

UNIVERSIDADE ANHEMBI MORUMBI

ALAN JOSÉ RIBEIRO

**PATIENT SAFETY: SISTEMA MICROCONTROLADO QUE IDENTIFICA A LOCALIZAÇÃO
DE PACIENTES EM AMBIENTE HOSPITALAR**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**MESTRADO EM ENGENHARIA BIOMÉDICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO SENSU**

São José dos Campos, Agosto/2025

UNIVERSIDADE ANHEMBI MORUMBI

ALAN JOSÉ RIBEIRO

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Engenharia Biomédica – Mestrado, da Universidade Anhembi Morumbi, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia Biomédica.

Orientador: **Prof. Dr. Ovidiu Constantin Baltatu**

São José dos Campos, Agosto/2025

UNIVERSIDADE ANHEMBI MORUMBI

ALAN JOSÉ RIBEIRO

**PATIENT SAFETY: SISTEMA MICROCONTROLADO QUE IDENTIFICA A
LOCALIZAÇÃO DE PACIENTES EM AMBIENTE HOSPITALAR**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Engenharia Biomédica – Mestrado, da Universidade Anhembi Morumbi, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia Biomédica aprovada pela seguinte Banca Examinadora:

Orientador: **Prof. Dr. Ovidiu Constantin Baltatu**

Universidade Anhembi Morumbi

Prof. Dra. Luciana Coutinho de Oliveira

Universidade Anhembi Morumbi

Dra. Fabíola Vieira Cunha

Universidade Paulista

Dr. Egberto Munin

Universidade Anhembi Morumbi

Coordenador: **Prof. Dr. Renato Amaro Zângaro**

Universidade Anhembi Morumbi

São José dos Campos, Agosto/2025

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução total ou parcial do trabalho sem autorização da Universidade Anhembi Morumbi, do autor Alan José Ribeiro e do orientador Prof. Ovidiu Constantin Baltatu.

ALAN JOSÉ RIBEIRO

Bacharel em Enfermagem pela Universidade Paulista de São José dos Campos, MBA em Gestão e administração hospitalar pela Universidade Anhembi Morumbi.

Ficha Bibliográfica elaborada pela biblioteca UAM
Com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

R367p	Ribeiro, Alan José Patient safety: sistema microcontrolado que identifica a localização de pacientes em ambiente hospitalar / Alan José Ribeiro - 2025 53; 30 cm. Orientadora: Ovidiu Constantin Baltatu Dissertação (Mestrado em Engenharia Biomédica) Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo - 2025. Bibliografia: f. 45 - 48. 1. Engenharia Biomédica 2. Identificação do paciente 3. Microcontroladores 4. Rastreamento 5. Banco de dados I. Título CDD 610.28
-------	---

Biblioteca Faculdade Anhembi Morumbi

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus, pela força, sabedoria e saúde que me acompanharam durante toda essa jornada. Sem a sua orientação e proteção, nada disso seria possível.

Agradeço à minha família, que sempre esteve ao meu lado, oferecendo apoio incondicional em todos os momentos. A minha mãe, que infelizmente já não está entre nós, mas que sempre foi minha maior fonte de inspiração. Mãe, mesmo na sua ausência física, sinto sua presença em cada passo que dou. Seu amor e coragem sempre me deram forças para seguir em frente.

Ao meu pai e minhas irmãs, por todo o carinho, incentivo e compreensão. A todos vocês, minha gratidão é eterna.

Agradeço à Universidade Anhembi Morumbi, por proporcionar um ambiente de aprendizado de excelência, onde pude me desenvolver como profissional e como ser humano. Agradeço também à minha amiga Agnes Trindade, que me apresentou ao curso e me auxiliou de forma significativa a dar os primeiros passos nessa caminhada. Sua amizade e apoio foram fundamentais para que eu chegasse até aqui.

Agradeço imensamente à Thayane Marques, engenheira biomédica e acadêmica de medicina, que contribuiu de forma fundamental para o desenvolvimento do protótipo deste projeto, atuando de maneira técnica e precisa na montagem dos circuitos, desenvolvimento do sistema e testes de validação.

Não posso deixar de agradecer ao meu orientador, Dr. Ovidiu, pela orientação, paciência e pela confiança depositada em meu trabalho. Sua experiência e dedicação foram essenciais para o desenvolvimento deste projeto.

A todos os professores que contribuíram para minha formação, meu muito obrigado. Cada um de vocês teve um papel importante na minha jornada acadêmica e profissional.

A todos que de alguma forma contribuíram para este momento, meu sincero agradecimento. Sem o apoio de cada um de vocês, não seria possível alcançar essa conquista.

A vida é um grande espetáculo. Só não consegue homenageá-la quem nunca penetrou dentro de seu próprio ser e percebeu como é fantástica a construção da sua inteligência

Augusto Cury

RESUMO

A Segurança do paciente é de extrema importância quando se trata de saúde, podendo ser pública ou privada. Principalmente nos países em desenvolvimento há uma necessidade de melhoria nos cuidados relacionados ao paciente e sua segurança. A utilização de aplicações empregando Radio Frequency Identification (RFID) para monitoramento de pacientes no âmbito hospitalar se torna crescente com o objetivo de redução de erros médicos ou de colaboradores e potencialização do tempo de atendimento. Frente a esse cenário, este trabalho tem como objetivo a criação de um protótipo utilizando pulseira com transponder (tag) que realiza a interface por RFID, armazenamento em banco de dados e comunicação via Wireless

Fidelity (Wi-Fi). Assim, será possível identificar o ingresso do paciente nas salas de exames e suas informações de procedimentos. Com este projeto é possível obter a diminuição de erros médicos por exemplo quando aplicado à liberação para uma cirurgia ou não, redução do tempo do paciente no âmbito hospitalar e aumento da rotatividade que influencia diretamente no lucro da empresa.

Palavras Chaves: Identificação do paciente, RFID, microcontroladores, rastreamento, banco de dados

PATIENT SAFETY: SISTEMA MICROCONTROLADO QUE IDENTIFICA A LOCALIZAÇÃO DE PACIENTES EM AMBIENTE HOSPITALAR

ABSTRACT

Patient safety is of utmost importance when it comes to health, whether public or private. Especially in developing countries there is a need for improved patient care and safety. The use of applications employing Radio Frequency Identification (RFID) for in-hospital patient monitoring is increasing with the goal of reducing medical or employee errors and enhancing service time. Given this scenario, this work aims to create a prototype using transponder (tag) bracelet that performs RFID interface, database storage and communication via Wireless Fidelity (Wi-Fi). Thus, it will be possible to identify the patient's entrance into the examination rooms and their procedural information. With this project it is possible to reduce medical errors decreasing when applied to surgical releasing or holding, reduce patient time in hospital and increasing turnover that directly influences the company's profit.

Keywords: Patient identification, RFID, microcontrollers, tracking, database.

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	14
2.	OBJETIVOS.....	16
2.1	OBJETIVO GERAL	16
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	16
3.	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	17
3.1	SEGURANÇA DO PACIENTE	17
3.2	RASTREABILIDADE.....	19
4.	MATERIAIS E MÉTODOS	22
4.1	EQUIPE	22
4.2	TECNOLOGIA RFID	22
4.3	BANCO DE DADOS E LINGUAGEM DE PRAGRAMAÇÃO	27
4.4	MICROCONTROLADORES	28
5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
5.1	COMPARAÇÃO COM TRABALHOS SIMILARES	41
5.2	LIMITAÇÕES, AUTOCRÍTICA E PERSPECTIVAS DE TRABALHOS FUTRUIROS	42
6.	CONCLUSÃO	44
7.	REFERÊNCIAS	45

LISTA DE ABREVIATURAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANATEL	Agência Nacional de Telecomunicações
EA	Eventos adversos
EHF	Extremely High Frequency
EPC Global	Engineering, procurement and construction
FELUMA	Faculdade Ciências Médicas de Minas Gerais
GPL	General Public Licence
HF	High Frequency
HTML	HyperText Markup Language
IDE	Integrated Development Environment
IEC	International Electrotechnical Commission
IESS	Instituto de Estudos de Saúde Suplementar
IoT	Internet of Things
ISM	Industriais, Científicas e Médicas
ISO	International for Standardization
JCI	Joint Commission International
LF	Low Frequency
MF	Medium Frequency
OMS	Organização Mundial da Saúde
PHP	Hypertext Preprocessor
RF	Radiofrequência
RFID	Radio Frequency Identification

RX	Receiver
SGBD	Sistemas de Gerenciamento de Banco de Dados
SHF	Super High Frequency
SQL	Structured Query Language
TI	Tecnologia da Informação
Transponder	Transmitter-responder
TX	Transmitter
UHF	Ultra High Frequency
UID	Unique Identification
USB	Universal Serial Bus
VHF	Very High Frequency
VLF	Very Low Frequency
Wi-Fi	Wireless Fidelity

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Diagrama de blocos de funcionamento da tecnologia RFID.....	23
Figura 2: Classes de <i>tag</i> de RFID.....	25
Figura 3: Arduino Mega 2560.....	28
Figura 4: Módulo Wi-Fi ESP32	29
Figura 5: Módulo RFID-RC522.....	29
Figura 6: Fluxograma representativo do acesso do paciente	30
Figura 7: Diagrama Esquemático.....	30
Figura 8: Página de cadastro dos pacientes	31
Figura 9: Estrutura da etiqueta de RFID	32
Figura 10: Pulseira de identificação do paciente com <i>tag</i> RFID	32
Figura 11: Localização do projeto no Quadro de Atribuição de Frequências no Brasil	32
Figura 12: Fluxograma Arduino.....	33
Figura 13: Fluxograma de funcionamento do ESP32 (concentrador).....	34
Figura 14: Diagrama de entidade e relacionamento do banco de dados utilizado	35
Figura 15: Fluxograma de verificação de autorização de acesso no servidor <i>web</i>	35
Figura 16: Aplicação <i>web</i> para cadastro de pacientes.....	36
Figura 17: Identificação da <i>tag</i> entregue ao paciente	37
Figura 18: Identificação da UID da <i>tag</i> entregue ao paciente	37
Figura 19: Aplicação web de cadastro de pacientes.....	38
Figura 20: Resultados do Registro de Acesso GARCIA (2013).....	38
Figura 21: Teste realizado representando a restrição do acesso.....	39
Figura 22: Teste realizado representando a liberação do acesso.....	39
Figura 23: Display informando acesso não autorizado GARCIA (2013).....	39

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Frequência de operação do RFID	23
Tabela 2: Características do RFID e Código de Barras.....	24
Tabela 3: Faixa de Frequência por Classe de Tag RFID	25
Tabela 4: Padronização de Protocolos de RFID	25

