



universidade
de aveiro

Intelligent Mirror Room

Diogo Fontes - 98403

Filipe Freixo - 98471

Rafael Pereira - 98354

Renato Ourives - 98576

Ricardo Antunes- 98275

Supervisores: Professor José Maria Fernandes, Professor José
Moreira Departamento de Eletrônica, Telecomunicações e Informática

Projeto de Engenharia de Computadores e Informática

12 de junho de 2023

Abstract

Este relatório apresenta uma análise detalhada e abrangente do desenvolvimento e da implementação do "Intelligent Mirror".

O objetivo deste projeto foi explorar os benefícios de um espelho inteligente na melhoria da rotina diária do utilizador.

De acordo com o que fizemos, o espelho inteligente oferece diversos benefícios aos utilizadores, como por exemplo: rastreamento da saúde (contagem dos batimentos cardíacos) e exibição personalizada de informações (feriados, horas, clima, data, títulos de notícias, entre outros), o espelho possui também reconhecimento facial, screencast, mobile remote control e uma página de administrador para monitorizar o cliente.

Além disso, testámos o produto final com alguns participantes fora da área da engenharia informática e verificámos que o espelho é fácil de usar e muito conveniente.

No entanto, o grupo identificou algumas limitações ao uso de espelhos inteligentes, como a otimização de telas e a integração de outros dispositivos no espelho (raspberries, câmaras, entre outros).

Em suma, este relatório visa destacar a maneira de como nós (grupo) implementámos o espelho, com o intuito de ser uma adição valiosa para o quotidiano de uma pessoa.

Resumo

O mundo tecnológico está em constante evolução, e como tal, existe a necessidade de explorar tecnologias já existentes, alterando o seu método de implementação de forma a torná-las mais naturais de se utilizarem no nosso quotidiano.

Este trabalho tem como objetivo continuar o desenvolvimento de uma solução, iniciada no ano anterior pelo grupo responsável pelo projeto “Intelligent Waiting Room” na unidade curricular de PECL, baseada na utilização de câmaras para deteção dos batimentos cardíacos, contagem de pessoas num determinado espaço e na determinação das poses de um certo indivíduo.

Para a obtenção destes resultados, foram utilizados alguns dispositivos Raspberry Pi (RPi) e acessórios: RPi Compute Module 4, RPi 4, RPi Zero W e duas RPi High Quality Camera com lentes grande angular (Wide) (6mm) e de detalhe (Telephoto) (16mm).

Relativamente ao espelho inteligente, este é constituído por duas Raspberry Pi 4, um monitor e duas câmaras uma para o reconhecimento facial e outra para os batimentos cardíacos.

A arquitetura do projeto é baseada em Kafka, plataforma para processamento de fluxo de dados em tempo-real. Dois dispositivos Raspberry servem como consumidores, os produtores são quaisquer outros sistemas ligados à mesma rede. Os dispositivos Raspberry recebem dados enviados pelos produtores, que são transmitidos por Kafka na forma de tópicos, no nosso caso os tópicos vão ser o PPG, reconhecimento facial, People Counter e Admin.

O espelho possui métodos como: reconhecimento facial, página de administrador, screencast e mobile remote control.

Conteúdo

Abstract.....	2
Resumo	3
1.1 Contexto	6
1.2 Motivação	6
1.3 Objetivos.....	7
2 State of the Art	7
2.1 Requirements gathering.....	7
2.2 Materiais utilizados	11
2.3 Conclusões.....	12
3 Requisitos do Sistema e Arquitetura	14
3.1 Requisitos do Sistema	14
3.2 Arquitetura do Sistema.....	19
4 Experiments.....	21
4.1 People Counter	21
4.2 PPG	22
4.3 Thermal Camera	23
4.4 Admin Interface	23
4.5 Mobile Remote Control	24
4.6 Facial Recognition	25
4.7 Screencast	26
5 Implementação	27
5.1 People counter.....	27
5.2 PPG	27
5.3 Facial Recognition.....	28
5.4 Admin Interface.....	28
5.5 Flir lepton camera (THERMAL)	29
5.6 Arquitetura	29
5.7 Interface do espelho	30
6 Conclusão.....	30
6.1 Possíveis utilizadores.....	30
6.2 Trabalho futuro.....	30
6.3 Conclusão	30

1 Introdução

Atualmente, em todas as casas ou estabelecimentos existem espelhos, todos com o intuito de refletirem a nossa imagem, para termos uma ideia da nossa aparência. Como fazemos uma utilização diária deste objeto, decidimos torná-lo “inteligente” e mais útil para as nossas vidas. O nosso projeto tem como finalidade desenvolver um protótipo de espelho inteligente, que apresentará informações úteis e personalizadas ao utilizador. A consulta diária de informação relativamente aos batimentos cardíacos, permite também ao utilizador detetar problemas cardiovasculares atempadamente.

O Intelligent Mirror está equipado com 1 monitor, 2 raspberries pi4 e 2 câmaras.

1.1 Contexto

Este é o projeto final de licenciatura que tem como objetivo criar um protótipo de um Smart Mirror, oferecendo uma solução inovadora e prática aos utilizadores e, assim, explorar as tecnologias que levaram à realização deste espelho inteligente. O Raspberry Pi 4 é compacto e possui todos os principais componentes e compatibilidades com Raspberries PI HQ Camera Lenses. Este projeto vai fazer uso destes equipamentos para prestar auxílio aos nossos objetivos.

1.2 Motivação

A motivação deste trabalho consiste na pesquisa de várias tecnologias para o smart mirror, como por exemplo:

- Exploração de PPG

As doenças cardiovasculares são uma das causas de morte principais mundiais. O PPG implementado no espelho inteligente faz uma deteção de possíveis doenças de forma mais atempada para uma maior taxa de sucesso no tratamento.

- Exploração de reconhecimento facial

O reconhecimento facial pode trazer várias utilidades ao Smart Mirror, proporcionando uma experiência ainda mais personalizada e conveniente para os clientes.

- Utilização de novas tecnologias

O Kafka foi utilizado neste projeto, uma vez que consegue lidar com grandes volumes de dados em tempo real.

O Docker também foi uma tecnologia utilizada para correr o servidor Kafka de forma permanentemente, desta forma, não é necessário estar a correr no terminal o servidor sempre que o quisermos utilizar.

- Exploração de soluções não invasivas em cenários de casa

De forma global, o nosso projeto consiste em explorar soluções não invasivas para implementar as funcionalidades nos espelhos inteligentes, usando os raspberries com os algoritmos de contagem de batimentos cardíacos e contagem de pessoas e as respetivas câmaras.

1.3 Objetivos

O objetivo deste projeto consiste em criar um “Intelligent Mirror” que faz uso de raspberries e câmaras como equipamentos para análise e recolhas de dados e também a exploração das tecnologias usadas para a implementação no espelho inteligente.

É esperado, também, que o espelho seja fácil de usar e que tenha funcionalidades convenientes para o dia a dia do utilizador.

