



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO TECNOLÓGICO  
DEPARTAMENTO DE AUTOMAÇÃO E SISTEMAS  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE CONTROLE E AUTOMAÇÃO

Fernando Henrique Barbosa Mota

**Higienizador Biométrico de Mãos:** Sistema de reconhecimento para o controle da higienização das mãos em ambientes hospitalares

Florianópolis  
2021

Fernando Henrique Barbosa Mota

**Higienizador Biométrico de Mãos:** Sistema de reconhecimento para o controle da higienização das mãos em ambientes hospitalares

Relatório final da disciplina DAS5511 (Projeto de Fim de Curso) como Trabalho de Conclusão do Curso de Graduação em Engenharia de Controle e Automação da Universidade Federal de Santa Catarina em Florianópolis.

Orientador: Prof. Rodolfo César Costa Flesch, Dr.  
Supervisor: Victor Rocha Pusch, Eng.

Florianópolis  
2021

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,  
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Mota, Fernando Henrique Barbosa  
Higienizador biométrico de mãos : sistema de  
reconhecimento para o controle da higienização das mãos em  
ambientes hospitalares / Fernando Henrique Barbosa Mota ;  
orientador, Rodolfo César Costa Flesch, 2021.  
75 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -  
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico,  
Graduação em Engenharia de Controle e Automação,  
Florianópolis, 2021.

Inclui referências.

1. Engenharia de Controle e Automação. 2. Biometria. 3.  
Infecções hospitalares. 4. Internet das coisas. 5. covid  
19. I. Flesch, Rodolfo César Costa. II. Universidade  
Federal de Santa Catarina. Graduação em Engenharia de  
Controle e Automação. III. Título.

Fernando Henrique Barbosa Mota

**Higienizador Biométrico de Mãos:** Sistema de reconhecimento para o controle da higienização das mãos em ambientes hospitalares

Esta monografia foi julgada no contexto da disciplina DAS5511 (Projeto de Fim de Curso) e aprovada em sua forma final pelo Curso de Graduação em Engenharia de Controle e Automação

Florianópolis, 22 de novembro de 2021.

Prof. Hector Bessa Silveira, Dr.  
Coordenador do Curso

**Banca Examinadora:**

Prof. Rodolfo César Costa Flesch, Dr.  
Orientador  
UFSC/CTC/DAS

Victor Rocha Pusch, Eng.  
Supervisor  
Sensorweb

Prof. Werner Kraus Junior, Dr.  
Avaliador  
UFSC/CTC/DAS

Prof. Eduardo Camponogara, Dr.  
Presidente da Banca  
UFSC/CTC/DAS

Dedico este trabalho a todos aqueles que acreditaram  
que eu seria capaz. Estavam certos afinal de contas.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a todos os que estiveram aqui, ao longo da minha jornada ou parte dela. Aos meus pais, obrigado não só por possibilitarem minhas escolhas, mas também pela paciência enquanto trilhava os caminhos aos quais elas me levaram. Aos meus amigos, por sempre estarem lá, mesmo quando eu não sabia que estavam, e me darem a segurança de não estar só. À Silvia, minha namorada, agradeço pelo companheirismo, paciência e pelas conversas que mantiveram as minhas forças para continuar lutando. A meu Professor e Orientador, Rodolfo Flesch, pelo tempo concedido e profissionalismo, no qual procuro me espelhar. Aos meus supervisores na Sensorweb, Victor e Tiago, pelos ensinamentos, paciência e amizade, pois já aprendi muito com eles em tão pouco tempo. Agradeço, finalmente, ao Professor Marcelo De Lellis, por me dar a oportunidade que serviu como motor para que eu pudesse hoje estar onde estou.

*“O desvio do homem do estado em que foi originalmente colocado pela natureza parece ter se mostrado uma fonte prolífica de doenças.  
(JENNER, Edward)*

## RESUMO

As Infecções Relacionadas à Assistência em Saúde (IRAS), adquiridas pelo paciente durante o período de cuidado médico ou internação, são responsáveis por prolongar o tempo de estadia dos pacientes nos hospitais, diminuir sua qualidade de vida, aumentar taxas de óbito e elevar gastos dos hospitais. A principal forma de contágio de IRAS se dá através do contato das mãos infectadas dos profissionais de saúde sobre os pacientes. Para reduzir sua incidência, um procedimento de higienização das mãos pelos profissionais de saúde deve ser realizado sempre antes do contato com um paciente. Além disso, a fiscalização periódica e obrigatória da adesão dos profissionais a este procedimento também deve ser realizada. Entretanto, atualmente a maior parte dos métodos de fiscalização são manuais e intermitentes. Esta prática distorce os resultados, gerando dados inconsistentes com o quadro apresentado, e reduzindo a eficácia do procedimento. Seguindo esta premissa, este trabalho propõe a criação de um sistema de reconhecimento para o controle da higienização das mãos em ambientes hospitalares, capaz de identificar o profissional de saúde sempre que higienizar as mãos e registrar o seu uso. Os dados consolidados podem ser usados pelas diretorias dos hospitais para auxílio nas tomadas de decisão no que tange à redução da incidência de infecções hospitalares. Para tal, foram criados dois protótipos desse sistema, baseados em dois métodos distintos de identificação (QR Code e biometria), com o objetivo de avaliar a viabilidade, usabilidade e adesão do produto por parte dos usuários. Esses protótipos foram, então, testados dentro da empresa na qual foram desenvolvidos, e os resultados obtidos avaliados. Os dados coletados possibilitaram uma avaliação da adesão e usabilidade do produto, bem como sua viabilidade. Enquanto o protótipo baseado em QR Code se mostrou eficaz na tarefa de identificar os usuários, obtendo 100% de identificações positivas, a adesão a seu uso foi muito abaixo da esperada, em especial por conta da sua baixa usabilidade, causada pela necessidade de objeto adicional para identificação. Já o protótipo baseado em biometria se mostrou um pouco menos eficaz, com uma taxa de 73,6% de identificações positivas (sem treinamento prévio dos usuários), porém a adesão ao seu uso foi bastante superior àquela obtida com o protótipo anterior. Dentre eles, o protótipo baseado em biometria mostrou melhor desempenho, uma vez que apresentou maior adesão, com eficácia ainda satisfatória. Além disso, sua taxa de identificações positivas pode ser elevada com o treinamento dos usuários sobre o modo de operação do protótipo. Apesar dos problemas apresentados em ambas as soluções, elas se mostram promissoras e serão aprimoradas em estudos futuros.

**Palavras-chave:** Internet das Coisas. Covid-19. Infecções Hospitalares. Biometria.



## ABSTRACT

Healthcare Associated Infections (HAI), acquired by the patient during the period of medical care or hospitalization, are responsible for extending the length of stay of patients in hospitals, decreasing their quality of life, increasing death rates and increasing the costs of hospitals. The main form of contagion of HAIs is through the contact of the infected hands of health professionals on patients. To reduce its incidence, a hand hygiene procedure by health professionals should always be performed before contact with a patient. In addition, periodic and mandatory inspection of professionals compliance to this procedure must also be carried out. However, currently most inspection methods are manual and intermittent. This practice distorts the results, generating data inconsistent with the picture presented, and reducing the effectiveness of the procedure. Following this premise, this work proposes the creation of a recognition system for the control of hand hygiene in hospital environments, capable of identifying the health professional whenever hand hygiene is performed and recording its use. The consolidated data can be used by hospital boards to assist in decision-making regarding the reduction of the incidence of hospital infections. To this end, two prototypes of this system were created, based on two distinct identification methods (QR Code and biometrics), with the objective of evaluating the feasibility, usability and adherence of the product by users. These prototypes were then tested within the company in which they were developed, and the results obtained evaluated. The data collected enabled an assessment of the adherence and usability of the product, as well as its viability. While the QR Code-based prototype proved to be effective in the task of identifying users, obtaining 100% of positive identifications, adherence to its use was much lower than expected, especially due to its low usability, caused by the need for an object additional for identification. The biometric-based prototype, on the other hand, proved to be a little less effective, with a rate of 73.6% of positive identifications (without prior user training), but adherence to its use was much higher than that obtained with the previous prototype. Among them, the prototype based on biometrics showed better performance, as it showed greater adherence, with still satisfactory efficacy. In addition, its positive identification rate can be increased by training users on the prototype's operating mode. Despite the problems presented in both solutions, they show promise and will be improved in future studies.

**Keywords:** Internet of Things. Covid-19. Healthcare Associated Infections. Biometrics.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Exemplo de QR Code . . . . .	19
Figura 2 – Arquitetura Proposta - Protótipos 1 e 2 . . . . .	22
Figura 3 – Raspberry Pi 3 Model B v1.2 . . . . .	27
Figura 4 – Câmera com Sensor OV5647 . . . . .	27
Figura 5 – Raspicam V2 . . . . .	28
Figura 6 – Raspicam NoIR . . . . .	28
Figura 7 – Módulo PIR-DYP-ME003 . . . . .	28
Figura 8 – Módulo KY-032 . . . . .	29
Figura 9 – Sensor RCWL-0516 . . . . .	29
Figura 10 – Sensor Hall KY-003 . . . . .	29
Figura 11 – Chave <i>Reed Switch</i> . . . . .	30
Figura 12 – Chave Fim de Curso . . . . .	30
Figura 13 – Diagrama de Blocos da Solução Final - Protótipo 1 (POC 1) . . . . .	31
Figura 14 – Dispensador de Solução Sanitizante no Formato Totem . . . . .	32
Figura 15 – Protótipo dentro do <i>case</i> , com as modificações, já funcional . . . . .	33
Figura 16 – Posicionamento e modo de funcionamento do sensor de acionamento	33
Figura 17 – Fluxograma da Lógica de Software - Protótipo 1 (POC 1) . . . . .	34
Figura 18 – Tabela de Requisitos de Hardware e Software . . . . .	38
Figura 19 – Diagrama de blocos da solução final - Protótipo 2 (POC 2) . . . . .	40
Figura 20 – Fluxograma da lógica de software - Protótipo 2 (POC 2) . . . . .	42
Figura 21 – Registro diário de uso - 03 de agosto de 2021 - POC 1 . . . . .	46
Figura 22 – N° de Identificações por Usuário - POC 1 . . . . .	48
Figura 23 – Frequência de Identificação por Horário - POC 1 . . . . .	49
Figura 24 – Frequência de Acionamento por Horário - POC 1 . . . . .	49
Figura 25 – Identificações Diárias por Dias em Campo - POC 1 . . . . .	50
Figura 26 – Acionamentos Diários por Tempo de Campo - POC 1 . . . . .	51
Figura 27 – N° de Identificações por Usuário - POC 2 . . . . .	53
Figura 28 – Frequência de Identificação por Horário - POC 2 . . . . .	55
Figura 29 – Frequência de Acionamento por Horário - POC 2 . . . . .	56
Figura 30 – Identificações Diárias por Dias em Campo - POC 2 . . . . .	57
Figura 31 – Acionamentos Diários por Dias em Campo - POC 2 . . . . .	58
Figura 32 – Documentação de Treino - Protótipo 1 . . . . .	66

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
ARM	<i>Advanced RISC Machine</i>
BIR	Registro de Informação Biométrica, do inglês <i>Biometric Information Register</i>
CCIH	Comissão de Controle de Infecção Hospitalar
CPU	Unidade de Processamento Central, do inglês <i>Central Processing Unit</i>
CSI	Interface Serial de Câmera, do inglês <i>Camera Serial Interface</i>
EUA	Estados Unidos da América
FAR	Taxa de Falso Positivo, do inglês <i>False Acceptance Rate</i>
Finep	Financiadora de Estudos e Projetos
FRR	Taxa de Falso Negativo, do inglês <i>False Rejection Rate</i>
HDMI	Interface de Mídia de Alta Definição, do inglês <i>High-Definition Midia Interface</i>
I/O	Entrada e Saída, do inglês <i>Input/Output</i>
IoT	Internet das Coisas, do inglês <i>Internet of Things</i>
IRAS	Infecção Relacionada à Assistência em Saúde
LED	Diodo Emissor de Luz, do inglês <i>Light Emitting Diode</i>
MP	Mega Pixels
OMS	Organização Mundial da Saúde
OS	Sistema Operacional, on inglês <i>Operating System</i>
PCIH	Programa de Controle de Infecções Hospitalares
PNPCIRAS	Programa Nacional de Prevenção e Controle de Infecções Relacionadas à Assistência da Saúde
POC	Prova de Conceito, do inglês <i>Proof of Concept</i>
QR Code	Código de Resposta Rápida, do inglês <i>Quick Response Code</i>
RAM	Memória de Acesso Aleatório, do inglês <i>Random Access Memory</i>
RFID	Identificação por Rádio-Frequência, do inglês <i>Radio-Frequency Identification</i>
SDK	Kit de Desenvolvimento de Software, do inglês <i>Software Development Kit</i>
USB	Barramento Serial Universal, do inglês <i>Universal Serial Bus</i>

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>13</b>
1.1	TEMÁTICA E MOTIVAÇÃO	13
1.2	OBJETIVOS	14
1.3	JUSTIFICATIVA	15
1.4	A EMPRESA	16
1.5	ESTRUTURA DE DOCUMENTO	16
1.6	SIGILO DE DOCUMENTO	17
<b>2</b>	<b>CONCEITOS</b>	<b>18</b>
2.1	A TECNOLOGIA DE BIOMETRIA	18
2.2	QR CODE	18
<b>3</b>	<b>REQUISITOS E ESPECIFICAÇÕES – PROTÓTIPOS 1 E 2</b>	<b>20</b>
3.1	ANÁLISE INICIAL - POC 1	20
3.2	ANÁLISE INICIAL - POC 2	20
3.3	REQUISITOS E ARQUITETURA PROPOSTA	21
3.4	ESPECIFICAÇÃO DE COMPONENTES	23
<b>4</b>	<b>DESENVOLVIMENTO – PROTÓTIPO 1</b>	<b>26</b>
4.1	SELEÇÃO DE COMPONENTES	26
4.1.1	<b>CPU/Memória/Comunicação/Alimentação (Raspberry Pi Model 3)</b>	<b>26</b>
4.1.2	<b>Câmera (Sensor OV5647)</b>	<b>27</b>
4.1.3	<b>Sensor de Presença (Módulo PIR-DYP-ME003)</b>	<b>28</b>
4.1.4	<b>Sensor de Acionamento (Sensor Hall KY-003)</b>	<b>29</b>
4.1.5	<b>Atuadores (LEDs em diversas cores)</b>	<b>30</b>
4.2	SOLUÇÃO FINAL DETERMINADA	31
4.2.1	<b>Desenvolvimento do Software</b>	<b>33</b>
4.2.2	<b>Descrição de Funcionamento</b>	<b>34</b>
4.2.3	<b>Funcionamento Paralelo</b>	<b>35</b>
4.2.4	<b>Fase de Testes</b>	<b>36</b>
<b>5</b>	<b>DESENVOLVIMENTO – PROTÓTIPO 2</b>	<b>37</b>
5.1	SELEÇÃO DE COMPONENTES	37
5.1.1	<b>Dispositivo de Identificação</b>	<b>37</b>
5.1.2	<b>Unidade de Processamento Central, do inglês <i>Central Processing Unit</i> (CPU)/Memória/Comunicação/Alimentação</b>	<b>38</b>
5.1.3	<b>Atuador</b>	<b>39</b>
5.2	SOLUÇÃO FINAL DETERMINADA	40
5.2.1	<b>Desenvolvimento do Software</b>	<b>40</b>
5.2.2	<b>Descrição de Funcionamento</b>	<b>42</b>
5.2.3	<b>Contador de Acionamento</b>	<b>43</b>

5.2.4	<b>Fase de Testes</b> . . . . .	44
6	<b>RESULTADOS</b> . . . . .	45
6.1	ANÁLISE DE RESULTADOS - PROTÓTIPO 1 . . . . .	45
6.1.1	<b>Dados Gerais</b> . . . . .	45
6.1.2	<b>Número de Identificações por Usuário</b> . . . . .	47
6.1.3	<b>Frequência de Identificação/Acionamento por Horário</b> . . . . .	48
6.1.4	<b>Identificações/Acionamentos Diários por Tempo em Campo</b> . . .	50
6.2	ANÁLISE DE RESULTADOS - PROTÓTIPO 2 . . . . .	52
6.2.1	<b>Dados Gerais</b> . . . . .	52
6.2.2	<b>Número de Identificações por Usuário</b> . . . . .	53
6.2.3	<b>Frequência de Identificação/Acionamento por Horário</b> . . . . .	54
6.2.4	<b>Identificações/Acionamentos Diários por Tempo em Campo</b> . . .	54
6.3	ANÁLISE COMBINADA DE RESULTADOS . . . . .	56
7	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> . . . . .	59
7.1	CONCLUSÕES . . . . .	59
7.2	LIÇÕES APRENDIDAS . . . . .	60
7.3	PERSPECTIVAS FUTURAS . . . . .	61
7.4	RELAÇÃO COM O CURSO . . . . .	62
	<b>REFERÊNCIAS</b> . . . . .	63
	<b>APÊNDICE A – DOCUMENTAÇÃO DE TREINAMENTO - POC 1</b> .	66
	<b>APÊNDICE B – DOCUMENTAÇÃO DE TREINAMENTO - POC 2</b> .	67

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 TEMÁTICA E MOTIVAÇÃO

Dentre as várias ameaças à vida dos seres humanos, condições de saúde provocadas por microrganismos prevalecem como uma de suas causas mais comuns (MINISTÉRIO DA SAÚDE, [s.d.]). Diversas doenças, causadas por vírus, bactérias ou parasitas, podem ser evitadas com ações simples como uma adequada limpeza dos alimentos, das mãos e dos locais de convívio. Dentro do contexto médico, um tipo específico de infecção se destaca pela sua prevalência em ambientes hospitalares, a Infecção Relacionada à Assistência em Saúde (IRAS), normalmente chamada apenas de infecção hospitalar.

Uma IRAS é definida como qualquer infecção que ocorra durante o período de internação de um paciente em ambiente hospitalar, quer ela se manifeste durante ou após estadia do paciente neste ambiente (ANVISA, 2021). Tipicamente, este tipo de infecção é causada por microrganismos oportunistas, que aproveitam as condições de baixa imunidade dos pacientes para se instalar. Entretanto, ela também pode se desenvolver devido à presença de superbactérias (bactérias resistentes, melhor adaptadas devido a sua prolongada exposição aos antibióticos) no ambiente hospitalar (SANTOS, [s.d.]), (BENITO, 2014).

