

Renan Figueiredo Chipranski

Monitoramento de dispositivo para transporte de vacinas utilizando IoT

Santo André
2020

Renan Figueiredo Chipranski

Monitoramento de dispositivo para transporte de vacinas utilizando IoT

Trabalho de Graduação apresentado à Faculdade de Tecnologia de Santo André do Centro Paula Souza do FATEC Santo André como requisito parcial para a obtenção de título de Tecnólogo em Mecatrônica Industrial.

Área de Concentração: Tecnologia em Mecatrônica Industrial

Orientador Prof. Me. Murilo Zanini de Carvalho

Santo André

2020

T272

Monitoramento de dispositivo para transporte de vacinas utilizando IoT / Renan Figueiredo Chipranski...[et al.] - : CEUN-EEM, 2020.

41 f.

Trabalho de Graduação - Faculdade de Tecnologia de Santo André do Centro Paula Souza do FATEC Santo André , SP, 2020.

Orientador: Murilo Zanini de Carvalho

1. vacina 2. cadeia de frio 3. monitoramento 4. localização 5. rastreabilidade I. Chipranski, Renan Figueiredo. II. VAZIO, VAZIO. III. VAZIO, VAZIO. IV. VAZIO, VAZIO. V. FATEC Santo André . Centro Paula Souza . Faculdade de Tecnologia de Santo André. VI. Título.

CDU 621.398

Renan Figueiredo Chipranski

Monitoramento de dispositivo para transporte de vacinas utilizando IoT

Trabalho de Graduação aprovado como requisito parcial para a obtenção de título de Tecnólogo em Mecatrônica Industrial pela Faculdade de Tecnologia de Santo André do Centro Paula Souza do FATEC Santo André .

Área de Concentração: Tecnologia em Mecatrônica Industrial

Banca examinadora:

Prof. Me. Murilo Zanini de Carvalho
Orientador
Faculdade de Tecnologia de Santo André

Prof. Fernando Garup Daldo
Avaliador
Faculdade de Tecnologia de Santo André

Prof. Me. Paulo Tetsuo Hoashi
Avaliador
Faculdade de Tecnologia de Santo André

Santo André, 16 de julho de 2020.

Agradecimentos

Agradeço aos meus amigos Diana Regina da Silva, Giovanna Beatriz dos Santos Avila e Lucimar Bernardo por termos nos ajudado durante todo o curso, superando nossas dificuldades e crescendo juntos, tanto tecnicamente como pessoalmente.

Ao todo o corpo docente da FATEC Santo André por proporcionar conhecimento e habilidades de valor inestimável durante o curso de Mecatrônica Industrial, por tanto que se dedicaram a mim e meus colegas, não somente por terem nos ensinado, mas por terem nos feito aprender.

À instituição, pela oportunidade de fazer o curso.

Ao meu orientador Murilo Zanini de Carvalho, pelo suporte que me foi dado, pelas suas correções e incentivos.

A todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigado.

E por fim a Deus, por ter me dado saúde e força para superar as dificuldades.

“However strong you become, never seek to bear everything alone. If you do, failure is certain.”

Uchiha Itachi

Resumo

A aplicação de Internet das Coisas, do inglês *Internet of Things* (IoT), é cada vez mais utilizada em diversas áreas, e isso não é diferente em aplicações na área da saúde. Dito isso, foi desenvolvida uma aplicação para o monitoramento do transporte de vacinas dentro da cadeia de frio. O monitoramento contínuo se faz necessário ser utilizado no transporte de vacinas para o controle contínuo da temperatura, a qual deve se manter em um ponto específico para conservação da vacina, e que assim se preservem os atributos medicinais da mesma. Também mostra-se interessante o uso de IoT para imprimir rastreabilidade às vacinas, e assim fazer a supervisão da locomoção até seu ponto de destino para aplicação, melhorando o controle do processo. Logo, este trabalho tem como objetivo geral fazer o monitoramento de caixas térmicas de vacinas para que disponibilize ao responsável pela supervisão os dados de temperatura e localização durante todo o transporte. Para isso, foi necessário estudar e implementar as técnicas de IoT para monitorar as variáveis no ambiente de transporte. A partir disso foi desenvolvida uma arquitetura para monitorar todas as variáveis que envolvem o transporte e disponibilizar essas informações. Em conjunto disso, foi utilizado um banco de dados e desenvolvida de uma interface para efetuar a supervisão de todo o dispositivo e conectado toda a estrutura de hardware e software. Portanto, a contribuição principal deste trabalho foi o estudo e implementação das melhores técnicas no desenvolvimento de um projeto que vise fazer o monitoramento da cadeia de frio e localização de vacinas durante o transporte.

Palavras-chaves: vacina. cadeia de frio. monitoramento. localização. rastreabilidade.

Abstract

The Internet of Things (IoT) application, is increasingly used in several areas, and this is no different in healthcare applications. That said, an application was developed to monitor the vaccines transport within the cold chain. Continuous monitoring is necessary to be used in the transport of vaccines for the continuous control of temperature, which must be kept at a specific point for the conservation of the vaccine, and so that its medicinal attributes are preserved. It is also interesting to use IoT to print traceability to vaccines, and thus do the supervision of locomotion to its destination point for application, improving the control of the process. Therefore, this work has the general objective of monitoring the vaccine thermal boxes so that the temperature and location data are available to the person responsible for supervision during the entire transport. For this, it was necessary to study and implement IoT techniques to monitor the variables in the transport environment. From that, an architecture was developed to monitor all variables that involve transportation and make this information available. Together, a database was used and an interface was developed to supervise the entire device and connected the entire hardware and software structure. Therefore, the main contribution of this work was the study and implementation of the best techniques in the development of a project that aims to monitor the cold chain and locate vaccines during transport.

Key-words: vaccine. cold chain. monitoring. localization. traceability.

Lista de abreviaturas e siglas

API	<i>Application Programming Interface</i>
HTTP	<i>Hypertext Transfer Protocol</i>
IoT	<i>Internet of Things</i>
SPA	<i>Single Page Application</i>
USB	<i>Universal Serial Bus</i>

Sumário

1	INTRODUÇÃO	10
1.1	Motivação	10
1.2	Objetivos	11
1.3	Justificativa	11
1.4	Organização do trabalho	12
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	13
2.1	Vacinação	13
2.2	Cadeia de Frio	14
2.3	Covid-19	15
2.4	Estudos de Caso	16
3	MATERIAIS E MÉTODOS	19
3.1	Arquitetura do sistema	19
3.2	Metodologia	20
3.3	Tecnologias	21
3.3.1	ESP32	21
3.3.2	PythonAnywhere	23
3.3.3	Desenvolvimento	23
3.4	Desenvolvimento embarcado	29
4	RESULTADOS	33
5	CONCLUSÕES	36
	REFERÊNCIAS	38
	APÊNDICES	40

1 Introdução

A vacinação é de grande importância na saúde para nos proteger de uma variedade de doenças graves e de suas complicações, que podem levar até a morte. Graças a vacinação, é possível conter a incidência de doenças que matam milhares ao se tornarem epidemias, e para evitar que isso ocorra a vacinação é de suma importância para controlar esses fatores (CHIODINI, 2001). Campanhas de vacina são feitas todos os anos no Brasil com o fim de prevenir doenças e fornecer saúde e melhor qualidade de vida a sua população. Para isso, as vacinas precisam percorrer longas distâncias para que seja feito o abastecimento para toda a população e que essa cobertura no país seja de forma eficiente, e em meio disso aparecem dificuldades a serem superadas (Guimarães, Keila, 2017).

O transporte de vacina requer um cuidado especial, e o bom uso da cadeia de frio (conceito apresentado posteriormente na Fundamentação Teórica) é necessário para que o armazenamento, conservação, manipulação, distribuição e transporte dos imunobiológicos sejam feitos corretamente para que a vacina não perca sua efetividade.

Avaliar a integridade da cadeia de frio da vacina e identificar os fatores locais que afetam sua integridade são as práticas gerais da enfermagem. Para garantir que essas práticas possam ser feitas corretamente, a tecnologia emerge como um meio interessante para fazer o monitoramento de todas as variáveis que devem ser supervisionadas e controladas para que ocorra a eficiente manutenção das vacinas.

O uso de Internet das Coisas, do inglês Internet of Things (IoT), é uma boa alternativa para que haja comunicação em tempo real dos dados de vigilância e do gerenciamento das vacinas, desde seu transporte até utilização, para fazer a análise da cadeia de frio em tempo real para garantir a qualidade das vacinas no momento de serem retiradas para a aplicação. Adesão a práticas aceitáveis de gerenciamento de cadeia de frio de vacinas e manutenção das temperaturas das caixas térmicas dentro da faixa recomendada durante o seu transporte é essencial.

1.1 Motivação

Contribuir no uso da tecnologia aliada às áreas da saúde para melhorar os processos da cadeia de frio, de armazenamento à transporte. Garantir todos os cuidados necessários no manuseio de vacinas, que as vacinas recebidas foram bem acondicionadas (normalmente entre 2 e 8°C, segundo o site da SensorWeb), ao longo do transporte, vida útil e cuidados especiais com os produtos. Estruturar o procedimento de transporte das vacinas para evitar problemas e desenvolver melhor a administração de tudo o que envolve as vacinações. Monitorar a localização das vacinas para melhorar em tempo real para melhor otimizar o processo de transporte.

1.2 Objetivos

O objetivo deste trabalho foi desenvolver e validar um sistema de monitoramento e localização para transporte de vacinas. O monitoramento foi realizado com a temperatura no recipiente com as vacinas, a localização do conjunto, os dados de identificação da enfermeira responsável, entre outras grandezas. Os dados coletados foram enviados para um serviço remoto na nuvem. Desta forma, os usuários do sistema poderão verificá-los por um portal online, durante todo o processo de transporte.

Dado o objetivo geral, foi possível definir um conjunto de objetivos específicos que foram desenvolvidos ao longo do processo de execução deste trabalho.

O **primeiro objetivo específico** foi o levantamento teórico das técnicas utilizadas em supervisão de temperatura utilizando cadeia de frio para conservação de vacinas. Este estudo foi importante para conhecer os métodos utilizados e as regulamentações relacionadas às boas práticas quanto ao transporte de vacina.

O **segundo objetivo específico** foi a proposta de uma arquitetura para realizar o monitoramento e disponibilizar estes dados para outras aplicações. As estruturas de dados utilizadas para representar as informações e a topologia da informação que foram elaboradas.

O **terceiro objetivo específico** será montar um banco de dados que armazena estas informações, associando as caixas de vacinas aos encarregados por seu transporte. Estudar a melhor forma de relacionar os dados para posterior análise.

A construção de Single Page Application (SPA) para amostrar os dados em uma interface amigável para os usuários ficou definido como **quarto objetivo específico**.

Efetuar a comunicação e troca de dados entre hardware, nuvem e interface ficou estabelecido como o **quinto objetivo específico**. Foi importante garantir que essa troca de informações seja feita corretamente para que o monitoramento ocorra de modo eficiente.

O **sexto objetivo específico** foi validar a plataforma em uma simulação real para confirmar a eficiência do funcionamento geral da aplicação.

A elaboração da documentação do projeto ficou para o **sétimo objetivo específico**.

