

## ANÁLISE DE PARÂMETROS DE TRANSMISSÃO DE CABOS DE PAR TRANÇADO

Thiago Cunha Mota (IFFLUMINENSE) thyagocm@gmail.com  
Plínio Rodrigues Rosa Barreto (IFFLUMINENSE) pbarreto@iff.edu.br

### Resumo

Aplicações emergentes de voz, dados e imagem demandam maior capacidade e estabilidade das redes locais de computadores. No entanto, o desempenho desses sistemas que utilizam cabos de par trançado é limitado pela diafonia, perda de inserção, perda de retorno, dentre outros. Pretendeu-se nesse trabalho avaliar o desempenho de cinco cabos de par trançado não blindados (U/UTP), categoria 5e, de diferentes fabricantes, através da medição de parâmetros de transmissão, utilizando um certificador de rede. Constatou-se que apenas a amostra C foi aprovada no teste de canal realizado. A perda de inserção foi o parâmetro que se destacou no ensaio realizado com as demais amostras por apresentar valores que excederam os limites normativos. Assim, essa inconformidade colaborou para reprovação das amostras A, B, D e E. Nesse sentido, a literatura relaciona o desempenho insatisfatório desse parâmetro com a baixa qualidade dos cabos de par trançado introduzidos no mercado brasileiro nos últimos anos.

**Palavras-Chaves:** Cabeamento estruturado; Parâmetros de transmissão; Certificação; Cabo de par trançado.

### 1. Introdução

Novas aplicações e serviços contribuíram para o crescimento do tráfego de dados nas redes locais de computadores nos últimos anos. Nesse cenário, a evolução da tecnologia Ethernet através de cabos de par trançado motivou a adoção de padrões de comunicação mais modernos, sobre condutores de cobre (SPURGEON; ZIMMERMAN, 2014; SOUZA et al., 2018).

Conseqüentemente, esses novos padrões provocaram o desenvolvimento de soluções para cabeamento estruturado em edifícios com elevada largura de banda, confiáveis, de baixo custo, fáceis de instalar e gerenciar (OGUNDAPO et al., 2014; ZHENKUN WU et al., 2021).



Nesse sentido, é possível destacar o padrão Ethernet 40GBASE-T, para a taxa de transmissão de 40 Gbps, sobre cabos de par trançado de cobre Categoria 8 (OGUNDAPO et al., 2014).

Contudo, a capacidade desses sistemas é limitada pela interferência eletromagnética entre pares adjacentes dentro do cabo, conhecida como diafonia ou crosstalk. Esse fenômeno é um importante fator de degradação do desempenho das redes metálicas (ACATAUASSU; COSTA, 2017; BENSIAMMAR; LEFOUILI; BELKHELFA, 2022).

Do mesmo modo, a perda de inserção é uma característica relevante, que pode comprometer a taxa de transmissão do sistema, pois a resistência elétrica reduz a potência do sinal à medida que o comprimento do cabo aumenta. Ademais, essa atenuação no par trançado é acentuada por impurezas no cobre, bem como pela redução do diâmetro dos condutores (SEMENOV, 2018; MUSTAM et al., 2020; ZHENKUN WU et al., 2021).

Em vista disso, a crescente oferta de cabos de par trançado com condutores de alumínio cladeado com cobre (CCA), trouxe preocupação ao setor de cabeamento estruturado, pois esse produto não oferece garantias de que a instalação apresentará o desempenho esperado, devido às fragilidades mecânicas e elétricas que a composição oferece. Portanto, os parâmetros elétricos mencionados anteriormente devem ser aferidos através de ensaios de aceitação do cabeamento instalado, com um equipamento certificador de rede (FURUKAWA ELECTRIC, 2022; FLUKE NETWORKS, 2022).

Em face do exposto, pretende-se nesse trabalho avaliar o desempenho de cinco cabos de par trançado não blindados (U/UTP), categoria 5e, de diferentes fabricantes, através da medição de parâmetros de transmissão, utilizando um certificador de rede.