1. INTRODUÇÃO

Sabe-se que a segurança do paciente é um dos pilares fundamentais no sistema de saúde, especialmente em países em desenvolvimento, onde as deficiências estruturais e operacionais podem agravar os riscos de erros médicos e prejudicar a qualidade do atendimento. A implementação de práticas e tecnologias para garantir que os cuidados prestados aos pacientes sejam eficientes e seguros é essencial, não apenas para a melhoria da saúde pública, mas também para a otimização dos recursos e processos dentro das instituições de saúde. Neste contexto, a adoção de tecnologias inovadoras pode representar um avanço significativo, ajudando a reduzir falhas e, ao mesmo tempo, aumentar a eficiência nos serviços prestados. (GOMES, 2013)

O avanço das tecnologias de comunicação e automação tem permitido o surgimento de novas soluções no monitoramento de pacientes, e uma das inovações mais promissoras nesse campo é o uso de Radio Frequency Identification (RFID), ou Identificação por Radiofrequência. O RFID é uma tecnologia que utiliza ondas de rádio para identificar objetos, incluindo pessoas, por meio de etiquetas (tags) que armazenam informações. Nos hospitais, a aplicação dessa tecnologia pode trazer diversos benefícios, como a redução de erros médicos, o aumento da segurança e a melhoria na organização do atendimento. A crescente utilização de sistemas baseados em RFID no monitoramento de pacientes visa garantir um atendimento mais seguro e ágil, ao mesmo tempo em que proporciona um controle mais rigoroso das atividades realizadas no ambiente hospitalar. (NARCISO, 2008)

A identificação precisa e rápida dos pacientes durante todo o processo de internação e procedimentos médicos é crucial para evitar enganos que possam comprometer a saúde e o bem-estar do paciente. O uso de pulseiras com *transponders* RFID tem se mostrado uma solução eficaz para esse tipo de controle, permitindo que as informações do paciente sejam rapidamente acessadas, registradas e compartilhadas com a equipe médica, sem a necessidade de intervenções manuais. A integração dessas pulseiras com sistemas de gerenciamento hospitalar, aliados à comunicação via Wireless Fidelity (Wi-Fi), possibilita o armazenamento em banco de dados e o acompanhamento em tempo real, facilitando a gestão de processos e a tomada de decisões. (ACURA, 2019)

O principal objetivo deste trabalho é desenvolver um protótipo utilizando pulseiras com transponder RFID para realizar a interface com os sistemas hospitalares, facilitando o processo de monitoramento e controle de pacientes. A proposta é criar uma solução que, ao identificar automaticamente o ingresso do paciente nas salas de exames e registrar as informações pertinentes sobre seus procedimentos, possa minimizar os riscos de erros médicos, como a liberação equivocada para cirurgias ou tratamentos inadequados. Além disso, a tecnologia proporcionará uma redução no tempo de permanência do paciente no hospital, contribuindo para uma maior rotatividade e, conseqüentemente, para a melhoria nos resultados financeiros da instituição. (NARCISO, 2008)

A integração da RFID com Wi-Fi oferece a vantagem de permitir uma comunicação sem fio, o que facilita a implementação e a escalabilidade da solução dentro dos hospitais, sem a necessidade de infraestrutura adicional complexa. Com essa proposta, busca-se otimizar os processos hospitalares, garantir um atendimento mais seguro e eficiente aos pacientes e contribuir para a melhoria geral dos serviços de saúde, especialmente em um cenário onde a segurança e a qualidade do atendimento devem ser prioritárias. (ACURA, 2019)

Neste trabalho, será explorado o desenvolvimento de um protótipo que busca atender a esses objetivos, analisando suas potencialidades e os impactos que a utilização de RFID pode ter no aumento da segurança do paciente e na melhoria da eficiência operacional dos hospitais. (ACURA, 2019)

2.1 OBJETIVOS

2.1.2 OBJETIVO GERAL

Obtenção de Desenvolver um protótipo utilizando pulseira com um *Transmitterresponder (transponder)*, ou mais conhecido por *tag*, que realiza a interface RFID, armazenamento em banco de dados e comunicação via Wi-Fi.

2.1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Desenvolver uma estrutura de software para integrar leitores RFID, microcontrolador, banco de dados e display;
- Desenvolver uma aplicação *web* que permita o cadastro do paciente com os dados necessários para garantir seu controle de acesso e rastreabilidade;
- Sistema capaz de identificar *tags* por leitores de RFID, armazenar as informações em banco de dados e transmiti-las via Wi-Fi.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 SEGURANÇA DO PACIENTE

No ano de 2017, conforme os dados do 2º Anuário de Segurança Assistencial Hospitalar, elaborado pelo Instituto de Pesquisa FELUMA (Faculdade de Ciências Médicas de Minas Gerais) em parceria com o IESS (Instituto de Estudos de Saúde Suplementar), foram registrados no Brasil aproximadamente 54,76 mil mortes causadas por complicações indesejadas originadas de cuidados prestados aos pacientes. Esses eventos, que não estavam diretamente relacionados à doença de base, são conhecidos como Eventos Adversos (EA). Um dado alarmante é que 36,17 mil dessas mortes poderiam ter sido evitadas com a adoção de tecnologias adequadas para prevenir tais erros, ressaltando a importância de um sistema de saúde mais eficiente e seguro. Este cenário destaca uma realidade preocupante, já que a ocorrência de eventos adversos coloca o Brasil como um dos países com as maiores frequências de erros evitáveis no mundo, o que demanda uma abordagem urgente e inovadora para mitigar esses riscos e melhorar os cuidados aos pacientes. (ANDRADE, et al 2018)

Diante desse panorama, é de extrema relevância compreender as incidências desses eventos, com o intuito de analisar a magnitude e a gravidade dos erros cometidos nos hospitais brasileiros. Esse entendimento é essencial não apenas para evidenciar os problemas existentes, mas também para impulsionar o desenvolvimento de políticas públicas voltadas para a segurança do paciente. Além disso, a conscientização sobre as causas e consequências dos eventos adversos contribui para a formação de profissionais mais preparados, capazes de tomar decisões mais informadas e de promover um ambiente de cuidado mais seguro e eficiente. O aprimoramento dos protocolos de segurança e a adoção de novas tecnologias de monitoramento são algumas das estratégias que podem ser implementadas para reduzir os índices alarmantes de eventos adversos. (MENDES, et al 2009)

A excelência no cuidado à saúde é um conceito amplamente discutido na literatura especializada e é considerado por muitos como um reflexo do bem-estar do paciente. Para Avedis Donabedian, uma das figuras mais importantes da área de qualidade em saúde, o cuidado de excelência deve ser aquele que não apenas trata a doença do paciente, mas que também considera todos os aspectos que envolvem

sua saúde e segurança, minimizando os riscos e maximizando os benefícios. Avedis ressalta que um cuidado centrado no paciente, que prioriza a prevenção de erros e promove uma comunicação efetiva entre todos os envolvidos no processo de tratamento, é crucial para alcançar a qualidade assistencial. Portanto, além de ser uma questão ética e humanitária, a excelência no cuidado à saúde também está diretamente relacionada à redução de danos e à melhoria dos resultados clínicos. (MOURA, 2014)

No cenário internacional, diversas iniciativas têm sido adotadas para melhorar a segurança do paciente e minimizar os riscos associados ao atendimento hospitalar. A Organização Mundial da Saúde (OMS), em parceria com a Joint Commission International (JCI), estabeleceu um conjunto de metas internacionais de segurança do paciente que visam orientar as instituições de saúde em sua busca por excelência e segurança no atendimento. Essas metas são divididas em seis áreas principais, cada uma delas focada em aspectos específicos da prática hospitalar e com o objetivo de prevenir danos ao paciente, garantindo que os profissionais de saúde cumpram com padrões rigorosos de qualidade. (MOURA, 2014)

A primeira meta trata da identificação correta do paciente, um aspecto crucial para evitar erros como troca de identidade, administração inadequada de medicamentos ou procedimentos cirúrgicos errados. A segunda meta foca na melhoria da comunicação entre os profissionais de saúde, reconhecendo que a falta de comunicação eficaz é uma das principais causas de eventos adversos nos hospitais. A terceira meta enfatiza a segurança dos medicamentos de alta vigilância, garantindo que substâncias potencialmente perigosas sejam manuseadas e administradas com extrema cautela. A quarta meta assegura que a cirurgia seja realizada no local, procedimento e paciente corretos, um erro comum que pode resultar em danos irreversíveis e até mesmo fatais. A quinta meta trata da higienização das mãos, uma prática simples, mas extremamente eficaz na prevenção de infecções hospitalares. Por fim, a sexta meta visa reduzir o risco de lesões ao paciente decorrentes de quedas, um problema frequente, especialmente em pacientes internados por longos períodos, que muitas vezes têm mobilidade reduzida. (MOURA, 2014)

Essas metas representam um esforço global para melhorar a segurança do paciente, e sua implementação eficaz exige a colaboração de todos os envolvidos no processo de atendimento. Em um país como o Brasil, onde os índices de eventos adversos ainda são alarmantes, a adesão a essas diretrizes e o desenvolvimento

de soluções tecnológicas inovadoras são passos fundamentais para transformar a realidade do sistema de saúde e proporcionar cuidados mais seguros, eficientes e humanos. (MOURA, 2014)

3.2 RASTREABILIDADE DO PACIENTE

A rastreabilidade é um conceito fundamental em diversos setores e pode ser definida de várias formas, dependendo de sua aplicação dentro de um determinado sistema. Ela é crucial para garantir a transparência e a confiabilidade das operações, além de permitir a recuperação de informações essenciais sobre processos e produtos. Essa flexibilidade na definição da rastreabilidade está diretamente ligada à função que ela exerce dentro do contexto em que é utilizada, seja na indústria, na gestão de qualidade, na saúde ou em sistemas de TI. Em sistemas mais complexos, como os de saúde, a rastreabilidade assume um papel vital, garantindo que todas as informações sobre pacientes, tratamentos e procedimentos sejam acessíveis e precisas, o que contribui diretamente para a segurança do paciente e a qualidade do serviço prestado. (RAMESH, STUBBS, POWERS, EDWARDS)

Ramesh et al. (1992) e Ramesh et al. (1997) enfatizam a importância da participação ativa de todos os componentes envolvidos no processo de desenvolvimento de um sistema, para que um esquema de rastreabilidade seja efetivo e confiável. Segundo esses autores, os componentes essenciais incluem não apenas o software e o hardware, mas também os manuais, as pessoas, as políticas e os procedimentos. Essa visão holística é essencial para garantir que a rastreabilidade seja sustentada ao longo de todas as fases do processo, desde a concepção até a implementação e manutenção do sistema. Dessa forma, ao integrar todos esses elementos, é possível criar um sistema de rastreabilidade robusto, capaz de identificar, monitorar e corrigir falhas em tempo real, promovendo maior eficiência e redução de erros. A adoção de uma abordagem integrada para rastrear o ciclo de vida de produtos ou serviços pode ser particularmente valiosa em setores como a saúde, onde a precisão e a consistência das informações podem ser determinantes para a segurança do paciente. (RAMESH, STUBBS, POWERS, EDWARDS)