1.3 Justificativa

O desenvolvimento deste trabalho é relevante pois ele pretende possibilitar a melhoria da rastreabilidade das vacinas, facilitar a comunicação com os profissionais da saúde sobre variações de temperatura no interior do recipiente das vacinas, por exemplo. Outros pontos considerados relevantes foram:

- (a) Alto valor dos produtos movimentados com alto impacto para a segurança de pacientes.
- (b) Efetuar o rastreamento de recipientes contendo vacinas, com informações de onde estão, para onde vão e de quanto tempo falta para terminar o trajeto.

- (c) Evitar desperdício de medicamentos e outros devido à variações de temperaturas e cuidados com o material durante o transporte.
- (d) Escassez de literatura sobre o deslocamento eficiente de vacinas e monitoramento de localização e temperatura de substâncias que envolvem a área da saúde.
- (e) Oportunidades oferecidas por IoT para superar os desafios do transporte de vacinas em relação ao monitoramento da localização.

Este trabalho tem a intenção de contribuir para o conhecimento de pesquisa acadêmica sobre o transporte de vacinas no contexto brasileiro. São inexplorados os problemas que as perturbações causadas durante a locomoção que podem comprometer o processo. Devido a isso torna-se interessante a análise dos fatores envolvidos.

Também vale destacar que é importante para aqueles que prestam serviços de transporte para empresas na área da saúde e necessitam do conhecimento das boas praticas relacionadas ao armazenamento e transporte de vacinas.

Espera-se também melhorar o direcionamento de decisões relacionadas aos processos de locomoção, planejamento e gestão das vacinas durante o transporte.

1.4 Organização do trabalho

Ao longo do capítulo 2, as principais referencias sobre cadeia de frio, internet das coisas, programação embarcada e suas aplicações foram apresentados. Esses elementos foram essenciais para fundamentar as escolhas realizadas durante o projeto.

Já no capítulo 3, a metodologia utilizada para o desenvolvimento do projeto e a forma como ela foi integrada para desenvolver a solução foram apresentadas. As pilhas de tecnologia, a arquitetura do servidor, a API de comunicação desenvolvida e hardware que foi projetado são detalhados também.

Em seguida, no capítulo 4, os principais resultados são apresentados, seguido das considerações finais e sugestões de trabalhos futuros no capítulo 5.

2 Fundamentação Teórica

O capítulo aborda temas importantes de métodos relacionados ao monitoramento de localização e temperatura, permitindo assim desenvolver meios de rastreabilidade de substâncias que necessitam de cuidados especiais, como medicamentos, vacinas e hemoderivados, bem como boas práticas no transporte e armazenamento.

2.1 Vacinação

Vacinação é a forma mais eficaz de proteger o organismo contra doenças infecciosas potencialmente graves e de prevenir que essas doenças sejam transmitidas a outras pessoas, que podem gerar epidemias e pôr em risco a vida de todos (MELO; OLIVEIRA; ANDRADE, 2010).

As vacinas são substâncias constituídas por agentes patogênicos (vírus ou bactérias), vivos ou mortos, ou seus derivados. Elas estimulam o sistema imune a produzir anticorpos (proteínas que atuam na defesa do organismo), os quais atuam contra os agentes patogênicos causadores de infecções. As vacinas são seguras e causam poucas reações adversas, sendo essas, geralmente, leves e de curta duração. Trata-se da principal forma de prevenção de inúmeras doenças.

Muitas doenças infecciosas estão ficando raras. Pessoas nascidas a partir de 1990 podem nunca ter tido contato com pessoas como sarampo ou rubéola e, definitivamente, de poliomielite. Isso porque as constantes ações de vacinação foram capazes de controlar e eliminar essas doenças do Brasil. Várias doenças deixaram de ser um problema de saúde pública por conta de vacinações em massa da população. Doenças como poliomielite, sarampo, tétano coqueluche são só alguns exemplos de doenças comuns no passado e que as novas gerações só conhecem pelos registros nos livros de histórias (Ministério da Saúde, 2017).

Por isso, a importância da vacinação para manter erradicadas as doenças que já foram controladas ao longo de vários anos. No Brasil, atualmente, são disponibilizadas 19 vacinas para mais de 20 doenças, cuja proteção é iniciada ainda com recém-nascidos e pode se estender ao longo de toda a vida.

Para que uma vacina seja licenciada e fique disponível para aplicação, deve ter passado por diversas fases de testes, desde processos iniciais de desenvolvimento até produção e fase final que é a aplicação, garantindo assim a segurança dos pacientes. Vacinas são avaliadas e aprovadas por institutos rígidos e independentes, no caso do Brasil, é tarefa destinada a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), órgão vinculado ao ministério da saúde. O acompanhamento de eventos adversos continua acontecendo depois que a vacina é licenciada, o que permite a continuidade de monitoramento da segurança do produto (ANVISA, 2020).

Por essas razões faz-se importante que todos tenham acesso a esses imunológicos, e a distribuição e conservação das substâncias têm que ser feitas de forma eficiente.

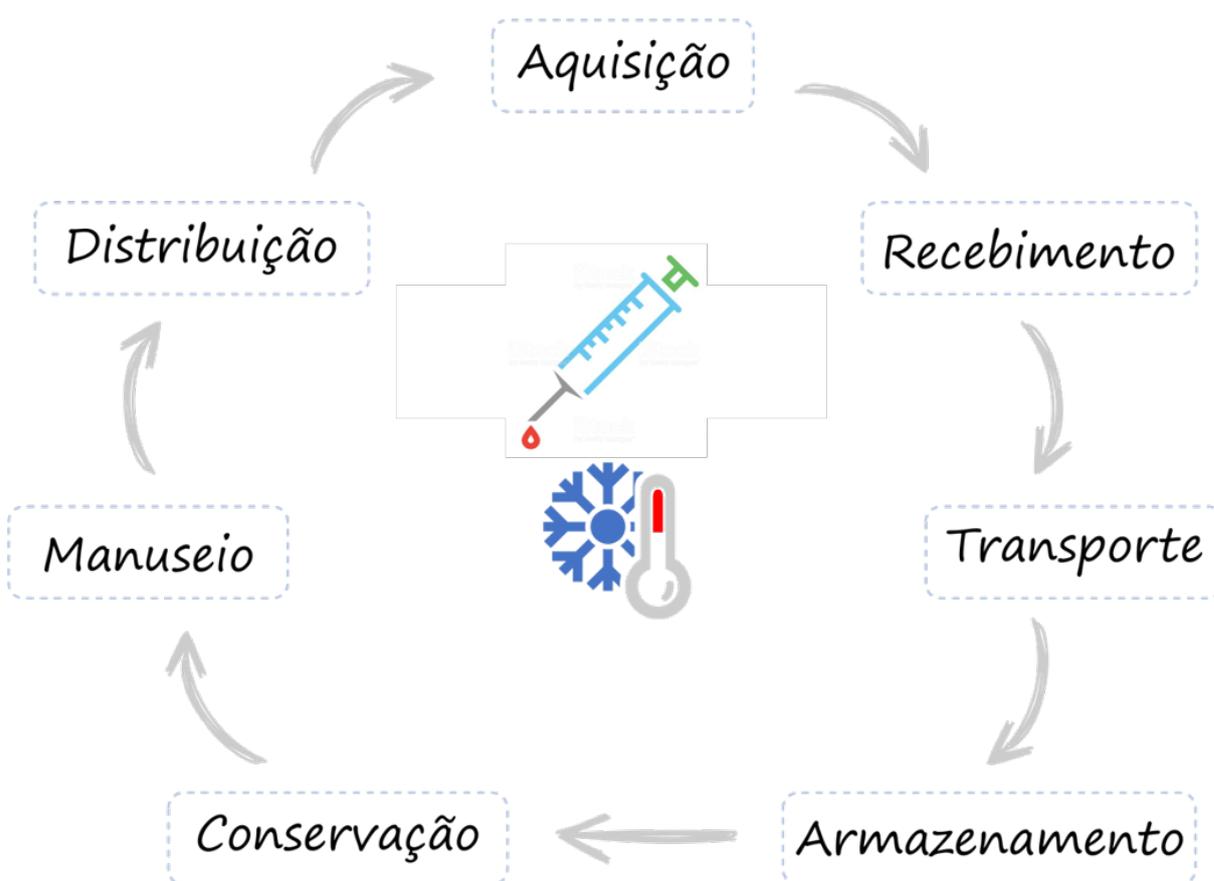
2.2 Cadeia de Frio

A cadeia de frio condiz às boas práticas no diz respeito às condições adequadas de substâncias que necessitam de refrigeração durante sua manipulação, transporte e aplicação de imunológicos. A conservação das vacinas constitui uma medida estratégica para a manutenção da eficácia da vacina, boas práticas e condutas no cuidado com a conservação de vacinas são extremamente importantes para garantir a eficácia no momento da aplicação. Então torna-se necessário a monitorização e avaliação do processo (OLIVEIRA et al., 2009).

É de extrema importância o uso correto das normas da rede frio, pois tem a finalidade de assegurar o bom funcionamento da cadeia de frio, ou seja, o processo logístico da distribuição de vacinas, testes e outras substâncias que devem ser mantidas em determinada temperatura para precisão dos resultados. Deve ser priorizando a preservação dos imunológicos para manutenção das características originais (SAÚDE, 2017b).

A Cadeia de Frio é organizada em diferentes esferas administrativas, desde estruturas físicas a diversas instâncias.

Figura 1 – Cadeia de frio



FONTE: <https://www.enfconcursos.com/uploads/2017/08/1502465898598dcf6ae6257.png>

Na figura 1, é possível observar o ciclo da cadeia de frio representado por um fluxograma, em que todos os imunológicos passam por tais processos. A vacina passa pelo processo de aquisição, que é feita por contratos com os laboratórios oficiais, de acordo com as políticas do SUS, dando

