

Este é um excelente projeto de Cidade Inteligente (*Smart City*). No entanto, para um cenário de **lixeiras públicas urbanas gerenciadas por uma subprefeitura**, o uso do **Bluetooth isolado** não é viável, pois o raio de alcance dele é de apenas 10 a 20 metros. A concessionária só saberia que a lixeira está cheia se um funcionário passasse colado a ela, o que anula o propósito do monitoramento remoto.

Para lixeiras públicas, a comunicação ideal é por redes **LPWAN (Low-Power Wide-Area Network)**, como **LoRaWAN** ou **NB-IoT** (redes celulares voltadas para a Internet das Coisas). Elas transmitem a quilômetros de distância consumindo o mínimo de bateria.

Abaixo, apresento a estrutura de um projeto profissional e a estimativa de custos dividida entre protótipo e escala real.

📁 Arquitetura do Sistema

[Lixeira Pública]



[Sensor Ultrassônico] —(Mede volume)—> [Microcontrolador (Ex: ESP32 + LoRa)]

↓
(Sinal de longo alcance)

↓
[Gateway / Antena Central]

↓
[Painel da Concessionária]

...

- Sensoriamento:** Um sensor posicionado na tampa (internamente) aponta para baixo. Ele calcula a distância até o lixo para saber a porcentagem de preenchimento.
- Processamento e Comunicação:** O microcontrolador processa a informação e envia um alerta ("Lixeira ID 45: 85% cheia") via rede sem fio de longo alcance.
- Plataforma Web (Dashboard):** A concessionária recebe as notificações em um mapa e gera rotas otimizadas para os caminhões de lixo coletarem apenas as lixeiras que realmente precisam.

💰 Estimativa de Custos (Valores em Reais)

Os custos mudam drasticamente se você estiver montando apenas **um protótipo para testes** ou fabricando o **produto final industrializado para as ruas**.

1. Custos do Dispositivo (Por Lixeira)

Para a rua, os componentes precisam de proteção contra vandalismo, chuva e sol (Gabinete IP66/IP67) e baterias de altíssima duração.

Componente	Tipo Recomendado	Custo Unitário (Protótipo/Varejo)	Custo Unitário (Escala Industrial/Atacado)
Microcontrolador + Rádio	ESP32 com chip LoRa ou NB-IoT	R\$ 120,00	R\$ 60,00
Sensor de Nível	Ultrassônico À Prova D'água (ex: JSN-SR04T)	R\$ 45,00	R\$ 25,00
Alimentação	Bateria LiFePO4 ou Lítio (Duração de 2 a 5 anos)	R\$ 40,00	R\$ 20,00
Case de Proteção	Gabinete plástico robusto com vedação IP67	R\$ 35,00	R\$ 15,00
Placa de Circuito e Miscelânea	Conectores, fixadores, fiação	R\$ 20,00	R\$ 10,00
Custo Total por Lixeira	**Hardware instalado na lixeira**	R\$ 260,00	R\$ 130,00

---|---|---|---

2. Infraestrutura de Comunicação (Custo Fixo/Compartilhado)

* **Se optar por LoRaWAN:** É necessário instalar antenas (*Gateways*) na região administrativa da subprefeitura. Cada antena custa cerca de **R\$ 1.500,00 a R\$ 3.000,00**, mas uma única antena pode cobrir um raio de 2 a 5 km urbanos, monitorando milhares de lixeiras sem pagar mensalidade de chip de celular.

* **Se optar por NB-IoT (Rede Celular de IoT):** Não precisa comprar antenas (usa as da Vivo/Tim/Claro), mas há um custo de conectividade por chip de aproximadamente **R\$ 1,50 a R\$ 3,00** por mês por lixeira.

3. Desenvolvimento de Software (Custo de Projeto)

Para que a concessionária visualize os dados:

* **Desenvolvimento do Dashboard + Sistema de Rotas:** R\$ 15.000,00 a R\$ 40.000,00 (Custo único de desenvolvimento de software por uma empresa júnior ou equipe de TI, ou uso de plataformas prontas de IoT como TagIO / ThingsBoard que cobram taxas mensais baratas por dispositivo).

🇧🇷 Cenário Prático: Implementação de 500 lixeiras

Para apresentar este projeto à subprefeitura ou concessionária em escala comercial, o orçamento inicial aproximado seria estruturado assim:

* **Hardware (500 lixeiras x R\$ 130,00):** R\$ 65.000,00

* **Infraestrutura de Rede (2 Gateways LoRaWAN instalados):** R\$ 5.000,00

* **Desenvolvimento/Adaptação do Software de Monitoramento:** R\$ 25.000,00

* **Mão de Obra de Instalação e Testes de Campo:** R\$ 15.000,00

* **Total Estimado do Projeto:** ~ R\$ 110.000,00

> 💡 **Argumento de Venda para a Concessionária:** O retorno do investimento (ROI) desse projeto costuma ser inferior a 12 meses. Sabendo exatamente quais lixeiras estão cheias, a empresa reduz o gasto com combustível dos caminhões, otimiza o tempo dos garis e evita que lixeiras transbordem, diminuindo reclamações na ouvidoria da subprefeitura.

Autoria : Adriana Camargo

Analista de sistemas , adm de empresas, pós em designer de interação e especialista em mkt por Columbia NY