



Olhando Além do eNode B

Como a análise de dispositivos pode melhorar o desempenho e a segurança de redes de LTE privadas

UTC Latin America (UTC-AL) Webinar
20 de Agosto de 2026

Cristine Korowajczuk
CelPlan Technologies, CCO



CelPlan
Global Technology Solutions



MONITORANDO O DESEMPENHO DA REDE

Monitoramento Tradicional de KPIs

- O monitoramento tradicional de LTE acompanha a saúde da célula/eNB
 - Utilização de Recursos da Célula
 - Monitoramento de throughput da célula
 - Taxa de chamadas/sessões interrompidas
 - Falhas de handover
- Projetado para redes públicas
 - Otimizado para usuários anônimos
 - De natureza reativa
- As utilities têm uma vantagem:
 - Localização conhecida da maioria dos dispositivos
 - Padrões de tráfego conhecidos
 - Controle do provisionamento
 - Modelo de monitoramento melhor: preditivo e preventivo



Fonte: ilustração gerada por IA criada com ChatGPT (OpenAI), agosto de 2026.

KPIs da célula são necessários, mas não são suficientes para utilities.

“A célula parece estar bem”

- Uma célula pode parecer “saudável” enquanto o desempenho dos dispositivos se degrada:
 - Modulação e taxa de codificação mais baixas
 - Retransmissões/menor eficiência espectral
 - Maior potência de uplink
 - Margem de enlace reduzida
- KPIs da célula geralmente mostram problemas depois que o desempenho dos dispositivos já foi afetado
- As utilities devem mudar o foco para os KPIs dos dispositivos
 - Não basta apenas verificar se um dispositivo está funcionando
 - Para utilities, “desempenho” não é um teste de velocidade; os dispositivos precisam operar de forma confiável



Fonte: ilustração gerada por IA criada com ChatGPT (OpenAI), agosto de 2026.



Uma célula pode parecer saudável enquanto o desempenho do dispositivo se degrada. Concentre-se nos KPIs do dispositivo para entender a experiência real.

As células não vivenciam a rede. Os dispositivos, sim.

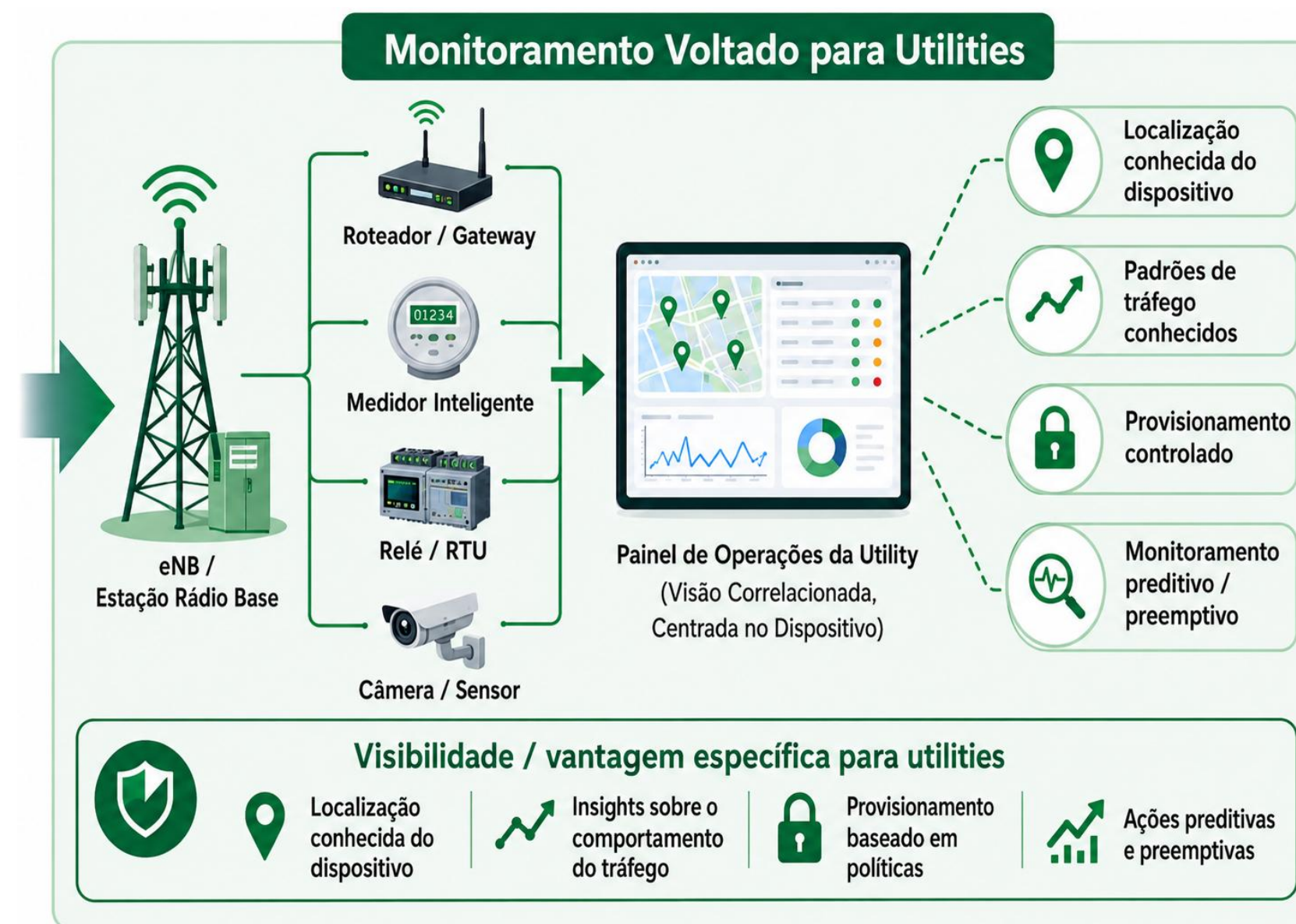
Como o Monitoramento de Dispositivos Pode Ajudar