No contexto do Sistema de Gestão da Qualidade, a rastreabilidade pode ser uma ferramenta poderosa para melhorar a eficiência e a eficácia das operações. Como mencionado nos estudos de Ramesh (2001) e Ramesh et al. (1997), a rastreabilidade contribui para a implementação de melhores práticas de gestão, ajudando as organizações a monitorar o desempenho e a detectar falhas antes que se tornem problemas graves. Em ambientes como hospitais e clínicas, onde a gestão de processos e recursos é complexa, a rastreabilidade permite que as informações sejam facilmente acessadas, auditadas e verificadas, o que resulta em uma melhoria contínua dos processos e na garantia de que os padrões de qualidade sejam cumpridos. A utilização da rastreabilidade como ferramenta de gestão também facilita a adaptação das organizações às normas e regulamentações, promovendo a conformidade e a transparência das operações. (RAMESH, STUBBS, POWERS, EDWARDS)

De acordo com a NBR ISO 9000 (2015), elaborada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), a rastreabilidade é definida como "a capacidade de recuperar o histórico, a aplicação ou a localização daquilo que está sendo considerado". Essa definição ressalta a importância da rastreabilidade em diversos contextos, pois ela não se limita apenas a acompanhar o fluxo de um produto ou serviço, mas também a garantir a autenticidade e a integridade das informações relacionadas a esse processo. A aplicação dessa definição é ampla, englobando desde a rastreabilidade de componentes em uma cadeia de produção até o monitoramento de pacientes em um hospital. No caso da saúde, por exemplo, isso pode incluir o rastreamento de medicamentos, diagnósticos, exames e tratamentos, assegurando que cada etapa do atendimento seja realizada de acordo com as melhores práticas e com a devida documentação. A rastreabilidade também contribui para a realização de auditorias e inspeções, permitindo a identificação de possíveis melhorias e o cumprimento das normas de segurança e qualidade. (ABNT, ISO9000/2015)

A rastreabilidade também desempenha um papel essencial na comunicação entre todos os envolvidos no sistema, desde o cliente até a equipe de engenharia e outros profissionais responsáveis. Quando bem implementada, ela permite que as partes interessadas mantenham um controle rigoroso sobre o que acontece em cada etapa do processo, garantindo que todas as ações sejam devidamente registradas e que as informações possam ser facilmente recuperadas quando necessário. Isso é particularmente relevante em sistemas complexos e em ambientes onde a precisão e a confiança nas informações são cruciais, como no setor de saúde, onde

a comunicação eficiente entre médicos, enfermeiros, técnicos e pacientes pode fazer a diferença entre a vida e a morte. Ao promover a transparência e o fluxo contínuo de informações, a rastreabilidade contribui para a melhoria das práticas operacionais e para o aumento da confiança dos clientes e usuários nos serviços prestados. (ASOLI, BOECKER, CANAVARI, 2011)

Por fim, em um mundo cada vez mais interconectado e tecnologicamente avançado, a rastreabilidade não apenas se limita à capacidade de rastrear informações, mas também à de garantir que esses dados sejam utilizados de forma eficaz para promover decisões informadas e a melhoria contínua dos processos. Em um hospital, por exemplo, sistemas de rastreabilidade podem ser aliados poderosos para monitorar a administração de medicamentos, o histórico de tratamentos e o acompanhamento dos pacientes, garantindo que todas as etapas sejam seguidas corretamente e que nenhum detalhe importante seja negligenciado. Em última análise, a rastreabilidade é uma ferramenta indispensável para qualquer sistema que busque aprimorar sua qualidade, reduzir erros e aumentar a segurança e a confiança no atendimento prestado. (ASOLI, BOECKER, CANAVARI, 2011)

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 EQUIPE

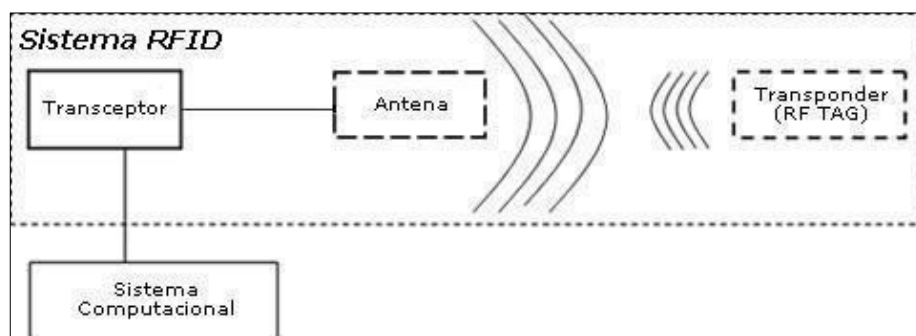
O desenvolvimento do protótipo foi realizado sob a orientação do Prof. Dr. Ovidiu Constantin Baltatu e com a participação direta de Alan Ribeiro, enfermeiro e pesquisador do presente projeto, e Thayane Marques, engenheira biomédica e acadêmica de medicina, que atuou ativamente na construção física do protótipo, montagem dos circuitos, programação dos microcontroladores, integração dos módulos de comunicação (Wi-Fi e RFID) e no desenvolvimento dos testes de validação do sistema. As etapas de desenvolvimento incluíram desde o desenho esquemático dos circuitos, montagem dos módulos Arduino, até a configuração do banco de dados MySQL e desenvolvimento da interface web utilizando.

4.2 TECNOLOGIA RFID

Os métodos de reconhecimento estão sendo utilizados com frequência em controle de acesso e aplicações de segurança em cenários que requerem rastreamento. Uma das tecnologias aptas para estes sistemas é a identificação por radiofrequência (RFID), possibilitando a transferência de dados sem fios ou contato físico. (GARCIA, 2013)

Na Figura 1, o sistema RFID é composto por um transceptor que transmite, por antena, uma onda de radiofrequência (RF) para um transponder. O microchip da tag recebe o sinal de RF da antena, consequentemente é energizado e retorna suas informações para o leitor que converte as ondas de rádio em informações digitais. (GARCIA, 2013)

Em seguida são lidas por um sistema computacional que gerencia os dados do RFID.



Fonte: Martins, 2017

Figura 1: Diagrama de blocos de funcionamento da tecnologia RFID.

A antena emite frequências de rádio em diversos sentidos no espaço, desde alguns centímetros até alguns metros, sua distância depende da saída e da frequência de rádio utilizada. O leitor emite um campo eletromagnético (radiofrequência), a etiqueta responde a este sinal e retorna para o emissor de RFID seu dado. Assim, a comunicação entre o leitor e a etiqueta é feita pela troca de sinais eletromagnéticos. (NARCISO, 2019)

De acordo com a Tabela 1, podemos observar que o RFID possui três faixas de frequência distintas para cada tipo de aplicação.

Tabela 1: Frequência de operação do RFID.

Banda de Frequência	Características	Aplicações Típicas
Baixa: 100 a 500 kHz	de curta até média - Faixa leitura custo - Baixo velocidade de - Baixa leitura	- Controle de acesso - Identificação de animal - Controle de inventário
Média: 10 a 15 MHz (também denominada Alta)	- Faixa de curta até média leitura - Potencialmente de baixo custo - Média velocidade de leitura	- Controle de acesso - Smart cards
Alta: 850 a 950 MHz e 2,4 a 5,8 GHz (também denominada Ultra Alta)	- Faixa larga de leitura - Alta velocidade de leitura - Alto custo - Linha de visão requerida	- Monitoração de veículos em estradas

Fonte: Martins, 2017

O sistema de baixa frequência opera com o princípio de acoplamento indutivo. A quantidade de energia transferida do leitor é proporcional para a *tag*, bem diferente dos sistemas de alta frequência que sua comunicação é por radar. Neste método, a comunicação entre a *tag* com o *transceptor* é via modulação (ASK Amplitude Shift Keying) do sinal recebido pelo *transponder* e radiando de volta para o *transceptor*. A banda de frequência entre *tag* e leitor é influenciada pela faixa em uso entre esses componentes. Para maior transferência de dados é necessário aumentar a banda de frequência, isto permite que mais *tags* consigam ser lidos simultaneamente utilizando a banda de frequências maiores. A vantagem de se ter uma banda com a frequência alta é que se pode ler aproximadamente 200 *tags* contra 50 da frequência média. (ACURA, 2019)

A tecnologia RFID é similar ao conceito do código de barras. Porém, para captura de dados no sistema de código de barras é utilizado o leitor óptico, já para esta tecnologia se utiliza um leitor de RF. Na Tabela 2, é possível identificar a comparação entre etiquetas RFID e etiqueta de código de barras. (ACURA, 2019)

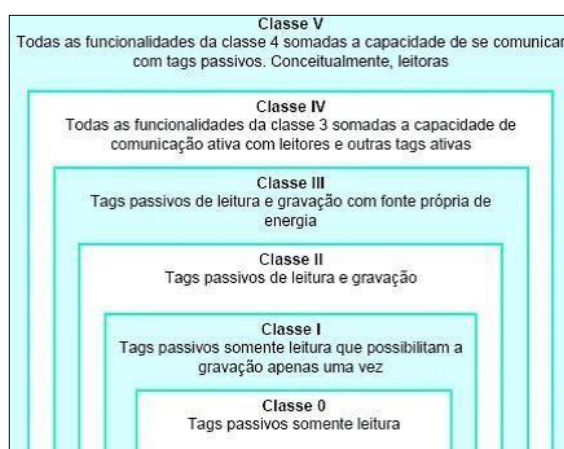
Tabela 2: Características do RFID e Código de Barras.

Características	RFID	Código de Barras
Resistência Mecânica	Alta	Baixa
Formatos Etiquetas	Variados	Etiquetas
Exige Contato Visual	Não	Sim
Vida útil	Alta	Baixa
Possibilidade de Escrita	Sim	Não
Leitura Simultânea	Sim	Não
Dados Armazenados	Alta	Baixa
Funções Adicionais	Sim	Não
Segurança	Alta	Baixa
Custo Inicial	Alto	Baixo
Custo de Manutenção	Baixo	Alto
Reutilização	Sim	Não

Quando se trata de equipamentos que trabalham com radiofrequências, necessita atenção quanto ao atendimento das normas e especificações dos órgãos reguladores locais. No Brasil, o órgão responsável é a Agência Nacional de Telecomunicações. (ANATEL)

De acordo com o Anexo 8.3, a Resolução nº 506 de 1º de julho de 2008 sobre o Plano de Atribuição, Destinação e Distribuição de Frequências no Brasil da ANATEL, temos como referência o Quadro de Atribuição de Frequências no Brasil. (ANATEL)

As *tags* são divididas em classes conforme características observadas na Figura 2.



