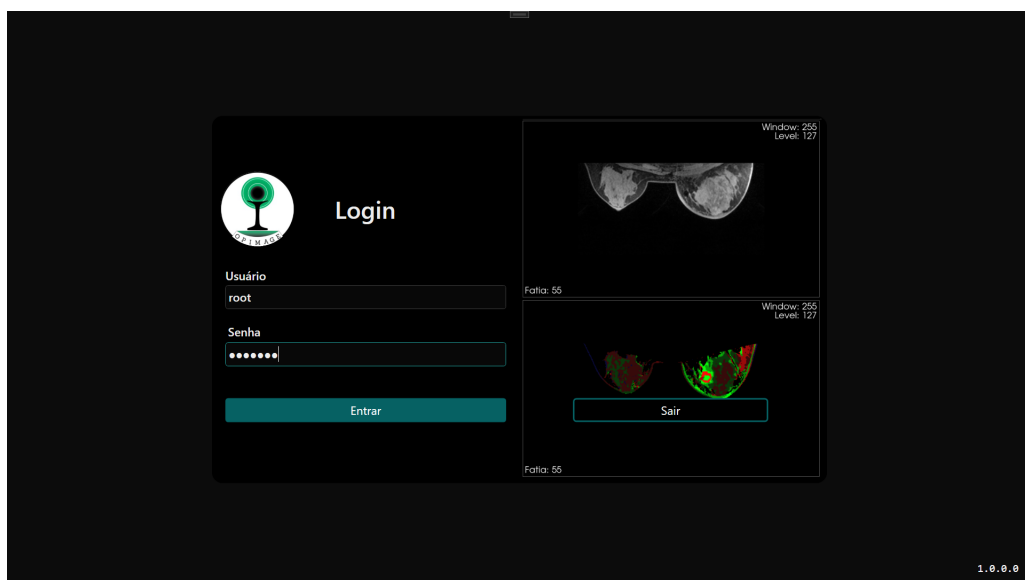
Figura 6 – Imagem da Paleta de Cores da Aplicação



Fonte: Produzido pelo autor

A interface do programa, funciona em tela cheia, não permitindo apenas o logout e desligamento do dispositivo por se tratar de um software. A seguir a Figura 7 onde o usuário realizará o login.

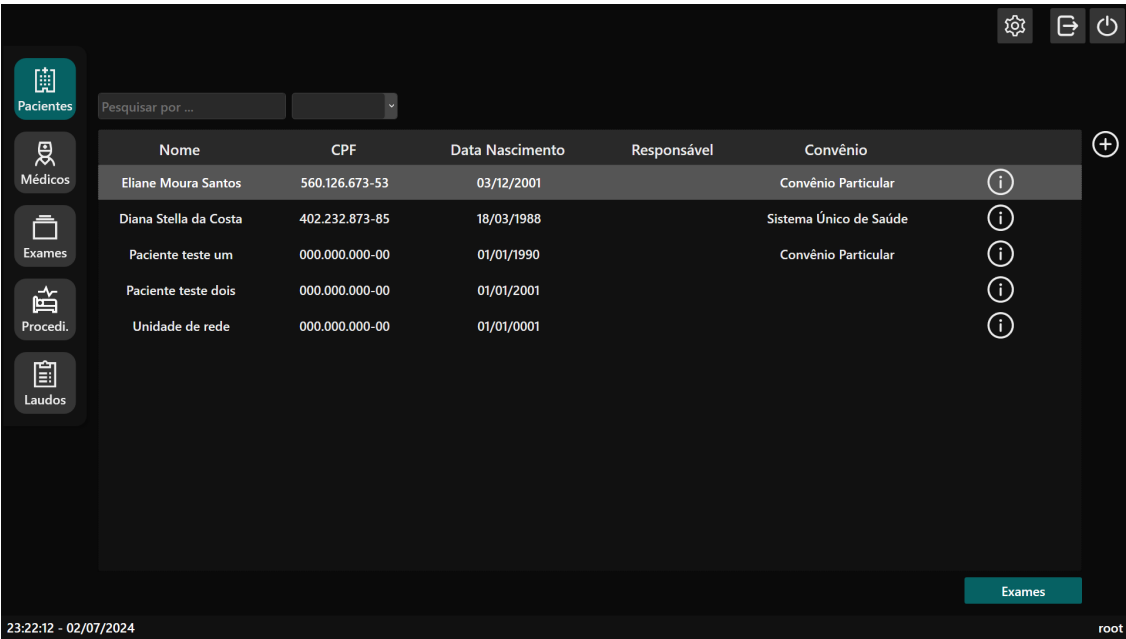
Figura 7 – Captura de Tela do Login Inicial da Aplicação