- O que monitorar no nível do dispositivo
 - Sinalização
 - Tendências de desempenho de RF
 - Localização e tráfego
- Como monitorar
 - Inventário e identificação dos dispositivos
 - Adicionar tendências (sinalização, RF, comportamento)
 - Adicionar alarmes e acionar ações

“O dispositivo consegue se conectar?”

“Ele consegue se manter saudável?”

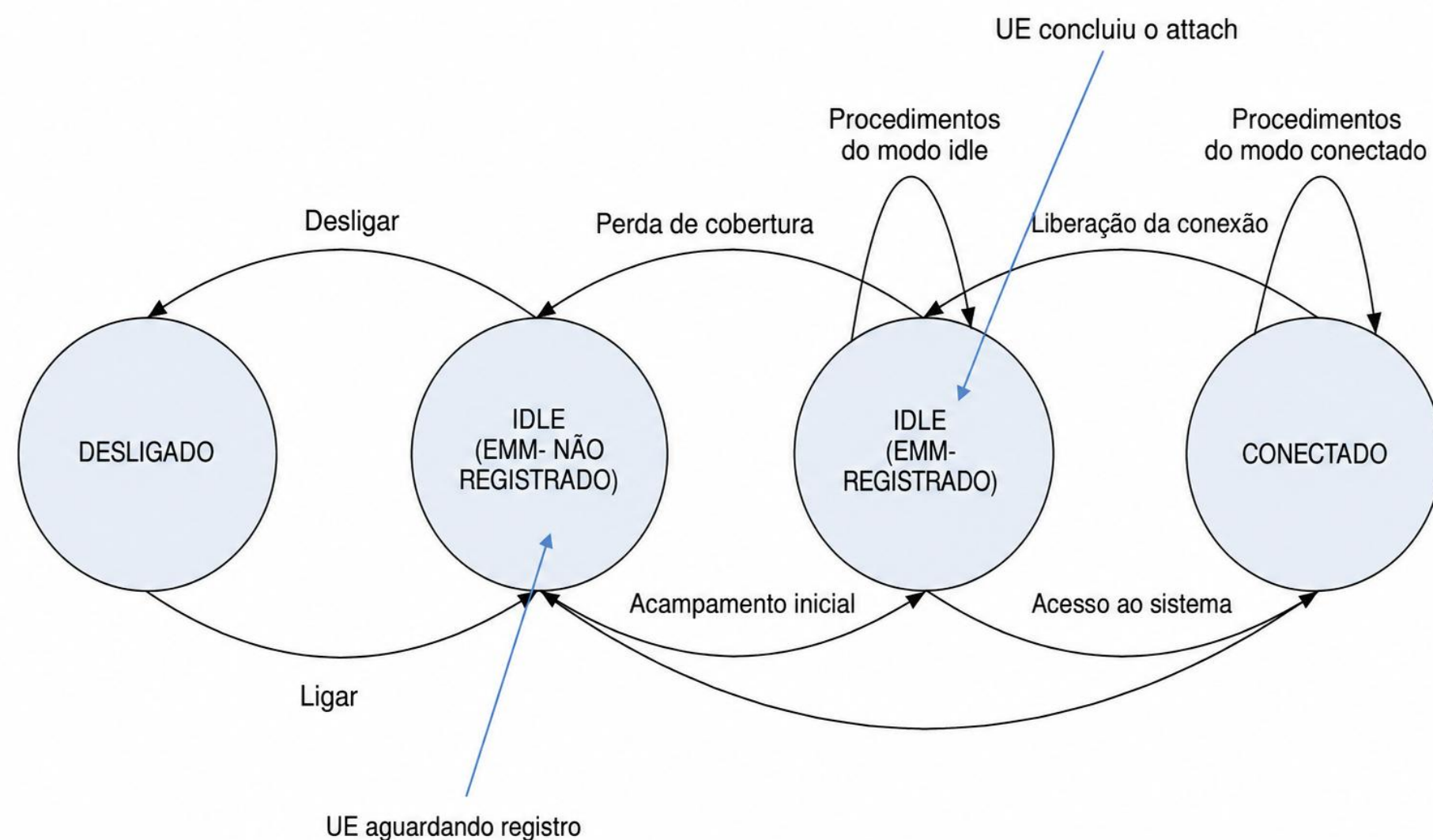
“Seu comportamento é o esperado?”



