**UNIVERSIDADE VIRTUAL DO ESTADO DE SÃO PAULO**

Diogo Gomes Lins

Dorivaldo Santos Vieira

Edneia do Nascimento Novaes

**Automatizando sistema de leitura de temperatura**

São Paulo - SP

2024

**UNIVERSIDADE VIRTUAL DO ESTADO DE SÃO PAULO**

**Automatizando sistema de leitura de temperatura**

Relatório Técnico-Científico apresentado na disciplina de Projeto Integrador para o curso de Engenharia da Computação da Universidade Virtual do Estado de São Paulo (UNIVESP).

São Paulo - SP

2024

LINS, Diogo Gomes; VIEIRA, Dorivaldo Santos; NOVAES, Edneia do Nascimento. **Automatizando sistemas de leitura de temperatura.** Relatório Técnico-Científico. Engenharia da computação – **Universidade Virtual do Estado de São Paulo**. Tutor: Carlos Eduardo Pereira Aguiar. Polo CEU Azul da cor do mar, 2024.

**RESUMO**

A qualidade dos produtos que você retira de um freezer advém de quanto tempo este equipamento mantém a temperatura estável, quanto tempo a qualidade do produto ali acondicionado suporta se o equipamento ficar desligado em caso de uma falha. O monitoramento e controle da temperatura desses equipamentos são problemas constantes. Diante dessa conjuntura surgem tecnologias como aliada fundamental. Sistemas automatizados e inteligentes propõem soluções revolucionárias para os problemas do cotidiano. O presente trabalho tem como objetivo produzir um framework para monitoramento da temperatura de freezers utilizando uma tecnologia de baixo custo, neste caso estamos falando do microcontrolador ESP 32, combinada com um sensor de temperatura de precisão LM35, software de compilação de código aberto Arduino IDE na versão 2.3.2, banco de dados MySQL, padrão de mensagens MQTT para Internet das Coisas (IoT), plataforma de nuvem para gerenciamento de dispositivos IoT Blynk, Node-Red uma ferramenta de programação para conectar dispositivos de hardware, APIs e serviços online, Google Docs para apresentação de documentos via web. A solução apresentou resultados satisfatórios, já que a leitura de temperatura não é uma novidade no mercado de softwares, porém, este framework conseguiu conciliar monitoramento de temperatura, visualização dos dados em tempo real, envio de dados para a nuvem, subsidiando assim dados analíticos dos equipamentos, mensagens em caso de anormalidade de temperatura. Os resultados obtidos através do framework trouxe agilidade na tomada de decisão sobre manutenção de equipamentos e melhora na qualidade dos produtos no ponto de vendas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Monitoramento de temperatura, IoT (internet das coisas); Cloud (nuvem); Framework, Visualização de dados.

**LISTA DE ILUSTRAÇÕES (opcional)**

Figura 1– Brainstorm 18

Figura 2– Brainstorm 18

**LISTAS DE TABELAS (opcional)**

Tabela 1 - Alguns problemas identificados 17

Tabela 2 - Alguns problemas identificados 17

**SUMÁRIO**

[1. Introdução 8](#_Toc179159662)

[2 Desenvolvimento 10](#_Toc179159663)

[2.1 Objetivos 10](#_Toc179159664)

[2.2 Justificativa e delimitação do problema 10](#_Toc179159665)

[2.3 Fundamentação teórica 11](#_Toc179159666)

[2.4 Metodologia 12](#_Toc179159667)

[2.5 Resultados preliminares: solução inicial 15](#_Toc179159668)

[Referências 16](#_Toc179159669)

1. Introdução

Segundo Roy J. Dossat (1961), a capacidade de controlar e manter temperaturas adequadas em equipamentos como freezers é fundamental para garantir a segurança alimentar, preservação de medicamentos e conservação de insumos sensíveis. A aplicação eficaz da refrigeração não apenas prolonga a vida útil de produtos perecíveis, mas também assegura a integridade de substâncias essenciais à saúde pública.

