

DO PLANEJAMENTO À OTIMIZAÇÃO, O GUIA DEFINITIVO PARA ENGENHEIROS DE RAN E RF

TORRE VIVA

ENGENHARIA DE REDES
ZTE EM AÇÃO

PLANEJAMENTO, INSTALAÇÃO
E OTIMIZAÇÃO DE SITES REAIS



PLANEJAMENTO
DO PAPEL À TORRE



INSTALAÇÃO
PASSO A PASSO



COMISSIONAMENTO
CONFIGURAÇÃO E INTEGRAÇÃO



2G | 3G | 4G | 5G
NSA, SA E VOZ EM 5G



MASSIVE MIMO
FEIXES, BEAMFORMING E
ALTA PERFORMANCE



OTIMIZAÇÃO E TROUBLESHOOTING
DOS PROBLEMAS ÀS SOLUÇÕES

Wagner R Bomfim



SITES REAIS
ESTUDOS DE CASO
COMPLETOS



COMANDOS CLI
ZTE MAIS ÚTEIS
E PRÁTICOS



EXPLICAÇÕES CLARAS
DO BÁSICO AO
AVANÇADO



EXPERIÊNCIA DE CAMPO
DICAS QUE SÓ QUEM
ESTÁ NA TORRE SABE

5G
SA

2G

3G

4G

5G

ZTE

Torre Viva – Engenharia de Redes ZTE em Ação

Planejamento, Instalação e Otimização de Sites Reais

Este livro foi escrito para o engenheiro que coloca o capacete, sobe na torre, abre o notebook e precisa tomar decisões em minutos. É para quem já se cansou de manuais teóricos que nunca mostram o primeiro comando no terminal da BBU nem explicam por que aquele parâmetro de handover falhou. O conteúdo é direcionado a profissionais de RAN e RF que trabalham com equipamentos ZTE, desde a fase de projeto até a otimização fina, passando por instalação, comissionamento e troubleshooting. Técnicos de campo, integradores, coordenadores de projeto e estudantes avançados também encontrarão aqui um roteiro claro, onde cada ação vem acompanhada do **como**, do **quando** e do **porquê**.

Não há pré-requisito de conhecimento profundo em ZTE, mas espera-se que o leitor já saiba o que é uma estação rádio base, uma célula, um handover. O resto — os comandos, os parâmetros, os segredos do Massive MIMO e da transição do 2G ao 5G SA — será construído passo a passo ao longo dos capítulos.

AMOSTRA

Sumário:

Introdução – O que você vai encontrar neste livro

Uma visão geral da jornada: do papel até a torre viva, com equipamentos ZTE. A filosofia mão na massa.