Fonte: Produzido pelo autor

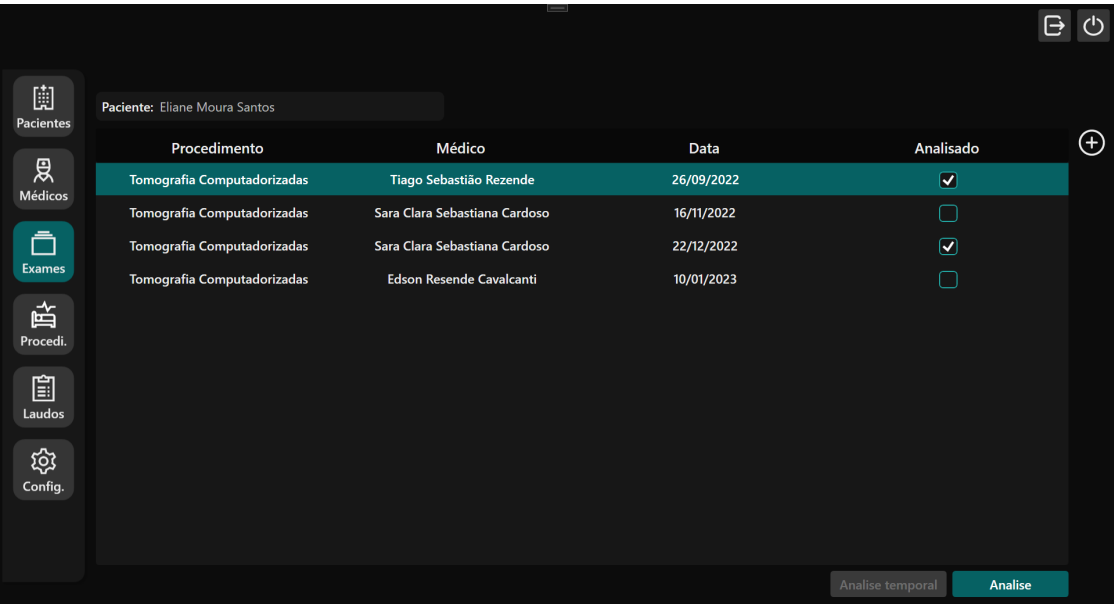
Após a realização do login o usuário é direcionado para a tela de listagem dos pacientes como está demonstrado na Figura 8. Uma vez tendo selecionado o paciente, o programa irá para a tela de listagem dos exames do paciente selecionado, como mostrado na Figura 9.

Figura 8 – Captura de Tela do Paciente



Fonte: Produzido pelo autor

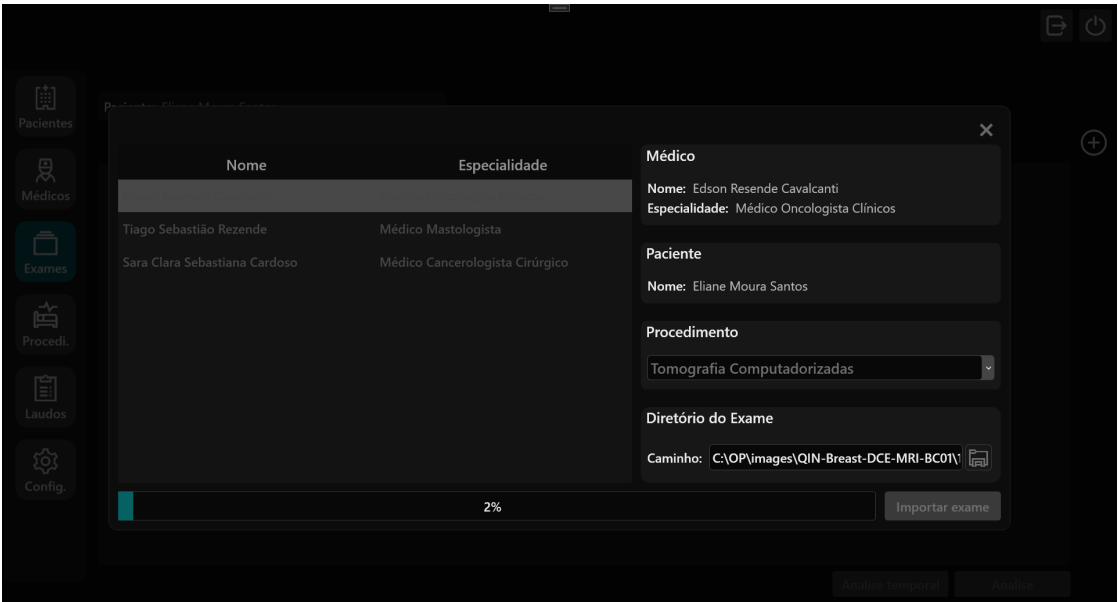
Figura 9 – Captura de Tela de Exames do Paciente