2 State of the Art

2.1 Requirements gathering

Requirements gathering é o processo de identificação e documentação das necessidades para um determinado projeto. Este processo é importante no ciclo de vida do desenvolvimento de software, uma vez que ajuda a garantir que o produto final atende às necessidades de quem o utilizará.

Tendo em conta o tema do nosso projeto, foi encontrado conteúdo relevante já desenvolvido. Os projetos mais relevantes serão apresentados de seguida.

2.1.1 Automated video-based heart rate tracking for the anesthetized and behaving monkey

Este projeto foi utilizado pelo grupo anterior para o desenvolvimento do algoritmo de batimentos cardíacos.

Este estudo, teve como objetivo a utilização de métodos não invasivos para extrair informação relativamente a batimentos cardíacos de um macaco.

Inicialmente foram analisadas algumas ferramentas clássicas para extrair a frequência cardíaca como as eletrocardiogramas, oxímetros de pulso, balistocardiografia, no entanto todos estes métodos demonstraram ser ou incomodativos para o macaco ou até mesmo pouco precisos na medição da FC.

Com isto, apresentou-se um método de rastreamento cardíaco Eulerian video magnification (EVM) num macaco em conjunto com um wavelet transform de forma a medir as flutuações na refletância da pele dadas as alterações no fluxo do sangue. Este algoritmo EVM permite analisar as variações de cor da pele devido à circulação sanguínea envolvendo um processamento de imagem de modo que qualquer variação das propriedades dos pixels seja detetada ao longo do tempo e do espaço.

Estes métodos ajudaram a entender as alterações na frequência cardíaca dadas certas ações e certos comportamentos destes primatas. Desenvolveram-se estas estimativas a partir da EVM usando imagens de vídeos RGB e vídeos IV que eram utilizadas alternativamente, mediante a intensidade da luz. Com este método mostrou-se e concluiu-se que a frequência cardíaca baseada em EVM é muito próxima da estimativa baseada numa eletrocardiograma.

No final demonstrou-se que as estimativas utilizando EVM são comparáveis com a estimativa da FC com uma eletrocardiograma por ambas terem a mesma estabilidade temporal. Para além disso, as estimativas de FC baseadas em EVM puderam ser obtidas de forma confiável tanto a partir de vídeos RGB quanto IR.

É um estudo cujo método é suficientemente sensível e confiável para monitorização de batimentos cardíacos em macacos anestesiados e acordados. Representa então uma técnica low-cost não invasiva associada a algoritmos de deteção de faces.

2.1.2 Real-time remote photoplethysmography using a webcam and graphical user interface

Este projeto também foi abordado pelo grupo anterior com o objetivo de desenvolver o algoritmo de contagem de pessoas.

Este trabalho foi desenvolvido no âmbito de um estágio de verão na universidade de Rice, no departamento de engenharia elétrica e de computadores. Os batimentos cardíacos são um sinal vital muito indicativo do estado médico de uma pessoa. No entanto, para obtê-los tem de se utilizar muitas vezes métodos invasivos e/ou de custo médio-elevado.

Face a este problema é utilizado PPG (photoplethysmogram) que é uma solução de baixo custo que pode ser utilizada para detetar batimentos cardíacos através de medições na superfície da pele. Este algoritmo usa uma região de interesse selecionável para a qual é obtida uma serie temporal de intensidade, uma forma de onda que corresponde à pulsação do sangue. Os pacotes OpenCV e PyQtGraph em python foram usados de forma a obter, analisar e visualizar o PPG num formato acessível.

Para além disso a forma como se leu os dados da webcam também foi essencial. Decidiu-se usar uma pequena região retangular de uma imagem para medir brilho na pele num determinado momento. Este brilho alterava-se ao longo do tempo dependendo do sangue que estava a passar naquela zona. Esta variação de brilho numa determinada área retangular permitiu ver o ppg, traçando o brilho em função do tempo.

No final, concluiu-se que estas webcams tiveram resultados muito semelhantes às situações onde se utilizaram sensores de pulso.

Em comunidades pouco desenvolvidas não existe acesso a tecnologia confiável e barata para serem medidos os sinais vitais destas. Assim este projeto permitiu usar dispositivos comuns como computadores e smartphones.

2.1.3 Thermal Camera

A camara térmica instalada na raspberry pi4 permite-nos desenvolver vários algoritmos para tarefas diferentes. A maioria da informação encontrada em fontes diferentes referia-se a algoritmos que davam a temperatura de superfícies, objetos e entre outros.

O nosso algoritmo desenvolvido para além de dar a conhecer as partes do corpo mais quentes/frias (um tom mais amarelado para as partes mais quentes e um tom roxo para as partes mais frias) tem ainda um mecanismo para "detetar" a cara dos utilizadores com maior facilidade fazendo assim com que seja otimizado para pessoas e não superfícies/objetos.

2.1.4 Real-Time Face Recognition System for Smart Environments

Este projeto propõe um sistema de reconhecimento facial em tempo real para ambientes inteligentes. O objetivo principal é identificar e autenticar clientes com base nas características faciais, permitindo uma interação personalizada e contextualizada com o ambiente inteligente, em particular com um Smart Mirror.

O sistema utiliza algoritmos avançados de reconhecimento facial e técnicas de "Machine Learning" para realizar a tarefa de reconhecimento em tempo real. Este projeto foi feito para lidar com desafios comuns, como variações de iluminação, ângulos de visão e expressões faciais. A precisão e a eficiência do sistema são aprimoradas por meio de técnicas de pré-processamento de imagem e seleção de características relevantes.

A integração do sistema de reconhecimento facial é realizada num ambiente inteligente, especificamente para um Smart Mirror. O Smart Mirror utiliza os resultados do reconhecimento facial para personalizar a experiência do utilizador. Isto pode incluir a exibição de informações relevantes, como eventos do calendário, notificações personalizadas e configurações específicas para cada utilizador reconhecido.

O sistema também é capaz de lidar com múltiplos clientes simultaneamente, mantendo o desempenho em tempo real e garantindo a segurança dos dados. Além disso, medidas de privacidade são incorporadas ao sistema para garantir o armazenamento e o uso adequados das informações faciais dos utilizadores.

No geral, o projeto "Real-Time Face Recognition System for Smart Environments" visa fornecer um sistema de reconhecimento facial em tempo real robusto e preciso para um ambiente inteligente, permitindo uma experiência personalizada e interativa por meio de um Smart Mirror.

2.1.5 Enhanced Facial Recognition for Smart Home Applications

O objetivo principal deste projeto é desenvolver algoritmos de reconhecimento facial que sejam capazes de lidar com desafios comuns encontrados em ambientes domésticos, como variações de iluminação, ângulos de visão e expressões faciais.

O projeto envolve a coleta uma grande quantidade de dados de rostos e a criação de um modelo de "Machine Learning" que seja capaz de reconhecer com precisão os rostos dos moradores. Além disso, são exploradas técnicas de pré-processamento de imagem para melhorar a qualidade e a consistência dos dados de entrada.

O sistema de reconhecimento facial aprimorado é então integrado em dispositivos de casas inteligentes, permitindo a identificação e a autenticação dos clientes com base em suas características faciais. Isso possibilita o acesso personalizado a dispositivos e serviços domésticos, como controle de iluminação, ajuste de temperatura, gerenciamento de segurança e muito mais.

