

SÃO PAULO TECH SCHOOL
BACHAREL EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO
GRUPO 3

Breno Otávio Silva Costa

Guilherme Silva de Oliveira

Lucas Miralha Augusto da Silva

Michel Tito Mascarenhas

Richard de Oliveira Barreto

Sensor de Temperatura para Controle na Cadeia de Frio de Carne

Monitoramento da Temperatura do ambiente de transporte de carne, para transmissão real e avisos em casos de latência nos dados e perigo à carga

SÃO PAULO

2025

1CCOB

Breno Otávio Silva Costa

Guilherme Silva de Oliveira

Lucas Miralha Augusto da Silva

Michel Tito Mascarenhas

Richard de Oliveira Barreto

Sensor de Temperatura para Controle na Cadeia de Frio de Carne

Monitoramento da Temperatura do ambiente de transporte de carne, para transmissão real e avisos em casos de latência nos dados e perigo à carga.

SÃO PAULO

2025

RESUMO

O projeto se baseia no Sensor de **Temperatura** (LM-35) simulando o **monitoramento** da cadeia de frio durante o **transporte** de **carne**, utilizando um sistema integrado à uma API para registrar os dados coletados pelo sensor em tempo real de forma organizada e catalogada de acordo com as necessidades da empresa. Com o principal objetivo de solucionar uma parcela dos problemas relacionados a este meio, no que diz respeito à perda de toneladas de alimentos, bem como obstáculos financeiros desencadeados por este processo, sendo um dos principais desafios para as empresas atualmente neste ramo, e consequentemente um dos mais prejudiciais.

Utilizando as tecnologias: Arduino Linguagem C++ (Possibilita a coleta de Dados via Sensor LM-35), HTML, CSS, Javascript/Node e API para o funcionamento da Dashboard, enviando, processando e posteriormente armazenando os dados coletados em uma base de dados MySQL.

Palavras-Chave: Temperatura, Monitoramento, Transporte, Carne.

ABSTRACT

The project is based on the **Temperature** Sensor (LM-35), simulating the **monitoring** of the cold chain during **meat transportation**. It uses a system integrated with an API to record the data collected by the sensor in real time, in an organized and cataloged manner according to the company's needs. The main goal is to address part of the issues related to this process, particularly the loss of tons of food and the financial obstacles triggered by this scenario — which represent one of the major challenges for companies in this industry and, consequently, one of the most harmful.

The technologies used include Arduino with C++ language (enables data collection via the LM-35 sensor), HTML, CSS, JavaScript/Node, and an API to operate the dashboard — sending, processing, and later storing the collected data in a MySQL database.

Keywords: Temperature, Humidity, Monitoring, Transportation, Meat

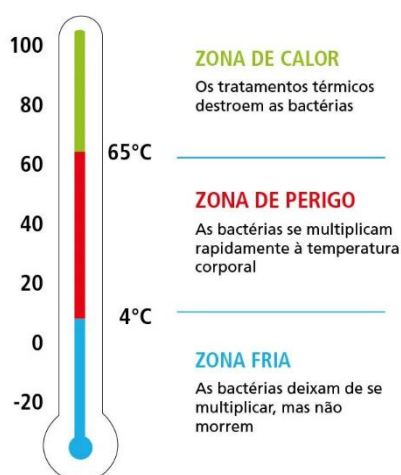
SUMÁRIO

CONTEXTO	6
Impacto Técnico-Econômico.....	7
Dados Críticos.....	7
Exigências Regulatórias	7
Sustentabilidade	8
OBJETIVO	8
JUSTIFICATIVA	9
Impacto Técnico-Econômico.....	9
ESCOPO.....	10
Arquitetura do Sistema	10
Especificações Técnicas	10
Critérios de Aceitação.....	10
Alertas e Monitoramento	10
Detalhamento e Estrutura Funcional do Sistema	11
Cronograma Detalhado.....	11
Critérios de Sucesso	12
SITE INSTITUCIONAL.....	13
DASHBOARD	14
STAKEHOLDERS	15
TECNOLOGIAS UTILIZADAS.....	16
PREMISSAS E RESTRIÇÕES.....	16
RISCOS	17
RESULTADOS ESPERADOS.....	18
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	19

CONTEXTO

O armazenamento e transporte de carnes exigem controle rigoroso de temperatura para garantir a qualidade e segurança alimentar.