Fonte: PUHLMANN, 2015

Figura 2: Classes de *tag* de RFID.

Tabela 3: Faixa de Frequência por Classe de Tag RFID.

Classe	Tipo	Faixa de Frequência
Classe 0	Passiva (somente leitura)	LF (100-500 kHz) ou HF (13,56 MHz) Em alguns casos, UHF (860-960 MHz)
Classe I	Passiva (leitura/gravação)	HF (13,56 MHz) ou UHF (860-960 MHz)
Classe II	Passiva (gravação única - WORM)	HF (13,56 MHz) ou UHF (860-960 MHz)
Classe III	Semiativa (com bateria para sensores)	UHF (850-950 MHz) ou Micro-ondas (2,4 - 5,8 GHz)
Classe IV	Ativa (comunicação entre tags)	UHF (850-950 MHz) ou Micro-ondas (2,4 - 5,8 GHz)
Classe V	Ativa (leitores inteligentes)	UHF (850-950 MHz) ou Micro-ondas (2,4 - 5,8 GHz)

De acordo com Puhlmann (2015), no começo das introduções de sistemas com RFID, cada empresa desenvolvia um registro proprietário. Como as empresas implementavam projetos com registros diferentes, os sistemas não se comunicavam

entre si. Para que esta tecnologia tivesse um alcance global, foi realizada a padronização para uma operação de forma eficiente e segura. (PUHLMANN, 2019)

Na busca pela padronização de protocolos existem muitas organizações envolvidas nos projetos de tecnologias RFID. As mais conhecidas na área dos sistemas RFID são a *International for Standardization* (ISO) e a *Engineering, procurement and construction* (EPC Global). A Tabela 3 apresenta a relação de padrões publicados pela ISO. (MOROZ, 2004)

Tabela 4: Padronização de Protocolos de RFID.

ISO Standard	Título	Status
ISO 11784	RFID para animais - estrutura de código	Padrão Publicado - 1996
ISO 11785	RFID para animais - concepção técnica	Padrão Publicado - 1996
ISO/IEC 14443	Identificação de cartões - cartões com circuitos integrados sem contato - cartões de proximidade	Padrão Publicado - 2000
ISO/IEC 15693	Identificação de cartões - cartões com circuitos integrados sem contato - cartões de vizinhança	Padrão Publicado - 2000
ISO/IEC 18001	Tecnologia da Informação Gerenciamento de Itens de RFID - Perfil de Requisitos de Aplicação	-Padrão Publicado - 2004
ISO/IEC 18000-1	Parâmetros Gerais para Comunicação por Interface por Ar para Frequências Globalmente Aceitas	Padrão Publicado - 2004
ISO/IEC 18000-2	Parâmetros para Comunicação por Interface por Ar abaixo de 135 kHz	Padrão Publicado - 2004
ISO/IEC 18000-3	Parâmetros para Comunicação por Interface por Ar em 13,56 MHz	Padrão Publicado - 2004

ISO/IEC 18000-4	Parâmetros para Comunicação por Padrão em Revisão Interface por Ar em Final 2,45 GHz	
ISO/IEC 18000-6	Parâmetros para Comunicação por Padrão Publicado Interface por Ar em 860 a 2004 930 MHz	27-
ISO/IEC 15961	Gerenciamento de Itens de RFID Padrão Publicado - - Protocolo de Dados: 2004 Interface de Aplicação	
ISO/IEC 15962	Gerenciamento de Itens de RFID Padrão Publicado - - Protocolo: Regras de 2004 Codificação de Dados e Funções de Memória Lógica	
ISO/IEC 15963	Gerenciamento de Itens de Padrão em Revisão RFID - Identificação única Final do RF tag	

Fonte: Moroz, 2004

4.3 BANCO DE DADOS E LINGUAGEM DE PROGRAMAÇÃO

Os mais recentes sistemas de banco de dados estão utilizando com frequência os conceitos de Tecnologia da Informação (TI), pois é possível adquirir confiabilidade e integridade sobre os dados armazenados. Antes do uso do conjunto de declarações em alto nível de como a TI é utilizada na empresa, os métodos possuíam mais falhas e inconsistências. Com o advento dos Sistemas de Gerenciamento de Banco de Dados (SGBD), se fez possível administrar, de forma mais objetiva, os dados das empresas, possibilitando melhor desempenho na geração de informações, relatórios e no gerenciamento das atividades realizadas. (SILVA, 2019)

Segundo Date (2004), um sistema de banco de dados é um sistema computadorizado cujo objetivo é armazenar informações e permitir acesso e atualização pelos usuários quando desejado. Assim, um banco de dados é um conjunto de dados constantes usados pelos sistemas de aplicação de uma empresa. Por tanto, o banco de dados é um local onde são armazenados dados que quando processados formam uma informação. (DATE, 2004)

O MySQL é um SGBD que trabalha com linguagem *Structured Query Language* (SQL) para fazer requisições ao banco. De acordo com Pisa (2012), o MySQL foi desenvolvido em 1995, é um sistema que gerencia banco de dados de código aberto usado na maioria das aplicações afim de gerir a base de dados. (PISA, 2019)

A empresa Oracle hoje é detentora dos direitos do MySQL, que consiste de um banco de dados relacional de código aberto, escrito em C++ desenvolvido e distribuído com licenças *General Public Licence* (GPL). O seu código-fonte é fornecido para que possa ser alterado de acordo com as necessidades dos seus usuários [20]. Segundo Teixeira (2013), possibilita vários tipos de tabela para armazenamento de dados, sendo que cada tipo tem suas próprias características. Dependendo da plataforma em que seja

utilizado, as tabelas poderão armazenar grandes volumes de dados. (TEIXEIRA, 2019)

De acordo com fonte de pesquisa *Getting Started*, o *Hypertext Preprocessor* (PHP) é capaz de armazenar, manter e consultar dados em uma base MySQL, o PHP é uma linguagem de *script open source*, muito utilizada, adequada para o desenvolvimento *web* e que pode ser colocada dentro do *HyperText Markup Language* (HTML), basicamente uma linguagem para construção de *websites*, podendo assim publicar textos, imagem, vídeo, áudio dentre outros itens. (STARTED, 2019)

4.4 MICROCONTROLADORES

Este projeto utiliza o Arduino e seus módulos como plataforma de prototipagem devido sua simples e fácil aplicação em *hardware* e *software*.

O Arduino possui um microprocessador que conciliado com outros componentes constituem um kit de desenvolvimento, podendo ser definida com uma arquitetura aberta com relação aos seus projetos de programação, elétricos e estruturais. (ARDUINO, 2019)

O Arduino, conforme pode ser visto na Figura 3, é composto por um microcontrolador Atmel2560 que pode ser facilmente conectado a um computador por um cabo *Universal Serial Bus* (USB) e programado via *Integrated Development Environment* (IDE). Possui em seu circuito portas de comunicação de entradas e de saídas e utiliza uma linguagem baseada em C/C++. (ARDUINO, 2019)



Fonte: ARDUINO, 2019

Figura 3: Arduino Mega 2560.

O ESP32 foi projetado pela empresa desenvolvedora de tecnologia *Espressif Systems*. Iniciou suas vendas em 2016 e já vem sendo considerado como um dos melhores controladores do mercado, tendo como fortes características sua velocidade de processamento, acessibilidade e conectividade com Wi-Fi. (ARDUINO, 2019)

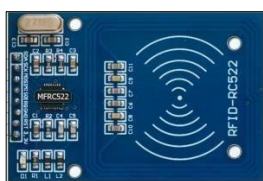
O ESP32 possui um robusto processador, que pode ser visualizado na Figura 4. É um módulo de alto desempenho para aplicações envolvendo Wi-Fi, contando com um baixíssimo consumo de energia. Com 4 MB de memória flash, o ESP32 permite criar variadas aplicações para projetos de IoT, acesso remoto, *webserver*s e *dataloggers*, entre outros. (CAVINATO, 2005)



Fonte: Kolban, 2018

Figura 4: Módulo Wi-Fi ESP32.

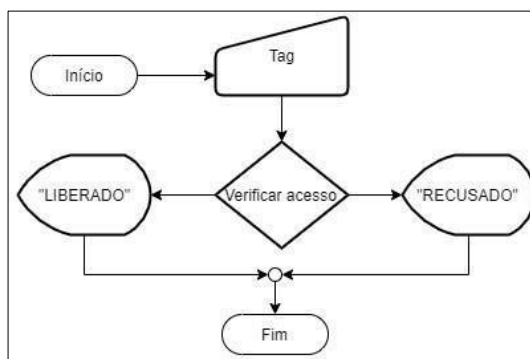
O módulo leitor RFID-RC522 na Figura 5 é utilizado para comunicação por aproximação de *tags* a uma frequência de 13,56 MHz. Seus tipos de *transponders* para operação são *Mifare1 S50*, *S70 Mifare1*, *Mifare UltraLight*, *Mifare Pro* e *Mifare Desfire*. (CAVINATO, 2005)



Fonte: ARDUINO, 2019

Figura 5: Módulo RFID-RC522

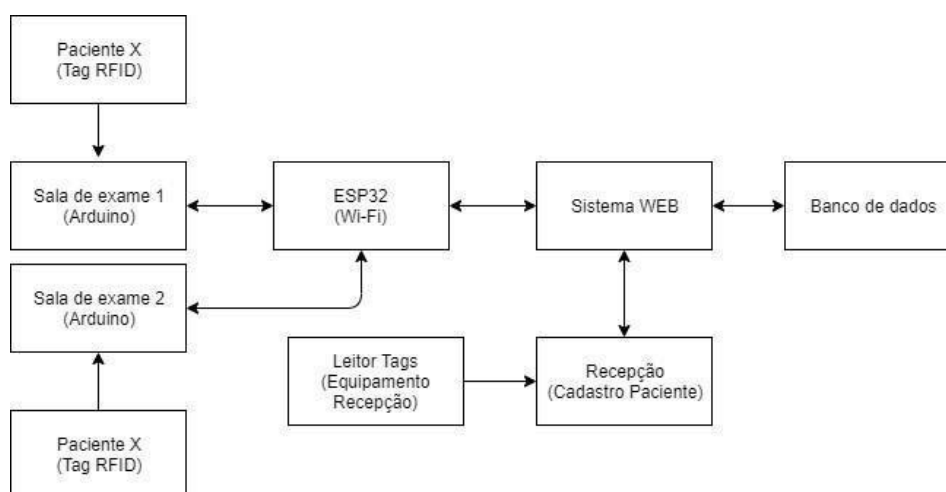
Conforme fluxograma na Figura 6, após a identificação da *tag*, os dados são verificados pelo sistema composto pelo Arduino, ESP32, RFID e banco de dados que são responsáveis por processar e retornar a informação para um display com a liberação ou restrição do ingresso do cliente no setor, conforme foi estipulado durante o cadastro na recepção. (CAVINATO, 2005)



Fonte: O autor

Figura 6: Fluxograma representativo do acesso do paciente.