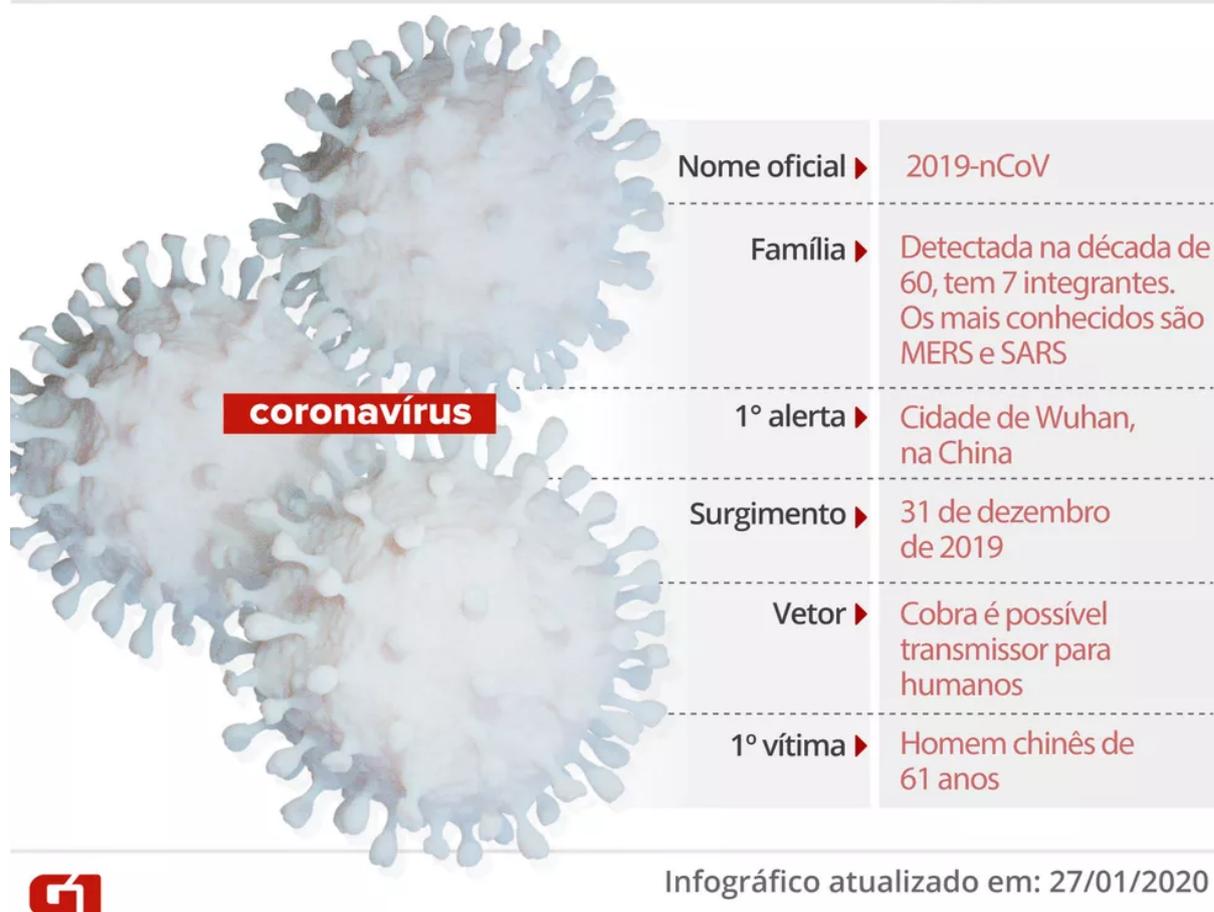
condições a fabricação dos imunológicos. A seguir vem o processo de recebimento, em que se faz necessária a checagem da temperatura dos imunológicos e verifica-se as condições da caixa térmica. Depois disso temos o processo de transporte, onde a temperatura se torna o aspecto mais vulnerável e um dos principais fatores que podem impactar na estabilidade das vacinas. E devido a isso, cada vacina tem a sua peculiaridade. O armazenamento dos imunológicos também se torna essencialmente importante, já que, em sua maioria, são refrigeradas entre +2°C a +8° C, em refrigeradores exclusivos, para que mantenha-se a devida conservação. O processo segue com o manuseio dos imunológicos, que devem ser feitos corretamente para que as vacinas sejam conservadas, e assim possa ser feita a distribuição (SAÚDE, 2017a).

2.3 Covid-19

Figura 2 – Corona Vírus

Raio x do coronavírus

Formato de coroa em sua estrutura deu origem ao nome



FONTE: <https://g1.globo.com/ciencia-e-saude/noticia/2020/02/16/oms-diz-que-coronavirus-ja-matou-1669-pessoas.ghtml>

No final de 2019, a Organização Mundial da Saúde (OMS) em seu escritório na China relatou

um conjunto de casos de pneumonia na cidade de Wuhan, na China, e uma semana depois foi identificado um novo coronavírus, e a OMS nomeou esta doença de COVID-19. Um total de 19 contaminados foram confirmados e todos os procedimentos de estudo foram feitos. Cada paciente participou voluntariamente e forneceu o consentimento informado assinado. Foram então coletados quatro tipos de amostras: zaragatoas orofaríngeas, sangue, amostras de urina e fezes dos 19 participantes para detecção de ácido nucleico (XIE et al., 2020).

Com o surgimento do coronavírus, métodos utilizando IoT que facilitam no cuidado com testes para que não sejam prejudicados e a conservação de uma eventual vacina e sua distribuição para a população será de suma importância para o controle dos dados em todo o processo (NOVEL et al., 2020).

2.4 Estudos de Caso

Algumas aplicações de relevância ao campo de estudo e aplicação do trabalho, soluções que serviram de estudo e referência para comprovar a relevância da aplicação e as tecnologias mais usadas no processo de monitoramento e transporte da cadeia de frio.

Monitoramento de temperatura das cadeias de frio de medicamentos, vacinas e amostras biológicas para garantir a qualidade, identificando fatores que o afetam, utilizando-se de dados coletados com o suporte de IoT, demonstrando que a posição do sensor na caixa térmica afeta o monitoramento de temperatura. As informações coletadas são utilizadas, além da supervisão, para tomada de decisões e apoio do processo de transporte, proporcionando o controle da cadeia de frio.

O principal problema identificado é que os medicamentos, vacinas e amostras biológicas, durante o transporte, podem ser expostos a perturbações de temperatura. Como resultado, a qualidade pode mudar rapidamente em caso de condições inadequadas de temperatura durante o transporte e armazenamento. Outro fator que pode interferir são sensores de temperatura que podem não ser adequados (MONTELEONE, 2017).

LIYANAGE et al. (2014) apontam que melhorar a vigilância de dados de rotina por meio da análise de dados e descrever com *Big Data* e métodos analíticos relacionais que podem ser aplicados para avaliar os benefícios e riscos das vacinas, usufruindo-se dos dados coletados para melhorar a saúde. Utilizando o *Big Data* e levantando novos dilemas éticos, seus métodos de análise trazem recursos complementares em tempo real para monitorar epidemias e avaliar o equilíbrio risco-benefício da vacina.

RODRIGUES (2018) aponta que as salas de vacina apresentam problemas de conservação dos imunológicos, e se faz necessário buscar a prevenção de alterações na temperatura de armazenamento das vacinas tanto para diminuir gastos como para assegurar que estas estejam plenamente potentes e eficazes na hora da aplicação. E para isso se dá uso de Iot para o armazenamento,

controle e dispensação de vacinas em postos de saúde ou outros ambientes em que elas sejam utilizadas com foco em um sistema baseado em Internet das Coisas (IoT) para aprimoramento dos processos de controle, aquisição e manipulação de dados de imunobiológicos na cadeia de frio em postos de saúde.

No planejamento da entrega de vacinas, é preciso ser considerado a demanda de atendimento dos clientes, as restrições da cadeia de frio, o número e a capacidade dos veículos necessários para a distribuição. Para contornar isso, desenvolver um mecanismo de cadeia de fornecimento para fornecer vacinas a vários clientes de uma forma bem otimizada, de modo a reduzir qualquer desperdício adicional e custo de transporte das vacinas para resolver o problema de planejamento da distribuição de vacinas, propondo algoritmos e usando IoT para melhorar a eficiência da cadeia de fornecimento de vacinas (GHAROTE et al., 2015).

Vigilância de tecnologias de saúde com intuito de fazer a consolidação, análise, tratamento e a disseminação de informações. Faz o processo de acompanhamento do comportamento das tecnologias por meio de notificação eletrônica a fim de ampliar o acesso dos colaboradores a esta atividade consolidar uma visão sistêmica do tratamento das não conformidades, buscando a melhoria da qualidade do registro e quantidade das notificações realizadas com foco em vigilância sanitária a fins de monitoramento das ocorrências (SILVA; BARBOSA, 2014).

Com o objetivo de alcançar a agricultura sustentável, tenta-se estabelecer um sistema de rastreabilidade do produto. Com as marcas rastreáveis, todas as informações de produtos agrícolas podem ser consultadas através dos registros dos agricultores sobre a produção e vendas através da rede de informações de rastreabilidade de segurança de produtos agrícola para confirmar se os registros de produção estão em conformidade com os requisitos. Essas organizações certificadas inspecionam produtos agrícolas por meio da amostragem de produtos, e cada lote inspecionado é registrado e rastreado sob a supervisão.

O problema é que os registros de rastreabilidade do produto são criados através de entradas manuais, então a exatidão não pode ser assegurada. Portanto, o estudo desenvolve um sistema de rastreabilidade de produção agrícola baseado na tecnologia da Internet das Coisas, que permite ao próprio sistema criar registros de produção em tempo real e os agricultores podem se concentrar em seu trabalho de cultivo (JIANG et al., 2017).

Desenvolvimento de um sistema de informação para enfermagem neonatal baseado na IoT, de acordo com a situação da enfermagem neonatal no hospital. O sistema é um aplicativo complexo que utiliza RFID, sensores, Zigbee, Wi-Fi e outras tecnologias, que inclui três seções: monitoramento ambiental de enfermarias neonatais, gerenciamento de informações neonatais e rastreabilidade de informações neonatais. A aplicação do sistema tem o intuito de reduzir erros médicos, evitar riscos médicos e realizar gerenciamento científico, melhorando o nível de gerenciamento no hospital (WANG et al., 2013).

Avaliar a integridade da cadeia de frio da vacina e identificar os fatores locais que afetam a integridade da cadeia de frio da vacina nas práticas gerais de enfermagem. Auditoria de todos os refrigeradores de vacinas em uso naquele momento no local de instalações de armazenamento de vacinas de clínica geral em áreas urbanas e rurais da região. Adesão a práticas aceitáveis de gerenciamento de cadeia de frio da vacina e manutenção das temperaturas da geladeira dentro da faixa recomendada (CARR et al., 2009).

Componentes e aplicação de IoT em saúde, com arquitetura baseada em nuvem, segurança e interoperabilidade em arquitetura e desafios e efeitos de IoT em saúde para serviços domiciliares em saúde para monitoramento de pacientes, incluindo a capacidade de troca de informações, diminuição da permanência na hospitalização e custos com saúde. Os principais desafios de IoT na área de saúde foram questões de segurança e privacidade. Apresentam-se vários meios de aplicação para fazer a comunicação e envio de dados, desde mobile até tratamento de dados (AHMADI et al., 2018).

Comunicação em tempo real dos dados de vigilância e do gerenciamento de casos de Ebola. Validação da possibilidade de carregar dados obtidos pela Internet do dispositivo de Internet que monitora os registros de dados de chamadas da empresa, o censo demográfico nacional, sistema de transporte nacional e bancos de dados de produção de vacinas contra Ebola em uma plataforma Blockchain para conduzir rastreamento de contato Ebola em tempo real. Vigilância padrão de transmissão e entrega de vacina. Dados de mobilidade obtidos por IoT de sistemas de transporte. Enquanto os dados de celular fornecem uma oportunidade única para quantificar a mobilidade humana, o sistema Blockchain amplia essa oportunidade, tornando os dados acessíveis a muitos atores em tempo real (KANGBAI et al., 2018).

CANTANHEDE; SILVA propuseram o uso de IoT para conexão de diversos dispositivos com intenção de realizar a coleta e acompanhamento de informações em um cenário hospitalar. Monitoramento do ambiente por meio de técnicas de Iot, promover o controle e gerenciamento a partir dos dados obtidos, provendo o desenvolvimento e aplicação.