Capítulo 1 – Antes do primeiro parafuso: o planejamento que ninguém vê

1.1 A escolha do terreno: por que um bom local começa com um drive test e uma conversa com o planejamento de capacidade

1.2 Dimensionando tráfego e cobertura: de quantos Erlangs você realmente precisa?

1.3 Definindo frequências, PCI e vizinhanças – o mapa de rádio que evita colisões no ar

1.4 Licenças, contratos e o fator humano: como não travar na burocracia

Capítulo 2 – Projetando a torre e a infraestrutura que vai sustentar o site

2.1 Tipos de torre e análise estrutural – quando usar autoportante, estaiada ou rooftop

2.2 O sistema de aterramento e proteção contra raios: o que a ZTE exige e como inspecionar

2.3 Backhaul por fibra ou rádio: como decidir e quais margens de projeto usar

Capítulo 3 – Instalação dos equipamentos ZTE: chegou a hora do trabalho pesado

3.1 Montagem da BBU no rack: da energia aos cabos de alarme e fibra

3.2 Fixação da RRU na torre: posicionamento, cabos, conectores e proteção contra umidade

3.3 Antenas: como ajustar azimuth e tilt mecânico e por que o tilt elétrico remoto é seu melhor amigo

Capítulo 4 – Comissionamento: dando vida ao site

4.1 Ligando a energia pela primeira vez – o ritual do power-on e a checagem de LEDs

4.2 Acesso via console, SSH e UME – seus primeiros comandos ZTE

4.3 Configurando o sincronismo: GPS, SyncE ou 1588v2 – o passo a passo para cada cenário

4.4 Integrando o site ao core (EPC ou 5GC): criação de células, associações SCTP e verificação de vizinhanças

Capítulo 5 – Dos velhos tempos ao 4G: parâmetros de GSM, UMTS e LTE

5.1 GSM ainda vivo: controle de potência, handover e

reseleção na prática ZTE

5.2 UMTS e o soft handover – parâmetros que você não pode ignorar

5.3 LTE do jeito certo: PCI, PRACH, TAC, EARFCN e os modos de transmissão TM3/TM4

Capítulo 6 – A revolução 5G: NSA e SA com equipamentos ZTE

6.1 Montando o primeiro 5G NSA: a âncora LTE, a medição B1 e o link X2/Xn

6.2 Configurando o gNB: SSB, PCI, padrões TDD e o pulso de sincronismo

6.3 Migrando para SA: as novas interfaces N2/N3 e o handover entre células 5G

6.4 Voz em 5G: EPS Fallback e os parâmetros de tempo que salvam a chamada

Capítulo 7 – Massive MIMO: dominando os feixes

7.1 O que muda com Massive MIMO – dos conceitos à configuração real na UME

7.2 Ajustando o beamforming: parâmetros de SRS, PMI, número de camadas e padrões de feixe

7.3 Como testar e otimizar a cobertura usando os feixes de SSB e tilt virtual

7.4 Um caso real de aumento de throughput em área de alta densidade

Capítulo 8 – Otimização e troubleshooting: quando o site não entrega

8.1 Identificando a causa raiz: logs, contadores e alarmes ZTE explicados

8.2 Parâmetros de otimização mais comuns – potência, handover, admissão e escalonamento

8.3 Os dez problemas mais frequentes em campo e suas soluções (sem tabelas, com narrativa)

Capítulo 9 – Estudo de caso completo: uma torre do zero ao ar

9.1 Projeto de um site real (exemplo: área comercial densa)

9.2 Instalação, comissionamento e primeiros ajustes

9.3 Campanha de otimização em três ciclos – KPIs e lições aprendidas

Conclusão – A torre viva nunca para

Apêndices:

Comandos CLI ZTE mais úteis (listados um a um, com explicação)

- Glossário de parâmetros e siglas

- Referências para certificações e documentação oficial ZTE

Empresas parceiras Livros Wagner



CODEZERO67



DYANDRA LIMA



FALAI TORREIRO



FLAVIA MAIA

Capítulo 1 – Antes do primeiro parafuso: o planejamento que ninguém vê

Você já viu uma torre sendo erguida e achou que o trabalho pesado começa na concretagem? Pois saiba que o verdadeiro esforço começa muito antes, em salas de reunião, com planilhas de capacidade, mapas de cobertura e, principalmente, com um bom par de botas para fazer o drive test inicial. O planejamento de um site ZTE não é diferente do planejamento de qualquer outra fornecedora no que diz respeito aos fundamentos de rádio, mas a ZTE tem suas particularidades — principalmente nas ferramentas de gestão (UME) e nos parâmetros que depois usaremos no comissionamento. Nosso objetivo neste capítulo é sair do zero com um projeto que não vai te dar dor de cabeça lá na frente.

1.1 – A escolha do terreno: por que um bom local começa com um drive test e uma conversa com o planejamento de capacidade

Imagine que você recebe uma demanda: cobrir um bairro de classe média alta com 5G NSA, garantindo pelo menos 300 Mbps de throughput médio na borda da célula. Parece simples, mas o primeiro erro é pegar o mapa e apontar o dedo para o ponto mais alto do bairro. Você precisa, antes de tudo, entender

o tráfego esperado e o perfil de usuários. A ZTE, assim como outras fornecedoras, trabalha com modelos de predição (como o Okumura-Hata ajustado ou o modelo de ray tracing), mas nenhum modelo substitui uma campanha de drive test com um scanner de espectro e um terminal de teste rodando uma ferramenta como o TEMS ou o Nemo.