Quando expostas a condições inadequadas, as carnes se tornam um ambiente propício para a proliferação de bactérias patogênicas, como *Salmonella* e *Escherichia coli*. Esses microrganismos podem se multiplicar rapidamente em temperaturas acima dos 4°C, com crescimento acelerado entre 10°C e 60°C – uma faixa conhecida como “zona de perigo”, onde a deterioração ocorre mais rapidamente e há maior risco de contaminação.



(Imagem Ilustra as Zonas de Conservação da Carne)

Dados da Organização Mundial da Saúde indicam que anualmente milhões de pessoas são afetadas por doenças alimentares, muitas das quais estão associadas a falhas no controle da temperatura de armazenamento e transporte de alimentos.

O custo dessa falta de controle é altíssimo, não apenas para as empresas, mas também para os consumidores, devido aos riscos à saúde e aos danos financeiros causados por perdas de produtos e interrupções na cadeia logística. Estudos indicam que até 30% dos defeitos em produtos manufaturados estão associados a falhas no controle de temperatura.

Apesar dessas exigências, muitas empresas ainda utilizam métodos manuais ou sistemas rudimentares para o controle dessas variáveis, tornando a resposta a problemas mais lenta e imprecisa. Além disso, a ausência de registros detalhados pode dificultar auditorias sanitárias e comprometer a rastreabilidade do produto ao longo da cadeia de distribuição.



(Sensor de Controle de Temperatura Atualmente Utilizado, sem Integração IOT)

Diante desse cenário, há uma necessidade crescente por soluções automatizadas e conectadas que permitam o monitoramento em tempo real das condições de transporte e armazenamento de carnes. Essas soluções garantem não apenas a segurança alimentar, mas também reduzem desperdícios, aumentam a eficiência operacional e asseguram conformidade com normas sanitárias.

Impacto Técnico-Econômico

- Sistemas similares reduziram 18% das perdas na Friboi (2022).
- Custo de Não Conformidade: Cada desvio térmico gera R\$ 5.000 em multas sanitárias.

O Brasil, líder global na exportação de carne bovina (25% do mercado mundial), enfrenta perdas anuais de 20% da produção devido a falhas na cadeia de frio, gerando prejuízos de R\$ 1 bilhão/ano.

Dados Críticos

- 15% das perdas ocorrem durante o transporte.
- A cada 5°C acima de 4°C, a taxa de crescimento de Salmonella dobra.
- Uma carga de 10 toneladas de carne perdida equivale a R\$ 250.000 em prejuízos.

Exigências Regulatórias

- Faixas Térmicas: Carnes frescas: -1°C a 4°C (RDC ANVISA 275/2002).
- Congelados: < -18°C (Ministério da saúde).

Além dos impactos financeiros e operacionais, esta solução também desempenha um papel fundamental na sustentabilidade. O desperdício de alimentos é um dos grandes desafios ambientais globais, contribuindo significativamente para a emissão de gases do efeito estufa.

Quando carnes são descartadas devido a problemas de armazenamento e transporte, não apenas há prejuízo econômico, mas também um impacto ambiental considerável, visto que toda a água, energia e insumos utilizados na produção desses alimentos são desperdiçados.

Além da forma de descarte muitas vezes por incineração e compostagem implementando um sistema eficiente de monitoramento, reduzimos a quantidade de produtos descartados, diminuimos a pegada de carbono do setor e contribuimos para uma cadeia de suprimentos mais sustentável e responsável.

Sustentabilidade

- 4,5 toneladas de CO₂ são emitidas por tonelada de carne desperdiçada.
- Redução de 15 toneladas no consumo de água por tonelada de carne.

OBJETIVO

O objetivo deste projeto é desenvolver uma solução baseada em Internet das Coisas (IoT) para o monitoramento contínuo da temperatura durante o transporte de carnes.