De acordo com o diagrama esquemático da Figura 7, o projeto foi esquematizado em blocos. Iniciando pelo sistema de RFID que vem sendo empregado nas tecnologias da indústria 4.0 como a mais estratégica e de maior impacto aos negócios. Trazendo comodidade e aplicações nos ramos acadêmicos, empresariais e na mídia. (OMEGA, 2019)



Fonte: O autor

Figura 7: Diagrama Esquemático.

Após a aproximação da tag no módulo de RFID, a informação é recebida pelo Arduino, enviada para o ESP32 que está atuando como concentrador, o dado será coletado pelo PHP e consultado pelo banco de dados MySQL. Após a verificação, os dados são retornados para o PHP onde irá gerar a página web e finalmente para o ESP32 e Arduino que enviará a mensagem no *display* como acesso autorizado ou negado. (OMEGA, 2019)

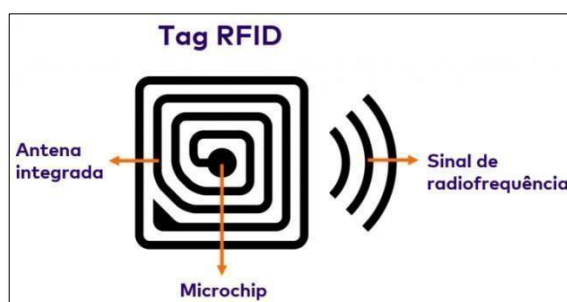
Como visto na Figura 8, os dados do paciente cadastrados na recepção são enviados via Wi-Fi para o sistema *web* e armazenados em um banco de dados. Quando o paciente aproxima a pulseira de identificação na antena de RFID, sua localização será verificada pelo sistema e comparada com a informação que está armazenada no banco de dados. Assim, o acesso à sala de exames será liberado ou negado. (OMEGA, 2019)

Fonte: O autor

Figura 8: Página de cadastro dos pacientes.

O Arduino é utilizado na recepção para identificação da *tag* durante o cadastro do paciente, junto com a sala vinculada para permissão do acesso. Após os dados serem armazenados no banco de dados, o sistema enviará a informação para o PHP e em seguida para o ESP32 e Arduino que verificará se é permitido o *check-in* do paciente. (GODOY, 2018)

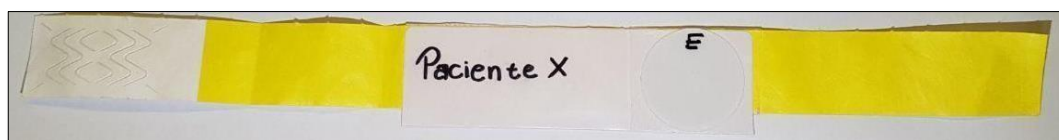
Conforme pode ser visto na Figura 9, a etiqueta possui um microchip que, para *tags* ativas, é capaz de armazenar dados e uma antena. A estrutura é envolta por um *transponder*, também conhecido como *tag*. (GODOY, 2018)



Fonte: Godoy, 2018

Figura 9: Estrutura da etiqueta de RFID.

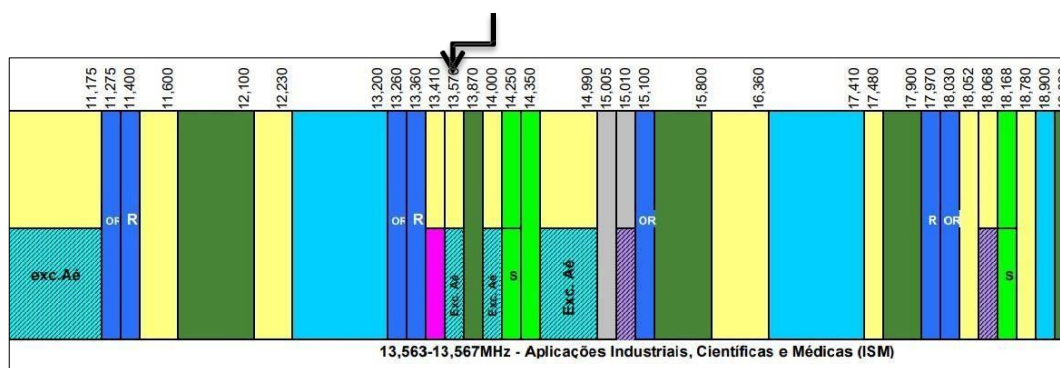
A pulseira na Figura 10 é utilizada para identificação do paciente e é composta por uma *tag* de RFID que faz a comunicação do usuário com o sistema de banco de dados. Para o projeto foi utilizada a *tag Mifare UltraLight* de material papel adesivo e fixada na pulseira de material resistente por um adesivo transparente. (OMEGA, 2019)



Fonte: O autor

Figura 10: Pulseira de identificação do paciente com tag RFID.

O projeto trabalha com frequência de 13,56 MHz e se adequa no Quadro de Atribuição de Frequências no Brasil na subdivisão de ondas decamétricas para aplicações Industriais, Científicas e Médicas (ISM) de acordo com a Figura 11, utilizando-se modulação ASK – Amplitude Shift Keying. (ANATEL, 2018)



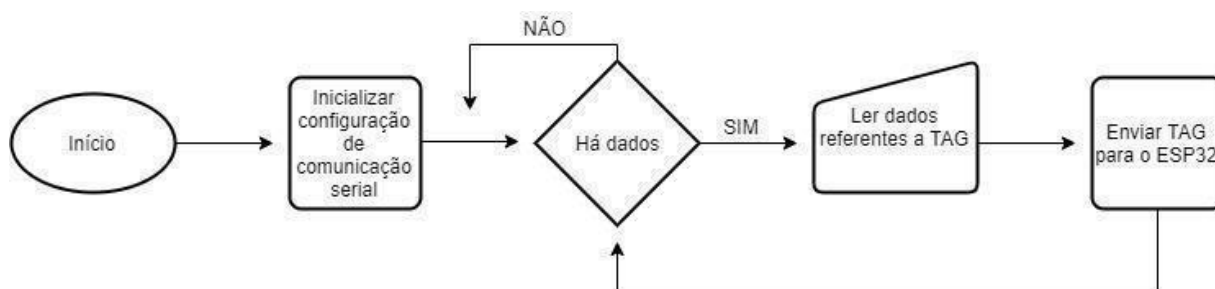
Fonte: ANATEL, 2018

Figura 11: Localização do projeto no Quadro de Atribuição de Frequências no Brasil.

Nas classes de *tag* de RFID da Figura 2, o projeto tem característica de *tag* passiva, somente para leitura. É o tipo mais simples de *transponder*. Contém apenas o *Unique Identification* (UID) e não tem memória no *chip*, sua classe é a zero. (ARDUINO, 2019)

Na Tabela 3 de relação de padrões publicados pela ISO, o projeto estabelece os parâmetros para comunicação sem fio pelo ar na frequência de 13,56 MHZ, portanto se aplica à ISO/IEC 18000-3. (ARDUINO, 2019)

De acordo com o fluxograma da Figura 12, o Arduino Mega é responsável por receber a identificação da *tag* que foi tocada no leitor RFID e enviar os dados para o ESP32 que funciona como um concentrador. (ARDUINO, 2019)

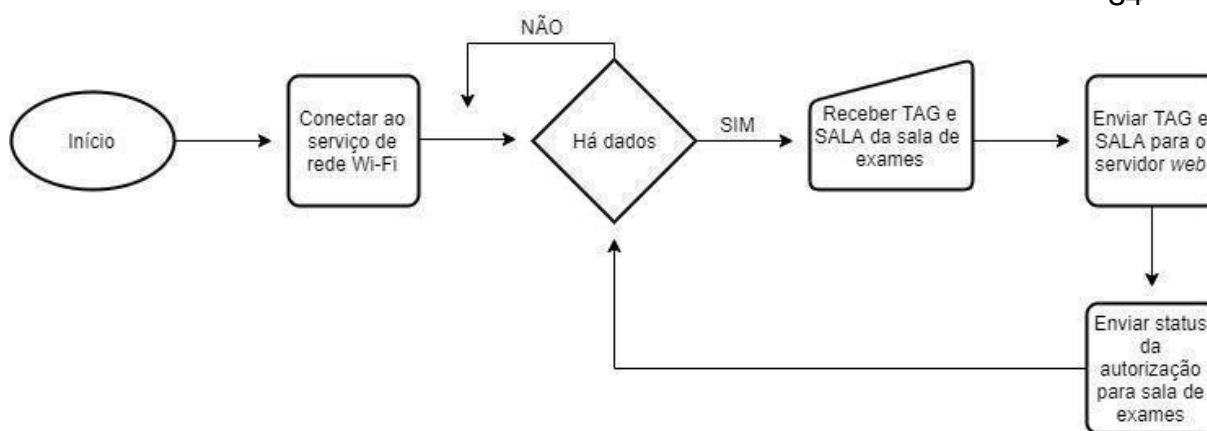


Fonte: O autor

Figura 12: Fluxograma Arduino.

Todas as salas de exame devem possuir um equipamento microcontrolado acoplado a um leitor RFID, este equipamento envia os dados para o concentrador que os encaminha para um serviço *web*. (ARDUINO, 2019)

O ESP32 funciona em *loop*, ou seja, a todo o momento ele verifica se há dados a receber, caso existam dados estes são lidos das salas de exames e enviados para um serviço *web* (página em PHP) o nome da sala, ponto e vírgula e a *tag* do paciente. Como por exemplo, RAIOX;A4SD4589. O concentrador microcontrolado pelo ESP32 envia os dados para o PHP utilizando o protocolo de rede HTTP, os dados são enviados mais especificamente utilizando o método GET, ou seja, são passados para o servidor utilizando a própria URL do serviço *web*. A Figura 13 apresenta o fluxograma de funcionamento do ESP32. (ARDUINO, 2019)



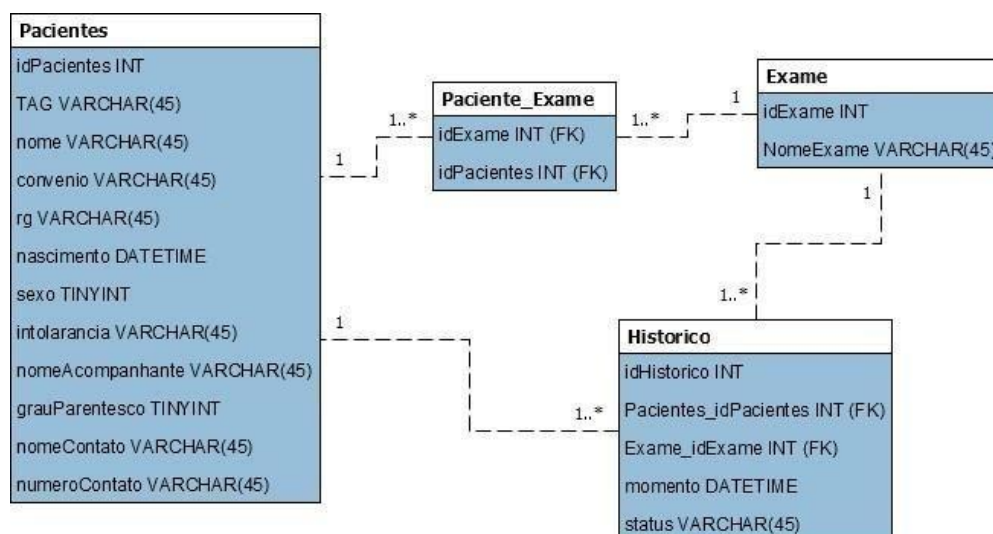
Fonte: O autor

Figura 13: Fluxograma de funcionamento do ESP32 (concentrador).