A forma mais comum de transmissão de infecções desse tipo se dá por meio do toque das mãos infectadas do profissional de saúde sobre o paciente e, de acordo com o Programa Nacional de Prevenção e Controle de Infecções Relacionadas à Assistência da Saúde (PNPCIRAS) da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), estes eventos prejudiciais recorrentes comprometem a segurança dos pacientes, bem como a qualidade dos serviços prestados (ANVISA, 2021). As IRAS são hoje consideradas um dos mais importantes problemas de saúde pública no mundo, reconhecido pela Organização Mundial da Saúde (OMS), atingindo entre 7% e 15% dos pacientes internados (ORGANIZATION *et al.*, 2011). Estima-se também que uma infecção hospitalar acrescenta em média 55% no período de internação do paciente (KIFFER *et al.*, 2015), e que uma grande porcentagem dos casos poderiam ser prevenidos com auxílio de programas de controle intensivo (ORGANIZATION *et al.*, 2011). Esses números implicam não só prejuízos ao bem-estar dos pacientes, como também resultam em grande desperdício financeiro por parte dos hospitais, causado pelo gasto adicional em medicação, aumento do tempo de ocupação de leitos e até processos judiciais entre pacientes e profissionais da saúde. Nos Estados Unidos da América (EUA), o impacto econômico das IRAS chega a uma média de 40 bilhões de dólares anuais, enquanto na Europa esse valor chega próximo dos 7 bilhões de euros (STORR *et al.*, 2017).

A Lei Federal 9.431, de 6 de janeiro de 1997 (BRASIL, 1997), tornou obrigatória a existência de uma Comissão de Controle de Infecção Hospitalar (CCIH) em cada uni-

dade de saúde (seja hospital, posto de saúde ou ambulatório). Esta mesma lei obriga os hospitais do país a manter um Programa de Controle de Infecções Hospitalares (PCIH), um conjunto de ações desenvolvidas de forma sistemática, a fim de reduzir da melhor forma possível a incidência e gravidade das IRAS. Atualmente, uma das maneiras mais eficazes de combate às infecções hospitalares se dá por meio da adoção de um procedimento minucioso de higienização das mãos, que deve ser realizado a cada procedimento realizado pelo profissional de saúde no paciente (LEMOS, 2021). Apesar disso, as IRAS continuam se apresentando como problema persistente nos ambientes de saúde, atualmente agravado e ampliado pelo atual cenário mundial de pandemia da covid-19. Este fenômeno ocorre pois os procedimentos de higienização são, muitas vezes, negligenciados pelos profissionais de saúde, seja em sua minúcia ou até mesmo em sua realização como um todo (MARTINI, 2004). Além disso, a fiscalização da adoção das práticas de higienização é ineficaz e por vezes enviesada. Uma das práticas mais comuns consiste na alocação de um profissional por um período de uma semana por mês ou bimestre, que se torna responsável por observar pessoalmente a adoção do procedimento pelos demais colaboradores. Porém, esse método apresenta diversas falhas: se por um lado a intermitência de fiscalização não apresenta a informação completa, por outro, ciência dos profissionais fiscalizados do período de fiscalização distorce os dados analisados, uma vez que comumente se observa maior adoção aos procedimentos durante o período de observação quanto comparado aos períodos de fiscalização secreta aos demais colaboradores.

Atualmente, existem poucas soluções nacionais que auxiliem no controle das IRAS, em especial aquelas que promovam maior adesão dos profissionais ao procedimento de higienização das mãos. A única solução encontrada presente no mercado brasileiro até a data de redação deste relatório apresenta um gabinete de plástico ao qual pode-se acoplar um dispensador de álcool em gel e também é munida de Identificação por Rádio-Frequência, do inglês *Radio-Frequency Identification* (RFID), que permite identificação daqueles que venham a utilizar o dispositivo, através do uso de um *tag* específico para isto. Além disso, o sistema possui display e comunicação via Wi-Fi e Bluetooth. Entretanto, é necessário que seu usuário possua (e carregue sempre consigo) um *tag* RFID para que possa realizar o procedimento de identificação, sempre que desejar se identificar.

## 1.2 OBJETIVOS

O objetivo geral deste trabalho é desenvolver um sistema de identificação para auxílio no controle e adesão da prática do procedimento de higienização das mãos por parte dos profissionais da área de saúde, como forma de combate e redução das IRAS, que seja baseado em tecnologias de biometria sem contato, eliminando a necessidade de objetos auxiliares à identificação do usuário.

Para isso, define-se os seguintes objetivos específicos:

- fiscalizar a adesão dos usuários ao procedimento de higienização das mãos;
- coletar dados relativos ao uso de sanitizantes por parte dos usuários (frequência de uso, horários de pico, média de acionamentos por período no tempo, entre outros);
- identificar fatores que possam impactar na adesão dos usuários ao procedimento;
- identificar fatores que possam impactar na viabilidade do produto;
- realizar uma análise quantitativa e qualitativa do sistema como um todo.

Para tal, objetiva-se a criação de duas Prova de Conceito, do inglês *Proof of Concept* (POC)s, de um sistema automático de identificação para o procedimento de higienização das mãos, que sejam capazes de coletar dados que possibilitem um estudo primário de viabilidade, aceitação e funcionalidade desta solução.

### 1.3 JUSTIFICATIVA

O projeto descrito neste documento vem sendo realizado pela empresa Sensorweb (apresentada na seção 1.4 seguinte) a partir de um auxílio de subvenção da Financiadora de Estudos e Projetos (Finep), proveniente de um edital da Finep para financiamento de Soluções Inovadoras para o Combate à covid-19 (FINEP, 2020).

A empresa foi selecionada como uma das vencedoras do edital pela proposta de desenvolvimento de um Sistema Integrado de Rastreamento, Controle e Qualidade da Higienização das Mãos em Hospital. Este sistema deverá ser capaz de identificar o profissional de saúde que utilizá-lo para realizar o procedimento de higienização das mãos, coletando informações relativas a seu uso, propiciando diversos benefícios a longo prazo, como:

- fomento e desenvolvimento tecnológico na área da saúde;
- melhoria da segurança e qualidade dos serviços prestados pelas instituições de saúde;
- redução das taxas de IRAS e gastos hospitalares relacionados;
- atendimento de normas e legislações de órgãos reguladores;
- auxílio aos gestores das CCIH na tomada de decisões, quanto à criação de campanhas e/ou treinamentos para conscientização dos profissionais de saúde.



Finalmente, espera-se que a criação e estudo destas POCs possam abrir oportunidades futuras para o desenvolvimento de um produto maduro, capaz de atender estes objetivos, trazer estes benefícios e se afirmar como ferramenta essencial para auxílio no combate às IRAS.

#### 1.4 A EMPRESA

A Sensorweb (SENSORWEB, 2021) é uma empresa de base tecnológica com atuação no segmento de Internet das Coisas, do inglês *Internet of Things* (IoT). Hoje é referência nacional em serviços de telemetria para a área da saúde, e possui mais de 5600 pontos de monitoração em mais de 350 unidades de saúde e logística: hospitais, bancos de sangue, farmácias, centros de pesquisa, indústrias e áreas de distribuição e armazenamento de medicamentos. A empresa oferece uma solução integrada para o monitoramento desses processos por meio de uma plataforma baseada em sensores, dispositivos de conectividade e software, que inclui:

- toda a Cadeia do Frio, através da preservação de insumos sensíveis à temperatura e à umidade (sangue e hemoderivados, amostras, medicamentos fármacos e imunobiológicos);
- dados de infraestrutura, energia, níveis de reservatórios, medição de gases medicinais, pressão e qualidade do ar em ambientes, entre outros;
- operação e disponibilidade de equipamentos nas instituições de saúde.

A empresa está continuamente buscando compreender as necessidades das instituições de saúde, e incorporando novas soluções a seu portfólio de produtos e serviços.

#### 1.5 ESTRUTURA DE DOCUMENTO

O conteúdo deste documento se inicia no Capítulo 1, o qual introduz brevemente as principais motivações para o estudo que foi desenvolvido ao longo dos capítulos seguintes, demonstrando a crescente preocupação ao combate das infecções hospitalares bem como sua crescente necessidade, além dos obstáculos enfrentados em seu atual contexto. Também são apresentados neste capítulo, os objetivos primários que se deseja cumprir com seu desenvolvimento, tendo em mente objetivos de longo prazo. Finalmente, uma breve apresentação da empresa na qual este produto vem sendo desenvolvido, bem como a apresentação da estrutura do presente documento, também é realizada.

No Capítulo 2 são apresentados alguns conceitos básicos essenciais para o entendimento das soluções propostas.

O Capítulo 3 apresenta os requisitos e especificação de ambos os protótipo a serem construídos, denominados POC 1 e POC 2. O capítulo descreve conceitualmente as soluções, apresentando diagrama de arquitetura, modelagem e esclarecendo o funcionamento básico pretendido de acordo com os requisitos. As especificações dos componentes necessários para desenvolver os protótipos também são discutidas.

O Capítulo 4 apresenta a descrição do projeto da POC 1. Aqui, tem-se a descrição do resultado final de cada protótipo, levando-se em conta seus aspectos de hardware, software e construção mecânica. A seleção de componentes também é evidenciada, bem como as razões para sua escolha. Diagramas de blocos da solução adotada também são evidenciados, além de possíveis interfaces gráficas geradas durante o desenvolvimento.

O Capítulo 5 é análogo ao Capítulo 4, porém trata do segundo protótipo a ser construído, denominado POC 2.

O Capítulo 6 faz um apanhado geral dos resultados individuais de cada protótipo, apresentando análises de eficácia, possíveis indicadores, impactos, ganhos e demais informações que possam vir a ser pertinentes. Uma análise comparativa, entre POCs 1 e 2, também é realizada, evidenciando as principais diferenças entre os protótipos e suas possíveis causas.

Finalmente, o Capítulo 7 apresenta as conclusões gerais obtidas pelo estudo e desenvolvimento realizados. Retomam-se aqui as motivações do trabalho, bem como uma análise dos resultados obtidos e objetivos atendidos. Análises de limitação dos protótipos também são oferecidas e, finalmente, são apontadas sugestões de melhorias que podem ser desenvolvidas em trabalhos futuros, além de pretensões para continuidade do desenvolvimento do produto.

## 1.6 SIGILO DE DOCUMENTO

A versão apresentada deste documento foi alterada, de forma a assegurar sigilo de propriedade intelectual da empresa no qual o trabalho foi desenvolvido. As alterações foram feitas sobre as partes necessárias, sem prejuízo às conclusões e de forma a não descaracterizar o trabalho realizado.

## 2 CONCEITOS

Esse capítulo abordará alguns conceitos considerados importantes para o entendimento do projeto e das escolhas nele realizadas.

### 2.1 A TECNOLOGIA DE BIOMETRIA

O uso de tecnologias de biometria como forma de identificação elimina a necessidade de dispositivos adicionais, mas também apresenta uma série de vantagens e desvantagens que vão além deste fator, de acordo com cada tipo de biometria.

Dentro do nicho de tecnologias de identificação, duas informações são bastante importantes: Taxa de Falso Positivo, do inglês *False Acceptance Rate* (FAR), indicando a probabilidade de um usuário não cadastrado em um sistema de ser autorizado, o que implica possibilidade de fraude; e Taxa de Falso Negativo, do inglês *False Rejection Rate* (FRR), indicando a probabilidade de um usuário cadastrado no sistema em não ser autorizado, o que implica má experiência do usuário e possível redução da adesão à tecnologia.

Durante o trabalho foram estudados os princípios fundamentais, técnicas e componentes para identificação por biometria, considerando modo de captura sem contato, para decisão da modalidade mais adequada ao protótipo a ser desenvolvido. Este estudo foi suprimido do texto por razões de proteção de propriedade intelectual.

### 2.2 QR CODE

Um Código de Resposta Rápida, do inglês *Quick Response Code* (QR Code) (exemplo apresentado na figura 1) consiste em blocos pretos dispostos em uma matriz quadrada com fundo branco, que pode ser lido por um dispositivo de imagem (como uma câmera ou leitor a laser), processado e então interpretado. Os dados são armazenados em padrões dispostos tanto vertical quanto horizontalmente na imagem (KASPERSKY, 2021).

É tipicamente muito empregado na indústria para identificação e rastreamento de máquinas, instrumentos, produtos e diversos outros objetos, uma vez que é de fácil decodificação e possui boa confiabilidade. QR Codes também fazem uso de algoritmos de correção de erros, o que permite sua decodificação ainda que estejam parcialmente destruídos.

Atualmente o seu uso vem sendo usado como forma de propaganda, nas quais codifica-se um *link* do website desejado, o qual pode ser acessado pelo usuário alvo rapidamente, ao invés de digitado manualmente. Com o início da pandemia de covid-19 em 2020, tem se tornado mais frequente o uso de QR Codes, particularmente para

Figura 1 – Exemplo de QR Code



Fonte: QR Code gerado pelo autor

rastreio de contato com infectados (BUTCHER, 2020).

## COMENTÁRIOS FINAIS

Este capítulo introduz conceitos das tecnologias de QR Code e biometria, que são utilizadas para o desenvolvimento das POCs 1 e 2 respectivamente. Os requisitos necessários para uso de cada tecnologia são tratados no Capítulo 3 a seguir.

### 3 REQUISITOS E ESPECIFICAÇÕES – PROTÓTIPOS 1 E 2

Este capítulo apresenta uma análise do problema a ser atacado e solucionado por cada Prova de Conceito. Em seguida, uma arquitetura de protótipo é proposta com base nos requisitos dos sistemas e, a partir dela, são determinados os tipos de componentes necessários para construção de cada protótipo, bem como seus critérios de seleção.

#### 3.1 ANÁLISE INICIAL - POC 1

A primeira etapa do desenvolvimento consistiu em definir o problema a ser atacado por essa POC em questão, mapeando suas possíveis soluções e requisitos funcionais e não-funcionais, bem como as ferramentas capazes de auxiliar neste objetivo. Após as primeiras semanas de estudo, definiu-se que o principal objetivo do primeiro protótipo seria o estudo da viabilidade de um dispositivo capaz de monitorar a adesão dos colaboradores de um local ao procedimento de higienização das mãos, viabilizada por dispensadores de solução sanitizante facilmente encontrados em diversos tipos de estabelecimentos. Em especial, procurou-se determinar qual impacto tal dispositivo teria no cotidiano dos colaboradores e qual seria o nível de adesão à solução proposta.

Definiu-se também que, por se tratar de uma prova de conceito, as soluções deveriam ser simples e replicáveis. Assim, definiu-se uma solução baseada na identificação dos usuários a partir de QR Codes, uma vez que são de fácil confecção e possuem custo irrisório. Além disso, considerou-se que idealmente o protótipo seria implantado na sede da empresa e, por tal razão, estipulou-se que este poderia ter sua construção mecânica de forma genérica, sem necessidade de atender a possíveis requisitos hospitalares, porém que fosse facilmente acoplado ao dispensador de solução sanitizante.

#### 3.2 ANÁLISE INICIAL - POC 2

Paralelamente ao desenvolvimento da POC 1, baseada em uma solução própria, rápida e de baixo custo, definiu-se também uma segunda vertente de desenvolvimento (denominada Prova de Conceito 2, POC 2). Este segundo protótipo foi baseado em soluções de prateleira para a identificação biométrica do usuário de forma sem contato, o que se considerou mais adequado ao uso em ambientes hospitalares. Este tipo de tecnologia elimina a necessidade de um objeto adicional para identificação do usuário, facilitando o uso do protótipo no que tange à operação. A partir desta decisão, foi realizado um estudo das tecnologias de biometria baseadas em identificação sem contato disponíveis no mercado.

Apesar da grande quantidade de soluções disponíveis no mercado, apenas uma pequena parcela delas foi considerada adequada ao uso em ambientes hospitalares. Soluções como QR Code e *tags* RFID não só não são baseadas em biometria, como também requerem objetos auxiliares à identificação do usuário, que podem ser facilmente perdidos ou trocados entre colaboradores, e por isso foram descartadas.

Para este trabalho, foram avaliadas quatro modalidades distintas de biometria sem contato. Diversas características foram avaliadas, como FRR, FAR, modo de captura de minúcia, entre outros. Selecionou-se então aquela que se considerou melhor se adequar ao projeto e seus requisitos. Esta avaliação, bem como a escolha da modalidade final, foram suprimidas do texto a pedido da diretoria da empresa para proteção de propriedade intelectual.

### 3.3 REQUISITOS E ARQUITETURA PROPOSTA

Com base nos objetivos e especificações estabelecidos pelas análises iniciais de cada POC a ser desenvolvida, foram elencados os seguintes requisitos não-funcionais para os protótipos:

- o produto deve se adaptar aos dispensadores de sanitizantes disponíveis no mercado, bem como àqueles em uso pelos hospitais;
- o acionamento deve ser realizado sem contato com as mãos do usuário;
- o modo de operação deve ser fácil ao usuário leigo;
- o tempo de acionamento do dispensador de solução sanitizante e identificação do usuário deve ser curto, na ordem de poucos segundos (idealmente, menos de 2 segundos, neste caso);
- a taxa de tentativas de identificações negadas deve estar dentro de um valor aceitável (estipulada como menor ou igual a 15%, neste caso);
- a solução não pode impedir o uso do higienizador por nenhum usuário (colaborador, paciente ou acompanhante).

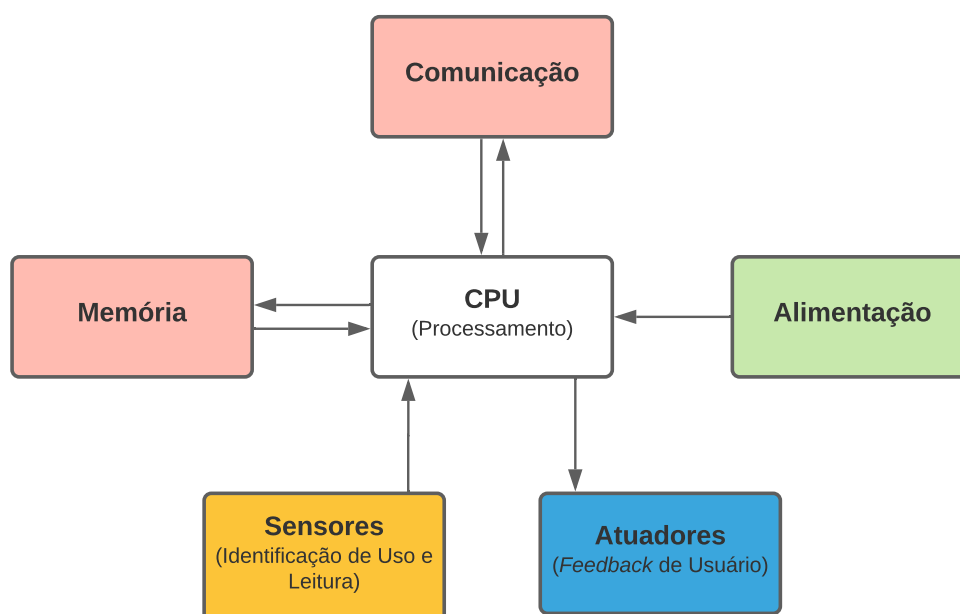
Adicionalmente, foram definidos os seguintes requisitos funcionais:

- todo acionamento deve ser registrado, incluindo data, hora e local (apenas POC 1);
- toda identificação deve ser registrada, incluindo usuário, data, hora e local.