Um aspecto importante do projeto é garantir a privacidade e a segurança dos dados faciais dos utilizadores. Medidas adequadas são implementadas para proteger as informações e evitar o acesso não autorizado.

No geral, o projeto "Enhanced Facial Recognition for Smart Home Applications" procura desenvolver um sistema de reconhecimento facial avançado e confiável que seja adequado para aplicativos em ambientes residenciais inteligentes. Ele oferece a oportunidade de uma experiência personalizada e conveniente para os moradores, permitindo o controle eficiente e intuitivo de dispositivos e serviços domésticos.

2.1.6 Development and Implementation of a Magic Mirror for Personalized Information Display

Este projeto é o que mais se aproxima do nosso.

O projeto "Development and Implementation of a Magic Mirror for Personalized Information Display" tem como objetivo criar um "Magic Mirror" que exiba informações personalizadas ao utilizador. O projeto envolve a construção de um espelho inteligente com recursos interativos e a implementação de um sistema de software para fornecer informações relevantes.

O espelho utiliza uma combinação de sensores e uma câmara frontal para identificar e autenticar o cliente por meio do reconhecimento facial, tal como o nosso possui. Uma vez autenticado, o Magic Mirror exibe informações personalizadas, como previsão do tempo, compromissos do calendário, notificações de Mídias sociais, notícias atualizadas e outros widgets personalizáveis. Além disso, o espelho suporta interações por voz, permitindo ao utilizador controlar e personalizar a exibição das informações de maneira intuitiva.

O projeto envolve a integração de tecnologias como HTML, CSS e JavaScript para criar a interface de cliente do Magic Mirror. Também são utilizadas APIs externas para obter dados em tempo real, garantindo que as informações exibidas sejam sempre atualizadas e relevantes para o cliente.

Durante o desenvolvimento do projeto, são realizados testes de usabilidade e avaliações da experiência do utilizador para garantir a eficácia e a utilidade do Magic Mirror. Além disso, são discutidos os desafios enfrentados durante o processo de desenvolvimento e fornecidas sugestões para possíveis melhorias futuras.

Em resumo, o projeto "Development and Implementation of a Magic Mirror for Personalized Information Display" visa criar um espelho inteligente que exiba informações personalizadas ao cliente, tornando a experiência do dia a dia mais interativa e útil.

2.2 Materiais utilizados

Esta secção apresenta as tecnologias usadas para o desenvolvimento do nosso projeto. Fazemos uma breve descrição de cada uma e das suas principais características.

2.2.1 Raspberry (Pi 4, Compute Module)

Nas raspberries estão presentes os algoritmos que vão ser usados para desenvolver o projeto, como por exemplo: algoritmo para a contagem de pessoas, o algoritmo para a medição dos batimentos cardíacos, o algoritmo para o reconhecimento facial e o Intelligent Mirror.

Escolhemos a Raspberry Pi 4 para utilizar no nosso projeto de um Intelligent Mirror devido às suas várias utilidades. Algumas das principais vantagens e utilidades da Raspberry Pi 4 no nosso projeto são as seguintes:

- **Processamento e desempenho:** A Raspberry Pi 4 possui um processador quad-core de alto desempenho e uma quantidade suficiente de RAM, o que permite executar aplicativos e processar dados de forma eficiente. Isso é importante para a exibição de conteúdo no Smart Mirror e para o funcionamento de recursos como reconhecimento facial e integração de dados.
- **Conectividade:** A Raspberry Pi 4 possui várias opções de conectividade, incluindo Wi-Fi, Bluetooth e portas USB. Isso permite a conexão com outros dispositivos e a integração com serviços online, como previsão do tempo, notícias, calendário e muito mais.
- **Baixo consumo de energia:** A Raspberry Pi 4 é conhecida por seu baixo consumo de energia, o que a torna ideal para uso contínuo no espelho inteligente. Isso permite que o dispositivo seja deixado ligado por longos períodos sem preocupações excessivas com o consumo de energia.
- **Flexibilidade e expansibilidade:** A Raspberry Pi 4 é altamente flexível e expansível, permitindo a adição de módulos e periféricos adicionais, como câmaras, sensores de movimento ou outros dispositivos personalizados. Isso possibilita a incorporação de recursos avançados no espelho inteligente, como reconhecimento facial, contagem de batimentos e contagem de pessoas.

Em suma, a Raspberry Pi 4 oferece uma plataforma útil e versátil para o nosso projeto de espelho inteligente. A sua capacidade de processamento, conectividade e expansibilidade tornam-na numa escolha acertada para controlar todas as funcionalidades do Intelligent Mirror de forma eficiente e eficaz.

2.2.2 Raspberry Pi HQ Lenses

Para o reconhecimento de imagem, vimos uma grande vantagem em utilizar as Raspberry Pi HQ Lenses devido à alta compatibilidade destas câmaras com os Raspberries. O uso destas é importante para a recolha de informação/dados e computação visual para posteriormente ser feita análise e tratamento de dados. Também usamos lentes para computação visual mais detalhada para uso de PPG e de Facial Recognition.

2.2.3 FLIR Lepton Thermal Camera

A câmara térmica FLIR Lepton é uma câmara de imagem térmica compacta e avançada projetada para capturar e visualizar a radiação infravermelha emitida pelos objetos. Ela utiliza a tecnologia de matriz de microbolômetros para detetar a distribuição de calor e gerar imagens térmicas.

A FLIR Lepton é caracterizada pela sua pequena dimensão e baixo consumo de energia, o que a torna ideal para integração em uma ampla gama de dispositivos e sistemas. Ela possui resolução de imagem térmica de alta qualidade e oferece uma ampla faixa de temperatura de operação.

A câmara FLIR Lepton pode ser utilizada em várias aplicações, como monitoramento de temperatura, análise de eficiência energética, deteção de anomalias térmicas e segurança. A sua capacidade de capturar a distribuição de calor permite identificar áreas quentes, frias ou anormais em um ambiente.

Além disso, a FLIR Lepton pode ser integrada a outros sistemas, como Smart Mirrors, drones, sistemas de monitoramento de segurança e dispositivos de visão noturna. Ela pode ser controlada por meio de interfaces padrão, como SPI (Serial Peripheral Interface) ou I2C (Inter-Integrated Circuit).

A FLIR Lepton tem uma variedade de ferramentas e recursos de desenvolvimento, incluindo bibliotecas de software, documentação técnica e suporte da FLIR Systems, facilitando sua integração em projetos personalizados.

Em resumo, a câmara térmica FLIR Lepton é uma poderosa ferramenta de captura e visualização de imagens térmicas, fornecendo informações valiosas sobre a distribuição de calor em um ambiente. Sua pequena dimensão, baixo consumo de energia e capacidades avançadas tornam-na uma escolha popular para uma ampla gama de aplicações industriais, comerciais e de segurança.