Um servidor *web* foi configurado por meio da instalação do *software* xampp que instala automaticamente alguns serviços fundamentais para o funcionamento de um serviço *web*, tais como, o *apache server* que é um servidor HTTP capaz de atender solicitações de clientes (equipamentos, navegadores e dispositivos que trabalham com o protocolo TCP/IP) como o ESP32, o xampp também instala o PHP que é responsável por todas as regras de negócio do sistema desenvolvido e o MySQL é o SGDB utilizado nesta aplicação. (TEIXEIRA, 2013)

O banco de dados construído no SGDB MySQL possui as tabelas Paciente, Exame, Paciente_exame e Histórico. A tabela Paciente tem a função de armazenar dados referentes aos clientes, dados como o idPaciente (chave primária e auto incremento) nome, tag, convênio, RG, nascimento, sexo, intolerância, nomeAcompanahnte, grauParentesco, nomeContato e numeroContato. Já a tabela Exame possui os campos idExame e nomeExame. Por sua vez a tabela Paciente_exame possui apenas dois campos que são chaves estrangeiras das tabelas Paciente e Exame, ou seja, a tabela é composta pelos campos idPaciente e idExame. Por fim a tabela histórico é composta pelos campos, idPaciente, idExame, momento (dia e hora do evento) e status (identifica se o acesso foi autorizado ou não). A relação entre as tabelas e os campos pode ser visualizada na Figura 14 que representa o diagrama de entidade e relacionamento. (TEIXEIRA, 2013)

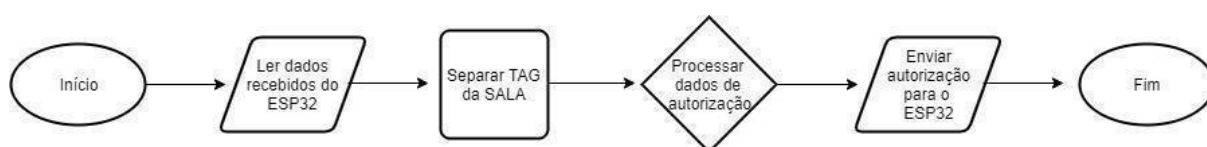
Na Figura 14, também é possível notar as relações de cardinalidade entre as tabelas. Um paciente pode estar vinculado a n exames e no histórico pode-se verificar que um exame pode estar presente em vários registros bem como um paciente também pode estar vinculado a vários registros do histórico. (TEIXEIRA, 2013)



Fonte: O autor

Figura 14: Diagrama de entidade e relacionamento do banco de dados utilizado.

Conforme pode ser visto na Figura 15, o arquivo PHP (serviço web) que recebe os dados do concentrador (ESP32) no formato de sala;tag, separa a tag e a sala por meio do comando Split do PHP e realiza uma conexão com o SGDB MySQL, na sequencia uma consulta utilizando uma instrução SQL do tipo select composta, ou seja, que utiliza as tabelas pacientes, exames e pacientes_examess verifica se o paciente possui autorização para entrar na sala de exames pretendida. A instrução SQL retorna zero caso não seja permitido e um caso seja permitido, esse retorno é enviado como resposta para o ESP32. O Concentrador envia a resposta para a sala de exames que exibe no display, acesso negado ou permitido. Toda a comunicação feita entre o ESP32 e o PHP utiliza o protocolo web HTTP. (TEIXEIRA, 2013)



Fonte: O autor

Figura 15: Fluxograma de verificação de autorização de acesso no servidor web.

O formulário de cadastro de pacientes foi construído por meio do HTML5, campos como nome e tag foram marcados com o atributo *required* que impede que os dados sejam submetidos para o servidor caso não sejam preenchidos.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

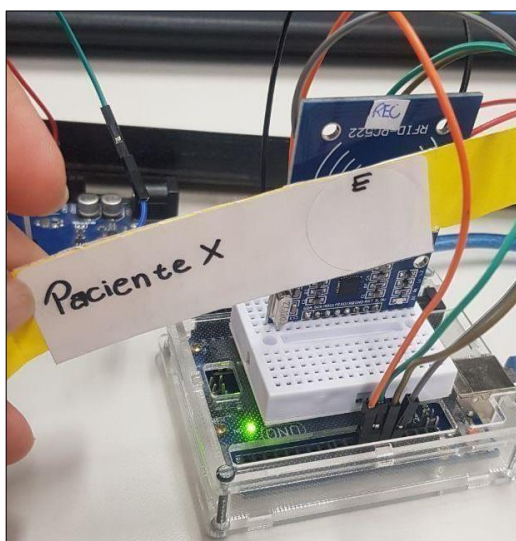
Como pode ser visto na Figura 16, nos primeiros contatos com o paciente no âmbito hospitalar, será realizado seu cadastro e armazenada no banco de dados a partir da identificação da *tag* entregue ao mesmo.

The image shows a web form titled "Cadastro de Pacientes" (Patient Registration). At the top, it says "PATIENT SAFETY". The form contains several input fields and dropdown menus, each with a label to its left. The fields are: "Nome:" with the value "Paciente X"; "TAG:" with the value "04 1B 57 FA 8A 5D 80"; "Convênio:" with the value "Empresa A"; "Exame:" with the value "Ressonância Magnética"; "RG:" with the value "123456789"; "Data de Nascimento:" with the value "01/01/1991"; "Sexo:" with a dropdown menu showing "Masculino"; "Intolerância" with the value "Contraste"; "Nome do acompanhante:" with the value "Maria"; "Grau de parentesco:" with a dropdown menu showing "Esposo(a)"; "Outros" with an empty text area; "Nome para contato:" with the value "Maria"; and "Número para contato:" with the value "12 987654321". At the bottom left of the form is a blue button labeled "Cadastro".

Fonte: O autor

Figura 16: Aplicação web para cadastro de pacientes.

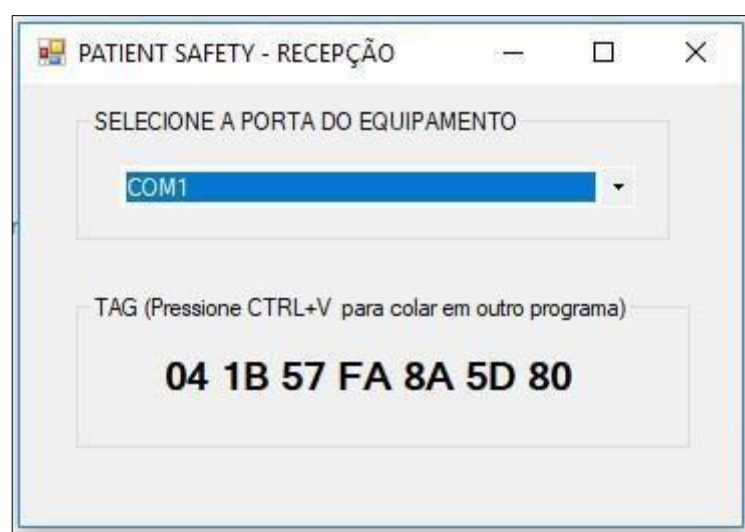
Para preenchimento do campo TAG da Figura 16, foi desenvolvido um programa para identificar o UID da pulseira que será entregue ao paciente. Este programa rodará em *background* e a partir do momento em que a *tag* for identificada conforme figura 17, será armazenada a identificação na memória do computador.



Fonte: O Autor

Figura 17: Identificação da tag entregue ao paciente.

De acordo com a Figura 18, quando a tag for identificada pelo RFID na Figura 17, a UID aparecerá na tela e estará disponível na memória do computador para preencher o cadastro da Figura 16 a partir do comando colar (CTRL + V).



Fonte: O autor

Figura 18: Identificação da UID da tag entregue ao paciente.

Durante todo o processo de atendimento o paciente será rastreado com registro de entrada e registro de saída das salas de exames pelas antenas dos transceptores. Quando o paciente aproximar a pulseira do sistema de RFID, a antena que estará emitindo a onda de rádio alimentará a bobina da tag e consequentemente a etiqueta irá responder com a sua identidade.

Em qualquer momento, será possível acessar o banco de dados a partir da *tag* que estará com o paciente. Assim, além de sua localização, é possível obter acesso a informações básicas da sua ficha de cadastro conforme Figura 19.

Histórico do Paciente			
Acompanhe abaixo o histórico de de localização do cliente.			
Nome	Setor	Status	Momento
Paciente X	Raio-X	Negado	13:07
Paciente X	Ressonância Magnética	Liberado	13:09
RG 123456789 Nascimento 01/01/1991 Convênio Empresa A Exame Ressonância Magnética Intolerância Constraeste			

Fonte: O autor

Figura19: Aplicação web de cadastro de pacientes

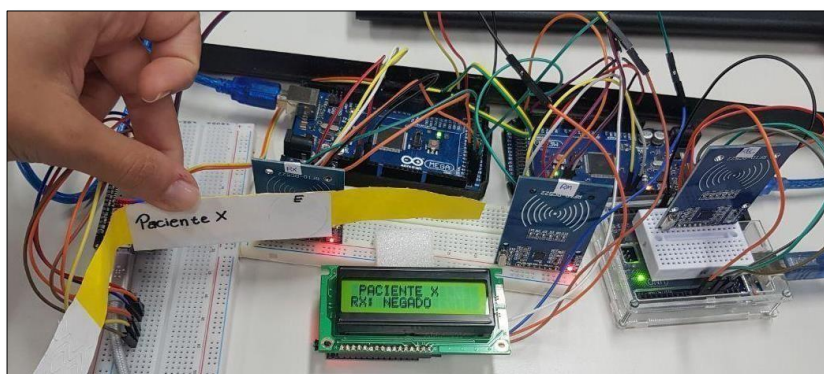
GARCIA (2013) realizou um projeto de Sistema de Controle de Acesso Veicular com tecnologia RFID obtendo os seguintes dados na Figura 20 [10]. Resultados equivalentes a Figura 19, onde se obteve as informações do Histórico do Paciente salvas no banco de dados.

