

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS**

Gabriel Longhini Ouriques

Interface gráfica para microscópio especular

São Carlos

2021

Gabriel Longhini Ouriques

Interface gráfica para microscópio especular

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Elétrica com Ênfase em Eletrônica, da Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro Eletricista.

Orientadora: Profa. Dra. Liliane Ventura

São Carlos
2021

AUTORIZO A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO,
POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS
DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Prof. Dr. Sérgio Rodrigues Fontes da
EESC/USP com os dados inseridos pelo(a) autor(a).

093i Ouriques, Gabriel Longhini
 Interface gráfica para microscópio especular /
 Gabriel Longhini Ouriques; orientadora Liliane Ventura.
 São Carlos, 2021.

 Monografia (Graduação em Engenharia Elétrica com
 ênfase em Eletrônica) -- Escola de Engenharia de São
 Carlos da Universidade de São Paulo, 2021.

 1. Microscopia espular. 2. Interface gráfica. 3.
 Sistemas embarcados. 4. React. 5. Electron. 6. Python.
 7. C++. 8. Engenharia de Software. I. Título.

FOLHA DE APROVAÇÃO

Nome: Gabriel Longhini Ouriques

Título: “Interface gráfica para microscópio especular”

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado
em 12 / 07 / 2021,

com NOTA 9,2 (NOVE , DOIS), pela Comissão Julgadora:

Profa. Associada Liliane Ventura - Orientadora - SEL/EESC/USP

M.Sc Silvio Antonio Tonissi Junior - Eyetech/Sócio-Gerente e
Diretor

M.Sc Larissa Vieira Musetti - Doutoranda/Eng. Elétrica - EESC/USP

Coordenador da CoC-Engenharia Elétrica - EESC/USP:
Prof. Associado Rogério Andrade Flauzino

Este trabalho é dedicado à minha família, amigos e a todos os que promovem a ciência.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à professora Dra. Liliane pela oportunidade de desenvolver este trabalho junto à ela e ao Laboratório de Instrumentação Oftálmica. Agradeço pelo apoio, paciência e conhecimento compartilhado que foram elementos fundamentais e inspiradores para este trabalho.

Agradeço à minha família, principalmente minha mãe, pelo apoio incondicional durante a graduação, essenciais para a existência deste trabalho.

Agradeço aos grandes amigos que fiz em São Carlos, pelos ótimos momentos que compartilhamos nesta jornada.

Agradeço à Universidade de São Paulo, especialmente ao campus de São Carlos, e aos professores do Departamento de Engenharia Elétrica por proporcionar educação científica de qualidade ímpar.

*“O maior inimigo do conhecimento não é a ignorância,
é a ilusão de conhecimento.”
Stephen Hawking*

RESUMO

OURIQUES, G. L. **Interface gráfica para microscópio especular**. 2021. 69p.
Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) - Escola de Engenharia de São Carlos,
Universidade de São Paulo, São Carlos, 2021.

Este trabalho aborda o desenvolvimento de uma interface gráfica para um microscópio especular, associando os conhecimentos de Engenharia de *Software* e Oftalmologia. O microscópio especular é um equipamento que realiza exames de microscopia no endotélio corneano, fornecendo o número de células, o índice de pleomorfismo (índice de células disformes – não hexagonais) e índice de polimegatismo (índice de células dimensões alteradas – inchadas). O *software* que reconhece e processa a imagem, fornecendo estes índices já estava concebido em Python. Este trabalho trata-se do desenvolvimento a interface do equipamento com o usuário, que no caso é o microscópio especular utilizado para pacientes na clínica e não para Banco de Olhos. A linguagem de programação escolhida para a codificação foi Javascript, mais especificamente as bibliotecas Electron e React, além de códigos escritos em Python e C++. A interface contém cadastros do paciente e do médico; janelas para a visualização do exame ao vivo, captura da imagem, integração com o software de processamento da imagem e do relatório fornecido, e ainda, armazena e possui pré-visualização exames anteriores. Também conta com os usuais formatos de configuração do *software* destinado a esse tipo de exame. O *software* foi implementado no microscópio especular, que possui toda a informatização embarcada e encontra-se em testes laboratoriais para seguir para o mercado.

Palavras-chave: Microscopia especular. Interface gráfica. Sistemas embarcados. React. Electron. Python. C++. Engenharia de Software.

ABSTRACT

OURIQUES, G. L. **Graphical user interface for specular microscope**. 2021. 69p. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2021.

This work addresses the development of a graphical interface for a specular microscope, combining the knowledge of Software Engineering and Ophthalmology. The specular microscope is a device that performs microscopy exams on the corneal endothelium, providing the number of cells, the pleomorphism index (index of misshapen cells – non-hexagonal) and polymegathism index (index of altered cell dimensions – swollen). The software that recognizes and processes the image, providing these indices, was already conceived in Python. This work is about the development of the equipment's interface with the user, which in this case is the specular microscope used for patients in the clinic and not for Eye Banks. The programming language chosen for coding was Javascript, more specifically the Electron and React libraries, in addition to using codes written in Python and C++. The interface contains patient and doctor records; windows for viewing the live exam, image capture, integration with the image processing software and the provided report, and also stores and previews previous exams. It also has the usual software configuration formats for this type of exam. The software was implemented in the specular microscope, which has all the computerization on board and is in laboratory tests to go to the market.

Keywords: Specular microscopy. Graphical user interface. Embedded systems. React. Electron. Python. C++. Software Engineering.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Córnea e suas camadas.	23
Figura 2 – Observação do endotélio com fenda de luz a 60°.	24
Figura 3 – Camada endotelial observada por microscopia especular.	25
Figura 4 – Imagem de identificação do pleomorfismo e do polimegatismo do mi- croscópio especular da EYETEC Vorocell ®.	26
Figura 5 – Microscópio especular da EYETEC Vorocell ®.	27
Figura 6 – Exemplo de um DFD para cadastro de pessoas em um banco de dados.	29
Figura 7 – DFD nível 0 do Vorocell.	32
Figura 8 – DFD nível 1 do Vorocell - O menu principal.	34
Figura 9 – Imagem da tela principal do Vorocell.	43
Figura 10 – Imagem da tela de identificação do paciente e do médico para o exame.	44
Figura 11 – Imagem contendo o botão de ajuda expandido.	45
Figura 12 – Imagem da tela de configuração do equipamento para o exame.	46
Figura 13 – Imagem da tela de alinhamento do olho.	46
Figura 14 – Imagem da tela durante as capturas da imagem do endotélio.	47
Figura 15 – Imagem da tela de processamento automático.	47
Figura 16 – Imagem da tela de um erro durante o processamento automático.	48
Figura 17 – Imagem da tela de seleção de áreas de capturas.	48
Figura 18 – Imagem da tela de edição de imagens processadas.	49
Figura 19 – Imagem da tela de relatórios de fim de exame.	50
Figura 20 – Imagem da tela de opções de impressão e exportação do relatório do exame.	50
Figura 21 – Imagem da tela da mensagem de confirmação para sair do exame.	51
Figura 22 – Imagem da tela de listagem de relatórios armazenados no equipamento.	51
Figura 23 – Imagem da tela de visualização de exames armazenados no equipamento.	52
Figura 24 – Imagem da tela de cadastro de médicos no banco de dados.	52
Figura 25 – Imagem da tela de cadastro de pacientes no banco de dados.	53
Figura 26 – Imagem da tela do banco de dados dos médicos e pacientes cadastrados.	53
Figura 27 – Imagem da tela de informações do hospital ou da clínica.	54
Figura 28 – Imagem da tela de configuração da conexão de internet sem fio.	54
Figura 29 – Imagem da tela de configuração da conexão de internet cabeada.	55
Figura 30 – Imagem da tela de configuração do servidor Samba de compartilhamento de arquivos.	55
Figura 31 – Imagem da tela de seção de ajuda.	56
Figura 32 – Imagem da tela de mensagem de desligamento do equipamento.	56
Figura 33 – DFD nível 2 do Vorocell - A seção de exame.	63

Figura 34 – DFD nível 2 do Vorocell - A seção de relatórios. 65

Figura 35 – DFD nível 2 do Vorocell - A seção de cadastros. 67

Figura 36 – DFD nível 2 do Vorocell - A seção de opções. 69

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

DFD	Diagrama de Fluxo de Dados
DICOM	<i>Digital Imaging and Communications in Medicine</i>
DNS	<i>Domain Name System</i>
GB	<i>Gigabyte</i>
IP	<i>Internet Protocol</i>
JPEG	<i>Joint Photographic Experts Group</i>
PDF	<i>Portable Document Format</i>
P&D	<i>Pesquisa e Desenvolvimento</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	21
1.1	Motivação	21
1.2	Objetivos	21
1.3	Organização	22
2	FUNDAMENTOS TEÓRICOS	23
2.1	O Microscópio Especular	23
2.2	Engenharia de Software	27
2.2.1	Análise de Sistemas e Análise de Requisitos	27
2.2.2	Diagrama de Fluxo de Dados	28
3	METODOLOGIA	31
3.1	Projeto do Vorocell	31
3.1.1	Projetos antigos	31
3.1.2	Projeto atual	31
3.1.2.1	Análise de Sistemas	32
3.1.2.2	Análise de Requisitos	33
3.1.2.3	Diagramas de Fluxo de Dados	34
3.1.2.4	Código de terceiros	37
3.2	Codificação	38
3.2.1	Principais Linguagens	38
3.2.2	Banco de Dados	41
4	RESULTADOS	43
4.1	Tela Principal	43
4.2	Novo Exame	44
4.3	Relatórios	48
4.4	Cadastros	49
4.5	Opções	49
4.6	Seção de Ajuda	52
4.7	Mensagem de desligamento do equipamento	53
5	CONCLUSÃO	57
5.1	O biênio de 2020 e 2021	57
5.2	Sugestões para trabalhos futuros	57

REFERÊNCIAS	59
APÊNDICES	61
APÊNDICE A – DFD NÍVEL 2: SEÇÃO DE EXAME	63
APÊNDICE B – DFD NÍVEL 2: SEÇÃO DE RELATÓRIOS	65
APÊNDICE C – DFD NÍVEL 2: SEÇÃO DE CADASTROS	67
APÊNDICE D – DFD NÍVEL 2: SEÇÃO DE OPÇÕES	69

1 INTRODUÇÃO

1.1 Motivação

Este projeto teve como motivação o desenvolvimento de uma interface para usuário da área de Oftalmologia, de um microscópio especular Vorocell, da empresa EYETEC, que detém todos os direitos deste equipamento. A possibilidade de tornar o TCC um projeto de utilidade imediata foi possível pela permissão da empresa para tal, fornecendo toda a infraestrutura e material do projeto.

1.2 Objetivos

O objetivo deste trabalho foi o desenvolvimento de um *software* de interface entre equipamento e usuário, no caso, microscópio especular e médico, que controle a execução das etapas do exame, com a preocupação de se utilizar boas práticas de programação para futuras atualizações do programa, quando necessárias. Ou seja, um *software* que controle a execução das etapas do exame e faça a interface para que o usuário consiga configurá-lo. O *software* deve implementar todas as funções necessárias para realizar o exame em hospitais e clínicas, e não somente produzir um relatório de exame. As funções implementadas para realizar o exame são: identificação do paciente e do médico responsável pelo exame, configuração do equipamento (incluindo modo de captura, número de capturas, fixação do LED de iluminação e modo do relatório), captura das imagens do endotélio, seleção das imagens a serem processadas, edição das imagens processadas e criação do relatório do exame.

Portanto, os objetivos específicos são:

- Desenvolver um software utilizando linguagens de programação modernas.
- Implementar as funções primárias: Capturas de imagens para o exame, conectar o *software* da EYETEC, já desenvolvido, de processamento das imagens capturadas, que traça o contorno e realiza da contagem das células do endotélio, permite a edição do processamento (caso o usuário desejar) e fornece os índices de pleomorfismo e polimegatismo, gerando um relatório com os dados do exame fornecidos pelo software EYETEC.
- Implementar as funções secundárias: Banco de dados de pacientes e médicos, conectividade à internet, verificação de atualização automática, teclado virtual e compartilhamento de arquivos.
- Documentação e testes do projeto.

1.3 Organização

O trabalho está organizado nos seguintes capítulos:

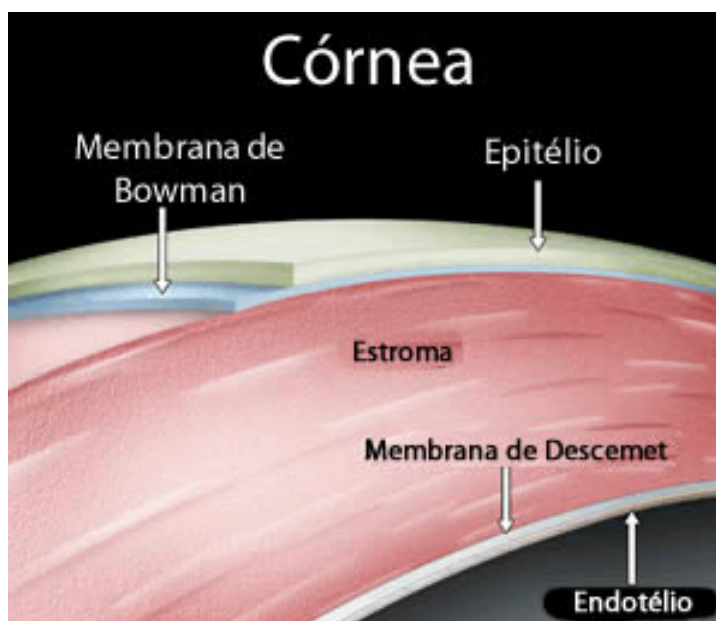
- **Capítulo 1: Motivação e Objetivos**
- **Capítulo 2: Fundamentos Teóricos** são descritos os princípios de funcionamento de um microscópio especular e a teoria de Engenharia de Software.
- **Capítulo 3: Desenvolvimento** constam os passos de desenvolvimento do aplicativo, desde seu projeto até a escolha das linguagens de programação.
- **Capítulo 4: Resultados** encontram-se as imagens das telas do aplicativo de produção na versão final do projeto.
- **Capítulo 5: Conclusão** constam as conclusões sobre o projeto, comentando a execução e propostas para futuros trabalhos.

