

FaceShield

TechFlow

ÚLTIMA ATUALIZAÇÃO: 25/11/2025



IDENTIFICAÇÃO DOS ENVOLVIDOS:

PAPEL	NOME
PRODUCT OWNER	Rafael de Sena Selvagio; Luciano Trevisan.
SCRUM MASTER	Kauã Henrique Frenedoza
STAKEHOLDER	SENAI; Escolas Técnicas; Empresas Industriais.
DESENVOLVEDOR FRONT-END	Kauã Henrique Frenedoza; Ana Julia Vieira; Nicole Soares Aguiar.
DESENVOLVEDOR BACK-END	Alexandre Elson C. S. Santos; Davi Livino Mazoti; Rafael Alves Andrade.
DESIGNER	Kauã Henrique Frenedoza; Rafael Alves Andrade.
DBA	Alexandre Elson C. S. Santos.

1. CONTEXTO

Em ambientes compartilhados de trabalho e aprendizado, como oficinas mecânicas, laboratórios técnicos e espaços maker, o gerenciamento eficiente de ferramentas e equipamentos é um desafio constante. A alta rotatividade de usuários e a diversidade de itens disponíveis tornam o controle de inventário uma tarefa crítica para a manutenção da operabilidade do local.

Atualmente, muitas instituições ainda dependem de métodos de controle manuais e obsoletos, como o preenchimento de cadernos de papel, o uso de planilhas desconectadas ou até mesmo o "sistema de confiança". Essas práticas mostram-se ineficientes, resultando frequentemente em sumiço de materiais, dificuldade em responsabilizar usuários por danos ou perdas e, principalmente, em tempo ocioso gasto na procura de itens que não estão em seus devidos lugares. A falta de um monitoramento em tempo real gera prejuízos financeiros e operacionais significativos.

Diante desse cenário, torna-se evidente a necessidade de uma solução tecnológica que automatize o controle de empréstimos, garantindo maior segurança ao patrimônio e agilidade nos processos do dia a dia. A digitalização

desse fluxo não apenas organiza o ambiente, mas também promove uma cultura de maior responsabilidade entre os usuários.

Para atender a essa demanda, este projeto propõe o desenvolvimento do FaceShield, um sistema Web de gerenciamento de ferramentas que se diferencia pela integração de tecnologias modernas para autenticação e rastreabilidade. Ao contrário de sistemas tradicionais que exigem logins manuais demorados, o FaceShield utiliza reconhecimento facial para identificar instantaneamente o usuário e leitura de QR Code para registrar a retirada e devolução de itens. Essa abordagem elimina barreiras de uso, tornando o processo de check-out e check-in extremamente rápido, seguro e à prova de fraudes de identidade.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

O objetivo principal deste projeto é desenvolver um sistema web denominado FaceShield, voltado para a gestão e o controle automatizado de empréstimos de ferramentas em ambientes compartilhados. O sistema visa modernizar o fluxo de trabalho atual, substituindo métodos manuais por uma solução tecnológica integrada.

2.2 Objetivos Específicos

- Para alcançar o objetivo geral, foram definidos os seguintes objetivos específicos:
- Agilizar processos: Otimizar o tempo de retirada e devolução de itens através da implementação de tecnologias de reconhecimento facial para autenticação de usuários e leitura de QR Code para identificação rápida de ferramentas.
- Centralizar informações: Unificar o cadastro de usuários, ferramentas e locais de armazenamento em uma única base de dados, facilitando a consulta e a organização do inventário.
- Garantir rastreabilidade: Manter um histórico detalhado e imutável de todos os empréstimos realizados, permitindo auditorias precisas e atribuindo responsabilidade clara aos usuários em caso de danos ou perdas.

- Aumentar a segurança: Reforçar o controle do inventário de ferramentas, minimizando extravios e garantindo que apenas usuários autorizados tenham acesso aos equipamentos.

3. DESCRIÇÃO DO SISTEMA

O sistema **FaceShield** opera através da integração entre uma aplicação Web (para gestão) e uma estação de autoatendimento (para operação), utilizando tecnologias de reconhecimento facial e leitura de QR Code. A arquitetura divide-se em níveis de acesso e fluxos de dados específicos para garantir a segurança e a integridade das informações.

3.1. Perfis de Acesso

O sistema possui dois níveis de permissão distintos:

- **Professor (Administrador):** Possui acesso irrestrito ao sistema Web. É o responsável pelo gerenciamento de dados, cadastros e visualização de relatórios gerenciais e de auditoria.
- **Aluno (Usuário Comum):** Interage principalmente com a estação de empréstimo. Seu papel no sistema é realizar a retirada e devolução de ferramentas mediante autenticação biométrica, sem acesso aos menus administrativos.

3.2. Módulo Administrativo (Web - Java Spring Boot)

Esta interface é exclusiva para o perfil **Professor**. Nela, estão disponíveis as seguintes funcionalidades:

- **Gerenciamento de Alunos:** Permite o cadastro (CRUD) dos alunos, incluindo a captura ou upload da foto necessária para o treinamento do algoritmo de reconhecimento facial.
- **Gerenciamento de Ferramentas:** Cadastro (CRUD) dos itens disponíveis, associando cada ferramenta a um código QR único (gerado pelo sistema ou externo).
- **Gerenciamento de Locais:** Cadastro (CRUD) dos locais físicos de armazenamento (ex: "Armário A", "Prateleira 3"), vinculando as ferramentas aos seus respectivos lugares.
- **Registro Manual:** Possibilidade de o Professor criar um registro de empréstimo manualmente, caso necessário.

3.3. Relatórios

O sistema oferece dois painéis principais para monitoramento e auditoria:

1. **Histórico de Empréstimos:** Uma visão geral e detalhada de todas as transações de ferramentas. Este painel permite filtrar por status: *Em Andamento*, *Finalizado* e *Em Atraso*. As informações detalhadas incluem: nome do usuário, data e hora da retirada, data e hora da devolução, ferramenta utilizada e sua localização original.
2. **Histórico de Trava:** Um log de segurança focado no acesso físico ao armazenamento. Este relatório exhibe qual aluno realizou o reconhecimento facial e em qual data e hora o comando de destravamento da bancada/armário que foi acionado, independentemente de uma ferramenta ter sido retirada ou não.

3.4. Fluxo de Operação e Integração de Dados

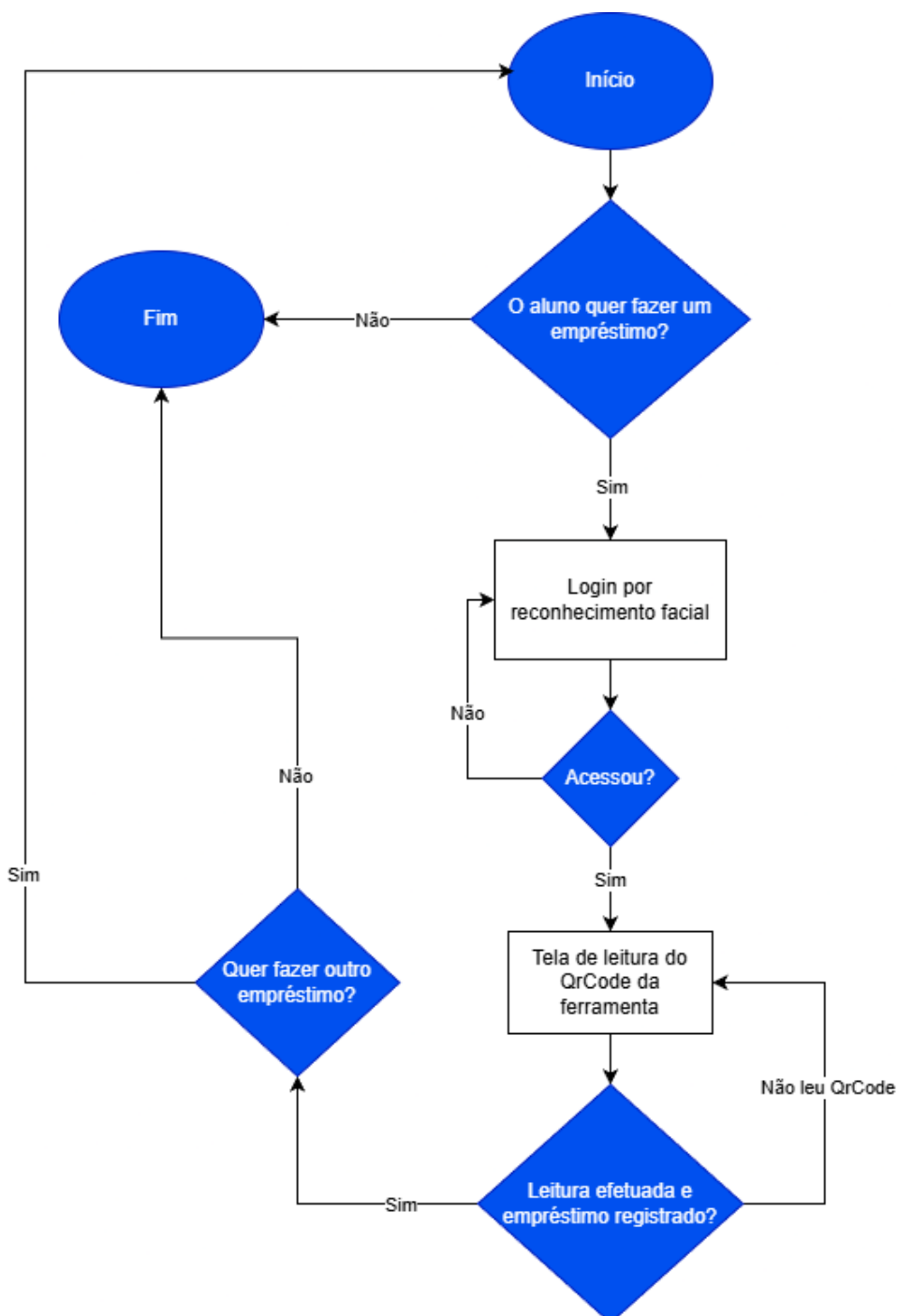
A comunicação entre o hardware (Python), a interface do usuário (Front-end) e o servidor (API Java/PostgreSQL) segue regras de negócio específicas para retirada e devolução:

- **Fluxo de Retirada (Empréstimo):**
 1. O aluno posiciona-se em frente à câmera para o **Reconhecimento Facial**.
 2. Ao confirmar a identidade, o sistema aciona a abertura da trava eletrônica do armário.
 3. O aluno retira a ferramenta e apresenta o código ao **Leitor de QR Code**.
 4. O módulo Python captura os dados e os envia para o Front-End.
 5. O Front-End realiza uma requisição **POST** para a API Java, criando um novo registro de empréstimo contendo o ID do aluno e o ID da ferramenta.
 6. A transação é salva no banco de dados **PostgreSQL** com status "Em Andamento".
- **Fluxo de Devolução:**
 1. O aluno realiza novamente o reconhecimento facial para destravar o armário e guardar a ferramenta.
 2. O aluno escaneia o QR Code da ferramenta que está sendo devolvida.