Horario	Tipo de Acesso	Resultado	Identificador Funcionario	Nome Funcionario
2013-10-05 16:15:38	entrada	sucesso	9643059	João da Silva

Fonte: GARCIA, 2013

Figura 20: Resultados do Registro de Acesso.

Conforme as informações do Histórico do Paciente na Figura 19, o cliente não acessará as áreas não permitidas. Os testes realizados com a pulseira da Figura 10 são apresentados na Figura 21 para acesso negado na sala de exames do Raio-X.



Fonte: O autor

Figura 21: Teste realizado representando a restrição do acesso.

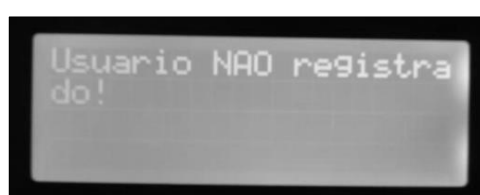
A Figura 22 apresenta acesso liberado para sala de exames de Ressonância Magnética.



Fonte: O autor

Figura 22: Teste realizado representando a liberação do acesso.

Ainda conforme o projeto de GARCIA (2013), no sistema com cem vagas livres, foi apresentado ao leitor de entrada uma etiqueta cujo identificador não possuía permissão de acesso, como pode identificar na Figura 23. [10].



Fonte: GARCIA, 2013

Figura 23: Display informando acesso não autorizado GARCIA (2013).

Além dos benefícios relacionados ao controle de acesso, rastreabilidade e segurança operacional, o desenvolvimento deste sistema apresenta impactos significativos no âmbito da biossegurança e no controle das infecções hospitalares. A restrição e monitoramento da circulação de pessoas nas áreas assistenciais são práticas recomendadas pelos protocolos da Organização Mundial da Saúde (OMS) e da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) como medidas preventivas para a redução de Infecções Relacionadas à Assistência à Saúde (IRAS).

Ao garantir que apenas pacientes devidamente cadastrados e autorizados acessem determinadas áreas clínicas, o sistema contribui diretamente para a minimização da carga microbiológica no ambiente hospitalar, reduzindo o risco de contaminações cruzadas. É sabido que o fluxo desnecessário de acompanhantes, visitantes e até profissionais fora de sua área de atuação aumenta significativamente a possibilidade de dispersão de agentes patogênicos. Dessa forma, o sistema proposto não apenas otimiza a gestão do acesso, mas também se alinha às estratégias de controle de infecção, funcionando como uma barreira tecnológica complementar às medidas de assepsia, higienização e controle ambiental já adotadas nos serviços de saúde.

Essa abordagem reforça o papel da tecnologia não apenas como facilitadora de processos administrativos, mas também como agente de promoção da qualidade assistencial e da segurança do paciente, sendo plenamente aderente às diretrizes de qualidade hospitalar, segurança do paciente e programas de prevenção de IRAS.

5.1 COMPARAÇÃO COM TRABALHOS SIMILARES

O desenvolvimento do sistema microcontrolado utilizando RFID e Wi-Fi para rastreamento de pacientes no ambiente hospitalar está alinhado com tendências tecnológicas observadas em diversas pesquisas nacionais e internacionais. Trabalhos como o de Garcia (2013), embora aplicado ao controle de acesso veicular, demonstraram de forma clara a robustez da tecnologia RFID no que diz respeito à segurança, confiabilidade e rastreabilidade. A metodologia de Garcia, que integra leitor RFID, banco de dados e processamento em microcontroladores, é análoga à proposta deste trabalho, embora aplicada agora ao contexto assistencial da saúde, onde as exigências de biossegurança e rastreabilidade são ainda mais rigorosas.

Da mesma forma, Narciso (2008) discute a utilização de RFID para controle de bens patrimoniais, mostrando que a acurácia na leitura das tags, a segurança da informação e a facilidade de integração com sistemas de gestão são características intrínsecas dessa tecnologia, corroborando os resultados aqui obtidos. O presente trabalho avança além, uma vez que aplica esses conceitos diretamente na segurança do paciente, tema sensível e prioritário nos serviços de saúde.

Segundo Puhlmann (2015) e Martins (2017), a faixa de 13,56 MHz, utilizada neste protótipo, oferece um equilíbrio ideal entre alcance e imunidade a interferências, especialmente em ambientes fechados, como hospitais. Nos testes realizados, a aplicação dessa faixa permitiu leituras rápidas, precisas e confiáveis, validando as conclusões desses autores e confirmando a viabilidade do uso em ambientes clínicos.

Além dos aspectos técnicos, o presente trabalho dialoga diretamente com as diretrizes da Organização Mundial da Saúde (OMS) e da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), em especial com a RDC nº 36/2013, que institui ações para a segurança do paciente, e com a RDC nº 50/2002, que regula os requisitos físicos dos estabelecimentos de saúde. Ambas reforçam que o controle rigoroso de acesso às áreas críticas é um fator determinante para minimizar riscos, tanto operacionais quanto biológicos.

Adicionalmente, a literatura de biossegurança destaca que o tráfego excessivo de pessoas nas áreas assistenciais está diretamente correlacionado com o aumento da carga microbiológica no ambiente, impactando negativamente os

índices de Infecções Relacionadas à Assistência em Saúde (IRAS). O sistema proposto se diferencia dos trabalhos anteriores por agregar essa camada de segurança biológica, associando rastreamento físico de pacientes com estratégias de controle epidemiológico e redução de contaminações cruzadas.

Portanto, ao comparar este trabalho com os já consolidados na literatura, verifica-se não apenas uma aderência técnica, mas também uma evolução no conceito de aplicação, uma vez que, além de gerenciar informações operacionais, este sistema atua diretamente como ferramenta de apoio à segurança do paciente e à biossegurança hospitalar.

5.2 LIMITAÇÕES, AUTOCRÍTICA E PERSPECTIVAS DE FUTUROS TRABALHOS

Apesar dos avanços e dos resultados positivos, este estudo apresenta limitações que devem ser consideradas. O desenvolvimento e os testes foram realizados em ambiente laboratorial controlado, o que não reflete todas as variáveis encontradas em ambientes hospitalares reais, como interferências eletromagnéticas de equipamentos médicos, estruturas físicas complexas (paredes, blindagens, divisórias) e fluxo simultâneo elevado de pessoas.

Outro fator limitante refere-se à dependência da infraestrutura de rede Wi-Fi. Ambientes hospitalares, especialmente instituições públicas ou de médio porte, podem apresentar limitações na cobertura e na estabilidade da rede, o que comprometeria a comunicação entre os dispositivos (Arduino/ESP32) e os servidores web.

Além disso, as tags passivas, embora eficientes em termos de custo, possuem um alcance limitado, o que pode gerar falhas na leitura se não houver o correto posicionamento dos leitores ou se houver barreiras físicas inesperadas. A leitura simultânea de múltiplas tags em ambientes com grande densidade de pacientes também pode apresentar desafios operacionais.

Como autocrítica, reconhece-se que o sistema atual está fortemente centrado no controle de acesso e rastreamento pontual dos pacientes nas salas de exames. Ele não abrange, por exemplo, o rastreamento contínuo em tempo real durante todo o trajeto do paciente dentro da unidade hospitalar, nem

incorpora ainda funcionalidades de gestão de insumos, monitoramento de equipamentos ou integração plena com prontuários eletrônicos (PEP).

Diante disso, propõem-se como trabalhos futuros as seguintes direções:

- Desenvolvimento de *dashboards* de *Business Intelligence*, que permitam transformar os dados coletados em indicadores de performance assistencial, controle de risco, taxa de circulação, densidade microbiológica indireta e auditorias de processos.
- Integração com plataformas de Prontuário Eletrônico do Paciente (PEP) e Sistemas de Informação Hospitalar (HIS), permitindo uma visão holística do paciente, desde sua admissão até a alta, com rastreamento de eventos críticos.
- Aplicação de inteligência artificial (IA) e *machine learning* para análise preditiva de riscos, detecção precoce de padrões anormais de movimentação que possam estar associados a falhas de processo ou a riscos epidemiológicos.
- Estudos clínicos multicêntricos, aplicando o sistema em diferentes perfis de instituições (hospitais públicos, privados, de alta complexidade e unidades ambulatoriais), avaliando não apenas a eficiência operacional, mas também o impacto na redução de eventos adversos, taxas de infecção hospitalar e satisfação do paciente.
- Evolução para tags híbridas (RFID + sensores ambientais), capazes de monitorar, além da localização, variáveis ambientais como temperatura, umidade e presença de agentes químicos, colaborando para a segurança de transporte de materiais sensíveis, medicamentos ou equipamentos.

Por fim, considera-se que este projeto representa um avanço significativo, mas é parte de uma trajetória evolutiva que ainda oferece vastas possibilidades de aprimoramento, especialmente no contexto da transformação digital aplicada aos serviços de saúde.

6. CONCLUSÃO

A presente dissertação abordou o desenvolvimento de um sistema microcontrolado, baseado na tecnologia RFID, capaz de realizar a identificação e a localização de pacientes em ambiente hospitalar. A proposta buscou oferecer uma solução inovadora e eficiente para um dos maiores desafios da área da saúde: a segurança do paciente.

Os resultados obtidos demonstraram que a utilização de pulseiras com tags RFID, aliadas à integração com banco de dados e comunicação via Wi-Fi, proporciona uma melhoria significativa nos processos de rastreabilidade e controle de acesso dos pacientes. Esse sistema se mostrou eficiente na redução de riscos operacionais, minimizando erros relacionados à identificação incorreta, acesso indevido a setores hospitalares e possibilidade de realização de procedimentos não autorizados.

Além dos ganhos relacionados à segurança do paciente, o projeto também contribui diretamente para a otimização dos processos internos, promovendo uma melhor gestão do fluxo hospitalar, redução do tempo de permanência dos pacientes e, conseqüentemente, aumento da rotatividade e da eficiência operacional da instituição.

Diante dos avanços apresentados, é possível afirmar que a adoção de tecnologias como a RFID, combinadas a microcontroladores e sistemas web, representa um caminho promissor para o fortalecimento das práticas de segurança hospitalar. Futuramente, o sistema desenvolvido poderá ser ampliado para incluir novos módulos, como integração com prontuários eletrônicos, alertas em tempo real e expansão para outras áreas críticas do hospital.

Portanto, este trabalho reforça a importância da incorporação de soluções tecnológicas no ambiente hospitalar, não apenas como um diferencial, mas como uma necessidade fundamental para garantir um cuidado seguro, eficiente e centrado no paciente.

7. REFERÊNCIAS

II ANUÁRIO DA SEGURANÇA ASSISTENCIAL HOSPITALAR NO BRASIL, 2018, Belo Horizonte. Propondo as Prioridades Nacionais. Belo Horizonte, Mg: Faculdade de Ciências Médicas de Minas Gerais, 2018. 98 p.