2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1 O Microscópio Especular

Para se compreender onde este projeto se situa, uma breve descrição do microscópio especular será feita. Alguns projetos realizados no LIO em épocas passadas (VENTURA *et al.*, 2002), contemplavam o desenvolvimento de microscópios especulares, para visualização de endotélio in vivo e in vitro (HOGAN; ALVARADO; WEDDELL, 1971; LAING; SANDSTROM; LEIBOWITZ, 1979a; LAING; SANDSTROM; LEIBOWITZ, 1979b; STURROCK; SHERRARD; RICE, 1978). Utilizavam lâmpadas de Fenda (biomicroscópio ocular) para tal, mas o princípio de visualização do endotélio é o mesmo utilizado em todos os microscópios especulares para endotélio, até a atualidade. A córnea (HOGAN; ALVARADO; WEDDELL, 1971) consiste em três principais camadas: o epitélio, o estroma e o endotélio, como mostra a figura 1.

Figura 1 – Córnea e suas camadas.



Fonte: Adaptado de (INSTITUTO DE OLHOS DE GOIÂNIA, 2021).

O endotélio cobre o lado interno da córnea com uma única camada de células poligonais. O endotélio é particularmente importante por ser a camada responsável para a preservação ativa da córnea, desidratação e transparência do estroma. Assim, a análise do endotélio da córnea é de importância fundamental para determinar se a córnea é capaz de manter sua transparência. Uma córnea saudável deve ter pelo menos 2.000 células/mm². A única maneira de observar a camada endotelial é pelo método da "reflexão especular" (LAING; SANDSTROM; LEIBOWITZ, 1979a; STURROCK; SHERRARD; RICE, 1978), uma vez que o endotélio é uma camada unicelular e sua espessura é muito fina em

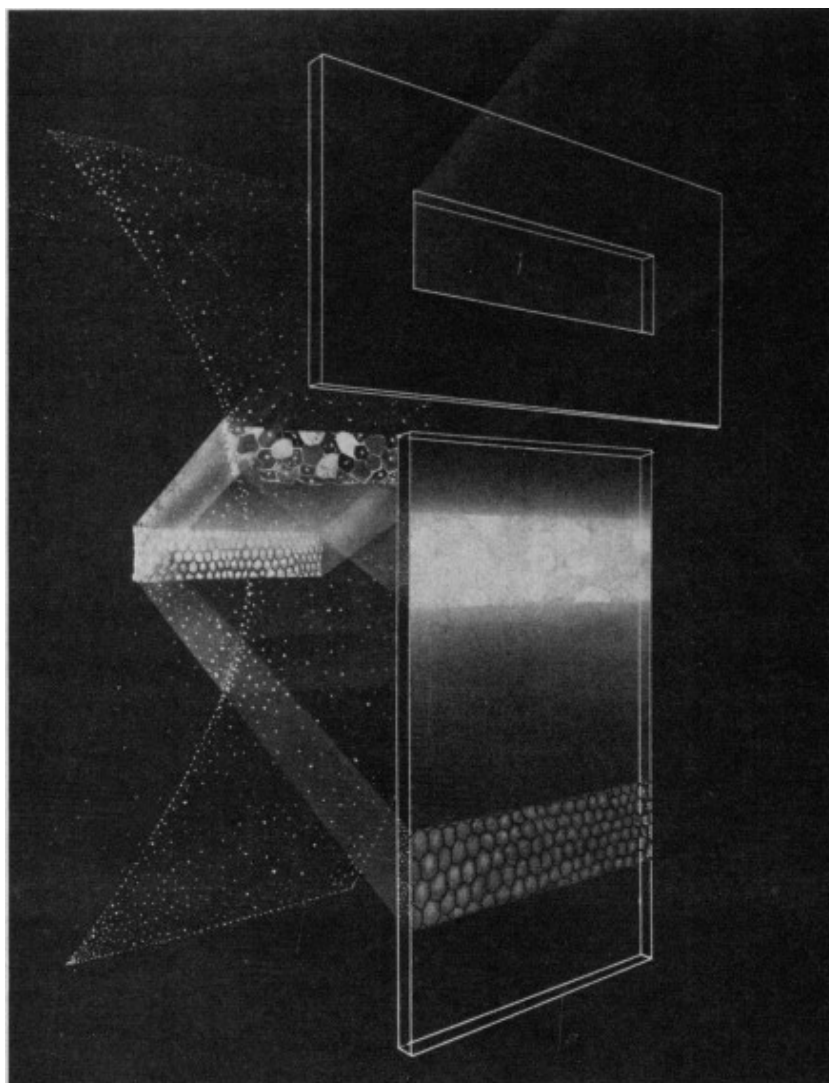
comparação com as demais camadas que compõem a córnea. Isto é capaz de ser observado com uma iluminação em forma de fenda.

A córnea normal apresenta celularidade endotelial dentro dos limites compatíveis para a faixa etária, com mais de 60% das células de formato hexagonal e padrão regular.

Para o adequado funcionamento da bomba endotelial, é preciso que toda a camada posterior da córnea seja revestida pelo mosaico de células endoteliais, que, em córneas normais, formam uma monocamada de 350 mil a 500 mil células (URBANO, A. P., 2021).

A Figura 2 (LAING; SANDSTROM; LEIBOWITZ, 1979a) mostra o esquema para a observação das células do endotélio. A fenda de luz atinge a córnea em um ângulo ideal, geralmente 60° , que é basicamente amplo o suficiente para fornecer a observação das três camadas principais (epitélio, estroma e endotélio) em três planos focais diferentes e ligeiramente um do outro, conforme mostrado na figura 2.

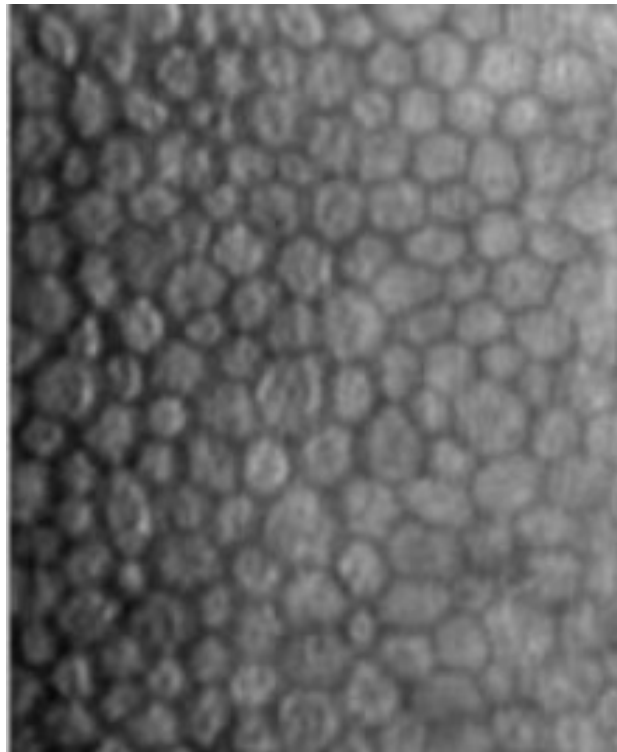
Figura 2 – Observação do endotélio com fenda de luz a 60° .



Fonte: Adaptado de (LAING; SANDSTROM; LEIBOWITZ, 1979a)

O observador focaliza a fenda de luz no plano focal desejado. A luz refletida correspondente ao epitélio e das camadas do estroma, são de intensidade muito maior em comparação à camada endotelial e interferem como um ponto brilhante desfocado. Como podemos observar na figura 2, os feixes de luz refletidos da camada endotelial são muito menos intenso do que os feixes de luz do epitélio e estroma. Esta é a razão pela qual uma imagem típica fornecida por microscopia especular, ao observar o endotélio, é composta por três partes diferentes: alta intensidade, (parte brilhante correspondendo ao epitélio e estroma), baixo contraste (camada do endotélio), e uma seção escura, que se refere aos componentes após o endotélio. A Figura 3 (ISAAC, 2004) mostra as células do endotélio observadas com uma ampliação de 100 vezes.

Figura 3 – Camada endotelial observada por microscopia especular.



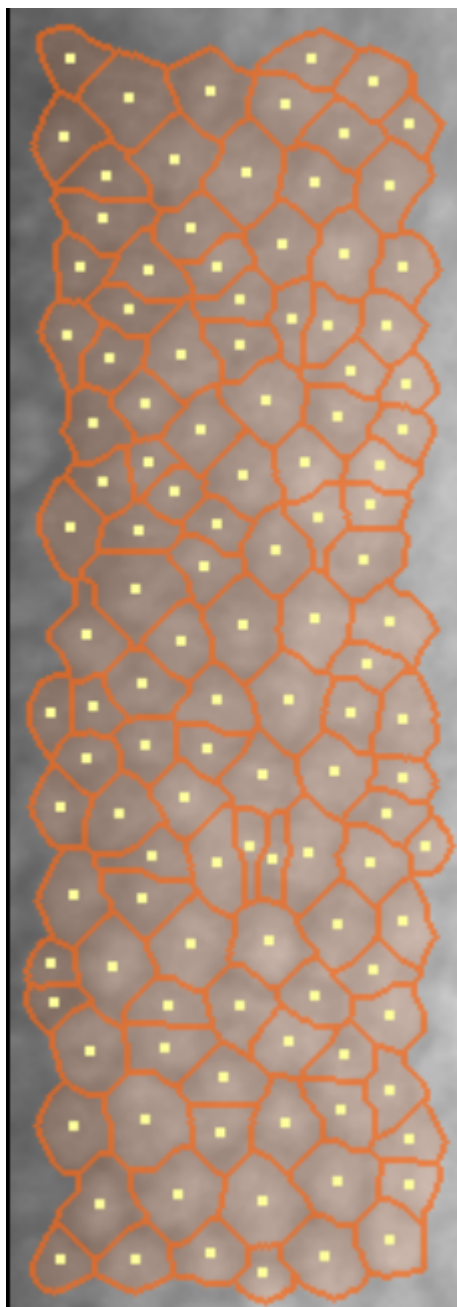
Fonte: Adaptado de (ISAAC, 2004)

Um endotélio normal, ou seja, com densidade celular adequada deve ser formado por células com forma e tamanhos regulares. Quando há perda celular o mosaico endotelial perde sua homogeneidade quanto ao formato e ao tamanho das células, a falta de uniformidade quanto ao formato das células é chamado de pleomorfismo e a falta de uniformidade quanto ao tamanho das células é chamado de polimegatismo. Tanto pleomorfismo quanto o polimegatismo são gerados pela perda celular e pela necessidade que as células possuem em preencher os espaços vazios deixados pelas que morreram. Tanto o pleomorfismo quanto o polimegatismo refletem a perda na eficiência do mecanismo de bomba bioquímica que mantém o conteúdo aquoso constante, com o estroma em um estado relativamente desidratado e bloqueia as propriedades osmóticas dos proteoglicanos estromais hidrofílicos

(ISAAC, 2004).

A figura 4 mostra imagens de identificação do pleomorfismo e do polimegatismo do microscópio especular da EYETEC Vorocell ®. E a figura 5 mostra o microscópio especular da EYETEC Vorocell ®, para o qual a interface foi desenvolvida neste trabalho de TCC.

Figura 4 – Imagem de identificação do pleomorfismo e do polimegatismo do microscópio especular da EYETEC Vorocell ®.



Fonte: Autoria própria.

Figura 5 – Microscópio especular da EYETEC Vorocell ®.



Fonte: Autoria própria.

2.2 Engenharia de Software

Os métodos de Engenharia de Software organizam o projeto de um *software*, dividindo as etapas de desenvolvimento em processos bem estruturados. Estas etapas buscam levantar os requisitos técnicos, econômicos e sociais relacionados ao projeto, para que o *software* seja desenvolvido de forma racional e dentro do prazo estipulado. Estes processos produzem documentos, modelos e dados que ajudam a equipe de desenvolvimento a gerir mudanças no software, garantindo a qualidade do produto (PRESSMAN, 2011).

Nesta seção, expõe-se as tipologias, os processos e as ferramentas de Engenharia de Software utilizadas durante o projeto.

2.2.1 Análise de Sistemas e Análise de Requisitos

A primeira etapa no desenvolvimento de um *software* é a Análise de Sistemas e a Análise de Requisitos. Estas duas análises são responsáveis por determinar quais são as

necessidades e desafios do projeto.

A Análise de Sistemas busca levantar os desafios do projeto que não envolvam somente o *software*, mas também quanto à:

- **Necessidade:** se realmente existe a necessidade de desenvolver um *software*.
- **Viabilidade:** se é possível desenvolver o *software* com o tempo e os recursos disponíveis.
- **Econômica:** análise de custos de desenvolvimento e manutenção do *software* são plausíveis, junto ao cliente.
- **Técnica:** levantamento de dados sobre a confiabilidade, manutenção e desempenho do *software*.
- **Arquitetura:** estruturar o projeto através de uma modelagem do sistema.

Uma ferramenta para a modelagem de sistema é apresentada na próxima seção.

A Análise de Requisitos é focada somente no *software*, e se preocupa quanto aos desafios de:

- **Reconhecimento do problema:** esclarecer qual problema será resolvido pelo *software*.
- **Avaliação e síntese:** especificação das funções desempenhadas pelo *software*, de forma técnica.
- **Modelagem:** criação de diagramas e protótipos que representam o *software*.
- **Especificação:** documentação das necessidades do cliente.
- **Revisão:** verificação de modificações no *software*.

Portanto, ambas análises buscam criar uma primeira especificação técnica do *software* (PRESSMAN, 2011).

2.2.2 Diagrama de Fluxo de Dados

A segunda etapa no desenvolvimento de um *software* é conceber um modelo do projeto. Dentre as técnicas que existem, uma técnica orientada a fluxo de dados é o Diagrama de Fluxo de Dados (DFD). A orientação a fluxo de dados permite uma visão global do *software*, onde é possível enxergar o fluxo de informação entre seus módulos. Esse fluxo de informação pode ser distribuído em camadas, onde as camadas mais superficiais

não envolvem tantos detalhes específicos do *software*, enquanto as camadas mais profundas adicionam mais detalhes de um sistema da camada superior.