A partir dos requisitos e especificações de ambos os protótipos, propôs-se a seguinte arquitetura para o protótipo, na forma de um diagrama de blocos, apresentada na figura 2. A arquitetura apresentada é a mesma para os dois protótipos, uma vez

que, apesar de serem baseados em métodos de identificação distintos, ambos têm as mesmas finalidades e objetivos.

Figura 2 – Arquitetura Proposta - Protótipos 1 e 2



Fonte: Diagrama desenhado pelo autor

Conforme pode-se observar no diagrama apresentado, o protótipo pode ser dividido em seis pontos principais, todos eles necessários para sua construção e enumerados abaixo:

1. **Unidade de Processamento Central:** também chamada de CPU, é necessária para o processamento de todo o fluxo de dados e informação que passa pelo protótipo, sejam eles adquiridos pelos sensores ou gerados pela aplicação (comandos para atuadores, registros de identificação e acionamento etc.).
2. **Memória:** utilizada para armazenamento de todo e qualquer dado e informação que possa ser pertinente ao protótipo, bem como os códigos-fonte e software a serem utilizados (e *logs* de dados por eles gerados).
3. **Comunicação:** necessária para transmissão de dados e arquivos a partir de e para o protótipo, sua CPU, memória e demais funcionalidades. Seja de forma remota ou *in loco*. Uma comunicação eficaz entre máquina (computador utilizado para desenvolvimento) e protótipo promove facilidade na modificação, atualização e manutenção do protótipo.

4. **Sensores:** permitem aquisição de diferentes tipos de dados e informações sobre o ambiente no qual o protótipo está inserido. Neste caso, define-se a necessidade de sensores capazes de ler QR Codes, dispositivo de leitura biométrica, bem como sensores capazes de identificar o acionamento do dispensador de solução sanitizante.
5. **Atuadores:** são empregados para enviar informação do protótipo ao mundo externo. Neste sistema, são utilizados com o intuito de facilitar a visualização de alguma informação, provendo indicações visuais ou auditivas ao usuário e ao desenvolvedor do protótipo quanto à sua operação e estado de funcionamento.
6. **Alimentação:** é necessária a manter o protótipo em funcionamento durante seu uso, fornecendo energia elétrica. No caso destes protótipos, que funcionam 24 horas por dia, a alimentação de energia deve ser ininterrupta.

### 3.4 ESPECIFICAÇÃO DE COMPONENTES

Após definição da arquitetura de protótipo, uma especificação de cada ponto que a compõe foi realizada a fim de se estabelecer parâmetros que permitissem uma busca e análise das soluções de mercado disponíveis, para então compará-las e decidir quais melhores atendem às especificações e requisitos do projeto. Após um período de estudo, foram determinadas as especificações de componentes, enumeradas a seguir, para cada POC.

1. **CPU:** A CPU deve ser capaz de lidar com todo o processamento necessário para o protótipo, o que inclui execução da aplicação, execução de comandos paralelos e softwares de plano de fundo. Deve também possuir soquetes e interfaces próprias para o desenvolvimento de hardware, e ser baseada em arquitetura compatível com as linguagens e bibliotecas de programação necessárias para o desenvolvimento da aplicação. Além disso, por desejar-se acoplar a um dispensador de sanitizante, deseja-se que possua tamanho reduzido. Em termos de produtos disponíveis no mercado:
  - **POC 1:** Uma placa de desenvolvimento baseada em um microcontrolador como um Arduino Uno, ou até mesmo um microcomputador, como uma Raspberry Pi.
  - **POC 2:** Um computador convencional, cuja capacidade de processamento atenda às especificações mínimas do dispositivo de identificação a ser escolhido.
2. **Memória:** Em termos de memória, o dispositivo deve ser capaz de armazenar toda e qualquer informação desejada que possa vir a ser relevante ao projeto,



bem como acessá-la com velocidade aceitável de leitura. Também deve armazenar a aplicação desenvolvida que controlará o protótipo, aplicações adicionais necessárias a seu funcionamento normal, além de *logs* de dados, relatórios e/ou bancos de dados que possam vir a ser implementados. Por fim, deve ser suficiente para viabilizar a instalação de um Sistema Operacional, on inglês *Operating System* (OS), com espaço de sobra, caso venha a ser necessário. Em termos técnicos:

- **POC 1:** Um mínimo de 16 GB para microcomputadores.
  - **POC 2:** Um mínimo de 50 GB de memória de disco rígido para um computador convencional.
3. **Comunicação:** Os protótipos, no que tange à comunicação, devem ser capazes de utilizar protocolos de rede que viabilizem o acesso remoto, preferencialmente utilizando-se de tecnologias sem fio (como Bluetooth, Wi-Fi, Zigbee, LTE e afins). Os protocolos utilizados devem permitir transmissão de dados a uma taxa adequada para download instantâneo dos arquivos gerados, bem como upload de atualizações, modificações ou reparos da aplicação.
  4. **Alimentação:** A alimentação de energia elétrica fornecida aos protótipos deve ser suficiente de modo a garantir o funcionamento normal de todas as suas partes. Uma vez que se deseja que os protótipos operem ininterruptamente e de forma autônoma, define-se que a alimentação deve ser fornecida por uma fonte de alimentação de corrente contínua, cuja tensão será determinada majoritariamente pelas CPUs escolhidas (variando, possivelmente, entre 3 V e 220 V). Como se espera funcionamento ininterrupto dos protótipos, o uso de baterias foi descartado por geralmente necessitarem recarga ou reposição.
  5. **Atuadores:** Os atuadores empregados devem indicar de forma simples informações importantes aos usuários e ao desenvolvedor, de modo a facilitar o uso do protótipo. Os atuadores ajudam a observar o funcionamento do protótipo de forma intuitiva, facilitando o uso do protótipo por usuários leigos e fornecem informação visual ou sonora no que tange ao funcionamento esperado do protótipo para o desenvolvedor.
  6. **Sensores/Transdutores:** Para alcançar os requisitos funcionais especificados é necessário o emprego de diferentes sensores por cada protótipo. São eles descritos abaixo.
    - a) **Câmera - POC 1:** é necessária para a leitura e reconhecimento dos QR Codes que serão utilizados como forma de identificação. A câmera deve ter boa resolução de imagem, para boa distinção dos blocos do QR Code e

deve também possuir aceitável taxa de quadros, que permita rápida leitura do código, reduzindo o tempo médio de aquisição de dados. Além disso, deve também possuir recurso de foco, seja ele autofocus ou ajuste manual de foco e, finalmente, deve possuir padrão de interfaceamento de hardware com a CPU, eliminando a necessidade de middleware ou circuitos adicionais. Em termos técnicos, espera-se uma câmera com ao menos 3 Mega Pixels (MP).

- b) **Sensor de Presença - POC 1**: será utilizado para identificar a presença de um usuário nas proximidades do protótipo, acionando a câmera e permitindo o seu uso. O sensor deve ser capaz de detectar movimentos de seres humanos, em uma distância mínima de 5 cm, mas não maior do que 2 m e possuir, preferencialmente, baixo consumo de energia.
- c) **Sensor de Acionamento - POC 1**: é necessário para perceber todo acionamento do dispensador de solução sanitizante. Deve ser robusto, capaz de suportar até centenas de acionamentos diários sem desgaste. Também deve permitir um fácil ajuste da sua posição de acionamento, caso seja necessário adaptá-lo a diferentes dispensadores.
- d) **Dispositivo de Identificação - POC 2**: O dispositivo de identificação utilizado será uma solução de prateleira cujas especificações técnicas (como FRR e FAR) atenderem os objetivos propostos.

## COMENTÁRIOS FINAIS

Este capítulo introduziu uma análise inicial do problema ser resolvido por ambas as POCs, elencando seus requisitos e criando a especificação dos componentes necessários para construí-las. Os capítulos 4 e 5 a seguir descrevem os projetos de desenvolvimento das POCs 1 e 2, respectivamente.

## 4 DESENVOLVIMENTO – PROTÓTIPO 1

Este capítulo descreve a seleção dos componentes necessários à construção do primeiro protótipo. São discutidos os componentes selecionados e descartados, juntamente com as justificativas para tal. Em seguida, a solução final determinada é apresentada e explicada. O desenvolvimento do software é evidenciado, e seu funcionamento explicado com auxílio de um fluxograma de lógica de software. Finalmente, apresenta-se os detalhes sobre o funcionamento da fase de testes.

### 4.1 SELEÇÃO DE COMPONENTES

Para cada bloco do diagrama de blocos que define a arquitetura dos protótipos (figura 2, página 22), foi realizado um estudo das soluções de mercado que atendessem às especificações discutidas no capítulo anterior a fim de se determinar as mais adequadas para o protótipo. Além das especificações técnicas e funcionais, foram considerados preços, disponibilidade e prazo de entrega de cada componente. Nesta seção são apresentados os principais passos desse estudo, com os componentes escolhidos e seus respectivos resultados.

#### 4.1.1 CPU/Memória/Comunicação/Alimentação (Raspberry Pi Model 3)

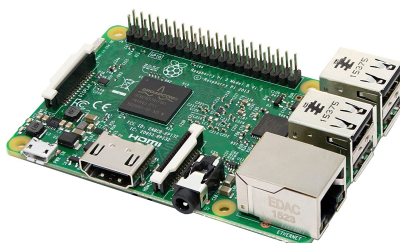
A Raspberry Pi, apresentada na figura 3, é um computador de placa única de baixo custo, semelhante a uma placa de desenvolvimento, porém com maior poder computacional. Ela é munida de um processador baseado em arquitetura *Advanced RISC Machine* (ARM), uma placa de rede de internet sem fio e placa de comunicação Bluetooth, diversas entradas Barramento Serial Universal, do inglês *Universal Serial Bus* (USB), saída de Interface de Mídia de Alta Definição, do inglês *High-Definition Midia Interface* (HDMI), e pinos de Entrada e Saída, do inglês *Input/Output* (I/O), para desenvolvimento de protótipos. Além disso, possui interface para cartões de memória, Interface Serial de Câmera, do inglês *Camera Serial Interface* (CSI), entre outras interfaces adicionais.

Após uma análise das especificações técnicas do microcomputador, ele foi determinado como uma combinação bastante aceitável entre CPU, Memória e Comunicação. Além disso, ele é de fácil alimentação (através de uma simples fonte de corrente contínua, 12 V, 2 A), solucionando diversos pontos com um único dispositivo. Seu sistema operacional nativo, Raspberry Pi OS, permite desenvolvimento de software em diversas linguagens (mais notavelmente C e Python), tornando-a um instrumento de uso flexível.

Uma vez que a empresa possui várias unidades do microcomputador, fontes de alimentação e cartões de memória de 32 GB (eliminando custos financeiros de

aquisição), além de atender às especificações, ele foi escolhido como CPU, Memória, Comunicação, solucionando também a questão da alimentação.

Figura 3 – Raspberry Pi 3 Model B v1.2



Fonte: (RASPBERRY PI, 2016)

#### 4.1.2 Câmera (Sensor OV5647)

A câmera com sensor OV5647 (figura 4) foi escolhida por possuir uma resolução de 5 MP, o que é suficiente para capturar um QR Code com a resolução mínima esperada. Além disso, a câmera possui um cabo *flat* compatível com a interface CSI da Raspberry Pi, tornando-a de fácil uso por eliminar a necessidade de softwares intermediários, uma vez que não é necessário acondicionamento de sinais ou formato de dados para o interfaceamento da câmera com a CPU. Uma interface mecânica para ajuste manual do foco também está inclusa. O sensor OV5647 possui taxa de quadros mínima de 15 quadros por segundo, podendo chegar até 120 (OV5647. . . , 2009). Além disso, esta câmera era a de menor custo dentre as opções estudadas.

Figura 4 – Câmera com Sensor OV5647



Fonte: (FILIPEFLOP, 2021a)

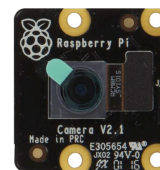
Foram estudadas também outras duas opções: câmera Raspicam v2 8 MP (figura 5), uma câmera oficial da Raspberry Pi, com maior resolução e foco automático; e Rasp Pi NoIR v2 8 MP (figura 6), outra câmera oficial da Raspberry Pi, com filtro infravermelho capaz de capturar imagens no escuro, entre outras funcionalidades. Ambas foram descartadas devido ao custo elevado sem grandes ganhos para o protótipo. Em outras palavras, o custo-benefício destas câmeras em relação à escolhida foi determinado como muito inferior.

Figura 5 – Raspicam V2



Fonte: (RASPBERRY PI, 2021a)

Figura 6 – Raspicam NoIR



Fonte: (RASPBERRY PI, 2021b)

### 4.1.3 Sensor de Presença (Módulo PIR-DYP-ME003)

O sensor escolhido para esta opção foi o módulo PIR-DYP-ME003 (figura 7), que pode captar diferenças nas emissões de radiação infravermelha de corpos quentes (neste contexto, um ser humano), identificando movimento. Capaz de detectar o movimento de objetos dentro de uma área de até 7 metros quadrados, este módulo foi escolhido especialmente devido à possibilidade de ajuste do tipo de acionamento, distância de detecção, atraso de acionamento e tempo de bloqueio diretamente através do hardware do módulo, tornando o desenvolvimento da aplicação do protótipo mais simples, uma vez que estas minúcias podem ser ajustadas externamente, ao invés de programas na aplicação. Além disso, estas mesmas funcionalidades permitem um ajuste rápido do protótipo de acordo com cada ambiente no qual pudesse ser implantado.

Figura 7 – Módulo PIR-DYP-ME003



Fonte: (FILIPEFLOP, 2021d)

Além deste sensor, foram estudados outros dois sensores: Módulo Sensor de Obstáculo Infravermelho KY-032 (figura 8), munido de um emissor e um receptor infravermelho, além de circuito integrado gerador de pulso (NE555), tornando-o capaz de detectar um obstáculo em linha reta a curtas distâncias (até 20 centímetros, ajustável no próprio hardware através de um potenciômetro) através da detecção do sinal infravermelho emitido quando um obstáculo entra na distância de alcance; e Sensor de Presença e Movimento Micro-ondas RCWL-0516 (figura 9), baseado no Efeito Doppler, é capaz de captar diferenças entre um sinal de onda emitido e o sinal refletido, possibilitando-o de identificar objetos em movimento (ou próximos do sensor), inclusive através de paredes ou outras superfícies similares não-metálicas. O primeiro sensor,

Figura 8 – Módulo KY-032



Fonte: (INSTITUTODIGITAL, 2021)

Figura 9 – Sensor RCWL-0516



Fonte: (FILIPEFLOP, 2021e)

Módulo Sensor de Obstáculo Infravermelho KY-032, foi descartado, pois, apesar de possuir ajustes em hardware que poderiam simplificar o desenvolvimento, ele também requer ajustes de software para seu funcionamento pleno, os quais envolvem constante excitação do sensor a uma frequência específica, aumentando a complexidade do software.

Já o segundo sensor, Sensor de Presença e Movimento Micro-ondas RCWL-0516, foi eficiente nos testes de detecção do usuário. Porém, este sensor não interage bem com superfícies metálicas, reduzindo sua eficiência. O sensor também pode apresentar interferência quando em proximidade de outros sensores similares, baseados em micro-ondas. Por fim, a capacidade de penetração das ondas emitidas em identificar movimentos em cômodos adjacentes poderia tornar sua leitura menos confiável, especialmente em ambientes com grande fluxo de pessoas como uma empresa ou hospital. Por estas razões, este sensor foi descartado.

#### 4.1.4 Sensor de Acionamento (Sensor Hall KY-003)

O sensor de acionamento escolhido foi o Sensor de Efeito Hall KY-003 (figura 10). Este sensor é acionado através da detecção de um campo magnético, podendo então ser utilizado em conjunto com um ímã. Assim, este conjunto pode ser facilmente alocado na região de interesse (possivelmente diferente para cada tipo de dispensador no qual o protótipo pode vir a ser acoplado), e ter sua sensibilidade de disparo ajustada simplesmente apenas com a adição, subtração ou reposicionamento de ímãs, permitindo detecção de cada acionamento.

Figura 10 – Sensor Hall KY-003



Fonte: (FILIPEFLOP, 2021f)

Figura 11 – Chave *Reed Switch*

Fonte: (FILIPEFLOP, 2021c)

Figura 12 – Chave Fim de Curso



Fonte: (FILIPEFLOP, 2021b)

Além do sensor magnético, foram estudadas outras opções. Entre elas, uma chave magnética (Chave *Reed Switch*, figura 11), cujo princípio de acionamento é baseado em campos magnéticos (assim como o sensor de Efeito Hall). Entretanto, neste sensor, contatos metálicos encapsulados em uma ampola de vidro se aproximam quando próximos de um campo magnético suficientemente forte, fechando contato e permitindo passagem de corrente elétrica; e chaves de fim de curso (figura 12), funcionando como simples botões mecânicos, permitindo passagem de corrente elétrica quando acionadas.

Entretanto ambas foram descartadas. Enquanto a chave *Reed Switch* foi descartada por uma menor facilidade do ajuste da sensibilidade de disparo quando comparado ao sensor de Efeito Hall, a chave fim de curso foi descartada não só por este fator, como também ao se considerar possível (ainda que improvável) fadiga mecânica do dispositivo após repetidos acionamentos, que podem vir a ser na ordem de centenas de acionamentos diários.