Na prática, você vai percorrer as ruas do bairro anotando os níveis de sinal das operadoras concorrentes, identificando áreas de sombra e, principalmente, medindo o vazão (throughput) em diferentes horários. Com esses dados em mãos, você consegue estimar a capacidade necessária. A ZTE oferece na UME uma funcionalidade chamada "Capacity Simulation", que aceita arquivos de log de drive test e sugere a quantidade de setores e a altura de antena ideal. Mas nunca confie cegamente na simulação: o fator humano é crucial. Converse com o time de planejamento de capacidade da operadora: quantos assinantes ativos são esperados no primeiro ano? Qual a penetração de dispositivos 5G? Existem eventos programados (shows, feiras) na região? Essas respostas vão definir se você precisa de um site com três setores convencionais ou se já deve projetar para Massive MIMO desde o início.

1.2 – Dimensionando tráfego e cobertura: de quantos Erlangs você realmente precisa?

Vamos supor que o bairro tenha cerca de 10 mil habitantes, com uma densidade de 2 mil usuários por quilômetro quadrado durante o dia, e que 30% desses usuários possuam terminais 5G no momento da implantação. A operadora espera que, em dois anos, esse número suba para 60%. Com base nisso, você calcula o tráfego médio por usuário: digamos, 5 Mbps por usuário em média durante a hora de pico. Multiplicando, temos $10 \text{ mil} * 0,3 * 5 \text{ Mbps} = 15 \text{ Gbps}$ de capacidade necessária para a área. Um site típico com três setores, cada setor com 200 Mbps de vazão real (considerando LTE+5G NSA) mal daria conta. Você precisará de mais setores ou de um recurso como o Massive MIMO, que multiplica a capacidade por um fator de 3 a 5 vezes.

Mas não se trata apenas de Mbps. No mundo das redes celulares, o tráfego de voz ainda existe, e para isso usamos o conceito de Erlangs. A ZTE, na configuração dos parâmetros de admissão da RRC (Radio Resource Control), pede que você defina limites de bloqueio baseados em Erlangs. Por exemplo, você pode configurar a célula para aceitar no máximo 40 Erlangs de tráfego de voz, com uma probabilidade de bloqueio

de 2%. Para descobrir quantos Erlangs sua área vai gerar, multiplique o número médio de chamadas por hora pela duração média de cada chamada em horas. Uma praça de alimentação de um shopping, por exemplo, pode gerar 10 Erlangs só no horário do almoço. Ignorar esse número e focar apenas em dados fará com que as chamadas de voz caiam ou não sejam estabelecidas, mesmo com excelente sinal.

Depois de ter esses números, você vai abrir a ferramenta de planejamento da ZTE (chamada U-Net ou a parte de RF Planning da UME). Lá, você insere o modelo de terreno, as frequências disponíveis (digamos, 700 MHz para LTE e 3,5 GHz para 5G), a altura da torre (30 metros é um bom começo para área urbana) e o ganho das antenas. A ferramenta gera mapas de cobertura predita para RSRP, SINR e throughput. Mas aqui vai o segredo que os manuais não contam: **sempre superestime a perda de penetração para dentro de edifícios.** A ZTE usa um modelo de perda adicional de 15 dB para construções de alvenaria e 25 dB para edifícios com vidro refletivo. Se a sua região tem muitos prédios comerciais com fachada de vidro, adicione manualmente mais 5 a 10 dB de margem. Isso evita que, depois de instalado, o site tenha excelente sinal na rua, mas seja inútil dentro dos escritórios.

1.3 – Definindo frequências, PCI e vizinhanças – o mapa de rádio que evita colisões no ar

Com a localização e a altura definidas, você precisa atribuir um PCI (Physical Cell ID) para cada setor. No mundo ZTE, o PCI vai de 0 a 1007 para LTE e 5G. A regra de ouro é não repetir o PCI dentro de uma distância de três camadas de células vizinhas, e também garantir que não haja colisão de sequências de referência. Na prática, você deve criar um plano de PCI que evite que duas células com o mesmo PCI estejam a menos de 5 quilômetros de distância em área urbana densa. A ferramenta de planejamento da ZTE tem um módulo que faz essa atribuição automaticamente, mas nunca aceite a primeira sugestão. Verifique manualmente se as células que serão vizinhas têm PCIs com resto de divisão por 3 diferentes. Isso é crítico para evitar interferência entre os sinais de referência. Por exemplo, se uma célula usa PCI 10 (resto 1) e a vizinha usa PCI 13 (resto 1 também), os Reference Signals vão colidir, degradando a SINR em até 6 dB. Você pode resolver ajustando uma delas para PCI 11 (resto 2) ou PCI 12 (resto 0).