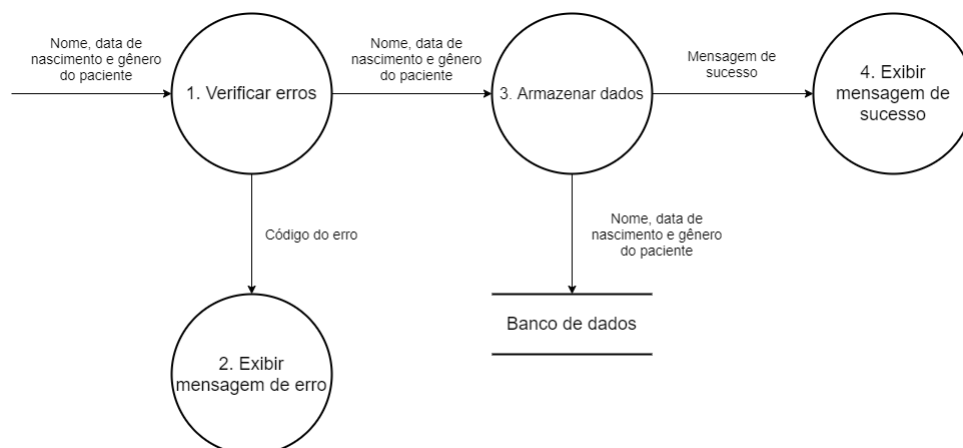
Estas camadas são chamadas de níveis e em um projeto, pode-se determinar o número de níveis conforme for necessário e/ou conveniente. A quantidade de informação contida em um DFD deve ser apropriada, para que o diagrama seja compreensível a quem o observa (PRESSMAN, 2011).

O DFD permite visualizar graficamente o sistema como uma rede, mostrando como a informação se transforma com os processos do *software*. As principais representações gráficas envolvem:

1. **Processos**, que são representados por **círculos**, com o número e nome do processo em seu interior. É um elemento transformador de informações, e representa uma atividade desenvolvida.
2. **Item de dados**, que são representados por **setas**, devem estar acompanhadas da descrição do dado que carregam. Descreve o movimento da informação entre os componentes.
3. **Entidade externa**, que são representados por **retângulos**, contendo em seu interior o nome da entidade. São componentes que estão fora do limite do *software*, e somente geram ou recebem informações.
4. **Depósito de dados**, que são representados por **barras horizontais paralelas**, contendo entre as barras o seu nome. Representa um componente que armazena dados que podem ser lidos ou escritos.

Para exemplificar, a figura 6 mostra um exemplo de um DFD para o cadastro de pessoas em um banco de dados.

Figura 6 – Exemplo de um DFD para cadastro de pessoas em um banco de dados.



Fonte: Autoria própria.

3 METODOLOGIA

Nesta seção, são abordadas as decisões do projeto de acordo com os fundamentos teóricos, desde o início do projeto até o produto final, mostrando quais linguagens de programação foram utilizadas, a metodologia de desenvolvimento do *software* e os desafios encontrados na execução.

3.1 Projeto do Vorocell

O projeto do Vorocell foi desenvolvido pela Eyetec para ser um microscópio especular de não-contato, ou seja, o aparelho não toca no olho do paciente durante o exame.

Neste contexto, *software* e aplicativo são sinônimos, e fazem parte do projeto. O projeto envolve todo o contexto de desenvolvimento do produto, o microscópio especular.

3.1.1 Projetos antigos

O equipamento predecessor ao projeto deste trabalho é controlado por um *notebook*, que contém o aplicativo responsável pela execução do exame, e o equipamento contém somente o sistema ótico, incluindo câmeras, sistema de iluminação e a alavanca de controle.

Para reduzir custos e modernizar o projeto, a equipe de desenvolvedores decidiu embarcar o produto. Isso significa excluir o *notebook* que controla o equipamento e projetar a eletrônica contida na carenagem do equipamento. Por consequência, é necessário revisar o projeto de desenvolvimento do *softwares*, atendendo os novos limites de desempenho de uma placa embarcada.

O projeto predecessor já havia iniciado o desenvolvimento de um *software* para o projeto embarcado. Entretanto, o *software* foi descontinuado, pois o responsável se retirou da equipe de desenvolvimento. Este projeto não possuía documentação e não foi desenvolvido utilizando nenhuma metodologia de Engenharia de Software, tornando difícil sua manutenção. Neste momento, a equipe decidiu recomençar o projeto, sob uma nova perspectiva de organização e com novas metas de desempenho e qualidade.

3.1.2 Projeto atual

O novo projeto do Vorocell teve o objetivo de modernizar o projeto e reduzir custos. A equipe de desenvolvedores decidiu embarcar o projeto, isto é, projetar toda a eletrônica contida na carenagem.

O projeto do *software* precisou ser completamente refeito, e para que uma ideia possa ser exposta no ambiente corporativo, é comum construir o que é chamado de *prova de conceito*. A prova de conceito é um protótipo que demonstra as vantagens da

nova tecnologia que se deseja utilizar. Este protótipo contém o mínimo necessário para funcionar e realizar uma apresentação para a equipe. Caso aprovado, inicia-se o projeto de desenvolvimento utilizando as novas tecnologias.

Vamos abordar o projeto pela ótica da Engenharia de Software, que foi o método utilizado para modelar o novo *software*.

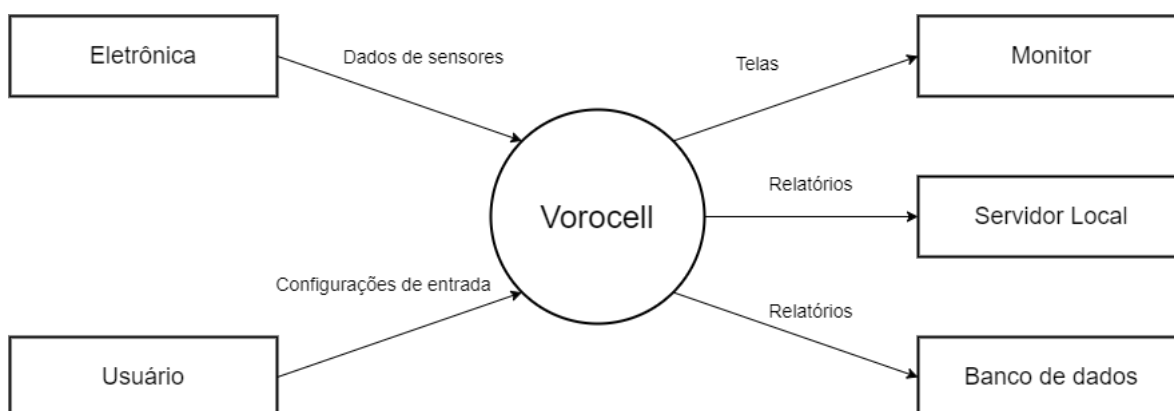
3.1.2.1 Análise de Sistemas

A Análise de Sistemas visa levantar os pontos acerca do projeto, e não somente do *software*. As questões levantadas são: necessidade, viabilidade econômica, técnica e a arquitetura. Em um ambiente corporativo, as três primeiras questões são respondidas pelos executivos da empresa. Uma empresa que possua departamento de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) utiliza seus engenheiros para desenvolver a própria tecnologia. Portanto, existe a necessidade de se desenvolver os próprios *softwares*, a viabilidade é estipulada através de prazos de entrega e orçamento, e a questão econômica são definidas com a expectativa de que o produto será lucrativo.

A questão técnica é a primeira a ser dialogada com a equipe de desenvolvedores. De forma simplista, se os executivos da empresa confiam na competência da equipe, então está implícita a confiabilidade do trabalho. A última questão fica a cargo somente da equipe de desenvolvedores, a arquitetura. A pergunta que a equipe vai responder sobre arquitetura é: *quais funções o software vai desempenhar?*

A resposta final desta pergunta é um DFD de nível zero, como mostra a figura 7. Este DFD possui a particularidade de ser o de nível mais alto, possibilitando a visão mais ampla do sistema, com suas principais entradas e saídas.

Figura 7 – DFD nível 0 do Vorocell.



Fonte: Autoria própria.

O Vorocell foi projetado para receber entradas do usuário, através da tela sensível ao toque, e os dados de leitura dos sensores da eletrônica embarcada, sendo as câmeras, dois sensores de proximidade infravermelhos e sensores de posição de servo-motores.

As saídas do Vorocell envolvem armazenar os dados do exame em seu banco de dados, enviar o arquivo do exame para um servidor local configurável, e exibir as telas do *software* na tela sensível ao toque de acordo com a navegação do usuário.

3.1.2.2 Análise de Requisitos

A Análise de Requisitos é focada somente nas questões do *software* e envolve somente a equipe de desenvolvedores. Envolve os desafios de: reconhecimento do problema, avaliação e síntese, modelagem, especificação e revisão.

O reconhecimento do problema trata de forma mais profunda a modelagem do sistema feita durante a Análise de Sistemas. Nesta etapa, revisamos o DFD de nível 0 para confirmar se as entradas e saídas são as expectativas reais do projeto. No ambiente corporativo onde este trabalho foi desenvolvido, não houve necessidade de revisão do projeto.

A Avaliação e Síntese é a parte mais técnica desta análise. Esta etapa delimita o sistema operacional que o equipamento utilizará, as linguagens de programação utilizadas e metas de desempenho e qualidade. As principais determinações do projeto eram:

- O sistema operacional deveria ser Linux, para não afetar a performance do *hardware* embarcado.
- O *software* deveria ser escrito em uma linguagem de programação moderna, de ampla utilização, e que possuísse ampla comunidade de desenvolvedores.
- Era obrigatório que o *software* fosse performático, sem que o usuário notasse quaisquer travamentos e lentidões em sua execução.
- A transmissão de vídeo da câmera deveria ter a menor latência possível.

A modelagem é o momento em que se desenvolve o protótipo. Esta parte, como já foi citada anteriormente, aconteceu antes mesmo do projeto ser aprovado, pela organização do ambiente corporativo.

A especificação é a etapa onde se produz um documento que reúne todos os requisitos do *software*. A equipe não chegou a desenvolver este documento, e sua falta gerou consequências que serão expostas na seção de conclusão. As consequências têm relação com a última etapa, revisão, onde a falta deste documento fez com que os executivos alterassem o projeto durante sua execução, meses após o início do desenvolvimento.

A revisão é uma etapa onde se faz as últimas mudanças antes do começo do projeto, para que todos estejam de acordo com os objetivos e metas. Como mencionado, esta etapa não aconteceu.

3.1.2.3 Diagramas de Fluxo de Dados

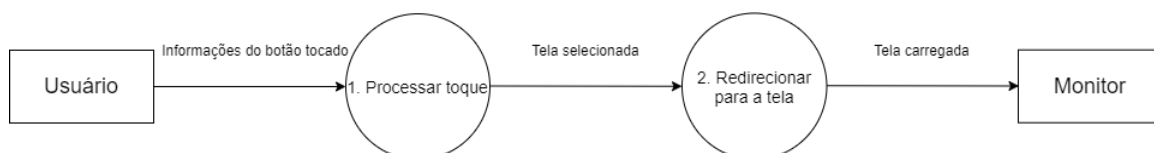
Nesta seção, apresentamos os DFDs do *software*. Todos estes diagramas estão atualizados para a versão final do aplicativo, e passaram por mudanças desde sua criação. Para apresentar o DFD, comenta-se as possibilidades de interação disponíveis ao usuário na tela.

Começando pelo DFD de nível 1, temos a expansão do sistema Vorocell do DFD de nível 0. Este diagrama ilustra o menu principal do aplicativo, que é a primeira tela que o usuário interage após a inicialização do *software*. Nesta tela, as opções do usuário são:

- **Tela inicial:** têm a função de retornar a esta tela.
- **Iniciar novo exame:** o usuário entra no processo de iniciar um novo exame de microscopia especular.
- **Visualizar relatórios:** leva o usuário à seção de exames armazenados no equipamento.
- **Cadastro de pessoas:** é apresentado ao usuário a tela de cadastro de pacientes e médicos.
- **Configurações do equipamento:** apresenta a seção de configurações do equipamento ao usuário.
- **Seção de Ajuda:** leva o usuário à seção de ajuda, caso o usuário tenha dúvidas do funcionamento.
- **Botão Desligar:** expõe ao usuário as opções para desligar do equipamento.

Abaixo, a figura 8 exibe o DFD de nível 1, representando o menu principal da aplicação.

Figura 8 – DFD nível 1 do Vorocell - O menu principal.



Fonte: Autoria própria.

A partir daqui, vamos abordar os processos do menu principal. A primeira opção do usuário é o botão de Tela Inicial, que tem a função de retornar para a tela do menu principal. A segunda opção é a de iniciar um novo exame. Este é o processo que inicia o exame do equipamento, onde a ordem de execução é a seguinte:

1. **Identificação do Paciente e do Médico:** Na primeira etapa, o usuário identifica o paciente e o médico, selecionando ambos a partir dos cadastros do banco de dados.
2. **Configuração do Exame:** Na segunda etapa, o usuário configura o relatório (1 olho ou 2 olhos), o modo de captura (automática ou manual), a quantidade de capturas (um número entre 20 e 100), o primeiro olho a ser examinado (olho direito ou olho esquerdo) e a fixação do LED de iluminação (com sete posições disponíveis).
3. **Captura de imagens:** Na terceira etapa, o usuário efetua a captura das imagens do exame. Caso o modo de captura escolhido seja o automático, o usuário terá auxílio dos servo motores e de indicadores na tela para alinhar o olho e efetuar as capturas automaticamente. Caso o modo de captura escolhido seja o manual, o usuário deve alinhar manualmente para realizar as capturas
4. Caso o modo de captura escolhido seja o automático, a próxima etapa é o **Processamento Automático:** Salva as capturas, classifica-as por qualidade, processa as imagens para encontrar as células e realiza os cálculos estatísticos, tudo de forma automática. Em seguida, redireciona o usuário para as capturas do próximo olho. Repete os passos automatizados e redireciona o usuário para o relatório.
5. Caso o modo de captura escolhido seja o manual, a próxima etapa é a **Seleção de Capturas:** o usuário recebe a lista de todas as capturas feitas para avaliar as melhores e selecionar as áreas de células a serem processadas, de acordo com sua própria avaliação.
6. Caso o modo de captura escolhido seja o manual, a próxima etapa é a **Edição de Imagens:** após o processamento das áreas selecionadas, o usuário verifica a imagem com células encontradas e seleciona a melhor captura de acordo com sua própria avaliação. Em seguida, é direcionado para as capturas do próximo olho ou, caso já as tenha feito, segue para o relatório.
7. **Relatório:** a última etapa é a do relatório, onde se apresentam as imagens processadas, as estatísticas calculadas pelo processamento, os campos de comentários (caso o usuário queira fazer um laudo), a opção de salvar o exame, as opções de impressão e exportação do relatório.

Nota-se que o usuário pode quebrar esta sequência a qualquer momento utilizando os botões do menu principal. Quando este evento ocorrer, o aplicativo abrirá uma mensagem de confirmação, para ter certeza de que o usuário deseja sair do exame. O DFD desta etapa encontra-se no apêndice A.