#### 4.1.5 Atuadores (LEDs em diversas cores)

Apesar de não serem considerados essenciais ao funcionamento do protótipo, Diodo Emissor de Luz, do inglês *Light Emitting Diode* (LED)s, de diversas cores foram empregados a fim de prover indicações visuais auxiliares tanto aos usuários quanto ao desenvolvedor. Para tal, foram empregadas cinco cores de LEDs:

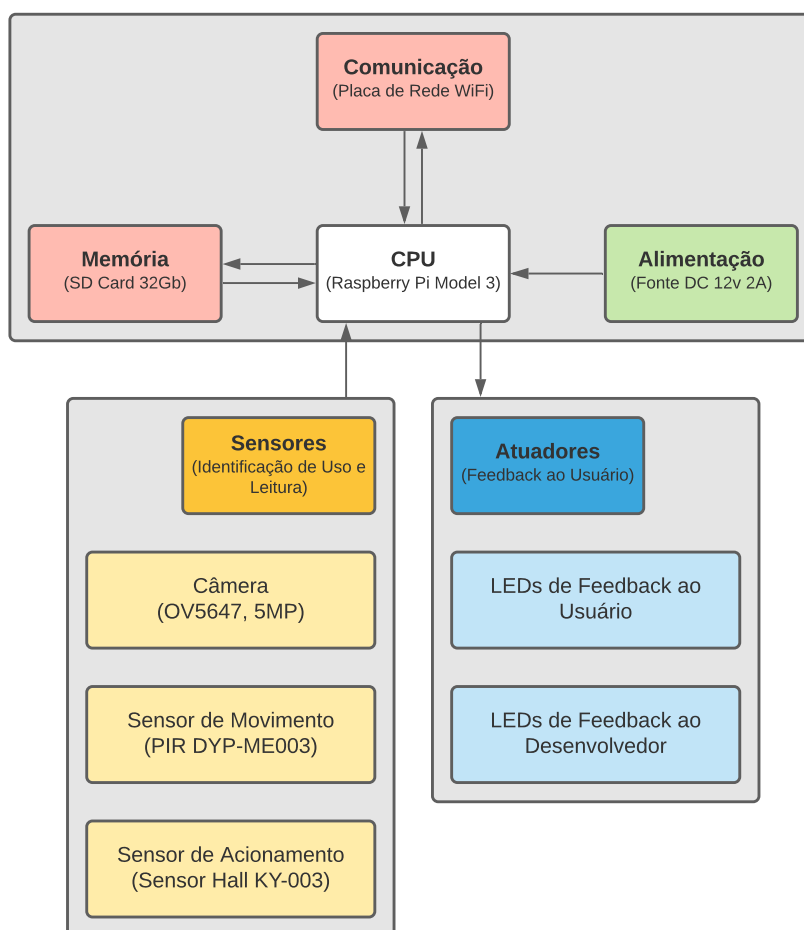
- **Verde:** indicando sistema em funcionamento (*standby*), pronto para identificação do usuário.
- **Azul:** indicando que o sistema está em modo de captura, com a câmera acionada, aguardando posicionamento e captura do QR Code do usuário.
- **Amarelo:** indicando cada acionamento do dispensador de álcool gel.
- **Vermelho:** indicando que o tempo limite do modo de captura foi excedido sem identificação bem sucedida do QR Code.
- **Branco:** indicando fim do modo de captura e identificação bem sucedida do usuário.

Uma vez selecionados os componentes pertinentes à montagem da primeira versão do protótipo, seguiu-se para a fase de montagem e desenvolvimento do software.

## 4.2 SOLUÇÃO FINAL DETERMINADA

Após este extenso estudo das soluções de componentes disponíveis para a montagem do protótipo, optou-se pela configuração da solução final a ser implementada representada no diagrama de blocos, na figura 13 a seguir.

Figura 13 – Diagrama de Blocos da Solução Final - Protótipo 1 (POC 1)



Fonte: Diagrama desenhado pelo autor

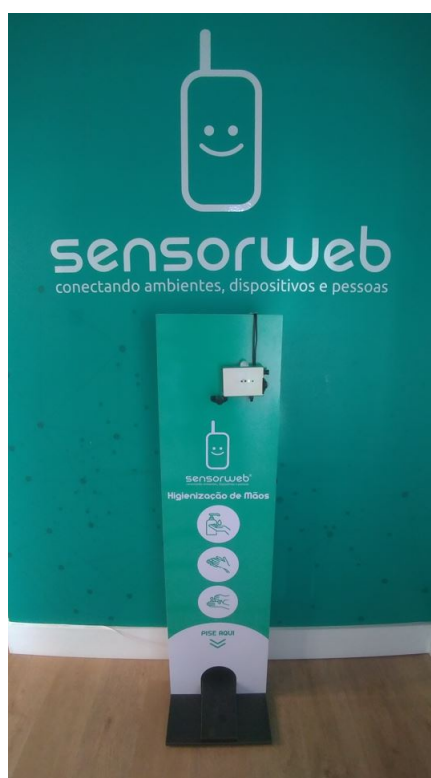
Como pode ser observado, o esquemático da solução final a divide em três seções maiores. O microcomputador escolhido é representado pela seção superior da imagem, escolhido por incorporar CPU, placa de rede sem fio e memória em um mesmo dispositivo, bem como tendo uma alimentação facilitada (através de uma simples fonte de alimentação de 12 V), e soluciona a maior parte do protótipo no que



tange às funcionalidades ordinárias, desonerando a carga de desenvolvimento do protótipo de questões consideradas mais triviais. Na seção inferior, à esquerda, tem-se os transdutores, integrados com a Raspberry Pi por meio de seus pinos I/O no caso dos sensores de movimento e de acionamento, e por meio da CSI, no caso da câmera. Finalmente, na seção inferior, à direita, tem-se os atuadores, também integrados à Raspberry Pi por meio de seus pinos I/O.

O dispensador de solução sanitizante escolhido foi no formato de totem, com acionamento através de pedal, isentando o usuário de qualquer contato direto das mãos com o protótipo durante o procedimento de higienização.

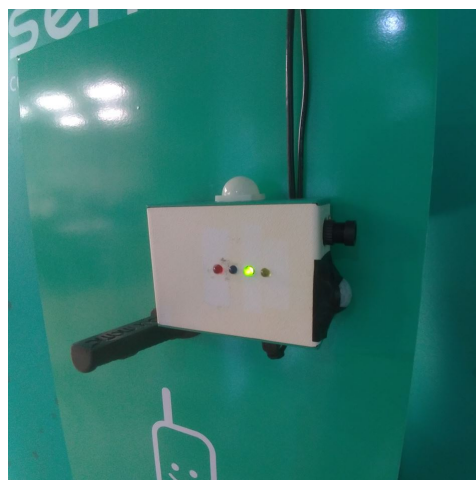
Figura 14 – Dispensador de Solução Sanitizante no Formato Totem



Fonte: Acervo pessoal do autor

A montagem do protótipo foi realizada utilizando *cases* mecânicos já disponíveis na empresa, tipicamente utilizados em outros produtos, com as modificações necessárias para acomodação dos componentes escolhidos, em especial para acomodação dos LEDs indicadores e do sensor de presença. O sensor de acionamento, por sua vez, foi posicionado junto ao mecanismo de acionamento do totem, juntamente a um ímã de neodímio, responsável por ativar o sensor, como mostra a figura 16. Desta forma, sempre que acionado o pedal do dispensador, o mecanismo alinha ímã e sensor, possibilitando detecção de acionamento.

Figura 15 – Protótipo dentro do case, com as modificações, já funcional



Fonte: Acervo pessoal do autor

Figura 16 – Posicionamento e modo de funcionamento do sensor de acionamento



Fonte: Acervo pessoal do autor

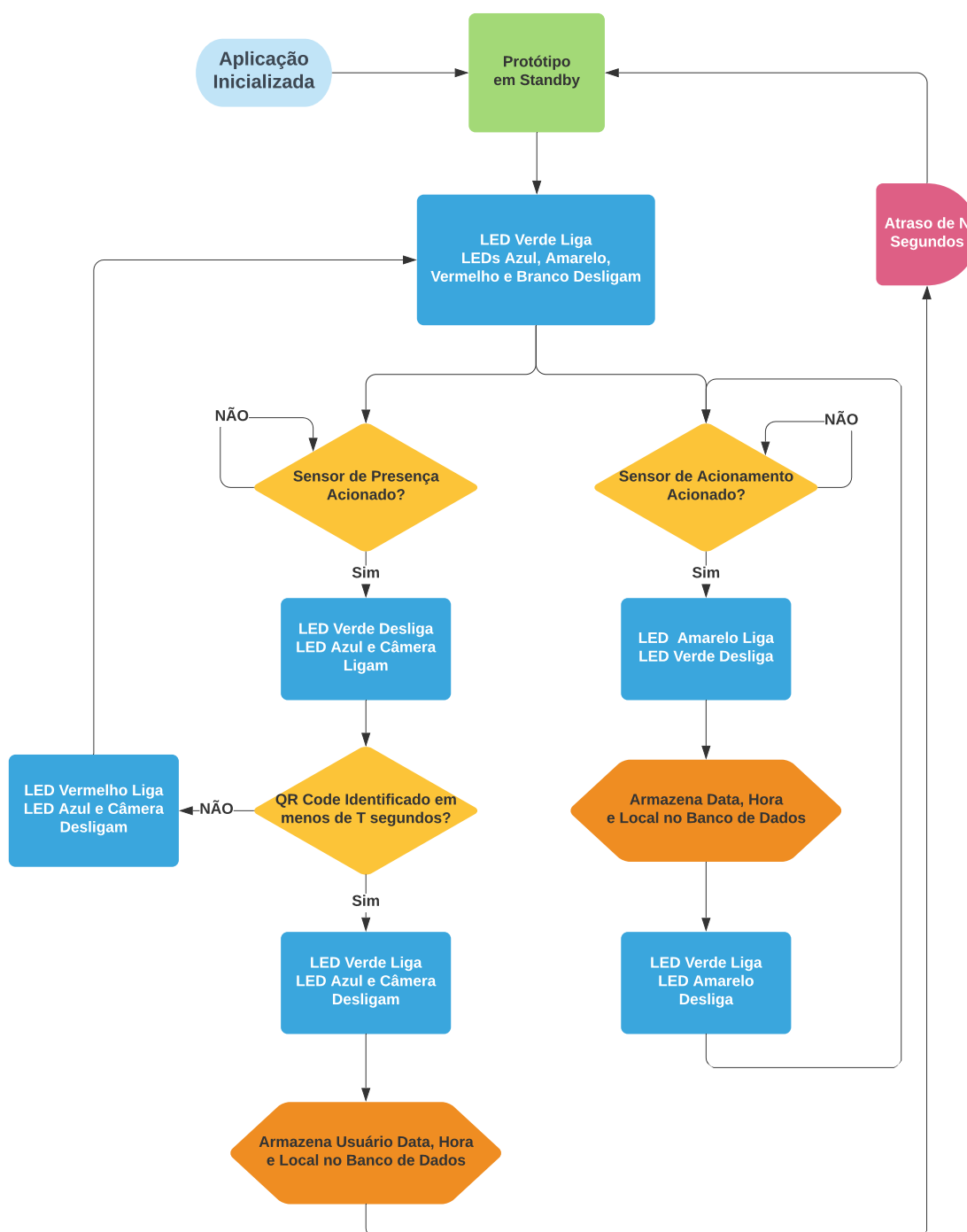
#### 4.2.1 Desenvolvimento do Software

O software do protótipo foi desenvolvido na linguagem Python, uma linguagem de programação interpretada de alto nível, considerada de fácil leitura devido a seu alto nível de abstração. A linguagem é nativa ao ambiente do Sistema Operacional da Raspberry Pi, uma versão customizada do OS Linux Debian. Além disso, diversas bibliotecas são disponibilizadas para integração e comunicação do software em Python com as interfaces I/O e CSI da placa, facilitando e acelerando o desenvolvimento.

### 4.2.2 Descrição de Funcionamento

Um fluxograma contendo a lógica de funcionamento da aplicação desenvolvida é mostrado na figura 17.

Figura 17 – Fluxograma da Lógica de Software - Protótipo 1 (POC 1)



Fonte: Fluxograma desenhado pelo autor

O funcionamento do protótipo é relativamente simples e é descrito a seguir: a inicialização da aplicação define todas as variáveis necessárias para funcionamento do software, além de declarar todas as portas I/O da Raspberry Pi em uso pelos sensores e atuadores.

Em seguida, o protótipo entra em modo de espera, acionando o LED verde (indicando que está pronto para uso) e desligando todos os outros (mesmo que já estejam desligados, como medida de garantia). A partir daí, ambos os sensores de presença e acionamento têm suas saídas constantemente lidas pela aplicação, até que um deles dispare.

Tendo o sensor de presença sido acionado, a aplicação desliga o LED verde, e aciona o LED azul e a câmera, indicando entrada no modo de captura de imagem (identificação de usuário). Durante  $T$  segundos (definido pelo desenvolvedor e, neste caso,  $T$  é igual a 5 segundos), a aplicação avalia constantemente a imagem obtida pela câmera, buscando identificar e decodificar QR Codes ali presentes.

Em caso de sucesso, o modo de captura termina (o que pode acontecer em qualquer momento entre 0 e  $T$  segundos, caso o QR Code seja identificado antes do limite de tempo), o LED verde é acionado, e LED azul e câmera são desligados, indicando que o protótipo retornou a seu estado de operação normal. A identificação de usuário, junto às informações de data, hora e local de identificação são registradas em um banco de dados e então um atraso de  $N$  segundos ocorre (também definido pelo desenvolvedor, nesse caso igual 2 segundos), evitando múltiplas identificações sucessivas do mesmo usuário. Após  $N$  segundos protótipo retorna ao estado de operação inicial.

Já em caso de fracasso, em que o tempo limite de captura excede o tempo definido pelo desenvolvedor, desligam-se o LED azul e a câmera, e liga-se o LED vermelho, indicando que a tentativa de identificação do usuário foi falha. O protótipo então retorna ao estado de operação inicial, acionando o LED verde e desligando todos os demais, permitindo que o usuário tente novamente a sua identificação.

Tendo o sensor de acionamento sido acionado, o LED verde desliga e o LED amarelo é acionado, indicando que o dispensador de solução sanitizante foi acionado. Este acionamento, juntamente às informações de data, hora e local, são armazenados em um banco de dados. O LED verde é acionado e o LED amarelo desliga, indicando fim do acionamento do dispensador, e o protótipo retorna ao estado de operação inicial.

### 4.2.3 Funcionamento Paralelo

É importante salientar que ambos os sensores funcionam de forma paralela. Isto é, o sensor de presença não impacta no sensor de acionamento e vice-versa. Inclusive, o sensor de acionamento pode ser acionado simultaneamente à identificação do usuário, ou uma identificação pode começar em meio a um acionamento, e ainda

assim o protótipo irá funcionar e registrar ambos normalmente.

#### **4.2.4 Fase de Testes**

Um segundo software, bastante simples, foi desenvolvido para gerar os QR Codes necessários à identificação dos usuários. Desta forma, um par de adesivos impermeáveis foi confeccionado e distribuído a cada colaborador da empresa, contendo seu nome codificado, e que deveria ser colado em locais convenientes e de fácil acesso (como um celular, carteira ou crachá) para utilização junto ao protótipo.

Assim, após este desenvolvimento e implantação da aplicação, um guia do usuário, bastante simplificado (Apêndice A) foi encaminhado a todos os colaboradores da empresa, através de diversos canais de comunicação. O protótipo foi então implantado junto à entrada da empresa, local de maior fluxo de pessoas, dando início à fase de testes no dia 15 de julho de 2021.

#### **COMENTÁRIOS FINAIS**

Este capítulo apresentou o desenvolvimento da POC 1, cujo método de identificação é baseado no uso de QR Code. Foram apresentados os componentes selecionados com as justificativas de escolha para cada um. A solução final foi implementada e implantada na empresa para fase de testes. Os resultados obtidos serão analisados e discutidos no Capítulo 6, e comparados aos resultados obtidos pela POC 2, cujo desenvolvimento é mostrado no Capítulo 5 a seguir.

## 5 DESENVOLVIMENTO – PROTÓTIPO 2

Este capítulo apresenta uma análise do problema a ser atacado e solucionado pela segunda Prova de Conceito. Em seguida, uma arquitetura de protótipo é proposta e a partir dela são determinadas as especificações dos componentes do protótipo. Os componentes escolhidos são apresentados juntamente com as justificativas para suas escolhas. Em seguida, a solução final determinada é apresentada e explicada. O desenvolvimento do software é evidenciado, e seu funcionamento explicado com auxílio de um fluxograma de lógica de software. Finalmente, apresenta-se os detalhes sobre o funcionamento da fase de testes e detalhes adicionais.

### 5.1 SELEÇÃO DE COMPONENTES

A partir da definição da arquitetura dos protótipos (figura 2, página 22), uma especificação de cada ponto que a compõe foi realizada para sua seleção. Além disso, apesar de teoricamente cada bloco do diagrama da arquitetura do protótipo requerer uma análise individual, existem fatores que tornaram as decisões de componentes mais fáceis.

#### 5.1.1 Dispositivo de Identificação

Esta seção mostraria a escolha dos dispositivos de identificação, evidenciando o nome das tecnologias estudadas e detalhes técnicos. Entretanto, foi modificada por questões de propriedade intelectual. Um resumo do trabalho realizado é apresentado em seu lugar.

Inicialmente, foram selecionados possíveis candidatos de dispositivos de identificação biométrica, nacionais e importados, já disponíveis no mercado, para avaliação daquele que melhor se adequasse ao protótipo. Desta forma, os *datasheets* e manuais foram estudados para compreensão do modo de operação de cada produto, levando-se em conta também os seus dados técnicos, como FRR e FAR.

Este estudo foi realizado justamente com a intenção de se analisar a capacidade de cada produto de atender aos requisitos do projeto. Além destes fatores, vários outros foram avaliados na escolha do dispositivo final, como o relacionamento de atendimento da empresa; disponibilidade de demonstrações dos fabricantes; os prazos de entrega dos dispositivos para demonstração; boa documentação; entre outros.

Finalmente, após estudo, foi selecionado aquele fornecedor que não só atendia aos requisitos de projeto, como também demonstrou melhor capacidade de comunicação e relacionamento com o cliente, como também uma documentação de uso clara e objetiva e melhor aderência atual do mercado.

### 5.1.2 CPU/Memória/Comunicação/Alimentação

A partir da definição do dispositivo de identificação a ser utilizado, as especificações foram determinadas, em sua maior parte, com base nos requisitos mínimos indicados no manual do usuário do Kit de Desenvolvimento de Software, do inglês *Software Development Kit* (SDK), indicadas na figura 18 (alguns requisitos foram mascarados por questões de propriedade intelectual).

Figura 18 – Tabela de Requisitos de Hardware e Software

Hardware and Software Requirements		Description
Hardware Requirement	CPU	Intel® Core™2 Duo 2.40 GHz or more (Note 1) (must also comply with the recommended value for the given CPUs with SSE4.2/AES-NI are recommended.
	Memory (Note 2)	32-bit version : 1 GB or more (2 GB or more for Windows 10) 64-bit version : 2 GB or more (must also comply with the recommended value for the given
	USB port	[Redacted]
	HDD space (Note 4)	[Redacted]
	Sensor	[Redacted]
Software Requirement	OS (Note 5)	[Redacted]
	Sensor driver (Note 6)	[Redacted]
	Authentication library (Note 6)	[Redacted]

Fonte: Requisitos do dispositivo escolhido

Desta forma, determinou-se que os componentes da arquitetura proposta de-

veriam atender a esses requisitos. É necessário um computador cuja CPU possua capacidade de processamento igual ou superior a um processador Intel Core 2 Duo de 2,40 GHz. O computador escolhido também deve ter pelo menos 2 GB de memória Memória de Acesso Aleatório, do inglês *Random Access Memory* (RAM), e 222 MB de memória de disco rígido.