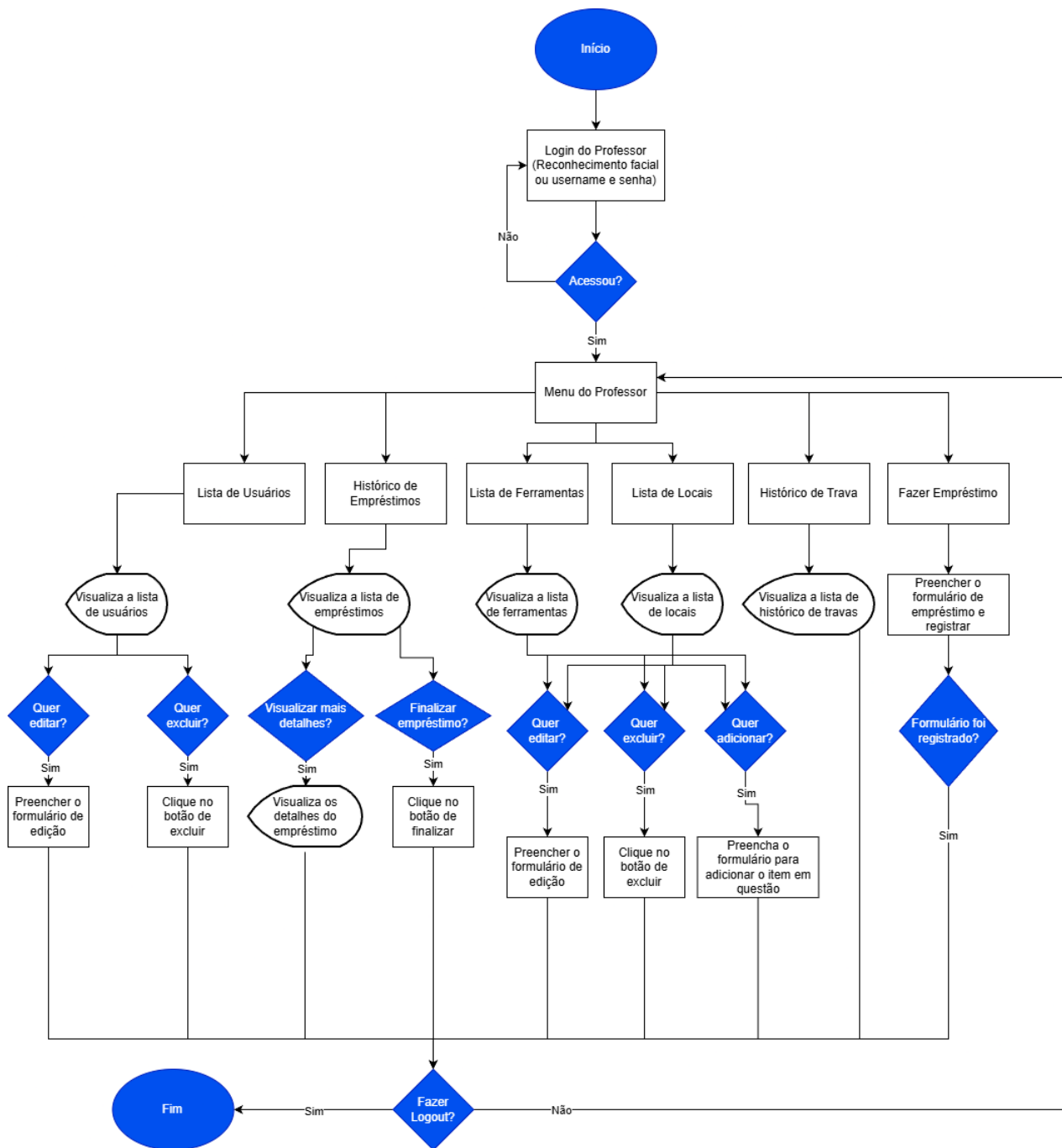
3. O módulo Python identifica os dados e notifica o Front-End.
4. O Front-End localiza o empréstimo ativo e envia uma requisição **PUT** para a API Java.
5. O sistema atualiza o registro no **PostgreSQL**, inserindo a data e hora da devolução e alterando o status para "Finalizado".

4. FLUXOGRAMA

4.1: Fluxograma de navegabilidade do Aluno



4.2: Fluxograma de navegabilidade do Professor



5. LEVANTAMENTO DE REQUISITOS

5.1. Visão Geral e Escopo

O FaceShield é um sistema Web voltado para o gerenciamento e controle automatizado de empréstimos de ferramentas em ambientes compartilhados, como o SENAI. O objetivo é substituir métodos manuais por uma solução que utiliza reconhecimento facial e leitura de QR Code para agilizar retiradas e devoluções, garantindo segurança e rastreabilidade.

5.2. Atores do Sistema

Identificação dos usuários que interagem com o sistema:

- Professor (Administrador): Possui acesso irrestrito ao sistema Web para gestão de dados e visualização de relatórios.
- Aluno (Usuário Comum): Utiliza a estação de autoatendimento para retirar e devolver ferramentas mediante autenticação biométrica.

5.3. Requisitos Funcionais (RF)

Funcionalidades que o sistema deve oferecer para atender às necessidades do negócio.

Módulo Administrativo (Web)

- [RF001] Manter Alunos (CRUD): O sistema deve permitir que o Professor cadastre, visualize, edite e exclua alunos. O cadastro deve incluir a captura ou upload de foto para o treinamento do reconhecimento facial.
- [RF002] Manter Ferramentas (CRUD): O sistema deve permitir o cadastro de ferramentas, associando cada item a um código QR único (gerado pelo sistema ou externo).
- [RF003] Manter Locais (CRUD): O sistema deve permitir o cadastro de locais físicos de armazenamento (ex: "Armário A", "Prateleira 3") e vincular ferramentas a esses locais.
- [RF004] Realizar Empréstimo Manual: O sistema deve permitir que o Professor registre um empréstimo manualmente, caso necessário, sem o uso do fluxo automatizado.
- [RF005] Gerar Relatório de Histórico de Empréstimos: O sistema deve exibir uma visão geral e detalhada das transações, permitindo filtrar por status (Em Andamento, Finalizado, Em Atraso).
 - *Dados exibidos:* Nome do usuário, data/hora retirada, data/hora devolução, ferramenta e localização original.
- [RF006] Gerar Relatório de Histórico de Trava: O sistema deve exibir um log de segurança informando qual aluno realizou o reconhecimento facial e data/hora do destravamento do armário, independentemente da retirada de itens.

Módulo de Autoatendimento (Estação/Hardware)

- [RF007] Autenticação via Reconhecimento Facial: O sistema deve identificar o aluno através da câmera. Ao confirmar a identidade, deve acionar a abertura da trava eletrônica do armário.
- [RF008] Realizar Retirada (Check-out): O sistema deve ler o QR Code da ferramenta apresentada pelo aluno e registrar um novo empréstimo via API.

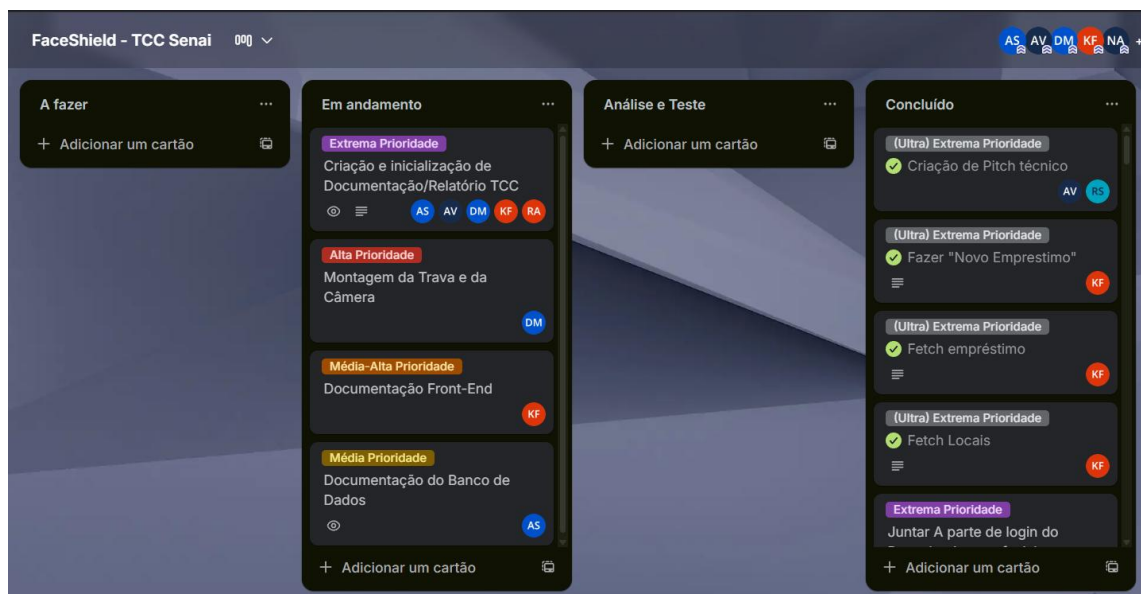
- [RF009] Realizar Devolução (Check-in): O sistema deve autenticar o aluno novamente para abrir o armário, ler o QR Code da ferramenta devolvida e atualizar o registro do empréstimo para "Finalizado".