A seção de Edição de Imagens permite ao usuário editar as imagens processadas. Suas possíveis edições são: adicionar células, remover células, esconder as células, mudar

para a imagem processada, mudar para a imagem original, mostrar informações da célula selecionada, duplicar a célula selecionada, deletar a imagem, desfazer ação e refazer ação.

A terceira opção do usuário é visualizar relatórios armazenados no equipamento. A ordem de execução é a seguinte:

1. **Listagem de Relatórios:** na primeira tela, o usuário encontra uma tabela com todos os exames listados. O usuário tem a possibilidade de pesquisar o um relatório de seu interesse em uma barra de pesquisa. Pode pesquisar de acordo com o número do exame, nome do paciente ou nome do médico. Também pode organizar a tabela por data mais recente ou mais antiga. Ao encontrar o relatório desejado, toca no botão abrir.
2. **Visualizador de Relatórios:** O relatório escolhido pelo usuário se abre, apresentando as imagens processadas, as estatísticas calculadas pelo processamento, os campos de comentários e as opções de impressão e exportação do relatório.

A visualização do relatório é essencialmente a mesma tela de relatório ao fim de um exame. A única exceção é que no relatório de fim de exame o usuário tem a opção de salvar o relatório e na visualização de relatórios o usuário não tem essa opção. O DFD desta etapa está incluso no apêndice B.

A quarta opção do usuário é o cadastro de pessoas no banco de dados. A ordem de execução é a seguinte:

- **Cadastro:** o usuário tem a opção de cadastrar um médico ou um paciente. Após a seleção, preenche o formulário e tenta adicionar o cadastro ao banco de dados. Para médicos, o usuário deve preencher o número do CRM e o nome do médico. Para pacientes, o usuário deve informar número de prontuário, nome do paciente, sexo biológico e a data de nascimento. No caso dos médicos, o aplicativo verifica se o CRM já está cadastrado. Caso esteja, uma mensagem avisa o usuário e não realiza o cadastro. Caso não esteja, realiza o cadastro. Para o paciente, o aplicativo verifica o número do prontuário e trata do mesmo jeito que o cadastro do médico.
- **Banco de dados:** nesta tela, o usuário encontra duas tabelas com as listagens dos cadastros dos pacientes e médicos. O usuário tem a opção de pesquisar cadastros por uma barra de pesquisa.

O DFD desta etapa está incluso no apêndice C.

A quinta opção do usuário é a seção de configurações do equipamento. As possíveis ações são:

- **Informações:** O usuário pode preencher três campos com as informações de nome, endereço e telefone de contato do hospital ou clínica. Estas informações são utilizadas no preenchimento do relatório do exame. A tela também contém o indicador de conectividade com a internet.
- **Configurações de Rede:** Nesta tela, o usuário tem a opção de configurar a internet de forma cabeada ou sem fio. No caso da internet cabeada, deve preencher um formulário com as configurações da rede: endereço IP, máscara de sub-rede, *gateway* padrão e servidor DNS. Para aplicar as configurações, deve salvar utilizando o botão abaixo do formulário. No caso da conexão sem fio, o usuário encontrará uma tabela com a listagem de redes ao redor do equipamento. Se encontrar a rede que procura, deve preencher o campo da senha para ter acesso à rede.
- **Compartilhamento:** Esta tela é responsável por configurar o servidor de compartilhamento de arquivos, chamado Samba. O usuário deve preencher o formulário com as informações de endereço IP, endereço da pasta, usuário, senha e *workgroup*. Ao fim, pode salvar para aplicar a configuração e também testá-la. A função de teste enviará um arquivo teste para o endereço configurado. Abaixo do formulário, existe uma nota de auxílio no preenchimento das informações.

O compartilhamento de arquivos é utilizado para enviar os relatórios, em formato PDF, para a estação de impressão da clínica ou do hospital. O DFD desta etapa é simplificado, e representa somente a seção de Compartilhamento, encontra-se no apêndice D.

A sexta opção do usuário é a **Seção de Ajuda**. Esta seção inclui uma tela com informações de contato da fabricante do equipamento, a Eyetec. Contém o endereço, os telefones de contato da empresa e a versão do *software* instalado no equipamento. Esta seção não possui DFD por sua simplicidade.

A sétima e última opção é a de desligamento do equipamento. Ao tocar no botão uma mensagem é mostrada na tela, onde o usuário pode desligar o aparelho, reiniciá-lo ou cancelar a ação. Esta seção também não possui DFD por sua simplicidade.

3.1.2.4 Código de terceiros

É importante ressaltar que o desenvolvimento do Vorocell foi realizado em equipe. Neste caso, o projeto conta com códigos desenvolvidos por outros membros da equipe. Nesta seção, vamos citar os códigos, seus autores, e suas utilidades no *software*.

- **Processamento de Imagens:** está contido em um *script* Python e foi desenvolvido pelo estagiário Bruno, que não faz mais parte do time de desenvolvimento. Este *script* recebe o endereço da imagem a ser processada e gera outra imagem com a

indicação das células, realiza os cálculos estatísticos de polimorfismo, polimegatismo, e contagem de células.

- **Classificação automática:** está contido em um *script* Python e foi desenvolvido pelo estagiário chamado Filipe. O *script* recebe as capturas feitas durante o exame e as classifica de acordo com a qualidade. Sua utilidade se dá durante o exame automático, onde o equipamento gera o relatório automaticamente.
- **Gerenciamento das Câmeras:** está contido em um arquivo C++, e foi desenvolvido pelo membro Paulo. Este arquivo contém todas funções de controle das câmeras, desde a captura de imagens até as configurações eletrônicas. É utilizado durante a etapa de captura de imagens do exame.
- **Comunicação com a Eletrônica:** está contido em um arquivo C++, e foi desenvolvido pelo membro Paulo. Este arquivo é responsável pelo controle dos servo motores e dos LEDs do equipamento. É utilizado durante a etapa de captura de imagens, para auxiliar no alinhamento do olho do paciente.
- **Criação da Imagem em Formato DICOM:** está contido em um *script* Python e foi desenvolvido pelos membros Paulo e Gustavo, que não faz mais parte do time de desenvolvimento. Este *script* recebe uma imagem em formato JPEG e cria uma nova imagem no formato DICOM.

3.2 Codificação

Esta seção aborda as linguagens utilizadas no desenvolvimento do *software*, as bibliotecas utilizadas, a função que cada linguagem desempenha, e comentários sobre a estrutura do projeto.

3.2.1 Principais Linguagens

A três principais linguagens de programação utilizadas foram Javascript (JAVASCRIPT, 1995), Python (PYTHON SOFTWARE FOUNDATION, 1991) e C++.

As três linguagens são orientadas a objeto, são amplamente utilizadas por desenvolvedores e possuem uma ampla comunidade. A mais utilizada no projeto é Javascript. Por ser uma linguagem de programação bem flexível, é possível desenvolver o programa por completo utilizando-a. Entretanto, por questões de *performance*, algumas partes foram implementadas em C++ e, por questão de simplicidade, algumas partes foram desenvolvidas em Python.

As bibliotecas de Javascript utilizadas foram:

- **Node.js (OPENJS FOUNDATION, 2009)**: é uma biblioteca que integra todo o desenvolvimento em Javascript compilado, formando a estrutura do projeto.
- **Electron (OPENJS FOUNDATION, 2013)**: é a biblioteca responsável por iniciar uma janela na área de trabalho do sistema operacional.
- **React (FACEBOOK INC., 2013)**: é a biblioteca de desenvolvimento de páginas *web*.

Node.js é a biblioteca que possibilitou a criação de *softwares* compilados escritos em Javascript, uma linguagem que previamente era somente interpretada por navegadores de internet. Isso possibilitou que os desenvolvedores da linguagem utilizassem seus conhecimentos não somente para criar *sites*, mas também *softwares* para computadores. Os *softwares* de interface homem-máquina são comumente chamados de *front-end* e os *softwares* que não a possuem são conhecidos como *back-end*. Node.js uniu o desenvolvimento *front-end* e *back-end* na linguagem Javascript.

Electron é a biblioteca que permite criar uma janela na área de trabalho do sistema operacional. Funciona como um navegador de internet, portanto sua função é renderizar uma página de internet. Essa técnica é conhecida como criação de aplicativos nativos utilizando páginas *web*.

React é uma biblioteca de desenvolvimento de páginas *web*. Desenvolvido pelo Facebook (FACEBOOK INC., 2004), o React trouxe uma concepção de criação de páginas de internet modularizada, utilizando classes e estruturando o projeto de forma mais organizada.

De forma simplificada, o aplicativo desenvolvido com estas três tecnologias resulta em um navegador de internet (Electron) que renderiza uma página web (React). A diferença deste aplicativo para um navegador de internet, como o Google Chrome, é que o usuário não pode navegar pela internet com o aplicativo do Vorocell®, pois o aplicativo não o permite. Ademais, não há diferenças.

No começo do projeto a equipe teve que decidir entre utilizar Javascript ou QML, que pertence a uma biblioteca chamada Qt (THE QT COMPANY, 1995), escrita em C++. A escolha de Javascript para desenvolver o aplicativo se deve a dois fatores: o primeiro é a facilidade de se encontrar profissionais no mercado com experiência com essa linguagem e o segundo motivo é que não existe nenhuma cobrança financeira para se desenvolver produtos com a linguagem. Os desenvolvedores de QML são escassos no mercado, e havia a possibilidade do produto se encaixar em uma categoria onde a Eyetec seria obrigada a comprar licenças para poder vender o Vorocell com o aplicativo desenvolvido em QML.

Em uma comparação de desempenho das duas linguagens, C++ é *claramente* mais rápido em sua execução. Por ser uma linguagem de mais baixo nível que Javascript, C++

podia performar cerca de dez vezes mais rápido que Javascript em algumas tarefas. Mas é necessário uma reflexão crítica sobre esta comparação. Esta diferença de desempenho não é notada pelo usuário em tarefas simples do aplicativo, como a abertura do programa ou o carregamento de uma nova página. Para exemplificar, o usuário não irá notar se uma página demorou 1 milissegundo ou 10 milissegundos para carregar.

Mas em alguns processos esta diferença de desempenho é notável. O aplicativo também utiliza C++ para alguns procedimentos, como a captura de imagens da câmera durante o exame. Neste caso, o desempenho da linguagem é essencial para uma boa experiência do usuário. A biblioteca utilizada para gerenciar as câmeras do equipamento é o OpenCV (OPENCV, 2000), uma biblioteca conhecida de visão computacional.

O OpenCV é utilizado no aplicativo para: transmissão de vídeo da câmera para o monitor, captura e armazenamento de imagens durante o exame, manipulação das propriedades das imagens capturadas e configuração dos parâmetros da câmera. Em resumo, OpenCV controla tudo o que é relacionado às câmeras.

Por fim, a terceira linguagem de programação utilizada no *software* é Python. É conhecida por ser uma linguagem de alto nível, portanto, sua execução tende a ser mais lenta do que as linguagens de baixo nível. No aplicativo, Python é utilizado para:

- Classificação automática das imagens capturadas
- Processamento de Imagens
- Gerenciamento do Teclado Virtual
- Criação da imagem em formato DICOM a partir das capturas do exame

A classificação automática das imagens ocorre somente durante o exame automático. Este *script* faz uma avaliação quantitativa das imagens, com o objetivo de encontrar as capturas que melhor mostrem as células do endotélio.

O processamento de imagens é um *script* que demarca as células nas imagens selecionadas e faz cálculos estatísticos deste processamento. Os cálculos envolvem: área das células, polimorfismo, polimegatismo, número de células na imagem e desvio padrão da área das células. O *script* é executado tanto no procedimento de exame automático quando no exame manual.

O gerenciamento do teclado virtual é realizado através da biblioteca pynput. Também é executado um script, onde a biblioteca pynput é carregada, e recebe as entradas do teclado virtual da aplicação para criar uma chamada de sistema, simulando um teclado físico.

A criação da imagem DICOM é realizado através da biblioteca GDCM. Ele recebe uma imagem capturada durante o exame e cria uma nova imagem, no formato DICOM (extensão de arquivo .dcm). É utilizado por visualizadores de imagens médicas que não são abordados neste trabalho.

3.2.2 Banco de Dados

O banco de dados do Vorocell ® é codificado em SQL, mais especificamente, SQLite 3. A escolha de se desenvolver o banco de dados da aplicação em SQLite 3 é que esta linguagem permite criar um banco de dados local, um arquivo no disco do computador. Não é necessário aloca-lo em um servidor na internet. Sua execução é muito rápida e a sintaxe é bem simplificada comparada a outras linguagens SQL.

4 RESULTADOS

Apresenta-se, nesta seção, os resultados da codificação. O Projeto levou cerca de 15 meses até a finalização da codificação. Neste período foram feitos testes das funcionalidades, correções de erros e documentação do projeto. Não foram realizados testes em campo com clientes.

O projeto possui mais de 500 arquivos autorais e estima-se mais de 10 mil linhas de código, resultando em um tamanho de 1,1 GB de arquivos. Pelo *software* ser propriedade da empresa desenvolvedora, e pelo seu relativo tamanho, não é possível anexá-lo neste trabalho.

4.1 Tela Principal

A figura 9 mostra a tela principal do *software*, que é a primeira tela que o usuário vê ao ligar o equipamento. À esquerda fica localizado o menu lateral, onde o usuário interage para acessar as telas do aplicativo: Tela Inicial (indicada na figura 9), Novo Exame, Relatórios, Cadastro, Opções, Ajuda e Desligar.

Figura 9 – Imagem da tela principal do Vorocell.



Fonte: Autoria própria.

4.2 Novo Exame

Na seção de Novo Exame observa-se que o menu lateral é retraído, e a tela de identificação se apresenta para que o usuário identifique o médico e o paciente referentes ao exame. Na parte superior da tela, observamos um indicador de progresso do exame, com as etapas Identificação, Configuração, Captura, Seleção, Edição e Relatório. Na parte inferior direita temos um botão com o símbolo "?", que abre uma mensagem de ajuda ao usuário, e abaixo temos os botões para avançar e retroceder as seções. A figura 10 exibe a tela de identificação.

Figura 10 – Imagem da tela de identificação do paciente e do médico para o exame.

Escolha o(a) médico(a)		Escolha o(a) paciente	
CRM	Nome	Prontuário	Nome
27475	Dr. Carlos Alberto	1	Gabriel
15689	Dra. Ana Júlia	2	Paulo

Fonte: Autoria própria.

