

O que realmente muda com a Categoria 6

A Categoria 6, norma recentemente finalizada pela TIA/EIA, representa uma importante vitória da indústria de telecomunicações. Saiba qual é a real diferença entre as categorias 5e e 6 de sistemas de cabeamento estruturado em termos de desempenho de transmissão

Dr. Paulo S. Marin, Eng^o.
paulo_marin@paulomarinconsultoria.eng.br

Desde que a conclusão e aprovação da norma da Categoria 6 pela TIA foram finalmente anunciadas em final de junho deste ano muitas notas e artigos foram publicados para “festejar” tal feito; sem dúvida alguma muito importante para a indústria de telecomunicações. No entanto, nada de concreto em termos técnicos foi mostrado aos profissionais do mercado. Este artigo tem exatamente o objetivo de apresentar em termos de parâmetros elétricos de desempenho de transmissão, as reais diferenças entre os sistemas de categorias 5e e 6 e o que isso significa na prática.

Primeiramente, é importante esclarecer que a Categoria 6 é um adendo da ANSI/TIA/EIA-568-B.2. Assim, não se trata de uma norma nova independente e sim o primeiro adendo da Parte 2 do conjunto de normas ‘568-B que é um padrão para cabeamento de telecomunicações em edifícios comerciais (*Commercial Building Telecommunications Cabling Standard*). Oficialmente, estamos falando do documento da TIA cujo código é **ANSI/TIA/EIA-568-B.2-1-2002**: “*Commercial Building Telecommunications Cabling Standard, Part 2: Balanced Twisted Pair Cabling Components – Addendum 1: Transmission Performance Specifications for 4-pair 100 W Category 6 Cabling*”, aprovado em 20/06/2002.

Vamos então ao que interessa. Para começar, ambas as categorias de desempenho de cabeamento para telecomunicações (Cat. 5e e 6) somente reconhecem duas configurações para a execução de testes de certificação do cabeamento instalado: Enlace Permanente (*Permanent Link*) e Canal (*Channel*). Portanto, a configuração de Enlace Básico (*Basic Link*) não é mais uma configuração reconhecida para teste do sistema desde a publicação da norma da Categoria 5e. As figuras 1 e 2 mostram ambas as configurações de testes reconhecidas para Cat. 5e e 6. É importante notar que na configuração de teste segundo o modelo canal, todos os cordões de manobra (*patch cords*), assim como o cordão do usuário na área de trabalho são considerados. No entanto, o modelo de enlace permanente considera apenas o cabeamento horizontal sem incluir os cordões de manobra, de equipamentos e da área de trabalho. Os testes de certificação, neste caso, devem ser executados com os adaptadores e cordões fornecidos pelo fabricante do equipamento de teste utilizado.

