

O Guardião: Inteligência Operacional via Topologia de Redes

1. O Problema: o Custo da Operação

Atualmente, a operação funciona baseado em uma “lista de chamados”, ou seja, “um para um”. Se entram 10 reclamações sobre a falta de luz para a mesma rua, o sistema tende a interpretar que existem 10 chamados diferentes que precisam ser abertos e resolvidos. Como indivíduo, presenciei um episódio onde essa dinâmica ficou escancarada na minha frente, pois, dois postes estavam com as chaves fusíveis abertas, e ao abrir o chamado para a empresa, o movimento em resposta foi o envio de uma equipe de técnicos para fiscalizar o porquê minha residência estava sem luz.

Nesse caso em específico, a operação se preocupou com o sintoma individual (o cliente), enquanto o fusível da esquina estava queimado (a causa generalizada). Para a gestão de WFM — workforce management —, isso é um pesadelo: consumimos horas produtivas da equipe, gastamos combustível e deixamos a rede desligada por mais tempo, tudo porque o sistema olhou para o “micro” (o cliente) e ignorou o “macro” (a rede).

- **O Cenário:** Quando múltiplos clientes de uma mesma rua ficam sem energia (um fusível queimado, por exemplo), o sistema atual tende a tratar cada reclamação como uma ordem de serviço isolada.
- **A Consequência:** O WFM (Workforce Management) gera ordens de "verificação de cliente", enviando equipes para olhar medidores individuais, quando o defeito real está no equipamento de média e/ou baixa tensão.
- **O Custo:** Isso infla o OPEX com deslocamentos improdutivos, aumenta o TMA (Tempo Médio de Atendimento) e expõe a equipe a riscos desnecessários, enquanto o defeito real na rede continua ativo.

2. Metodologia e Desafio: o mapeamento em Grafos

Um dos maiores entraves dentro dessa operacionalização é que o sistema legado enxerga as reclamações como “lista de compras”, ou itens soltos que precisam de atenção individual. Portanto, o desafio técnico não está na operacionalização do atendimento, mas sim na inteligência de conectar um problema semelhante a outro. O desafio, portanto, é a lógica de agrupamento.

Precisamos de uma camada de inteligência que consiga “segurar” a ansiedade do sistema de despachar imediatamente. Ao invés disso, é necessário que sejamos capazes de ter previsibilidade em geolocalização topológica. Por exemplo: eu posso ser vizinho de muro do

João, mas meu fio vem do poste da esquerda e o dele, do poste da direita. Se o meu poste queima, eu fico sem energia, mas o João continua com luz. Eles são vizinhos geográficos, mas estranhos topológicos. O desafio não é apenas coletar os dados, mas entender a relação entre eles.

Para que seja possível mapear as “zonas de interferência”, podemos nos guiar por perguntas simples mas com grandes potenciais:

- Das 10 pessoas que ligaram, quantas são alimentadas pelo mesmo Transformador?
- Estatisticamente, se 5 vizinhos caíram, qual é a probabilidade do defeito estar no fusível da esquina e não nas casas?
- Se o padrão se repete em ruas paralelas, estamos lidando com um problema de Média Tensão (bairro) ou Baixa Tensão (rua)?

O grande desafio técnico é que nossos sistemas legados enxergam “listas” (tabelas SQL), mas a eletricidade flui em “redes” (grafos).

- **A Metodologia:** Adotamos uma abordagem de Domain-Driven Design (DDD) aliada à Teoria dos Grafos.
- **A Mudança de Paradigma:** Em vez de analisar *quem* está reclamando (o CPF), analisamos *onde* ele está conectado na árvore genealógica da rede. Qual Transformador é o “pai” dessa Unidade Consumidora?
- **O Diferencial:** Criar uma camada lógica intermediária que intercepta os chamados *antes* de virarem Ordem de Serviço, aplicando algoritmos de Clusterização Espacial.

3. Construtos da Solução (O MVP)

“Simples, Escalável e Orientado a Eventos.”

A proposta que traçamos para interceptar os chamados feitos em filas “um por um”, é acionar um sistema de algoritmo que vá tratar os chamados como “agrupamento de incidentes”. Denominamos a proposta como “O Guardiã”, no qual refere-se a um sistema automatizado que atua como um filtro inteligente e preditivo antes da Ordem de Serviço ser criada. A proposta é ser simples, escalável e orientado a eventos reais utilizando a lógica de topologia (quem está ligado em quem), o algoritmo analisa o padrão das reclamações em tempo real. Se ele detecta que um grupo de chamados pertence ao mesmo transformador, ele bloqueia o envio de equipes para as casas e gera um único alerta prioritário para o equipamento da rede. É sair do modelo de “atender cliente por cliente” para o modelo de “restaurar o bloco inteiro” com uma única manobra.”

A solução proposta é um microserviço preditivo estruturado em três pilares:

3.1. O Mapa Virtual (Digital Twin)

Em um primeiro momentos, preocupamos com a estruturação em JSON onde o nó conhece seus dependentes. Dessa forma, podemos nos atentar a modelagem da rede elétrica como um Grafo Direcionado (Directed Graph). O sistema mapeia a hierarquia energética, estabelecendo relações claras de dependência — *quem alimenta quem* — entre Subestações, Transformadores e Unidades Consumidoras.

3.2. O Motor de Decisão (Core Logic)

Para conseguirmos um resultado otimizado, é preciso seguir uma regra de ouro: se mais de três residências da mesma rua abrem chamados, a necessidade de atendimento não é individual, mas sim, estrutural e sistêmica. Para que isso seja realizado de forma eficiente, é necessário usar o algoritmo de inferência desenvolvido em Python + NetworkX, integrado ao barramento de eventos (Kafka).

Lógica de Agrupamento: O sistema monitora a densidade de incidentes em janelas de tempo curtas (< 10 min). Se múltiplos pontos (clientes) reportam falha simultânea, o algoritmo identifica o Problema Comum mais provável (transformador) como a causa-raiz.

3.3. A Saída Otimizada (Output)

Para que tenhamos um output significativo, precisamos entender que as múltiplas ordens de serviço fragmentadas precisam ser realocadas para uma única OS agrupada — Parent Order. O despacho é redirecionado automaticamente para o Ativo de Rede (causa), eliminando visitas improdutivas às residências (sintoma) e otimizando a rota da equipe.

Dessa forma, com a substituição da pulverização de chamados por um Despacho Centralizado, o algoritmo identifica que o defeito é na rede, ele bloqueia o envio de equipes para as casas individualmente e gera uma única ordem de serviço para o equipamento defeituoso. O resultado é uma rota única e assertiva, sem desperdício de tempo e combustível.