2.3 Conclusões

Sintetizando, o intelligent mirror room visa disponibilizar, num espelho, informações relativas ao meio que envolve o utilizador (calendário, horas, data, notícias, entre outros) e também informações sobre o próprio utilizador (batimentos cardíacos e reconhecimento facial).

Com base no trabalho já desenvolvido e juntando/ajustando esse material, iremos tentar obter os resultados esperados com a correta implementação das ferramentas, criando, assim, o intelligent mirror.

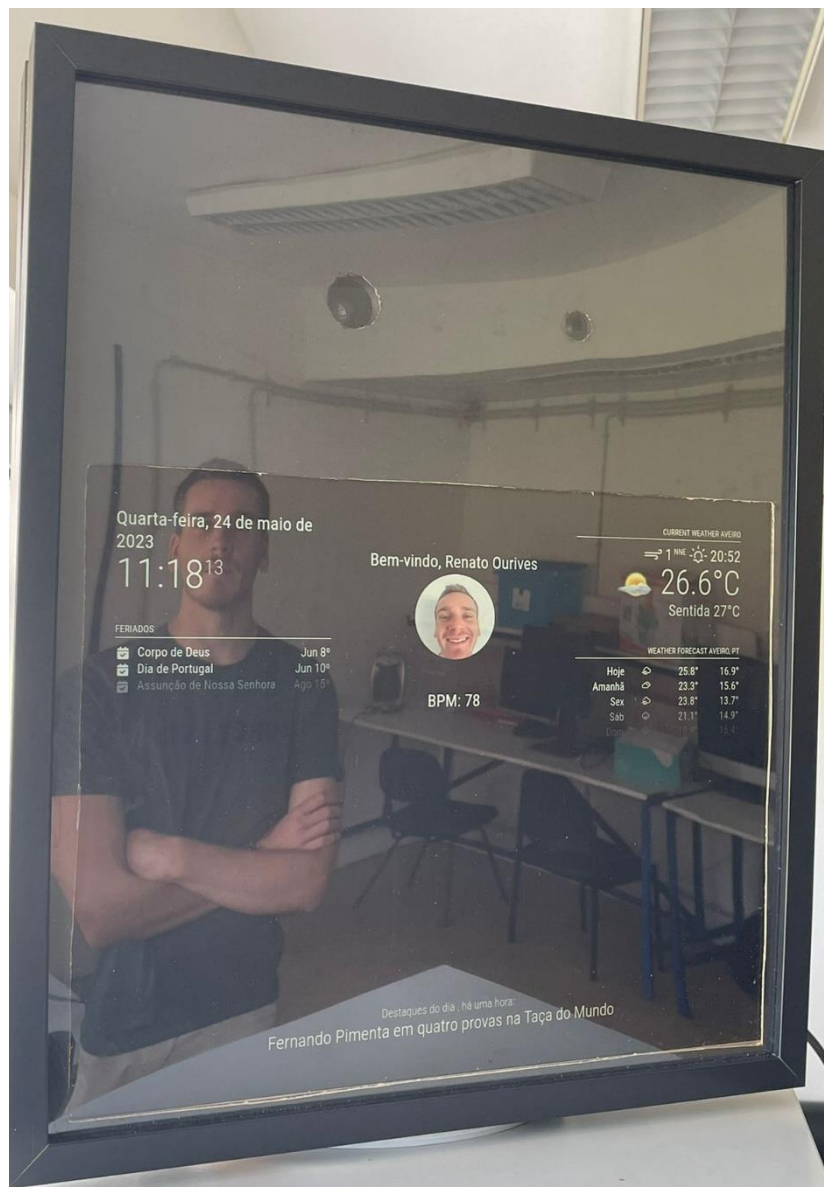


Figura 2: Espelho Inteligente



Figura 1: Dispositivos utilizados

3 Requisitos do Sistema e Arquitetura

3.1 Requisitos do Sistema

Esta secção do relatório especifica os requisitos do sistema, no que diz respeito ao desenvolvimento do protótipo do espelho inteligente. As secções seguintes começam com a eliciação de requisitos, seguida da descrição do contexto, intervenientes, casos de utilização, requisitos não funcionais e por fim as dependências e suposições.

3.1.1 Elicitação de Requisitos

A especificação do processo de escolha de requisitos envolve a análise dos objetivos finais do sistema, investigação de projetos e estudos semelhantes que visam fornecer mais conhecimento e possibilidades de desenvolvimento e, por fim, a testagem concorrente de ideias obtidas ao longo da exploração das soluções, o que permite uma análise mais geral sobre os requisitos necessários e abordagens possíveis. Esta análise mais geral permitiu realçar os seguintes pontos:

- Tendo em conta o equipamento fornecido, é necessário que os resultados das medições dos batimentos cardíacos sejam minimamente **viáveis** com a menor margem de erro possível.
- O início do processo de deteção de batimentos cardíacos apenas começa quando é detetada uma cara de uma pessoa, quando não é detetada aparece um alerta no espelho a informar o utilizador que a câmara não está a conseguir detetar a sua face.
- Para o reconhecimento facial é necessário que estejam guardadas fotos do utilizador na raspberry, caso contrário não irá aparecer a sua foto no espelho.
- Do ponto de vista do utilizador, é necessária a constante visualização das medições que estão a ser feitas em tempo real (kafka), sendo esta informação representada de maneira simples e fácil de entender ao utilizador.
- O servidor Kafka tem de estar permanentemente ligado, para isso utilizamos o Docker.
- Para efeitos de visualização, é importante que toda a informação recolhida seja disponibilizada ao utilizador, desde o valor dos batimentos cardíacos, dos feriados, da data, da hora, do clima, entre outros.
- A interface deve ser intuitiva.
- As informações devem ser relativas ao país em que nos encontramos, neste caso, Portugal.
- O espelho deve transmitir os vídeos com boa qualidade.
- A dimensão do monitor e da moldura deve ser adequado, para que todos os componentes externos (raspberries e câmaras) caibam.

- O tempo de resposta ao cliente deve ser o mais rápido possível

Com base nestes tópicos, podemos abordar o sistema com o objetivo de monitorizar os batimentos cardíacos e de fornecer informações convenientes para o quotidiano do utilizador, alertando situações de medidas menos habituais, como por exemplo: batimentos cardíacos demasiado elevados ($PPG > 100$) ou baixos ($PPG < 60$), quando uma destas situações ocorre é enviado para o espelho do utilizador uma mensagem a informá-lo que os seus batimentos cardíacos ou estão elevados ou baixos.

3.1.2 Descrição do Contexto

Esta secção pretende apresentar uma breve descrição dos resultados esperados com o sistema em causa. Pretende-se que quando uma pessoa está diante do espelho inteligente, este seja capaz de detetar essa pessoa para iniciar as medições e dar as boas-vindas, caso o cliente tenha colocado os seus dados para o reconhecimento facial, também é esperado que todas as informações (data, hora, calendário de eventos, notícias) apareçam. Após essa deteção, é feita a recolhada informação necessária para medir os batimentos cardíacos.