Fonte: ilustração gerada por IA criada com ChatGPT (OpenAI), agosto de 2026.

SINALIZAÇÃO

Estados e Sinalização de Dispositivos



- **IDLE:** “Estou registrado, mas não estou usando recursos de rádio ativamente”
 - O dispositivo é conhecido pela rede, mas não tem conexão de rádio ativa
 - Ele monitora a célula e escuta paging periodicamente
 - Economiza bateria e recursos de rádio
- **PAGING:** “A rede precisa me alcançar”
 - Usado quando a rede tem dados ou sinalização para um dispositivo em idle
 - A célula transmite uma mensagem de paging identificando o dispositivo
 - O dispositivo responde iniciando o procedimento de acesso rádio
- **ACESSO:** “Preciso de recursos de rádio”
 - O dispositivo usa o procedimento de Acesso Aleatório para solicitar acesso à célula
 - Estabelece uma conexão com o eNodeB
 - Colisões, novas tentativas e backoff podem ocorrer quando muitos dispositivos disputam acesso ao mesmo tempo
- **ATTACH (REGISTRO):** “Informe ao core quem eu sou”
 - O dispositivo se identifica e é autenticado pelo core
 - A rede estabelece segurança, contexto de mobilidade e conectividade
- **CONECTADO:** “Agora posso trocar dados”
 - Recursos de rádio são atribuídos e o tráfego de usuário pode fluir
 - Quando a atividade termina, o dispositivo pode voltar para Idle

Os Dispositivos Contam uma História Antes da Célula

- Sinais de alerta muitas vezes aparecem nas mensagens e na sinalização dos dispositivos, não no tráfego agregado
- Em vez de esperar por sessões interrompidas e problemas de throughput, monitore:
 - Tentativas de attach
 - Estabelecimento de sessão/bearer
 - Frequência de reattach
 - Novas tentativas de autenticação
 - Colisões de acesso aleatório
- Agrupe por tipo de dispositivo e geografia para que os padrões fiquem aparentes

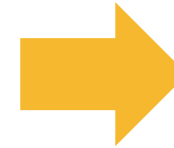


Fonte: ilustração gerada por IA criada com ChatGPT (OpenAI), agosto de 2026.

“Por que meu dispositivo não consegue se conectar?”

Sinais no nível do dispositivo

- Tentativas iniciais de attach em excesso
- Picos periódicos de reattach
- Aumento dos temporizadores de backoff
- Attach/registo recusado



Causas Potenciais

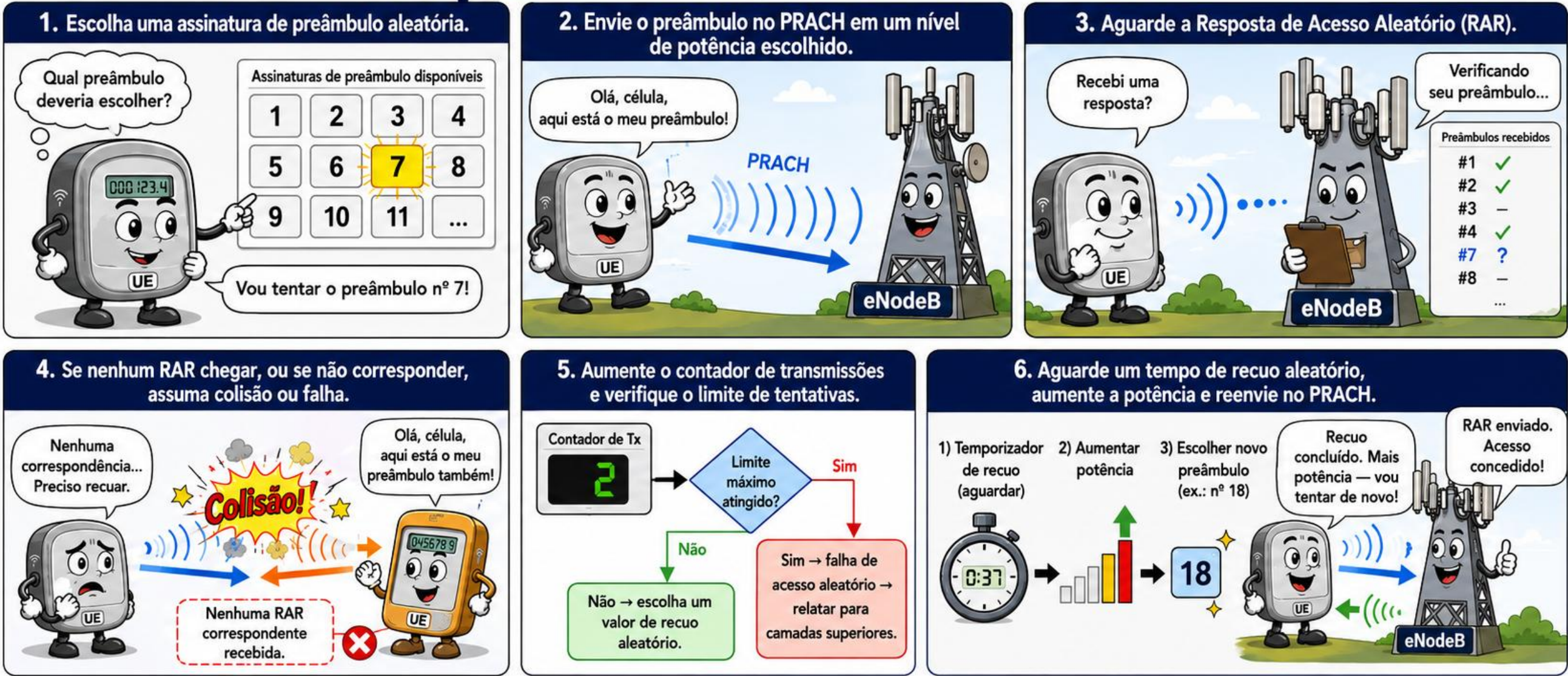
- Borda de cobertura
- Rajada de interferência
- Latência de sinalização do core
- Tracking areas mal configuradas
- Problemas de sincronização de tempo/frequência