## **2. Parâmetros de transmissão de cabos de par trançado**

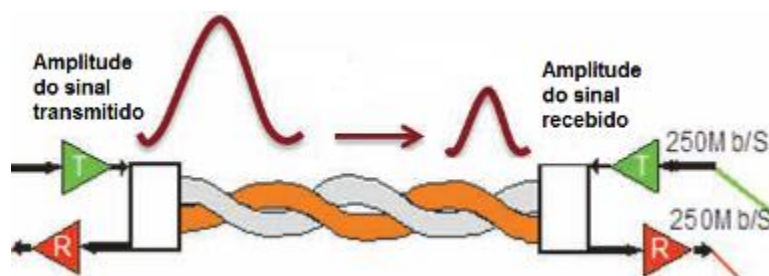
Nos meios de transmissão metálicos, as características mecânicas e elétricas estão diretamente relacionadas com o desempenho dos cabos. Os cabos de par trançado, utilizados em redes locais, são classificados em categorias, com base na sua construção física e na largura de banda que proporcionam (MUSA et al., 2015; MUSTAM et al., 2020).

Nessas redes, as informações são transmitidas na forma de sinais elétricos, portanto, os parâmetros elétricos dos cabos e o seu desempenho afetam a precisão e a confiabilidade da comunicação (YUE; WANG; SHEN, 2022). Para um melhor entendimento, alguns parâmetros de transmissão serão detalhados a seguir.

## 2.1. Perda de inserção ou atenuação (IL)

O sinal elétrico diminui de amplitude à medida que se propaga através de um meio, por isso, quanto maior a atenuação, menor a intensidade do sinal presente na recepção (Figura 1). Expressa em decibel (dB), a atenuação ocorre devido às perdas resistivas dos condutores ao longo da linha, sendo diretamente proporcional ao comprimento e a resistividade do material e, inversamente proporcional ao diâmetro dos condutores. A frequência do sinal transmitido e a temperatura dos condutores também influenciam no valor da perda de inserção (SEMENOV, 2018).

Figura 1 – Perda de injeção

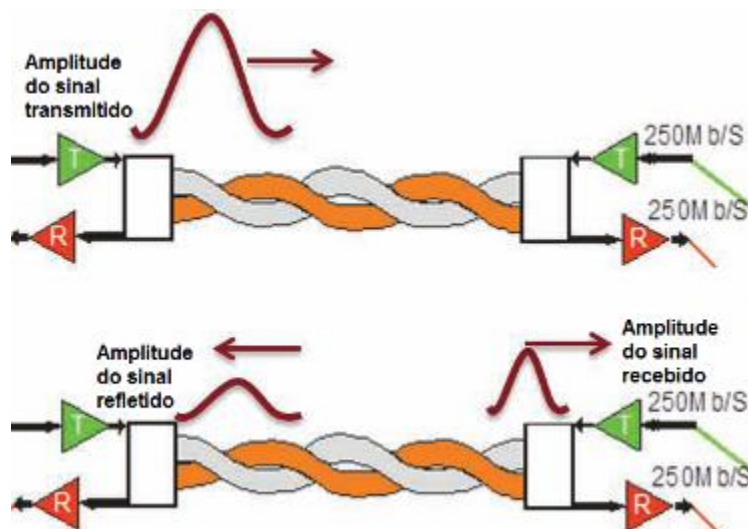


Fonte: Adaptado de Prysmian Group (2019)

## 2.2. Perda de retorno (RL)

A perda de retorno é a medida da potência refletida, provocada pelas variações de impedância no sistema de cabeamento (Figura 2). Tal sistema não possui uma impedância uniforme, devido a eventual manipulação indevida, como o destrançamento excessivo do par e o desajuste da distância entre os condutores, bem como a alteração na constituição física do cabo (diâmetro dos condutores e espessura do dielétrico). Todos estes fatores contribuem para variação da impedância do canal, como também os inevitáveis conectores e tomadas (MARIN, 2020).

Figura 2 – Perda de retorno

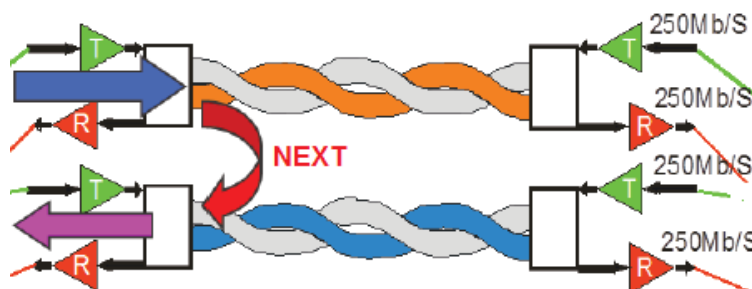


Fonte: Adaptado de Prysmian Group (2019)

### 2.3. Paradiafonia (Near End Crosstalk - NEXT)

O efeito da paradiafonia ocorre quando os sinais de um par de fios se irradiam e interferem num par adjacente, na extremidade próxima à fonte de interferência (near) (Figura 3). Medidas experimentais comprovam que a paradiafonia cresce exponencialmente com a frequência do sinal e o comprimento do cabo não exerce nenhuma influência nos resultados. Além disso, o número de torções por centímetro (binagem) do par metálico é um dos fatores mais importantes que colaboram para o sucesso da transmissão (ACATAUASSU; COSTA, 2017; BENSIAMMAR; LEFOUILI; BELKHELFA, 2022).