A solução permitirá a coleta de dados em tempo real por meio de sensores, dessa forma, o projeto visa contribuir para a segurança alimentar, reduzir prejuízos financeiros e facilitar a conformidade com as normas sanitárias, ao mesmo tempo em que melhora a eficiência do setor de distribuição de carnes. Desenvolver um sistema IoT para:

- Monitoramento em tempo real com medições a cada 2 minutos e latência máxima de 1 minuto para alertas.
- Integral Tempo-Temperatura (TTI): Cálculo automático da degradação térmica acumulada.
- Redução de 25% no tempo de resposta a incidentes comparado a métodos manuais. Funcionalidades-Chave:
- Alertas via push notifications para desvios ($> 4^{\circ}\text{C}$, $> 7^{\circ}\text{C}$, $< -9^{\circ}\text{C}$) Dashboard web com gráficos interativos e relatórios de conformidade.
- Armazenamento de dados.

Este projeto surge como uma resposta direta a esses problemas. Ao desenvolver uma solução de monitoramento em tempo real para temperatura, com alertas imediatos e acompanhamento detalhado por meio de relatórios históricos, buscamos evitar falhas

no controle que poderiam resultar em contaminações, prejuízos financeiros e danos à reputação das empresas.

JUSTIFICATIVA

Impacto Técnico-Econômico

- Sistema reduzirá em 10% das perdas. Que equivale a 250 Mil reais anualmente a cada 100 toneladas
- Custo de Não Conformidade: alerta antes de ocorrer uma não conformidade evitando assim os R\$ 5.000 em multas sanitárias por desvio térmico gerado.

Portanto, a implementação dessa solução tem um impacto direto e positivo, não apenas no aumento da eficiência operacional e na redução de custos, mas também na preservação da saúde pública e no fortalecimento da confiança do consumidor.

Ao prevenir danos, melhorar o controle logístico e garantir a conformidade com as normas de segurança alimentar, o projeto representa uma inovação essencial para o setor.

- Investir nessa solução não é apenas uma escolha inteligente;

Sendo uma medida essencial para garantir a competitividade no mercado, aumentar a eficiência operacional e proteger o seu negócio contra riscos financeiros e legais. A adoção desta tecnologia posiciona sua empresa como uma líder em qualidade e segurança, oferecendo um diferencial competitivo que pode ser decisivo na escolha de seus clientes e parceiros comerciais.

ESCOPO

Arquitetura do Sistema

- Sensores → Arduino (Serial) → API REST (Node.js) → MYSQL → Dashboard (HTML e CSS)

Especificações Técnicas

Componente	Detalhes
Sensores	LM35 (-55°C a +150°C)
Hardware	Arduino Uno
Software	Pentest Anual (ISO 27001) (Desejável)

Crítérios de Aceitação

- Suporte a 5 dispositivos IoT simultâneos.
- Uptime de 99% em ambiente produtivo.

Alertas e Monitoramento

O sistema enviará alertas seguindo os níveis:

- Nível 1:** Desvio de Temperatura (Abaixo da Temperatura Padrão)
- Nível 2:** Desvio de Temperatura (Acima da Temperatura Padrão)
- Nível 3:** Alerta Crítico (No caso de Temperatura Muito Acima)

A Dashboard irá exibir os alertas à nível de desvio de conformidade da cadeia fria, o objetivo é o envio com o intervalo de 2 minutos e diferenciar cada nível por uma cor específica, facilitando o entendimento aos indivíduos que realizarão o transporte.

Os alertas são gerados por um diagnóstico através dos dados coletados pelo sensor LM35 e parâmetros estipulados pela equipe desenvolvedora.

Detalhamento e Estrutura Funcional do Sistema

Sobre o detalhamento sobre as funcionalidades do Sistema às empresas:

Tarefa Nº	Descrição
1. Captura de Dados pelo Sensor	O sensor LM35 coleta os dados em tempo real dentro da cadeia de frio no veículo de transporte
2. Integração do Arduino	Placa Arduino Uno recebe os dados coletados e transmite conforme o estipulado via código
3. Transmissão pela IDE	O Software Arduino IDE recebe os dados da Placa Arduino Uno e através de uma API, transmite à Dashboard
4. Envio de Dados via API	API responsável pelo envio dos dados
5. Armazenamento de Dados	Base de Dados em MySQL responsável por receber os dados coletados e armazenar no sistema
6. API para Dashboard	API responsável pelo envio dos dados
7. Registro de Sensores	Conexão estabelecida pela empresa, para registrar os sensores integrados em cada transportador
8. Exibição na Dashboard	Dados exibidos na Dashboard via Gráficos, filtrando de acordo através de alertas e indicadores
9. Monitoramento de Alertas	Monitoramento e Gestão de Alertas
10. Filtragem de Dados	Filtragem de Dados para Exibição coesa na Dashboard, como uma segunda camada à Base de Dados