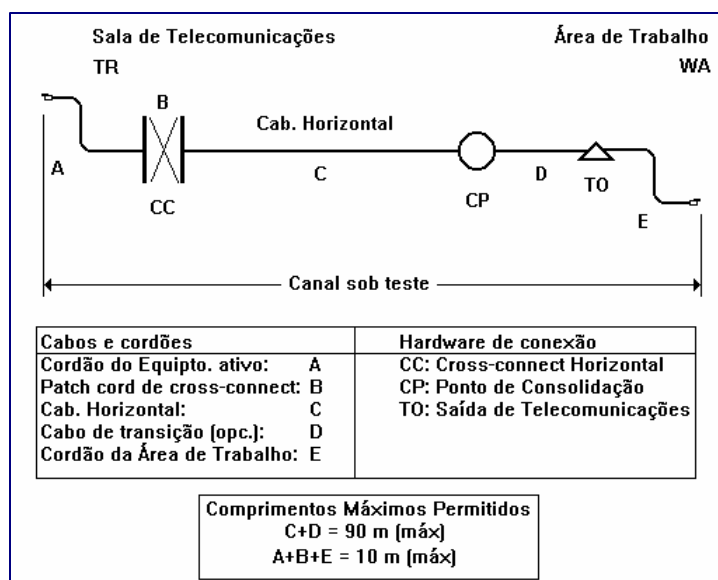


Figura 1 – Configuração de teste modelo canal

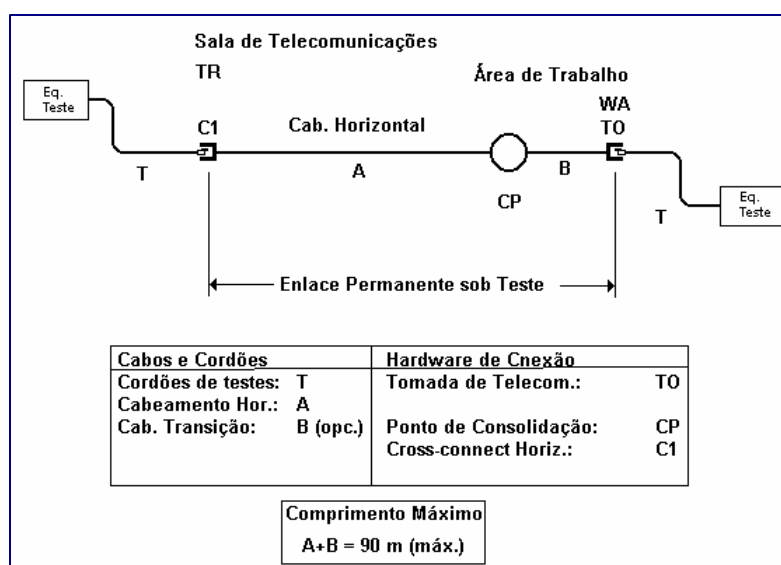


Figura 2 – Configuração de teste modelo enlace permanente

Os cabos reconhecidos pela norma para a Categoria 6 são os mesmos (mecanicamente) que aqueles da Categoria 5e, ou seja, cabos de pares trançados (balanceados) com bitolas entre 22 AWG e 24 AWG com isolante termoplástico para todos os condutores sólidos que são agrupados em quatro grupos de pares envolvidos por uma capa externa também constituída de isolante termoplástico. A espessura do isolante não pode exceder 1,22 mm e o código de cores dos pares obedece ao já conhecido padrão utilizado desde o início da aplicação da técnica de cabeamento estruturado, ou seja, os pares devem ser cores verde/branco, laranja/branco, azul/branco e marrom/branco. O diâmetro externo do cabo deve ser inferior a 6,35 mm. Estas características atendem à norma ANSI/ICEA S-80-576.

Ambos os cabos têm uma impedância característica de $100\ \Omega$ e podem ser sem blindagem (UTP, *Unshielded Twisted Pair*) ou blindados (ScTP, *Screened Twisted Pair*).

A diferença fundamental entre estes cabos são suas respostas em frequência; mais exigentes para a Categoria 6. As principais diferenças elétricas entre os cabos e sistemas Cat. 5e e 6 serão apresentadas ao longo deste artigo.

Perda de Inserção (Atenuação)

A perda de inserção ou atenuação é a perda de potência do sinal ao longo de sua propagação pelo canal (o termo canal aqui é usado para designar a linha de transmissão e não tem relação alguma com a configuração canal para a realização dos testes de certificação, conforme definida pelo padrão '568-B e anteriormente apresentada).

O termo “perda de inserção” passou a substituir o termo “atenuação”, porém na prática não há diferença alguma. O primeiro passou a ser utilizado em substituição ao segundo nos documentos normativos para salientar que a atenuação do sinal que se propaga entre um transmissor e um receptor em um sistema de comunicação ocorre devido à inserção de segmentos de cabos e conectores entre eles.

A tabela T1, abaixo, compara os valores deste parâmetro para os cabos Cat. 5e e 6.

Frequência (MHz)	Cabo Cat. 5e UTP, sólido Atenuação (dB)	Cabo Cat. 6 UTP, sólido Atenuação (dB)
0,772	1,8	1,8
1,0	2,0	2,0
4,0	4,1	3,8
8,0	5,8	5,3
10,0	6,5	6,0
16,0	8,2	7,6
20,0	9,3	8,5
25,0	10,4	9,5
31,25	11,7	10,7
62,5	17,0	15,4
100,0	22,0	19,8
200,0	-	29,0
250,0	-	32,8

Tabela T1 – Atenuação dos cabos UTP Cat. 5e e 6, 100 m

Na tabela T1 acima, ambos os cabos considerados são com condutores sólidos que são os cabos utilizados nos segmentos de cabeamento horizontal e *backbone*. Os cabos flexíveis não estão sendo considerados aqui e possuem características de transmissão diferentes

dos cabos sólidos. Os valores de perda de inserção apresentados para cada frequência são para um mesmo comprimento de cabo (100 m).

Pela análise da tabela T1, pode-se concluir que os cabos de Categoria 6 apresentam melhores características de transmissão para o parâmetro atenuação em relação àqueles de Categoria 5e. Pode-se notar isso pelos valores de atenuação para a frequência de 100 MHz. Os cabos Cat. 5e atenuam o sinal transmitido por eles em 22,0 dB enquanto os cabos Cat. 6, para esta frequência atenuam o sinal em 19,8 dB. Apenas para referência, uma atenuação de 22 dB representa que 0,6% da potência do sinal transmitido é recebida pelo circuito receptor. Já uma atenuação de 19,8 dB corresponde a uma potência recebida de, aproximadamente, 1,1% do sinal transmitido. Estas diferenças podem parecer pequenas, mas na prática são significativas.