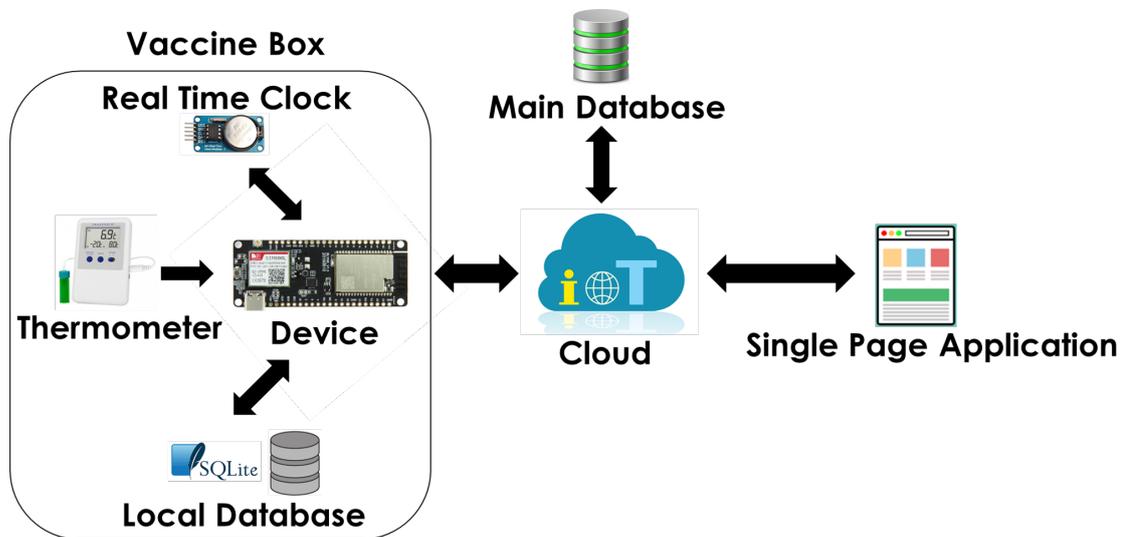
3 Materiais e Métodos

Neste capítulo foram abordados os materiais e métodos utilizados para desenvolver a solução proposta. A arquitetura do sistema proposta é apresentada em detalhes. Posteriormente foi abordado os materiais e métodos utilizados para desenvolver o dispositivo.

3.1 Arquitetura do sistema

O sistema dispõe de um recipiente contendo vacinas, já refrigerado segundo as normas para armazenamento e transporte de vacinas, onde será inserido anexo a caixa um dispositivo microcontrolador contendo um termômetro e um *Real Time Clock* (RTC), que fizeram a coleta dos dados e transmitiram para um banco de dados local, como *backup*, e para nuvem. Utilizando as técnicas de IoT, os dados serão transmitidos para um banco de dados principal que armazenou todos os dados do processo de transporte: vacinas, temperatura, localização, trajeto e destino, entre outros. Por fim, foi disponibilizado uma interface com as informações necessárias para que possa ser feita a supervisão da distribuição das vacinas de forma eficiente, como mostrado na Figura 3.

Figura 3 – Arquitetura do projeto



FONTE: Autoral

O dispositivo microcontrolador coleta as informações do termômetro e a um passo pré-determinado de 5 minutos, é feita a transmissão dos dados. Em caso de indisponibilidade de rede, os dados são salvos em um banco de dados local para que não sejam perdidas essas informações, e assim sendo transmitidos no momento em que o dispositivo recuperar a conexão, mandando os dados para a nuvem. No caso de rede disponível, os dados já são mandados direto para a nuvem. Ao serem mandados esses dados para nuvem, eles foram salvos em um banco de dados principal, que contem dados não somente vindos do dispositivo, mas de toda a aplicação.

As variáveis a serem monitoradas são não somente as de temperatura e localização, das quais são vindas do dispositivo, mas também relacionadas com o tipo de vacinas que estão sendo trans-

portadas, seu local de destino, uma referência com os dados do transporte que está encarregado das vacinas, datas de fabricação e validade das vacinas dentro das caixas, associações também às informações das enfermeiras encarregadas a determinadas caixas e envolvida em qual aplicação para a distribuição de vacinas, informações de contato e tempo de destino, abortando assim toda a aplicação de transporte e distribuição de vacinas dentro da cadeia de frio.

Com o monitoramento da cadeia de frio feito, temos uma SPA responsável por monitorar todas as variáveis do processo. Essa interface serve de acesso rápido para que o usuário monitore as informações e interfira nos dados passíveis de alteração, disponibilizando assim o controle de todo o processo, interagindo com o banco de dados e com a aplicação em seu todo.

3.2 Metodologia

Para a realização do **primeiro objetivo específico** ("*Estudo sobre cadeia de frio e boas práticas no transporte de vacinas*"), foram necessárias a realização das seguintes tarefas:

- Levantamento Bibliográfico sobre cadeia de frio e transporte de vacinas;
- Levantamento do hardware para desenvolver o sistema;
- Estudo do material bibliográfico.

No **segundo objetivo específico** ("*Proposta e construção do hardware para o sistema*"), serão necessárias as seguintes tarefas:

- Levantamento e estudo dos melhores microcontroladores disponíveis no mercado;
- Estudo das características de *hardware* que se adequam às requisições do projeto;
- Montagem do dispositivo.

Para o **terceiro objetivo específico** ("*Levantamento da melhor maneira de dispor os dados para que sejam analisados*") tem-se as seguintes tarefas:

- Levantamento dos melhores *softwares* disponíveis para efetuar a análise dos dados;
- Avaliar os meios para transmitir os dados para o *backend*.

No **quarto objetivo específico** ("*Montar uma interface para o monitoramento de todas as variáveis no processo*") as tarefas são as seguintes:

- Análise de como fazer a requisição dos dados para fazer a mostragem;
- Definir acesso e relação entre as bases de dados.

Para o **quinto objetivo específico** ("*Comunicação entre hardware e software*") as seguintes atividades são necessárias:

- Levantamento dos meios para fazer a comunicação para a requisição dos dados transmitidos;
- Execução dos melhores métodos de medição e transmissão.

No **sexto objetivo específico** ("*Protótipo do dispositivo de monitoramento e documentação*") as seguintes atividades serão realizadas:

- Montagem do dispositivo para monitorar a temperatura e transmitir a localização da caixa de vacina;
- Validação do dispositivo em uma simulação real de transporte.

No **sétimo objetivo específico** ("*Documentação do projeto*") será:

- Relatório científico sobre tudo que foi estudado e desenvolvido.

3.3 Tecnologias

Para o desenvolvimento dos objetivos estabelecidos para o projeto, foram utilizadas as tecnologias apresentadas a seguir:

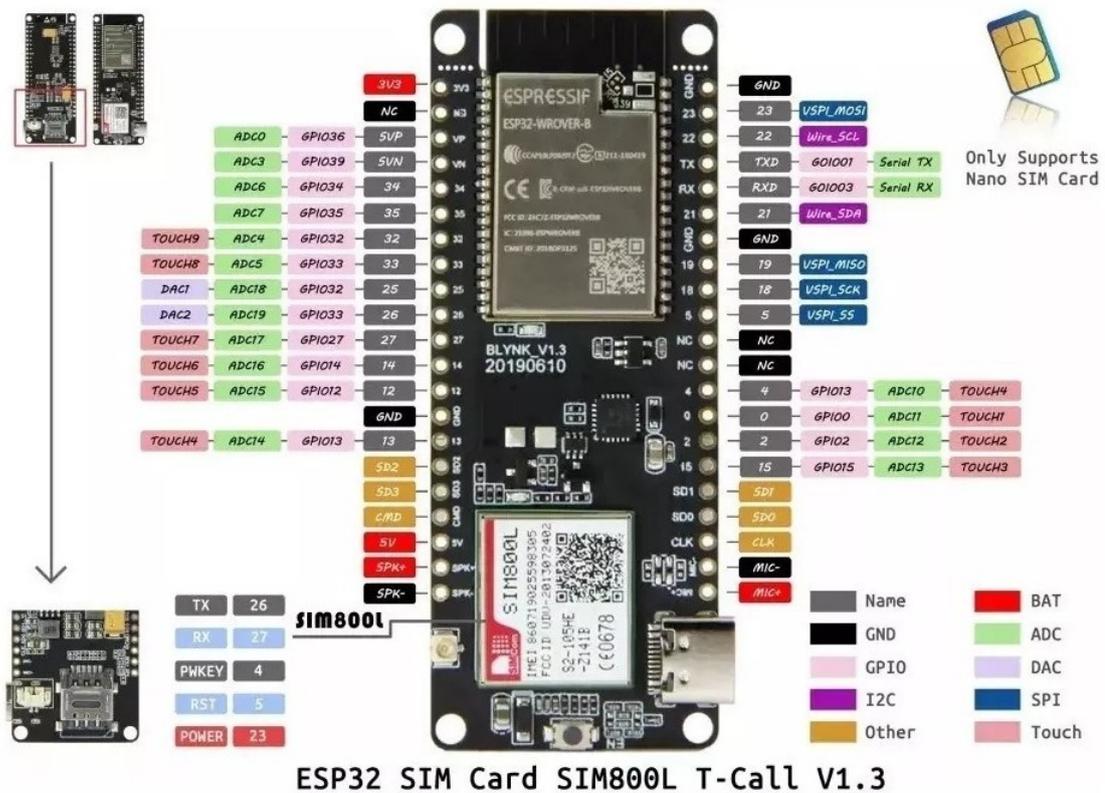
3.3.1 ESP32

Na Figura 4 é mostrado a ESP32, desenvolvida para projetos relacionados a Internet das Coisas e sistemas embarcados. A ESP32 é um equipamento de baixo custo e baixo consumo de energia dentro de uma série de chips de microcontroladores com Wi-Fi e recursos Bluetooth e uma estrutura altamente integradora em um único microprocessador, para uma ampla variedade de aplicações (MAIER; SHARP; VAGAPOV, 2017).

O ESP32 possui um poderoso microcontrolador de 32 bits com WiFi integrado, além de ser integrado com Arduino IDE e assim ter suporte a muitas bibliotecas compatíveis e vem com Bluetooth 4.2 (BLE). O ESP32 vem com cerca de 500 kBytes de memória SRAM, o que permite executar programas mais complexos. A série ESP32 emprega um microprocessador Tensilica Xtensa 32-bit LX6 com sistema dual-core e uma antena integrada. ESP32 foi criado e desenvolvido por Espressif Sistemas, uma empresa chinesa com sede em Xangai e é fabricado pela TSMC usando seu processo de fabricação de 40 nm (ESP32, 2020).

Como mostrado na Figura 4, o ESP32 possui o módulo SIM800L, capaz de disponibilizar muitas informações relacionados ao GPS do local à ser verificado, entre elas: latitude, longitude, altura em relação ao nível do mar, velocidade, satélites ativos e muitas outras configurações. Esse módulo pode transmitir informações de voz, SMS e dados com baixo consumo de energia. Ao utilizá-lo foi possível mandar as informações que queremos sem ter que estar conectado em uma rede WI-FI. A voltagem operacional do chip é em torno de 2,7 a 3V (KASHIMA, 2019).

Figura 4 – ESP32 com SIM800L



FONTE : https://http2.mlstatic.com/esp32-sim800l-modulo-sem-fio-antena-gprs-D_NQ_NP_62495-MLB3204742548092019-F.jpg

Para programar o dispositivo, foi utilizado Python, uma linguagem de programação de alto nível, interpretada, de script, imperativa, orientada a objetos, funcional, de tipagem dinâmica e forte. Para o uso dessa linguagem em microcontroladores, foi utilizado o MicroPython, uma implementação enxuta e eficiente da linguagem de programação Python 3, incluindo um subconjunto da biblioteca padrão do Python, desenvolvida para rodar em microcontroladores e em ambientes restritos (BARR; SMITH; RIXNER, 2012).