Segundo Farooq et al. (2015), com os avanços contínuos em tecnologia e uma inovação potencial a Internet of Things (IoT) está avançando numa crescente rede de computação global, onde tudo e todos estarão conectados à Internet. Os objetos inteligentes, em que segundo Santos et al. (2016), estes são instrumentos que possuem capacidade de comunicação e processamento aliado a sensores, que acabam por transformar a sua utilidade. Através dessas ferramentas que estão presentes na nossa sociedade atual, como também são acessíveis ao público em geral, é possível desenvolver soluções para os mais variados contextos, que englobam desde a indústria, a mecânica, a agrícola, até pequenas atividades que estão presentes na vida de milhões de pessoas ao redor do mundo.

O que foi proposto por Leva et al. (2010) é de grande valia para o estudo de dispositivos de controle de temperatura, existindo muitos aparelhos similares no mercado atual. O problema desses dispositivos é que eles funcionam de forma primitiva, geralmente com um display de 8 segmentos, que só exibe a temperatura desejada e não permite atividades mais complexas, como agendamentos de temperatura por intervalos do dia. Ademais, assim como Farooq et al. (2015) concluíram que a internet está caminhando para um nível onde tudo e todos estarão conectados, os dispositivos existentes não possuem conexão com nenhuma rede, funcionando de forma independente.

Este trabalho propõe um modelo de análise e visualização de dados utilizando sensores IoT (Internet of things) de monitoramento de temperatura em freezers. O objetivo é monitorar os dados que são coletados durante um período cíclico diário. O projeto é composto por três etapas, em que a primeira etapa é responsável pelo condicionamento dos sinais dos sensores efetuando a coleta dos dados. A segunda etapa é composta pela aquisição de sinal, desenvolvendo um módulo de digitalização e envio do sinal para um concentrador através de comunicação Wifi. A terceira etapa é o concentrador de dados e a plataforma de análise e visualização de dados, no qual são responsáveis por coletar os dados enviados pela aquisição, armazená-los e apresentá-los em uma plataforma Web. O estudo apresentou-se como uma boa solução para a análise e visualização de dados, tendo um tempo de resposta eficaz, mesmo quando operando com uma grande carga de dados. O modelo ainda pode ser melhorado, aperfeiçoando-o no processo de análise, e de limpeza dos dados que não são mais utilizados.

2 Desenvolvimento

2.1 Objetivos

Este trabalho propõe uma solução para a visualização e coleta de dados de temperatura de freezers. A partir dos dados coletados, é efetuada uma análise, para apresentá-los da forma mais clara possível.

Esses dados são enviados para uma base de dados na nuvem (cloud), e que então devem ser visualizados em forma de gráficos em tempo real. Já para consultas posteriores dos dados, também é desenvolvido um dashboard para estes dados, dividindo-os por intervalos de tempo, no qual são visualizados os dados mínimos, máximos e médios da temperatura, em forma de gráficos de linhas. Este trabalho deve apresentar uma solução para os seguintes objetivos específicos:

• Desenvolver um servidor web para coleta envio e organização dos dados;

• Organizar os dados de temperatura coletados pelos sensores;

• Enviar dados para as interfaces gráficas;

• Desenvolver um protótipo de visualização de dados;

• Desenvolver uma aplicação para visualização de dados em tempo real.

2.2 Justificativa e delimitação do problema

Inúmeros donos de estabelecimentos enfrentam desafios ao lidar com freezers do tipo motor compressor. O monitoramento, como também o controle da temperatura desses dispositivos são problemas recorrentes que afetam a conservação adequada dos produtos armazenados. Diante desse cenário, a tecnologia emerge como uma aliada fundamental. Sua aplicação inteligente permite propor soluções nos problemas cotidianos enfrentados por esses empreendedores. Neste contexto, o trabalho em questão apresenta um protótipo de um sistema usando o micro controlador ESP32, que visa indicar uma solução de baixo custo para resolver as questões de controle e gestão de temperatura em freezers.

A partir da monitoração realizada, é possível sugerir estratégias para atuar sobre a qualidade dos produtos comercializados e realizar avaliações das variáveis monitoradas, com atuação para o controle das condições de operação do freezer.