A expressão abaixo pode ser utilizada para o cálculo da perda de inserção para cabos Categoria 5e para diferentes valores de frequência entre 0,772 MHz e 100 MHz.

$$Atenuação_{cabo,100m} \leq (1,967\sqrt{f}) + 0,023.f + \frac{0,050}{\sqrt{f}} \quad (\text{dB}/100\text{m}) \quad [1]$$

Para a determinação da atenuação de cabos Categoria 6 entre 0,772 e 250 MHz, a expressão abaixo deve ser utilizada

$$Atenuação_{cabo,100m} \leq (1,808\sqrt{f}) + 0,0017.f + \frac{0,2}{\sqrt{f}} \quad (\text{dB}/100\text{m}) \quad [2]$$

As expressões [1] e [2] acima aplicam-se a cabos constituídos por condutores sólidos apenas e para as faixas de frequências definidas para cada categoria de desempenho correspondente.

A tabela T2 a seguir apresenta os valores de perda de inserção para o *hardware* de conexão (conectores, blocos, *patch panels*, etc.) para as categorias 5e e 6.

Frequência (MHz)	Categoria 5e Atenuação (dB)	Categoria 6 Atenuação (dB)
1,0	0,1	0,10
4,0	0,1	0,10
8,0	0,1	0,10
10,0	0,1	0,10
16,0	0,2	0,10
20,0	0,2	0,10
25,0	0,2	0,10
31,25	0,2	0,11
62,5	0,3	0,16
100,0	0,4	0,20
200,0	-	0,28
250,0	-	0,32

Tabela T2 – Atenuação do *hardware* de conexão para as categorias 5e e 6

Pelos valores apresentados na tabela T2, pode-se notar, também, que a atenuação devida ao *hardware* de conexão em um canal é menor para sistemas de Categoria 6 que para sistemas de Categoria 5e.

Todos os valores apresentados nas tabelas anteriores são aqueles de pior caso, ou seja, valores de atenuação apresentados pelo pior par dos quatro pares do cabo UTP.

Apenas para informação, na tabela T3 pode-se observar os valores de perda de inserção típica para sistemas de cabeamento Categoria 6 em ambas as configurações de testes definidas pelo padrão: enlace permanente e canal.

Frequência (MHz)	Canal Cat. 6 , 100 m Atenuação (dB)	Enlace Permanente Cat. 6, 90 m Atenuação (dB)
1,0	2,1	1,9
4,0	4,0	3,5
8,0	5,7	5,0
10,0	6,3	5,5
16,0	8,0	7,0
20,0	9,0	7,9
25,0	10,1	8,9
31,25	11,4	10,0
62,5	16,5	14,4
100,0	21,3	18,6
200,0	31,5	27,4
250,0	35,9	31,1

Tabela T3 – Perda de inserção para os modelos enlace permanente e canal, Cat.6

Para a construção da tabela T3, a configuração canal está considerando o modelo com quatro conectores que é o modelo mais completo de canal admitido pelo padrão. Para a configuração enlace permanente, três conexões foram consideradas (uma delas é o ponto de consolidação opcional).

Perda de Paradiafonia (NEXT Loss)

A paradiafonia ou NEXT (*Near End Crosstalk*) é a interferência de um sinal que se propaga por meio de um par acoplada em um par adjacente na extremidade mais próxima à da fonte de interferência (extremidade em que o sinal foi gerado ou transmitido). Quando esta interferência se dá entre pares próximos de cabos diferentes, dizemos que se trata de um fenômeno de *Alien Crosstalk*.

Vale salientar aqui, que por sua natureza, a paradiafonia (NEXT) não está sujeita ao comprimento do segmento de cabo entre um dado transmissor e um receptor. Assim, é esperado que os valores obtidos para este parâmetro não sofram variações importantes em função do comprimento do canal.

É também importante observar que todos os parâmetros elétricos de transmissão, invariavelmente, apresentam valores piores quanto maior for a frequência considerada. Portanto, em termos de interferência, quanto maior a frequência, maior será o ruído acoplado pelo par interferido ou menor será a isolamento elétrica entre o par interferente e o par interferido. O “parâmetro” NEXT Loss ou perda de paradiáfonia refere-se exatamente à isolamento entre os pares no evento de uma interferência causada por NEXT. Quanto maior o valor deste “parâmetro”, maior será a isolamento entre os pares considerados e, conseqüentemente, a interferência por paradiáfonia (NEXT) será menor. O oposto é também verdade. A figura 3, apresenta os mecanismos de interferência por paradiáfonia (NEXT) e telediafonia (FEXT).