Figura 3 – Paradiafonia (Near End Crosstalk - NEXT)



Fonte: Adaptado de Prysmian Group (2019)

### 2.4. Relação atenuação-paradiafonia (ACR-N)

Este é o melhor indicador das características de transmissão do canal de comunicação, uma vez que esse parâmetro é obtido subtraindo o pior caso de perda de inserção do pior caso de

paradiafonia. Portanto, corresponde à relação sinal/ruído do sistema, sendo utilizado como critério para determinar a banda passante disponível no cabo (COLLINS; BRAY, 2018; SEMENOV, 2018).

### 3. Ensaio de desempenho e certificação

Diante das exigências atuais quanto ao desempenho dos sistemas de cabeamento estruturado, os procedimentos adequados de ensaio e certificação são imprescindíveis para diagnosticar falhas causadas por componentes e cabos de baixa qualidade ou defeituosos, bem como procedimentos e manuseio inapropriados durante a instalação (YUE; WANG; SHEN, 2022).

Por isso, a realização do ensaio de aceitação utilizando o certificador de cabos, é uma forma de validar o cabeamento instalado através da medição de parâmetros de transmissão requeridos pelas normas vigentes e sua posterior comparação com os valores limites estabelecida por elas, para cada categoria de desempenho (ABNT, 2019). Esse instrumento é composto por duas unidades, conforme apresentado na Figura 4. Seu princípio de funcionamento se baseia na reflectometria no domínio do tempo, dentre outras tecnologias, para medir e calcular automaticamente os parâmetros de desempenho dos cabos de par trançado, de acordo com os padrões predefinidos (YUE; WANG; SHEN, 2022).

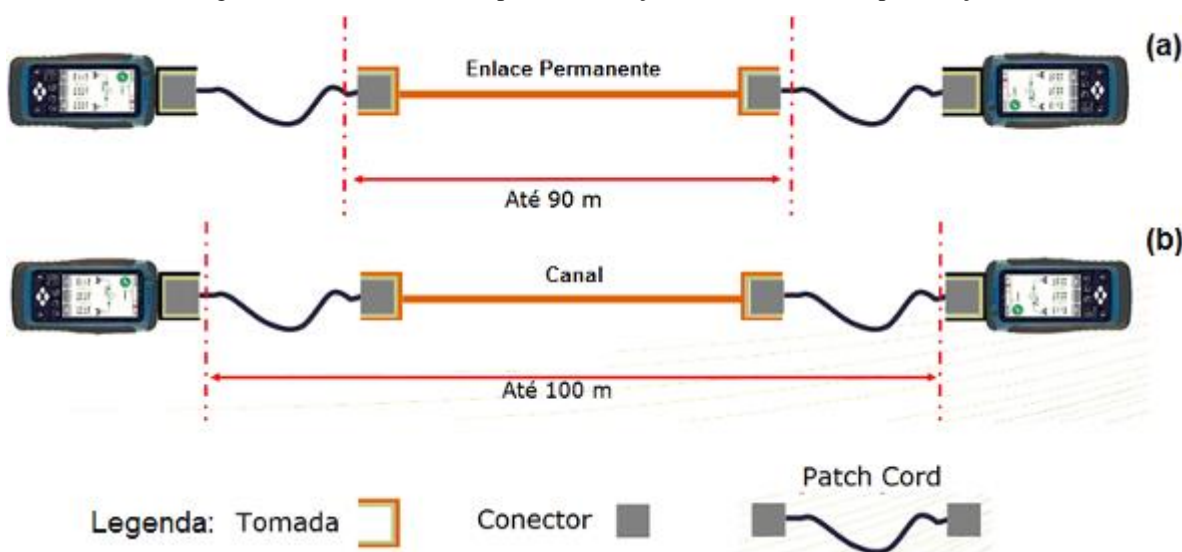
Figura 4 – Certificador de cabos de par trançado



Fonte: Fluke networks (2022)

Além disso, dois modelos de testes podem ser selecionados para a realização do ensaio de aceitação, utilizando o certificador de cabos, são eles: enlace permanente (Figura 5a) e canal (Figura 5b).