- Algumas tendências de sinalização dos dispositivos que podem ser monitoradas:
 - Tentativas de attach por dispositivo e por site/setor
 - Taxa de sucesso e taxa de falha de attach
 - Com que frequência os dispositivos se registram novamente
 - Tempo da tentativa de attach até o estabelecimento da sessão
- O que essas tendências podem indicar:
 - Problemas de estabilidade da rede
 - Mudanças ambientais ou desvio de configuração (tempo, frequência)
- As utilities podem monitorar por tipo de dispositivo e área geográfica (facilita a interpretação do problema)
 - É um dispositivo, um tipo de dispositivo, uma área ou a rede inteira?

Exemplos de Causas de Instabilidade da Rede

- Cobertura
 - crescimento de vegetação, novas construções
- Interferência
 - novos emissores, aumento de ruído, ruído elétrico local
- Transporte/sinalização do core
 - jitter no backhaul, picos de latência no core, caminhos de sinalização sobrecarregados
- Configuração de mobilidade e temporizadores
 - tracking areas, temporizadores de idle, comportamento de retry/backoff

Etapas do Processo de Acesso



Fonte: ilustração gerada por IA criada com ChatGPT (OpenAI), agosto de 2026.



Colisões no Canal de Acesso

- Eventos sincronizados podem causar colisões/contenda
 - Ex.: leituras programadas, eventos de restauração, rajadas de alarmes
- Muitos dispositivos tentando se conectar ou transmitir ao mesmo tempo podem causar:
 - Aumento do atraso de acesso
 - Picos no comportamento de retry/backoff
 - Sucesso intermitente no registro
- Monitorar dispositivos ajuda a determinar:
 - Quais tipos de dispositivos contribuem para o pico
 - Quais localidades são afetadas
 - Se o problema é transitório (rajada) ou persistente (limitação de projeto)
- É possível planejar para evitar picos quando as rajadas são previsíveis