5.4. Requisitos Não Funcionais (RNF)

Restrições técnicas, padrões de qualidade e interfaces.

- [RNF001] Plataforma: O sistema deve ser composto por uma Aplicação Web (Gestão) e uma estação de autoatendimento.
- [RNF002] Stack Tecnológica (Back-end): A API deve ser desenvolvida em Java com Spring Boot.
- [RNF003] Banco de Dados: O sistema deve utilizar PostgreSQL para persistência dos dados.
- [RNF004] Integração de Hardware: Um módulo em Python deve ser responsável pela comunicação entre os periféricos (Câmera, Leitor QR, Trava) e o Front-end.
- [RNF005] Interface de Hardware: O sistema requer o uso de Câmera para reconhecimento facial e Leitor de QR Code para identificação de itens.
- [RNF006] Segurança de Acesso: O perfil "Aluno" não deve ter acesso aos menus administrativos do sistema Web.

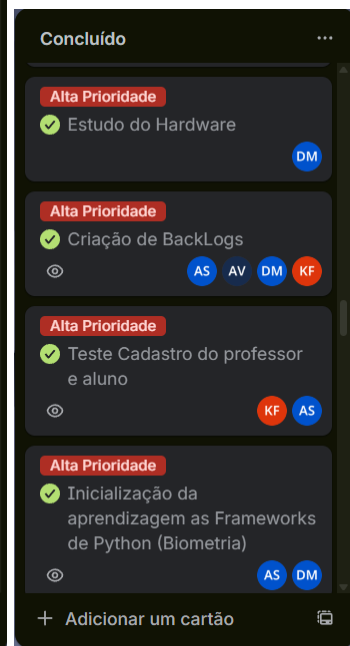
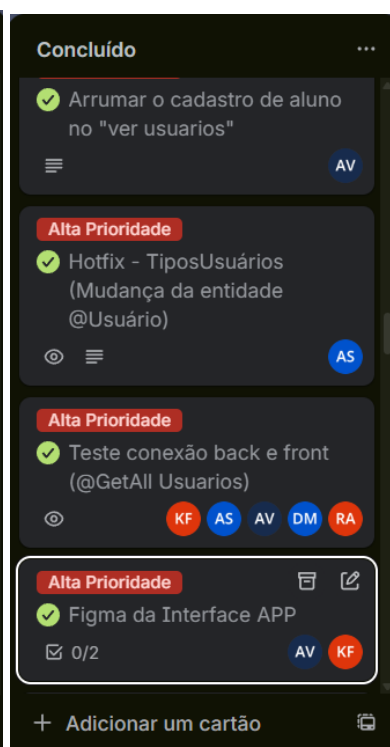
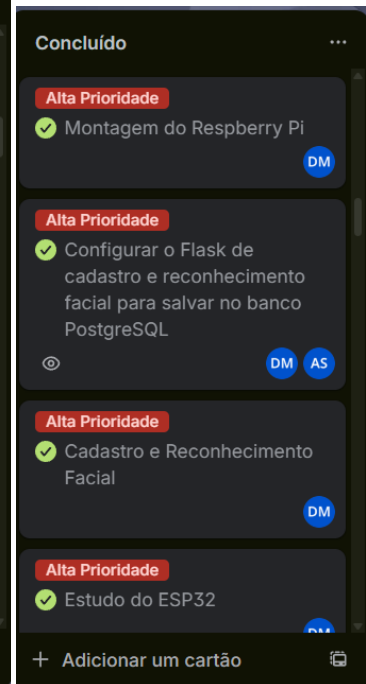
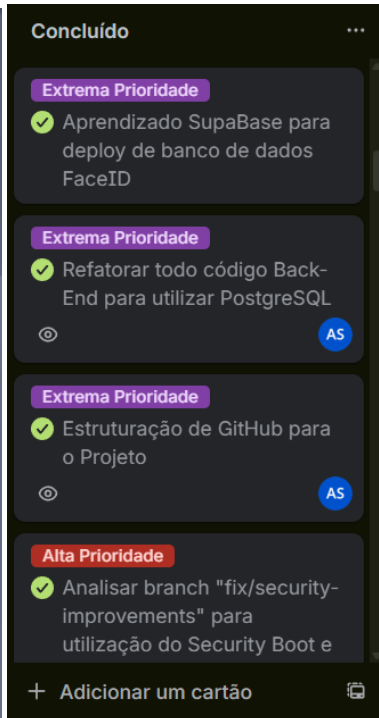
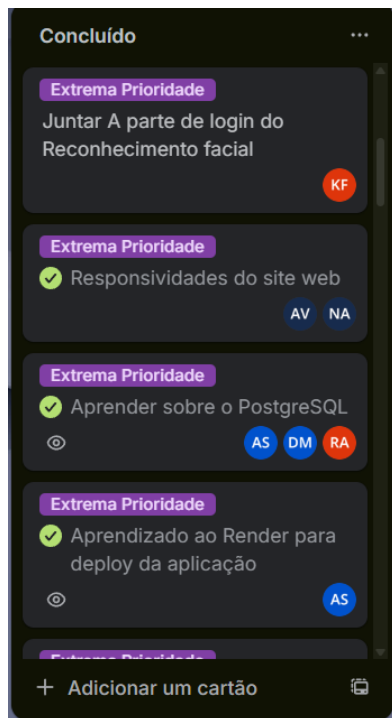
6. PRODUCT BACKLOG



Documentação - Projeto FaceShield

SENAI . SP

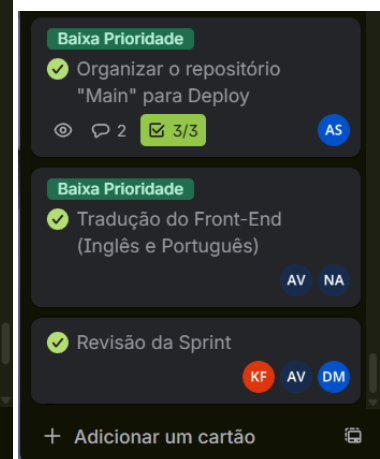
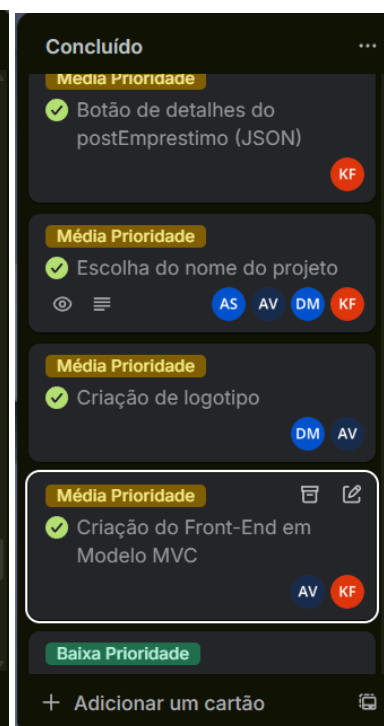
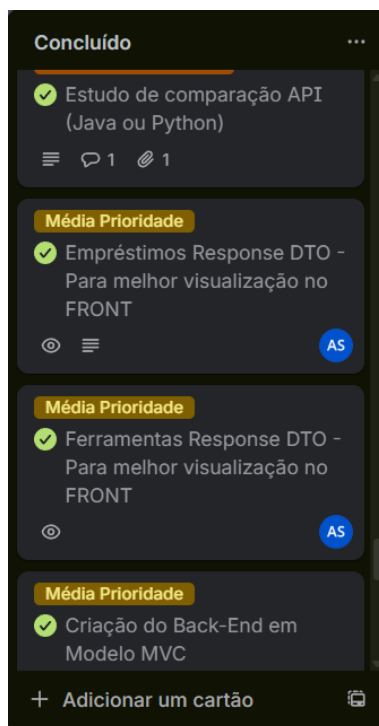
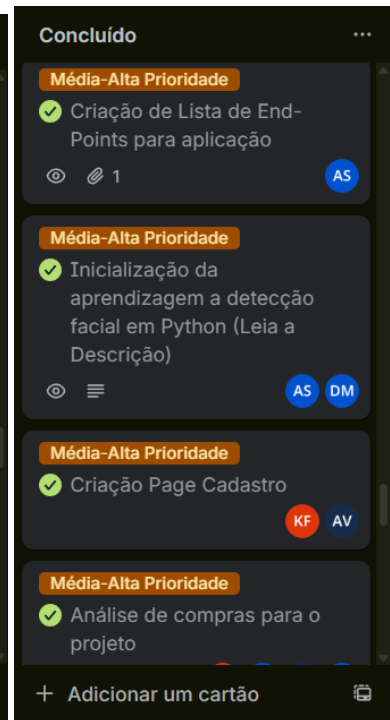
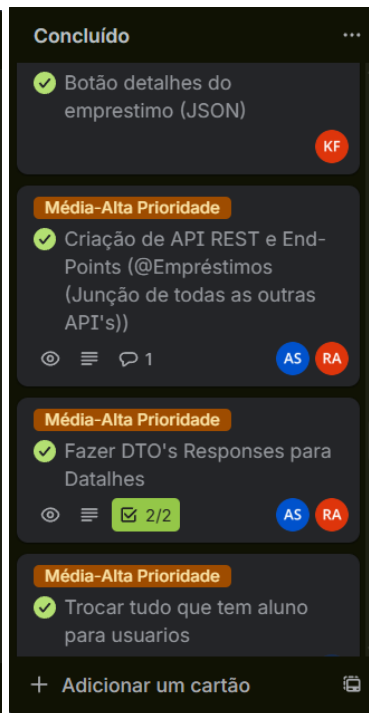
TÉCNICO EM DESENVOLVIMENTO DE SISTEMAS