A MicroPython, é uma implementação da linguagem de programação Python 3 otimizada para operar em microcontrolador. A MicroPython é uma pequena placa de circuito impresso que executa a aplicação em *bare metal*. Além disso, entrega ao usuário um sistema de operação Python em baixo nível, o qual pode ser usado para controlar todos os tipos de projetos eletrônicos. O MicroPython já possui *port* para a utilização em placas da série ESP32 (NORRIS, 2016).

Ao utilizar o MicroPython para programar o dispositivo, foi feita a conexão com a ESP32 e desenvolvido um real time clock por software em linguagem python para parametrizar que as informações fossem enviadas de tempos em tempos. Havendo a conexão com a rede, o software envia os dados para a nuvem, que disponibiliza essas informações para a aplicação web. Não havendo conexão no momento do envio, o python salva a informação em um banco de dados local para que posteriormente sejam enviados todos esses dados para a nuvem, e assim nenhuma

das informações fossem perdidas.

3.3.2 PythonAnywhere

PythonAnywhere é um ambiente de desenvolvimento integrado (IDE) e serviço de hospedagem web baseado na linguagem de programação Python. Ele fornece acesso, por meio de navegador web, ao Python baseado em servidor e interfaces de linha de comando Bash, juntamente com um editor de código com realce de sintaxe. Arquivos de programas podem ser transferidos para e do serviço usando o navegador do usuário. Aplicações web armazenadas pelo serviço podem ser escritas usando qualquer framework de aplicações baseado em WSGI.

O PythonAnywhere tem como objetivo tornar o processo de hospedagem mais simples, permitindo que a concentração dos esforços fique na criação de aplicativos e funcionalidades para os usuários. Com isso, não há a necessidade de se preocupar com o gerenciamento do servidor na web ou em manter uma máquina linux, controle de segurança e dos logs da aplicação. O PythonAnywhere fornece de maneira rápida e integrada a hospedagem e manutenção de códigos para sites.

O PythonAnywhere facilita a criação e execução de programas Python na nuvem. É possível gravar programas em um editor baseado na Web ou executar uma sessão de console em qualquer navegador da Web moderno. Há espaço de armazenamento nos servidores, e possibilita preservar o estado da sessão e acessá-lo de qualquer lugar, sem necessidade de pagamento ou configuração do próprio servidor. O PythonAnywhere é executado em servidores super poderosos hospedados no Amazon EC2.

PythonAnywhere fornece um ambiente pronto para o uso - incluindo um editor de verificação de erros e realce de sintaxe, consoles Python 2 e 3 e um conjunto completo de baterias incluídas. A utilizar o PythonAnywhere, foi utilizado Flask, um pequeno framework web escrito em Python e baseado na biblioteca WSGI Werkzeug e na biblioteca de Jinja2. Flask está disponível sob os termos da Licença BSD e tem a flexibilidade da linguagem de programação Python e provê um modelo simples para desenvolvimento web.

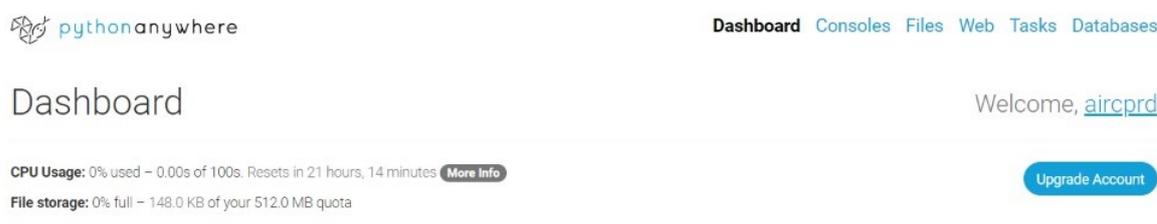
3.3.3 Desenvolvimento

Para desenvolver o projeto, foi desenvolvida uma API para serem transmitidos, salvos e disponibilizados os dados na nuvem, tanto para a aplicação web quanto para as interações com o dispositivo embarcado de monitoramento. A API foi desenvolvida interagindo informações com SQL, guardando dados sobre vacinas, as caixas térmicas, as enfermeiras e o transporte, com dados específicos para cada item.

Para as vacinas, inserimos informações pertinentes a aplicação, como o nome, efeitos colaterais, doenças as quais a vacina trata e faixa de idade que as vacinas são destinadas. Nas caixas, recolhemos as informações de temperatura, data de validade e quais vacinas estão armazenadas nestas caixas. Foram guardadas também informações sobre as enfermeiras, contendo o numero de telefone e email para contato. Por fim foi feito tabelas para indicar aplicações de transporte

e distribuição de vacinas, associando e coletando informações do meio de transporte, como o veículo e a sua placa, o endereço de destino, o horário em que o transporte deve chegar ao seu destino, a localização atual, que é atualizada em tempo real, as caixas que estão sendo carregadas no transporte e as enfermeiras encarregadas.

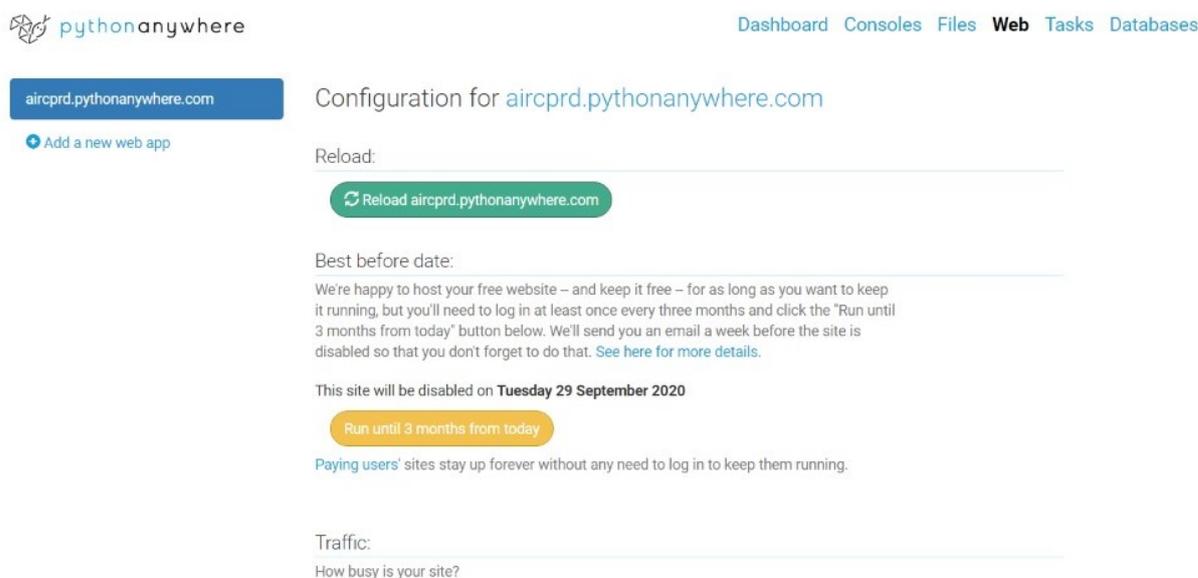
Figura 5 – Dashboard



FONTE: Autoral

Para que essas informações fossem disponibilizadas para o usuário, foi criada uma interface para que o mesmo pudesse interagir e monitorar as variáveis do processo de modo simples e eficaz. Foi utilizado então o PythonAnywhere para desenvolver a interface com a aplicação web e o banco de dados diretamente no servidor para que as variáveis pudessem ser monitoradas. Na Figura 5, é possível ver o ambiente de desenvolvimento usado para criação e hospedagem do site. Como pode ser visto, o ambiente disponibiliza não somente os dashboards, mas também consoles, os files para programação, o controle do site pelo web, tasks para controle de tarefas e os databases que interagem com a aplicação.

Figura 6 – Hospedagem



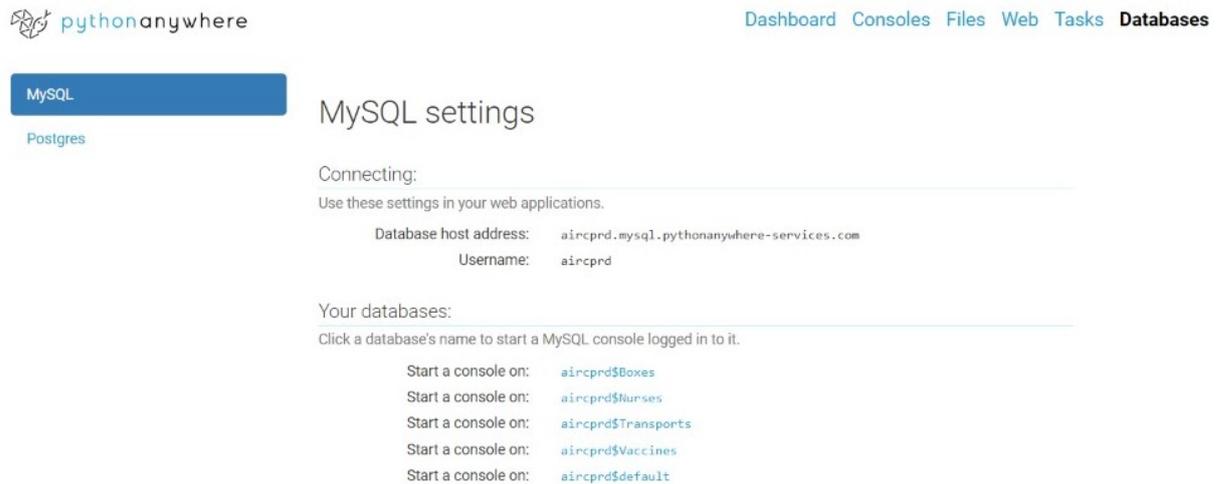
FONTE: Autoral

A Figura 6 mostra o ambiente de hospedagem da aplicação web, e nele é possível verificar e controlar controlar o tráfego do site, além de executar as atualizações e dar reconfigurar e carregar a aplicação no servidor, e verificar também o código, os arquivos de log e a segurança de

todo o processo. É possível também fazer backup para controle de versão e tirar e colocar no ar o site dependendo da necessidade e manutenção.

Na Figura 7, podemos ver os bancos de dados criados na aplicação MySQL do servidor, para que fosse possível salvar os dados da aplicação e disponibilizar as informações da API tanto para o sistema embarcado quanto para a SPA.

Figura 7 – Bancos de Dados

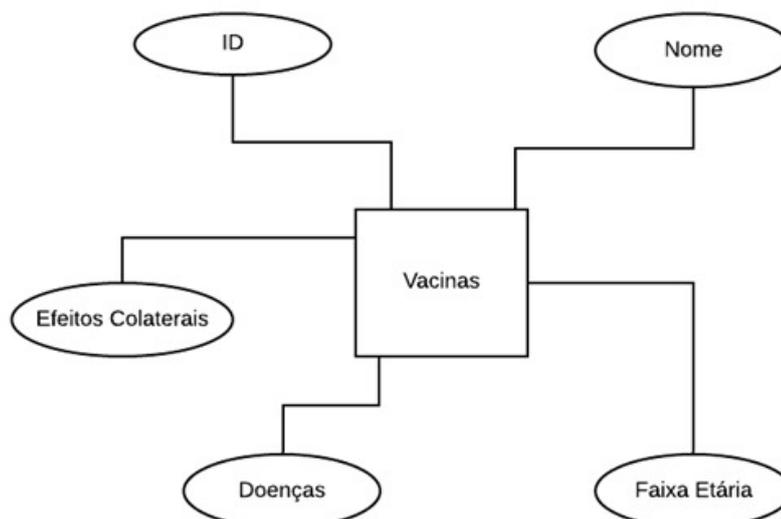


FONTE: Autoral

Ao longo do desenvolvimento da aplicação, foram atribuídas características específicas que eram relevantes para cada ponto do processo, então assim foi desenvolvido as relações de cada uma das variáveis do sistema a serem rastreadas e monitoradas.