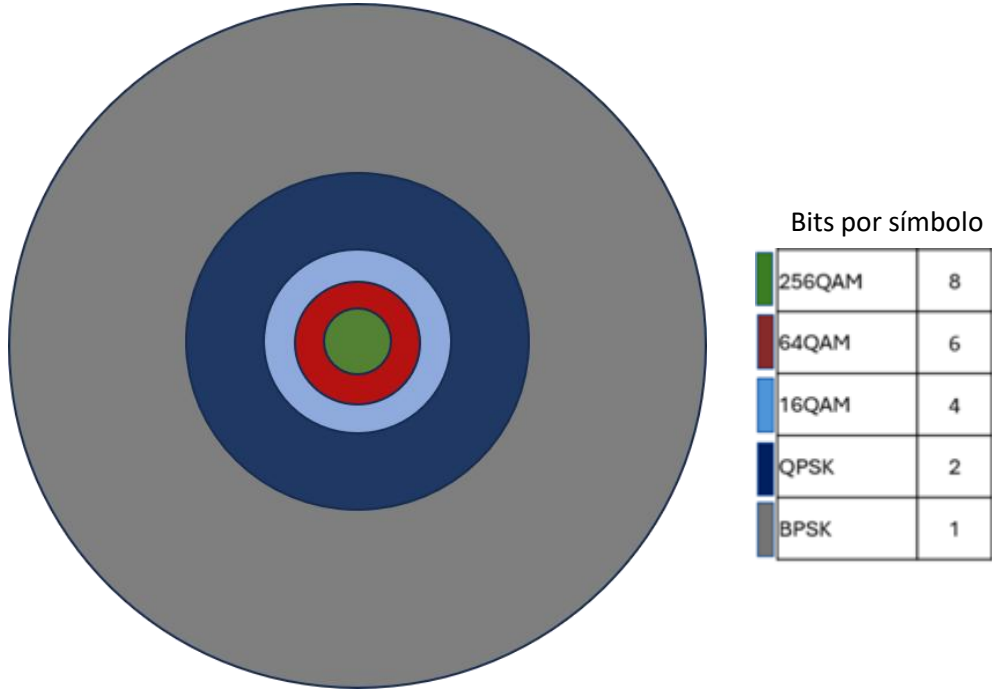


DESEMPENHO DE RF

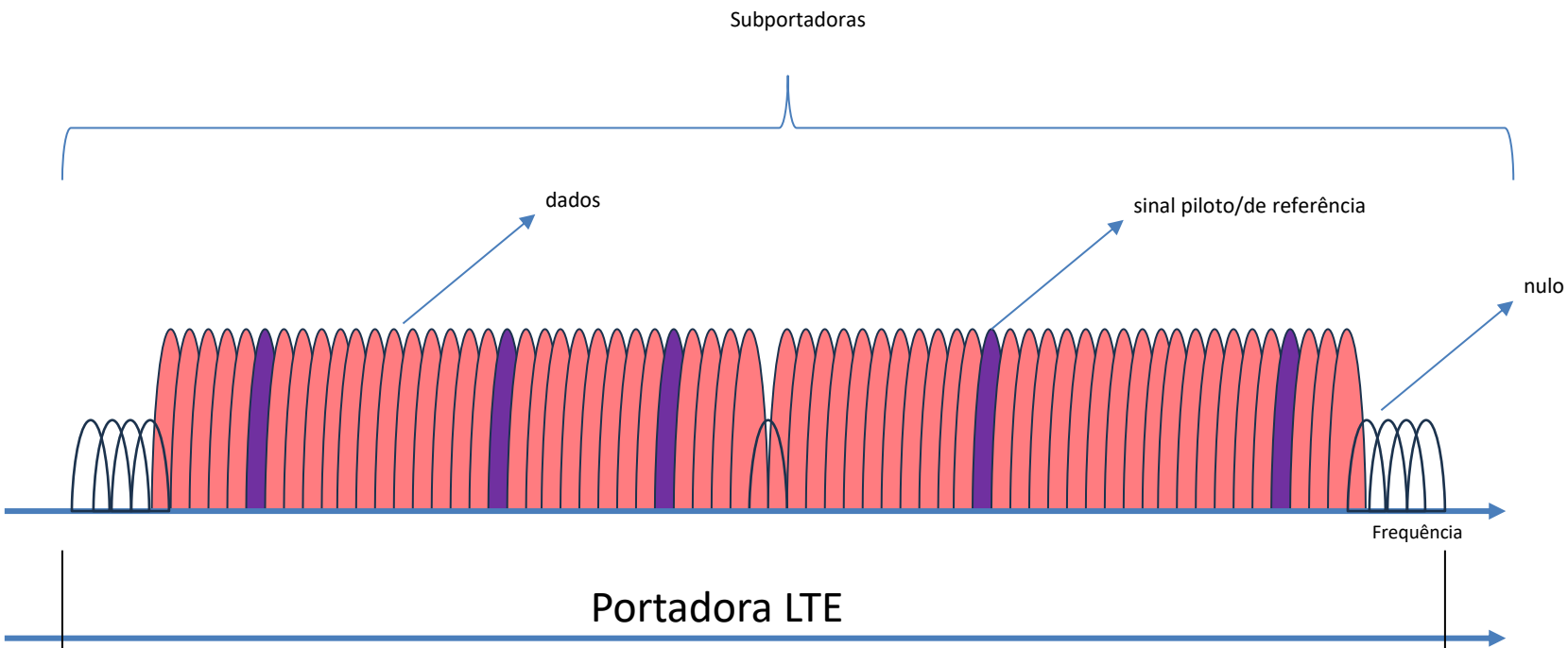
Modulação Adaptativa e Resource Blocks

Em aproximadamente 350 μ s

Modulação BPSK – 5 bits
10101
Modulação QPSK – 10 bits
1010100001
Modulação 16 QAM – 20 bits
10101000011111011010
Modulação 64 QAM – 30 bits
101010000111110110100000010101
Modulação 256 QAM – 40 bits
1010100001111101101000000101011000101011