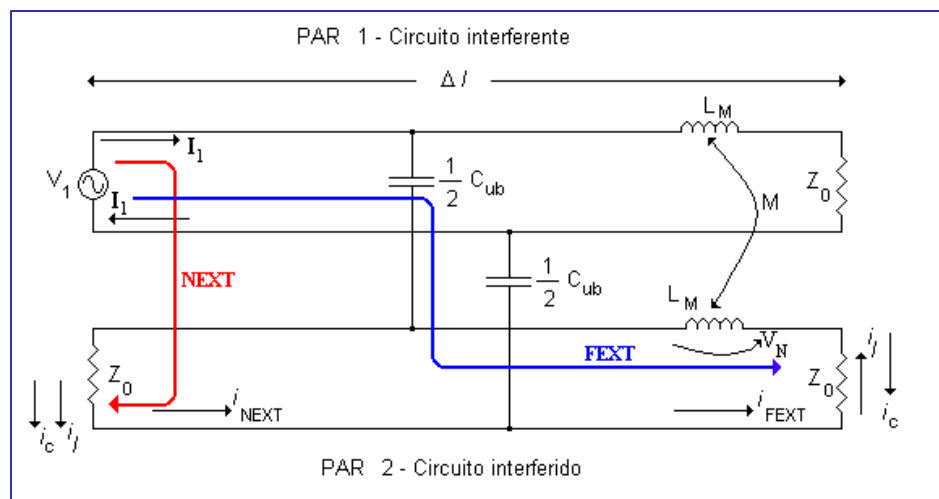


Figura 3 – Mecanismos de interferência por NEXT e FEXT

Há duas metodologias normatizadas para o teste de perda de paradiáfonia, o teste par-a-par e o teste de *powersum*. No primeiro caso, o teste é realizado considerando-se que apenas um par está transmitindo sinal em um determinado instante e os demais não estão sendo utilizados. Nesta condição, pode-se determinar qual o nível de interferência entre cada combinação de dois pares dentro de um cabo UTP de quatro pares. O teste de *powersum* avalia a soma dos sinais interferentes que se propagam simultaneamente em três pares do cabo sobre o quarto par, ocioso. O teste de *powersum* é um melhor indicador das relações de interferência entre os pares dentro de um cabo por considerar que este está sendo utilizado em seu limite máximo (pelo menos em termos de número de pares dentro do cabo).

A tabela T4 apresenta valores de perda de paradiáfonia par-a-par em função da frequência para cabos UTP sólidos de categorias 5e e 6.

Frequência (MHz)	Perda de NEXT (dB) par-a-par Cabo Cat. 5e, sólido	Perda de NEXT (dB) par-a-par Cabo Cat. 6, sólido
0,150	-	86,7
0,772	67,0	76,0
1,0	65,3	74,3
4,0	56,3	65,3
8,0	51,8	60,8
10,0	50,3	59,3
16,0	47,2	56,2
20,0	45,8	54,8
25,0	44,3	53,3
31,25	42,9	51,9
62,5	38,4	47,4
100,0	35,3	44,3
200,0	-	39,8
250,0	-	38,3

Tabela T4 – Valores de perda de NEXT par-a-par para cabos UTP Cat. 5e e 6

Os valores apresentados na tabela T4 são aqueles para o pior caso, ou seja, para a combinação de pares que apresenta a pior relação de interferência por paradiáfonia de um cabo UTP. Pode-se notar, então, que os cabos de Categoria 6 apresentam uma maior isolamento quanto à interferência por NEXT (maior valor de NEXT *Loss*) que os cabos de Categoria 5e. Um exemplo disso são os valores de perda de NEXT na frequência de 100 MHz que é de 35,3 dB para cabos Cat. 5e e 44,3 dB para cabos Cat. 6.

A tabela T5, a seguir, apresenta as mesmas relações de interferência para *powersum* NEXT *Loss* (PS-NEXT *Loss*).