Documentação - Projeto FaceShield

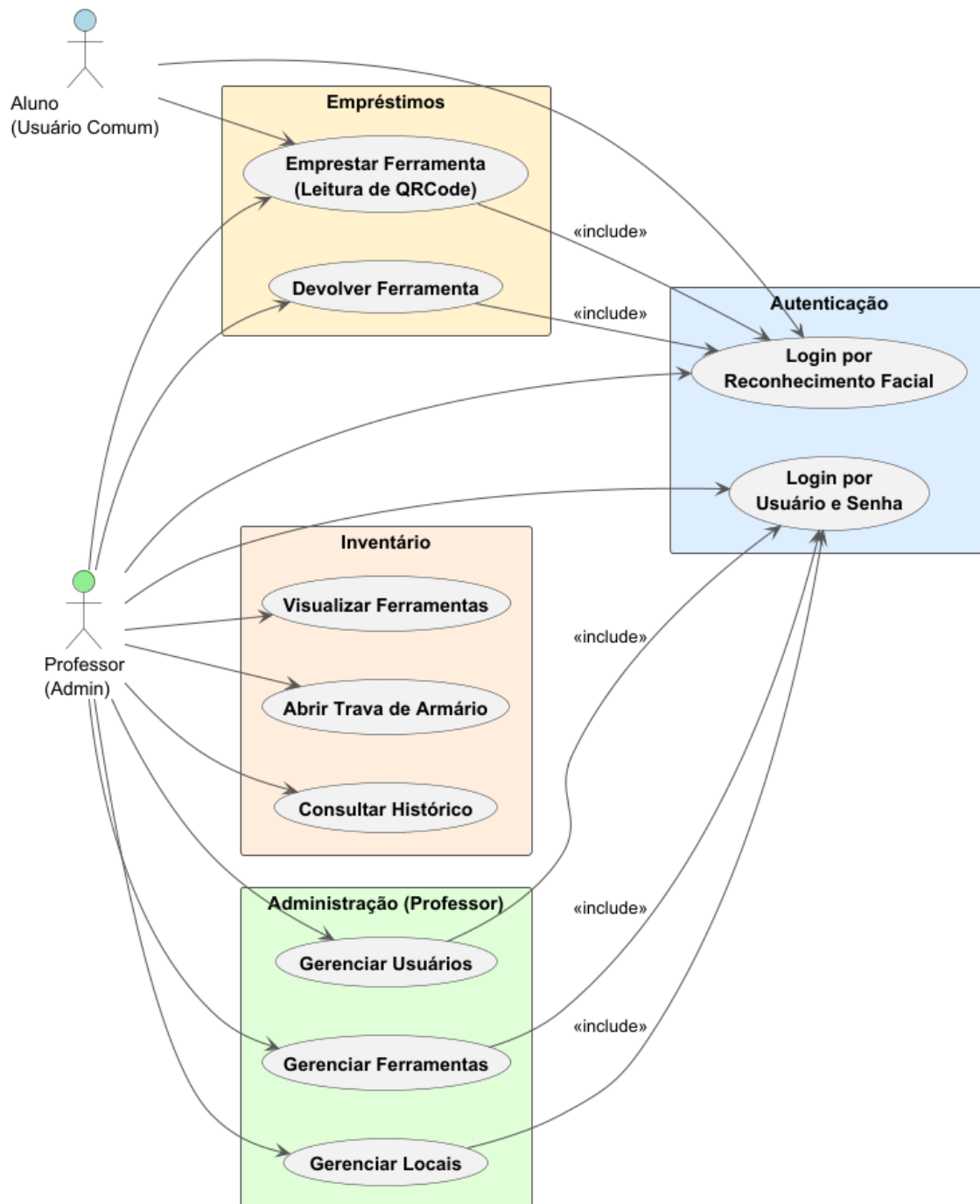
SENAI . SP

TÉCNICO EM DESENVOLVIMENTO DE SISTEMAS

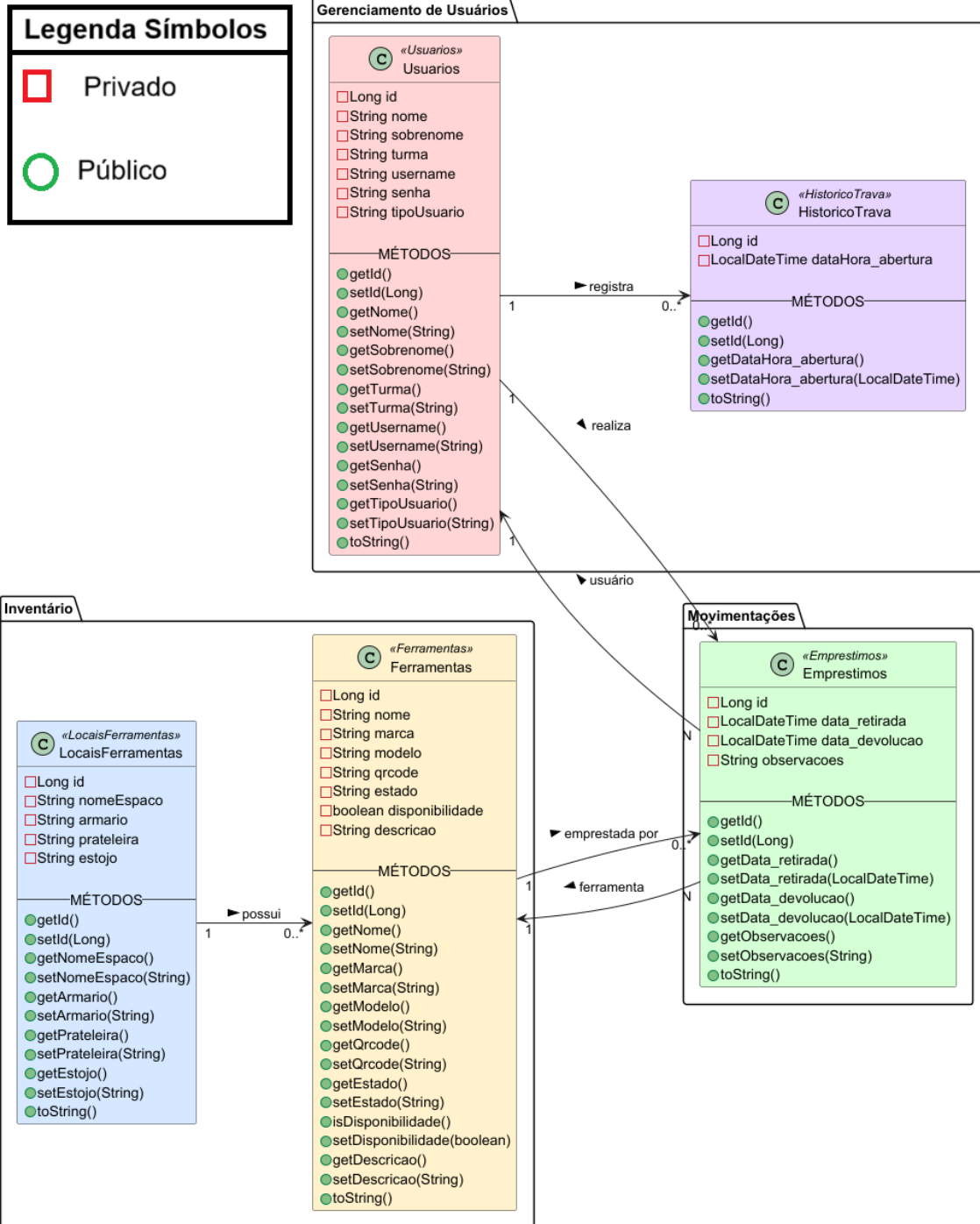


7. DIAGRAMAS UML

7.1 Diagrama de Casos de Uso



7.2 Diagrama de Classe



8. PROTOTIPAÇÃO DAS INTERFACES

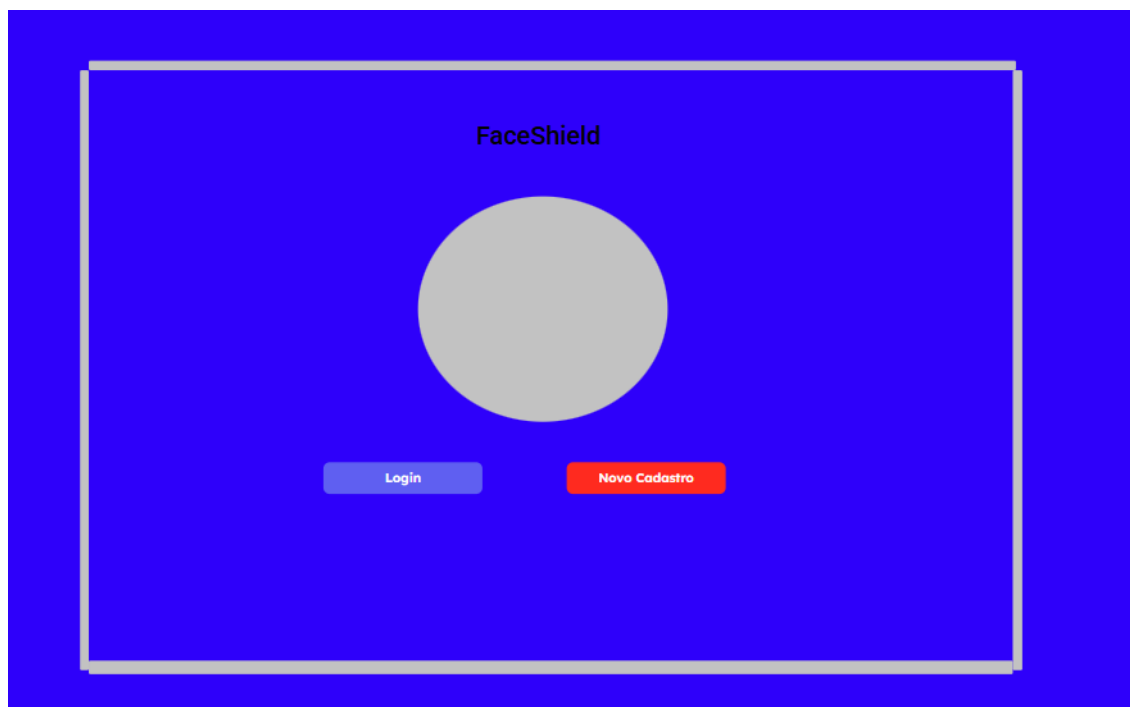


Figura 8.1: Tela inicial;