Devido à forma como se comporta a biblioteca de desenvolvimento do sensor biométrico, levando-se em conta os requisitos evidenciados na figura 18, e interpretando o fato de que o sensor funciona apenas em sistemas com processadores de arquitetura x86 ou x64, uma das únicas opções de computador viáveis para o projeto é um computador tradicional (desktop), cujo processador seja baseado nas arquiteturas mencionadas, uma vez que grande parte dos computadores e placas de desenvolvimento (como a própria Raspberry Pi utilizada no protótipo anterior) possuem tipicamente processadores baseados em arquitetura do tipo ARM ou AVR.

Além disso, é possível observar que a tabela também faz referência a outros requisitos fora daqueles evidenciados pela arquitetura proposta, como interface USB (para alimentação do sensor e sua comunicação com computador) e sistema operacional, as quais também necessitam ser atendidas pelo protótipo.

Para este protótipo, foi usado um computador desktop, com sistema operacional Windows 7 e processador Intel Atom D2500 x86. O computador possui um disco rígido com capacidade de armazenamento de 500 GB e memória RAM de 2 GB (considerados suficientes para a aplicação). Além disso, a máquina foi alimentada de forma tradicional, sendo ligada diretamente à rede de energia, com tensão de 220 V, através de uma fonte embutida. A comunicação acontece a partir de um *dongle* de rede sem fio, uma vez que o computador em questão não possui placa de rede sem fio. O computador também possui diversas entradas USB, o que atende ao requisito da biblioteca de desenvolvimento e possui também interface para caixas de som do tipo P2.

### 5.1.3 Atuador

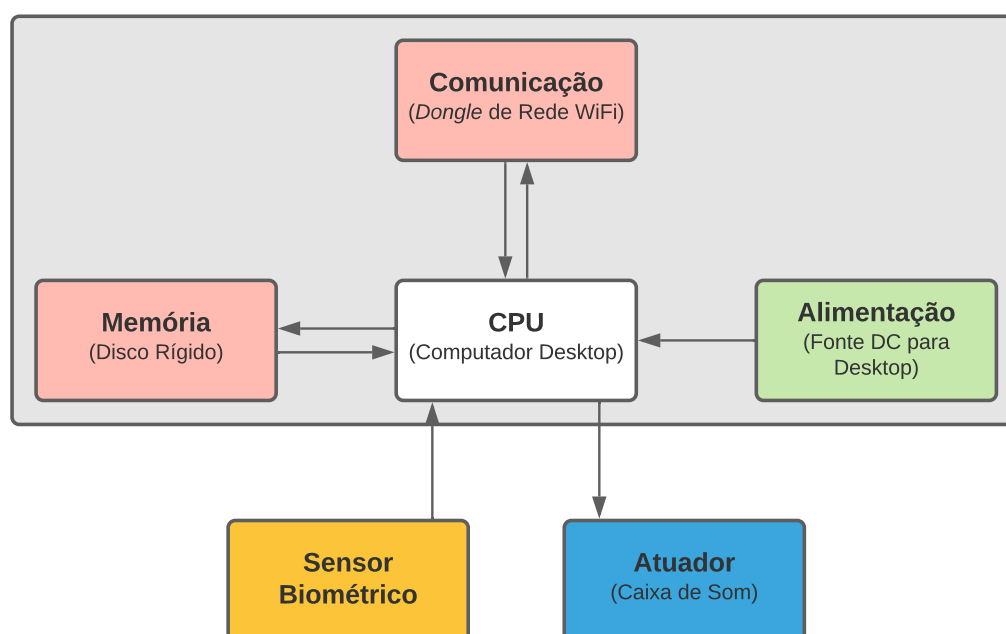
Determinou-se que os atuadores para este protótipo deveriam ser tais que seu sinal fosse de fácil interpretação pelo usuário. Isto ocorre pois foi observado que as indicações visuais implementadas na POC 1 não eram intuitivas o suficiente para os usuários. Além disso, estimou-se que não seriam necessárias tantas indicações de uso quando comparado à POC 1. Por esta razão, escolheu-se uma caixa de som alto falante para emissão de sinais sonoros como indicadores de uso, no lugar dos LEDs usados no protótipo anterior.



## 5.2 SOLUÇÃO FINAL DETERMINADA

Após a determinação dos componentes, obteve-se a seguinte configuração final para o protótipo em questão. Aqui, toda a comunicação, armazenamento e processamento de dados são realizados por um computador do tipo desktop. A aquisição de dados e o cadastramento de usuários são realizados através deste computador, com auxílio do dispositivo de identificação escolhido. Por fim, alertas sonoros, que servem como indicação aos usuários, são emitidos através de uma caixa de som externa, uma vez que o computador em questão não apresenta caixa de som embutida.

Figura 19 – Diagrama de blocos da solução final - Protótipo 2 (POC 2)



Fonte: Diagrama desenhado pelo autor

### 5.2.1 Desenvolvimento do Software

Para o desenvolvimento da aplicação, o fabricante provê, junto com o sensor biométrico, um SDK, facilitando o desenvolvimento. Este extenso SDK é bastante completo e organizado, e inclui todas as ferramentas e documentação necessárias ao desenvolvimento da aplicação.

Assim, após uma análise da documentação, pôde-se perceber que a linguagem base para desenvolvimento da aplicação seria C, uma linguagem considerada de baixo nível computacional, isto é, baixo nível de abstração e maior proximidade de camadas entre aplicação e hardware. Um código de exemplo, com demonstrações de uso de

cada uma das funções pertinentes também foi disponibilizado pela empresa e isto, junto ao manual da biblioteca de autenticação, foi de grande utilidade no processo de desenvolvimento.

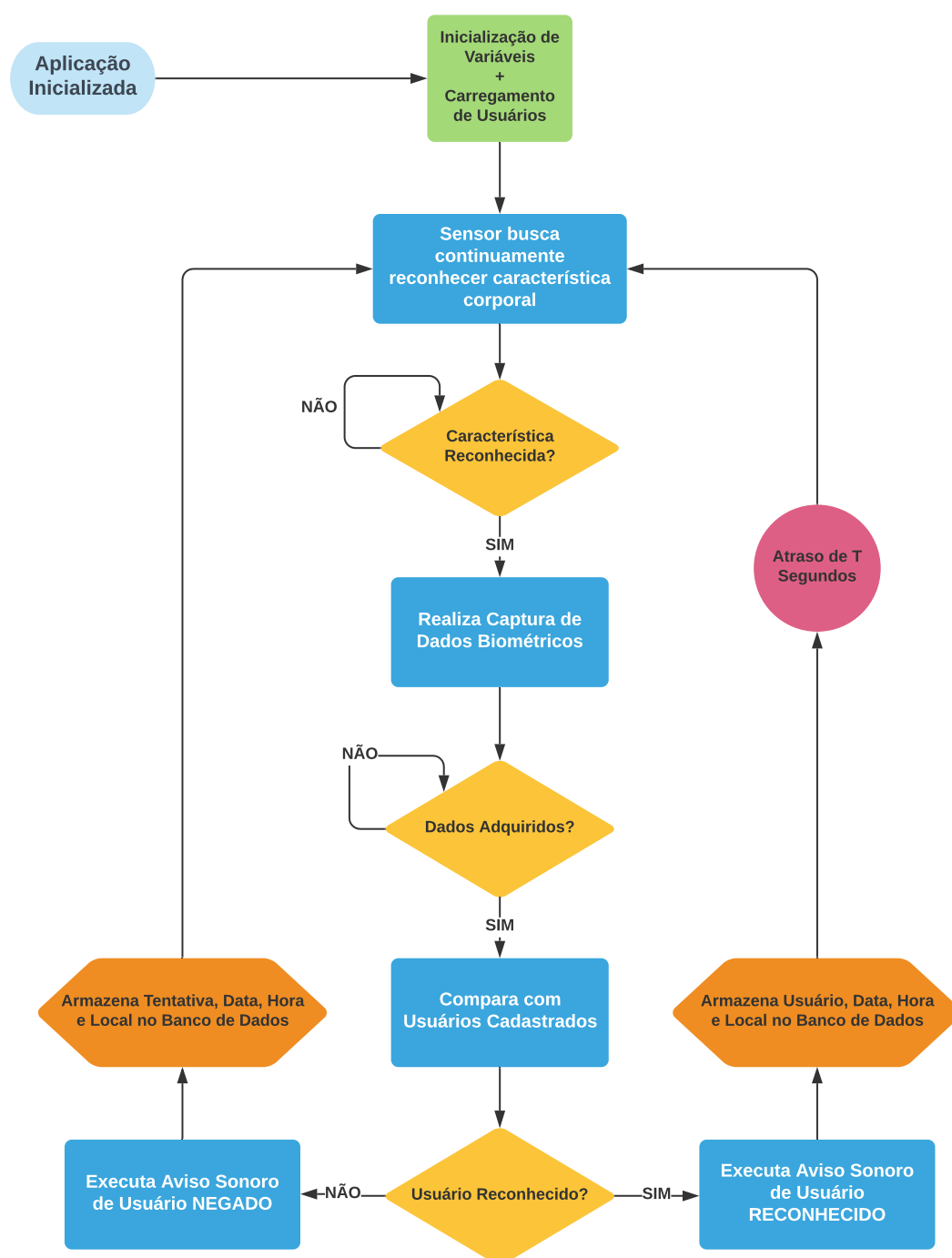
Finalmente, após instalação dos *drivers*, da biblioteca de autenticação e demais ferramentas utilitárias, um estudo da biblioteca de autenticação foi iniciado, de forma a se obter maior domínio do SDK provido pela empresa. Este período de estudo levou cerca de duas semanas.

Assim, com estudo realizado, iniciou-se o desenvolvimento da aplicação, o que levou apenas alguns dias devido ao maior domínio adquirido pelo estudo. Aqui, decidiu-se por uma aplicação o mais simples possível, sem interface gráfica de usuário, que estaria apenas sendo executada indefinidamente no plano de fundo do computador, de forma a acelerar o desenvolvimento o máximo possível.

### 5.2.2 Descrição de Funcionamento

Um fluxograma contendo a lógica de funcionamento da aplicação desenvolvida é mostrado na figura 20.

Figura 20 – Fluxograma da lógica de software - Protótipo 2 (POC 2)



Fonte: Fluxograma desenhado pelo autor

O funcionamento do protótipo se inicia com a inicialização da aplicação. Neste estágio, as variáveis necessárias a seu funcionamento são inicializadas e os usuários pré-registrados são carregados. Ambas as operações são necessárias sempre que o protótipo é reiniciado e sempre que um novo usuário é cadastrado.

Após isso, a aplicação invoca uma função da biblioteca de autenticação responsável por realizar a captura da característica biométrica constantemente, a qual é executada indeterminadamente até que se reconheça a condição necessária.

Uma vez reconhecida a característica biométrica, a aplicação realiza a captura do Registro de Informação Biométrica, do inglês *Biometric Information Register* (BIR), comparando-o com todos os BIR cadastrados (processo denominado identificação  $1 : N$ , no qual 1 dado biométrico é comparado a  $N$  dados biométricos previamente disponibilizados). A função encarregada deste processo avalia a semelhança do BIR com os demais, atribuindo-lhes uma pontuação de grau de similaridade (variando entre 1000 e 10000, com incrementos de 1000), e retornando uma lista com um número  $X$  de possíveis BIR candidatos (definido pelo desenvolvedor, com  $X$  igual a 1 para este caso), em ordem decrescente de grau de similaridade.

Caso o BIR coletado não encontre uma correspondência entre aqueles cadastrados, um aviso sonoro que indica ao usuário que a identificação falhou, esta tentativa é registrada (junto a data, hora e local) em um banco de dados e a aplicação retorna a característica biométrica instantaneamente.

Caso o BIR coletado encontre uma correspondência entre os BIR cadastrados, um aviso sonoro indica ao usuário que a identificação foi bem sucedida. A aplicação então registra esta identificação (junto ao nome de usuário identificado, data, hora e local) em um banco de dados. Em seguida, a aplicação realiza um atraso de  $T$  segundos antes de retornar a buscar uma característica biométrica (nesse caso  $T$  é igual a 2 segundos), uma vez que todo esse processo é muito rápido e se faz necessário evitar múltiplas identificações sucessivas acidentais.

### 5.2.3 Contador de Acionamento

Como pôde-se notar até aqui, o protótipo em questão não considerava em sua arquitetura preliminar um contador de acionamentos, uma vez que não era este o propósito de seu desenvolvimento, mas o estudo de tecnologias de identificação biométrica sem contato. Entretanto, optou-se por manter em funcionamento paralelo o contador de acionamentos do protótipo anterior (POC 1). Esta decisão tornou possível a coleta de mais dados a respeito do uso deste protótipo, propiciando melhor comparação de uso entre ambos os protótipos. Como a solução já estava implantada para a POC 1, essa modificação não possuiu qualquer custo adicional.

#### 5.2.4 Fase de Testes

Uma segunda aplicação, distinta e responsável pela coleta dos BIR de cada usuário também foi desenvolvida. Entretanto, decidiu-se fazer uso da aplicação demonstrativa inclusa no SDK, uma vez que esta não só é capaz de gerar a BIR de um usuário nela cadastrado, como também provê uma interface gráfica que facilita o cadastro dos usuários.

Finalmente, com a aplicação desenvolvida, um processo paralelo de confecção do *case* mecânico do protótipo (figura ??) e coleta de dados biométricos dos colaboradores em regime presencial se iniciou. O *case* para este protótipo, assim como o *case* da Prova de Conceito 1 anterior, foi adaptado a partir de um dos vários *cases* mecânicos disponíveis na empresa, comumente utilizados para outros propósitos. Este *case* permite não só uma melhor proteção do sensor, como também facilita seu acoplamento no totem dispensador de solução sanitizante.

O cadastro dos usuários e coleta dos BIR se deu gradativamente, ao longo uma semana. Assim, com todos os dados biométricos coletados e alocados ao protótipo, aplicações desenvolvidas e funcionais, e *case* montado, procedeu-se à montagem do protótipo no totem dispensador de solução sanitizante, substituindo efetivamente o protótipo anterior (Prova de Conceito 1, POC1). Então, assim como feito para a POC 1, um guia do usuário (Apêndice B) foi encaminhado a todos os colaboradores da empresa, e o protótipo foi efetivamente colocado em operação, dando início à fase de testes no dia 16 de setembro de 2021.

#### COMENTÁRIOS FINAIS

Este capítulo apresentou o desenvolvimento da POC 2, cujo método de identificação é baseado em biometria. Foram apresentados os componentes selecionados com as justificativas de escolha para cada um. A solução final foi implementada e implantada na empresa para fase de testes. Os resultados obtidos serão analisados e discutidos no Capítulo 6, e comparados aos resultados obtidos pela POC 1, cujo desenvolvimento foi mostrado no Capítulo 5 anterior.

## 6 RESULTADOS

Neste capítulo são apresentados os resultados obtidos durante o período de teste por cada protótipo desenvolvido. Em seguida, uma comparação entre o desempenho dos protótipos é feita.

### 6.1 ANÁLISE DE RESULTADOS - PROTÓTIPO 1

Nesta seção são analisados os dados coletados durante o tempo de operação do primeiro protótipo (POC 1). Para estas análises, foram considerados apenas os dados de operação do protótipo pelos usuários. Os dados relativos ao uso do protótipo pelo desenvolvedor foram excluídos da análise por serem consideravelmente desproporcionais aos demais (como por exemplo dezenas de identificações em determinados dias para verificar funcionamento do protótipo).

#### 6.1.1 Dados Gerais

O protótipo esteve em fase de testes entre os dias 15 de julho (data de implantação) e 6 de setembro de 2021, totalizando 38 dias quando descontados feriados e fins de semana (em que não houve uso do protótipo) e dias de manutenção. O totem foi posicionado imediatamente em frente à entrada da empresa, de forma a estar no caminho de todos os colaboradores que entrassem na sede.

Neste período, o protótipo foi utilizado por 21 colaboradores diferentes, totalizando 265 identificações. Devido ao método de identificação, 100% das identificações foram positivas, uma vez o QR Code lido é decodificado pelo protótipo, sem possibilidade de engano. Além disso, foram realizados 684 acionamentos do dispensador de solução sanitizante. Alguns dos dados iniciais podem ser vistos na tabela 1.

Tabela 1 – Dados Preliminares - POC 1

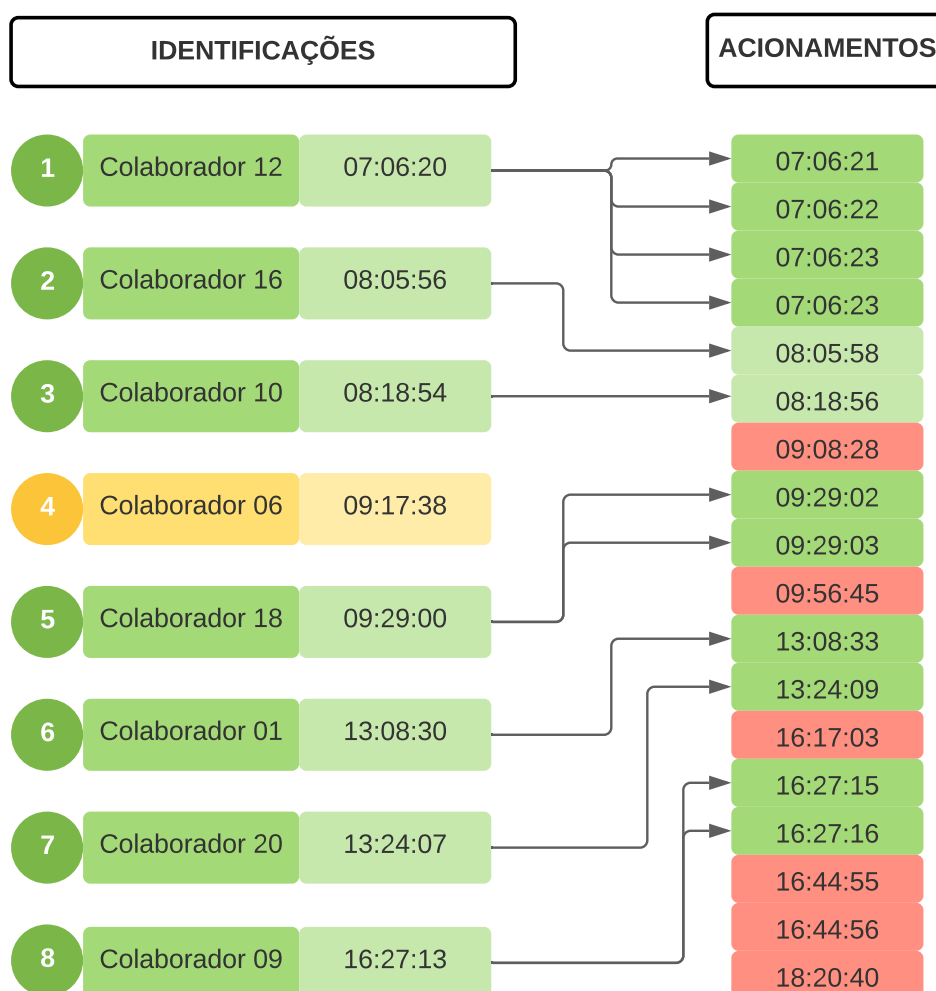
Usuários Únicos	21
Dias em Campo	38
Identificações Únicas	265
Acionamentos do Dispensador	684
Média de Identificações/Dia	6,97
Média de Identificações/Usuário	12,62
Média de Acionamentos/Dia	18

Fonte: Tabela gerada pelo autor

Supondo que cada usuário aciona o pedal do dispensador em média duas vezes a cada identificação (uma vez que o volume de álcool em gel dispensado com apenas um acionamento é insuficiente para higienização adequada das mãos), pode-se concluir que o número de acionamentos registrados é superior ao esperado quando tomado como base o número de identificações. Apesar disso, a média de acionamentos

por dia é inferior ao número esperado (um mínimo de dois acionamentos por usuário por dia, totalizando 1596 acionamentos). Isto pode ocorrer por diversos motivos: usuários não-cadastrados utilizando o totem; usuários cadastrados com baixa adesão ao procedimento de identificação; usuários usando álcool em excesso; ou uma combinação de vários fatores. Alguns destes comportamentos podem ser evidenciados no diagrama de registro diário de uso (figura 21), que apresenta um registro diário de uso de um dia aleatório (dia 03 de agosto de 2021, 13º dia de teste), cujo padrão é perceptível na maioria dos dias do período de testes.