Fonte: Produzido pelo autor

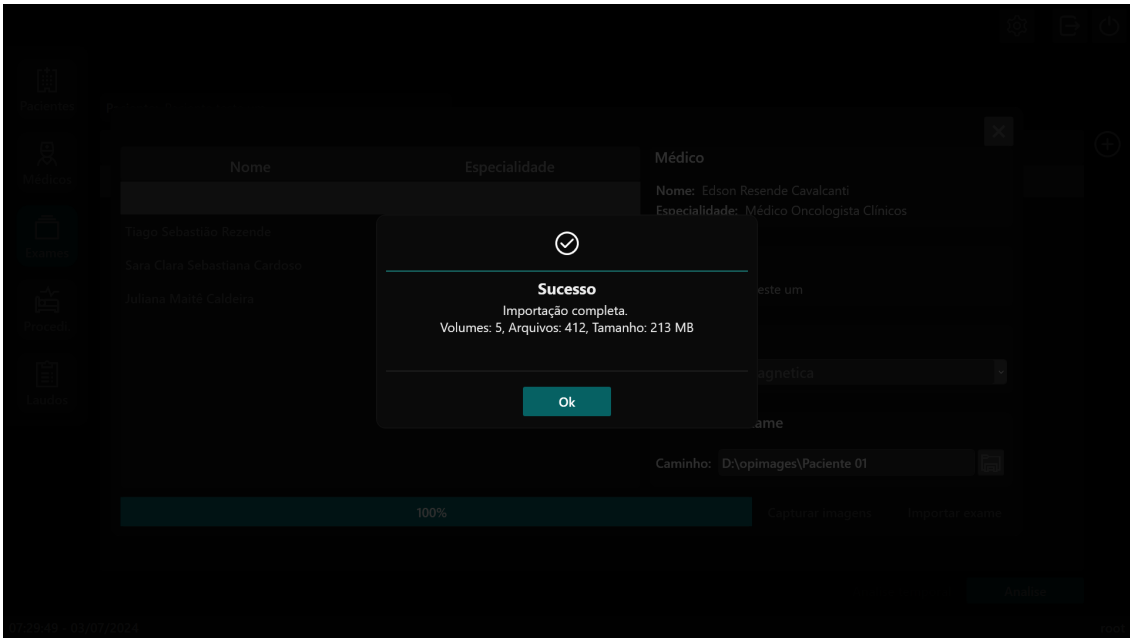
A seguir nas Figuras 10 e 11 apresenta da tela que possibilita a importação de novos exames. O usuário deve selecionar um médico, paciente, procedimento e o local no disco onde está o exame. Após isso o programa irá copiar os dados do exame original, além de realizar verificações para a validação das séries no formato DICOM.

Figura 10 – Captura de Tela para Adicionar Novo Exame



Fonte: Produzido pelo autor

Figura 11 – Captura de Tela de Importação Bem Sucedida



Fonte: Produzido pelo autor

5.5 MÓDULO DE VISUALIZAÇÃO

Após a importação do exame o usuário poderá ir o modo de visualização, o qual tem como objetivo a visualização das imagens volumétricas, as bibliotecas utilizadas foram o VTK e ITK. Para gerenciamento as telas renderizadas foi definida uma classe em C++ nativo possuindo sub rotinas que implementam diretamente o código das bibliotecas para renderizar uma janela com a imagem e uma classe em C++/CLI como invólucro da primeira classe ambas representadas nas Figuras 12 e 13, visando uma camada de abstração e compatibilidade com projetos com .NET.

