
aptel
snt
XXII 2026


Prêmio APTEL Inovar
XXII
SNT 2026
aptel
snt
aptel

Emprego de IoT na construção de camada de controle de SMS

D.Sc. José Bermudez – Professor / Coordenador de Projetos

PUC-Rio · ICA / Ecoa / DEE



Agenda

01 Introdução

02 Estado da Arte

03 Soluções e Desafios

04 Resultados do Projeto

05 Considerações Finais



O LIBRA é rigoroso, envolve várias pessoas e exige auditoria: terreno ideal para IoT

L — Liberação

I — Isolamento

B — Bloqueio

R — Raqueteamento

A — Aviso





Rigoroso

Processo regido por norma

Coletivo

Envolve diferentes pessoas

Auditável

Cada etapa deixa registro

O LOTO depende de seis etapas manuais; a IoT pode verificar as mais críticas

1 **Preparar**
Identificar todas as fontes de energia

2 **Avisar**
Comunicar as pessoas afetadas

3 **Desligar**
Parar o equipamento pelo procedimento normal

4 **Isolar**
Válvulas, disjuntores e raqueteamento

5 **Bloquear e etiquetar**
Cadeado e etiqueta em cada ponto
IoT: cadeado inteligente

6 **Verificar energia zero**
Dissipar energia residual e testar
IoT: wearable e sensores

Intervenção segura
Manutenção com o equipamento isolado
IoT: crachá (localização)

Retorno à operação
Bloqueios retirados por quem os instalou, com liberação formal



A indústria evoluiu do papel à integração; o LOTO pode seguir o mesmo caminho



Processos manuais	Sistemas digitais	Conectados	Inteligentes	Hiperconectados	Integrados

A literatura mostra menos acidentes e paradas, mas o LOTO ainda falha quando o procedimento não é cumprido

O QUE A LITERATURA MOSTRA

Menos acidentes

Redução significativa, chegando a zero incidentes; auditorias melhores e detecção proativa de perigos

Mais eficiência

Menor tempo de parada, melhor documentação e registro das atividades

O QUE AINDA FALHA

Mesmo com LOTO, ainda há acidentes

Procedimentos inadequados

Acesso não autorizado

Mau uso dos procedimentos

Integração de tecnologias OT com TI, padrões abertos, redundância, alta disponibilidade e baixa latência



Comece pelo baixo custo e alto impacto: wearable de energia zero e sensores OT já existentes

CUSTO

Alto custo · baixo impacto

Alto custo · alto impacto

- Dashboard de verificação: sensores de fluxo e gás
- Cadeados inteligentes
- Crachá inteligente (localização)

Baixo custo · baixo impacto

- Alerta de raios em atividades externas

Baixo custo · alto impacto

- Wearable de energia zero: energia residual e auditoria comportamental
- Identificação e integração de sensores OT

IMPACTO NA SEGURANÇA



Desafios

01	**Maturidade do mercado**	Mercado e tecnologia existentes no ambiente industrial, mas ainda poucos produtos
02	**Custo-benefício**	Nenhum estudo de custo/benefício para apoiar a tomada de decisão
03	**Fatores humanos e organizacionais**	
04	**Cibersegurança**	Vulnerabilidades em dispositivos conectados dentro do ambiente industrial



Grafos + LLM já geram uma proposta de matriz LOTO, validada por especialista

Equipamento

Fontes de energia a isolar

Modelo de grafos

Equipamentos, fontes e pontos de isolamento relacionados

LLM

Gera a proposta de matriz

Matriz LOTO

Gerada automaticamente

Revisão humana

Especialista valida antes do uso



Cadeados inteligentes e outros dispositivos IoT já estão em teste de bancada

Cadeado inteligente

Crachá inteligente

Localização

Wearable de energia zero

Energia elétrica residual e auditoria comportamental

Sensores de OT

Identificar e integrar os sensores existentes



IoT em LIBRA ainda carece de soluções integradas: o espaço para inovação está aberto

QUATRO OPORTUNIDADES

Zero acidentes

Tecnologias que levem a zero acidentes

IA e Visão Computacional

Integração de novas soluções

Equipes treinadas

No estado da arte tecnológico e no uso adequado das tecnologias

Automação

Obtenção de informações e alertas



Obrigado

D.Sc. José Bermudez

Coordenador de projeto PUC-Rio/Petrobras

prof.bermudez@ica.ele.puc-rio.br