Frequência (MHz)	Perda de NEXT (dB) <i>powersum</i> Cabo Cat. 5e, sólido	Perda de NEXT (dB) <i>powersum</i> Cabo Cat. 6, sólido
0,150	74,7	84,7
0,772	64,0	74,0
1,0	62,3	72,3
4,0	53,3	63,3
8,0	48,8	58,8
10,0	47,3	57,3
16,0	44,2	54,2
20,0	42,8	52,8
25,0	41,3	51,3
31,25	39,9	49,9
62,5	35,4	45,4
100,0	32,3	42,3
200,0	-	37,8
250,0	-	36,3

Tabela T5 - Valores de perda de NEXT *powersum* para cabos UTP Cat. 5e e 6

A isolação entre os pares para a condição de *powersum* NEXT *loss* é menor conforme o esperado, ou seja, nesta condição a interferência por paradiafonia é maior e, portanto, os limites seguros para a garantia de certas aplicações mas exigentes (aplicações *full duplex*, por exemplo) podem ser determinados tomando-se como referência este método de teste de perda de paradiafonia. Aqui também fica claro que cabos de Categoria 5e são mais susceptíveis à interferência por paradiafonia que os cabos de Categoria 6. Como exemplo podemos tomar os valores para ambos na frequência de 100 MHz. Para cabos Cat. 6 a perda de PS-NEXT é de 42,3 dB (maior isolação) e para os cabos Cat. 5e é de 32,3 dB (menor isolação).

Apenas a título de ilustração, a tabela T6 apresenta valores de PS-NEXT para as configurações canal e enlace permanente de sistemas de cabeamento (cabos e *hardware* de conexão) Categoria 6.

Frequência (MHz)	Canal Cat. 6 , 100 m PS-NEXT (dB)	Enlace Permanente Cat. 6, 90 m PS-NEXT (dB)
1,0	62,0	62,0
4,0	60,5	61,8
8,0	55,6	57,0
10,0	54,0	55,5
16,0	50,6	52,2
20,0	49,0	50,7
25,0	47,3	49,1
31,25	45,7	47,5
62,5	40,6	42,7
100,0	37,1	39,3
200,0	31,9	34,3
250,0	30,2	32,7

Tabela T6 – Valores de perda de PS-NEXT para as configurações enlace permanente e canal – Categoria 6

Os limites de teste de perda de PS-NEXT são mais restritivos que aqueles para a configuração canal para assegurar que configurações de cabeamento em enlace permanente possam ser expandidas para a configuração canal pela adição de componentes do cabeamento que atendam às especificações mínimas estabelecidas pelo padrão. Quando um ponto de consolidação (CP) estiver presente em um enlace permanente, de acordo com o modelo utilizado para o cálculo do PS-NEXT para a condição de pior caso, teremos margens de PS-NEXT abaixo da precisão de medição mínima para a configuração de enlace permanente. O desempenho de PS-NEXT pode ser melhorado, então, se uma distância mínima de cinco metros entre o ponto de consolidação (CP) e a tomada de telecomunicações for mantida.

Perda de Telediafonia (FEXT Loss)

A telediafonia ou FEXT (*Far End Crosstalk*) é a interferência de um sinal que se propaga por meio de um par acoplada em um par adjacente na extremidade mais distante à da fonte de interferência (extremidade em que o sinal foi recebido). Quando esta interferência se dá entre pares próximos de cabos diferentes, dizemos que se trata de um fenômeno de *Alien Crosstalk*, sendo o *crosstalk* neste caso, a interferência por telediafonia (FEXT). A figura 3 mostra o mecanismo de interferência por telediafonia (FEXT).

Vale salientar aqui, que por sua natureza, a telediafonia (FEXT), ao contrário da paradiafonia (NEXT) está sujeita a todo o comprimento do segmento de cabo entre um dado transmissor e um receptor. Assim, é esperado que os valores obtidos para este parâmetro sofram variações importantes em função do comprimento do canal. Da mesma forma que para a perda de paradiafonia, o “parâmetro” FEXT Loss ou perda de telediafonia refere-se exatamente à isolamento entre os pares no evento de uma interferência

causada por FEXT. Quanto maior o valor deste “parâmetro”, maior será a isolamento entre os pares considerados e, conseqüentemente, a interferência por telediafonia (FEXT) será menor. O oposto é também verdade.

No entanto, o parâmetro que é mais expressivo que a perda de telediafonia é o ELFEXT (*Equal Level Far End Crosstalk*) para representar as relações de interferência por FEXT em sistemas de cabeamento estruturado. O ELFEXT, na verdade é uma relação entre dois parâmetros de transmissão, ou ainda, é a diferença (em dB) entre os valores de FEXT e de atenuação medidos para uma dada frequência. Da mesma forma que para o teste de perda de paradiafonia, o ELFEXT pode ser avaliado pelo método par-a-par ou *powersum*.

A tabela T7 apresenta valores de ELFEXT par-a-par em função da frequência para cabos UTP sólidos de categorias 5e e 6.