Figura 21 – Registro diário de uso - 03 de agosto de 2021 - POC 1



Fonte: Diagrama gerado pelo autor

No diagrama apresentado, pode-se identificar quais acionamentos foram realizados por quais colaboradores com base nos horários em que foram realizados. Neste dia, 8 usuários se identificaram e 18 acionamentos foram realizados. Observa-se que o colaborador 12, ao iniciar o dia, realizou 4 acionamentos após sua identificação, indi-

cando uso excessivo de sanitizante. Os colaboradores 10 e 16 por sua vez, realizam apenas um acionamento, indicando uso de sanitizante abaixo do esperado. Já os colaboradores 18, 01 e 20 realizam dois acionamentos seguidos às suas identificações, conforme esperado. Além disso, 6 acionamentos (dois terços dos acionamentos do dia) não podem ser atribuídos a nenhum colaborador, indicando a possibilidade de usuários que não se identificam ao utilizar o protótipo, de usuários que o utilizam mas não são cadastrados (impossibilitando identificação), ou os dois. De qualquer maneira, este cenário indica uma baixa adesão do procedimento de identificação. Por fim, o colaborador 06 realizou uma identificação mas não realizou acionamentos, o que é bastante atípico.

Pode-se notar também, ainda na tabela 1, que a média de identificações por dia é muito inferior ao número de usuários cadastrados, e a média de identificações por usuário é muito inferior à quantidade de dias em campo. Isso aponta para uma possível baixa adesão à metodologia de identificação, uma vez que apenas um terço dos usuários cadastrados realizam uma identificação por dia e que os usuários se identificaram muito menos vezes do que o número de dias possíveis para se identificarem.

Entretanto, o comportamento observado através dos dados coletados podem ser justificados por outras razões. Por exemplo, nem todos os colaboradores da empresa trabalham em regime presencial durante toda a semana, reduzindo o número de identificações e acionamentos possíveis realizados por eles. Além disso, alguns dos colaboradores têm seus próprios métodos de higienização, como um recipiente pessoal com sanitizante, reduzindo ainda mais o número de acionamentos e consequentemente de identificações.

Finalmente, vale salientar que o uso de ambos os protótipos foi opcional e em momento algum reforços ou orientações para que os usuários aumentassem o uso foi realizado, uma vez que se considerou que isto traria resultados enviesados, quando se busca fundamentalmente avaliar a adesão dos usuários a um novo procedimento que antes não era realizado.

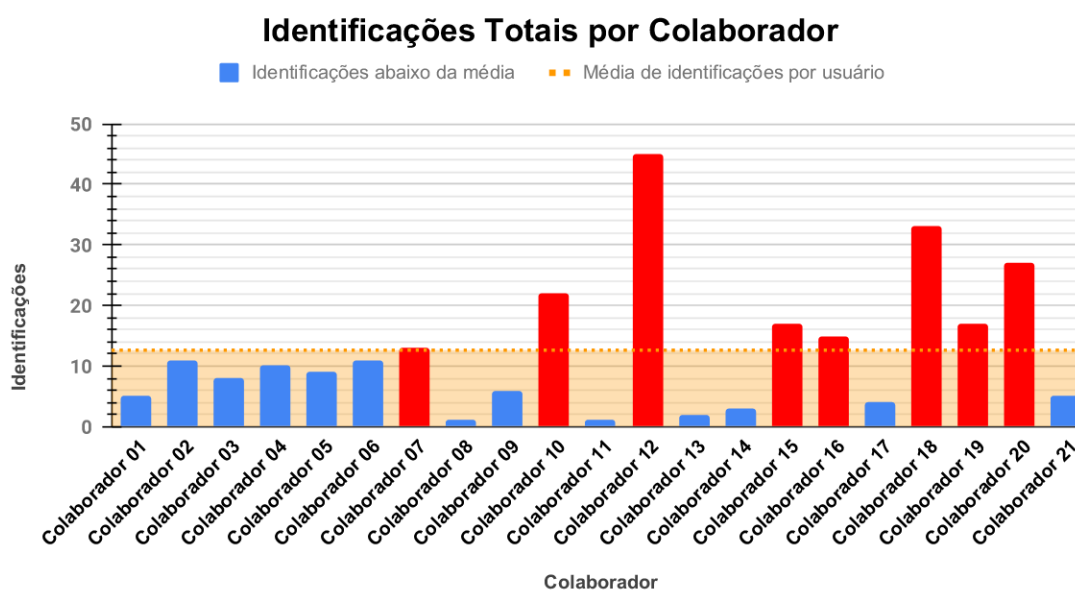
### **6.1.2 Número de Identificações por Usuário**

O protótipo também permite avaliar o número de identificações de cada usuário individualmente, como mostrado na figura 22. Os nomes dos colaboradores foram omitidos por questões de privacidade.

Nota-se que, dos 21 usuários cadastrados que realizaram o uso do protótipo, apenas 8 (identificados no gráfico em vermelho) o fizeram uma quantidade acima da média. Destes, apenas o colaborador 18 esteve diretamente envolvido com o desenvolvimento, o qual trabalha em um regime misto, trabalhando presencialmente no máximo 2 dias da semana, evidenciando sua altíssima adesão ao uso do protótipo e possível viés. Os demais usuários acima da média trabalham em regime presencial entre 4 e 5



Figura 22 – N° de Identificações por Usuário - POC 1



Fonte: Gráfico gerado pelo autor

dias por semana.

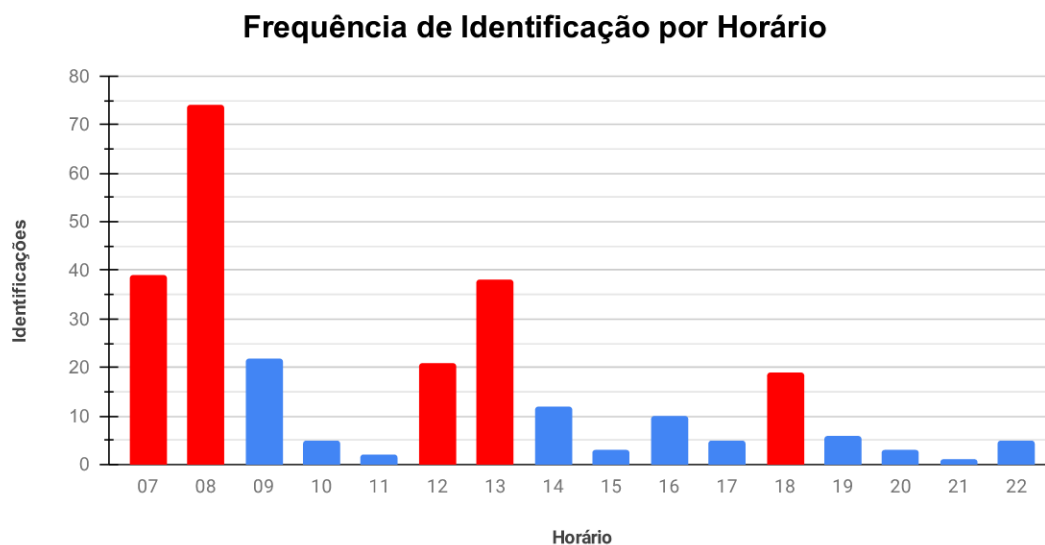
Quando questionados sobre o número elevado de identificações realizados por eles, as motivações mais comuns foram: vontade de contribuir para o desenvolvimento da tecnologia e força do hábito. Isto faz sentido uma vez que não houve obrigatoriedade no uso do protótipo. Acredita-se que em um cenário cujo procedimento de higienização das mãos é parte integral e necessária do trabalho e a tecnologia é utilizada para fiscalização (contrário a apenas uma observação passiva), os números seriam bastante diferentes.

### 6.1.3 Frequência de Identificação/Acionamento por Horário

Outra informação coletada foi a de frequência de identificação por horário. Como pode ser visto na figura 23, a tendência de uso do protótipo é muito mais elevada durante as primeiras horas do horário comercial, seguidas do horário de almoço e do fim do horário comercial. Este comportamento é esperado uma vez que é nesses momentos (início de expediente, saída e retorno do almoço e fim de expediente) que a maior parte dos colaboradores passa pelo protótipo, posicionado na entrada da empresa.

Este comportamento é bastante similar à frequência de acionamento do dispensador, como mostra a figura 24, reforçando esta ideia. Entretanto, como se pode notar, a frequência de acionamento se mantém muito mais regular fora dos horários de pico

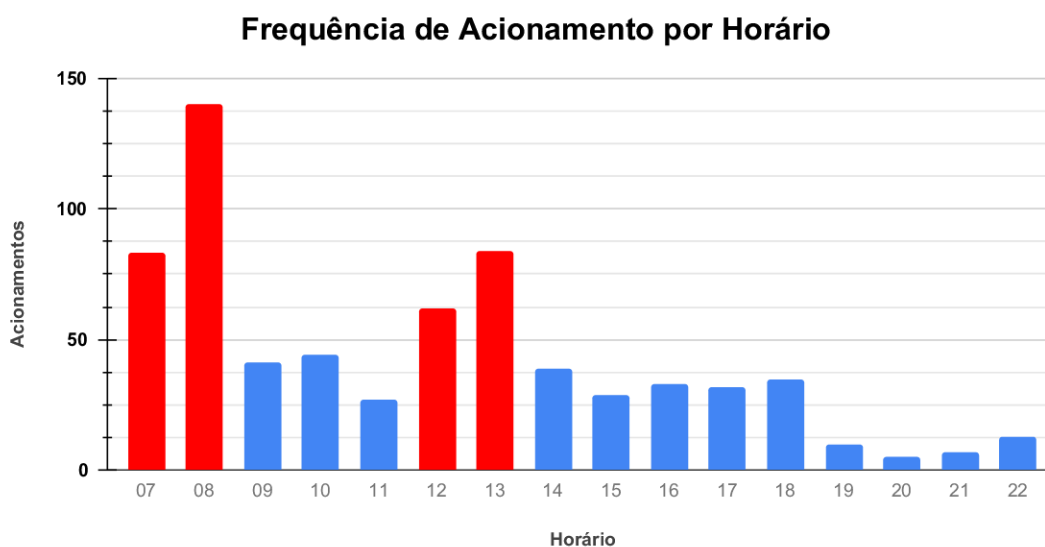
Figura 23 – Frequência de Identificação por Horário - POC 1



Fonte: Gráfico gerado pelo autor

do que o observado para a frequência de identificação, que reduz drasticamente. Isto indica que os usuários estão mais propensos a realizar o procedimento de identificação em momentos específicos, como início e fim dos turnos de trabalho, do que de forma distribuída ao longo do dia.

Figura 24 – Frequência de Acionamento por Horário - POC 1



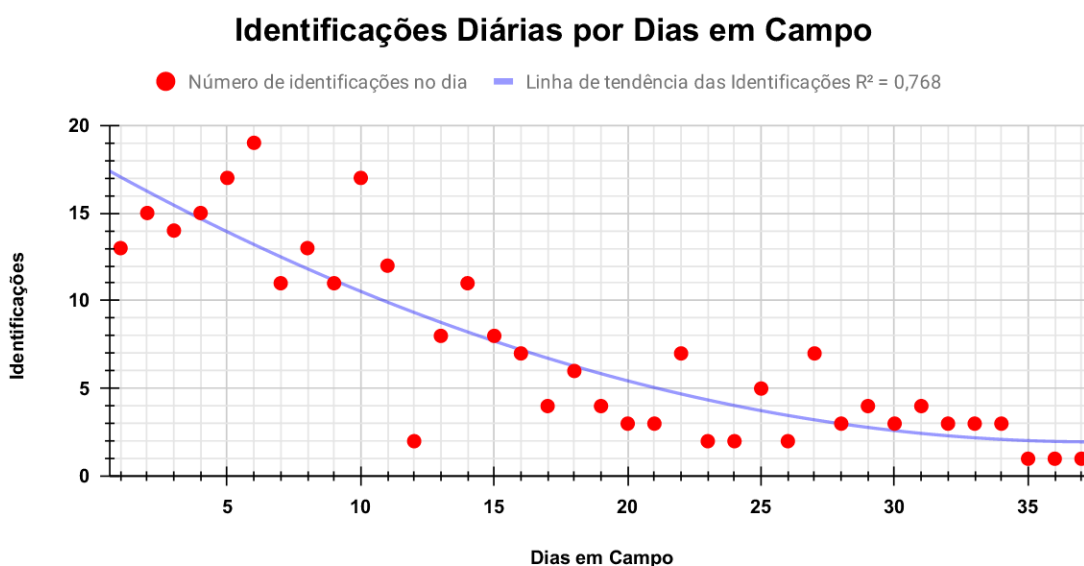
Fonte: Gráfico gerado pelo autor

### 6.1.4 Identificações/Acionamentos Diários por Tempo em Campo

De todos os dados coletados, estes são, talvez, os que mais claramente mostram a adesão dos usuários ao uso do protótipo. Como pode-se perceber na figura 25, que apresenta o número de identificações diárias para cada dia em campo, existe uma clara tendência. O número de identificações foi elevado durante os primeiros 10 dias do protótipo em campo e então diminuiu gradativamente, atingindo números muito baixos. Uma linha de tendência evidencia esta queda em seu uso.

Este comportamento pode ser atribuído a um viés de novidade, em que os usuários se interessaram pelo novo dispositivo, fazendo elevado uso, e perdendo o interesse depois de um curto espaço de tempo. Outro fator a se levar em conta é a ausência de reforço de uso aos colaboradores. Ao se observar quais usuários ainda realizavam o procedimento de identificação após o 15º dia em campo (cerca de três semanas após implantação do protótipo), notou-se que estes eram os mesmos 8 usuários mencionados na seção 6.1.2 (cujos totais de acionamentos ultrapassam a média), com exceção de esporádicas identificações por outros usuários.

Figura 25 – Identificações Diárias por Dias em Campo - POC 1

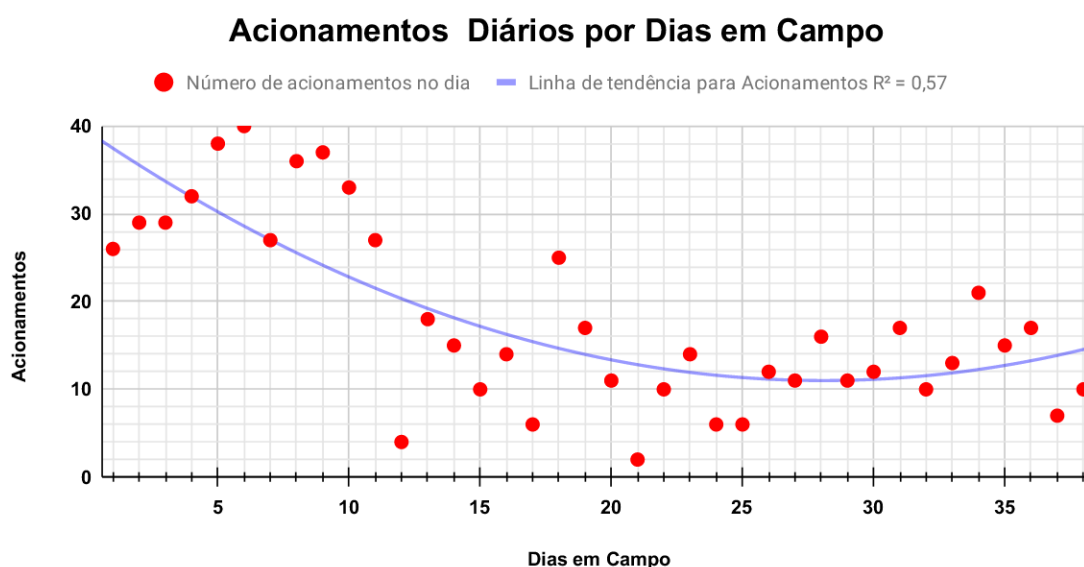


Fonte: Gráfico gerado pelo autor

Este mesmo comportamento pode ser percebido quando é analisado o número de acionamentos diários por tempo de campo, na figura 26, cuja linha de tendência demonstra decrescente uso do dispensador.

Novamente, assim como corre para as identificações, há elevado número de acionamentos, que decresce rapidamente após poucos dias, levando à conclusão de que o uso acentuado do dispensador antes desse período é atípico. Novamente, ao se

Figura 26 – Acionamentos Diários por Tempo de Campo - POC 1



Fonte: Gráfico gerado pelo autor

considerar um cenário cujo procedimento de higienização das mãos é fundamental e no qual é realizada uma ação de fiscalização recorrente (ao invés de conscientização passiva), os números seriam positivamente diferentes.

Finalmente, nota-se que após o 15º dia em campo o número de acionamentos mantém certa regularidade, enquanto o número de identificações decresce lentamente, bem como evidenciado na seção 6.1.3. Isso reforça a ideia de que apesar da decrescente adesão ao procedimento de identificação, a adesão à higienização se mantém. Isto indica que o método de identificação adotado não é eficiente no que tange à disposição dos usuários a realizá-lo.

