
aptel
snt
XXII 2026


Prêmio APTEL Inovar
XXII
SNT 2026
aptel
snt
aptel



PRÊMIO INOVAR APTEL 2026

Quando a rede celular passa a enxergar o céu

Sensoriamento de drones no entorno de aeroportos usando a infraestrutura de rede móvel

Erico S. P. Lopes · Lukas T. N. Landau
Departamento de Engenharia Elétrica – PUC-Rio

XXII Seminário Nacional de Telecomunicações PETROBRAS – APTEL · Rio de Janeiro

O PROBLEMA

Guarulhos, 2026: o problema chegou ao Brasil

15 FEV

GRU – Carnaval

Pistas fechadas por quase 3 h; cerca de 8 drones avistados. 32 voos alternados e 8 cancelados.

19 AGO

GRU – noite

Cerca de 30 min sem pousos e decolagens perto da cabeceira 28; voos desviados para Confins, Galeão, Viracopos e outros.

11 SET

Governo reage

MPor envia à ANAC diretrizes para sistema de detecção e neutralização de drones em GRU, a cargo da concessionária.

28 SET

Salvador

Drone suspende pousos no aeroporto de Salvador; voos desviados para Aracaju.

Mensagem: o drone é barato; o fechamento do maior aeroporto do país não é. E a resposta oficial ainda está sendo construída.

Fontes: G1 (15/02/2026, dados ANAC); aeroportodeguarulhos.org (11/09/2026); Ministério de Portos e Aeroportos (11/09/2026); irlenmenezes.com.br (08/10/2026).



O PROBLEMA

Não é um problema só brasileiro

Gatwick (Londres)

dez/2018

~1.000
voos cancelados ou desviados

~140 mil
passageiros afetados

Copenhague

set/2025

~4 h
aeroporto fechado

~20 mil
passageiros afetados

Oslo

set/2025 (mesma noite)

~3 h
espaço aéreo fechado

2
aeroportos atingidos na mesma janela

Ponto em comum: em nenhum desses casos o drone foi capturado. A decisão de fechar dependeu, em grande parte, de avistamentos.

Fontes: Wikipedia – Gatwick Airport drone incident; The Independent (19/12/2023); CD eNews / Reuters (23/09/2025); Norway News (23/09/2025); Live and Let's Fly (23/09/2025).



O PROBLEMA

Por que um drone fecha um aeroporto

Risco físico real

Um objeto metálico com bateria de lítio ingerido por um motor, ou atingindo o para-brisa, preocupa pilotos e reguladores. Nenhum risco relevante é tolerado na aviação.

Incerteza

Sem posição, altitude e trajetória confiáveis, ninguém sabe se o drone ainda está lá. Em GRU, a pista reabriu e fechou de novo após novos relatos.

Custo em cascata

Desvios, cancelamentos, tripulações fora de posição. Em Gatwick, as companhias perderam ~£50 mi; só a easyJet, ~£15 mi.

Quem não vê, fecha.

Fontes: The Independent (19/12/2023); Simple Flying (29/01/2022); G1 (15/02/2026).



A LACUNA

Por que as soluções atuais não bastam

Avistamento visual

Pilotos e torre. Subjetivo, sem distância nem altitude, fraco à noite.

Detecção de RF

Escuta o rádio entre piloto e drone. Cega para drones autônomos (rota pré-programada) ou com links desconhecidos.

Radar dedicado

Vê o drone silencioso, mas drones pequenos têm eco fraco, se confundem com pássaros e clutter. Custo alto.

Câmeras e acústica

Alcance curto, sensíveis a chuva e noite. Servem para confirmar, não para vigiar uma área grande.