Da mesma forma, defina as frequências (EARFCN para LTE, ARFCN para 5G). Para 5G NSA na faixa de 3,5 GHz, a ZTE normalmente usa o canal de 100 MHz com subcarrier spacing

de 30 kHz. No caso do TDD, o padrão de slot (DSUUU, DDDSU etc.) deve ser alinhado com toda a rede da operadora, senão você terá interferência severa. Verifique qual é o padrão adotado pela ZTE na região – os mais comuns são padrão 8:2 (8 slots downlink, 2 uplink por período de 5 ms) ou padrão 7:3. Anote isso porque mais tarde, na configuração do gNB, você precisará definir exatamente os mesmos valores.

Por fim, liste as vizinhanças. Um site novo deve adicionar como vizinhas todas as células adjacentes de mesma tecnologia e também as células de tecnologias inferiores (para handover de fallback). No caso de 5G NSA, as células LTE vizinhas precisam ter suporte a EN-DC. Você pode obter essa lista do core network ou de uma ferramenta de vizinhança automática da ZTE. O segredo aqui é não colocar muitas vizinhas: mais de 32 vizinhas por célula pode sobrecarregar o processo de medição dos terminais. Prefira listar apenas as células com sobreposição de cobertura real, aquelas que aparecem nos logs de drive test com RSRP acima de -115 dBm.

1.4 – Licenças, contratos e o fator humano: como não travar na burocracia

Você pode ter o melhor projeto técnico do mundo, mas se não cuidar da parte burocrática, a torre nunca sairá do papel. Antes

de comprar os equipamentos ZTE, certifique-se de que a localização escolhida tem outorga da ANATEL para a faixa de frequência pretendida. A ZTE fornece documentos de homologação de cada RRU para ajudar no processo, mas quem resolve é a operadora. Você, como engenheiro de campo, deve solicitar à operadora um documento de autorização de uso do espectro para aquele endereço. Sem isso, você pode instalar tudo e, na fiscalização, ser multado e obrigado a desligar.

Além disso, negocie o contrato de locação do terreno ou do rooftop. É comum que os proprietários peçam um laudo de compatibilidade eletromagnética. A ZTE tem uma planilha de cálculo de exposição a RF que você pode preencher com a potência da RRU e o ganho da antena, gerando um relatório de que os níveis de radiação estão dentro dos limites da ANATEL (Resolução 303/2002). Tenha esse relatório assinado por um engenheiro eletricitista antes de iniciar a instalação. Por fim, não esqueça do seguro de responsabilidade civil e do treinamento mínimo da equipe de montagem. A ZTE exige que qualquer pessoa que manuseie os equipamentos tenha feito o curso de "Instalação Segura de Produtos ZTE" – caso contrário, a garantia pode ser cancelada. Guarde os certificados junto com a documentação do site.

1.5 – O mapa de ruído e interferência: por que você precisa andar com um scanner antes de cravar o poste

Você já definiu o local, as frequências, o PCI e as vizinhanças. Mas ainda falta uma etapa que muitos engenheiros pulam e que depois vira um pesadelo na otimização: o levantamento do espectro real no local. Pegue um scanner de espectro (como o Rohde & Schwarz PR200 ou até mesmo um celular de teste com modo de engenharia) e vá até o ponto exato onde a torre será instalada. Meça o nível de potência recebida em todas as frequências que você pretende usar. Por exemplo, se você vai instalar 5G na faixa de 3,5 GHz, verifique se existe alguma operadora vizinha usando o mesmo canal ou um canal adjacente com potência alta. A ZTE permite configurar o gNB com filtros de supressão de interferência, mas se a interferência for acima de -90 dBm na entrada do receptor, você terá uma degradação severa do throughput, principalmente no uplink.