Cronograma Detalhado

Sprint	Duração	Entregáveis
1ª Sprint	4 Semanas	Projeto criado e configurado no GitHub Documento de Contexto de Negócio e Justificativa do Projeto Visão de Negócio (Diagrama) Protótipo do Site Institucional Tela de simulador financeiro Ferramenta de Gestão de Projeto configurada Requisitos populados na ferramenta Tabelas criadas no MySQL Instalação e Configuração IDE Arduino
2ª Sprint	4 Semanas	GitHub e Documentação Atualizados Planilha de Riscos Especificação da Dashboard Site Institucional Programado Dashboard Programada Cadastro e Login Programados Diagrama de Solução Ferramenta Trello Atualizada Backlog da Sprint Modelagem Lógica Script de Criação Simular Sensor + Gráfico Usar API Local Colocar Arquivo e MySQL na VM Validar Solução Técnica
3ª Sprint	4 Semanas	

Critérios de Sucesso

- KPIs Mensuráveis (Indicador Chave Desempenho):
- Redução de 30% nos alertas críticos em 3 meses.
- Tempo médio de resposta: ≤ 5 minutos.
- Conformidade com 100% das normas ANVISA/MAPA.


SITE INSTITUCIONAL

Sentinela

InicialSimulador | LoginCadastro

Sistema sentinela

Responsável pelo monitoramento inteligente de temperatura e umidade para transporte de carne bovina. Garantindo qualidade, segurança e redução de perdas através de alertas às empresas envolvidas.



Recursos Principais

Monitoramento em tempo real

Medições a cada 2 segundos com latência máxima de 1 minuto para alertas.

Sistema de alertas

Push notifications para desvios de temperatura e umidade fora dos limites ideais.

Dashboard interativo

Visualização clara e acessível de dados em tempo real e históricos.

Relatórios de conformidade

Geração automática de relatórios para conformidade com normas sanitárias.

Benefícios

Econômicos

Redução de 18% nas perdas de carga
Economia de R\$ 5.000 em multas
Diminuição de 25% no tempo de resposta

Sustentabilidade

Redução de 4,5 toneladas de CO₂ por tonelada de carne preservada
30% menos consumo de água/energia

Conformidade

Alinhamento à IN MAPA 62/2021
Conformidade com RDC ANVISA 275/2002

20%

Perdas anuais devido a falhas na cadeia de frio

R\$ 1 bilhão

Prejuízos anuais no setor

25%

Participação brasileira no mercado mundial

15%

Das perdas ocorrem durante o transporte

Entre em Contato

Nome

Email

Empresa

Mensagem

Enviar Mensagem

DASHBOARD



TECNOLOGIAS UTILIZADAS

- IoT: Arduino IDE.
- Web: HTML, CSS, Node.js.
- Segurança: Criptografia.
- Ferramentas: Figma, Trello

PREMISSAS E RESTRIÇÕES

Premissas

- Disponibilidade de Equipamentos: A solução será baseada no uso do sensor LM35 para medir a temperatura. Também será considerado o uso de um sensor adicional para medir temperaturas negativas, se necessário.
- Conectividade do Sistema: O sistema de IoT será capaz de se conectar à rede local ou à nuvem para garantir que os dados sejam transferidos em tempo real para a plataforma de monitoramento.
- Infraestrutura de Notificação: Será possível configurar e enviar alertas por e-mail ou push notifications de forma eficaz quando a temperatura ultrapassarem ou estarem abaixo dos limites definidos.
- Sensores: Sensores calibrados conforme ISO/IEC 17025 (termômetros NIST-traceable).
- Dados: Dados anonimizados seguindo LGPD Art. 5º.
- Local: A equipamento deve ser colocado no suporte adequado para o micro. Onde irá necessitar de internet e o suporte para os sensores.
- Estabilidade da Rede: A estabilidade da rede de comunicação entre os dispositivos IoT e o banco de dados é uma restrição, pois problemas de conectividade podem afetar a coleta e armazenamento de dados em tempo real.