A figura 11 mostra o botão de ajuda expandido, contendo as instruções da seção ao usuário.

Em seguida, é apresentada ao usuário a tela de Configuração, na figura 12, onde se deve configurar o equipamento de acordo com o tipo de relatório, o modo de captura, o número de capturas, o primeiro olho a ser examinado e a fixação do olho.

Prosseguindo, temos a tela de Captura na figura 13. O usuário agora deve alinhar os quatro indicadores luminosos e as duas circunferências na tela. O início das capturas é automático.

Quando o alinhamento estiver correto, o *software* troca de câmera e mostra a imagem da córnea que está sendo capturada, como mostra a figura 14. Na parte inferior da imagem temos um indicador (barra verde) de progresso das capturas.

Figura 11 – Imagem contendo o botão de ajuda expandido.

Identificação Configuração Captura Seleção Edição Relatório

Escolha o(a) médico(a) Escolha o(a) paciente

Buscar CRM ou nome Buscar prontuário ou nome

CRM	Nome	Prontuário	Nome
27475	Dr. Carlos Alberto	1	Gabriel
15689	Dra. Ana Júlia	2	Paulo

?

Identificação

Escolha o médico responsável pelo exame e o paciente a ser examinado.
Caso não encontre, utilize a barra de pesquisa acima da tabela para procurar por nome ou por CRM/Prontuário.
Caso não esteja cadastrado, clique em Novo Cadastro no menu ao lado.

Fonte: Autoria própria.

Caso o modo de captura escolhido seja o automático, a próxima etapa é o processamento automático das capturas. Na tela, mostrada na figura 15, é exibido o progresso do processamento em forma de lista para que o usuário o acompanhe.

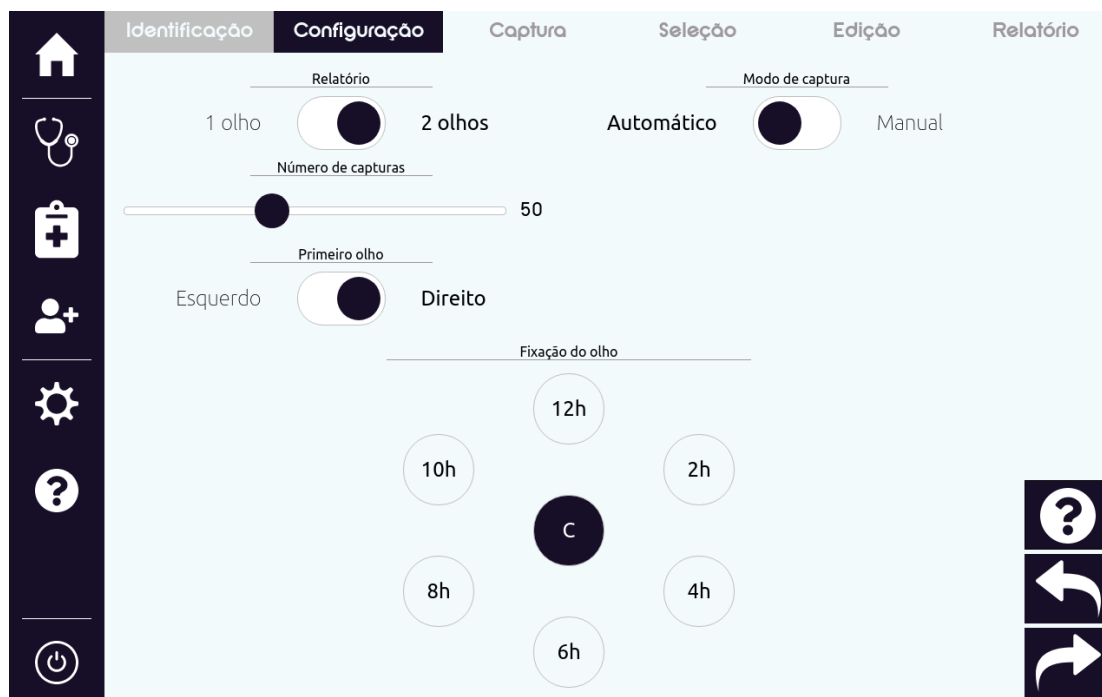
Em caso de erro no processamento, por motivos de baixa qualidade das capturas ou erro de alguma operação, uma mensagem de aviso ao usuário é exibida na tela. Nesta mensagem, o usuário tem a opção de refazer as capturas ou reconfigurar o exame. A mensagem é exibida na figura 16.

Caso o modo de captura escolhido seja o manual, a etapa que sucede a captura de imagens é a Seleção, mostrada na figura 17. Na tela exibe-se à esquerda a lista de capturas, ao centro tem-se a captura selecionada desta lista, e à direita um botão adicional com ícone de olho estilizado, cuja função é selecionar uma área fixa de acordo com o toque do usuário.

Caso o modo de captura escolhido seja o manual, a etapa que sucede a Seleção é a Edição, exibida na figura 18. Semelhante à Seleção, a tela exibe à esquerda a lista de áreas selecionadas previamente pelo usuário que foram processadas, ao centro, a área processada selecionada, e abaixo temos as ferramentas de edição que o usuário pode utilizar para editar a imagem.

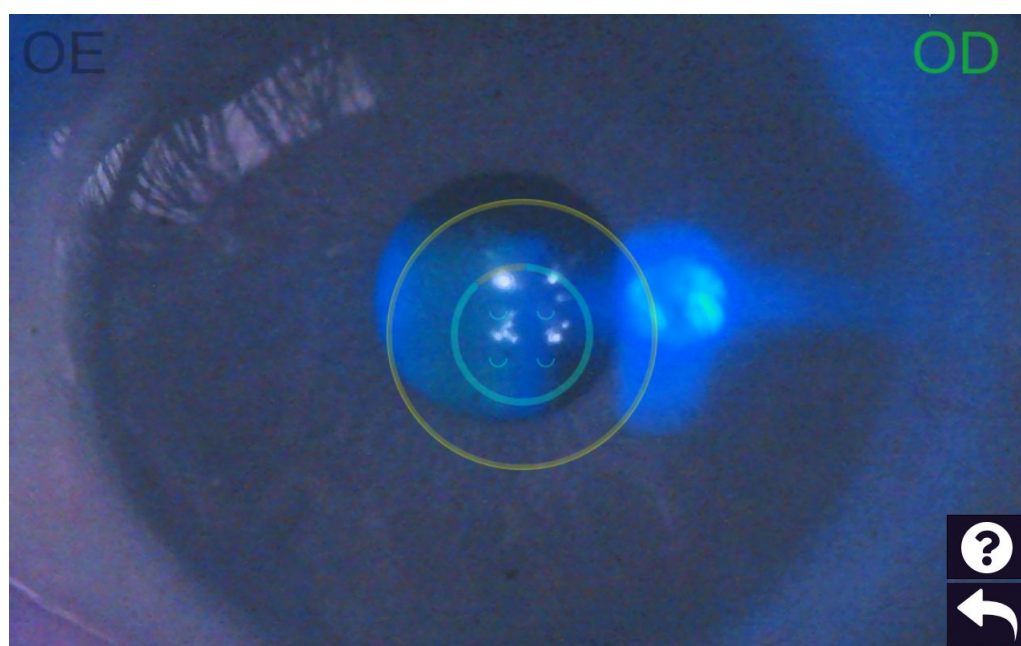
A última etapa do exame é o relatório do exame, mostrado na figura 19. A metade esquerda mostra os gráficos, imagens, estatísticas e comentários relativos ao olho esquerdo, a metade direita mostra as mesmas informações referentes ao olho direito. Na parte superior

Figura 12 – Imagem da tela de configuração do equipamento para o exame.



Fonte: Autoria própria.

Figura 13 – Imagem da tela de alinhamento do olho.

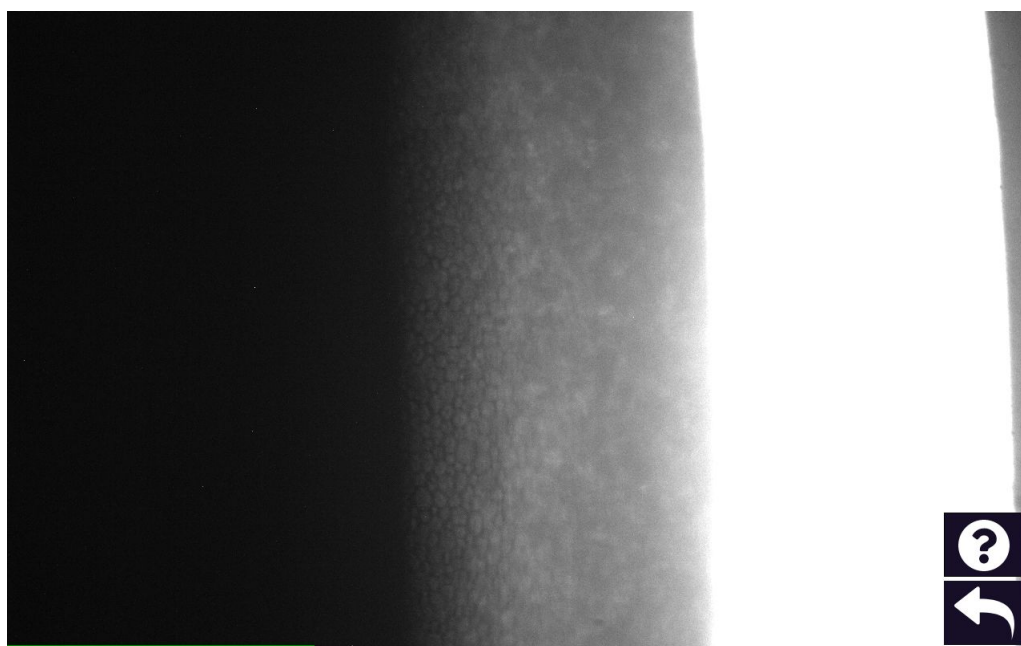


Fonte: Autoria própria.

temos botões para exibir somente o olho esquerdo, somente o olho direito, ambos os olhos, botão para salvar o exame no banco de dados e o botão para exibir a tela de impressão.

A figura 20 mostra a seção de impressão e exportação. À esquerda, o usuário tem as opções de impressão e exportação do relatório em formato PDF e ao centro exibe-se o modelo em tamanho de folha A4 como prévia da impressão.

Figura 14 – Imagem da tela durante as capturas da imagem do endotélio.



Fonte: Autoria própria.

Figura 15 – Imagem da tela de processamento automático.



Fonte: Autoria própria.

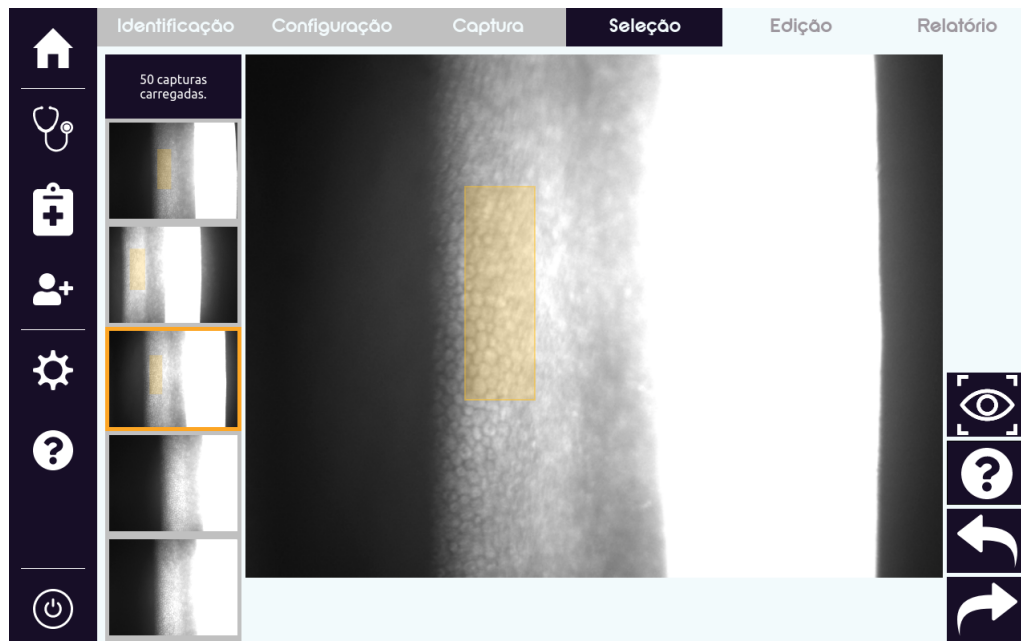
Em caso de o usuário tentar acessar outra tela do *software* será exibida uma mensagem de confirmação, onde o usuário pode confirmar sua intenção ou cancelá-la, como mostrado na figura 21.

Figura 16 – Imagem da tela de um erro durante o processamento automático.



Fonte: Autoria própria.

Figura 17 – Imagem da tela de seleção de áreas de capturas.

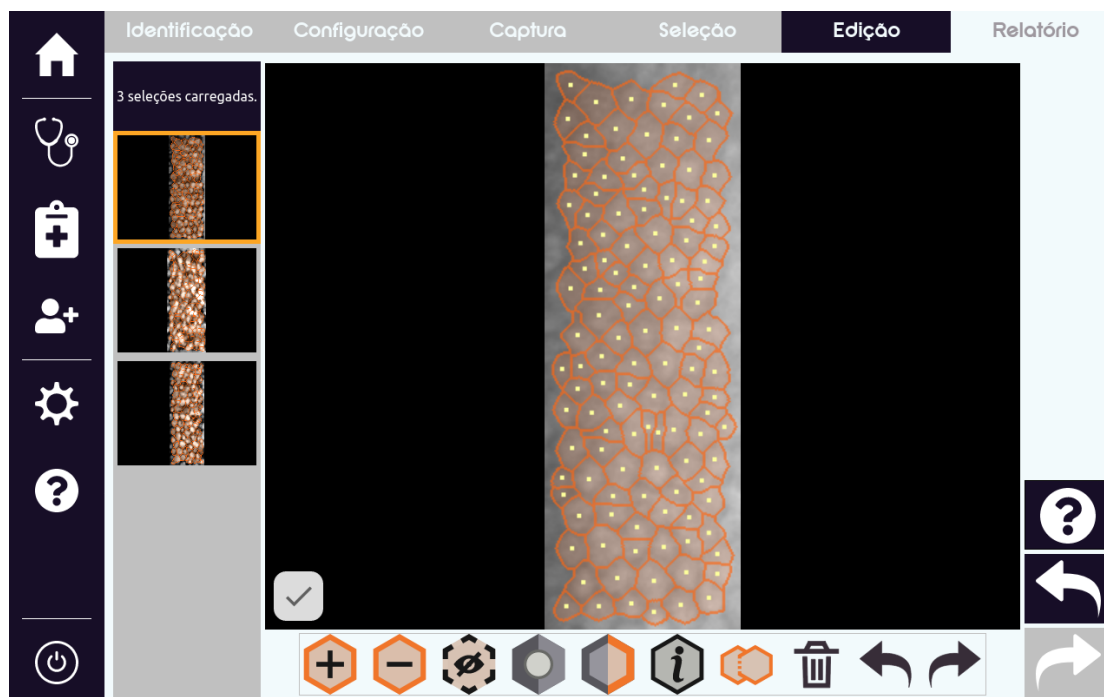


Fonte: Autoria própria.