A seguir é apresentado diagramas ilustrativos para o melhor entendimento de cada tabela e atributo, e como estão relacionados dentro do processo.

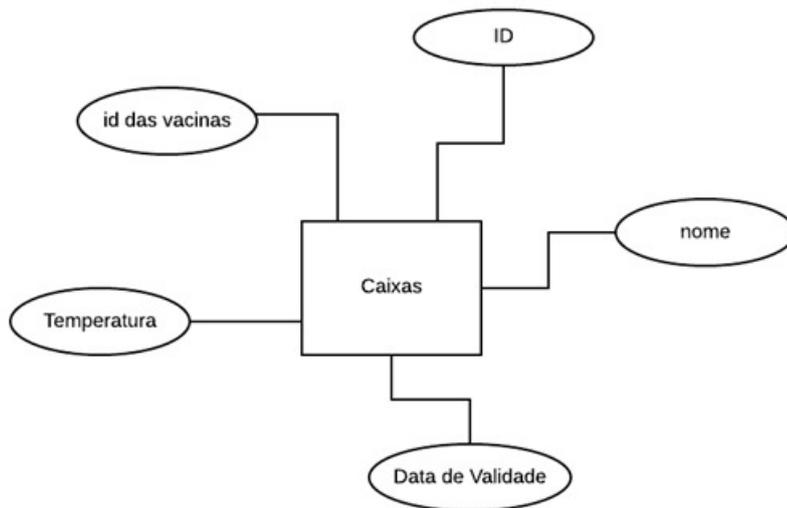
Figura 8 – Diagrama de chen das Vacinas



FONTE: Autoral

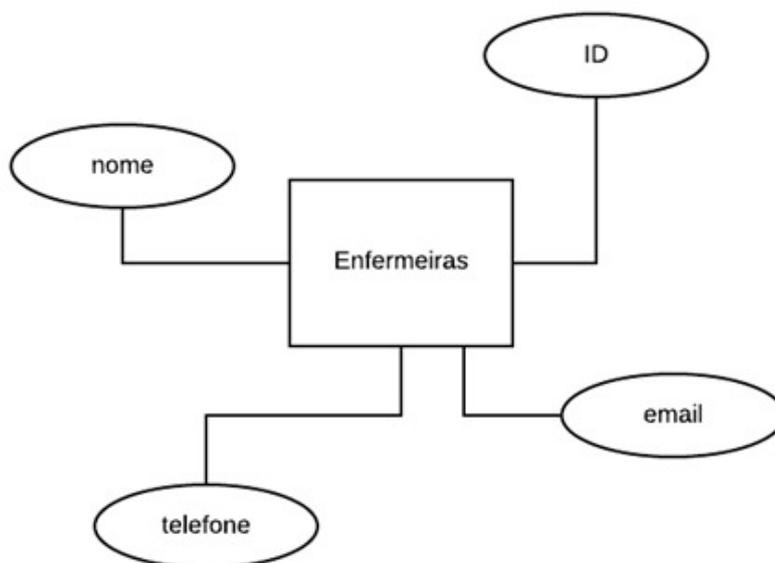
Na Figura 8, é possível observar a representação das vacinas. É ilustrado as associações relacionadas as vacinas. O id das vacinas, o nome agregado as vacinas, os efeitos colaterais que essa vacina causa, as doenças que a determinada vacina trata e a faixa etária a qual essa vacina é destinada.

Figura 9 – Diagrama representativo das Caixas Térmicas



FONTE: Autoral

Figura 10 – Diagrama representativo das Enfermeiras



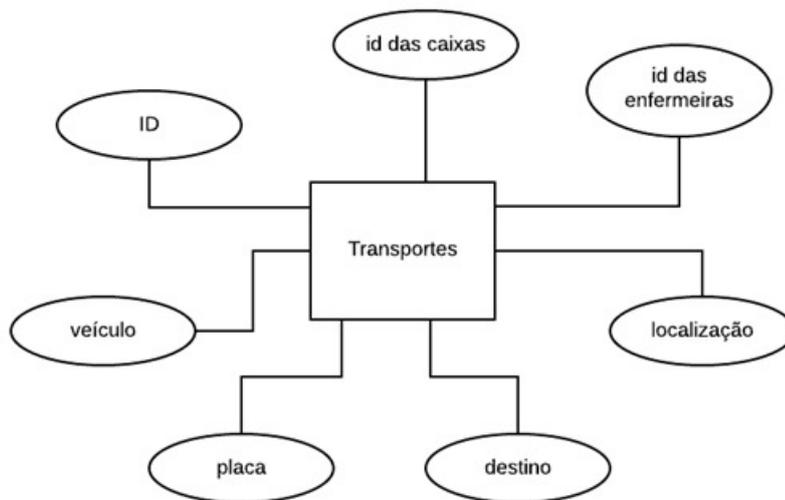
FONTE: Autoral

A Figura 9 ilustra as relações que possuem as caixas térmicas e os dados relacionados a ela. As caixas possuem um id de identificação, o nome que indica o tipo de caixa de vacina que está indicando, a temperatura da caixa de vacinas durante o processo de transporte, um id de

referencia a qual vacina está armazenada nesta caixa e a data de validade das vacinas que estão contidas dentro das caixas.

Na Figura 10, é possível observar o diagrama que representa as informações das enfermeiras. Nele está contido o id de identificação da enfermeira, o seu nome, o email e telefone para contato, caso seja necessário.

Figura 11 – Diagrama representativo dos Transportes



FONTE: Autoral

Por fim, na Figura 11, é representado o diagrama do transporte, o qual contém uma visão mais geral da aplicação. Nele está contido o id de identificação do transporte, o veículo que efetuou esse transporte, a placa do veículo, a localização atual para fins de monitoramento, o destino dos transporte dessas vacinas. Por fim, contém a lista de caixas que estão sendo transportadas e as enfermeiras encarregadas pelo transporte dessas vacinas, ambos referenciados pelo id.

Figura 12 – Json das Vacinas

```
const Vaccine = new Schema({  
  id: Number,  
  name: String,  
  sideEffects: [String],  
  disease: [String],  
  ageRange: String  
});
```

FONTE: Autoral

A Figura 12 representa o esquema de vacinas. Nesse esquema é possível observar o atributo "name", que guarda o valor do nome da vacina que está sendo representada, o atributo "sideEffects", contendo uma lista de efeitos colaterais que essa determinada vacina causa. O atributo

"disease" contém a lista de doenças as quais essa vacina está destinada, e por fim o atributo "ageRange", que indica a faixa etária de pessoas as quais é destinada essa específica vacina.

Figura 13 – Json das Caixas Térmicas

```
const Box = new Schema({
  id: Number,
  name: String,
  currentTemperature: String,
  expirationDate: String,
  vaccine: {
    type: Id,
    ref: 'Vaccine'
  },
});
```

FONTE: Autoral

Na Figura 13 é possível observar o esquema das caixas térmicas das quais armazenam as vacinas durante o transporte. O esquema das caixas possui o atributo "name", que atribui um valor de nome a caixa, usado para representar o tipo de caixa, já que existem mais de um tipo de caixas térmicas usados nesse tipo de transporte, com parâmetros específicos. O atributo "currentTemperature", que indica o valor atual da temperatura na caixa. O atributo "expirationDate" que representa a data de validade das vacinas contidas dentro da caixa. E é possível observar o id que referencia a vacina que está contida dentro da caixa térmica.

Figura 14 – Json das Enfermeiras

```
const Nurse = new Schema({
  id: Number,
  name: String,
  email: String,
  phone: String
});
```

FONTE: Autoral

Na Figura 14, é representado o esquema com as informações pertinentes a enfermeira. Nesse esquema tem o atributo "name", que indica o nome da enfermeira, o atributo "email", contendo o endereço de email para contato, e o atributo "phone", contendo o número de telefone para contato com a enfermeira durante o processo de transporte e outras atividades necessárias, caso fosse preciso.

Figura 15 – Json dos Transportes

```
const Transport = new Schema({
  id: Number,
  vehicle: String,
  licencePlate: String,
  destiny: String,
  localization: String,
  boxes: [{
    boxId: {
      type: Id,
      ref: 'Box'
    }
  }],
  nurses: [{
    nurseId: {
      type: Id,
      ref: 'Nurse'
    }
  }
]
});
```

FONTE: Autoral

Por fim, na Figura 15, é representado os dados do esquema de transporte, que envolve todas as variáveis do processo. Nele há os atributos de "vehicle", que indica o veículo que transporta as vacinas, "licencePlate" que contém a placa do veículo que transporta as vacinas, o atributo "destiny", que contém o local de destino do transporte de vacinas nesse processo. Possui o atributo "localization", que contém a localização atual do veículo de transporte, o atributo "boxes", contendo uma lista de valores de ids que referenciam as caixas que estão sendo transportadas, e o atributo "nurses", que contém a lista que referenciam as enfermeiras encarregadas pelo transporte e distribuição dessas vacinas.

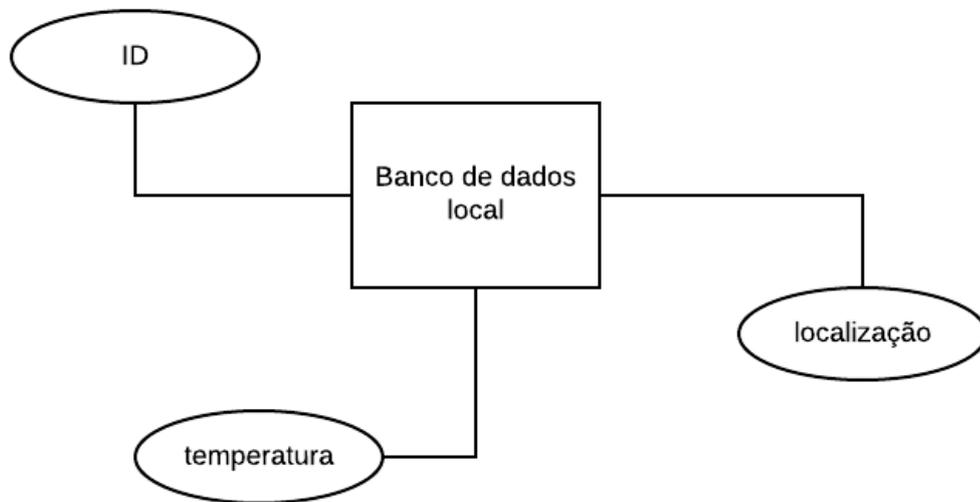
É importante observar que todas as variáveis tem um ID único, para que assim pudessem ser feitas corretamente as referências em toda a aplicação e monitoramento.