3.1.3 Intervenientes

O utilizador alvo deste projeto poderá ser qualquer pessoa que procure uma experiência personalizada e interativa durante a sua rotina diária. Desta forma e de acordo com o trabalho realizado identificamos o perfil do público-alvo:

- Pessoas que desejam informações personalizadas, como por exemplo ter informações no espelho sobre a previsão do tempo, a sua agenda, notícias, batimentos cardíacos entre outros dados importantes.
- Pessoas interessadas em tecnologia, o Intelligent Mirror é uma tecnologia inovadora e pode atrair pessoas interessadas em novas soluções tecnológicas.
- Pessoas que procuram simplificar a sua rotina, sendo o espelho um objeto que facilita essa premissa, uma vez que fornece ao utilizador dados convenientes para o seu quotidiano.

O desenho da interface gráfica que visa a abranger a informação retida relativamente às medições de batimentos cardíacos, reconhecimento facial e, também, a outras informações como a previsão do tempo, as horas, os feriados, as notícias e a data são feitos tendo em conta a facilidade de perceção dessa mesma informação e simples para entendimento de pessoas com baixa experiência no que toca a envolvimento tecnológico.

3.1.4 Casos de utilização

A figura abaixo apresentada é um exemplo de onde o espelho inteligente se pode enquadrar em nossa casa, onde são apresentados os cenários desenvolvidos: a medição dos batimentos cardíacos, reconhecimento facial, notícias, feriados, meteorologia, data e hora.



Figura 3: Cenário do espelho em casa

3.1.5 Registo dos batimentos cardíacos

No cenário em que o utilizador está, em frente à câmara e através de reconhecimento facial, este poderá ver, em tempo real, os seus batimentos cardíacos que estão a ser medidos, através da representação da informação no espelho.

3.1.6 Reconhecimento facial

No cenário em que o utilizador está, em frente ao espelho, este poderá ver, no espelho, uma mensagem a dizer “Bem-vindo: Nome do utilizador”.

3.1.7 Requisitos não funcionais

A lista a seguir apresenta requisitos não funcionais, ou seja, uma descrição de uma característica que um sistema de software deve exibir ou uma restrição que deve respeitar.

- **Condições do espaço:** Tendo em conta a sensibilidade do processo de leitura dos batimentos cardíacos usando a tecnologia PPG e também do reconhecimento facial, é necessário que este procedimento seja realizado num local com muita boa luminosidade, com resultados mais eficazes usando luz natural. Isto, pois, o PPG funciona analisando a intensidade da luz nos pixels capturados pela câmara na zona pretendida para análise. A intensidade da luz refletida pela pele varia tendo em conta o sangue presente no leito capilar. Sangue sem oxigénio apresenta uma cor diferente de sangue oxigenado, o que resulta em alterações mínimas na claridade da pele. Se as condições luminosas forem as ideais, esta variação é detetada mais facilmente pela câmara que, juntamente com o software, analisam e filtram a quantidade de luz recebida, para a produção de resultados.
- **Interface intuitiva:** É importante que seja fácil para o utilizador a interação com a nossa interface, sendo intuitiva a perceção do conteúdo demonstrado tendo em conta o contexto do projeto.
- **Tempo de resposta:** É importante atualizar a informação toda em tempo real, tanto dos registos dos batimentos cardíacos, como do reconhecimento facial e, também, das informações disponibilizadas no espelho, para que os utilizadores tenham acesso à informação que está a ser captada naquele momento.
- **Proteção de direitos de imagem e integridade na recolha de dados:** Temos de ter em atenção o facto de os utilizadores quererem ser ou não filmados em determinados momentos e a segurança dos dados de cada um. O nosso projeto assenta na base essencial onde a informação captada, recolhida e transmitida apenas diz respeito ao valor dos batimentos cardíacos e da temperatura corporal, não havendo transmissão de imagem, nem salvaguarda da mesma.
- **Performance energética:** Temos de assegurar que o espelho está ligado sempre á corrente.

- Manutenção e Suporte: Garantir que os algoritmos produzidos são fáceis de atualizar e também seria conveniente ter uma documentação adequada para os utilizadores do espelho.

É importante considerar estes requisitos não funcionais para garantir que o espelho atenda às expectativas dos clientes e seja eficiente.

3.1.8 Dependências e Suposições

Para que o nosso projeto funcione conforme o esperado, temos de ter em atenção algumas premissas, assumimos também que os utilizadores não têm quaisquer deformações faciais e que sabem ler. Para o caso de o cliente ter alguma deformação facial, as nossas câmaras poderão não ser capazes de detetar uma cara humana e para o caso de o paciente não saber ler, este terá dificuldades a utilizar o nosso produto. Por fim, estamos também limitados ao facto de as câmaras precisarem de energia continuamente, e de ser necessária a presença de alguma luminosidade no cenário.

3.2 Arquitetura do Sistema

Esta secção apresenta uma visão geral da arquitetura do sistema, descrevendo o seu o seu modelo físico e tecnológico.

3.2.1 Modelo do Físico

No Hardware é utilizado 1 monitor, 2 Raspberry Pi4, HQ Lenses Mount, Detail Lens e Angular Lens com fim a monitorizar o utilizador e 1 interruptor. No Software realiza-se a análise do reconhecimento facial, batimentos cardíacos e contagem de pessoas.

3.2.2 Modelo Tecnológico

O modelo tecnológico envolve a visão global de todas as tecnologias usadas na construção deste sistema. O Raspberry Pi, juntamente com uma distribuição de Linux adaptada para este computador, por ser mais leve e otimizada, serve como dispositivo principal com a capacidade de **processamento** de informação, desenvolvimento do software usado e interligação com as câmaras. Ligado a este dispositivo encontra-se a câmara de alta qualidade do RPi (Raspberry HQ Camera), que contém um sensor suficientemente eficaz para o sistema em exploração. No entanto, este sensor apenas funciona com um conjunto de lentes dedicadas, para poder obter a quantidade de luz necessária para capturar imagens e vídeos. Do lado do software, este é maioritariamente desenvolvido na linguagem Python, usando bibliotecas de OpenCV e bibliotecas de representação gráfica.

A simplicidade e potencialidade desta linguagem torna mais simples a exploração desta solução de medição de batimentos cardíacos e temperatura corporal e permite um desenvolvimento mais profundo de um sistema capaz de produzir resultados viáveis. A biblioteca OpenCV fornece o material necessário para os aspetos relacionados com inteligência artificial, nomeadamente deteção de faces e pessoas. Por fim, as bibliotecas de representação gráfica ajudam a retratar uma interface simples, minimalista, mas munida da informação recolhida.

Em termos de interface gráfica, temporariamente utilizámos a framework de javascript React, para construir a nossa aplicação web capaz de mostrar as informações relativas aos batimentos cardíacos. Para fazer a ponte entre a informação recolhida pelos Raspberrys e a interface gráfica, usamos a framework web Flask, em python. Para transmitir a informação dos dispositivos para o servidor, usamos o protocolo MQTT. Depois, usando pedidos HTTP, envia essa informação para o React, que atualiza o conteúdo da página em tempo real tendo em conta os valores recebidos.