4.3 Relatórios

Na seção de Relatórios o usuário encontra a tela de Pesquisa. Ao centro da tela temos uma tabela com a listagem de todos os exames armazenados no equipamento. As tabelas incluem as informações de número do exame, nome do paciente, nome do médico, data e hora. Contém também o botão Abrir para cada relatório. Na parte superior tem-se a barra de pesquisa, onde o usuário pode pesquisar um relatório de acordo com seu número,

Figura 18 – Imagem da tela de edição de imagens processadas.



Fonte: Autoria própria.

o nome do paciente e o nome do médico. A tela é mostrada na figura 22.

Ao abrir um relatório, o usuário é direcionado à tela de Visualização. Aqui temos as mesmas funções da tela de relatório de fim de exame, exceto a possibilidade de salvar o relatório. A tela é exibida na figura 23.

4.4 Cadastros

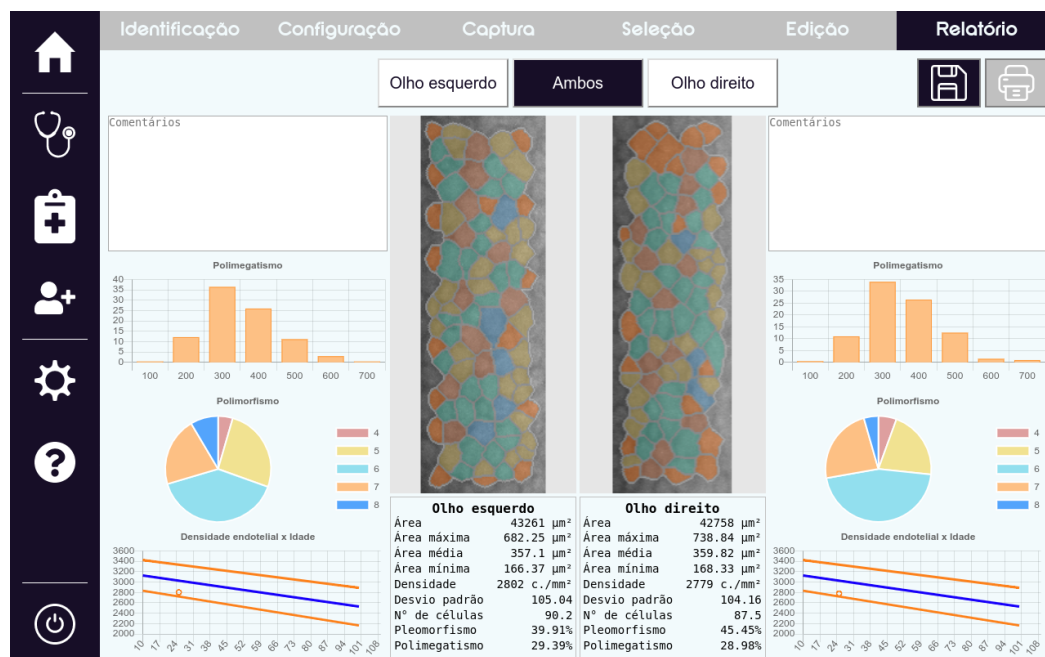
A seção de Cadastros exibe ao usuário a tela de Novo Cadastro. O usuário encontra ao centro uma chave para selecionar o formulário de cadastro de médicos ou pacientes. O formulário de médicos é exibido na figura 24 e o formulário de pacientes é exibido na figura 25.

Ao tocar na aba de Banco de Dados, o usuário encontra na tela duas tabelas com as listagens de médicos e pacientes. Tem a opção de selecionar um nome e deletá-los do banco de dados. A tela é mostrada na figura 26.

4.5 Opções

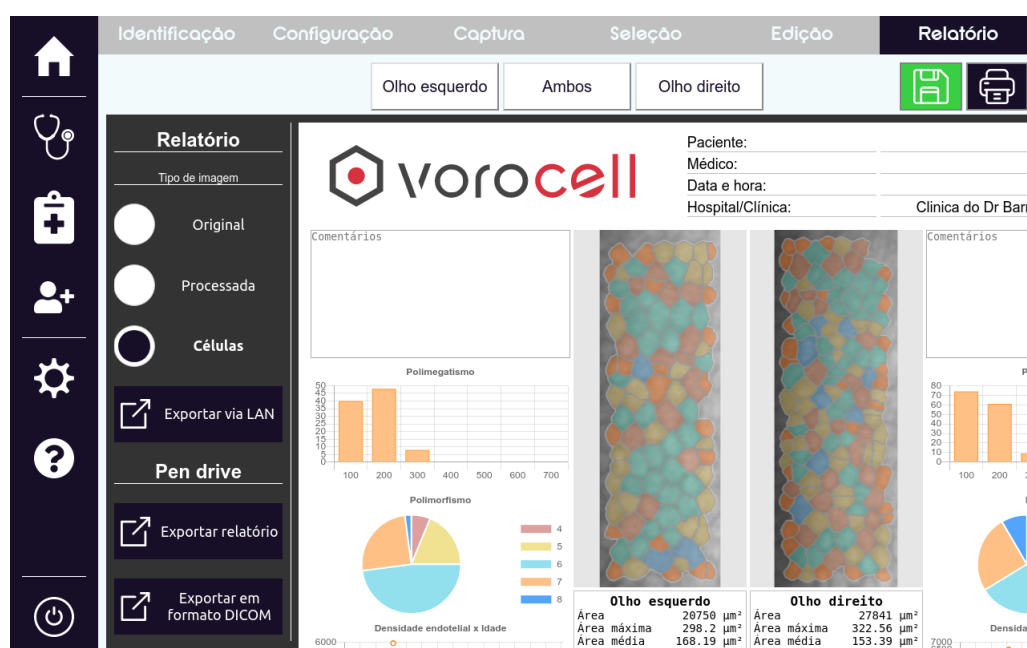
Ao acessar a seção de Opções, o usuário encontrará a tela de Informações. Na metade esquerda, temos os campos para informações de nome do hospital/clínica, endereço e telefone de contato. Na metade esquerda, um indicador de conectividade da internet. A tela é exibida na figura 27.

Figura 19 – Imagem da tela de relatórios de fim de exame.



Fonte: Autoria própria.

Figura 20 – Imagem da tela de opções de impressão e exportação do relatório do exame.



Fonte: Autoria própria.

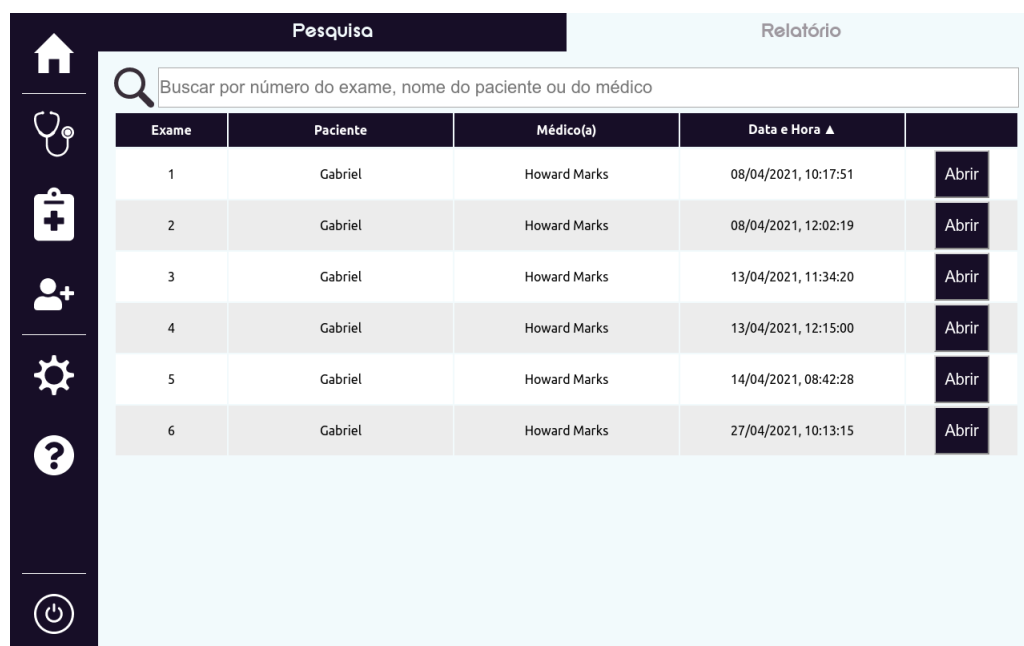
Ao tocar na aba de Configurações de Rede, o usuário acessa a tela de configuração de conexão com a internet. O usuário encontra uma chave seletora para selecionar se deseja configurar uma conexão cabeada ou uma conexão sem fio. A figura 28 mostra a tela de conexão sem fio, onde à esquerda está a lista de redes sem fio detectadas pelo equipamento e à direita o formulário de conexão. A figura 29 mostra a tela de conexão cabeada, onde está o formulário de configuração da rede.

Figura 21 – Imagem da tela da mensagem de confirmação para sair do exame.



Fonte: Autoria própria.

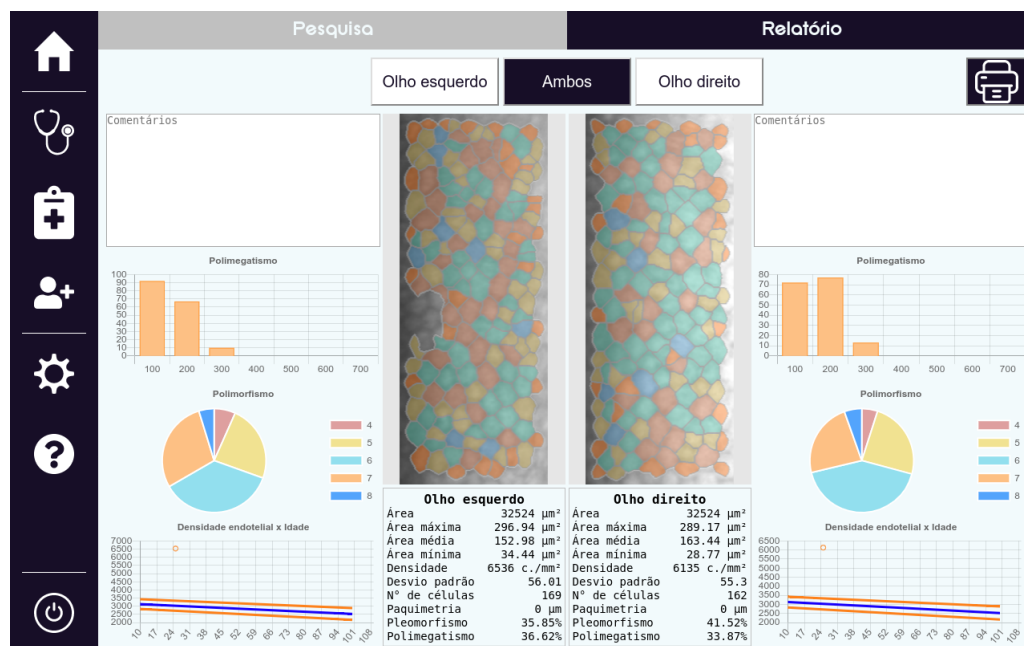
Figura 22 – Imagem da tela de listagem de relatórios armazenados no equipamento.



Fonte: Autoria própria.

Ao acessar a seção de Compartilhamento através das abas na área superior, o usuário encontra a tela de compartilhamento de arquivos através do servidor Samba. Na parte superior está o formulário de configuração, com possibilidade de se testar e salvar a configuração inserida. Na parte inferior, está uma nota de auxílio para que o usuário configure corretamente. A figura 30 exhibe a tela.

Figura 23 – Imagem da tela de visualização de exames armazenados no equipamento.



Fonte: Autoria própria.

Figura 24 – Imagem da tela de cadastro de médicos no banco de dados.

The screenshot shows a 'Novo cadastro' screen with a sidebar on the left containing icons for home, stethoscope, clipboard, user, settings, help, and power. The main area has a 'Novo cadastro' header and a toggle switch for 'Médico(a)' (selected) and 'Paciente'. Below the toggle are two input fields: 'CRM' and 'Nome social completo'. At the bottom is a large 'Cadastrar' button.

Fonte: Autoria própria.

4.6 Seção de Ajuda

Ao acessar a seção de ajuda, o usuário encontra no centro da tela as informações de endereço e contato da fabricante do equipamento, e também a versão do *software* instalada. A figura 31 mostra a tela.

Figura 25 – Imagem da tela de cadastro de pacientes no banco de dados.

The screenshot shows a user interface for patient registration. On the left is a dark sidebar with icons for home, stethoscope, medical bag, user, settings, help, and power. The main area has a header with 'Novo cadastro' and 'Banco de dados'. Below the header, there's a toggle switch for 'Médico(a)' and 'Paciente', with 'Paciente' selected. The form fields include: 'Prontuário' (text input), 'Nome social completo' (text input), 'Sexo biológico' (radio buttons for Masculino, Feminino, and Não identificar), and 'Data de nascimento' (three text inputs for Dia, Mês, and Ano). A dark blue 'Cadastrar' button is at the bottom.

Fonte: Autoria própria.

Figura 26 – Imagem da tela do banco de dados dos médicos e pacientes cadastrados.

The screenshot shows a user interface for viewing registered doctors and patients. On the left is the same dark sidebar as in Figure 25. The main area has a header with 'Novo cadastro' and 'Banco de dados'. Below the header, there are two sections: 'Médicos cadastrados' and 'Pacientes cadastrados'. Each section has a search bar with a magnifying glass icon and a table of data. At the bottom, there are two buttons: 'Deletar Médico' and 'Deletar Paciente'.