Frequência (MHz)	ELFEXT (dB) par-a-par Cabo Cat. 5e, sólido	ELFEXT (dB) par-a-par Cabo Cat. 6, sólido
0,772	-	70,0
1,0	63,8	67,8
4,0	51,8	55,8
8,0	45,7	49,7
10,0	43,8	47,8
16,0	39,7	43,7
20,0	37,8	41,8
25,0	35,8	39,8
31,25	33,9	37,9
62,5	27,9	31,9
100,0	23,8	27,8
200,0	-	21,8
250,0	-	19,8

Tabela T7 – Valores de ELFEXT par-a-par para cabos UTP Cat. 5e e 6 para um comprimento de 100 metros

Mais uma vez pode-se observar que a isolamento entre os pares do cabo UTP diminui com o aumento da frequência provando que, para frequências elevadas, as relações de interferência por telediafonia são mais importantes. Da mesma forma, pode-se notar que cabos de Categoria 6 oferecem uma maior isolamento para telediafonia que os cabos de Categoria 5e. Em qualquer frequência dentro da banda de interesse, o valor de ELFEXT para os cabos Cat. 6 é numericamente superior àquele para cabos Cat. 5e na mesma frequência.

A tabela T8 apresenta valores de *powersum* ELFEXT (PS-ELFEXT) em função da frequência para cabos UTP sólidos de categorias 5e e 6.

Frequência (MHz)	PS-ELFEXT (dB) <i>Powersum</i> Cabo Cat. 5e, sólido	PS-ELFEXT (dB) <i>powersum</i> Cabo Cat. 6, sólido
0,772	-	67,0
1,0	60,8	64,8
4,0	48,8	52,8
8,0	42,7	46,7
10,0	40,8	44,8
16,0	36,7	40,7
20,0	34,8	38,8
25,0	32,8	36,8
31,25	30,9	34,9
62,5	24,9	28,9
100,0	20,8	24,8
200,0	-	18,8
250,0	-	16,8

Tabela T8 – Valores de PS-ELFEXT para cabos UTP Cat. 5e e 6 para um comprimento de 100 metros

O comportamento do PS-ELFEXT é semelhante ao do ELFEXT, porém, com valores numéricos inferiores. Isto já era esperado uma vez que para a avaliação do PS-ELFEXT todos os pares estão contribuindo para as relações de interferência por FEXT e, portanto, os níveis de interferência aumentam e a isolamento entre os pares diminui.

Perda de Retorno (*Return Loss*)

A perda de retorno mede a quantidade de sinal refletido de volta ao transmissor devido a descasamentos de impedância entre o cabo e o *hardware* de conexão em um sistema de cabeamento estruturado. Terminações mal feitas entre cabos e conectores geram reflexões de níveis elevados que prejudicam a transferência de potência entre transmissor e receptor em um sistema de comunicação. Portanto, práticas de instalação adequadas devem ser sempre seguidas para minimizar problemas deste tipo.

As reflexões sempre ocorrerão em pontos onde há a junção de cabos e conectores, porém, é importante assegurar-se de que estas sejam as mínimas possíveis.

Aplicações que operam em modo *full duplex* são mais susceptíveis a problemas devido a reflexões no canal que aplicações *half duplex*. O motivo disso é que o sinal refletido que retorna ao transmissor (que também opera como receptor nestes sistemas) pode ter potência suficiente para ser, erroneamente, interpretado como uma informação válida por ele. Em um evento deste, teremos um erro de bit e uma retransmissão será necessária, reduzindo o nível de desempenho da aplicação devido ao sistema de cabeamento.

A tabela T9 apresenta as expressões utilizadas para o cálculo da perda de retorno tanto para cabos UTP, sólidos de Categoria 5e quanto para cabos de Categoria 6.

Frequência (MHz)	Perda de Retorno (dB)
Entre 1 e 10	$20 + 5\log(f)$
Entre 10 e 20	25
Entre 20 e 250	$25 - 7\log(f/20)$

Tabela T9 – Expressões para o cálculo de perda de retorno para cabos Cat. 5e e 6

Curiosamente, os valores de perda de retorno para cabos de categorias 5e e 6 são exatamente os mesmos até a frequência de 100 MHz. Isto ocorre devido a ambos os cabos apresentarem a mesma impedância característica de 100Ω com uma tolerância de $\pm 15\%$ (85 a 115Ω). A impedância do *hardware* de conexão tanto de Cat. 5e quanto de Cat. 6 também está dentro desses valores, conseqüentemente, a perda de retorno apresenta um mesmo comportamento para ambas as categorias de sistemas. A tabela T10 abaixo apresenta valores referenciais de perda de retorno para ambas as categorias de cabos para um comprimento de cem metros.