Figura 12 – Trecho do Código da Classe VtkWindowOp

```
public class VtkWindowOp {
public:
    string path;
    int height;
    int width;
    IntPtr parent;
    vtkSmartPointer<vtkImageViewer2> imageViewer;
    vtkSmartPointer<vtkRenderWindow> renderwindow;

    vtkSmartPointer<vtkRenderWindow> renderwindow3d;

    VtkWindowOp(string path_, int height_, int width_, IntPtr parent_) {
        this->path = path_;
        this->height = height_;
        this->width = width_;
        this->parent = parent_;
    }

private:
    vtkSmartPointer<vtkImageData> ConvertToVTKImage(VolumeType::Pointer
volume);
public:
    void RenderWindow();
    void WindowSetSize(int height, int width);
    void CloseWindow();
    int GetSlice();
    int GetSliceMin();
    int GetSliceMax();
    void SetSlice(int slice);

    void RenderWindow3D(HWND parent);
    void Close3dWindow();
};
```

Fonte: Produzido pelo autor

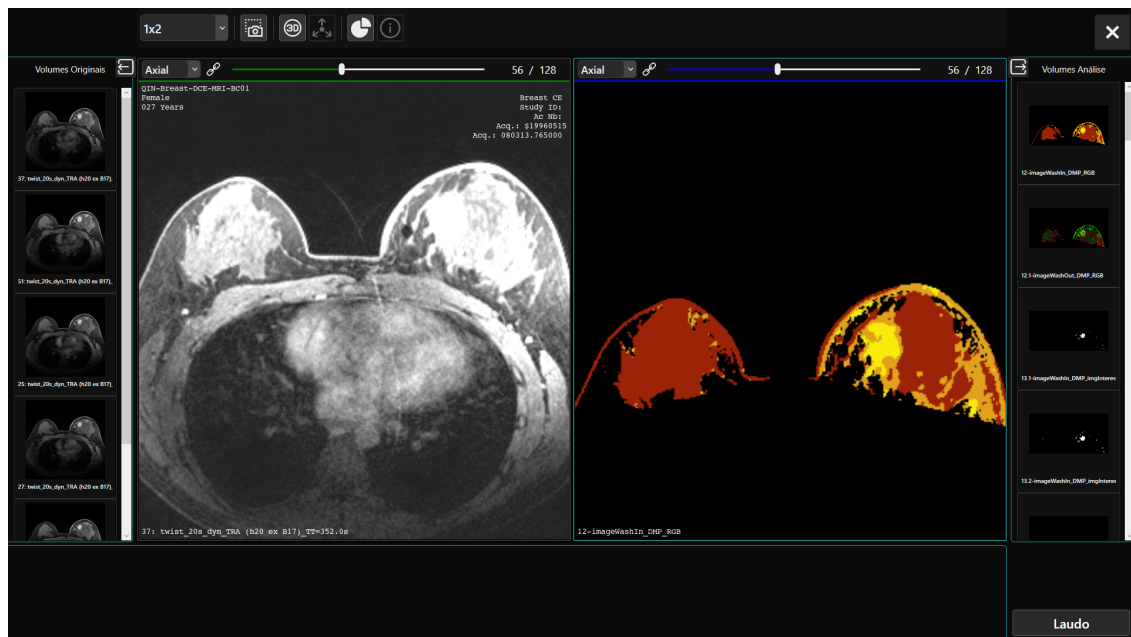
Figura 13 – Trecho do Código da Classe VtkWindwOpWrapper

```
public ref class vtkWindowOpWrapper {  
private:  
    vtkWindowOp* native_Obj;  
public:  
    vtkWindowOpWrapper(string path_, int layoutSizePos_, HWND parent_) {  
        native_Obj = new vtkWindowOp(path_, layoutSizePos_, parent_);  
    }  
    ~vtkWindowOpWrapper() {  
        delete native_Obj;  
    }  
    void RenderWindow();  
    void RenderWindow3D(HWND parent);  
    void Close3dWindow();  
    void CloseWindow();  
    int GetLayoutSizePos();  
    string GetPath();  
    int GetSlice();  
};
```

Fonte: Produzido pelo autor

Após finalizar módulo de visualização com a renderização de uma imagem em uma janela pelo VTK, é necessário implementar no projeto responsável pela camada de apresentação um objeto do tipo `System.Windows.Panel`³ em uma tela, uma vez que, ele possui um identificador único dentro dos processos do sistema. Por fim, passando na janela do VTK o identificador único do objeto onde a janela será carregada, sendo o resultado final a Figura 14 a seguir.