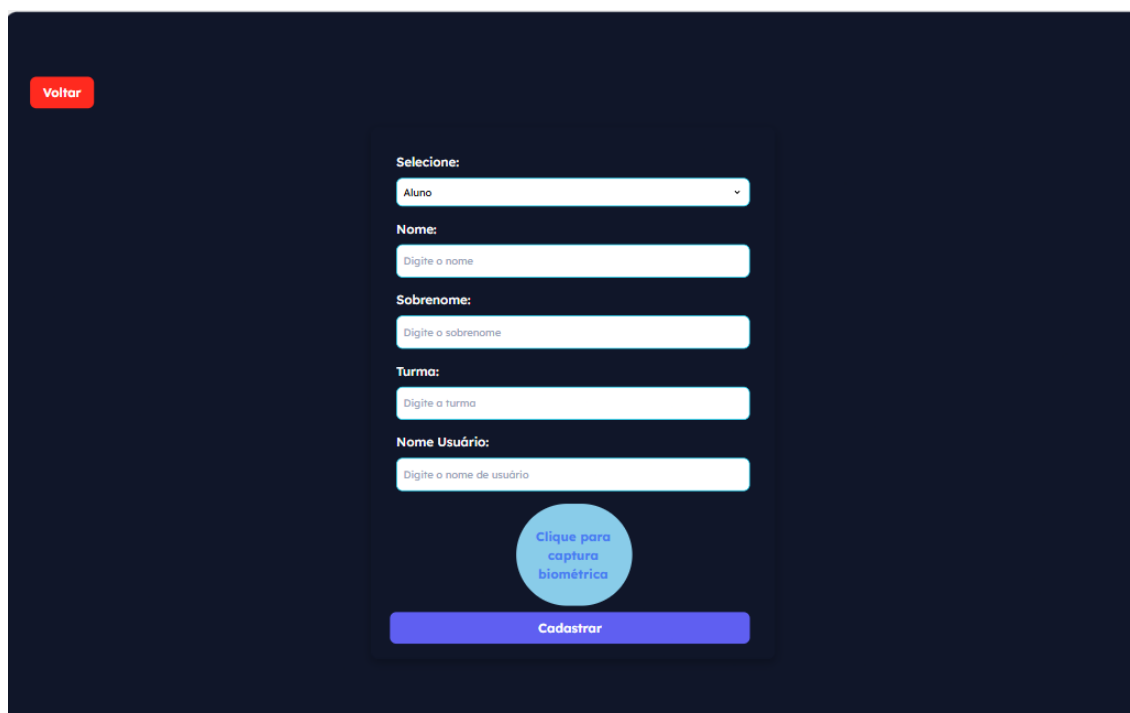


Figura 8.2: Tela de cadastro;

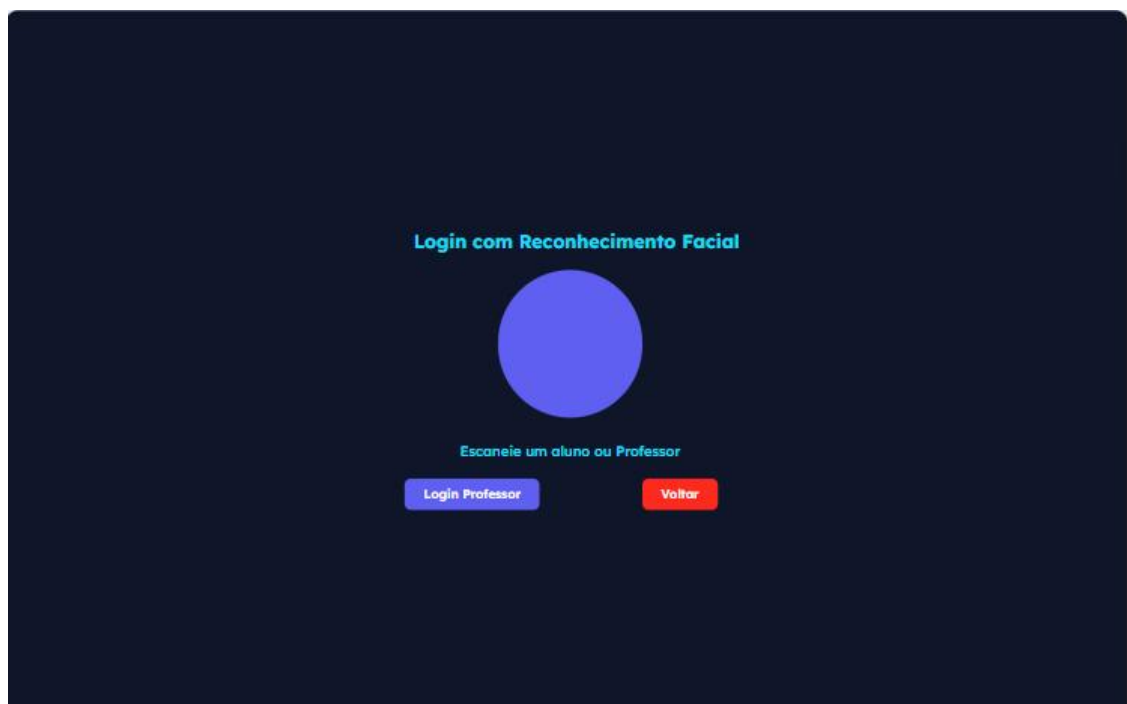


Figura 8.3: Tela de login (Reconhecimento facial);

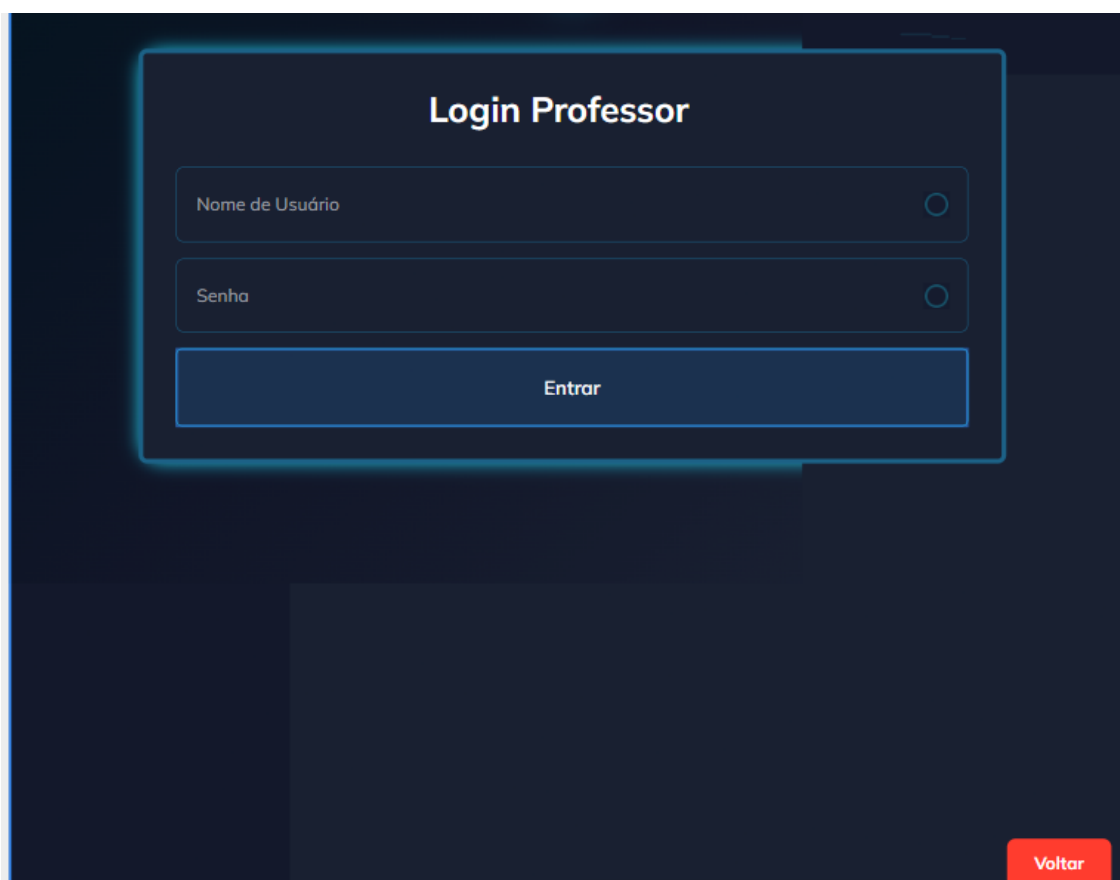


Figura 8.4: Tela de login professor;

Documentação - Projeto FaceShield

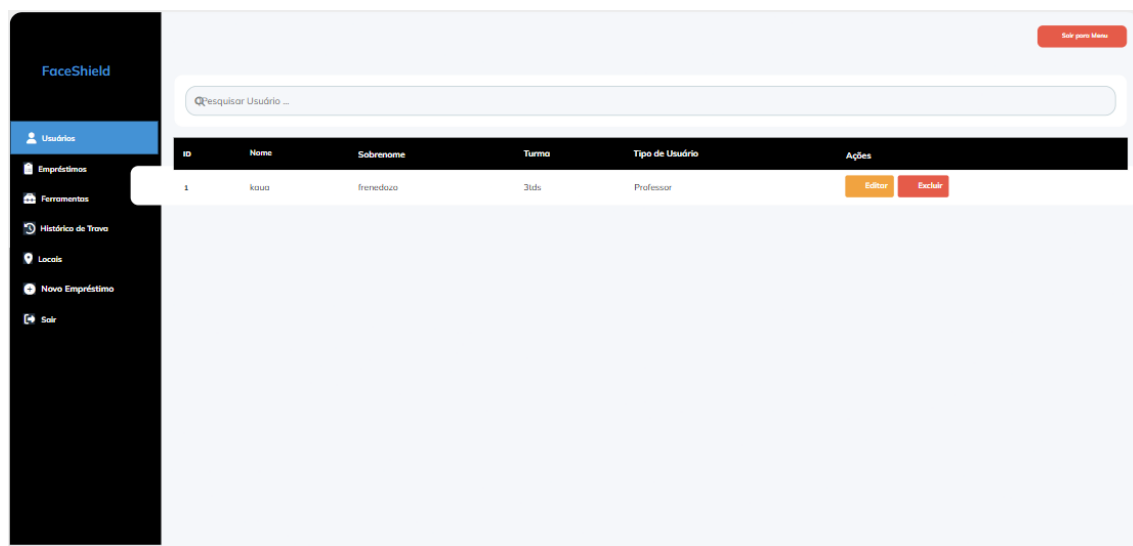


Figura 8.5: Tela de lista de usuários;

