



INSTITUTO FEDERAL  
SANTA CATARINA

# SISTEMA DE TELEMETRIA POR RFID ATIVO

Trabalho de Conclusão de Curso  
Especialização em Desenvolvimento de Produtos Eletrônicos

Aluno: Rafael Bidese  
Orientador: Prof. Samir Bonho  
Co-orientador: Romano Weirich



# Sumário

## **Introdução**

Indústria 4.0, incentivos do governo, aplicações de telemetria e mercado nacional

## **Projeto Informacional**

Cenários de aplicação, identificação e análise requisitos funcionais, e não funcionais

## **Projeto Conceitual**

Mercado, arquitetura do sistema e subsistemas, e escopo do projeto

## **Projeto Preliminar**

Definições dos componentes, estimativas de custo e de autonomia, e um estudo de caso

## **Prova de Conceito**

Protótipos, testes funcionais e avaliação da prova de conceito

## **Conclusão**

Fluxo de desenvolvimento, prova de conceito e resultados



# Disciplinas

1. **Interfaceamento** Eletrônico de Sinais
2. Introdução ao **Projeto de Desenvolvimento de Produtos**
3. Processamento Eletrônico de **Energia**
4. **Compatibilidade** Eletromagnética
5. Processos de **Fabricação**
6. Projeto de **Interface**
7. **Gestão** de Projetos
8. **Embarcados I**
9. **Comunicação** de Dados
10. Projeto de **TC**
11. **Embarcados II**
12. Tecnologias **Emergentes**
13. **Normatização** e Validação



INSTITUTO FEDERAL  
SANTA CATARINA

# Sumário

## **Introdução**

Indústria 4.0, incentivos do governo, aplicações de telemetria e mercado nacional

## **Projeto Informacional**

Cenários de aplicação, identificação e análise requisitos funcionais, e não funcionais

## **Projeto Conceitual**

Mercado, arquitetura do sistema e subsistemas, e escopo do projeto

## **Projeto Preliminar**

Definições dos componentes, estimativas de custo e de autonomia, e um estudo de caso

## **Prova de Conceito**

Protótipos, testes funcionais e avaliação da prova de conceito

## **Conclusão**

Fluxo de desenvolvimento, prova de conceito e resultados

# Introdução

## **Indústria 4.0**

Realidade na Alemanha desde 2011

No Brasil, 57% das pequenas e 32% das grandes empresas não reconhecem quais tecnologias poderiam ser úteis para alavancar a competitividade do setor industrial (CNI)

## **Incentivos do Governo**

Programa Indústria 4.0: disseminar o conceito para as empresas

## **Regulamentação**

RDC Nº 44 de 17 de agosto de 2009 da ANVISA: farmácias, drogarias e afins

Inciso X, alíneas a e b da RDC Nº 55 de 16 de dezembro de 2010 da ANVISA: distribuição

## **Sistema de Telemetria**

Realizar medições e disponibilizá-las para o gestor



# Introdução

## Aplicações de Telemetria

- Monitoramento de cadeia de frio: por lotes ou item
- Monitoramento de ambientes controlados: farmácias e centros de distribuição
- Monitoramento de cargas em armazéns

## Mercado Global

Rastreamento e monitoramento para transporte e armazenamento:  
de US\$ 148 bi em 2015, para US\$ 426 bi em 2022

Mercado de hardware: de US\$ 3 bi em 2016, para US\$ 6 bi até 2022,

Crescimento favorecido pelo ambiente estritamente regulado na indústria farmacêutica

# Sumário

## **Introdução**

### **Projeto Informacional**

Cenários de aplicação, identificação e análise requisitos funcionais, e não funcionais

### **Projeto Conceitual**

Mercado, arquitetura do sistema e subsistemas, e escopo do projeto

### **Projeto Preliminar**

Definições dos componentes, estimativas de custo e de autonomia, e um estudo de caso

### **Prova de Conceito**

Protótipos, testes funcionais e avaliação da prova de conceito

### **Conclusão**

Fluxo de desenvolvimento, prova de conceito e resultados

## Cenários de Aplicação

- Locais fechados com um tamanho médio entre 50 e 120 m<sup>2</sup>
- Centros de distribuição raio máximo de 50 m



Figura 1 – Ilustração esquemática de um dos cenários de aplicação do sistema: monitoramento de uma drogaria. Imagem do autor.