Figura 14 – Captura de Tela da Visualização das Imagens Médicas



Fonte: Produzido pelo autor

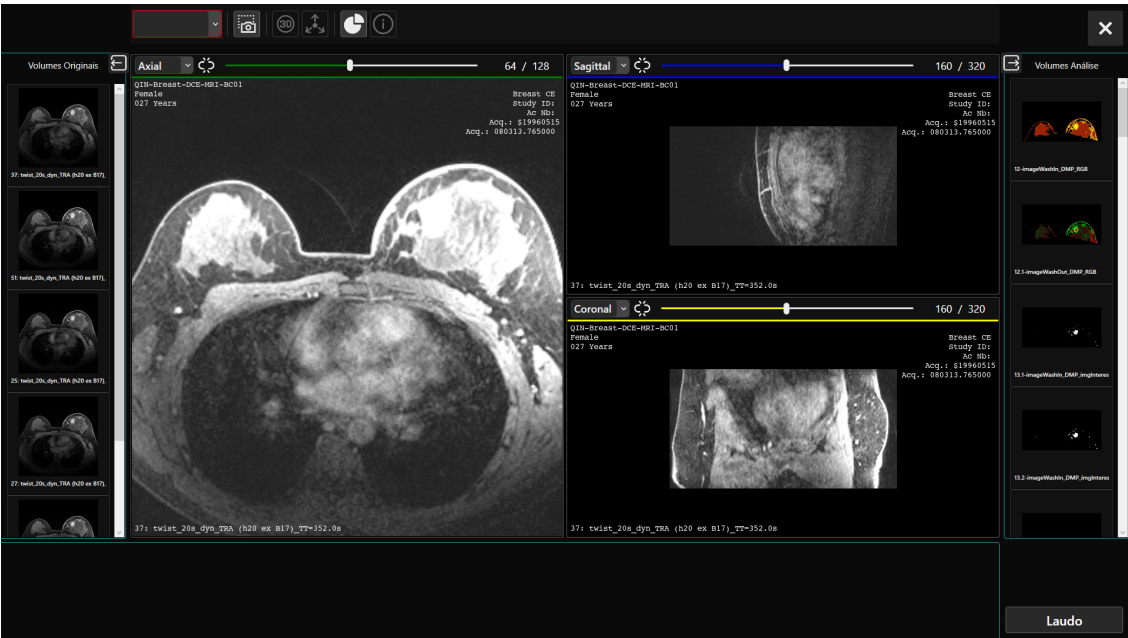
5.5.1 Detalhamento das principais funcionalidades

As Figuras 15 e 15 exibem como imagens são exibidas. Geralmente, são apresentados três planos anatômicos: axial (transversal), coronal (frontal) e sagital (lateral). Cada plano é representado em uma janela separada, permitindo ao usuário visualizar as imagens em diferentes orientações.

- **Deslocamento Através das Fatias:** Mover-se através das diferentes fatias da imagem em cada plano anatômico.
- **Ajustes de Visualização:** Mover-se através das diferentes fatias da imagem em cada plano anatômico.
- **Visualização de Metadados da Imagem:** Permite observar metadados da imagem referentes a sua aquisição como, nome do paciente, sexo, idade, data de aquisição, orientação do paciente.