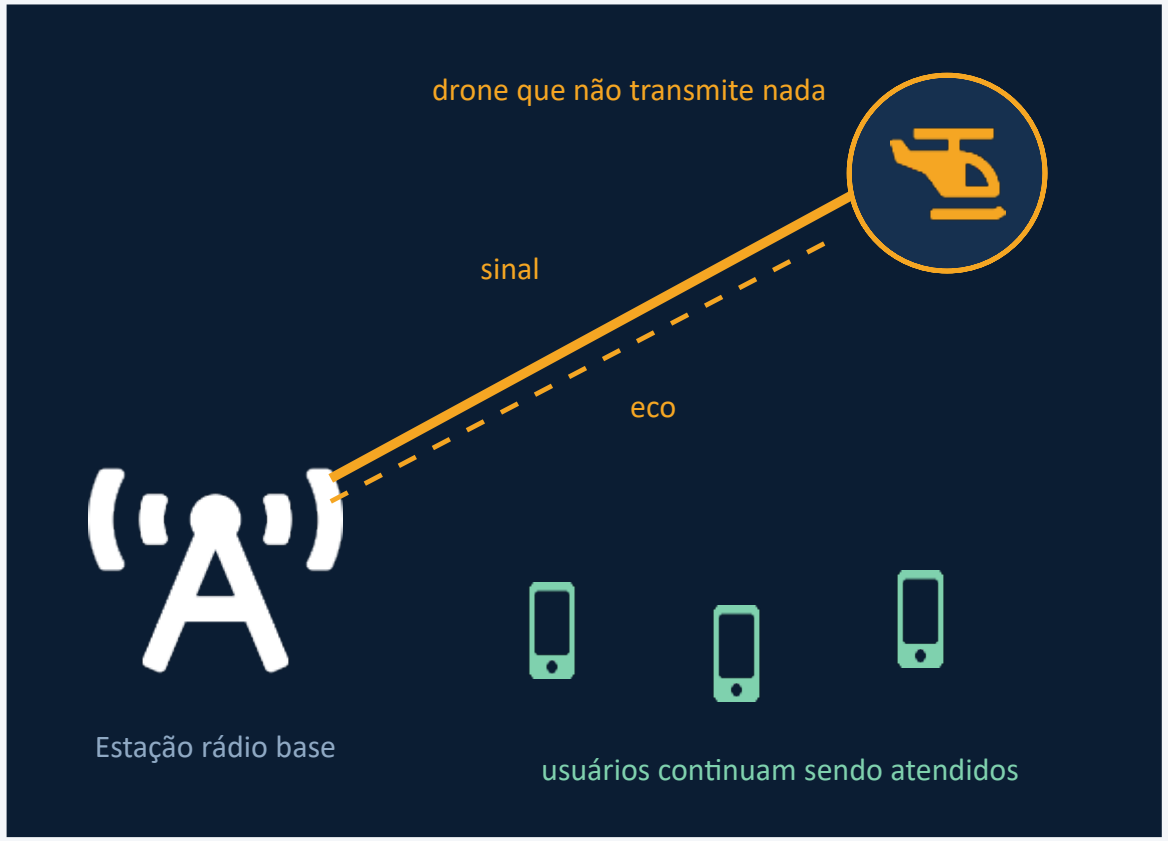
Resultado: pilhas de sensores compradas aeroporto a aeroporto, caras e ainda com pontos cegos para alvos “baixos, lentos e pequenos”. Ex.: Gatwick investiu ~£800 mil só em detecção.

Fontes: unmanned-aerial.com (27/08/2026); Indrajaal (15/08/2026); LZ Tech (17/06/2026); ZTE (25/11/2025).



A OPORTUNIDADE

A ideia: a rede que já existe passa a enxergar



O que é ISAC?

Integrated Sensing and Communication: a estação rádio base já transmite o tempo todo. Esse sinal bate nos objetos e volta. Com ISAC, a estação também escuta esses ecos — como um radar — sem deixar de atender os usuários.

Mesma torre

Mesma antena

Mesmo espectro

A OPORTUNIDADE

Por que faz sentido perto de aeroportos

Cobertura já instalada

Há torres no entorno dos aeroportos e sob os corredores de aproximação.

Vê drones “silenciosos”

Detecta pelo eco, sem depender do rádio do piloto.

Custo marginal

Reaproveita site, energia, backhaul e espectro já pagos.

Rede, não ilha

Várias torres veem o mesmo alvo de ângulos diferentes: menos pontos cegos.

Escala nacional

O mesmo modelo serve a outros aeroportos e infraestruturas críticas.

Complementa

Soma-se a RF e câmeras na fusão de sensores, não os substitui.

Para associadas da APTEL: a mesma lógica vale para redes privadas que protegem subestações, refinarias, dutos e ferrovias.



LÁ FORA

A China já colocou isso em operação

Aeroporto Changhai , Dalian

Rede privada 5G-A com ISAC (ZTE + China Unicom), em operação 24/7 no campo de testes de voo

~98%
acurácia na detecção de alvos em baixa altitude

30% → 5%
pontos cegos para alvos pequenos

15 → 2 min
tempo médio de resposta a intrusões

25%
mais econômico em comparação a comunicação + radar separados

China Mobile – Shenzhen

Testa estações 5G-A que funcionam como radar distribuído para drones; 5G-A já em 300+ cidades.

China Mobile – Hefei

Plataforma Lingyun + rede 5G-A de sensoriamento para supervisionar o espaço aéreo de 0 a 600 m.

Fontes: ZTE (25/11/2025); Developing Telecoms (25/11/2025); China Daily (21/06/2025); Comissão Europeia – 5G Observatory (03/10/2025); Baidu Baike – China Mobile Lingyun.



NOSSA CONTRIBUIÇÃO

O desafio: um sinal, dois trabalhos

O sensoriamento quer...

- Energia concentrada na região do céu onde se procura o drone
- O mínimo de energia "vazando" para outras direções — que gera ecos indesejados e falsos alarmes

A comunicação quer...

- Que cada usuário receba os dados com a qualidade de que precisa
- Sem que o radar "roube" recursos a ponto de derrubar o serviço

NOSSA ABORDAGEM

A rede varre o céu por setores e desenha o sinal transmitido para iluminar com foco onde se procura o drone — e o mínimo possível no resto —, garantindo a cada usuário exatamente a confiabilidade de que ele precisa: nem menos, nem mais.