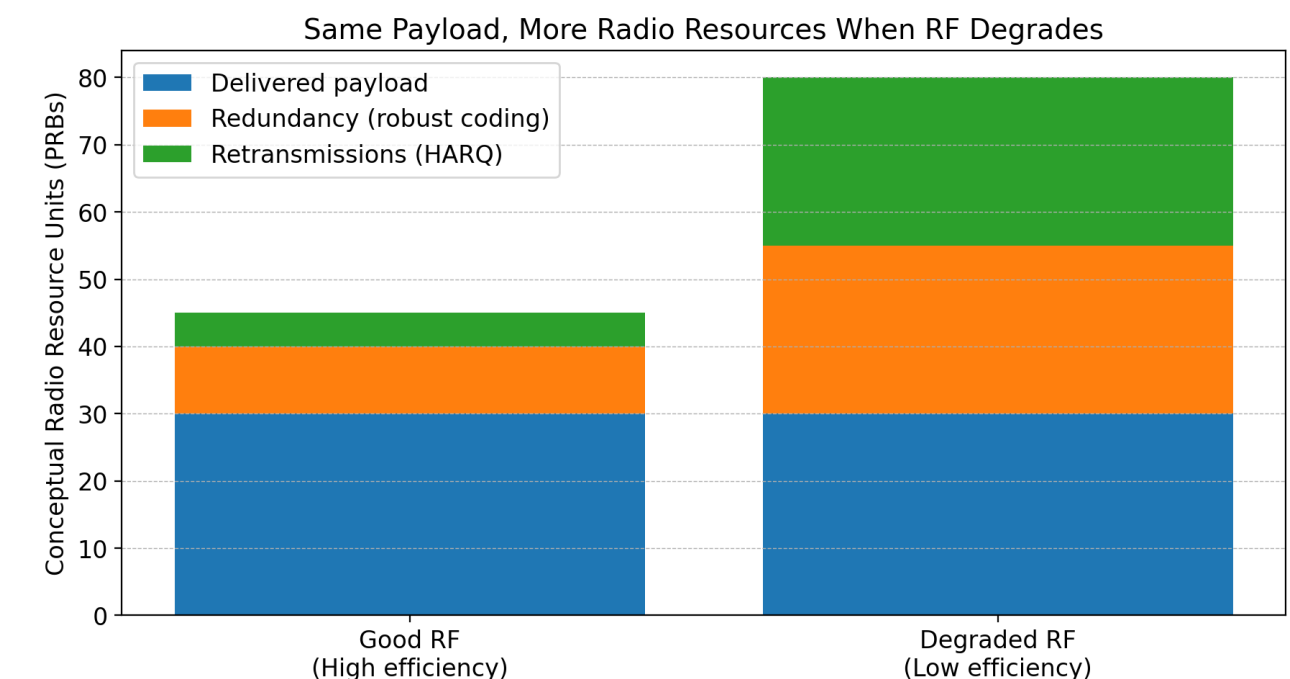
- A modulação adaptativa ajusta quantos bits são transportados por cada símbolo de rádio com base nas condições de RF
- Um Resource Block (RB), grupo de subportadoras, é uma unidade de capacidade de rádio que a célula atribui aos dispositivos para transmissão de dados
- O número de RBs disponíveis é limitado pela largura de banda do canal
- A capacidade da célula depende da eficiência com que esses RBs transportam dados
 - Dispositivos com boas condições de RF podem operar com modulação de ordem mais alta, transmitindo mais bits por RB
 - Condições ruins de RF exigem mais RBs para transportar a mesma quantidade de dados



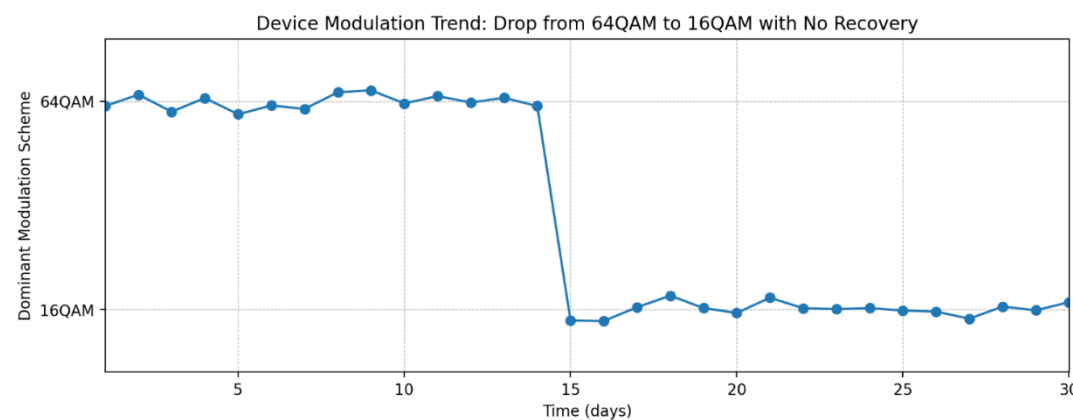
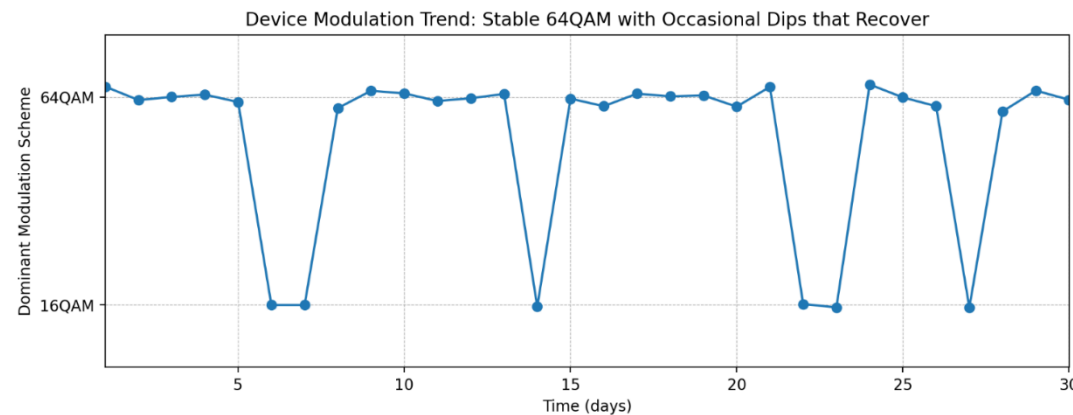
Throughput e Desempenho do Dispositivo Não São a Mesma Coisa