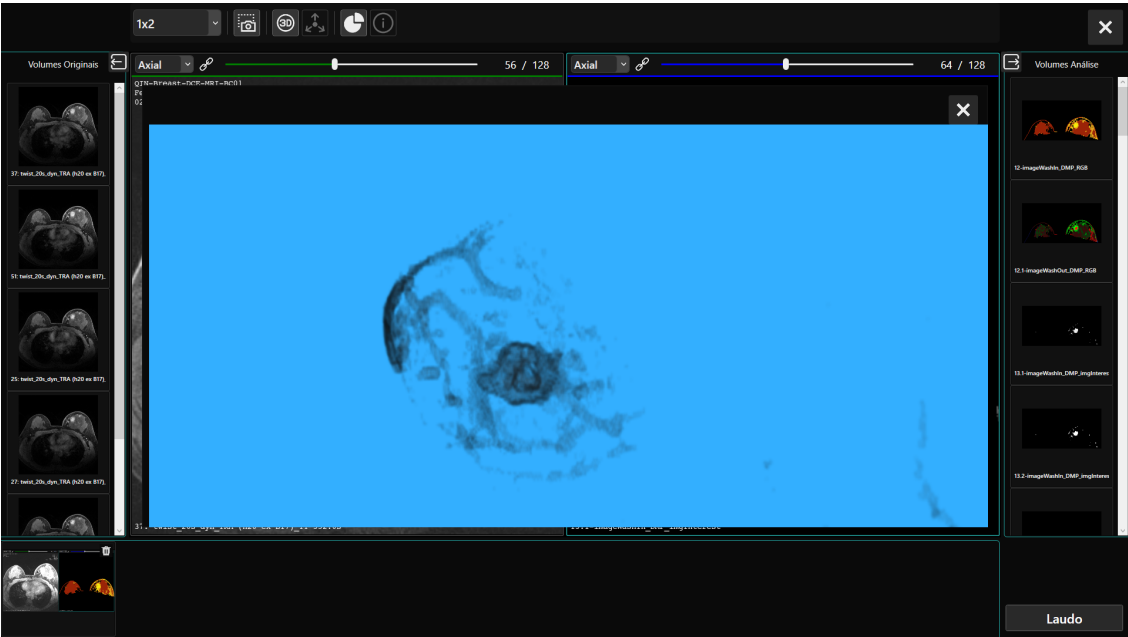
³ Elemento gráfico do ambiente .NET Framework para aplicações no Windows

Figura 15 – Captura de Tela da Visualização das Imagens em MPR (Multiplanar Reconstruction)



Fonte: Produzido pelo autor

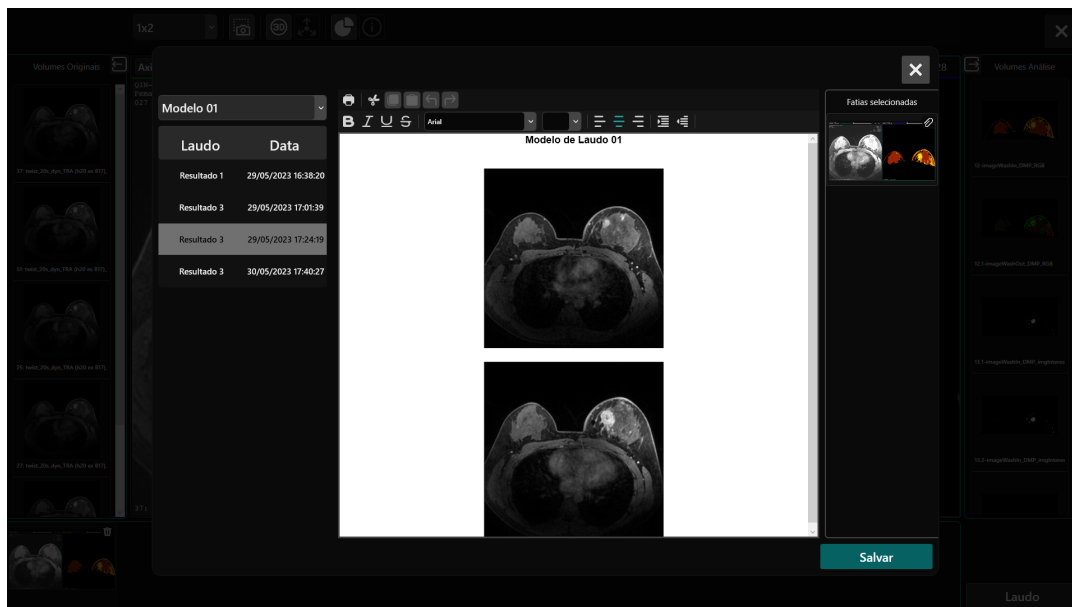
Figura 16 – Captura de Tela da Visualização 3D das Imagens Médicas



Fonte: Produzido pelo autor

A seguir na Figura 17 é apresentada a tela utilizada pelo usuário para emissão de laudos, permitindo a edição e salvamento de um documento com imagens selecionadas e visualização do histórico de laudos emitidos para um determinado exame.