É importante referir que, tendo em conta que o desenvolvimento do projeto foi feito em ambiente universitário, estivemos sempre limitados nas comunicações entre dispositivos e, portanto, para corrigir esse problema, usamos uma Virtual Machine hospedada na própria rede, com um IP estático, para que a transmissão de informação fosse sempre feita para o mesmo IP, no qual também está hospedado o servidor Flask e React, para acesso interno na rede.



Figura 4: Tecnologias utilizadas

4 Experiments

Nesta secção vamos demonstrar os resultados das experiências realizadas.

4.1 People Counter

Estas imagens demonstram o algoritmo de contagem de pessoas bem como as posições relativas ao plano da câmara, a correr o algoritmo People_counter na raspberry pi 4.

Como é possível observar, a área definida pelo quadrado verde identifica a presença de uma pessoa.

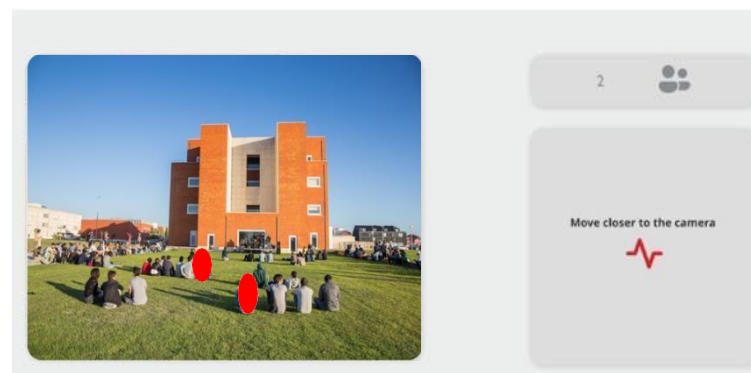
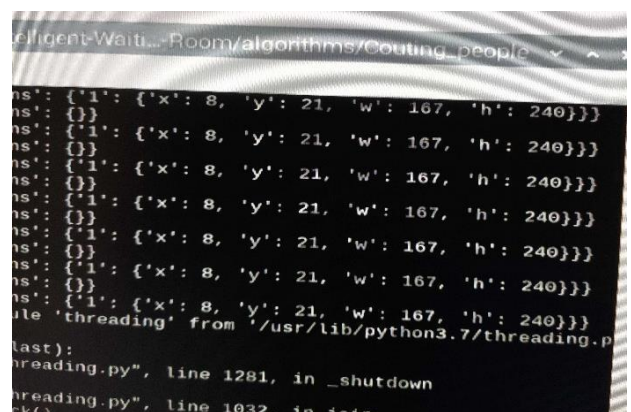
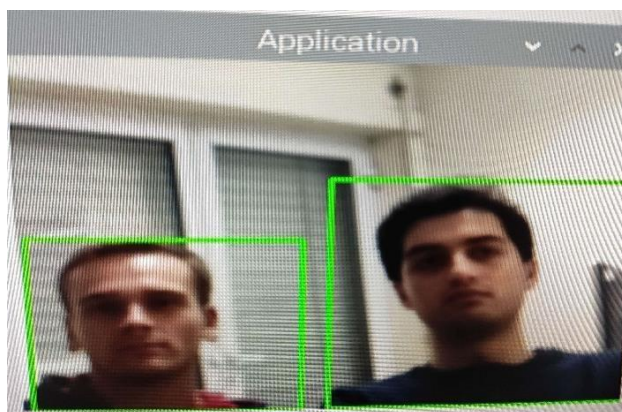


Figura 5: PPG

4.2 PPG

Aqui serão apresentados os resultados da contagem dos batimentos cardíacos, a correr o algoritmo PPG na raspberry pi 4, este algoritmo baseia -se nas variações de cor que ocorrem na face do utilizador.

A discrepância maior que detetámos foram de 10 valores.

Os batimentos cardíacos também aparecem na página do administrador e se os valores dos batimentos cardíacos forem superiores a 100 é enviado para o cliente um alerta a avisá-lo que os batimentos estão elevados.

Se não estiver a ser detetado nenhuma pessoa, no espelho será apresentado um aviso (“Look at the camera”) para informar o utilizador que se tem de posicionar melhor para serem medidos os batimentos cardíacos.



Figura 6: Apresentação dos bpm no espelho

4.3 Thermal Camera

Serão apresentados os resultados do algoritmo da camera térmica, a correr na raspberry pi 4.

Este algoritmo não está presente no espelho inteligente.
Foi usado MQT4.

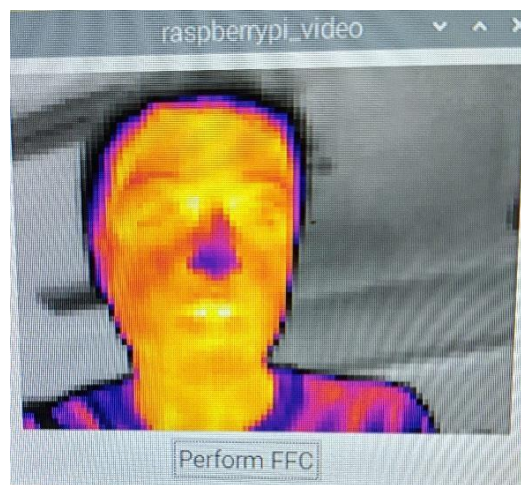


Figura 7: Câmera térmica

4.4 Admin Interface

Esta página serve apenas como uma página de controlo, tem acesso ao nome do utilizador e dos seus batimentos, sendo que se estes últimos forem superiores a 100 é enviado para o espelho do cliente um alerta a informar o cliente que os seus batimentos estão elevados.

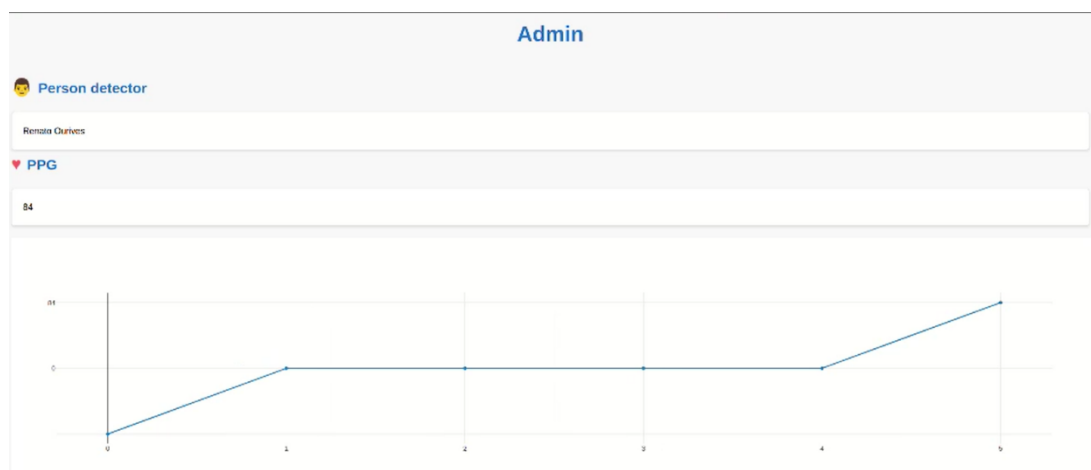


Figura 8: Página de administrador

4.5 Mobile Remote Control

É usado o telemóvel para ligar/desligar o espelho ou aumentar/diminuir a luminosidade do mesmo, para isso é necessário que ambos os dispositivos (telemóvel e espelho) estejam ligados á mesma rede.