- Alto throughput da célula não garante bom desempenho dos dispositivos
- As condições de RF afetam o desempenho
 - Dispositivos caem para MCS mais baixo (menor eficiência espectral)
 - Mais recursos de rádio são consumidos para entregar o mesmo payload
 - As retransmissões aumentam
- Alguns itens que podem ser monitorados
 - Registro de medições de desempenho por dispositivo (e por tipo de dispositivo)
 - Potência de uplink e aumento gradual de potência
 - Latência
 - Padrões de repetição/retransmissão
- Criar alarmes de tendência e baselines
 - O objetivo não é otimizar KPIs, mas detectar cedo tendências anormais
- Uma célula “ocupada”, transportando muito tráfego, pode estar, na verdade, gastando recursos com MCS mais robusto e novas tentativas

“O dispositivo concluiu sua transação de forma confiável e no prazo?”



O Esquema de Modulação é um Sinal de Alerta Precoce



*Acompanhe tendências ao longo de
dias/semanas, não minutos
Alarmes demais não são a solução*

- Para dispositivos fixos, uma mudança sustentada de modulação raramente é normal
- Por exemplo:
 - O dispositivo historicamente opera com MCS alto
 - O dispositivo cai para MCS mais baixo e permanece degradado por dias/semanas
- O que isso pode significar:
 - Dispositivo isolado: possível problema no dispositivo/instalação (antena, gabinete, dano)
 - Agrupado geograficamente: indica mudança de RF/rede (interferência, mudanças de cobertura, sobreposição de células)
- Identificar a causa raiz de um problema permite que as utilities ajam antes que os dispositivos comecem a falhar completamente
- A visualização dos problemas em um mapa pode ajudar a separar problemas específicos de dispositivos de causas relacionadas à rede

Tendências dos Dispositivos Devem Guiar Ajustes na Rede

- Analytics de dispositivos permite que utilities respondam a perguntas estratégicas:
 - “Isso é uma limitação de projeto ou uma anomalia temporária?”
 - “Precisamos adicionar infraestrutura?”
 - “Podemos otimizar o que já temos?”
- Degradação em clusters pode exigir mudanças no projeto da rede
 - Adicionar uma small cell para cobertura ou capacidade adicional
 - Ajustar azimuth e downtilt da antena para remodelar a sobreposição
 - Rebalancear a cobertura dos setores para reduzir sobreposição excessiva de células
 - Investigar e mitigar novas fontes de interferência



Planejamento de Capacidade

Dispositivos Precisam Atender:



Metas de latência

Responder no tempo certo



Metas de confiabilidade

Conectar de forma confiável



Prioridade durante contenção

Dispositivos críticos primeiro

- Capacidade não é apenas utilização de Resource Blocks...
- Os dispositivos precisam atender a:
 - metas de latência
 - metas de confiabilidade
 - expectativas de prioridade durante contenção
- Analytics de dispositivos ajuda a identificar:
 - Picos por horário do dia ou causados por eventos
 - Quais classes de dispositivos contribuem para a carga de pico
 - Se o desempenho degrada gradualmente (tendência de capacidade) ou de repente (falha/interferência)

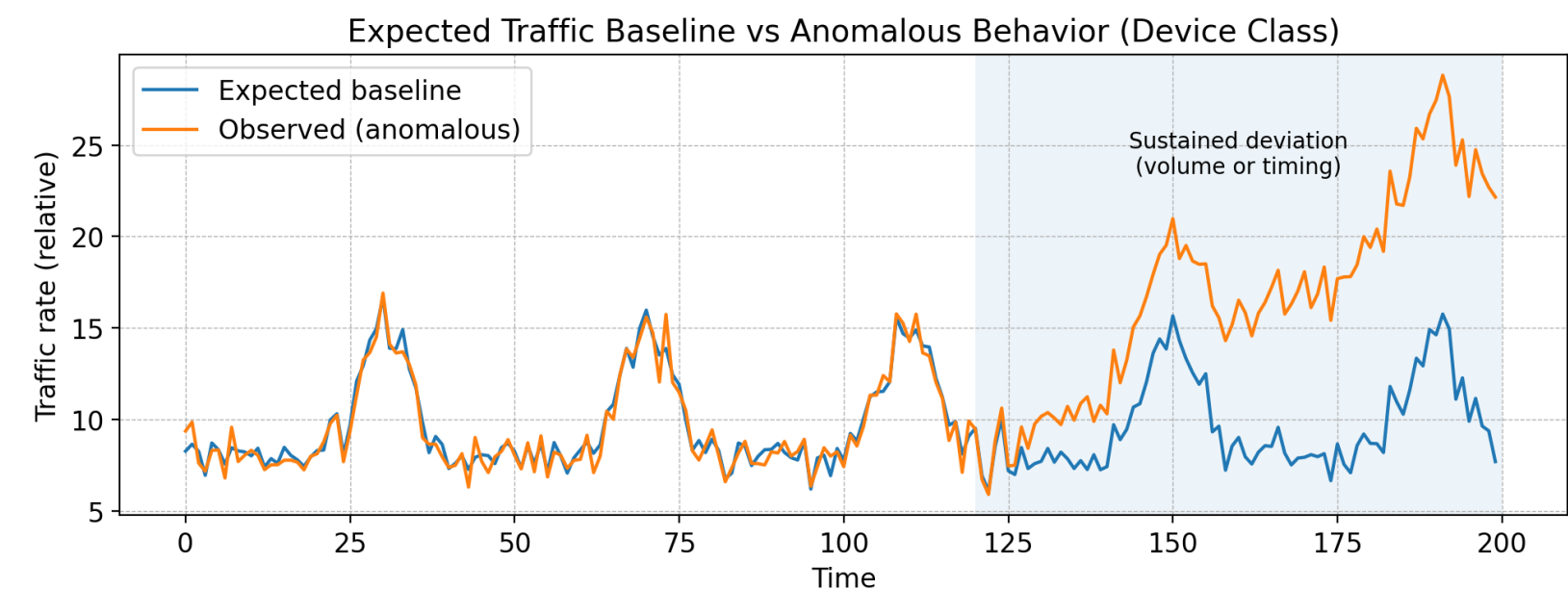
LOCALIZAÇÃO E CARACTERÍSTICAS DE TRÁFEGO