Figura 17 – Captura de Tela da Edição de Laudo do Exame

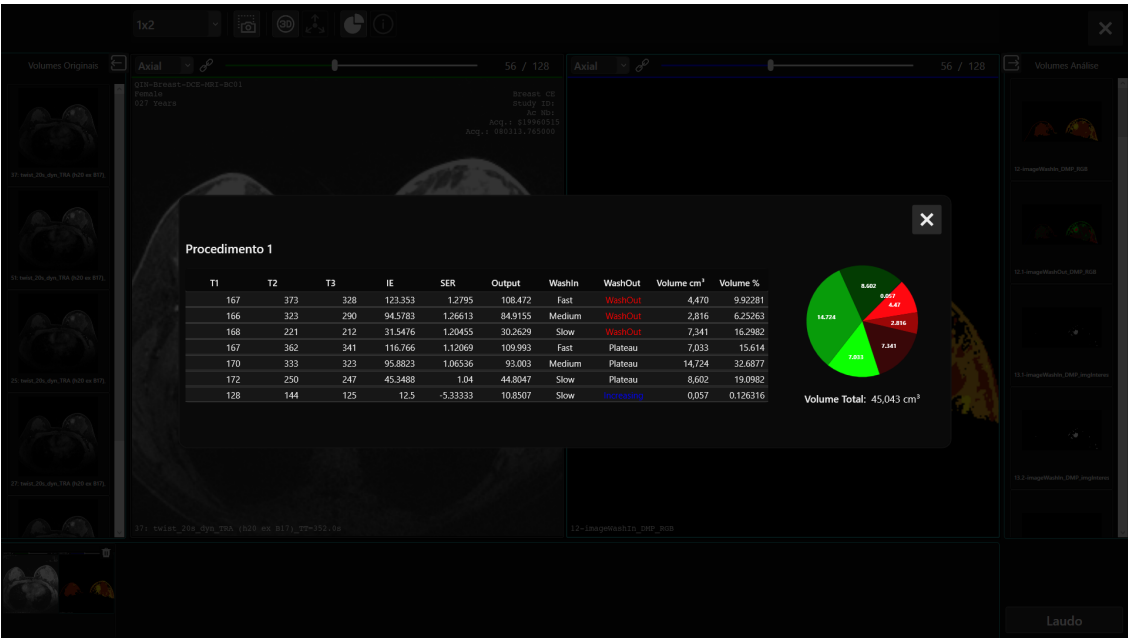


Fonte: Produzido pelo autor

5.6 MÓDULO DE ANÁLISE

Este módulo é responsável pela análise dos exames dos pacientes aplicando o descritor de textura molecular (MTD) e o mapeamento patofisiológico de textura, para encontrar os habitats inerentes ao tumor [5]. Por se tratar de um algoritmo que utiliza versões mais antigas das bibliotecas VTK e ITK, foi proposto o funcionamento do projeto de análise como uma DLL compilada no CMake podendo ser utilizado pelos módulos descritos anteriormente. Desse modo, os resultados da análise do exame selecionado (??) podem ser vistos graficamente pelo usuário, como apresentado na Figura 18.