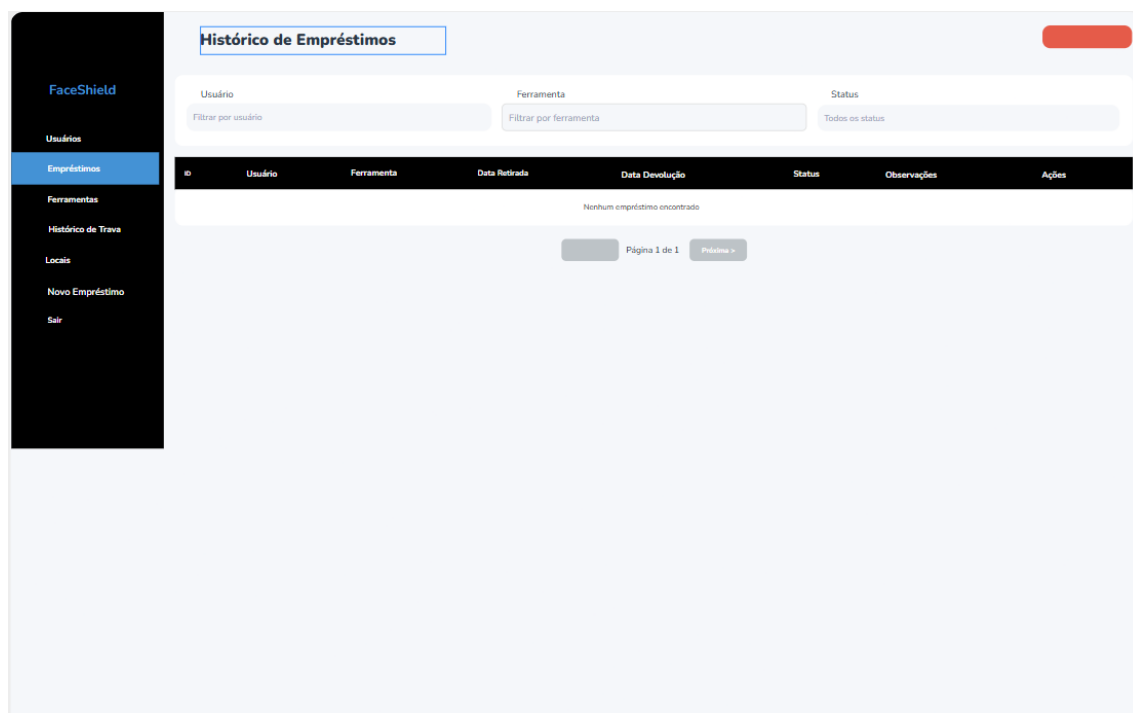


Figura 8.6: Tela de lista de empréstimos;

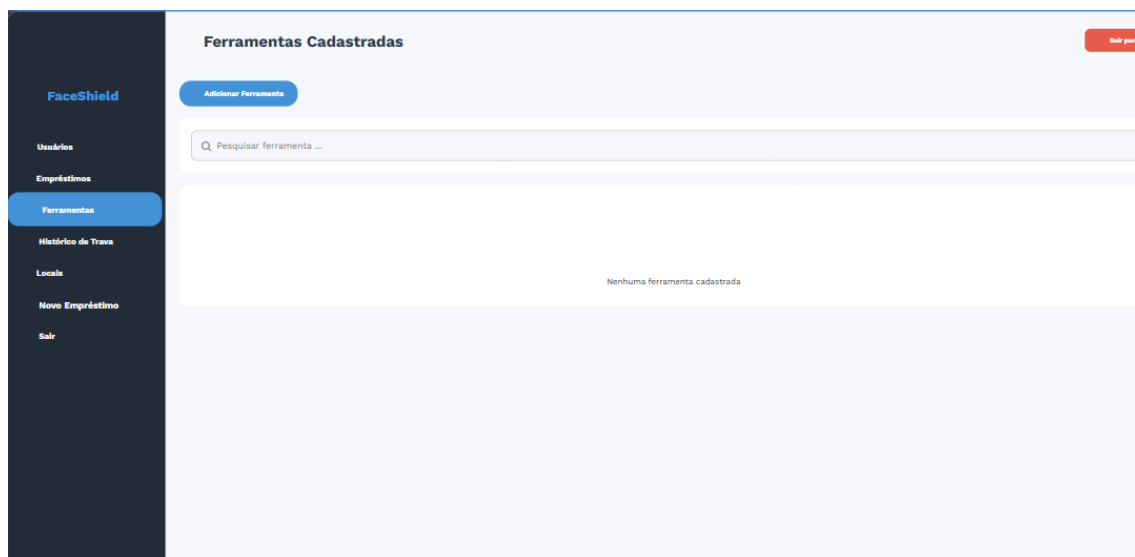


Figura 8.7: Tela de lista de ferramentas;

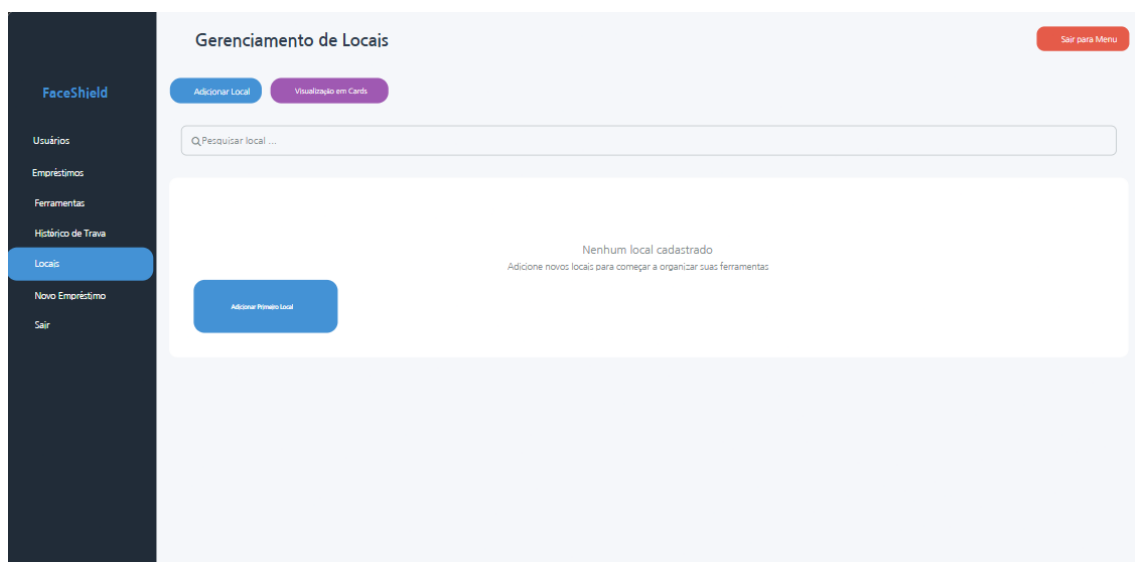


Figura 8.8: Tela de lista de locais;

A interface de 'Novo Empréstimo' do sistema FaceShield apresenta um layout com uma barra lateral escura à esquerda contendo o menu de navegação. O formulário principal, intitulado 'Novo Empréstimo', está centralizado e contém os seguintes campos:

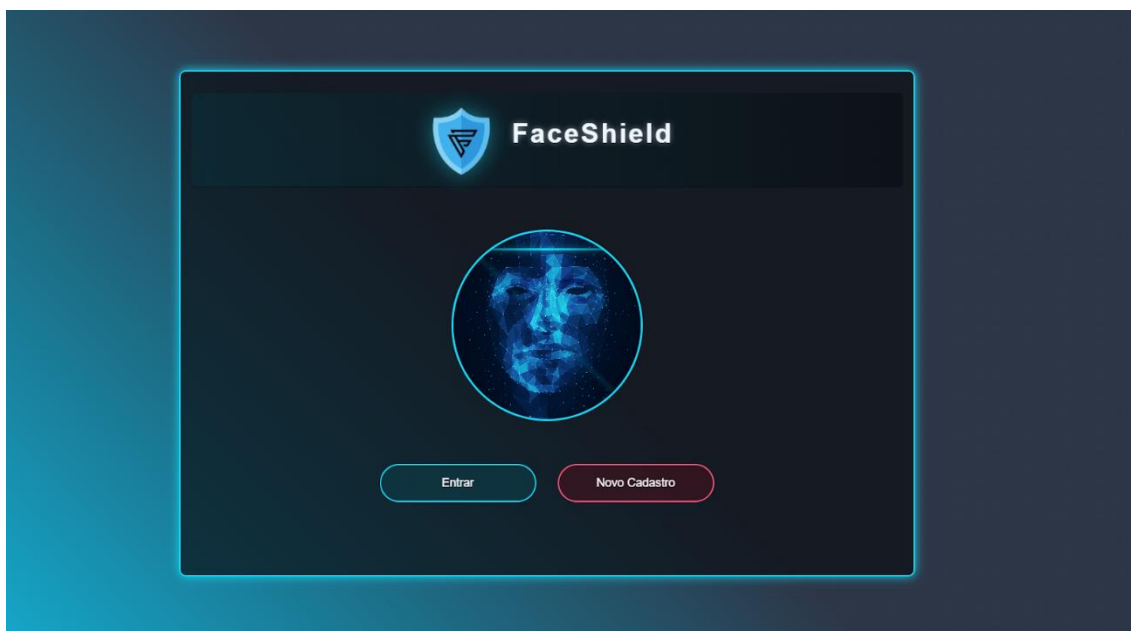
- Dados do Empréstimo:**
 - Usuário:** Campo de seleção com o texto 'Selecione um aluno'.
 - Turma:** Campo de seleção com o ícone de grupo de pessoas.
- Dados da Ferramenta:**
 - Ferramenta:** Campo de seleção com o texto 'Selecione uma ferramenta'.
 - Localização:** Campo de texto livre.
- Datas do Empréstimo:**
 - Data de Retirada:** Campo com o valor '24/11/2025, 17:17'.
 - Data de Devolução:** Campo com o valor '01/12/2025 17:17' e ícone de calendário.
- Observações:** Campo de texto livre com o placeholder 'Informações adicionais sobre o empréstimo'.