Para ter acesso a esta aplicação tem de aceder ao endereço de IP: 192.168.137.231:8080

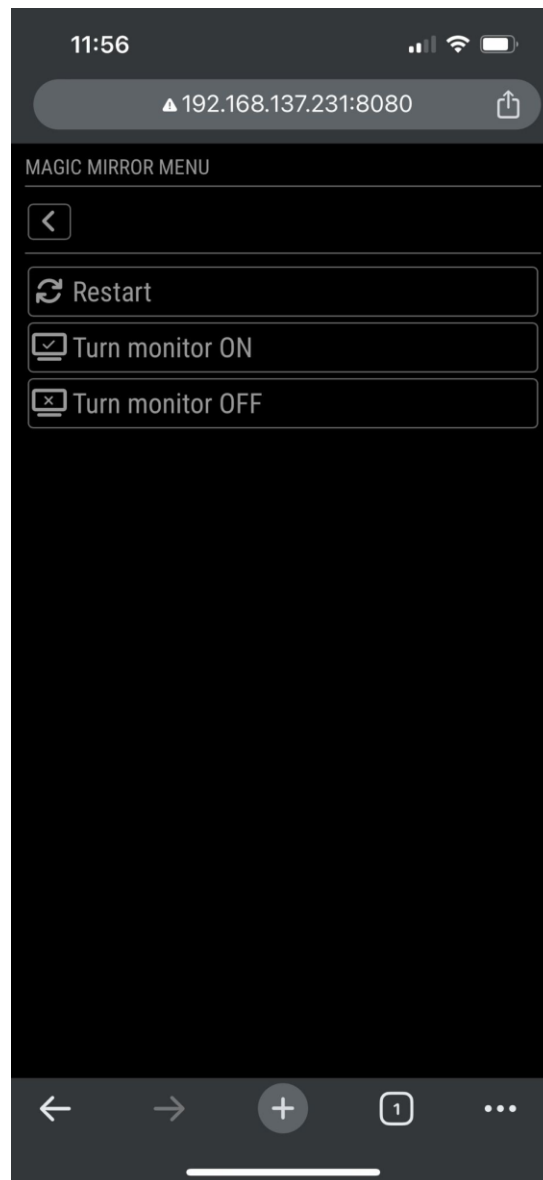


Figura 9: Mobile Remote Control

4.6 Facial Recognition

Este algoritmo serve para detetar e localizar faces em tempo-real.
Para isso foi necessário treinar o algoritmo, colocando fotos na base de dados.
O algoritmo compara os recursos extraídos de uma face com os da base de dados.

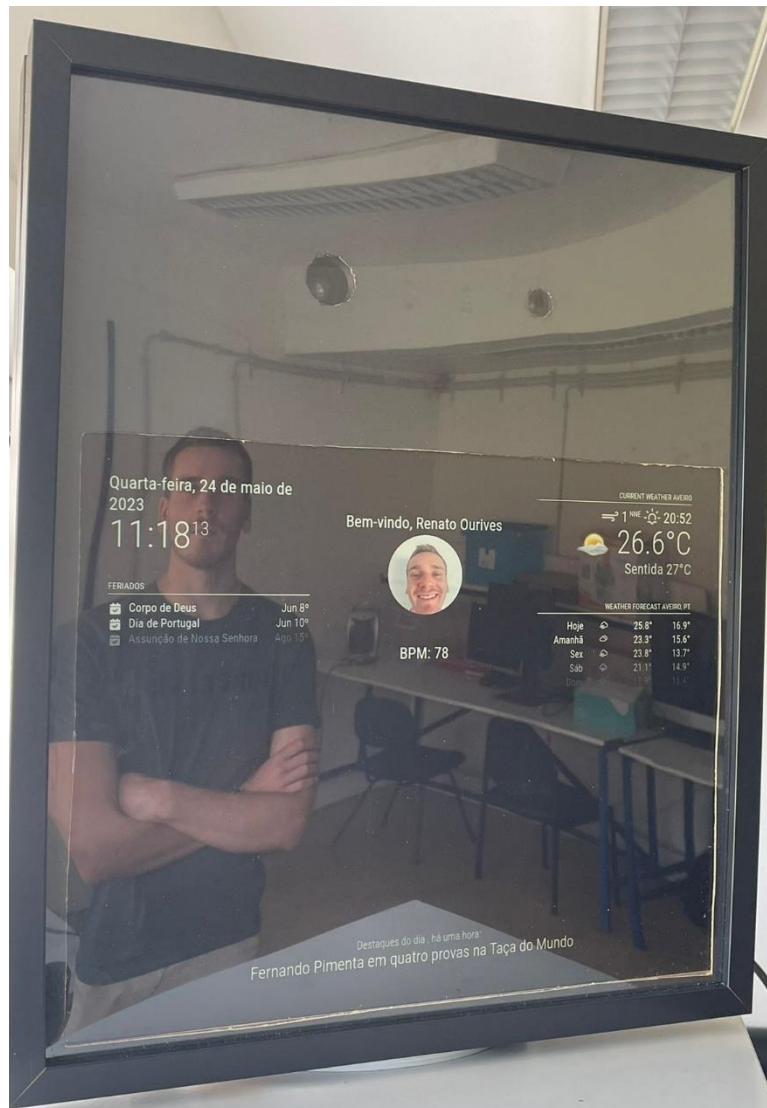


Figura 10: Reconhecimento facial no espelho

4.7 Screencast

Permite ao utilizador visualizar vídeos do Youtube no espelho, para isto acontecer é necessário que ambos os dispositivos se encontrem na mesma rede.



Figura 11: Screencast

5 Implementação

5.1 People counter

5.1.1 Algoritmo

Nesta secção, vamos falar sobre o algoritmo people counter.

O objetivo deste é realizar a deteção de pessoas e fazer a contagem das mesmas.

A partir do algoritmo do grupo do projeto anterior, realizámos várias melhorias por forma a baixar a complexidade do algoritmo, deixando-o mais leve, mais eficaz e mais perceptível.

Além da contagem de pessoas, este algoritmo também consegue identificar as coordenadas do plano da amplitude da câmara. Esta funcionalidade não foi usada no cenário final do nosso projeto.

5.2 PPG

5.2.1 Algoritmo

Nesta secção, vamos falar sobre o algoritmo de medição dos batimentos cardíacos, cujo termo técnico é foto pletismografia (PPG).

A foto pletismografia é um método de medição ótica que usa uma tecnologia baseada em luz cujo objetivo é detetar a taxa de fluxo sanguíneo na superfície da pele. É possível observar/entender que quanto mais “avermelhada” estiver a pele, maior é o fluxo sanguíneo e por sua vez, os batimentos cardíacos.