2.3 Fundamentação teórica

O sorvete teve origem em épocas muito antigas. Os chineses, há 3.000 anos, já utilizavam uma mistura de neve com sucos de frutas, o que seria a precursora dos sorvetes. O imperador romano Nero, por volta do ano 62 d.c., costumava enviar escravos até os Alpes para trazer neve, que era misturada com sucos de frutas e mel. Antes do ano 1.300, Marco Polo trouxe para o Ocidente várias receitas de sorvetes. Essa iguaria tornou-se popular na França, por volta de 1500, mas apenas entre a realeza. A nata foi introduzida como ingrediente e, por volta de 1700, as pessoas saboreavam uma sobremesa muito parecida com o sorvete de hoje. O congelador de sorvete com processador manual foi desenvolvido por Nancy Johnson em 1846. O gelo era disponível em grandes depósitos naquela época, por isso o sorvete passou a ser uma receita que podia ser saboreada por quase todos e não apenas pelos ricos. Com a descoberta das técnicas de congelamento, a fabricação de sorvete passou a ser feita sem o auxilio da neve. Por volta de 1800, vários cafés e restaurantes da Europa já serviam sorvetes. Em 1851, foi fundada a primeira fábrica de sorvete, em Baltimore. Alguns anos depois, com a introdução dos freezers, as sorveterias se espalharam pelo mundo todo. O negócio desenvolveu-se lentamente nas décadas seguintes. Os métodos de fabricação e os ingredientes melhoraram ao mesmo tempo em que a tecnologia de refrigeração tornou-se mais barata e mais eficiente. Por volta de 1920, os refrigeradores e congeladores domésticos se popularizaram, dando outro impulso á indústria do sorvete. O açúcar foi adicionado nos Estados Unidos durante a primeira guerra mundial, mas a indústria do sorvete convenceu o governo de que o sorvete era um “alimento essencial”, assim, porções de açúcar foram distribuídas entre as fábricas de sorvete e a produção continuou. Os gelados chegaram ao Brasil em 1834, quando dois comerciantes compraram gelo de um navio americano e fabricaram sorvetes com frutas brasileiras. Mas a produção industrial de sorvete no Brasil teve início somente em 1941, “sólida, congelada e aerada”, que tanto apreciamos.

O corpo, a textura, o sabor e a cor do sorvete são fatores importantes para a sua aceitação. As alterações desses parâmetros podem acarretar perda de qualidade. Um dos principais problemas é a elevação da temperatura de estocagem. Com a flutuação da temperatura, os pequenos cristais de gelo derretem e, ao se congelarem novamente, a tendência é aumentar de tamanho. Com isto, há comprometimento da estrutura cristalina original e o colapso das células de ar. Como consequência prática, o produto torna-se “arenoso”, perde a textura suave e diminui em volume. Portanto, o controle da temperatura de estocagem é o parâmetro fundamental na manutenção da qualidade do sorvete. O sorvete não deve ser estocado acima de -18°C e as flutuações na temperatura devem ser evitadas, pois afetam negativamente a textura do produto e contribuem para a desidratação superficial. Alterações de cor e sabor do produto podem ocorrer ao longo da estocagem, em função dos ingredientes utilizados para colorir e aromatizar o sorvete. Visto que muitos pigmentos são susceptíveis à oxidação e foto degradação e muitos componentes de aromas são oxidáveis, a necessidade de proteção contra a ação do oxigênio e da luz depende da estabilidade desses ingredientes. As boas condições de armazenagem, tanto a curto como em longo prazo, dependem da natureza de cada produto, do espaço de tempo em que ele deve ser mantido armazenado, e se o produto deve ser acondicionado ou não. Geralmente, as condições requeridas pela armazenagem em curto prazo são mais flexíveis que as requeridas pela armazenagem em longo prazo e, usualmente, são permitidas temperaturas de armazenagem mais elevadas (DOSSAT, R.J., 2004).

