

## PARÂMETROS DE CONFIGURAÇÃO DE UM OTDR

Os três parâmetros-chave a considerar ao especificar um OTDR são:

- A distância que ele pode atingir (alcance)
- O quão de perto ele pode discriminar eventos
- O quão precisamente ele pode localizar eventos

### 1. FAIXA DINÂMICA

A faixa dinâmica é uma das características mais importantes de um OTDR, porque determina o comprimento máximo observável das fibras; portanto, também determina a capacidade do OTDR de analisar uma rede particular. Quanto maior a faixa dinâmica, maior a SNR e melhor o traço e a detecção de eventos. A faixa dinâmica é relativamente difícil de determinar porque os fabricantes não utilizam um método de cálculo padrão.

#### Definições de Faixa Dinâmica:

A faixa dinâmica pode ser definida como a diferença entre o ponto máximo do traço (nível horizontal tomado na interseção entre o traço extrapolado e o eixo vertical de potência) e o nível superior do piso de ruído na extremidade da fibra. A faixa dinâmica é expressa em decibéis (dB). A medição é realizada durante um período de 3 minutos e os resultados são tomados pelo valor médio. Dependendo do nível de ruído de referência, há muitas definições de faixa dinâmica. Essas definições resultam em valores que não são diretamente comparáveis.

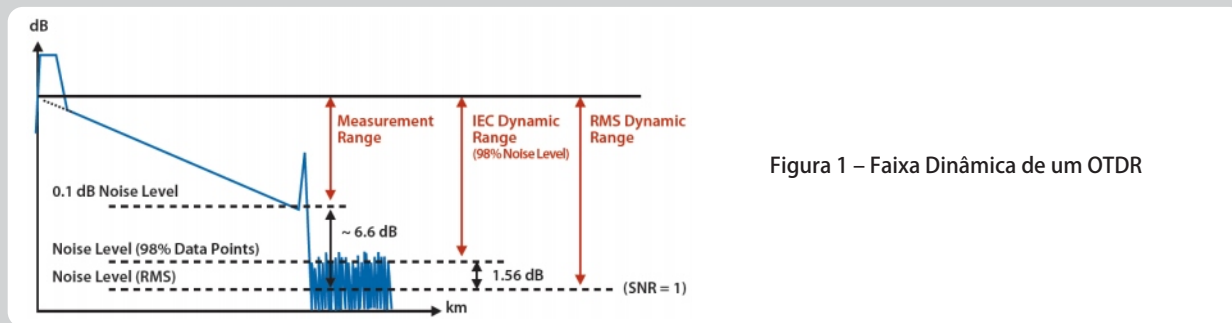


Figura 1 – Faixa Dinâmica de um OTDR

#### IEC (98% das amostras do nível de ruído)

Um método para determinar a faixa dinâmica é especificar o nível de ruído como o limite superior da faixa, o qual contém pelo menos 98% de todas as amostras de ruído.

Esta definição é endossada pelo International Electrotechnical Commission (IEC) na norma IEC 61746.

#### RMS

A faixa dinâmica RMS (Root Mean Square), também denominada SNR=1, é a diferença entre o ponto máximo do traço (nível horizontal tomado na interseção entre o traço extrapolado e o eixo vertical de potência) e do nível de ruído RMS. Se o ruído é Gaussiano, o valor RMS pode ser comparado com o da definição IEC 61746 subtraindo 1,56 dB a partir do intervalo dinâmico RMS.

## N=0,1 dB

Esta definição de faixa dinâmica fornece aos técnicos uma ideia do limite que o OTDR pode medir quando o nível de ruído é de 0,1 dB. A diferença entre o N=0,1 e o SNR=1 (RMS) é de aproximadamente 6,6 dB a menos, o que significa que um OTDR com uma faixa dinâmica de 28 dB (SNR=1) pode medir um evento de fibra de 0,1 dB com uma faixa dinâmica de 21,4 dB.

Existem diversas outras definições de faixa dinâmica tais como a “Detecção Final”, a “Faixa de Medição Telcordia” e a “4% da Reflexão de Fresnel”. Qualquer que seja a definição de ruído utilizada, a faixa dinâmica define a diferença de atenuação entre dois níveis no traço do OTDR (do nível máximo do sinal ao nível do piso de ruído).

Quanto mais próximo está o sinal do nível de ruído, mais ruidoso ele se torna. O valor da faixa dinâmica para cada definição também pode ser definido de acordo com as diferentes condições de medição.

### Valor típico:

O valor típico representa o valor médio ou a média da faixa dinâmica para os diversos OTDRs manufaturados. Um aumento de aproximadamente 2 dB é tipicamente mostrado na comparação com o valor especificado.