Outra fonte de ruído que ninguém considera são os fornos de micro-ondas industriais, rádios de ponto a ponto não licenciados e até mesmo equipamentos de solda a arco. Em uma ocasião real, um engenheiro da ZTE identificou que um site 5G NSA perdia 70% da vazão durante o horário de almoço porque uma lanchonete próxima usava um micro-ondas

industrial velho que irradiava na faixa de 2,4 GHz, afetando o uplink do LTE âncora. O diagnóstico levou três semanas. Você pode evitar isso fazendo uma varredura espectral durante o horário de pico de atividades no entorno.

Com os dados do scanner em mãos, você vai ajustar o projeto: pode ser necessário mudar o canal (EARFCN) para uma faixa mais limpa, ou adicionar um filtro de cavidade na entrada da RRU. A ZTE vende kits de filtros para cada modelo de RRU; o custo é baixo comparado ao prejuízo de um site que não funciona. Anote no seu caderno de campo: a margem de interferência aceitável pela ZTE é de, no máximo, -110 dBm por subportadora para LTE e -115 dBm para 5G. Acima disso, você precisa agir.

1.6 – A conta de energia: dimensionando o consumo e o backup

As torres caem, mas o que mais derruba sites é a falta de energia. Você precisa calcular o consumo total do site. Uma BBU ZTE V9200 consome cerca de 300 W em operação normal. Cada RRU depende do modelo: a R8862 (para LTE 800/1800/2600) consome de 250 a 400 W dependendo da potência de saída. Já uma RRU 5G A9826A (Massive MIMO 64T64R) pode consumir tranquilamente 1.200 W. Some tudo:

três setores com RRU 5G cada uma, mais BBU, mais switch, mais rádio de backhaul, mais ar condicionado. Você pode chegar a 5 kW ou mais. Isso exige um transformador dedicado de pelo menos 10 kVA para margem de segurança. Negocie com a concessionária de energia local o ramal de entrada. Nunca compartilhe o mesmo transformador de um prédio residencial ou comercial sem um estudo de carga – os disjuntores vão cair na hora do pico.

Para o backup, a ZTE recomenda baterias de lítio ou estacionárias de chumbo-ácido dimensionadas para manter o site operacional por no mínimo quatro horas. A fórmula prática: capacidade da bateria em Ah = (consumo total em watts * horas de autonomia) / (tensão do banco * eficiência do inversor). Por exemplo, para 5.000 W, 4 horas, banco de 48 V e eficiência 0,9: $(5000*4)/(48*0,9) = 463$ Ah. Use duas baterias de 250 Ah em paralelo. Instale um sistema de monitoramento remoto de tensão e temperatura – a ZTE tem um módulo opcional na BBU que lê esses sensores. Se a tensão cair abaixo de 44 V em um banco de 48 V, o site deve ser configurado para entrar em modo de economia de energia (reduzir potência de transmissão e desabilitar setores menos críticos). Esse parâmetro se ajusta via UME em "Power Management".

1.7 – A escolha do cabo e do conector: o elo mais fraco

Entre a RRU e a antena, ou entre a BBU e a RRU (quando a RRU está remota), você usará cabos. Para a conexão BBU-RRU, a ZTE usa fibra óptica (geralmente dois cabos: um para transmissão, outro para recepção, com conectores LC/UPC). A distância máxima típica é de 10 km sem repetidor. Use fibra monomodo para qualquer distância acima de 300 metros. As fibras multimodo são mais baratas, mas limitam a 300 m para taxas de 10 Gbps. Nunca dobre a fibra com raio inferior a 30 mm. Guarde isso: raio de curvatura muito fechado quebra a fibra, e você vai passar horas no OTDR (reflectômetro) caçando o ponto de falha.