## 6.2 ANÁLISE DE RESULTADOS - PROTÓTIPO 2

Nesta seção serão analisados os dados coletados durante o tempo de operação do segundo protótipo (POC 2). Assim como na POC 1, os dados de uso relativos ao desenvolvedor foram excluídos da análise, pelos mesmos motivos.

### 6.2.1 Dados Gerais

O segundo protótipo ainda se encontra operante em campo. Os dados apresentados aqui estão compreendidos entre os dias 16 de setembro (data de implantação) e 31 de outubro de 2021 (data do acesso mais recente), totalizando 29 dias em campo quando descontados feriados e fins de semana (em que não houve uso do protótipo) e dias de manutenção. O totem permaneceu posicionado imediatamente em frente à entrada da empresa, de forma a estar no caminho de todos os colaboradores que entrassem na sede.

Como pode ser visto na tabela 2, neste período o protótipo foi utilizado por 23 colaboradores diferentes, totalizando 428 identificações distintas, das quais 315 foram bem sucedidas (e 113 foram negadas). Isto indica uma FRR de 26,4%, muito acima do esperado. Este comportamento é justificado pelo mau uso do sensor biométrico, uma vez que os usuários tiveram uma curva de aprendizado sobre a melhor forma de operação junto ao sensor. A FAR para o tempo de uso observado foi de 0%, uma vez que se sabe que nenhum usuário não cadastrado tentou utilizar o sistema. Além disso, foram realizados 775 acionamentos do dispensador de solução sanitizante.

Tabela 2 – Dados Preliminares do Protótipo 2

Usuários Únicos	23
Dias em Campo	29
Identificações Únicas	428
Identificações Bem Sucedidas	315
Identificações Negadas	113
Acionamentos do Dispensador	775
Média de Identificações/Dia	14,76
Média de Identificações/Usuário	17,83
Média de Acionamentos/Dia	26,72

Fonte: Tabela gerada pelo autor

Se a mesma suposição feita na seção 6.1.1 em relação ao número de acionamentos do pedal se mantiver, ou seja, dois acionamentos por identificação, o número de acionamentos continua acima do esperado. As razões para isso continuam sendo, possivelmente, as mesmas especuladas na seção mencionada.

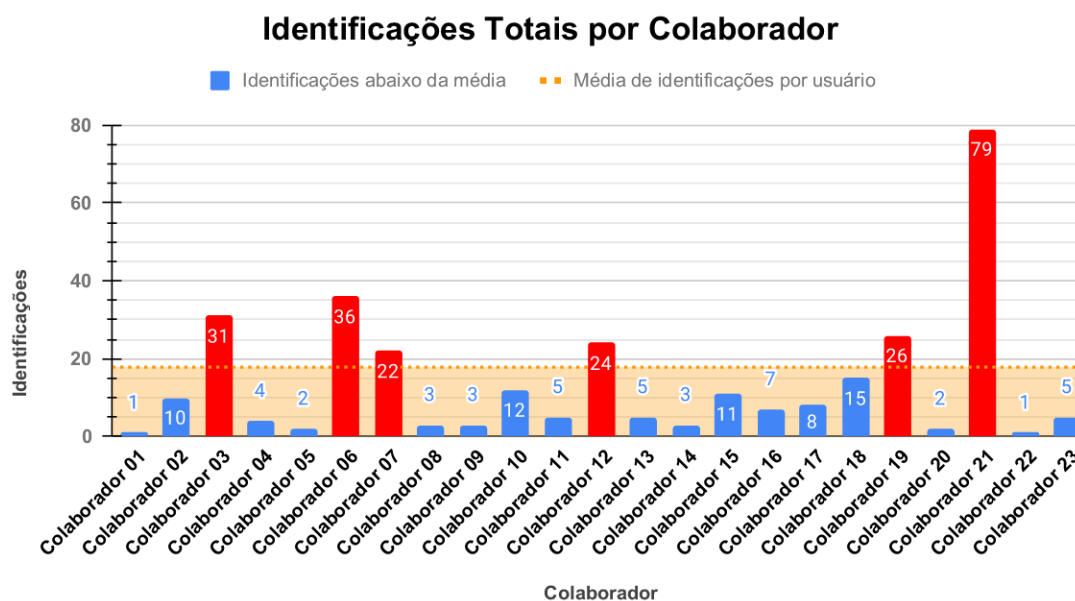
Nota-se aqui que a média de identificações por dia, apesar de ainda inferior ao número de usuários cadastrados, também se encontra mais elevada. Isto pode mostrar indícios de maior adesão do procedimento de identificação por parte dos

usuários, uma vez que mais identificações foram realizadas por dia e por usuário do que foram realizadas para as mesmas categorias para a POC 1. Entretanto, deve-se levar em conta que, diferentemente do que ocorre para a POC 1, as identificações negadas registradas pela POC 2 também são consideradas para os cálculos de média (já que não houve identificações negadas para a POC 1). Ainda assim, quando são descontadas as identificações negadas, tem-se que as médias de identificação por dia e por usuário são, respectivamente, 10,86 e 13,125, ainda superiores aos valores para as mesmas categorias da POC 1, porém com 9 dias em campo a menos. Esta análise indica que houve maior adesão ao segundo protótipo do que ao primeiro.

### 6.2.2 Número de Identificações por Usuário

O protótipo também permite avaliar o número de identificações de cada usuário individualmente, como mostrado na figura 27. Novamente, os nomes dos colaboradores foram omitidos por questões de privacidade.

Figura 27 – N° de Identificações por Usuário - POC 2



Fonte: Acervo pessoal do autor

Nota-se que, dos 23 usuários cadastrados que realizaram o uso do protótipo, apenas 6 (identificados no gráfico em vermelho) o fizeram uma quantidade acima da média, apesar do número maior de usuários ativos em comparação à POC 1. Entretanto, pode-se considerar que este resultado está dentro do esperado quando comparado à POC 1, uma vez que a média de identificações por usuário também aumentou.

Neste caso, o único colaborador diretamente envolvido no desenvolvimento do protótipo foi o colaborador 19, indicando possível viés de uso. Entretanto, os demais são funcionários de diversas áreas da empresa, com distintos cronogramas de trabalho, indicando que a adesão ocorreu independentemente da função ou ambiente de trabalho.

O colaborador 21, entretanto, realizou um número altamente desproporcional de identificações quando comparado aos demais. Quando questionado sobre o fato, alegou que seu uso do protótipo é sistemático, fazendo a identificação e higienização praticamente sempre que está próximo, sem nenhuma outra motivação se não pelo hábito. Apesar de ser um dado muito distinto, ele pode indicar o que poderia ser esperado para casos de uso em que o procedimento de identificação fosse obrigatório.

### **6.2.3 Frequência de Identificação/Acionamento por Horário**

Como pode ser visto na figura 28, a mesma tendência de uso do protótipo em horários específicos encontrada na análise dos resultados da POC 1 também é encontrada aqui. Nota-se que os horários de uso acentuado (em vermelho no gráfico) são os de chegada na empresa, saída para e retorno do almoço e fim de expediente.

Entretanto, pode-se notar que, diferente da POC 1, a frequência de identificação fora do horário de pico, mesmo que reduzida, mantém regularidade. Isto pode indicar que, de modo diferente do que ocorre no método de identificação por QR Code, o procedimento com identificação biométrica apresenta menos obstáculos ao usuário, facilitando e propiciando seu uso.

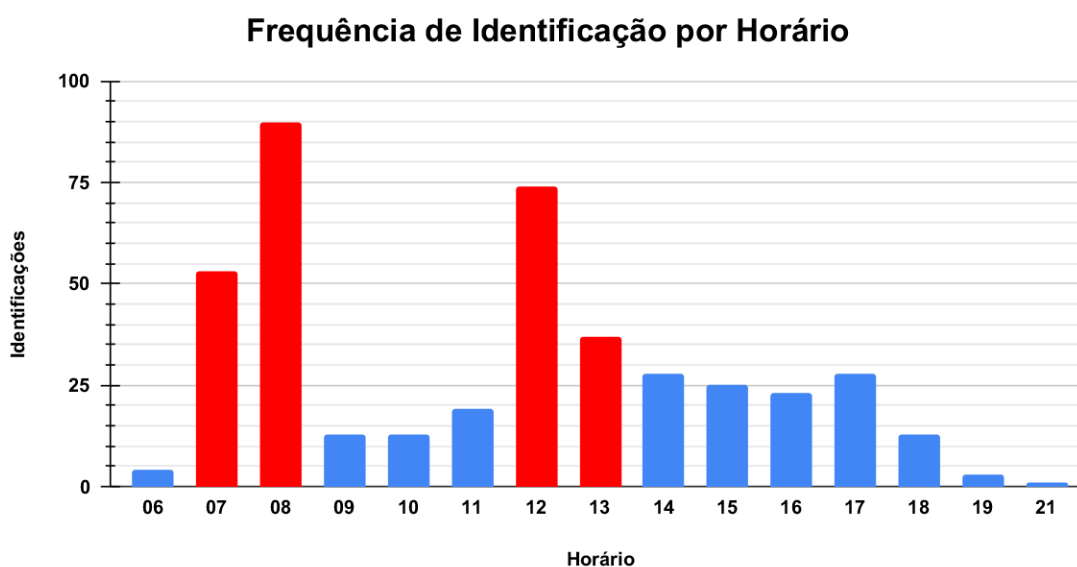
De forma análoga, a mesma tendência de picos de horário de uso é observada quando é levada em conta a frequência de acionamentos do dispensador por horário, conforme mostra a figura 29. Novamente, a mesma regularidade entre horários de pico de acionamento pode ser observada, ainda que reduzida, indicando relativa boa adesão ao procedimento de higienização das mãos.

### **6.2.4 Identificações/Acionamentos Diários por Tempo em Campo**

Para este protótipo, não só identificações bem sucedidas são contabilizadas como também aquelas que foram negadas. Aqui pode-se perceber não apenas a adesão ao procedimento de identificação biométrica, como também a familiaridade dos usuários com o procedimento ao longo do tempo. Como pode-se observar na figura 30, o número de identificações negadas é, geralmente, proporcional ao número de identificações bem sucedidas. Isto acontece pois é esperado que quanto mais os usuários tentam se identificar, maior o número absoluto de identificações bem sucedidas, porém maior também o número de identificações negadas.

Diferente do fenômeno ocorrido para a POC 1, o viés de novidade parece ter se aplicado por pouco tempo (ou nem mesmo se aplicado), uma vez que a houve maior

Figura 28 – Frequência de Identificação por Horário - POC 2



Fonte: Gráfico gerado pelo autor

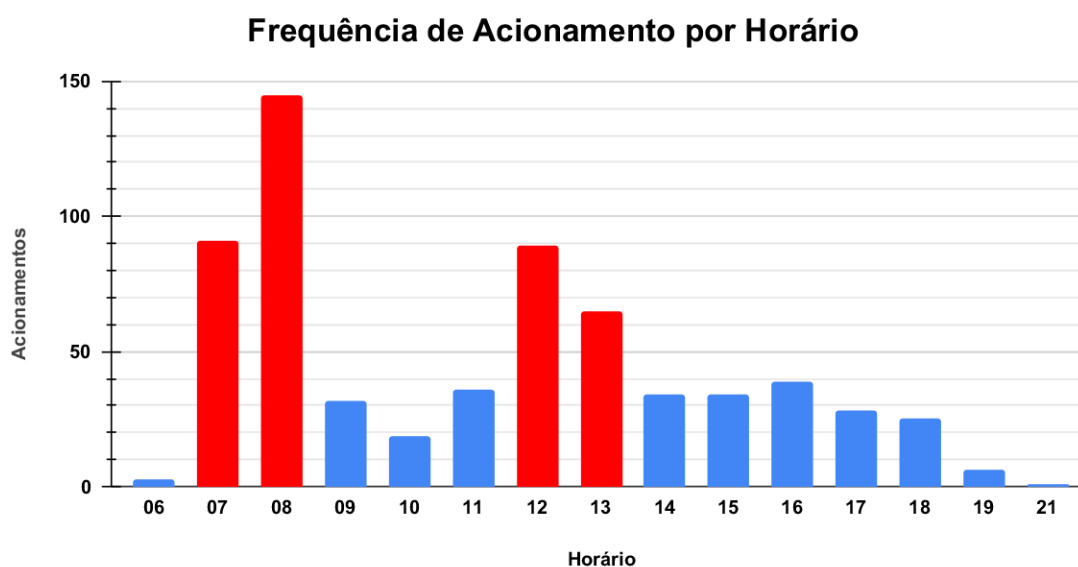
regularidade do uso do protótipo. Pode-se observar, por meio das linhas de tendência traçadas, que, enquanto a tendência de identificações bem sucedidas cresce ao longo do tempo, a tendência de identificações negadas decresce. Isto ocorre pois quanto mais os usuários fazem uso do protótipo, mais se acostumam com minúcias do método de identificação, aumentando a eficiência do procedimento e reduzindo a quantidade de tentativas necessárias para uma identificação bem sucedida. Assim, uma vez que a dificuldade de realizar o procedimento reduz, a adesão dos usuários a este aumenta. É importante salientar que nenhum reforço ou treinamento presencial foi dado aos usuários. Logo, pode-se assumir que com treinamento adequado no uso da tecnologia, a adesão pode ser maior desde o início, possivelmente viabilizando esta solução.

Quanto ao número de acionamentos diários do dispensador (figura 31), a POC 2 se comportou de maneira muito distinta quando comparado à POC 1. Não só foi superior o número de acionamentos como um todo para um período de tempo consideravelmente menor (9 dias em campo a menos do que o protótipo anterior), como também a tendência se manteve crescente, indicando uso cada vez maior do dispensador.

Apesar deste elevado número poder ser explicado por diversos pontos, como mencionado na seção 6.1.1, quando analisados junto à tendência de crescimento do número de identificações diárias, é seguro assumir que este comportamento se deve a uma maior adesão dos usuários ao uso do protótipo.



Figura 29 – Frequência de Acionamento por Horário - POC 2



Fonte: Gráfico gerado pelo autor

### 6.3 ANÁLISE COMBINADA DE RESULTADOS

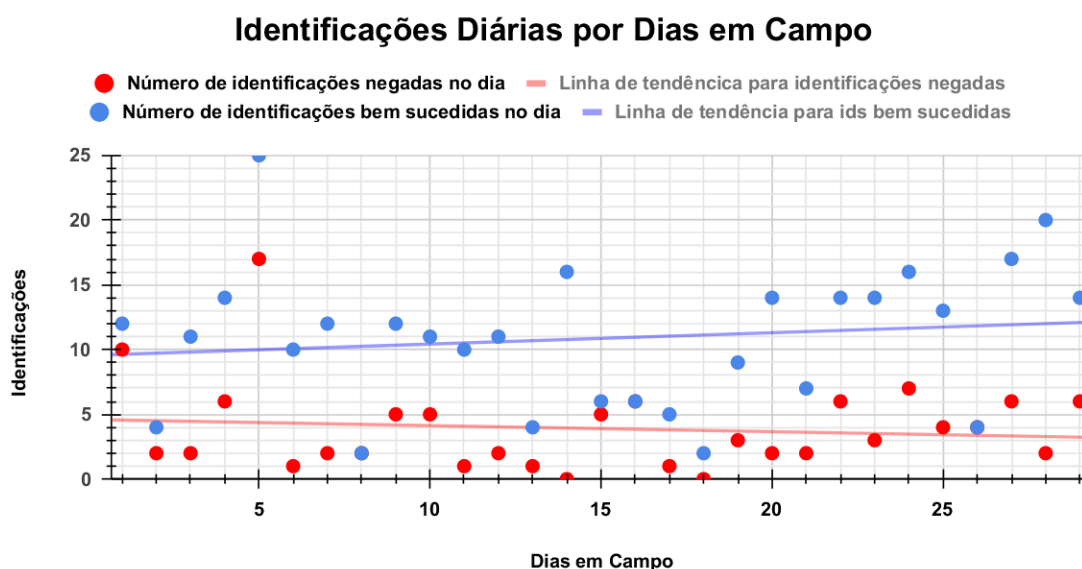
Nesta seção são analisados e comparados os dados coletados por ambos os protótipos, POC 1 e POC 2, como forma de avaliar usabilidade dos protótipos, bem como adesão dos usuários a cada um deles.

Enquanto a POC 1 teve em seu período de uso (38 dias) um total de 21 usuários distintos, a POC 2 teve em seu período de uso (29 dias) um total de 23 usuários distintos. Apesar de quase 30% de dias em campo a menos, não só o número de identificações na POC 2 (bem sucedidas, 315) como de acionamentos do dispensador (775 acionamentos) foram bastante superiores aos da POC 1 (265 e 684, respectivamente).

Esses dados apontam para uma maior adesão do método de identificação baseado em biometria do que aquele baseado em QR Code. Isso pode ser explicado por diversos fatores. Enquanto a tecnologia baseada em QR Code requer um objeto adicional para uso, a tecnologia de biometria está intrinsecamente sempre acessível. No que tange à POC 1, muitos usuários relataram que deixavam de se identificar devido à dificuldade de posicionar o QR Code ou mesmo preguiça de pegar um objeto adicional para tal.

O tempo de leitura foi outro fator impactante na adesão dos usuários às tecnologias empregadas. Enquanto a POC 1 requeria vários segundos (entre 5 e 10 segundos) para identificação, a POC 2 consegue fazê-lo no máximo em 3 segundos (em um computador suficientemente rápido, a identificação seria praticamente instantânea). Novamente, no que tange à usabilidade da POC 1, muitos usuários também

Figura 30 – Identificações Diárias por Dias em Campo - POC 2



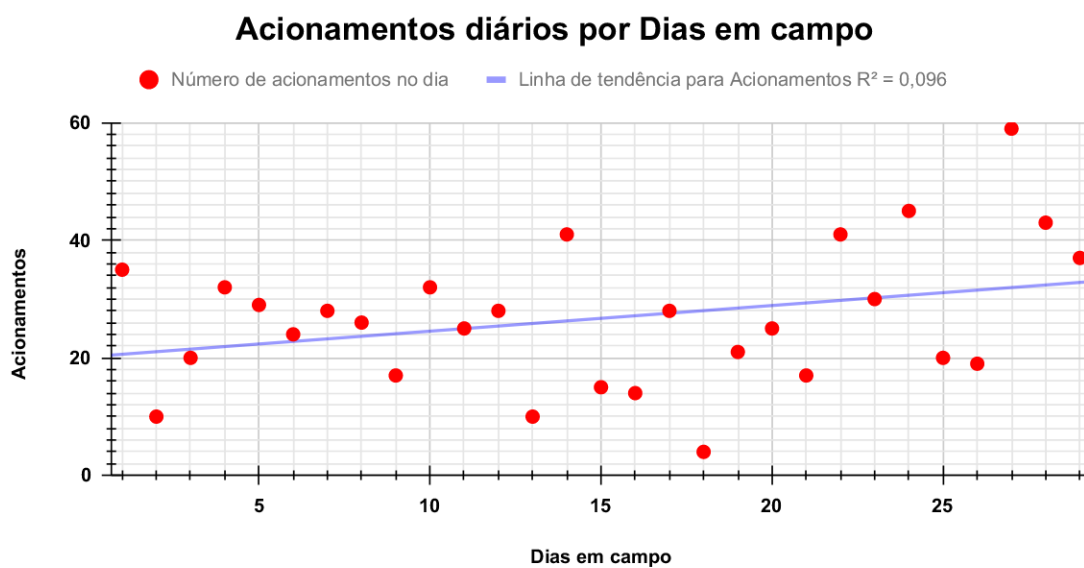
Fonte: Gráfico gerado pelo autor

relataram que o tempo prolongado de identificação causa desmotivação do uso, uma vez que ele se torna irritante ou maçante. Estes aborrecimentos provocaram uma redução da adesão da POC 1 pelos usuários.