# Projeto Informacional

## Identificação e análise requisitos

Nó sensor, os requisitos são:

**RF1:** Realizar transmissões apenas para agregadores deste mesmo sistema

- Utilizar uma codificação na comunicação sem fio

**RF2:** Capturar dados de temperatura e umidade de ambientes farmacêuticos e de armazéns

- O sensor de temperatura deve medir de -30 a 100 °C com resolução de 0,1 °C
- A medição de umidade deve ser relativa e com resolução de 1%

**RF3:** Ser capaz de funcionar remotamente por longos períodos

- A autonomia de cada nó sensor deve ser de pelo menos 2 anos
- Deve ser utilizada uma bateria com perfil baixo que seja compatível com os limites de funcionamento do sensor

## Identificação e análise requisitos

Nó sensor, os requisitos são:

**RF4:** Permitir ao usuário alterar o ID dos nós sensores

- A configuração não pode acontecer utilizando o sistema de RFID ativo
- O ID dos nós sensores não pode ser maior que 32 bits

**RF5:** Informar quando um nó sensor estiver com bateria fraca

- O nó sensor deve ser capaz de ler a tensão da bateria

**RF6:** Operar com protocolo de comunicação sem fio compatível com o agregador

- O alcance mínimo em linha de visada deve ser 50 metros
- O alcance mínimo em ambientes confinados deve ser 13 metros

**RF7:** Ser resistente a ambientes hostis

- O nó deve atender a norma IP68

# Projeto Informacional

## Identificação e análise requisitos

Para o agregador de dados são:

**RF1:** Ser capaz de enviar os dados recebidos dos sensores para um servidor na internet

- Deve se conectar a um ponto de acesso disponibilizado localmente via WiFi

**RF2:** Ser capaz de armazenar os dados quando não houver conexão com a internet

- Deve armazenar 2MB de dados por pelo menos 24h
- Deve implementar um buffer circular para manter as amostras mais recentes
- Deve enviar as mensagens armazenadas quando recuperar a conexão com a internet

**RF3:** Ser resistente a ambientes hostis

- Deve atender a norma para IP65

# Projeto Informacional

## Identificação e análise requisitos

Para o sistema são:

**RF1:** Ser capaz de receber e persistir os dados em um banco

**RF2:** Ser capaz de receber dados de diversas estações de monitoramento simultaneamente

**RF3:** Ser capaz de gerar alarmes via e-mail, SMS, WhatsApp

**RF4:** Ser capaz de exibir o histórico e alarmes na interface com usuário

**RF5:** A interface de cliente deve ser multi-plataformas (Android, iOS e Web)

**RF6:** A interface deve utilizar as convenções e normas de usabilidade de software

**RF7:** A interface deve utilizar a terminologia voltada para gestores



INSTITUTO FEDERAL  
SANTA CATARINA

# Sumário

## **Introdução**

## **~~Projeto Informacional~~**

## **Projeto Conceitual**

Mercado, arquitetura do sistema e subsistemas, e escopo do projeto

## **Projeto Preliminar**

Definições dos componentes, estimativas de custo e de autonomia, e um estudo de caso