2.4 Metodologia

O desenvolvimento do sistema foi conduzido de acordo com um método sequencial e estruturado, seguindo uma abordagem próxima ao modelo em cascata, onde cada fase foi iniciada somente após a conclusão da anterior. De acordo com Sommerville (2011), essa abordagem é apropriada para projetos com requisitos bem definidos e estáveis, o que se alinha ao escopo do projeto proposto. A utilização desse modelo permitiu a obtenção de feedback das fases anteriores, promovendo melhorias e evolução contínua do produto, como sugerido por Pressman (2014). Essa estratégia proporcionou uma gestão eficiente do projeto, possibilitando respostas ágeis a desafios e ajustes necessários ao longo do desenvolvimento (Boehm, 2014). Inicialmente, houve o levantamento dos requisitos funcionais e não funcionais, com o objetivo de definir as funcionalidades que o sistema final deve apresentar. Em seguida, foram criados protótipos para direcionar o layout das telas, visando atender às necessidades definidas anteriormente, focando na facilidade em relação a usabilidade do sistema pelos seus usuários finais. A etapa seguinte focou na definição da estrutura de armazenamento de dados, estabelecendo a forma como as informações serão persistidas no sistema, como também prover de forma fácil e eficiente a recuperação das mesmas durante a codificação da aplicação. Posteriormente, a parte do cliente foi desenvolvida, incluindo a autenticação e a interface conforme os protótipos definidos na segunda fase. A comunicação cliente-banco também foi implementada nessa fase. Na sequência, foi produzido o hardware para monitorar a temperatura dos freezers e controlar o relé do motor em tempo real. Por fim, o sistema embarcado foi desenvolvido para integrar-se ao banco de dados e ao cliente, atendendo assim a todos os requisitos estabelecidos na fase inicial.

A natureza sequencial do modelo em cascata se alinha com as etapas distintas envolvidas no projeto, permitindo uma abordagem estruturada para garantir que cada fase esteja bem definida e implementada antes de progredir para a próxima. Devido a esse fato, foi o modelo escolhido para o desenvolvimento deste trabalho.

Para início do projeto de desenvolvimento, foi necessário desenvolver um dispositivo a ser acoplado no freezer, sendo que através dele deve ser possível obter a temperatura do dispositivo, Para essa finalidade foi escolhido o ESP32, devido às vantagens desse microcontrolador em relação ao contexto do projeto proposto, sendo elas: conexão com Wi-Fi, possibilidade de integração com outros dispositivos. Como a proposta do trabalho envolve a criação de um produto que apresente um custo reduzido, o ESP32 possui um custo bastante acessível, ao mesmo tempo em que provê soluções eficazes.

Sua versatilidade é notável devido à sua capacidade de lidar com múltiplas tarefas simultaneamente, oferecendo suporte para conexões Wi-Fi e Bluetooth, além de possuir a capacidade de integrar diversos periféricos, o que é uma tarefa extremamente descomplicada de ser feita neste dispositivo. Não menos importante, ele apresenta uma ampla documentação e disponibilidade de recursos online, o que facilita bastante a resolução de problemas de forma eficaz durante a implementação. O dispositivo, que pode ser observado na Figura XX, foi equipado com um de sensores de temperatura do modelo LM35, sendo um dispositivo digital de alta precisão, capaz de medir temperaturas com acurácia de +/- 0,5°C, podendo medir temperaturas entre -55°C e 150°C. Por utilizar uma interface de comunicação de apenas um fio, ele se torna uma ferramenta extremamente prática para integrar ao ESP32, devido a simplicidade de sua instalação. O conjunto pode ser observado na Figura XX.

Tendo sido essas funcionalidades implementadas, a próxima etapa foi integrar o dispositivo a uma rede Wi-Fi, pois dessa forma é possível sincronizar as informações referentes às solicitações do usuário, que são feitas por meio da interface do sistema. O ESP32 foi programado para realizar constantes publicações através do MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) para atender requisições do banco de dados.

A estrutura da comunicação entre a interface e o dispositivo acoplado ao freezer pode ser observada na Figura XX, operando de maneira bidirecional: tanto o cliente quanto o ESP32 realizam requisições ao MQTT Broker, possibilitando a transmissão de dados em ambas as direções. Essa abordagem viabiliza a troca de informações em tempo real, assegurando o monitoramento eficiente das temperaturas configuradas pelo usuário. Conforme delineado nas explicações anteriores, o protótipo desenvolvido está preparado para avançar para a fase de testes. Com a integração bem-sucedida entre a interface Angular, o dispositivo ESP32 e o MQTT Broker, foram estabelecidos uma estrutura funcional que possibilita o monitoramento da temperatura do freezer. Esse estágio marca um ponto crucial no desenvolvimento, abrindo caminho para a avaliação prática e aprimoramento do sistema, visando sua eficácia e desempenho em situações reais de uso.