Este algoritmo tem sido alvo de elevado estudo atualmente, pois pode vir a ajudar médicos a avaliar várias doenças cardiovasculares.

Assim, este algoritmo foi implementado para medir as variações de circulação sanguínea presentes na cara de uma pessoa, fornecendo informação acerca dos batimentos cardíacos da própria.

Cenário final

Este algoritmo foi usado como cenário final a fim de medir os batimentos cardíacos informação da contagem dos batimentos e é enviada por kafka para o nosso espelho e também para a interface do administrador.

5.3 Facial Recognition

5.3.1 Algoritmo

Nesta secção, vamos falar sobre o algoritmo de reconhecimento facial.

Este algoritmo divide-se em 3 fases:

1. Detecção do rosto e recolha de dados
2. Treinar o reconhecedor
3. Reconhecimento facial

Na fase 1 é feita a recolha dos dados faciais (imagens) de pessoas a identificar, estes dados podem ser tirados com a câmara, para isso correr o algoritmo

01_face_dataset.py.

Na fase 2 para verificar se as imagens colocadas na base de dados são suficientes para reconhecer a pessoa é necessário executar o algoritmo 02_face_training.py.

Na fase 3 basta apenas executar o programa 03_face_recognition.py para testar o funcionamento do algoritmo de reconhecimento facial.

Para este algoritmo tivemos de utilizar o OpenCV.

Assim, este algoritmo foi implementado para criar uma experiência personalizada ao cliente.

Futuramente, o reconhecimento facial pode ser usado no nosso espelho como:

- Segurança biométrica
- Autenticação conveniente

Cenário final

Este algoritmo foi usado como cenário final a fim de identificar o utilizador que está a utilizar o espelho. É enviado por kafka para o nosso espelho e também para a interface do administrador.

5.4 Admin Interface

Esta interface de administrador é útil por várias razões:

- Gerenciamento centralizado: esta interface fornece um ponto central para controlar várias funcionalidades e configurações do sistema. No nosso caso, a página de administrador tem acesso a quem está a utilizar o espelho e aos seus batimentos cardíacos e envia para o espelho um alerta se os batimentos cardíacos forem superiores a 100.
- Monitorizar: como foi referido acima os batimentos cardíacos de cada utilizador são monitorizados.

5.5 Flir lepton camera (THERMAL)

Nesta secção vamos falar sobre a flir lepton camera.

Foi-nos proposto que criássemos um algoritmo utilizando uma thermal camera que fosse capaz de detetar a presença de pessoas. Para tal, baseamo-nos no repositório git groupGets, da própria empresa da Flir Lepton.

O nosso algoritmo é capaz de detetar diferentes zonas de “calor” presentes não só no corpo humano, mas também em objetos, sendo assim passível de detetar a presença do corpo humano.

Este algoritmo não foi usado no nosso produto final.

5.6 Arquitetura

A arquitetura do projeto é baseada num cluster Kafka, que é uma plataforma para processamento de fluxo de dados em tempo real. Dois dispositivos Raspberry Pi atuam como consumidores e podem se conectar a vários produtores. Esses produtores podem ser qualquer outro sistema ou dispositivo conectado à mesma rede. Os dispositivos Raspberry Pi recebem dados enviados pelos produtores, que são então transmitidos pelo broker Kafka na forma de tópicos. Os tópicos funcionam como categorias que organizam os fluxos de informações.

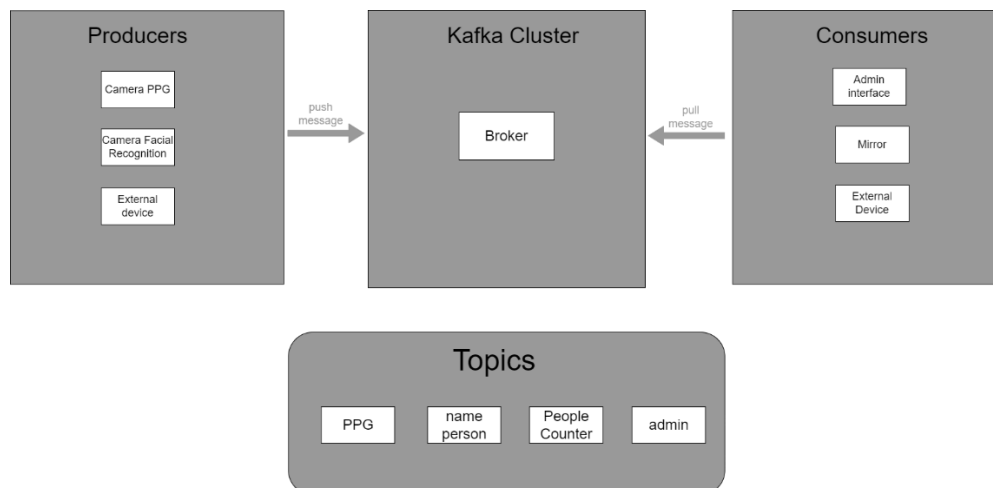


Figura 12:Arquitetura do espelho

5.7 Interface do espelho

Para o desenvolvimento da interface do espelho inteligente recorreremos á ferramenta React.

Neste estão disponíveis informações como o clima, feriados, as horas, a data, notícias, batimentos cardíacos e reconhecimento facial.

O clima, feriados, horas e data são recolhidos através de uma API, as notícias são através de um xml da RTP notícias.

6 Conclusão

6.1 Possíveis utilizadores

Pessoas que queiram ter informação personalizada, como registar os batimentos cardíacos, ter acesso às horas, data, tempo, feriados e notícias sem ter de ligar o telemóvel.

Outros potenciais utilizadores do nosso espelho são as pessoas que se interessam por tecnologia e que gostam de experimentar novos equipamentos tecnológicos.

Pessoas que procuram simplificar a sua rotina diária, também estão neste grupo de possíveis utilizadores, uma vez que o espelho é um objeto que disponibiliza informação relevante a essas pessoas.

6.2 Trabalho futuro

Neste ponto vamos referir alguns aspetos que poderão ser implementados no futuro, relativamente ao nosso espelho inteligente:

- Melhoria do design interno e externo do espelho
- Adicionar algoritmos de image filtering, de sleep tracking e de activity recognition
- Permitir que o espelho aceite comandos por voz ou por gestos
- Adicionar serviços como aceder aos perfis das redes sociais e fazer compras online

6.3 Conclusão

Este projeto demonstrou o potencial de um espelho inteligente como uma solução inovadora. Ele oferece informações e providencia ferramentas relevantes aos utilizadores, como reconhecimento facial, batimentos cardíacos por minuto, hora, data, meteorologia, feriados, notícias (atualizadas de 10 em 10 minutos), screencast (apenas vídeos do Youtube), página de administrador e mobile remote control.

Este projeto ajudou-nos a perceber melhor tecnologias que já tínhamos utilizado como o React e o Docker, mas, também, fez-nos aprender novas tecnologias como o Kafka, algoritmos para as nossas câmaras (térmica, reconhecimento facial e de deteção dos batimentos cardíacos).