Identidade do Dispositivo e Comportamento Esperado

- Defina como é o “normal” (você conhece seus dispositivos):
 - tipo e função do dispositivo
 - padrões de tráfego esperados
 - localizações/territórios de serviço esperados
- O monitoramento de segurança melhora quando é possível aplicar:
 - política baseada em identidade (quem/o que é este dispositivo?)
 - política baseada em comportamento (ele está agindo como esperado?)
 - política baseada em localização (ele está onde deveria estar?)
- Analytics de dispositivos deve ser mais do que um dashboard operacional; pode (e deve!) ser usado como controle de segurança

Exemplos de anomalias:

- Um medidor passa a enviar repentinamente grande volume de dados
- Um roteador de campo começa a contatar endpoints inesperados
- O tráfego aparece em horários incomuns ou com persistência incomum



Fluxos de Tráfego Inesperados



- utilities podem definir o tráfego “esperado”:
 - destinos típicos, portas/protocolos, volumes e horários
- Exemplos de anomalias:
 - Um medidor passa a enviar repentinamente grandes volumes
 - Um roteador de campo começa a contatar endpoints inesperados
 - O tráfego aparece em horários incomuns ou com persistência incomum

Exemplos de Comportamento Inesperado de Dispositivos

- A identidade do assinante aparece associada a uma impressão digital de dispositivo diferente da esperada (SIM swap)
 - Possível uso indevido de credenciais, adulteração do dispositivo ou substituição não autorizada
- Dispositivo viola a política da concessionária (fornecedor/fabricante não aprovado)
 - Reduz exposição a hardware não avaliado e problemas de conformidade
- Dispositivos adicionais conectados ao roteador
 - Dispositivos desconhecidos podem obter acesso à rede
- Dispositivo offline por tempo excessivo
 - Exceder limites pode indicar falha, adulteração, dano ou mudanças de cobertura
- Regra de geolocalização violada
 - Dispositivos fixos devem permanecer dentro de zonas definidas



Conclusão



A sinalização dos dispositivos revela instabilidade cedo



A análise das tendências de desempenho dos dispositivos ajuda a manter uma rede otimizada



A identidade e o comportamento esperado dos dispositivos permitem resposta mais rápida a ameaças de segurança e configurações incorretas



Utilities podem operar LTE Privado de forma diferente das operadoras. Elas podem aproveitar seu conhecimento sobre os UEs



Analytics de dispositivos é a base de uma rede com padrão de utility

Bio da Palestrante

Cristine Korowajczuk

CCO

Celular: +1 (571) 338-8380

E-mail: cristine@celplan.com

**Telecom • Planejamento de RF •
Comunicações para utilities • Treinamento**

Cristine é bacharel em Engenharia da Computação e tem mais de 25 anos de experiência em planejamento de RF, desenvolvimento de software, treinamento de clientes e suporte técnico. Ela trabalha de perto com as ferramentas da CelPlan desde sua criação e participa de especificações, testes e documentação.

Seu envolvimento direto com clientes oferece uma perspectiva prática sobre as necessidades de comunicação das utilities, incluindo seleção de tecnologia e espectro, projeto de rede, otimização e orientação de implementação.



CelPlan

Global Technology Solutions

Sobre a CelPlan

Soluções integradas para comunicações de missão crítica e modernização digital.

LTE/5G Privado

Suporte a projeto e implantação para monitoramento, controle e operações de campo de utilities

Sistemas de Segurança

Videomonitoramento, controle de acesso e integração de analytics para infraestrutura crítica

Avaliação de Redes

Avaliações de prontidão de telecom, rede corporativa, OT, backhaul e infraestrutura

IA & Analytics

Estratégia e implementação de IA, incluindo agentes de IA customizados, soluções MAESTRO e analytics para dados de rede, dispositivos e operações.

O diferencial da CelPlan é a combinação de engenharia de telecom, software, integração e entendimento do setor de utilities necessária para conectar escolhas técnicas a resultados operacionais.

Q&A