### Valor especificado:

O valor especificado representa a faixa dinâmica mínima especificada pelo fabricante para o seu OTDR ao longo de um intervalo de temperatura ou em temperatura ambiente. No caso de temperaturas muito baixas ou muito altas, a faixa dinâmica tipicamente diminui em 1 dB.

## 2. ZONA MORTA

A zona morta de um OTDR é a distância (ou tempo), onde o OTDR não consegue detectar ou localizar com precisão qualquer evento no link de fibra.

### 2.1 Porque existe a Zona Morta?

Um OTDR é projetado para detectar o nível do espalhamento que retorna ao longo de todo o link da fibra medindo tais sinais, que são muito menores do que o sinal que foi injetado na fibra. O fotodiodo, o componente que recebe o sinal, é projetado para detectar uma determinada faixa de níveis. Quando uma forte reflexão ocorre, a potência recebida pelo fotodiodo pode ser 4000 vezes maior do que a potência de retorno, saturando o fotodiodo.

O fotodiodo necessita de certo tempo para recuperar-se de sua condição de saturação. Durante este tempo, ele não vai detectar o sinal retornado com precisão. O comprimento de fibra que não foi completamente caracterizado durante este período (largura de pulso + tempo de recuperação) é chamado de zona morta.

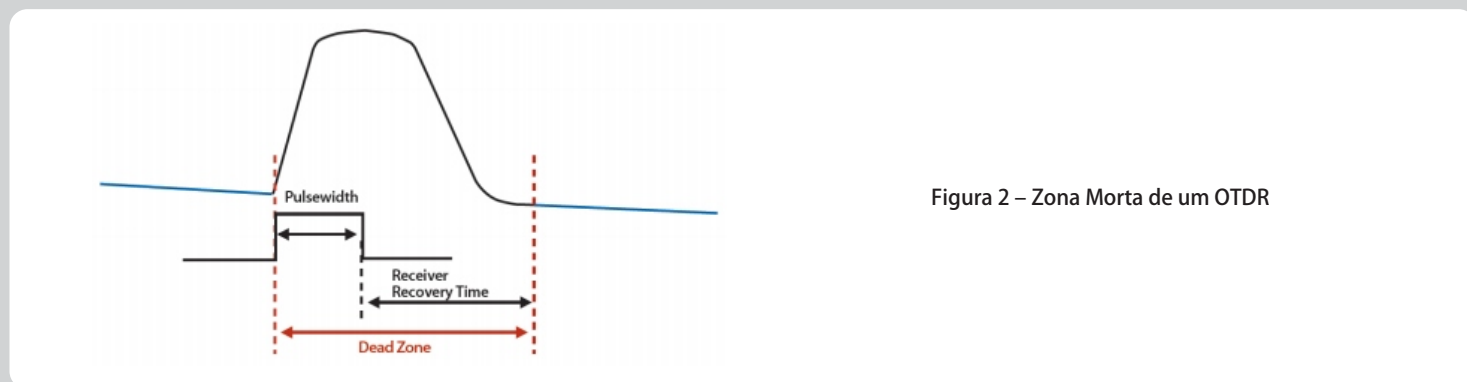


Figura 2 – Zona Morta de um OTDR

### 2.2 Zona Morta de Atenuação (ADZ)

A zona morta de atenuação (ADZ), conforme definida no padrão IEC 61746 para um evento reflexivo ou de atenuação, é a região depois do evento onde o traço exibido desvia do espalhamento normal por mais do que um dado valor vertical DF (geralmente 0,5 ou 0,1 dB). Em geral, quanto maior a potência refletida que é enviada de volta para o OTDR, maior será a ADZ.



Figura 3 – Medição da ADZ (zona morta de atenuação)

A ADZ depende da largura de pulso, do valor da refletância do primeiro evento reflexivo, da perda deste evento e da distância. Geralmente indica a distância mínima após um evento reflexivo, onde um evento não-reflexivo uma emenda por exemplo pode ser medido.