Todas essas variáveis se fizeram necessárias serem coletadas para que pudesse ser feito de forma eficiente o monitoramento da cadeia de frio.

3.4 Desenvolvimento embarcado

Foi escolhido 5 minutos entre cada ciclo para que não houvesse o envio de informações a todo momento, e assim fosse preservado o máximo possível a bateria que dá energia ao dispositivo. E o banco de dados local foi utilizado para que informações não fossem perdidas ao longo do processo devido a falta de rede.

Figura 16 – Diagrama de chen do banco de dados local



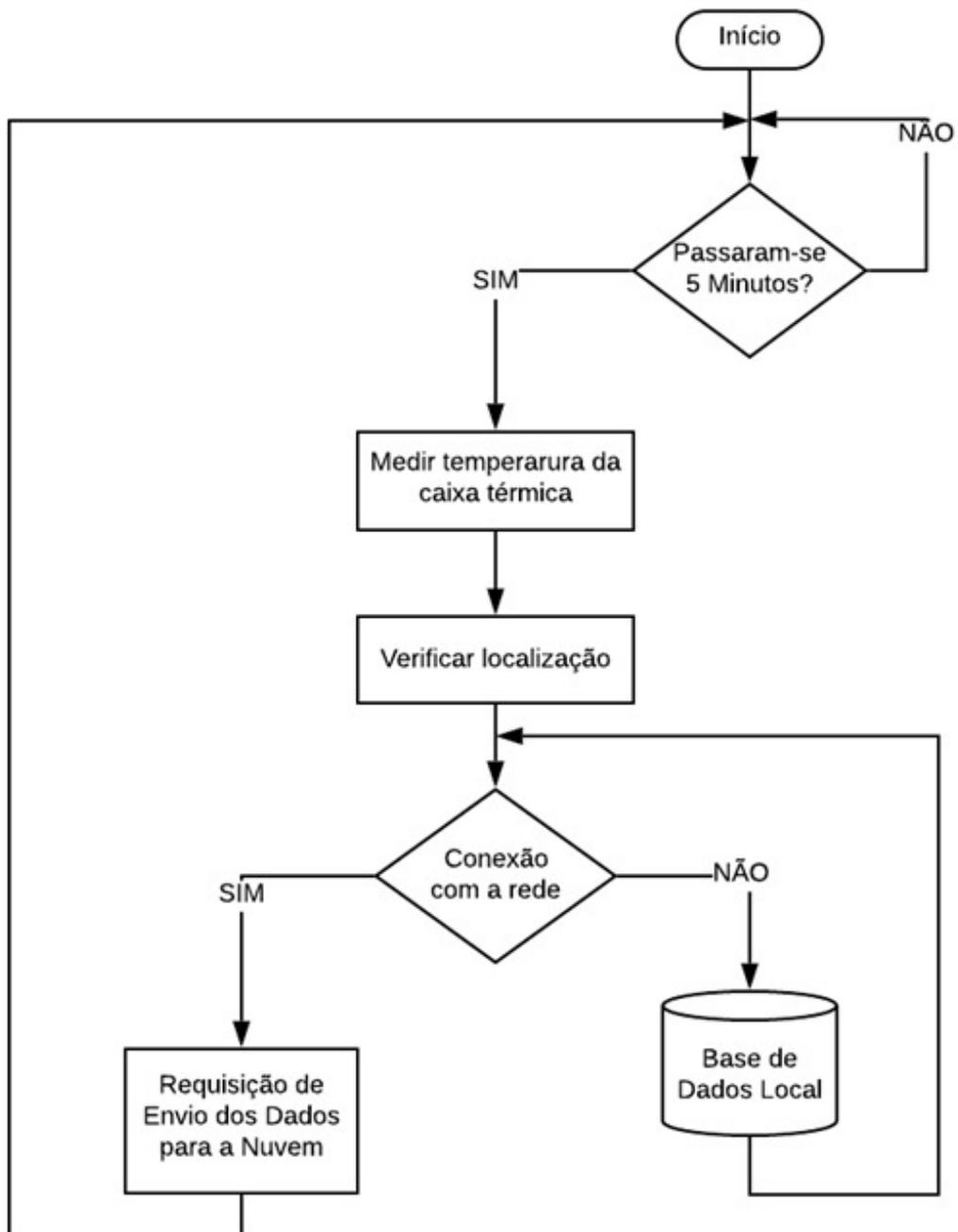
FONTE: Autoral

Na figura 16 é possível observar os dados pertinentes ao banco de dados local para que não houvesse perdas durante o monitoramento. No esquema desse banco temos um id identificação, a localização do transporte e a temperatura da caixa, para que pudessem ser enviados quando restabelecida a conexão com a rede e assim, não fossem perdidos dados no processo.

Como observado na Figura 17, ao dar início na aplicação, o programa verifica o passar de cinco minutos para fazer todo o ciclo. Ao se passar cinco minutos, o dispositivo mede a temperatura das caixas e verifica a localização do transporte. Ao dar sequencia ao programa, verifica-se a conexão com a rede, e se não estiver conectada, salvam-se os dados em um banco local e verifica-se a conexão novamente. Se estiver conectada o dispositivo a rede, é feita a requisição para o envio de dados a nuvem q recomeça o ciclo da aplicação. verificando a repetição de 5 em 5 minutos.

A seguir, na figura 18, é possível ter uma visão geral das variáveis do projeto, a qual diagrama ela pertence, o nome e o tipo da variável.

Figura 17 – Fluxograma da aplicação embarcada



FONTE: Autoral

Figura 18 – Tabela dos tipos de variáveis

Variáveis		
<i>Diagrama</i>	<i>Nome</i>	<i>Tipo</i>
Vacinas	ID	número inteiro único
	Name	texto
	sideEffects	lista de textos
	disease	lista de textos
	ageRange	tupla
Caixas	ID	número inteiro único
	name	texto
	currentTemperature	número real
	expirationDate	texto
	vaccineId	número inteiro
Enfermeiras	ID	número inteiro único
	name	texto
	email	texto
	phone	texto
Transporte	ID	número inteiro único
	vehicle	texto
	licencePlate	texto
	destiny	texto
	localization	texto
	boxes	lista de números inteiros
	nurses	lista de números inteiros
Banco de Dados Local	ID	número inteiro único
	temperatutre	número real
	localization	texto

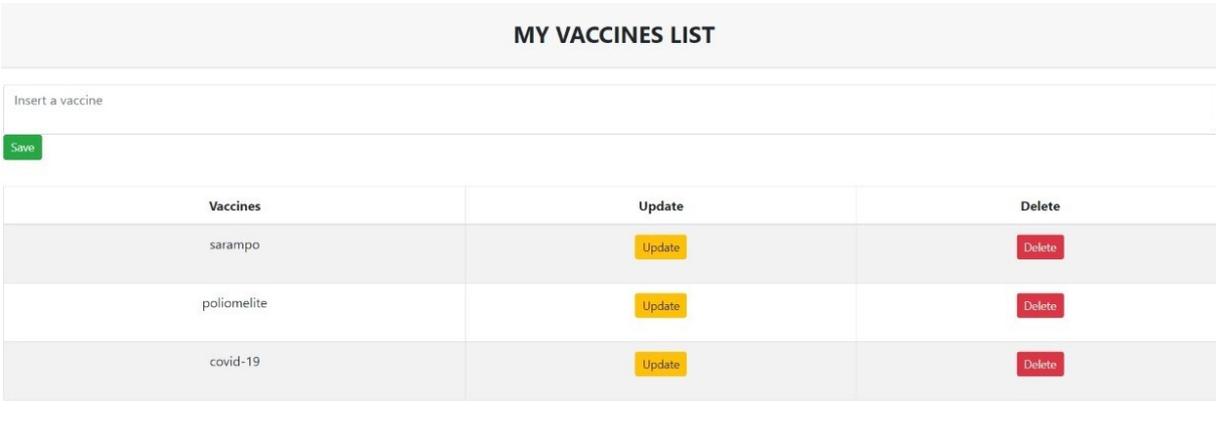
FONTE: Autoral

A primeira etapa foi utilizando a linguagem de programação Python para conectar o *device* com a nuvem por meio de requisições HTTP. Feito isso, se fez necessário coletar as informações de temperatura da caixa térmica, utilizando o sensor de temperatura LM35D2 representado na Figura 20.

Para efetuar as requisições foi desenvolvido um backend em node.js, mas devido a complicações de colocar essa aplicação em nuvem, foi feita uma refatoração e colocado no servidor uma aplicação *flask* utilizando *Pythonanywhere*, e conectada ao microcontrolador.

A seguir foi desenvolvido uma aplicação web para mostrar os dados recolhidos em uma SPA, como é mostrado na Figura 21, em que o usuário pode ver as variáveis do processo e monitorá-las.

Figura 21 – Single Page Application



Vaccines	Update	Delete
sarampo	Update	Delete
poliomelite	Update	Delete
covid-19	Update	Delete

FONTE: Autoral

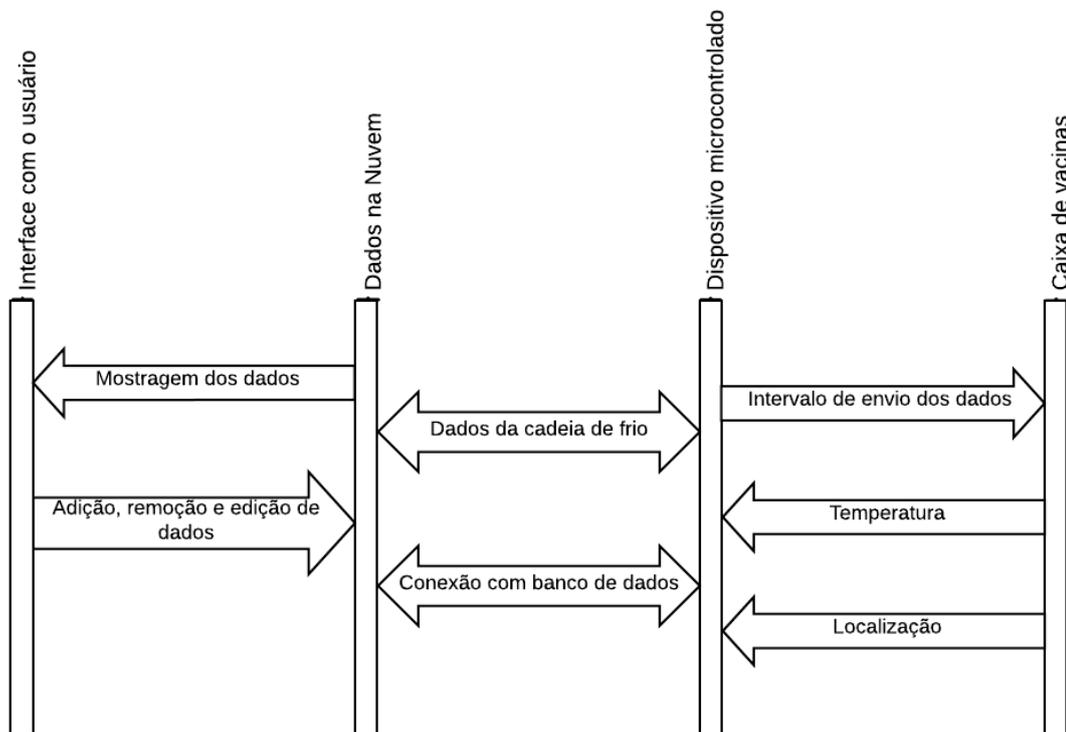
Na Figura 21, é possível observar o CRUD referente às vacinas, no qual possibilita ao usuário ler as vacinas disponíveis, adicionar, editar ou remover vacinas da aplicação, isso dependendo do acesso deste determinado usuário.