Já entre a RRU e a antena, o cabo é coaxial (também chamado de feeder). Os mais comuns são o 7/8" e o 1/5/8". Quanto maior o diâmetro, menor a perda. Para 5G em 3,5 GHz, o cabo 7/8" perde cerca de 5 dB a cada 100 metros. Se sua torre tem 50 metros de altura, a perda no feeder é de 2,5 dB, o que significa que você precisa compensar com potência na RRU. O conector mais utilizado é o DIN 7/16 ou o N-type. A ZTE exige torque de aperto de 25 Nm para conectores DIN; torque abaixo disso causa PIM (intermodulação passiva), um dos problemas mais chatos de diagnosticar. E torque excessivo racha o

conector. Use uma chave dinamométrica calibrada. Após conectar, faça o teste de PIM com um analisador de intermodulação – o valor deve ser inferior a -150 dBc para LTE e -160 dBc para 5G. Qualquer valor acima disso indica conector mal apertado, sujeira ou corrosão.

1.8 – O projeto de aterramento e proteção contra surtos

A ZTE é rigorosa com aterramento. Se você não seguir à risca, a garantia vai para o ralo e você terá equipamentos queimados na primeira tempestade. O sistema deve ter uma malha de terra com resistência inferior a 5 ohms (medida com um terrômetro). Para atingir isso em solo seco ou rochoso, você pode precisar de vários hastes de cobre de 2,4 m espaçadas entre si pela mesma distância, interligadas por um cabo de cobre nu de 35 mm². Cada RRU e a BBU devem ter um cabo de aterramento separado, de seção mínima de 16 mm², conectado diretamente ao barramento principal do site. Jamais use o mesmo cabo de aterramento para dois equipamentos – isso cria malhas de terra que amplificam surtos.

Para proteção contra raios, instale DPS (Dispositivos de Proteção contra Surtos) nas entradas de energia CA e CC, e também nas linhas de fibra óptica que saem da RRU para a antena (sim, raios induzem corrente na capa metálica da fibra

se ela tiver blindagem). A ZTE fornece kits de DPS específicos para cada modelo de RRU e BBU. Eles devem ser instalados a menos de 50 cm do ponto de entrada do cabo no equipamento. Após uma tempestade, mesmo sem raio direto, verifique os indicadores de surto nos DPS – muitos modelos têm uma janela que muda de verde para vermelho quando disparados. Troque imediatamente.

CAPÍTULO 1

ANTES DO PRIMEIRO PARAFUSO: O PLANEJAMENTO QUE NINGUÉM VÊ

UM SITE DE SUCESSO NASCE NO PLANEJAMENTO.
Cada decisão aqui evita problemas, retrabalho e custos lá na frente.

1 ESCOLHA DO TERRENO

- Começa com dados reais: drive test, análise de cobertura e capacidade.
- O local ideal equilibra cobertura, capacidade, acesso, energia e segurança.

2 DIMENSIONANDO TRÁFEGO E COBERTURA

- Entender o comportamento da rede e projetar com base na demanda real.
- Calcular Erlang, Busy Hour, throughput e crescimento.

EVOLUÇÃO DO TRÁFEGO

Ano	1	2	3	4	5
Tráfego	~1000	~2000	~3500	~5000	~7000

3 DEFININDO FREQUÊNCIAS, PCI E VIZINHANÇAS

- Planejar o mapa de rádio evita interferências e melhora a qualidade.
- Definir PCI, EARFCN, azimutes e relações de vizinhanças.

4 LICENÇAS, CONTRATOS E O FATOR HUMANO

- Licenças e contratos definidos evitam atrasos.
- Alinhamento com proprietários, prefeitura, concessionárias e time de implantação.

O RESULTADO DE UM BOM PLANEJAMENTO

- ✓ Cobertura eficiente
- ✓ Capacidade adequada
- ✓ Menos interferências
- ✓ Implantação mais rápida
- ✓ Otimização mais fácil
- ✓ Melhor experiência para o usuário

Um planejamento bem feito garante: performance, qualidade e retorno sobre o investimento.

O CAMINHO DO PLANEJAMENTO AO SUCESSO

DADOS REAIS → ANÁLISE → DECISÕES → PLANO DE RÁDIO → INFRAESTRUTURA → IMPLANTAÇÃO → REDE OTIMIZADA

LEMBRE-SE: Cada decisão tomada no planejamento se refletirá no desempenho do site durante toda a sua vida útil.

AMOSTRA