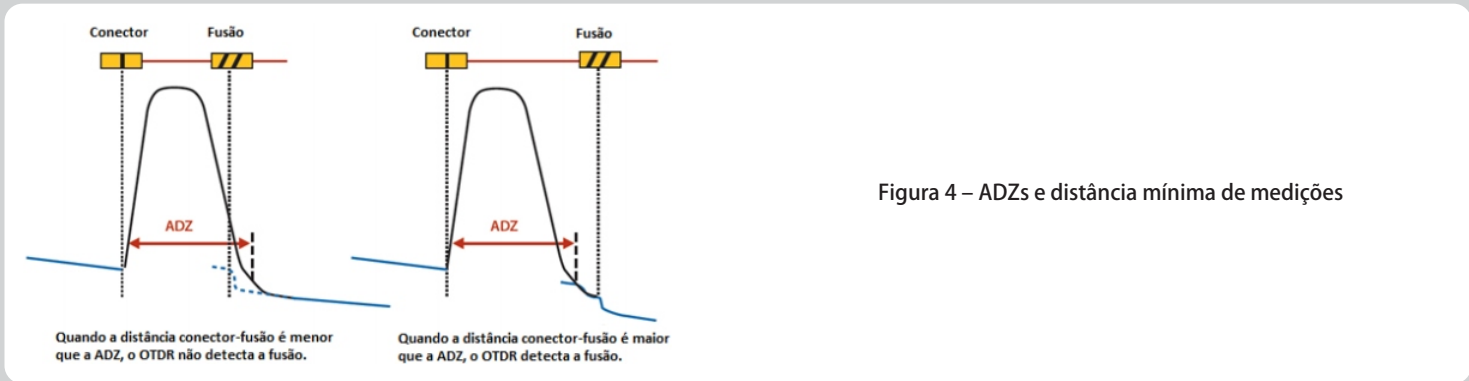


Figura 4 – ADZs e distância mínima de medições

Com larguras de pulso menores, o tempo de recuperação do fotodiodo é o fator determinante da ADZ e pode ser 5-6 vezes maior do que a largura de pulso em si. Com larguras de pulso maiores, a largura de pulso em si é o fator determinante. Neste caso, o ADZ é, com efeito, igual à largura do pulso. A ADZ especificada para o OTDR é geralmente medida com larguras de pulso mais curtas.

2.3 Zona Morta de Eventos (EDZ)

Eventos reflexivos

Para um evento reflexivo, a zona morta de evento (EDZ) é definida como a distância entre os dois pontos opostos que estão 1,5 dB abaixo do pico não-saturado de um evento reflexivo simples.



Figura 5 – EDZ de um evento reflexivo

Eventos não reflexivos

Para um evento não reflexivo, o EDZ refere-se à distância entre os pontos em que o início e fim dos níveis de uma emenda ou um dado valor ( $\leq 1$  dB) estão dentro de  $\pm 0,1$  dB dos seus valores iniciais e finais.

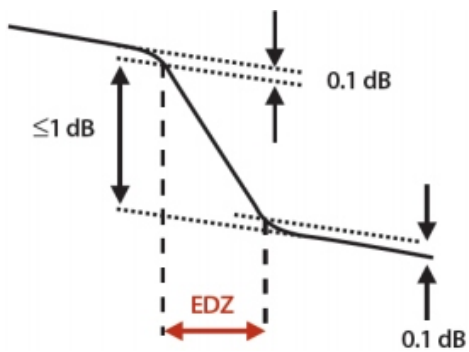


Figura 6 – EDZ de um evento não reflexivo

A EDZ depende da largura de pulso e pode ser reduzida utilizando larguras de pulso menores. A EDZ refere-se à distância mínima onde dois eventos reflexivos consecutivos ainda podem ser distinguidos. A distância de cada evento pode ser medida, mas as perdas separadas de cada evento não podem.

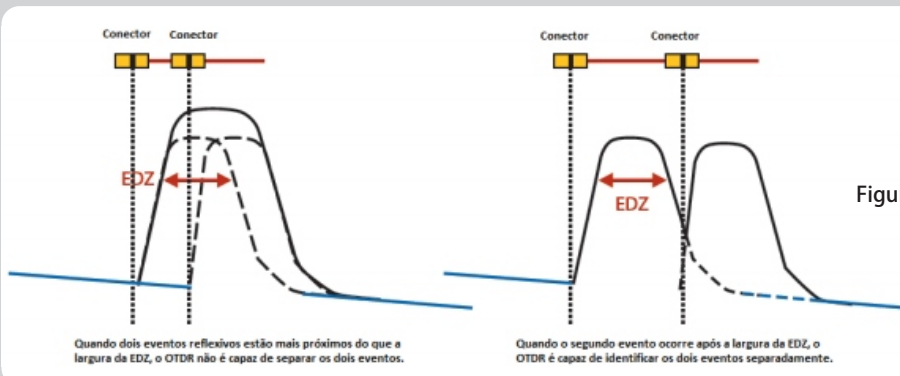


Figura 7 – EDZ e distinção de conectores feita pelo OTDR

### 3. RESOLUÇÃO

Os quatro principais tipos de parâmetros de resolução são visor (cursor), perda (nível), a amostragem (pontos de dados) e a distância.