Figura 5 – Modelos de teste para certificação de cabeamento de par trançado



Fonte: Elaboração própria

O teste de enlace permanente contempla a tomada de telecomunicações, o cabo horizontal e a terminação do cabo horizontal no distribuidor de piso, admitindo o comprimento máximo de 90 metros. Já o teste de canal se diferencia por incluir um cordão de equipamentos (*patch cord*) em cada extremidade do enlace, perfazendo o comprimento máximo de 100 metros (ABNT, 2019).

### 3.1. Limites da norma internacional ISO/IEC 11801

Diferentes parâmetros de desempenho são aferidos pelo certificador de cabos e os valores obtidos são comparados automaticamente pelo instrumento com os limites estabelecidos por norma. No Brasil, a ABNT NBR 14565:2019 - Cabeamento Estruturado para Edifícios Comerciais, no item 7.4, indica que os valores limite adotados no seu escopo são aqueles previstos na norma internacional ISO/IEC 11801 (ABNT, 2019).

Dessa forma, para os parâmetros cujos resultados de medição estão completamente dentro da faixa de limite, o instrumento mostra o resultado da certificação como “PASSA”. Por outro lado, se um dos parâmetros do cabo exceder a faixa de limite, o instrumento acusa o resultado como “FALHA” (YUE; WANG; SHEN, 2022). A Tabela 1 apresenta os valores limite de alguns parâmetros de desempenho a serem considerados no ensaio de aceitação de cabos de par trançado categoria 5e, em consonância com a norma brasileira ABNT NBR 14565:2019.

Tabela 1 – Valores limites normalizados para o teste de canal

Frequência (MHz)	Perda de inserção - IL (máximo em dB)	Perda de retorno - RL (mínimo em dB)	Paradiafonia - NEXT (mínimo em dB)	Relação atenuação- paradiafonia - ACR-N (mínimo em dB)
1	4,0	17,0	60,0	56,0
16	9,1	17,0	43,6	34,5
100	24,0	10,0	30,1	6,1

Fonte: Adaptado de Bonora *et al.* (2002) e ISO/IEC (2017)

#### 4. Metodologia

A pesquisa desenvolvida neste trabalho teve uma abordagem predominantemente quantitativa, de natureza aplicada e de objetivo exploratório. Quanto aos procedimentos, foram planejadas três etapas principais de método experimental.

A primeira consistiu na seleção aleatória de cinco bobinas de cabo de par trançado sem blindagem (U/UTP), categoria 5e, de diferentes fabricantes disponíveis no mercado, das quais foi retirada uma amostra com o comprimento total de 100 metros e realizada a conectorização em ambas as extremidades do cabo, utilizando conectores RJ45 cat. 5e de qualidade reconhecida. Nesta etapa, foram usadas ferramentas diversas como trena, para medir o comprimento exato das amostras de cabo e alicate de crimpar, para montagem dos conectores RJ45.

Em seguida, foram realizados os ensaios de aceitação das amostras utilizando um certificador de cabos modelo DSX-600, do fabricante Fluke. Para tanto, foi adotado o modelo de teste de canal, bem como a parametrização do instrumento com o limite de teste: ABNT NBR 14565 *Channel Class D*; tipo de cabo: Cat 5e U/UTP; NVP: 69.0%; e pinagem: T568A.

Por fim, os resultados dos ensaios armazenados no certificador de cabos, foram exportados para plataforma on-line *LinkWare Live*, disponibilizada pelo fabricante, a partir da qual gerou-se o relatório de certificação dos cabos em documento PDF.