Na base do formulário, há dois botões: 'Cancelar' (com uma seta para trás) e 'Registrar Empréstimo' (em azul). No canto superior direito da interface, há um botão 'Sair para Menu' em vermelho.

Figura 8.9: Tela de novo empréstimo;

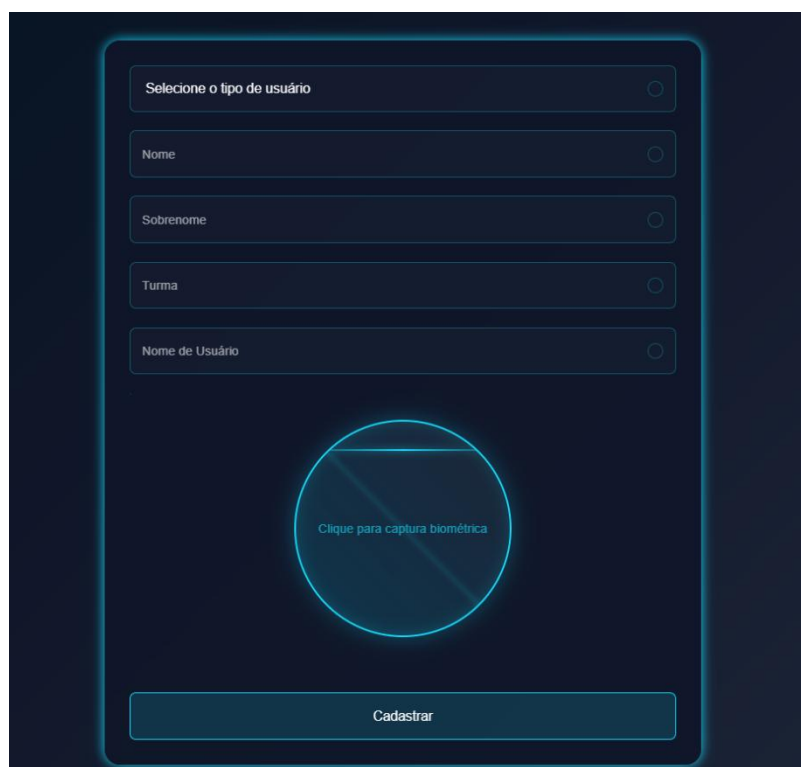
9. SOFTWARE DESENVOLVIDO

Figura 9.1: Tela Inicial



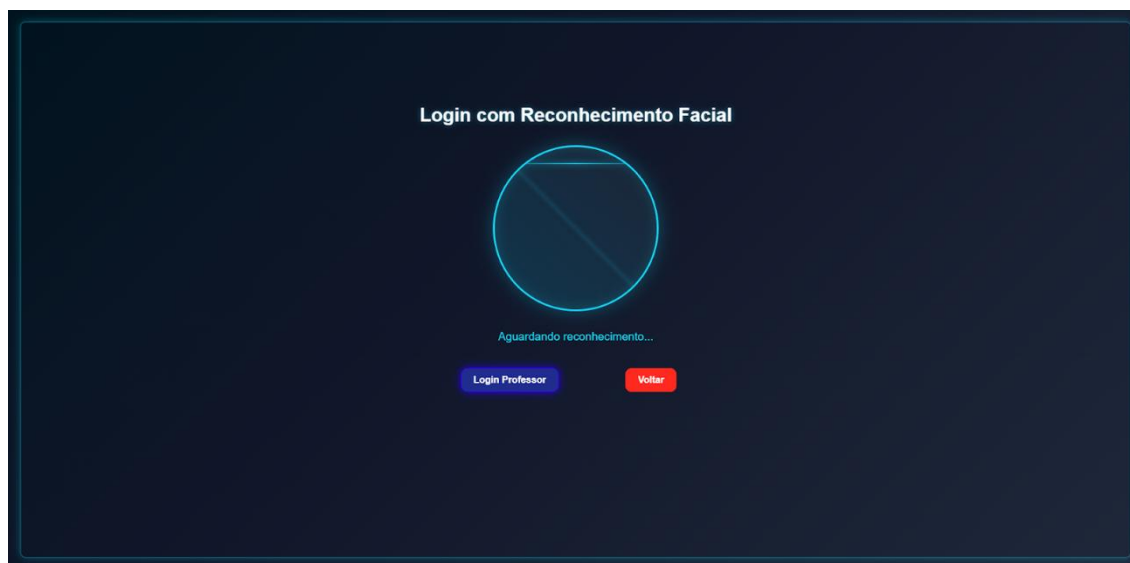
O usuário deverá optar entre realizar um novo cadastro ou efetuar o login para acessar o sistema.

Figuras 9.2: Registro de Credenciais

A screenshot of the registration form in the FaceShield application. The form is set against a dark blue background with a glowing blue border. It contains several input fields: 'Selecione o tipo de usuário' (Select user type), 'Nome' (Name), 'Sobrenome' (Surname), 'Turma' (Class), and 'Nome de Usuário' (Username). Below these fields is a circular area with a diagonal line and the text 'Clique para captura biométrica' (Click for biometric capture). At the bottom of the form is a 'Cadastrar' (Register) button.

Insira as informações necessárias para a criação e habilitação de um novo acesso à plataforma.

Figura 9.3: Tela de Login com Reconhecimento Facial para Aluno e Professor



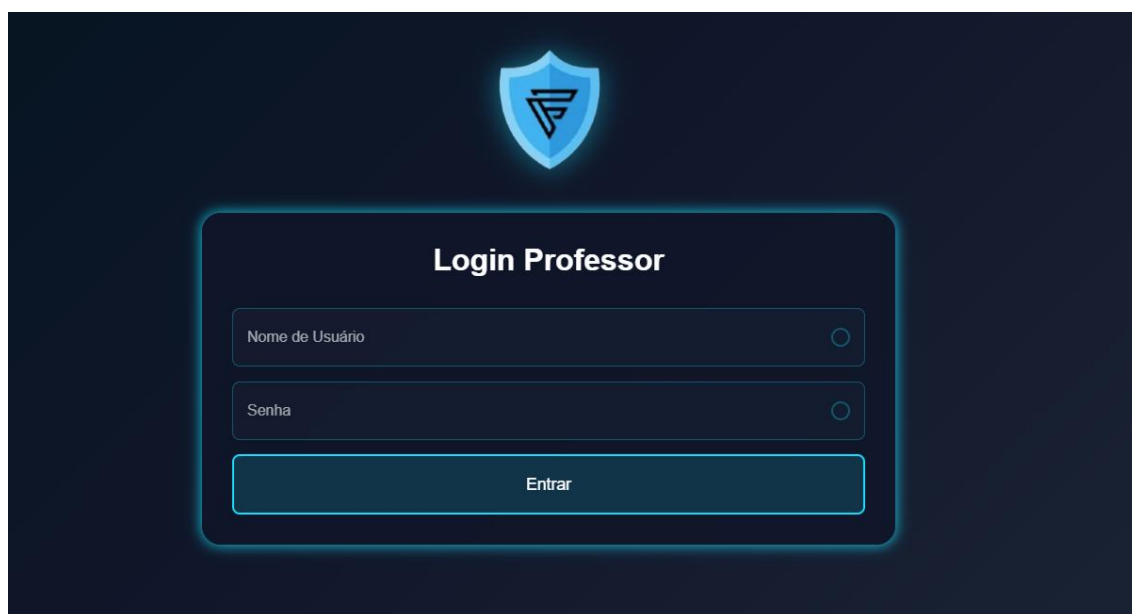
Após submeter-se ao reconhecimento facial, o usuário será redirecionado automaticamente para a interface correspondente (Menu Principal ou Escaneamento Facial). O destino do redirecionamento é condicionado ao perfil ou categoria do usuário.

Figura 9.4: Tela de Empréstimo com Leitura de QRCode para o Usuário



O sistema utiliza a câmera para ler o QRCode do item, registrando-o instantaneamente para o empréstimo e associando-o diretamente à conta do aluno.

Figura 9.5:Acesso Docente



The image shows a login interface for a professor. At the top center is a blue shield icon with a white stylized 'F' inside. Below the icon is a dark blue rounded rectangle with a light blue border. Inside this rectangle, the text 'Login Professor' is centered at the top. Below the title are two input fields: 'Nome de Usuário' and 'Senha', each with a small circular icon on the right. At the bottom of the rectangle is a button labeled 'Entrar'.

Insira suas credenciais acadêmicas para autenticar-se no sistema.

Figura 9.6: Painel Administrativo



The image shows an administrative panel titled 'Sistema do Professor'. It features a grid of six buttons arranged in two rows and three columns. Each button has a title in blue and a subtitle in white. The buttons are: 'Usuários' (Lista de Usuários), 'Empréstimos' (Histórico de itens emprestados), 'Ferramentas' (Lista de ferramentas), 'Histórico de Trava' (Registro de travas), 'Locais' (Áreas cadastradas), and 'Fazer Empréstimo' (Registrar empréstimos).