#### 3.1 Resolução do Display

Os dois tipos de resolução do display são de leitura e cursor. Resolução de leitura do display refere-se à resolução mínima do valor exibido. Por exemplo, uma atenuação de 0,031 dB terá uma resolução de 0,001 dB. A resolução do cursor refere-se à mínima distância, ou atenuação, entre dois pontos na tela. Um típico valor de resolução do cursor na tela é de 1 cm ou 0,001 dB.

#### 3.2 Resolução de Perdas

A resolução do circuito de aquisição rege a resolução das perdas. Para dois níveis de potência semelhantes, essa resolução especifica a diferença mínima de perdas que podem ser medidas. Este valor é, geralmente, cerca de 0,01 dB.

#### 3.3 Resolução de Amostragem

A resolução de amostragem (ou pontos de dados) refere-se à distância mínima entre dois pontos de aquisição e pode ser da ordem de centímetros, dependendo da largura de pulso e do alcance. Em geral, quanto mais pontos de dados, melhor será a resolução de amostragem. Portanto, o número de pontos de dados que um OTDR pode adquirir é um importante parâmetro de desempenho. Uma OTDR típico de alta-resolução pode ter uma resolução de amostragem de 1 cm.

#### 3.4 Resolução de Distância

A resolução de distância é muito semelhante à resolução de amostragem. A capacidade de o OTDR para localizar um evento é afetada pela resolução de amostragem. Se um OTDR apenas amostra pontos de aquisição a cada 4 cm, ele só poderá localizar a extremidade da fibra dentro de  $\pm 4$  cm. Semelhante à resolução de amostragem, a resolução de distância é uma função da largura de pulso e alcance. Esta especificação não deve ser confundida com a acurácia de distância, que será discutida em seguida.

## 4. ACURÁCIA

A acurácia de uma medida refere-se ao grau de proximidade dessa medida com o valor verdadeiro ou real dessa grandeza.

### 4.1 Linearidade (acurácia da atenuação)

A linearidade do circuito de aquisição determina o quão perto um nível óptico corresponde a um nível elétrico em toda a faixa. A maioria dos OTDRs tem uma acurácia de atenuação de  $\pm 0,05$  dB/dB. Alguns OTDRs podem ter uma acurácia de atenuação mais elevada de  $\pm 0,03$  dB/dB. Se um OTDR é não linear, os valores de perda de seção irão mudar significativamente para fibras longas.

### 4.2 Acurácia da Distância

A acurácia da distância depende de parâmetros como o Índice de Grupo e o Erro da Base de Tempo.

#### Índice de Grupo

Enquanto o índice de refração refere-se a um único raio de luz na fibra, o Índice de Grupo refere-se à velocidade de propagação de todos os raios de luz na fibra. A acurácia das medições de distância no OTDR depende da acurácia do Índice de Grupo.

#### Erro da Base de Tempo

Erro da base de tempo se deve à imprecisão do quartzo no mecanismo de tempo, que pode variar de  $10^{-4}$  a  $10^{-5}$  segundos. A fim de calcular o erro de distância, o erro da base de tempo deve ser multiplicado pela distância medida.

## 5. COMPRIMENTO DE ONDA

OTDRs efetuam suas medidas de acordo com o comprimento de onda. Os principais comprimentos de onda para OTDR são 850 e 1300 nm para fibras multimodo e 1310, 1550 e 1625 nm para fibras monomodo. Um diodo laser de 1625 ou 1650 nm pode ser utilizado para testar redes em tempo real, testes conhecidos como "in-service", ou usado para sistemas de monitoramento remoto ou ainda em aplicações fiber-to-the home (FTTH) em redes ópticas passivas (PON). O propósito de utilizar os comprimentos de onda de 1625 nm ou 1650 nm é para evitar interferência com o tráfego em 1310 e 1550 nm.

Outros comprimentos de onda utilizados para a caracterização da fibra:

1383 nm: usado para medidas de atenuação ao redor do principal pico de absorção de fibra

1420, 1450 e 1480 nm: usados para sistemas com amplificação Raman

1490 nm: usado para sistemas de FTTH (fiber-to-the-home)

1271 a 1611 nm: usados para OTDRs dedicados à ativação e solução de problemas de sistemas CWDM

Alguns OTDRs exibem os exatos comprimentos de onda dos diodos laser utilizados para a medição. Geralmente, no entanto, apenas o comprimento de onda genérico é fornecido.