#### 5. Resultados e discussão

Diante do relatório de certificação dos cabos foi possível constatar que das cinco amostras ensaiadas, apenas a Amostra C foi aprovada no teste de canal, conforme pode ser observado na Tabela 2:

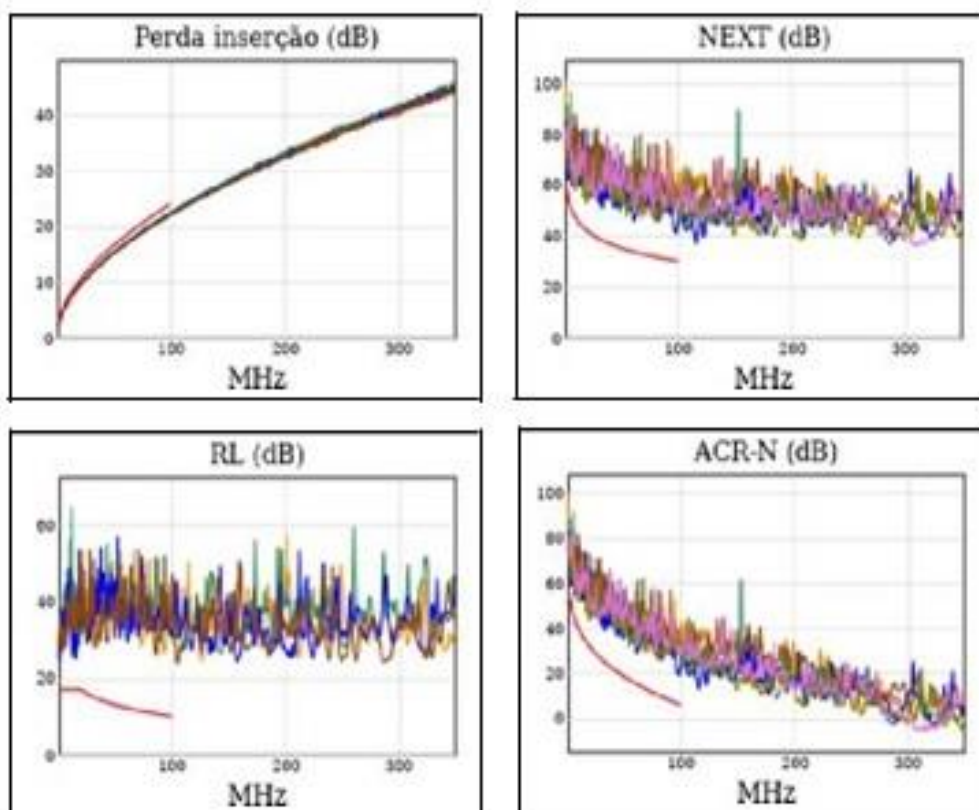
Tabela 2 – Resumo do relatório de certificação dos cabos de par trançado

ID do cabo	Resumo	Limite de teste	Comprimento (m)	NEXT (margem de segurança em dB)	Data/Hora
Amostra A	FALHA	ABNT NBR 14565 <i>Channel Class D</i>	100,0 m	6,7	08/09/2022 19:38
Amostra B	FALHA	ABNT NBR 14565 <i>Channel Class D</i>	100,0 m	8,6	08/09/2022 19:49
Amostra C	PASSA	ABNT NBR 14565 <i>Channel Class D</i>	99,9 m	9,6	08/09/2022 19:21
Amostra D	FALHA	ABNT NBR 14565 <i>Channel Class D</i>	100,0 m	7,0	08/09/2022 19:29
Amostra E	FALHA	ABNT NBR 14565 <i>Channel Class D</i>	99,9 m	3,0	08/09/2022 19:56

Fonte: Elaboração própria

Além disso, a Figura 6 apresenta o resultado obtido quanto à medição dos parâmetros de transmissão desse que foi o único cabo aprovado no teste de certificação (Amostra C). A curva vermelha representa os valores limite normalizados para Perda de Inserção – IL (máximo em dB); Paradiafonia – NEXT (mínimo em dB); Perda de Retorno – RL (mínimo em dB); e Relação Atenuação-Paradiafonia - ACR-N (mínimo em dB). Da mesma forma, a curva azul, laranja, verde e marrom, representa os valores dos parâmetros de desempenho aferidos em cada par trançado, todos completamente dentro da faixa de limite.