Figura 18 – Captura de Tela da Visualização dos Resultados da Análise

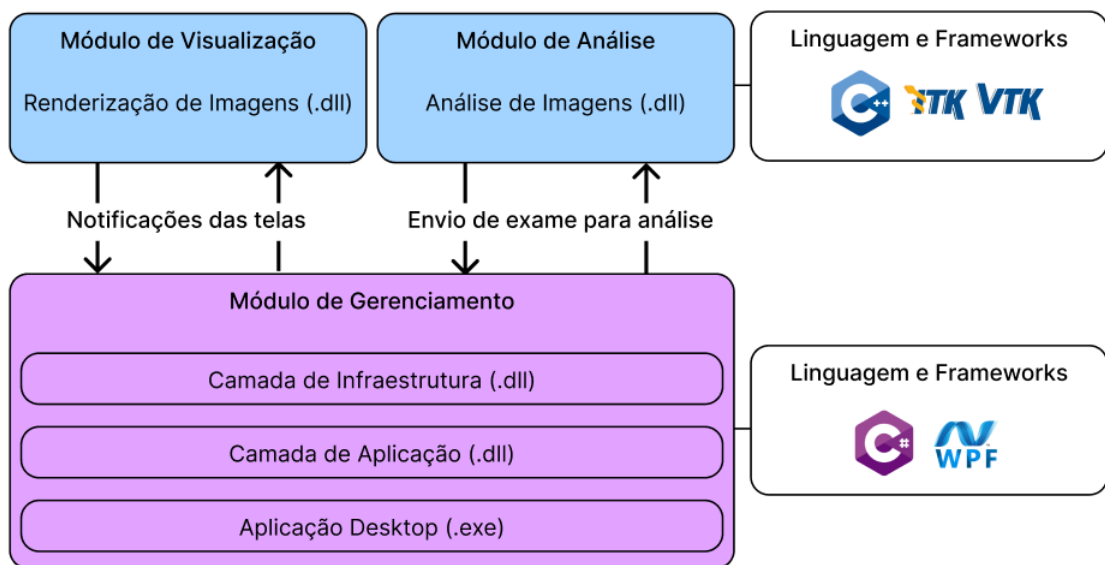


Fonte: Produzido pelo autor

5.7 ARQUITETURA

A Figura 19 demonstra a arquitetura, que consiste nos módulos já citados, no módulo de gerenciamento a aplicação desktop possui o executável que será responsável para iniciar um processo no sistema operacional e realizar a chamada das demais bibliotecas. Desse modo, a arquitetura proposta permite a utilização de diferentes ferramentas e linguagens em projetos separados em uma única solução.

Figura 19 – Representação da Arquitetura da Aplicação



Fonte: Produzido pelo autor

6 CONCLUSÃO

O trabalho apresenta um software para visualização e análise de imagens médicas. Dessa forma, foi desenvolvida uma ferramenta inovadora para a análise de exames médicos e acompanhamento do tratamento do câncer de mama.

Portanto, os objetivos estabelecidos para um protótipo, visando evitar possíveis erros de diagnóstico possuindo uma exibição quantificada de possíveis habitats tumorais, clínicas especializadas no tratamento oncológico possuem possíveis usuários. A solução atende a esse público, apoiando à tomada de decisão de profissionais de saúde.

6.1 TRABALHOS FUTUROS

Devido a ser um protótipo, algumas funcionalidades neste software não foram implementadas. Para as próximas versões, este software receberá algumas outras funções que não estão presentes na atual, tais como:

- Alteração do projeto do módulo de visualização para uma dynamic link library permitindo mais opções de integração.
- Inserir o módulo de análise na mesma solução dos demais módulos.
- Implementação de testes para o módulo de gerenciamento sendo, testes unitários, integrados e de arquitetura.

REFERÊNCIAS

- BAILAR, J. C.; G., H. L. **Cancer undefeated**. New England Journal of Medicine, v. 336, n. 22, p. 1569–1574, 1997.
- GIBAUD, B. **The dicom standard: A brief overview**. p. 229–238, 2008.
- JOHNSON, H. J.; MCCORMICK, M. M.; IBANEZ, L. **The ITK Software Guide Book 2: Design and Functionality**. [S.l.: s.n.], 2015.
- Kitware, Inc. **The VTK User's Guide**. 2010. Acesso em: 04 Jul. 2022. Disponível em: <<https://vtk.org/wp-content/uploads/2021/08/VTKUsersGuide.pdf>>.
- MARTIN, R. C. **The Clean Architecture**. 2012. Acesso em: 25 Nov. 2022. Disponível em: <<https://blog.cleancoder.com/uncle-bob/2012/08/13/the-clean-architecture.html>>.
- MILDENBERGER, P. et al. **Introduction to the dicom standard**. European Radiology, v. 12, n. 4, p. 920–927, 2002.
- NETO, O. P. S. et al. **Pathophysiological mapping of tumor habitats in the breast in dce-mri using molecular texture descriptor**. Computers in Biology and Medicine, v. 106, p. 114–125, 2019.
- NETO, O. P. S. et al. **Análise temporal de mudanças no tecido tumoral da mama em imagens de ressonância magnética com realce de contraste dinâmico**. 2022.
- PEDRINE, H.; SCHWARTZ, W. R. **Análise de imagens digitais: princípios, algoritmos e aplicações**. São Paulo: Thomson Learning, 2008.
- ROSSI, L.; SANTOS, A. M. **Repercussões psicológicas do adoecimento e tratamento em mulheres acometidas pelo câncer de mama**. Psicologia: Ciência e Profissão, v. 23, n. 4, p. 32–41, 2003.