Feito isso, se fez necessário também transmitir a localização da caixa, então foi utilizado bibliotecas que obtinham latitude e longitude e transmitimos esses dados para a nuvem.

Para que não fosse perdido nenhum dado em caso de conexão ruim, implementamos um banco de dados local para que no momento em que fosse restabelecida a conexão com a rede, fossem transmitidos esses dados para nuvem, e não os perdêssemos.

Por fim programamos o dispositivo para que enviase as informações de tempos em tempos, para que assim otimizássemos o tempo de vida da bateria que estivesse alimentando o dispositivo. É possível ver o fluxo de uso da aplicação, em uma visão geral, na figura 22.

Figura 22 – Diagrama de Uso da Aplicação



FONTE: Autoral

5 Conclusões

Dos objetivos estabelecidos na Metodologia, do **primeiro objetivo específico**, foram realizados com êxito o levantamento bibliográfico sobre cadeia de frio e transporte de vacinas, estudo do material bibliográfico e levantamento do hardware para desenvolver o sistema.

Já no **segundo objetivo específico** foram feitos o levantamento e estudo dos melhores microcontroladores disponíveis no mercado e foram feitos os estudos das características deste hardware às requisições do projeto e com isso, em sequência, foi utilizado o microcontrolador esp32 juntamente com o sensor de temperatura LM35D2 para a montagem do dispositivo, porém os testes foram feitos apenas por simulações de temperatura em software, ficando pendente a utilização do termômetro para medir a temperatura do meio.

Durante o **terceiro objetivo específico**, ao serem feitos o levantamento dos melhores softwares para a análise de dados e os meios para que fossem transmitidos os dados para o *backend*, foi inicialmente utilizado node.js para recolher os dados da aplicação e armazená-los no banco de dados, inicialmente sendo o MongoDB. Contudo, devido a complicações na hora de colocar o *backend* do servidor, foi feita uma refatoração utilizando *pythonanywhere*, onde foi mais facilmente efetuada a hospedagem da aplicação no servidor, utilizando *flask* no *backend* e *mySQL* para armazenar as informações no banco de dados.

Em sequência, ocorreu o **quarto objetivo específico**, no qual foi feita a análise de como fazer as requisições dos dados para mostragem, com a utilização do *pythonanywhere* como *framework*, foi verificado que a utilização da linguagem SQL seria a melhor solução, pelo fato de ser provido pela hospedagem um banco de dados em mySQL. Com tudo, acabou que não foi definido acesso e relação entre as bases de dados.

No **quinto objetivo específico**, ocorreu o levantamento dos meios de comunicação para a requisição dos dados transmitidos e a execução dos melhores métodos de medição e transmissão, por meio de MicroPython, as informações recebidas pelo microcontrolador eram transmitidas para o servidor utilizando requisições HTTP, utilizando-se da rede móvel do dispositivo. Casos em que não houvesse rede no momento da transmissão não foram testados, mas foi feita um levantamento para que estes casos sancionados utilizando um banco de dados local, o SQLite, para que fossem armazenados esse dados e posteriormente enviados, assim não havendo perdas de informações no meio do processo.

Durante o **sexto objetivo específico**, a montagem do dispositivo para monitorar e transmitir a temperatura e localização da caixa de vacinas e validar o dispositivo em uma simulação real de transporte não foi executado pelo período de execução do trabalho coincidir com a pandemia devido ao corona vírus, impossibilitando assim tais testes em campo real.

Por fim, o **sétimo objetivo específico** referente ao relatório científico sobre tudo que foi estudado e desenvolvido foi executado.

Como trabalhos futuros, foi possível observar:

-
- Melhorar o modelo de dados para interligar todas as variáveis do processo.
 - Montar um kit para que o dispositivo possa ser acoplado às caixas térmicas de vacina.
 - Validar o dispositivo em uma situação real de transporte.
 - Refatorar o *frontend* para criar uma página com experiência mais agradável ao usuário.
 - Criar sistema de login e níveis de acesso para que seja feito o controle da aplicação.
 - Criar visualizações para facilitar a análise dos dados obtidos.

Referências

- AHMADI, H.; ARJI, G.; SHAHMORADI, L.; SAFDARI, R.; NILASHI, M.; ALIZADEH, M. The application of internet of things in healthcare: a systematic literature review and classification. **Universal Access in the Information Society**, Springer, p. 1–33, 2018. 18
- ANVISA. **ANVISA Agência Nacional de Vigilância Sanitária**. 2020. Disponível em: <<http://portal.anvisa.gov.br/vacinas>>. Acesso em: 10 jul. 2020. 13
- BARR, T. W.; SMITH, R.; RIXNER, S. Design and implementation of an embedded python run-time system. In: **Presented as part of the 2012 {USENIX} Annual Technical Conference ({USENIX}{ATC} 12)**. [S.l.: s.n.], 2012. p. 297–308. 22
- CANTANHEDE, R. F.; SILVA, C. E. da. Uma proposta de sistema de iot para monitoramento de ambiente hospitalar. **Anais da VII Escola de Computação e suas Aplicações-EPOCA**, 2014. 18
- CARR, C.; BYLES, J.; DURRHEIM, D. et al. Practice nurses best protect the vaccine cold chain in general practice. **Australian Journal of Advanced Nursing, The**, Australian Nursing Federation, v. 27, n. 2, p. 35, 2009. 18
- CHIODINI, J. Best practice in vaccine administration. **Nursing Standard (through 2013)**, BMJ Publishing Group LTD, v. 16, n. 7, p. 35, 2001. 10
- ESP32. 2020. Disponível em: <<https://www.espressif.com/en/products/socs/esp32/overview>>. Acesso em: 10 jul. 2020. 21
- GHAROTE, M. S.; SODANI, A.; PALSHIKAR, G. K.; TIBREWALA, P. A.; SAPROO, K.; BENDRE, A. Efficient vaccine distribution planning using iot. 2015. 17
- Guimarães, Keila. **Vacinação em queda no Brasil preocupa autoridades por risco de surtos e epidemias de doenças fatais**. 2017. BBC Brasil. Disponível em: <<https://www.bbc.com/portuguese/brasil-41045273>>. Acesso em: 18 dez. 2019. 10
- JIANG, J.-A.; LIN, T.-S.; WANG, C.-H.; LIAO, M.-S.; CHOU, C.-Y.; CHEN, C.-T. Integration of an automatic agricultural and livestock production management system and an agriculture and food traceability system based on the internet of things technology. In: **IEEE. 2017 Eleventh International Conference on Sensing Technology (ICST)**. [S.l.], 2017. p. 1–7. 17
- KANGBAI, J. B.; JAME, P. B.; SULAIMAN, M.; FOFANAH, A. B.; GEORGE, A.; BRIAMA, A.; MASSAQUOI, M.; MCBRAYER, J. L. et al. Tracking ebola through cellphone, internet of things and blockchain technology. **Current Research: Integrative Medicine**, Pulsus Group, v. 3, n. 3, 2018. 18
- KASHIMA, E. K. Plataforma de monitoramento mqtt. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2019. 21
- LIYANAGE, H.; LUSIGNAN, S. D.; LIAW, S.; KUZIEMSKY, C.; MOLD, F.; KRAUSE, P.; FLEMING, D.; JONES, S. Big data usage patterns in the health care domain: A use case driven approach applied to the assessment of vaccination benefits and risks. **Yearbook of medical informatics**, Georg Thieme Verlag KG, v. 23, n. 01, p. 27–35, 2014. 16

- MAIER, A.; SHARP, A.; VAGAPOV, Y. Comparative analysis and practical implementation of the esp32 microcontroller module for the internet of things. In: IEEE. **2017 Internet Technologies and Applications (ITA)**. [S.l.], 2017. p. 143–148. 21
- MELO, G. K. M. d.; OLIVEIRA, J. V.; ANDRADE, M. S. Aspectos relacionados à conservação de vacinas nas unidades básicas de saúde da cidade do recife-pernambuco. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, Coordenação-Geral de Desenvolvimento da Epidemiologia em Serviços/Secretaria . . . , v. 19, n. 1, p. 26–33, 2010. 13
- Ministério da Saúde. **Vacinação: quais são as vacinas, para que servem, por que vacinar, mitos**. 2017. Ministério da Saúde. Disponível em: <<https://www.bbc.com/portuguese/brasil-41045273>>. Acesso em: 18 dez. 2019. 13
- MONTELEONE, S. Análise dos fatores que afetam o monitoramento de temperatura na cadeia de frio de saúde por meio de internet das coisas: Sergio monteleone; orientação: Prof. dr. mauro sampaio. Centro Universitário FEI, São Bernardo do Campo, 2017. 16
- NORRIS, D. **Python for Microcontrollers: Getting Started with MicroPython**. [S.l.]: Mcgraw-hill Education-Europe, 2016. 22
- NOVEL, C. P. E. R. E. et al. The epidemiological characteristics of an outbreak of 2019 novel coronavirus diseases (covid-19) in china. **Zhonghua liu xing bing xue za zhi= Zhonghua liuxingbingxue zazhi**, v. 41, n. 2, p. 145, 2020. 16
- OLIVEIRA, V. C. D.; GUIMARÃES, E. A. d. A.; GUIMARÃES, I. A.; JANUÁRIO, L. H.; PONTO, I. C. Prática da enfermagem na conservação de vacinas. **Acta Paulista de Enfermagem**, Universidade Federal de São Paulo, v. 22, n. 6, p. 814–818, 2009. 14
- RODRIGUES, F. P. Desenvolvimento de sistema baseado em iot na cadeia de frio para administração de imunobiológicos em postos de saúde. **Revista Científica UMC**, v. 3, n. 3, 2018. 16
- SAÚDE, A. **Aquisição de Imunobiológicos**. Ministério da Saúde, 2017. Disponível em: <<https://www.saude.gov.br/saude-de-a-z/vacinacao/aquisicao-imunobiologicos>>. Acesso em: 02 jul. 2020. 15
- SAÚDE, A. **Rede de Frio**. Ministério da Saúde, 2017. Disponível em: <<https://www.saude.gov.br/saude-de-a-z/vacinacao/rede-de-frio>>. 14
- SILVA, N. D. M. D.; BARBOSA, A. P. Implantação de sistema de notificação eletrônica de tecnologias em saúde. **RAHIS**, v. 11, n. 4, 2014. 17
- WANG, D.; GE, W. C.; SUN, L. P.; LI, J. H. Neonatal nursing information system based on internet of things. In: TRANS TECH PUBL. **Applied Mechanics and Materials**. [S.l.], 2013. v. 401, p. 1927–1930. 17
- XIE, C.; JIANG, L.; HUANG, G.; PU, H.; GONG, B.; LIN, H.; MA, S.; CHEN, X.; LONG, B.; SI, G. et al. Comparison of different samples for 2019 novel coronavirus detection by nucleic acid amplification tests. **International Journal of Infectious Diseases**, Elsevier, 2020. 16

Apêndices

<https://github.com/rchipranski/coldchain>