Restrições

- Prazo: 6 meses (alinhado ao calendário acadêmico).
- Caso algum item armazenado no transporte acabe se deslocando, é passível que ele atrapalhe a medição do sensor.

RISCOS

Recursos Humanos:

- Atrasos de Integrantes da Equipe
- Ausência dos Integrantes na Aula
- Desligamento de Algum Integrante

Organização:

- Atrasos nas Entregas
- Falta de Sincronia entre a Equipe
- Falta de Comunicação entre a Equipe

Ferramenta:

- Disparidade Técnica entre os Membros
- Falta de Adaptação com Novas Ferramentas
- Integração entre Ferramentas

Entregas:

- Produtividade Ociosa

Documentação:

- Escopo Mal Definido
- Falha no Versionamento

Externos:

- Falha de Registros de Reuniões
- Falha de Recursos
- Falha Técnica

BACKLOG – SPRINT 2

- Projetos atualizado no GitHub / Documentação do Projeto Atualizada (Importante)
- Planilha de Riscos do Projeto (Essencial)
- Especificação da DashBoard (Importante)
- Site Estático Institucional – Local em HTML/CSS/JavaScript (Essencial)
- Site Estático DashBoard (Gráfico com ChartJS) - Local (Essencial)
- Site Estático Cadastro e Login – Local (Essencial)
- Diagrama de Solução (Essencial)
- Ferramenta de Gestão (Trello) atualizada (Importante)

- Backlog da Sprint (Essencial)
- Modelagem Lógica do Projeto v1 (Essencial)
- Script de Criação do Banco de Dados / Tabelas Criadas em BD local (Importante)
- Simulação da Integração do Sistema (Utilização do Sensor + Gráfico) (Essencial)
- Usar API local / Sensor (Importante)
- Instalação do MySQL na VMLinux e Inserção de dados no Arduino no MySQL na mesma máquina (Essencial)
- Validação de Solução Técnica (Importante)

RESULTADOS ESPERADOS

Com a implementação do Sistema Sentinela, com gestão de temperatura através da utilização do sensor LM35, os resultados ligados ao meio, tanto para a empresa fornecedora da carne, quanto para sua respectiva transportadora, sendo os resultados estimados:

- Redução de 30% nos alertas críticos em até 3 meses, a partir da automatização da coleta e do envio de dados em tempo real, trazendo respostas ágeis de alertas para tomar as medidas cabíveis antes da degradação da carne.
- Diminuição de 10% nas perdas anuais de cargas, o que representa uma economia estimada de até R\$ 250.000,00 por ano a cada 100 toneladas transportadas, considerando perdas anteriores por falhas térmicas.
- Redução do tempo médio de resposta para incidentes para até 5 minutos, em comparação a sistemas manuais que demandam horas ou até dias para detecção e resposta.
- Conformidade com 100% das normas sanitárias da ANVISA e MAPA, por meio da manutenção das faixas térmicas estipuladas:
 - Carnes resfriadas: entre -1°C e 4°C (RDC ANVISA 275/2002);
 - Carnes congeladas: inferior a -18°C.
- Monitoramento contínuo com intervalos de leitura a cada 2 minutos e alertas emitidos com latência máxima de 1 minuto, garantindo confiabilidade na detecção de desvios térmicos.
- Contribuição para a sustentabilidade, com redução de desperdício de alimentos, minimização da pegada de carbono (redução de 4,5 toneladas de CO₂ por tonelada de carne não descartada) e menor consumo de recursos naturais como água e energia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

<https://www.fao.org/home/en/>

<https://www.gov.br/anvisa/pt-br>

<https://www.jbs.com.br/>

<https://www.abiec.com.br/>

<https://www.sciencedirect.com/journal/food-microbiology>

<https://www.embrapa.br/>

<https://www.abrafrigo.com.br/>

<https://www.usda.gov/>

<https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/235770/001135812.pdf>

<https://blog.daryus.com.br/seguranca-da-informacao-e-iso-27001/>