## **Prova de Conceito**

Protótipos, testes funcionais e avaliação da prova de conceito

## **Conclusão**

Fluxo de desenvolvimento, prova de conceito e resultados

# Projeto Conceitual

## Benchmarking



Sensorweb



DYNALOGISTICS, da  
Dynamox



RFID ativo da ELA Innovation

# Projeto Conceitual

## Arquitetura do Sistema

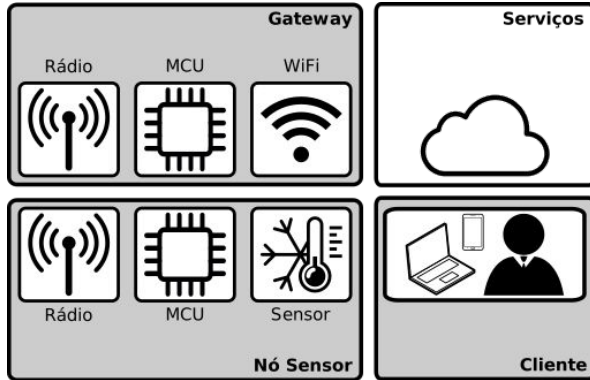


Figura 5 – Descrição em alto nível do sistema. Imagem do autor.

# Projeto Conceitual

## Arquitetura do Sistema

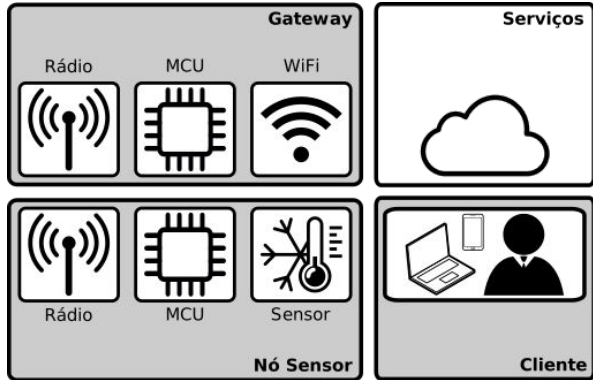


Figura 5 – Descrição em alto nível do sistema. Imagem do autor.

## Caso de Uso



Figura 6 – Diagrama de caso de uso do sistema proposto. Imagem do autor.



# Projeto Conceitual

## Arquitetura do Sistema

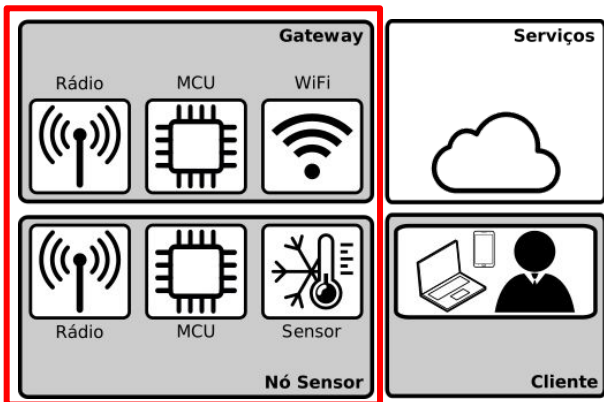


Figura 5 – Descrição em alto nível do sistema. Imagem do autor.

## Caso de Uso

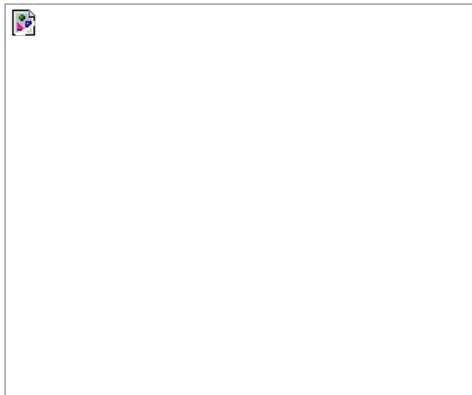


Figura 6 – Diagrama de caso de uso do sistema proposto. Imagem do autor.