Figura 6 – Medições de IL, NEXT, RL e ACR-N da Amostra C

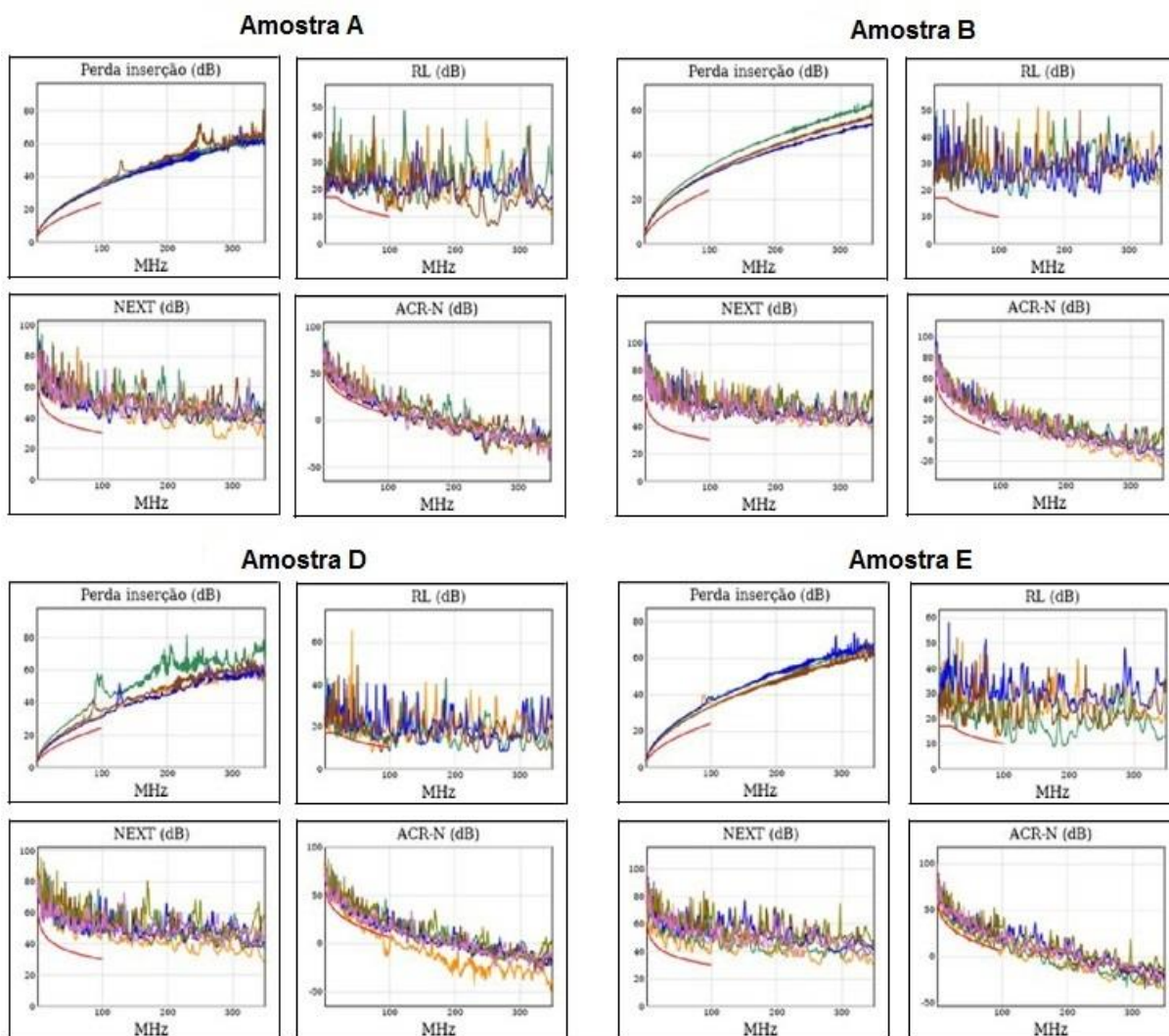


Fonte: Elaboração própria

Por outro lado, com relação ao ensaio de aceitação das demais amostras, obtiveram-se como resultado valores de perda de inserção que excederam o limite normativo (Figura 7). Em razão disso, com exceção da Amostra B, as demais apresentaram valores de relação atenuação-paradiafonia fora do limite esperado, uma vez que esse parâmetro é obtido subtraindo o valor da perda de inserção do valor de paradiafonia (COLLINS; BRAY, 2018; SEMENOV, 2018).

A perda de inserção ou atenuação no par trançado é acentuada por impurezas no cobre, pela redução do diâmetro dos condutores, como também pelo emprego de liga de alumínio cladeado com cobre (CCA), em substituição aos condutores de cobre puro (SEMENOV, 2018; MUSTAM et al., 2020; ZHENKUN WU et al., 2021; FURUKAWA ELECTRIC, 2022; FLUKE NETWORKS, 2022).