## COMENTÁRIOS FINAIS

Este capítulo apresentou os resultados individuais obtidos pelas POCs 1 e 2, bem como uma comparação entre eles. As informações obtidas por estas análises permitiu uma percepção aprofundada das soluções e são sumarizadas no Capítulo 7 a seguir.

Figura 31 – Acionamentos Diários por Dias em Campo - POC 2



Fonte: Gráfico gerado pelo autor

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste capítulo são apresentadas as conclusões possibilitadas pelo estudo de resultados do protótipo. Também são discutidas perspectivas futuras, lições aprendidas e possíveis melhorias nos protótipos, quando cabível.

### 7.1 CONCLUSÕES

Neste trabalho, foram discutidas as principais motivações para o desenvolvimento de um sistema de identificação para o controle da higienização das mãos em ambientes hospitalares. A partir deste cenário, foram propostos e desenvolvidos dois protótipos, com os objetivos de coletar dados relativos ao uso dos dispensadores de soluções sanitizantes, como forma de promover o incentivo às boas práticas de higienização das mãos pelos trabalhadores da área de saúde.

A partir da análise dos resultados obtidos pode-se admitir que os objetivos propostos por este trabalho foram cumpridos. Embora contextualmente diferente (ambiente não-hospitalar e conscientização ao invés de fiscalização), a adesão dos colaboradores da empresa às metodologias estudadas pôde ser fiscalizada e os dados necessários para tomadas de decisão futuras puderam ser coletados.

Os dados coletados mostram que a criação deste produto é viável do ponto de vista tecnológico, uma vez que as reclamações dos usuários consistiam majoritariamente sobre a usabilidade dos protótipos e não sobre quaisquer aspectos técnicos. O desenvolvimento não encontrou gargalos, evidenciando que o foco da criação do produto não se trata de uma questão técnica, mas sim de uma cuidadosa seleção dos componentes e tecnologias que o compõem e da integração entre eles.

Foi demonstrado, ainda, que a adesão ao protótipo baseado em identificação biométrica foi consideravelmente superior àquela obtida com o protótipo baseado em QR Code, devido a seu tempo reduzido de identificação e facilidade de uso (isentando uso de objeto adicional). Desta forma, pode-se concluir que este aspecto é fundamental ao desenvolvimento de uma boa solução, que possa ser oferecida ao mercado, uma vez que o procedimento de higienização das mãos é realizado dezenas de vezes por dia pelos profissionais de saúde.

## 7.2 LIÇÕES APRENDIDAS

Durante todo o processo de desenvolvimento das provas de conceitos, diversas notas foram tomadas em cada etapa, de forma a evidenciar possíveis falhas, pontos de melhoria ou apenas observações que possam contribuir para melhorias do protótipo em versões futuras. Elas são enumeradas a seguir.

1. **Alternativa ao QR Code:** embora o QR Code seja uma opção de baixíssimo custo, foi observada uma baixa adesão dos colaboradores da empresa a esta alternativa. Isto ocorre por diversos fatores. Entre os principais, está a dificuldade de alocação dos adesivos em locais de rápido e fácil acesso, para que não fossem geradas dificuldades adicionais no processo de identificação. Além disso, foi observado que o tempo de resposta da POC 1 para leitura do código é alto, tornando o processo de identificação lento e, portanto, oneroso ao colaborador (vale lembrar que idealmente todo o processo de identificação não deve levar mais do que 1 ou 2 segundos). Este problema é, possivelmente, causado por limitações da CPU, assim, uma possível solução é substituí-la por uma com maior capacidade de processamento. Outras possíveis soluções para este problema podem ser a utilização de outras tecnologias de identificação sem contato, que sejam mais rápidas e robustas, como o emprego de *tags* de RFID, ou uso de leitores de código de barras a laser, que tendem a ser muito mais rápidos em termos de identificação de código quando comparados às câmeras.
2. **Sensor de Proximidade e Ciclo de Câmera:** durante o desenvolvimento de hardware da POC 1, grande parte do esforço foi direcionado para otimizar a capacidade do sensor de proximidade de detectar apenas uma pequena área à sua frente, impedindo que este fosse acionado em momentos não desejados. Este sensor é utilizado para o acionamento da câmera que captura o QR Code. Entretanto, foi observado após a montagem que poderia não haver a necessidade da presença do sensor de proximidade. Nesta configuração, a câmera estaria sempre ligada (posicionada em ângulo não invasivo para os colaboradores) esperando a captura dos códigos, eliminando a necessidade de um sensor e, possivelmente, prolongando a vida útil da câmera, uma vez que o ciclo liga-desliga da câmera pode ser mais oneroso ao hardware do que mantê-la constantemente ligada.
3. **Reforço de Cobrança:** embora tenha sido parte da proposta inicial da fase de testes orientar os colaboradores quanto ao uso do protótipo apenas uma vez (para avaliar a facilidade de uso do produto e adesão dos colaboradores), pôde-se observar, conforme mencionado previamente, constante queda na adesão dos colaboradores ao uso da POC 1. Por esta razão, tomou-se como nota a possi-

bilidade de criar um lembrete semanal aos colaboradores sobre a importância do uso do protótipo. Esta ação pode ser comparada, por exemplo, às possíveis medidas que as CCIHs dos hospitais podem tomar como auxílio no combate às infecções hospitalares.

4. **Indicações Visuais Aprimoradas:** uma das mais frequentes queixas dos colaboradores para ambos os protótipos foi a ausência de uma tela com indicações visuais mais pertinentes, como um pequeno display que mostrasse o posicionamento do QR Code capturado pela câmera (no caso da POC 1), ou que mostrasse a forma de leitura (no caso da POC 2), a fim de reduzir ou até mesmo eliminar dificuldades de posicionamento. Adicionalmente, esta tela poderia ser utilizada para outros propósitos, como mostrar ao usuário dados gerais sobre seu histórico de uso do protótipo, entre outros, estimulando ainda mais seu uso.
5. **Contador de Acionamentos:** o número de acionamentos também pode fornecer informações úteis quanto à quantidade de sanitizante disponível em um dispensador, ao se medir o volume de sanitizante dispensado por acionamento e dividir a capacidade do dispensador por este volume, provendo um número médio de acionamentos possíveis antes de recarregar o dispensador. Isto pode abrir espaço para novas funcionalidades, como o alerta de recarga do dispensador baseado no número de acionamentos.

### 7.3 PERSPECTIVAS FUTURAS

Apesar de finalizados, ambos os protótipos ainda demonstram muito espaço para melhorias. Conforme mencionado na seção anterior, muitas lições foram aprendidas e para cada uma existem diversas soluções a serem testadas e aplicadas a fim de aproximar os protótipos a uma solução final, madura e viável para o mercado.

Além disso, uma terceira linha de protótipos começa a ser desenvolvida para estudo em campo, dentro de hospitais parceiros. Esse protótipo será construído com base nos aprendizados viabilizados pelas POCs 1 e 2 e servirá para dar mais um passo em direção ao desenvolvimento de uma solução robusta e madura. Denominado POC 3, este novo protótipo deverá ser baseado em identificação por meio de RFID, ser acoplado em dispensadores tradicionais de parede (ao invés de dispensadores do tipo totem) e possuir uma plataforma muito mais robusta no que tange à apresentação dos dados coletados. Uma vez operando em um ambiente hospitalar, com cerca de 80 funcionários, espera-se um volume de dados muito maior do que o volume coletado dentro da empresa, propiciando o desenvolvimento e a otimização da solução.

Além disso, outros hospitais têm demonstrado interesse nas soluções de fiscalização do procedimento de higienização propostas pela empresa, mostrando o potencial da solução como produto.

#### 7.4 RELAÇÃO COM O CURSO

Este trabalho foi desenvolvido durante a disciplina de Projeto de Fim de Curso do curso de Engenharia de Controle e Automação da Universidade Federal de Santa Catarina. O projeto realizado possui aspectos como automação, integração de sistemas, instrumentação, entre outros. Ele foi possibilitado através do conhecimento adquirido ao longo dos anos de graduação, por diversas das disciplinas ofertadas. Entre elas destacam-se: Fundamentos da Estrutura da Informação; Arquitetura e Programação de Sistemas Microcontrolados; Redes de Computadores para Automação; Avaliação de Desempenho de Sistemas de Automação Discretas; Instrumentação em Controle e Integração de Sistemas Corporativos.

## REFERÊNCIAS

ANVISA. **Programa Nacional de Prevenção e Controle de Infecções Relacionadas à Assistência da Saúde (PNPCIRAS), 2021 a 2025**. 2. ed. Brasília: [s.n.], 2021.

Disponível em: [https://www.gov.br/anvisa/pt-br/centraisdeconteudo/publicacoes/servicosdesaude/publicacoes/pnpciras\\_2021\\_2025.pdf](https://www.gov.br/anvisa/pt-br/centraisdeconteudo/publicacoes/servicosdesaude/publicacoes/pnpciras_2021_2025.pdf). Acesso em: 5 mar. 2021.

BENITO, Emilio de. **Os antibióticos perdem a eficácia no mundo todo**. 2014.

Disponível em: [https://brasil.elpais.com/brasil/2014/04/30/sociedad/1398861333\\_720398.html](https://brasil.elpais.com/brasil/2014/04/30/sociedad/1398861333_720398.html). Acesso em: 18 out. 2021.

BRASIL. Lei nº 9.431, de 6 de janeiro de 1997. Brasília, DF, 6 jan. 1997. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/19431.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19431.htm).

BUTCHER, Isabel. **Florianópolis usa QR Code em ônibus para rastrear contatos de doentes com Covid-19**. Mobile Time. 2020. Disponível em:

<https://www.mobiletime.com.br/noticias/26/06/2020/smart-tracking-solucao-usa-qr-code-para-rastreamento-de-contados-de-covid-19/>. Acesso em: 6 nov. 2021.

FILIFELOP. **Câmera Compatível com Raspberry Pi 5MP**. 2021a. Disponível em:

<https://www.filieflop.com/produto/camera-compativel-raspberry-pi-5mp/>. Acesso em: 10 nov. 2021.

FILIFELOP. **Chave Fim de Curso com Roleta 5A 250V**. 2021b. Disponível em:

<https://www.filieflop.com/produto/chave-fim-de-curso-com-rolete-5a-250v/>. Acesso em: 11 out. 2021.

FILIFELOP. **Reed Switch Chave Magnética**. 2021c. Disponível em:

<https://www.filieflop.com/produto/reed-switch-chave-magnetica/>. Acesso em: 11 out. 2021.

FILIFELOP. **Sensor de Movimento Presença PIR**. 2021d. Disponível em:

<https://www.filieflop.com/produto/sensor-de-movimento-presenca-pir/>. Acesso em: 10 nov. 2021.



FILIFEFLOP. **Sensor de Presença e Movimento Microondas RCWL-0516**. 2021e. Disponível em: <https://www.filipeflop.com/produto/sensor-de-presenca-e-movimento-microondas-rcwl-0516/>. Acesso em: 10 nov. 2021.

FILIFEFLOP. **Sensor Hall KY-003 de Alta Sensitividade**. 2021f. Disponível em: <https://www.filipeflop.com/produto/sensor-hall-ky-003/>. Acesso em: 11 out. 2021.

FINEP. **Soluções Inovadoras para o combate ao COVID-19**. 2020. Disponível em: <http://www.finep.gov.br/chamadas-publicas/chamadapublica/641>. Acesso em: 29 out. 2021.

INSTITUTODIGITAL. **Módulo KY-032 Sensor de Obstáculo Infravermelho**. 2021. Disponível em: <https://www.institutodigital.com.br/produto/modulo-ky-032-sensor-de-obstaculo-infravermelho/>. Acesso em: 10 nov. 2021.

KASPERSKY. **QR Code Security: What are QR codes and are they safe to use?** Disponível em: <https://www.kaspersky.com/resource-center/definitions/what-is-a-qr-code-how-to-scan>. Acesso em: 28 out. 2021.

KIFFER, Carlos RV; CUBA, Gabriel T; FORTALEZA, Carlos MCB; PADOVEZE, Maria C; PIGNATARI, Antonio CC *et al.* Exploratory model for estimating occupation-day costs associated to Hospital Related Infections based on data from national prevalence project: IRAS Brasil Project. **Journal of Infection Control**, v. 4, n. 1, 2015.

LEMOS, Marcela. **O que é infecção hospitalar, tipos e como é feito o controle**. 2021. Disponível em: <https://www.tuasaude.com/o-que-e-infeccao-hospitalar/>. Acesso em: 5 abr. 2021.

MARTINI, Angela Conte. Lavagem das mãos no olhar de trabalhadores de enfermagem, 2004.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Doenças Transmitidas por Alimentos: causas, sintomas, tratamento e prevenção**. [s.d.] Disponível em: <https://antigo.saude.gov.br/saude-de-a-z/doencas-transmitidas-por-alimentos>. Acesso em: 28 out. 2021.

OMNI VISION TECHNOLOGIES. **OV5647 Datasheet - Preliminary Specification**. [S.l.], 2009.

ORGANIZATION, World Health *et al.* **Report on the Endemic Burden of Healthcare-Associated Infection Worldwide**. [S.l.]: WHO Press, 2011.

RASPBERRY PI. **Raspberry Pi 3 Model B**. 2016. Disponível em: <https://www.raspberrypi.com/products/raspberry-pi-3-model-b/>. Acesso em: 29 out. 2021.

RASPBERRY PI. **Raspberry Pi Camera Module 2**. 2021a. Disponível em: <https://www.raspberrypi.com/products/camera-module-v2/>. Acesso em: 10 nov. 2021.

RASPBERRY PI. **Raspberry Pi Camera Module 2 NoIR**. 2021b. Disponível em: <https://www.raspberrypi.com/products/pi-noir-camera-v2/>. Acesso em: 10 nov. 2021.

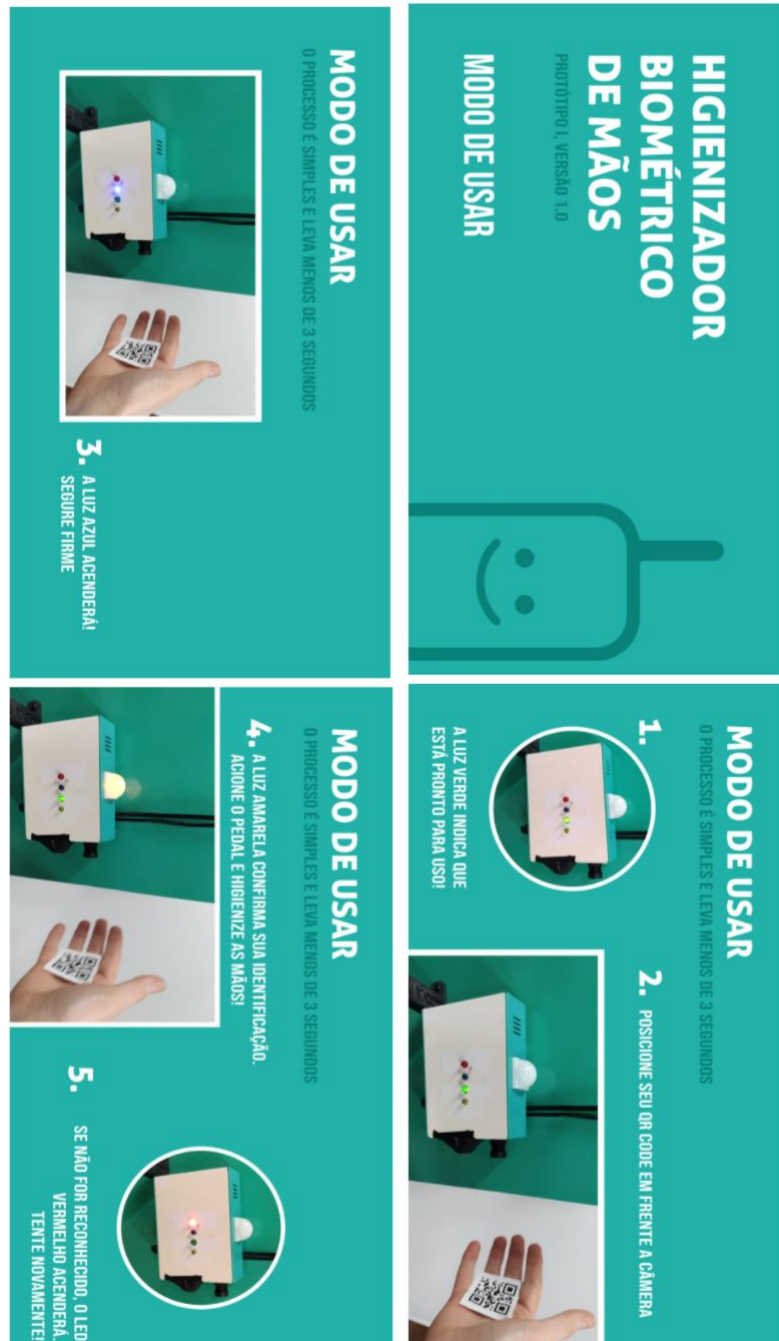
SANTOS, Helivania Sardinha dos. **Superbactérias**. [s.d.] Disponível em: <https://www.biologianet.com/doencas/superbacterias.htm>. Acesso em: 28 out. 2021.

SENSORWEB. **Sensorweb**. 2021. Disponível em: <https://sensorweb.com.br/>.

STORR, Julie *et al.* Core components for effective infection prevention and control programmes: new WHO evidence-based recommendations. **Antimicrobial Resistance & Infection Control**, Springer, v. 6, n. 1, p. 1–18, 2017.

## APÊNDICE A – DOCUMENTAÇÃO DE TREINAMENTO - POC 1

Figura 32 – Documentação de Treino - Protótipo 1



Fonte: Documentação criada pelo autor

**APÊNDICE B – DOCUMENTAÇÃO DE TREINAMENTO - POC 2**

Este apêndice foi removido por questões de sigilo de propriedade intelectual.