ANDRADE, Luiz Eduardo Lima et al. Cultura de segurança do paciente em três hospitais brasileiros com diferentes tipos de gestão. *Ciência & Saúde Coletiva*, [s.l.], v. 23, n. 1, p.161-172, jan. 2018. FapUNIFESP (SciELO).

MENDES, Walter et al. The assessment of adverse events in hospitals in Brazil. *International Journal for Quality in Health Care*, Rio de Janeiro, v. 4, n. 21, p.279-284, jun. 2009.

MOURA, Maria de Lourdes O.. Seminário Segurança do Paciente no Estado do Paraná: Onde Estamos e Para Onde Vamos?. 2014. Disponível em:

<http://www.saude.pr.gov.br/arquivos/File/0LEO0NARDO/seguranca_do_paciente_marinei.pdf>. Acesso em: 03 nov. 2019.

GOMES, Adelia Quadros Farias. Projeto de implantação de estratégias para a Segurança do Paciente nos Hospitais Federais do Rio de Janeiro. 2013. Disponível em:

<https://www20.anvisa.gov.br/segurancadopaciente/images/documentos/projetolmplamentacaoestrategias_SegurancaPaciente_HospitaisFederaisRJ_AdeliaQuadrosFariasGomes.pdf>. Acesso em: 03 nov. 2019.

RAMESH, B.; STUBBS, C.; POWERS, T.; EDWARDS, M. Requirements traceability: Theory and practice. *Annals of Software Engineering* 3, 397 - 415 1997. ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR ISO 9000/2015 - Sistema de Gestão da Qualidade: Fundamentos e Vocabulário. Rio de Janeiro, ABNT, 2015a.

ASIOLI, A.; BOECKER, A.; CANAVARI, M. Perceived Traceability Costs and Benefits in the Italian Fisheries Chain. *International Journal of Food System Dynamics*. 2 (4), 357-375, 2011.

PINTO, Camila Pereira. A Rastreabilidade no Contexto da Gestão da Qualidade. 2016. Disponível em: <https://repositorio.unifei.edu.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/504/dissertacao_pinto1_2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 03 nov. 2019.

GARCIA, Karla Maria. SISTEMA DE CONTROLE DE ACESSO VEICULAR UTILIZANDO TECNOLOGIA RFID. 2013. Disponível em: <http://professorpetry.com.br/Ensino/Defesas_Pos_Graduacao/Defesa%2038_Karla_Maria%20Garcia_Sistema%20de%20Controle%20de%20Acesso%20Veicular%20Utilizando%20Tecnologia%20RFID.pdf>. Acesso em: 20 set. 2019

NARCISO, Marcelo Gonçalves. APLICAÇÃO DA TECNOLOGIA DE IDENTIFICAÇÃO POR RÁDIOFREQUÊNCIA (RFID) PARA CONTROLE DE BENS PATRIMONIAIS PELA WEB. 2008. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/17793/1/rfid.PDF>>. Acesso em: 02 nov. 2019.

MARTINS, Vergílio Antonio. RFID (Identificação por Radiofrequência). 2017. Disponível em: <<https://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialrfid/default.asp>>. Acesso em: 02 nov. 2019.

ACURA. O que é Identificação por Rádio Frequência? Disponível em: <<http://www.acura.com.br/pt/tecnologia/rfid>>. Acesso em: 02 nov. 2019.

PUHLMANN, Henrique Frank Werner. Introdução à tecnologia de identificação RFID. 2015. Disponível em: <<https://www.embarcados.com.br/introducao-a-rfid/>>. Acesso em: 02 nov. 2019.

ANATEL. PLANO DE ATRIBUIÇÃO, DESTINAÇÃO E DISTRIBUIÇÃO DE FREQUÊNCIAS NO BRASIL. 2018. Disponível em: <<https://espectro.org.br/sites/default/files/downloads-legislacao/anatel%20-%20pdff%20maio%20de%202018.pdf>>. Acesso em: 02 nov. 2019.

MOROZ, R.. Understanding Radio Frequency IDentification (RFID) (Passive RFID). 2004. Disponível em: <<http://people.sunyit.edu/~deciccm/RFID%20Stuff/RFID%20Scrapbook/data/20061027154911/#top>>. Acesso em: 02 nov. 2019.

SILVA, Adriel Thainan Izidoro da et al. A IMPORTÂNCIA DO BANCO DE DADOS PARA O CONTROLE EM UMA INDÚSTRIA. 2019. Disponível em: <<http://www.fatecbt.edu.br/seer/index.php/tl/article/view/590/382>>. Acesso em: 02 nov. 2019.

DATE, C. J. INTRODUÇÃO A SISTEMAS DE BANCOS DE DADOS. 8. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

PISA, Pedro et al. O que é e como usar o MySQL? 2012. Disponível em: <https://www.techtudo.com.br/artigos/noticia/2012/04/o-que-e-ecomo-usar-o-mysql.html>. Acesso em: 02 set. 2019.

MILANI, André (2007). MySQL-guia do programador. Novatec Editora, 2007.

TEIXEIRA, José Ricardo. Introdução ao MySQL. 2013. Disponível em: <<https://www.devmedia.com.br/introducao-ao-mysql/27799>>. Acesso em: 02 nov. 2019.

PEDROSO, Marcelo Caldeira et al. Adoção de RFID no Brasil: Um estudo exploratório. 2007. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ram/v10n1/v10n1a02>>. Acesso em: 02 set. 2019.

GODOY, Bianca. Descubra como as etiquetas RFID podem otimizar a logística da sua empresa. 2018. Disponível em: <<https://www.mandae.com.br/blog/etiquetas-rfid-como-funcionam-e-quais-sao-assuas-vantagens/>>. Acesso em: 02 nov. 2019.

STARTED, Getting et al. O que é HTML?: Linguagem base dos websites. Disponível em: <<https://tableless.github.io/iniciantes/manual/html/>>. Acesso em: 02 set. 2019.

KOLBAN, Neil. Kolban's book on ESP32. [S.l.]: Leanpub, 2018.

OMEGA, Arduino. MÓDULO WIFI ESP32 BLUETOOTH. Disponível em: <<https://www.arduinomega.com.br/modulo-wifi-esp32-bluetooth>>. Acesso em: 02 nov. 2019.

CAVINATO, J. Supply chain logistics initiatives: research implications. International Journal of Physical Distribution and Logistics Management, v. 35, n. 3, p. 148-151, 2005

ARDUINO. Arduíno UNO Rev. 3. [S.l.], 2019. Acesso em: 02 nov. 2019. . Disponível em: <https://store.arduino.cc/usa/arduino-uno-rev3>.

Pedido nacional de Invenção, Modelo de Utilidade, Certificado de Adição de Invenção e entrada na fase nacional do PCT

Número do Processo: BR 10 2025 004483 8

Dados do Depositante (71)

Depositante 1 de 1

Nome ou Razão Social: ALAN JOSE RIBEIRO

Tipo de Pessoa: Pessoa Física

CPF/CNPJ: 12315247667

Nacionalidade: Brasileira

Qualificação Física: Enfermeiro de nível superior, nutricionista, farmacêutico e afins

Endereço: Rua Eneas da Silva Machado

Cidade: São José dos Campos

Estado: SP

CEP: 12223792

País: Brasil

Telefone:

Fax:

Email: alanriba15@gmail.com

Natureza Patente: 10 - Patente de Invenção (PI)

Título da Invenção ou Modelo de Utilidade (54): PATIENT SAFETY: SISTEMA MICROCONTROLADO QUE IDENTIFICA A LOCALIZAÇÃO DE PACIENTES EM AMBIENTE HOSPITALAR

Resumo: A Segurança do paciente é de extrema importância quando se trata de saúde, podendo ser pública ou privada. Principalmente nos países em desenvolvimento há uma necessidade de melhoria nos cuidados relacionados ao paciente e sua segurança. A utilização de aplicações empregando Radio Frequency Identification (RFID) para monitoramento de pacientes no âmbito hospitalar se torna crescente com o objetivo de redução de erros médicos ou de colaboradores e potencialização do tempo de atendimento. Frente a esse cenário, este trabalho tem como objetivo a criação de um protótipo utilizando pulseira com transponder (tag) que realiza a interface por RFID, armazenamento em banco de dados e comunicação via Wireless Fidelity (Wi-Fi). Assim, será possível identificar o ingresso do paciente nas salas de exames e suas informações de procedimentos. Com este projeto é possível obter a diminuição de erros médicos por exemplo quando aplicado à liberação para uma cirurgia ou não, redução do tempo do paciente no âmbito hospitalar e aumento da rotatividade que influencia diretamente no lucro da empresa.

Dados do Inventor (72)

Inventor 1 de 3

Nome: ALAN JOSÉ RIBEIRO

CPF: 12315247667

Nacionalidade: Brasileira

Qualificação Física: Enfermeiro de nível superior, nutricionista, farmacêutico e afins

Endereço: Rua Enéas da Silva Machado

Cidade: São José dos Campos

Estado: SP

CEP: 12224-792

País: BRASIL

Telefone: (12) 981 951235

Fax:

Email: alanriba15@gmail.com

Inventor 2 de 3

Nome: OVIDIU CONSTANTIN BALTATU

CPF: 22912116848

Nacionalidade: Romena

Qualificação Física: Médico

Endereço: Rod. Presidente Dutra Km 138

Cidade: São José dos Campos'

Estado: SP

CEP: 12247-004

País: BRASIL

Telefone: (12) 991 264498

Fax:

Email: ovidiu.baltatu@animaeducacao.com.br

Inventor 3 de 3

Nome: LUCIANA APARECIDA CAMPOS BALTATU

CPF: 17907077818

Nacionalidade: Brasileira

Qualificação Física: Enfermeiro de nível superior, nutricionista, farmacêutico e afins

Endereço: Rod. Presidente Dutra Km 138

Cidade: São José dos Campos

Estado: SP

CEP: 12247-004

País: BRASIL

Telefone: (12) 991 264498

Fax:

Email: camposbaltatu@gmail.com

Documentos anexados

Tipo Anexo	Nome
Dissertação	Alan Ribeiro -DissertaA~\$A~£o(1).pdf
Reivindicação	Alan Ribeiro -DissertaA~\$A~£o(1).pdf
Resumo	Alan Ribeiro -DissertaA~\$A~£o(1).pdf

- ☒ Declaração Negativa de Acesso - Declaro que o objeto do presente pedido de patente de invenção não foi obtido em decorrência de acesso à amostra de componente do Patrimônio Genético Brasileiro, o acesso foi realizado antes de 30 de junho de 2000, ou não se aplica.

Declaração de veracidade

- ☒ Declaro, sob as penas da lei, que todas as informações acima prestadas são completas e verdadeiras.