Médicos cadastrados		Pacientes cadastrados	
CRM	Nome	Prontuário	Nome
27475	Dr. Carlos Alberto	1	Gabriel
15689	Dra. Ana Júlia	2	Paulo

Fonte: Autoria própria.

4.7 Mensagem de desligamento do equipamento

Ao tocar no botão Desligar, uma mensagem de confirmação é exibida ao usuário, dando a opção de desligar, reiniciar ou cancelar sua ação. A figura 32 exibe a tela.

Figura 27 – Imagem da tela de informações do hospital ou da clínica.

Informações Configurações de rede Compartilhamento

Nome do hospital/clínica

Clinica do Dr Barnabe

Endereço

Rua dos Birutas, 2-99, Centro

Telefone

(16) 3363-3012

Internet

Internet cabeada

Salvar

Fonte: Autoria própria.

Figura 28 – Imagem da tela de configuração da conexão de internet sem fio.

Informações Configurações de rede Compartilhamento

Tipo de rede

Ethernet Wi-Fi

Rede

Senha

Conectar

DIRECT-27608FBD

P&D_floor
Conectado

P&D Baixo 2.4GHZ

HPC80292

DIRECT-5d-HP M426 LaserJet

AT

Qualidade

Fonte: Autoria própria.

Figura 29 – Imagem da tela de configuração da conexão de internet cabeada.

The screenshot shows the 'Configurações de rede' (Network Settings) screen. On the left is a dark sidebar with icons for home, status, services, users, settings, help, and power. The main area has three tabs: 'Informações', 'Configurações de rede' (selected), and 'Compartilhamento'. Under 'Configurações de rede', there are two sections. The first section, 'Tipo de rede' (Network Type), has 'Ethernet' selected with a toggle switch and 'Wi-Fi' unselected. The second section, 'IP fixo' (Fixed IP), has 'IP fixo' selected with a toggle switch and 'IP automático' (Automatic IP) unselected. Below these are three input fields: 'Endereço IP' (IP Address) with '192.168.10.87', 'Máscara de sub-rede' (Subnet Mask) with '255.255.255.0', and 'Gateway Padrão' (Default Gateway) with '192.168.10.4'. Below these is a section for DNS with 'Servidores DNS fixo' (Fixed DNS Servers) unselected and 'Servidor DNS automático' (Automatic DNS Server) selected. Below that is a 'Servidor DNS' (DNS Server) field with '8.8.8.8'. At the bottom is a 'Configurações salvas' (Settings saved) button.

Fonte: Autoria própria.

Figura 30 – Imagem da tela de configuração do servidor Samba de compartilhamento de arquivos.

The screenshot shows the 'Compartilhamento' (Sharing) screen. The sidebar is the same as in Figure 29. The main area has three tabs: 'Informações', 'Configurações de rede', and 'Compartilhamento' (selected). Under 'Compartilhamento', there is a section titled 'SMB Server'. It contains five input fields: 'Endereço IP' (IP Address) with '192.168.10.4/ped', 'Endereço da pasta' (Folder address) with '/gabriel', 'Usuário' (User) with 'glonghini', 'Senha' (Password) with '*****', and 'Workgroup' with an empty field. Below these fields are two buttons: 'Salvar' (Save) and 'Testar conexão' (Test connection). Below the buttons is a text box with instructions in Portuguese. The text box contains the following text: 'Para configurar o Samba corretamente, siga o exemplo: Supondo que o endereço IP de acesso do servidor seja smb://192.168.10.4, e o endereço da pasta seja smb://192.168.10.4/exames, insira no campo Endereço IP "192.168.10.4/exames", sem aspas. Caso o endereço onde o exame deve ser salvo seja, por exemplo, smb://192.168.10.4/exames/sala2/dr_alberto, insira em Endereço da pasta "/sala2/dr_alberto", atentando para a primeira barra. Caso contrario, deixe o campo em branco. Caso a rede esteja configurada com usuário, senha e workgroup, insira nos respectivos campos acima. Para testar as configurações, toque no botão "Testar conexão". Se as configurações estiverem corretas, um arquivo de texto "teste_samba_vorocell.txt" será criado na pasta de destino.'

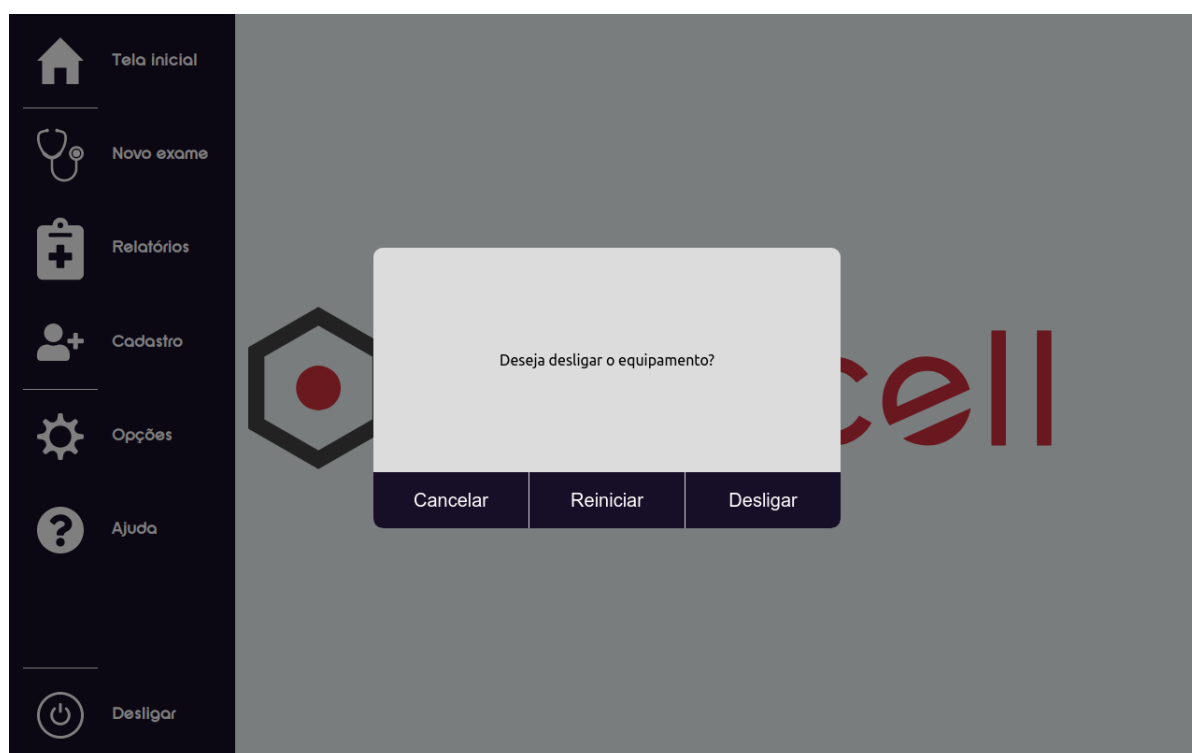
Fonte: Autoria própria.

Figura 31 – Imagem da tela de seção de ajuda.



Fonte: Autoria própria.

Figura 32 – Imagem da tela de mensagem de desligamento do equipamento.



Fonte: Autoria própria.

5 CONCLUSÃO

Este trabalho abordou o desenvolvimento de um aplicativo para um microscópio especular com uma metodologia baseada em Engenharia de Software.

O emprego de metodologias de Engenharia de Software no desenvolvimento de projetos cria uma objetividade no projeto. Os métodos ajudam a equipe de desenvolvedores a determinar requisitos, limitações e prazos de entrega do *software*. O resultado é o aumento da qualidade do produto, a facilitação de futuras mudanças no projeto, além de efeitos secundários como a redução de custos de desenvolvimento para a empresa.

A utilização de linguagens de programação modernas no desenvolvimento do *software* possibilitam ao desenvolvedor criar um aplicativo de ótimo desempenho, com opções estéticas amplas, e com funcionalidades secundárias, como conectividade à internet e atualizações automáticas. Todos esses recursos foram implementados com uma linguagem de programação, que é Javascript, e poucas linguagens tem essa capacidade.

5.1 O biênio de 2020 e 2021

O projeto do Vorocell[®] embarcado foi desenvolvido durante os anos de 2020 e 2021. Vale notar que este foi o período da pandemia do coronavírus. Este período foi marcado por uma grande crise sanitária e econômica em âmbito mundial.

Abordando o ponto de vista da crise econômica, este projeto foi afetado em seu prazo de desenvolvimento pelas dificuldades do momento, pela inconstância dos períodos de trabalho e pelo fator emocional da equipe. Durante o período, haviam incertezas sobre o curto prazo e qual seria a duração da crise sanitária. O prazo de entrega do projeto era previsto para o fim de 2020, mas se estendeu para o segundo semestre de 2021.

Outro motivo que afetou o prazo de entrega foram mudanças no projeto original. Estas mudanças não utilizaram as ferramentas de Engenharia de Software para controle do projeto e foram requisitadas durante a execução, causando o adiamento do prazo de entrega do equipamento.

5.2 Sugestões para trabalhos futuros

Para os trabalhos futuros, independente de onde sejam desenvolvidos, sugere-se:

- Implementar a documentação de Engenharia de Software sobre o documento de requisitos, para que todos que estejam participando do projeto estipulem um prazo de entrega coerente.

- Tentativa de diminuição da latência da câmera, avaliando possíveis alternativas de bibliotecas, algoritmos e até mesmo de *hardware*. Quanto menor a latência da câmera, melhor será a experiência do usuário.
- Implementar uma tela para o acompanhamento das atualizações do *software*, para que o usuário tenha maior ciência de quando as atualizações estão sendo feitas.
- Desenvolver as telas com outra biblioteca de desenvolvimento web, que não seja React, para avaliar vantagens e desvantagens em relação ao paradigma de codificação.
- Desenvolvimento de um novo método de processamento de imagens, que apresente resultados superiores ao algoritmo já implementado, usando tecnologias modernas (como o aprendizado de máquina, por exemplo). Isso agregaria valor à equipe de desenvolvimento para inclusive outros projetos.

REFERÊNCIAS

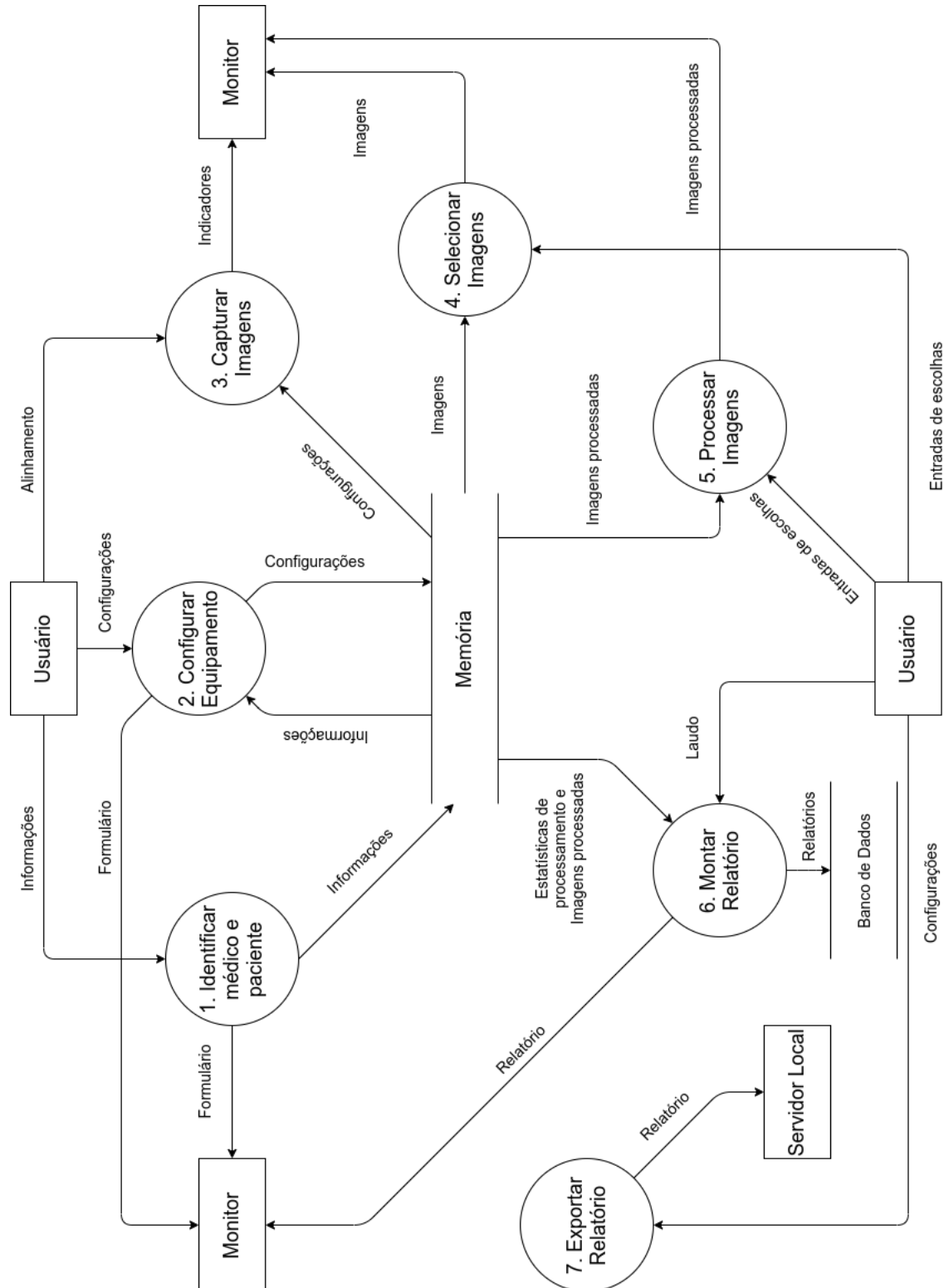
- FACEBOOK INC. **Facebook**. 2004. Disponível em: <https://www.facebook.com>. Acesso em: 21 jun. 2021.
- FACEBOOK INC. **React**. 2013. Disponível em: <https://pt-br.reactjs.org/>. Acesso em: 21 jun. 2021.
- HOGAN, M. J.; ALVARADO, J. A.; WEDDELL, E. Histology of the human eye. **Saunders**, 1971.
- INSTITUTO DE OLHOS DE GOIÂNIA. **Córnea**. 2021. Disponível em: <https://www.iog.net.br/site/saude-ofthalmica.php?sc=14&id=124>. Acesso em: 21 jun. 2021.
- ISAAC, F. **Sistema de microscopia especular com várias magnificações para banco de olhos**. 2004. Dissertação (Dissertação (Mestrado em Física Aplicada à Medicina e Biologia)) — Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2004. Doi:10.11606/D.59.2004.tde-22022021-152459.
- JAVASCRIPT. **Javascript**. 1995. Disponível em: <https://www.javascript.com/>. Acesso em: 21 jun. 2021.
- LAING, R. A.; SANDSTROM, M. M.; LEIBOWITZ, H. M. Clinical specular microscopy: I. optical principles. **Arch Ophthalmol**, v. 97, p. 1714 – 1719, set. 1979.
- LAING, R. A.; SANDSTROM, M. M.; LEIBOWITZ, H. M. Clinical specular microscopy: Ii. quantitative evaluation of corneal endothelial photomicrographs. **Arch Ophthalmol**, v. 97, p. 1720 – 1725, set. 1979.
- OPENCV. **OpenCV**. 2000. Disponível em: <https://opencv.org/>. Acesso em: 21 jun. 2021.
- OPENJS FOUNDATION. **Node.js**. 2009. Disponível em: <https://nodejs.org/en/>. Acesso em: 21 jun. 2021.
- OPENJS FOUNDATION. **Electron**. 2013. Disponível em: <https://www.electronjs.org/>. Acesso em: 21 jun. 2021.
- PRESSMAN, R. S. **Engenharia de Software: Uma abordagem profissional: comprehensive support for typesetting chemistry documents**. [*S.l.: s.n.*]: AMGH Editora Ltda., 2011. V5.8a.
- PYTHON SOFTWARE FOUNDATION. **Python**. 1991. Disponível em: <https://www.python.org/>. Acesso em: 21 jun. 2021.
- STURROCK, G. D.; SHERRARD, E. S.; RICE, N. S. Specular microscopy of the corneal endothelium. **Br. J. Ophthalmol**, v. 62, p. 809 – 814, 1978.
- THE QT COMPANY. **Qt**. 1995. Disponível em: <https://www.qt.io/>. Acesso em: 21 jun. 2021.
- URBANO, A. P. **Microscopia Especular**. 2021. Disponível em: https://www.draandreaia.com.br/?page_id=1007. Acesso em: 21/06/2021.