O desenvolvimento do sistema foi conduzido de acordo com um método sequencial e estruturado, seguindo uma abordagem próxima ao modelo em cascata, onde cada fase foi iniciada somente após a conclusão da anterior. De acordo com Sommerville (2011), essa abordagem é apropriada para projetos com requisitos bem definidos e estáveis, o que se alinha ao escopo do projeto proposto. A utilização desse modelo permitiu a obtenção de feedback das fases anteriores, promovendo melhorias e evolução contínua do produto, como sugerido por Pressman (2014). Essa estratégia proporcionou uma gestão eficiente do projeto, possibilitando respostas ágeis a desafios e ajustes necessários ao longo do desenvolvimento (Boehm, 2014). Inicialmente, houve o levantamento dos requisitos funcionais e não funcionais, com o objetivo de definir as funcionalidades que o sistema final deve apresentar. Em seguida, foram criados protótipos para direcionar o layout das telas, visando atender às necessidades definidas anteriormente, focando na facilidade em relação a usabilidade do sistema pelos seus usuários finais. A etapa seguinte focou na definição da estrutura de armazenamento de dados, estabelecendo a forma como as informações serão persistidas no sistema, como também prover de forma fácil e eficiente a recuperação das mesmas durante a codificação da aplicação. Posteriormente, a parte do cliente foi desenvolvida, incluindo a autenticação e a interface conforme os protótipos definidos na segunda fase. A comunicação cliente-banco também foi implementada nessa fase. Na sequência, foi produzido o hardware para monitorar a temperatura dos freezers e controlar o relé do motor em tempo real. Por fim, o sistema embarcado foi desenvolvido para integrar-se ao banco de dados e ao cliente, atendendo assim a todos os requisitos estabelecidos na fase inicial.

A natureza sequencial do modelo em cascata se alinha com as etapas distintas envolvidas no projeto, permitindo uma abordagem estruturada para garantir que cada fase esteja bem definida e implementada antes de progredir para a próxima. Devido a esse fato, foi o modelo escolhido para o desenvolvimento deste trabalho.

2.5 Resultados preliminares: solução inicial

A integração bem-sucedida da interface com o ESP32 conectado ao Firebase proporciona um controle eficaz do motor do freezer, permitindo a manutenção da temperatura desejada pelo usuário. Essa solução oferece uma alternativa acessível e de baixo custo para o controle de freezers do tipo motor compressor. Ao unir tecnologia de interface, dispositivo embarcado e armazenamento de dados na nuvem, o sistema demonstra sua eficiência em gerenciamento remoto da temperatura dos freezers, tendo como objetivo promover condições ideais de armazenamento dos produtos de forma acessível e eficaz.

Como futuras melhorias, está prevista a integração de um display LCD para a visualização local da temperatura atual.

Referências

DOSSAT, R.J. **Principles of Refrigeration**. New Delhi: Isha Books, 2013.

FAROOQ, M. UMAR et al. **A review on internet of things (IoT).** International journal of computer applications, v. 113, n. 1, p. 1-7, 2015.

LEVA, ALBERTO et al. **Adaptive relay-based control of household freezers with on–off actuators**. Control Engineering Practice, v. 18, n. 1, p. 94-102, 2010.

MS Silva, R Silva, R Tozato - 2007 - sebrae.com.br

PRESSMAN, R. S. Engenharia de Software: uma abordagem profissional. 5. ed. Rio de Janeiro: McGraw-Hill, 2002.

SANTOS, BRUNO P. et al. **Internet das coisas: da teoria à prática.** In: Minicursos SBRC - Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores e Sistemas Distribuídos, v. 31, p. 16, 2016

SOMMERVILLE, I. Engenharia de software. 6. ed. São Paulo: Addison Wesley, 2003.

[https://bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS\_CHRONUS/bds/bds.nsf/18e69ee9eca639b33372eefdf6ecfb4e/$File/7574.pdf - visitado em 19/09/2024](https://bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/18e69ee9eca639b33372eefdf6ecfb4e/$File/7574.pdf%20-%20visitado%20em%2019/09/2024) - as 02:30