Frequência (MHz)	Perda de Retorno (dB) Cabo Cat. 5e, sólido	Perda de Retorno (dB) Cabo Cat. 6, sólido
1,0	20	20
4,0	23	23
8,0	24,5	24,5
10,0	25,0	25,0
16,0	25,0	25,0
20,0	25,0	25,0
25,0	24,3	24,3
31,25	23,6	23,6
62,5	21,5	21,5
100,0	20,1	20,1
200,0	-	18,0
250,0	-	17,3

Tabela T10 – Valores referenciais de perda de retorno para cabos de categorias 5e e 6

A expressão [3] a seguir pode ser utilizada para a determinação dos valores de perda de retorno em função do nível de tensão do sinal refletido.

$$RL = 20 \cdot \log \frac{V_r}{V_i} \quad (\text{dB}) \quad [3]$$

Onde,

V_r é o nível de tensão do sinal refletido, em volts;

V_i é o nível de tensão do sinal incidente, em volts.

A partir da expressão [3] pode-se, então, construir a tabela T11 que apresenta o valor da perda de retorno em função do nível de tensão do sinal refletido.

Nível de tensão do sinal refletido, V_r (V)	Perda de Retorno (dB)
0,1	20,0
0,2	13,9
0,3	10,4
0,4	7,9
0,5	6,0
0,6	4,4
0,7	3,1
0,8	1,9
0,9	0,9
1,0	0

Tabela T11 – Valores de perda de retorno em função do nível de tensão do sinal refletido para uma tensão incidente, V_i , de 1V.

Portanto, quanto maior o valor numérico (em dB) da perda de retorno, menor será a intensidade do sinal refletido de volta ao transmissor e melhores serão as características de transmissão do cabo ou canal. De fato, se observarmos a tabela T10, poderemos notar que os valores para este parâmetro são relativamente altos e estão entre 17,3 e 25,0 dB o que representa, respectivamente, níveis de reflexão do sinal transmitido devido a descasamentos de impedância da ordem de 14% e 5%. Nota-se, também, que este parâmetro apresenta um comportamento não-linear de variação com a frequência (vide figura 4).

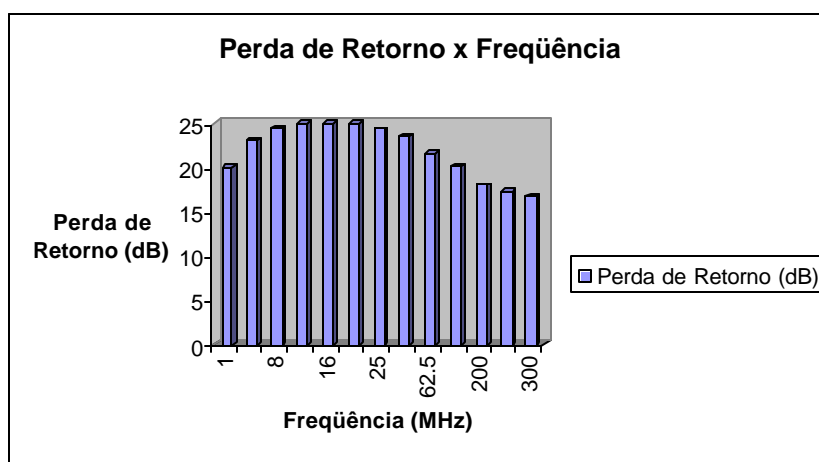


Figura 4 – Comportamento da perda de retorno em função da frequência para cabos de categorias 5e e 6

Assim, verifica-se que a perda de retorno é mais bem comportada para as frequências médias (dentro da faixa de interesse), apresentando valores piores para frequências muito baixas e também para as muito altas.

Para finalizar, não há diferenças em termos de resposta para este parâmetro para as categorias de cabos e sistemas considerados aqui.

A tabela T12 apresenta valores referenciais de perda de retorno para as configurações canal e enlace permanente para sistemas de cabeamento (cabo mais *hardware* de conexão) Categoria 6.

Frequência (MHz)	Perda de Retorno (dB) Modelo Canal Sistema Categoria 6	Perda de Retorno (dB) Modelo Enlace Permanente Sistema Categoria 6
1,0	19,0	19,1
4,0	19,0	21,0
8,0	19,0	21,0
10,0	19,0	21,0
16,0	18,0	20,0
20,0	17,5	19,5
25,0	17,0	19,0
31,25	16,5	18,5
62,5	14,0	16,0
100,0	12,0	14,0
200,0	9,0	11,0
250,0	8,0	10,0

Tabela T12 – Perda de retorno para os modelos canal e enlace permanente para sistemas de cabeamento Categoria 6

Atraso de Propagação e *Delay Skew*

O atraso de propagação é o tempo que o sinal leva para se propagar (normalmente dado em ns) ao longo de um segmento de cabo entre um dado transmissor e um receptor. Este parâmetro está diretamente associado aos parâmetros primários dos cabos (resistência, indutância, capacitância e condutância). Os aspectos construtivos, então, são de fundamental importância para a determinação das características de atraso de propagação de um cabo.