Base: Lopes & Landau, "Reliability-Aware Integrated Sensing and Communications" (manuscrito em preparação) e trabalho apresentado no IEEE SPAWC 2026.



NOSSOS RESULTADOS

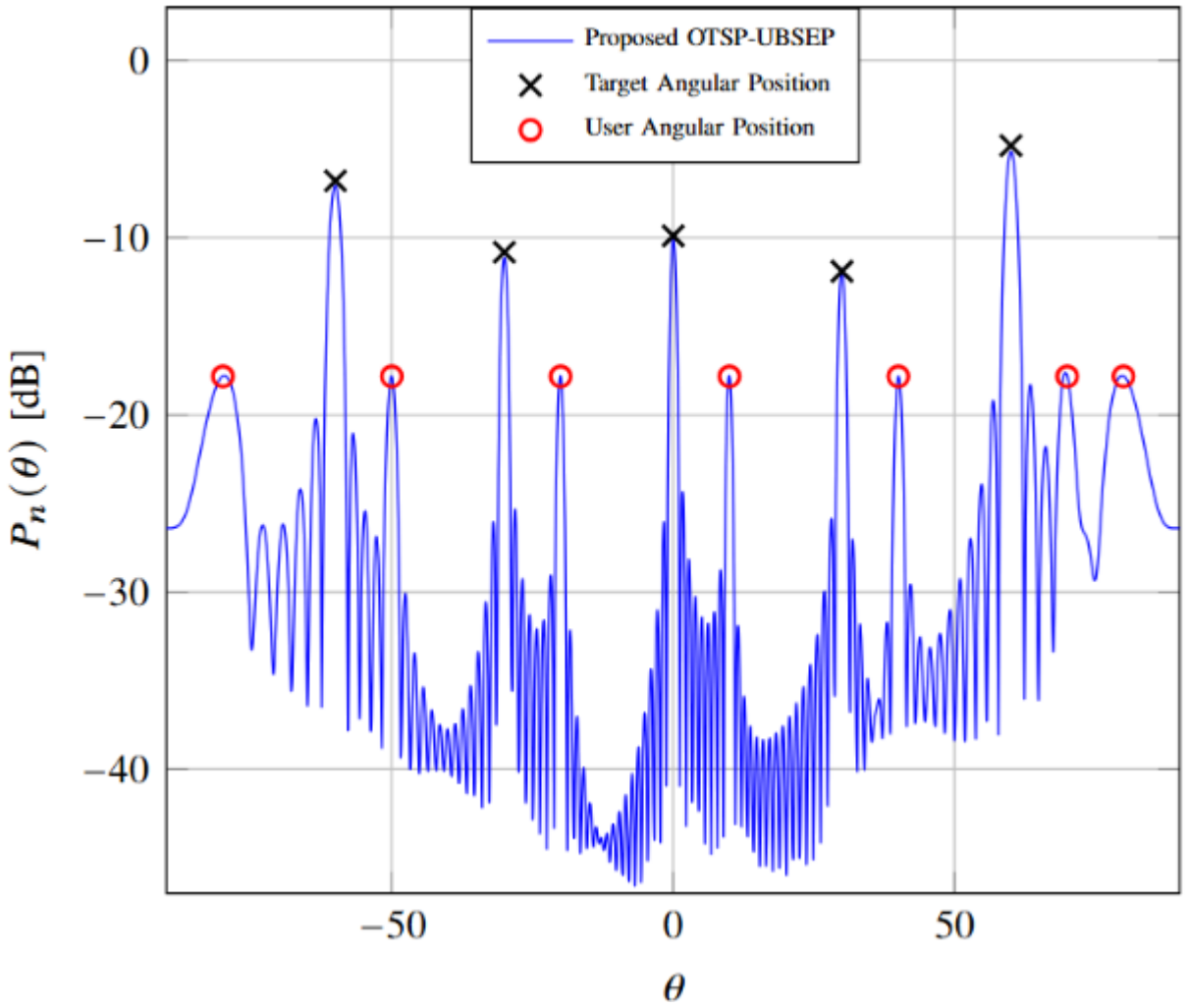
Projetando o Padrão de Radiação

Picos nos alvos: A maior parte da energia vai para as regiões de busca de drones.

Usuários atendidos na medida certa: cada usuário recebe só a potência necessária para a confiabilidade que pediu, nem mais nem menos.

Resto do céu "apagado": fora de alvos e usuários, a potência cai de 20 a 30 dB, o que significa menos ecos indesejados e menos falsos alarmes.

Um único sinal ilumina os drones e atende os usuários ao mesmo tempo.



CONCLUSÕES

A infraestrutura já existe. Falta ensiná-la a enxergar.

1

O problema é real e nacional

Drones já fecharam GRU e Salvador em 2026, e o governo começou a agir.

2

Sensores isolados deixam lacunas

RF não vê drones autônomos; radares dedicados são caros e sofrem com alvos pequenos.

3

A rede móvel é um sensor em potencial

Cobertura, escala e custo marginal — e a China já opera isso em aeroporto.

Obrigado! Erico S. P. Lopes · lopespserico@gmail.com