## Nó Sensor

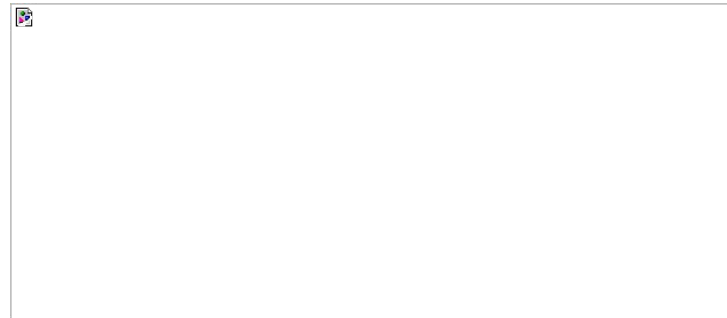


Figura 7 – Máquina de estados do nó. Imagem do autor.

Tabela 1 – Eventos do MCU do Nó sensor.

Evento	Descrição
E1	Sinaliza o estouro da contagem do período de leitura do nó
E2	Sinaliza que o sistema detectou que o nível da bateria está baixo
E3	Sinaliza que a transmissão de dados foi finalizada

# Sumário

**Introdução**

~~Projeto Informacional~~

~~Projeto Conceitual~~

**Projeto Preliminar**

Definições dos componentes, estimativas de custo e de autonomia, e um estudo de caso

**Prova de Conceito**

Protótipos, testes funcionais e avaliação da prova de conceito

**Conclusão**

Fluxo de desenvolvimento, prova de conceito e resultados

# Projeto Preliminar

## MVP Alvo

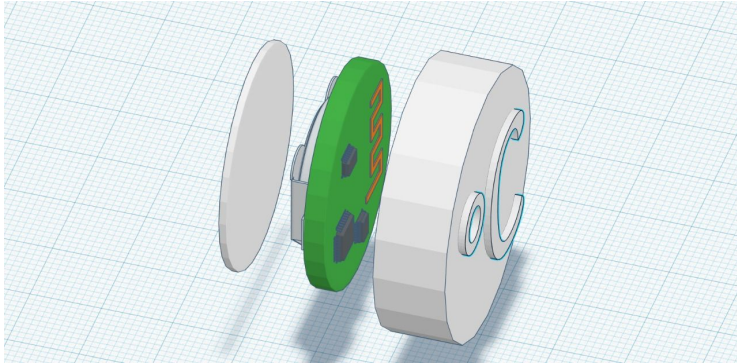


Figura 9 – Proposta de protótipo final do nó sensor. Imagem do autor.

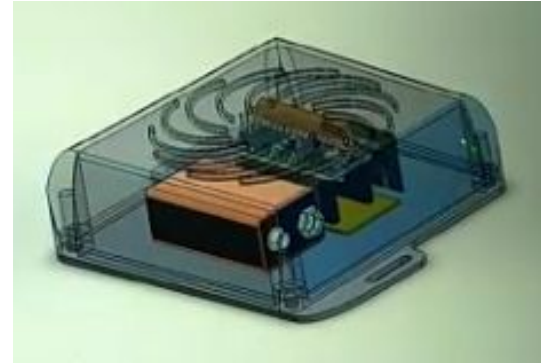


Figura 10 – Proposta de protótipo final do gateway. Imagem do autor.

# Projeto Preliminar

## Nó Sensor

Bateria CR2032: Li, 3V, 215 mAh

Sensor Si7050 (temperatura): I2C, 3x3mm, -40 a +125 °C, Vcc de 1,9 a 3,6V

Rádio 433 MHz: custo unitário baixo, distância 100-150m e corrente TX 9 mA

MCU MSP430G2553: baixo consumo, ferramentas de desenvolvimento

Custo unitário estimado: **R\$ 26,53** (com 100% de imposto)

Autonomia de 1 ano (1 sample/s) a 3 anos (1 sample/min)

## Gateway

Rádio 433 MHz: compatibilidade com o transmissor

MCU+WiFi ESP32: SoC atende todas as necessidades com baixo custo

Custo unitário estimado: **R\$ 119,21** (com 100% de imposto)