O *delay skew* expressa a diferença (em tempo) entre os atrasos de propagação dos pares mais rápido e mais lento dentro de um cabo UTP de quatro pares. A importância de avaliação do *delay skew* em sistemas de cabeamento estruturado passa a ser importante devido às aplicações que utilizam os quatro pares do cabo UTP para transmitir e receber informações que, neste caso, são particionadas em quatro “pacotes” diferentes que têm de ser recebidos dentro de um intervalo de tempo pré-determinado pela interface do equipamento ativo e pelo protocolo da aplicação.

Portanto, o sistema de cabeamento deve apresentar um *delay skew* abaixo do tempo limite estabelecido pela aplicação. A expressão [4] pode ser utilizada para a determinação do atraso de propagação para cabos de categorias 5e e 6.

$$\text{Atraso propagação}_{\text{cabo}} \leq 534 + \frac{36}{\sqrt{f}} \quad \text{ns/100m} \quad [4]$$

Onde f é a frequência de interesse, em MHz.

A tabela T13 apresenta os valores referenciais de atraso de propagação e *delay skew* para cabos de categorias 5e e 6.

Frequência (MHz)	Atraso de propagação máximo (ns/100m)	Velocidade de propagação mínima (%)	<i>Delay Skew</i> máximo (ns/100m)
1	570	58,5	45
10	545	61,1	45
100	538	62,0	45
250	536	62,1	45

Tabela T13 – Valores referenciais de atraso de propagação e *delay skew* para cabos de categorias 5e e 6

Mais uma vez, verificamos que os requisitos tanto da Categoria 5e quanto da Categoria 6 são os mesmos para estes parâmetros.

Conclusões

Pela análise das respostas em frequência para os vários parâmetros elétricos de desempenho apresentados neste artigo concluímos que, de uma forma geral, as características de transmissão dos sistemas de cabeamento Categoria 6 são superiores às daquelas de sistemas Categoria 5e.

O mesmo acontece para os parâmetros associados à interferência eletromagnética (paradiafonia, NEXT e telediafonia, FEXT), pois conforme mostrado aqui, a isolamento entre os pares é maior para cabos Cat. 6 em relação aos cabos Cat. 5e. No entanto, é importante ressaltar que os cabos UTP não apresentam qualquer tipo de proteção contra ruídos externos, ou ainda, não se pode afirmar que os cabos Cat.6 apresentam uma imunidade maior a ruídos que os cabos Cat. 5e. Aliás, nenhum deles é imune a ruídos externos; a única forma de se obter tal característica é por meio do uso de blindagens adequadas dos condutores dos cabos. O que se pode afirmar é que os cabos Cat. 6 são mais bem comportados no que diz respeito às relações de interferências internas entre seus pares.

Outra diferença importante entre os sistemas de categorias 5e e 6 é a largura de banda disponível, que para os sistemas Cat. 6 é mais que o dobro daquela disponível nos sistemas Cat. 5e, ou seja, 250 MHz para Cat. 6 e 100 MHz para Cat. 5e. Uma observação importante, entretanto, é que segundo a norma '568-B.2-1, o PS-ACR (*Powersum Attenuation to Crosstalk Ratio*) deve ser positivo até, pelo menos, 200 MHz para sistemas de cabeamento Cat. 6 (o parâmetro PS-ACR não foi abordado neste artigo).

Para finalizar, a instalação de sistemas de cabeamento estruturado de Categoria 6 oferece a possibilidade de implementação de aplicações de dados de alta velocidade existentes e futuras por meio da oferta de uma maior largura de banda e melhores características de transmissão em relação aos sistemas de Categoria 5e. No entanto, deve-se ter em mente, que, para uma mesma aplicação menos exigente (como Ethernet a 10 e 100 Mb/s) pouca ou nenhuma diferença em termos de resposta de processamento poderá ser percebida pelo usuário final.

Vale ainda salientar, que a qualidade do sistema (cabos e demais componentes), bem como a qualidade dos serviços de instalação são extremamente importantes para que o máximo desempenho possa ser obtido dele. E isso vale para qualquer categoria de desempenho normatizada.