Painel central para acesso rápido aos módulos de administração e controle de recursos.

Figura 9.7: Gestão de Membros Acadêmicos



Módulo destinado à consulta, edição e manutenção dos registros de discentes e docentes ativos no sistema.

Figura 9.8: Registro de Movimentação de Ativos



Monitoramento detalhado do fluxo de empréstimos, permitindo o rastreamento de ferramentas, identificação de usuários e status de devolução em tempo real.

Figura 9.9: Inventário de Ferramentas

ID	Nome	Marca	Modelo	QR Code	Estado	Disponível	Descrição	Local	Ações
1	Chave de fenda	Stanley	Philips	90000000001415041760	Novo	Não	N/A	Oficina	Editar Excluir

Catálogo completo dos ativos cadastrados, detalhando especificações técnicas, localização e status de disponibilidade em tempo real.

Figura 9.10: Monitoramento de Desbloqueios

ID	Username	Data de Abertura
1	Kaua	26/11/2025, 14:40:31

Histórico de validações bem-sucedidas, identificando o usuário responsável e o horário exato da abertura da trava eletrônica.

Figura 9.11: Mapeamento de Locais

ID	Espaço	Armário	Prateleira	Estojo	Ações
1	Oficina	10	2	N/A	Editar Excluir

Interface para configuração detalhada dos pontos de estocagem, permitindo classificar locais por Espaço, Mobiliário (Armários ou Bancadas) e Subdivisões (Prateleiras e Estojos).

Figura 9.12: Registro de Retirada de Material

Dados do Empréstimo

Usuário: Turma:

Dados da Ferramenta

Ferramenta: Localização:

Dados do Empréstimo

Data de Retirada: 26/11/2025, 14:37 Data de Devolução: 03/12/2025 14:37

Observações

Informações adicionais sobre o empréstimo

Formulário para o registro manual de retirada de materiais, vinculando o usuário responsável ao ativo selecionado e estabelecendo os prazos de devolução.

10. RECURSOS

10.1. Pessoal (Recursos Humanos)

A equipe técnica foi dimensionada para garantir a especialização em cada camada do sistema FaceShield:

- **1 Gerente de Projeto:**
 - Responsável pela gestão do cronograma, organização das tarefas (Sprints), documentação oficial e alinhamento entre as equipes de hardware e software.
- **1 Engenheiro de IoT:**
 - Responsável pelo desenvolvimento de *firmware* (código embarcado), prototipagem dos circuitos eletrônicos e integração dos microcontroladores com as fechaduras e sensores físicos.
- **2 Desenvolvedores Front-End:**
 - Responsáveis pela criação das interfaces visuais (Web e Mobile). O foco é garantir uma boa experiência de uso (UX/UI) e integrar o visual com as APIs do sistema.
- **2 Desenvolvedores Back-End:**
 - Responsáveis pela lógica pesada do servidor, gerenciamento do banco de dados, segurança da informação e implementação dos algoritmos de reconhecimento facial.

10.2. Tecnologia

A arquitetura tecnológica do Projeto FaceShield foi definida para aproveitar a robustez do ecossistema Java no servidor e a eficiência do Python no processamento de imagens, utilizando ferramentas especializadas para cada etapa do fluxo de trabalho.

- **Ambiente de Desenvolvimento (IDE):**
 - IntelliJ IDEA: Ambiente de desenvolvimento integrado utilizado exclusivamente para a construção do Backend em Java.
 - PyCharm: IDE utilizada para o desenvolvimento e depuração dos módulos de Scripts em Python.
 - Visual Studio Code (VS Code): Editor de código utilizado para o desenvolvimento do Front-end e scripts auxiliares.
- **Linguagens de Programação e Componentes:**
 - Java: Linguagem principal do Backend. Responsável pela lógica de negócios, segurança da API e comunicação com o banco de dados.

- Python: Utilizado como motor de processamento para os módulos de Reconhecimento Facial e leitura de QR Code, além da integração com o hardware.
- JavaScript / HTML / CSS: Tecnologias base para o desenvolvimento das interfaces de usuário (Front-end).
- **Banco de Dados:**
 - PostgreSQL: Sistema Gerenciador de Banco de Dados Relacional (SGBD) utilizado para a persistência dos dados cadastrais, logs e inventário.
- **Versionamento e Infraestrutura:**
 - Git e GitHub (GitFlow): Utilização do sistema de controle de versão Git hospedado no GitHub, adotando a metodologia GitFlow para organização das *branches* (feature, develop, release, master/main) e gestão do ciclo de vida do código.
 - Render: Plataforma de nuvem (PaaS) utilizada para a hospedagem (*deploy*) da aplicação e disponibilização dos serviços do sistema.
- **Ferramentas de Teste:**
 - Postman: Ferramenta utilizada para testes de integração e validação dos *endpoints* do Backend.
 - Thunder Client: Extensão utilizada para testes rápidos de API e verificação de rotas durante o desenvolvimento do Front-end.

10.3. Equipamentos (Hardware)

Infraestrutura física de alto desempenho utilizada para desenvolvimento, compilação de código e implementação do hardware IoT.

- **Infraestrutura Computacional:**
 - 06 (Seis) Estações de Trabalho: Composto por 05 computadores da infraestrutura laboratorial (SENAI) e 01 equipamento pessoal (Acer).
 - Especificações de Processamento: O parque computacional conta com processadores de arquitetura híbrida (Intel Core i5 e AMD Ryzen), garantindo alto poder de processamento.
 - Memória: Todas as máquinas possuem 16GB de memória RAM, requisito essencial para a execução simultânea de ambientes pesados como IntelliJ IDEA, PyCharm e contêineres de banco de dados.
- **Dispositivos Móveis:**
 - Smartphones (Android/iOS) utilizados para:

- Validação da responsividade e usabilidade da interface web/mobile.
- Testes de campo dos algoritmos de Reconhecimento Facial em diferentes condições de luz.
- Testes de leitura e decodificação de QR Codes.
- **Hardware (IoT):**
 - Microcontroladores: Placas de desenvolvimento ESP32 (dual-core com Wi-Fi/Bluetooth), selecionadas pela alta capacidade de processamento.
 - Atuadores: Fechaduras solenoide 12V, integradas ao sistema para o controle físico do acesso.
 - Conexões: Cabos Jumpers (macho-fêmea/macho-macho) para interconexão direta e segura entre os pinos do microcontrolador e os módulos de rel

10.4. Comunicação e Gestão

Ferramentas e ambientes estabelecidos para garantir a organização das tarefas, a documentação colaborativa e o fluxo de informações entre a equipe.

- **Gestão de Projetos e Backlog:**
 - Trello: Plataforma utilizada para o gerenciamento visual das tarefas (Kanban). Onde é mantido o *Product Backlog* (lista de requisitos a fazer) e o controle do fluxo de trabalho da equipe.
- **Documentação e Colaboração:**
 - Google Docs: Ferramenta de edição simultânea utilizada para a elaboração de relatórios técnicos, atas de reunião e a documentação oficial do projeto.
 - E-mail Institucional: Canal formal para troca de arquivos finais e validações com orientadores.
- **Comunicação da Equipe:**
 - Mensageria Instantânea (WhatsApp e Discord): Canais ágeis para comunicação diária, avisos rápidos e criação de grupos focais por área (Front/Back/IoT).
 - Ambiente Presencial (SENAI): Utilização da infraestrutura laboratorial do SENAI para reuniões presenciais de alinhamento (*Dailies*)

11. CUSTOS ESTIMADOS

Abaixo estão detalhados os custos para o desenvolvimento do protótipo e da infraestrutura de software do Projeto FaceShield.

11.1. Pessoal (Mão de Obra)

Considerando que o projeto é desenvolvido em ambiente acadêmico (SENAI), o custo de mão de obra é subsidiado como investimento educacional.

Quantidade	Função	Custo Mensal	Custo Total (Projeto)
05	Desenvolvedores Front-End e Back-End/lot	R\$ 0,00*	R\$ 0,00
01	Gerente de Projeto	R\$ 0,00*	R\$ 0,00
Total	Equipe de 06 Pessoas		R\$ 0,00

11.2. Tecnologia (Software e Serviços)

Ferramentas utilizadas para desenvolvimento, gestão e infraestrutura.

Item	Descrição	Tipo	Custo
IDEs	IntelliJ, PyCharm, VS Code	Licença Educacional/Community	R\$ 0,00
Versionamento	GitHub	Plano Free	R\$ 0,00
Hospedagem	Render (Deploy Web/API)	Plano Free Tier	R\$ 0,00
Inteligência Artificial	ChatGPT / Gemini	Uso gratuito (Apoio ao dev)	R\$ 0,00
Total			R\$ 0,00

11.3. Equipamentos e Componentes (Hardware)

Relação de materiais físicos necessários para a montagem do protótipo de controle de acesso (Internet of Things). *Valores baseados na média de mercado atual.*

Item	Especificação	Qtd	Valor Unit.	Valor Total
Microcontrolador	Placa ESP32 DevKit V1 (Wi-Fi/Bluetooth)	01	R\$ 60,00	R\$ 60,00
Atuador	Fechadura Elétrica Solenoide 12V	01	R\$ 38,00	R\$ 38,00
Sensor	Micro Switch (Chave Fim de Curso)	01	R\$ 10,00	R\$ 10,00
Módulo de Acionamento	Módulo Relé 5V (1 Canal)	01	R\$ 15,00	R\$ 15,00
Conexões	Kit Jumpers (Macho-Fêmea / Macho-Macho)	01	R\$ 25,00	R\$ 25,00
Alimentação	Fonte de Alimentação 12V 2A (Padrão P4)	01	R\$ 35,00	R\$ 35,00
Total Hardware				R\$ 183,00

11.4. Resumo Financeiro

Categoria	Custo Estimado
Pessoal	R\$ 0,00
Tecnologia (Software)	R\$ 0,00
Equipamentos (Hardware)	R\$ 183,00
CUSTO TOTAL DO PROJETO	R\$ 183,00