## Exemplo de estudo de caso: drogaria

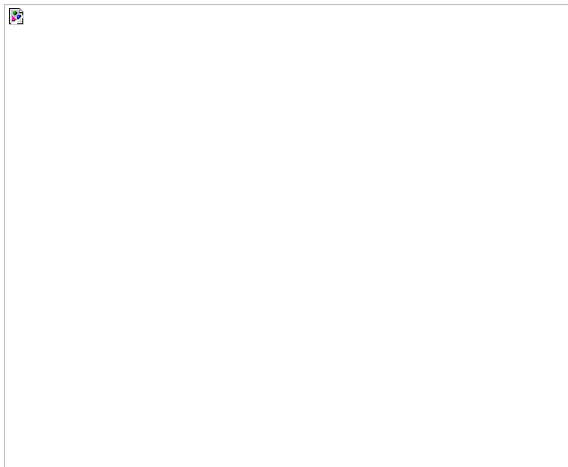


Figura 11 – Exemplo de uma possível aplicação de monitoramento de uma drogaria. Imagem do autor.

**Tabela 8 – Custo estimado de um sistema de telemetria**

Item	Unidades	Preço (R\$)
Nó Sensor	5	132,65
Gateway	1	119,21
<b>TOTAL</b>	6	251,86

# Sumário

~~Introdução~~

~~Projeto Informacional~~

~~Projeto Conceitual~~

~~Projeto Preliminar~~

**Prova de Conceito**

Protótipos, testes funcionais e avaliação da prova de conceito

**Conclusão**

Fluxo de desenvolvimento, prova de conceito e resultados

# Prova de Conceito

## Nó Sensor

**HW:** FS1000A+Arduino Nano+LM35

**FW:** RadioHead+Ref AD=1,1 V

## Gateway

**HW:** XY-MK-5V+Arduino Nano+NodeMCU

**FW:** RadioHead+SerialBridge+PubSubClient

## Cliente e Serviços

Servidor MQTT: Heroku

Aplicação: Telegraf

Banco de dados: InfluxDB

Visualização: Grafana

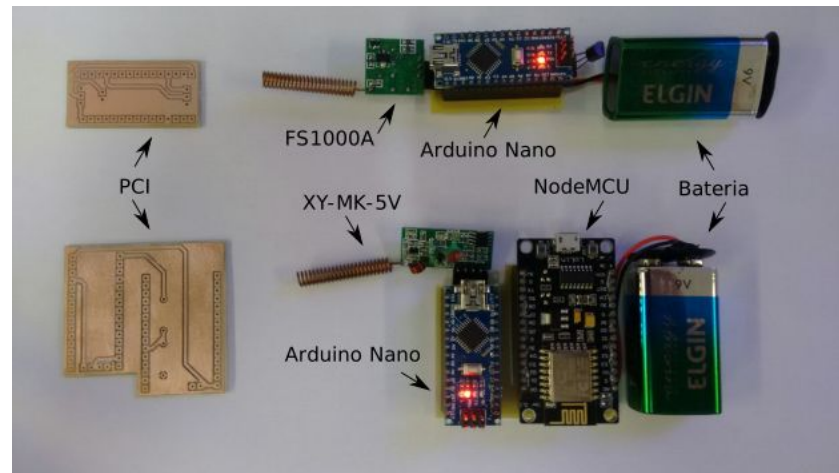


Figura 12 – Fotografia dos protótipos utilizados na prova de conceito. Imagem do autor.