VENTURA, L. *et al.* A corneal endothelium cell analyzer for slit lamps. **IEEE ENGINEERING IN MEDICINE AND BIOLOGY**, p. 92 – 98, 2002.

APÊNDICES

APÊNDICE A – DFD NÍVEL 2: SEÇÃO DE EXAME

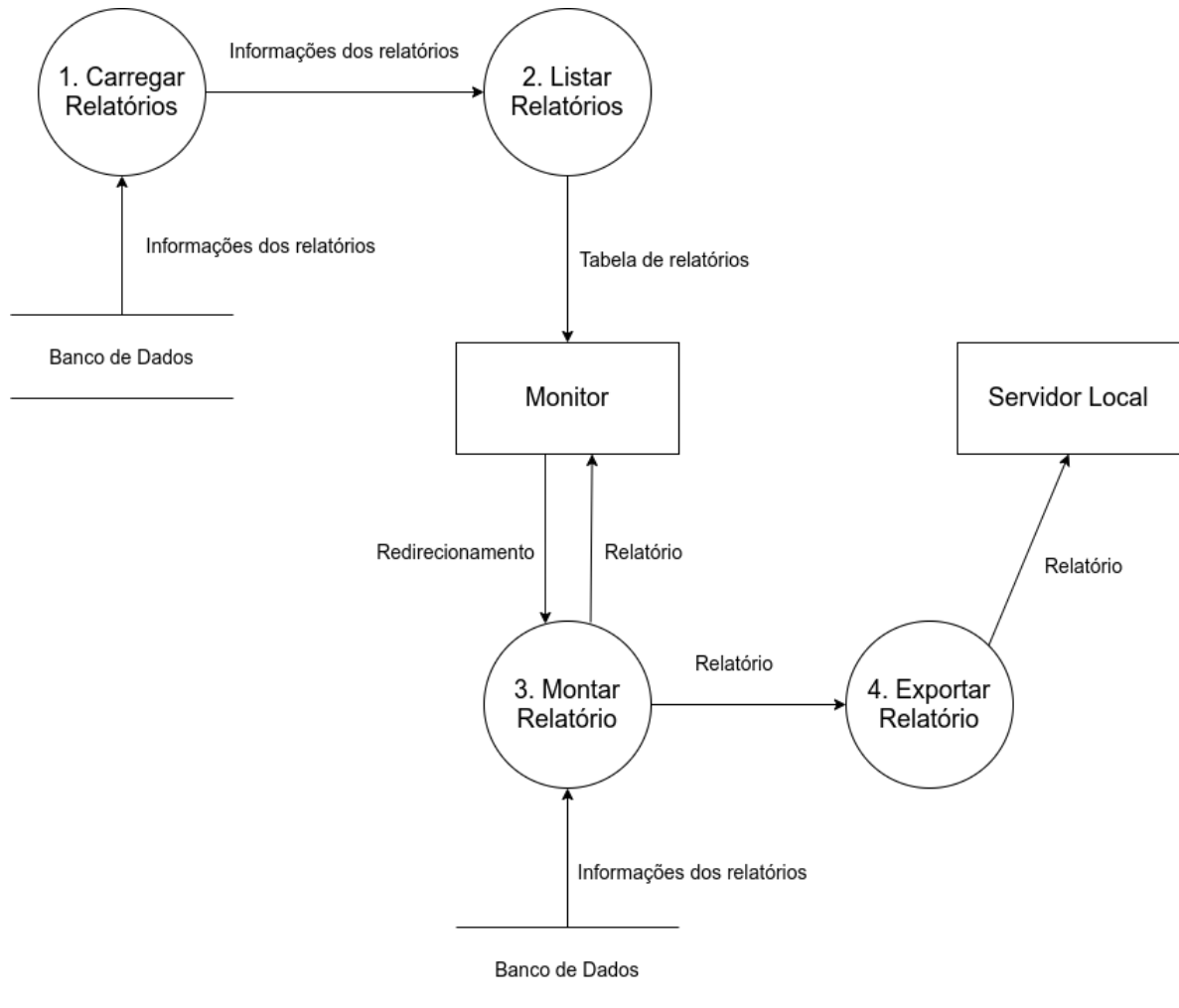
Figura 33 – DFD nível 2 do Vorocell - A seção de exame.



Fonte: Autoria própria.

APÊNDICE B – DFD NÍVEL 2: SEÇÃO DE RELATÓRIOS

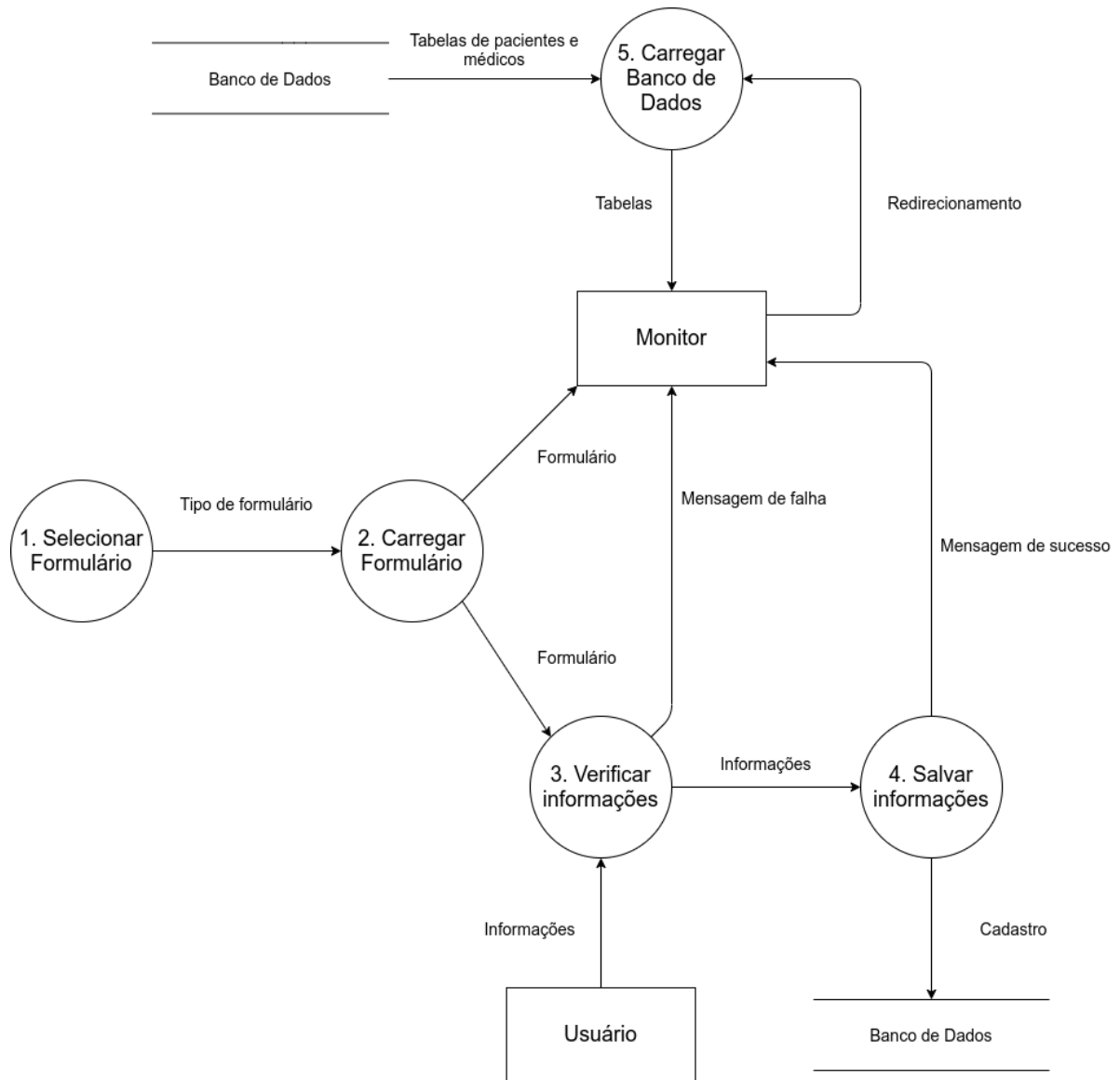
Figura 34 – DFD nível 2 do Vorocell - A seção de relatórios.



Fonte: Autoria própria.

APÊNDICE C – DFD NÍVEL 2: SEÇÃO DE CADASTROS

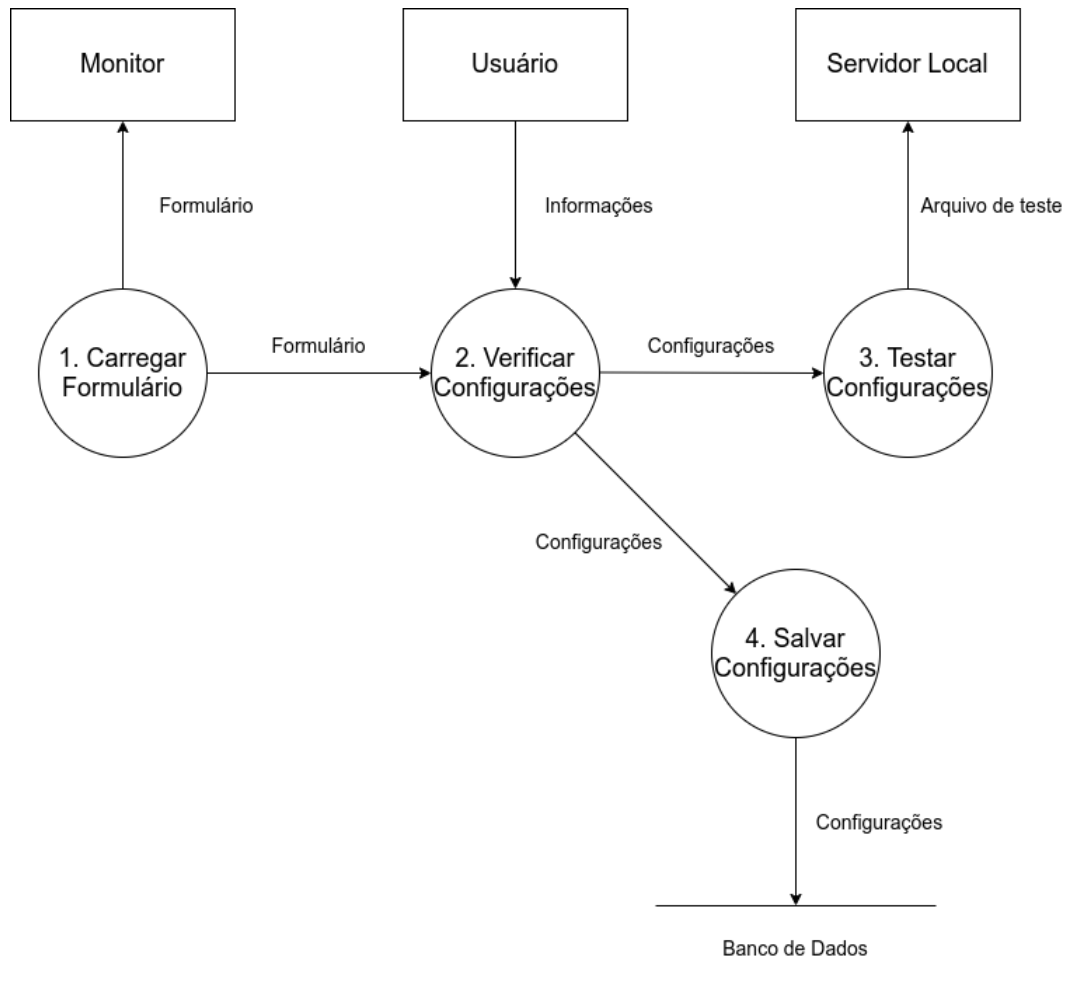
Figura 35 – DFD nível 2 do Vorocell - A seção de cadastros.



Fonte: Autoria própria.

APÊNDICE D – DFD NÍVEL 2: SEÇÃO DE OPÇÕES

Figura 36 – DFD nível 2 do Vorocell - A seção de opções.



Fonte: Autoria própria.