# Prova de Conceito

## Testes Funcionais

Alcance: necessitou uma antena helicoidal para atingir os requisitos

Monitoramento:

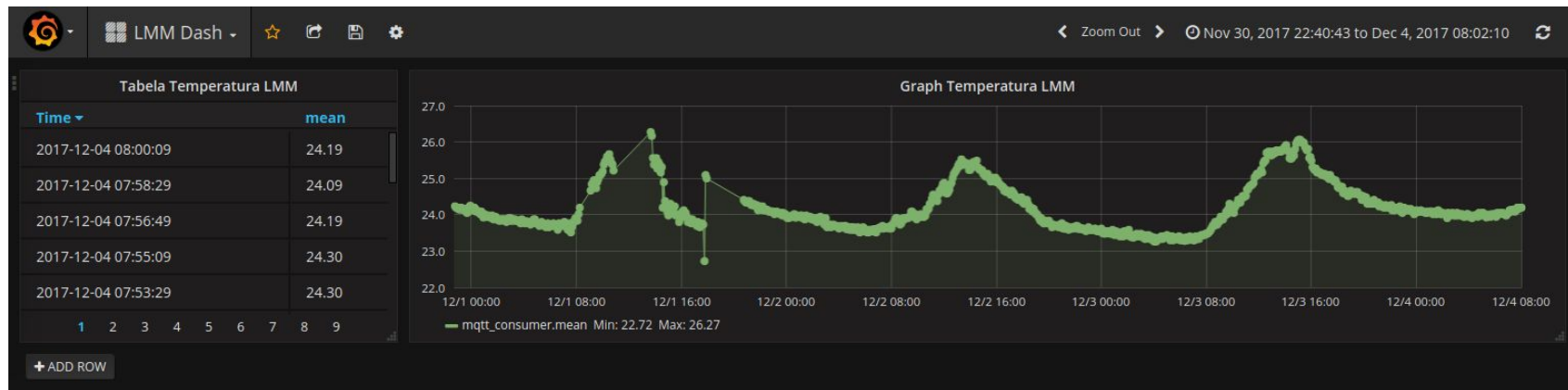


Figura 13 – Dashboard mostrando os dados coletados durante os testes de operação. Imagem do autor.



# Prova de Conceito

## Avaliação da prova de conceito

- Atenção com o projeto da antena e a sensibilidade do receptor
- Incompatibilidade da biblioteca RadioHead com a plataforma NodeMCU
- Configuração de múltiplos nós de forma prática

# Sumário

**Introdução**

~~Projeto Informacional~~

~~Projeto Conceitual~~

~~Projeto Preliminar~~

**Prova de Conceito**

**Conclusão**

Fluxo de desenvolvimento, prova de conceito e resultados

# Conclusão

## **Apresentação do Fluxo de Desenvolvimento**

Desenvolvimento de um produto utilizando o modelo PRODIP

Decisões de projeto justificadas pela literatura específica e condições do mercado

## **Apresentação de uma Prova de Conceito**

Prototipagem rápida para detectar possíveis problemas na arquitetura proposta

## **Resultados**

A arquitetura proposta atendeu os requisitos do projeto

Pontos críticos como o enlace de comunicação e incompatibilidade das bibliotecas foram detectados



# Disciplinas

1. **Interfaceamento** Eletrônico de Sinais
2. Introdução ao **Projeto de Desenvolvimento de Produtos**
3. Processamento Eletrônico de **Energia**
4. **Compatibilidade** Eletromagnética
5. Processos de **Fabricação**
6. Projeto de **Interface**
7. **Gestão** de Projetos
8. **Embarcados I**
9. **Comunicação** de Dados
10. Projeto de **TC**
11. **Embarcados II**
12. Tecnologias **Emergentes**
13. **Normatização** e Validação



INSTITUTO FEDERAL  
SANTA CATARINA

# Obrigado!

Rafael Bidese  
rafaelbidese@gmail.com

*Active RFID based telemetry system*  
[github.com/rafaelbidese/rfid-telemetry](https://github.com/rafaelbidese/rfid-telemetry)

*"It's a funny thing, the harder I **work** the luckier I get"* - Renzo Gracie

Ministério  
da Educação