Figura 7 – Medições de IL, NEXT, RL e ACR-N das amostras A, B, D e E



Fonte: Elaboração própria

Observaram-se ainda anormalidades na medição da perda de retorno, nas amostras A, D e E,



que excederam o limite previsto na norma. De acordo com Marin (2020), variações na construção física do cabo (diâmetro dos condutores e espessura do dielétrico) contribuem para alteração da impedância do canal, que provoca a perda de retorno.

## 6. Considerações finais

O desempenho do canal de par trançado é limitado pela diafonia, perda de inserção, perda de retorno, dentre outros parâmetros de transmissão. Os resultados encontrados revelam a precariedade da maioria dos cabos disponíveis, uma vez que, apenas uma das cinco amostras ensaiadas foi aprovada no teste de certificação.

O objetivo desse trabalho foi avaliar o desempenho de cinco cabos de par trançado não blindados (U/UTP), categoria 5e, de diferentes fabricantes, através da medição de parâmetros de transmissão, utilizando um certificador de rede.

Dentre os parâmetros de desempenho avaliados, a perda de inserção apresentou o pior resultado. Assim, a literatura relaciona o desempenho insatisfatório desse parâmetro com a baixa qualidade dos cabos de par trançado introduzidos no mercado brasileiro nos últimos anos.

Ademais, recomenda-se para trabalhos futuros o estudo da influência da qualidade dos conectores RJ45 no desempenho do canal de par trançado, pois esse componente pode contribuir para o incremento de perda de inserção.

## REFERÊNCIAS

- ABNT. **ABNT NBR 14565:2019 - Cabeamento estruturado para edifícios comerciais.** São Paulo: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2019. Disponível em: <https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?Q=dGIVZUxUKzgvaVJFRHFWYSsxUWNvZEtZbG4zaXpBSGNIaWdqU3c5SW5Oaz0=>. Acesso em: 27 set. 2022.
- ACATAUASSU, D.; COSTA, J. C. W. A. Refining worst-case crosstalk models for the next generation broadband over copper. *In: 2017 SBMO/IEEE MTT-S INTERNATIONAL MICROWAVE AND OPTOELECTRONICS CONFERENCE (IMOC), 2017. 2017 SBMO/IEEE MTT-S International Microwave and Optoelectronics Conference (IMOC) [...].* Aguas de Lindoia: IEEE, 2017. p. 1–4. Disponível em: <http://ieeexplore.ieee.org/document/8121067/>. Acesso em: 10 set. 2022.
- BENSIAMMAR, S.; LEFOUILI, M.; BELKHELFA, S. Equivalent cable harness method generalized for predicting the electromagnetic emission of twisted-wire pairs. **Electrical**



**Engineering & Electromechanics**, Jijel, v. 1, n. 2, p. 29–34, 2022. Disponível em: <http://eie.khpi.edu.ua/article/view/254745>. Acesso em: 10 set. 2022.

BONORA, A. N. *et al.* Valores normalizados dos parâmetros de cabeamento estruturado metálico na certificação de redes. **Revista Científica Periódica - Telecomunicações**, Santa Rita do Sapucaí, v. 5, n. 2, p. 37–43, 2002. Disponível em: <https://www.inatel.com.br/revista/downloads/junho-dezembro-2002-s727592-1>.

COLLINS, C. J.; BRAY, J. R. Worst-Case Crosstalk Measurements of Cables - The Multinetwork Analyzer Method. **IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility**, Kingston, v. 60, n. 4, p. 1061–1068, 2018. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8269412>. Acesso em: 10 set. 2022.

FLUKE NETWORKS. Cabos de alumínio cobreado (CCA). 2022. **Fluke Networks**. Disponível em: <https://pt.flukenetworks.com/content/application-note-copper-clad-aluminum-cables>. Acesso em: 26 set. 2022.

FURUKAWA ELECTRIC. Cabos LAN com alumínio cladeado em cobre (CCA). 2022. Disponível em: <https://www.furukawalatam.com/pt-br/conexao-furukawa-detalhes/cabos-lan-com-aluminio-cladeado-em-cobre-cca>. Acesso em: 26 set. 2022.

ISO/IEC. **ISO/IEC 11801:2017 - Generic cabling for customer premises**. Geneva: International Organization for Standardization, 2017. Disponível em: <https://www.iso.org/standard/66182.html>. Acesso em: 17 set. 2022.

MARIN, P. S. **Cabeamento Estruturado - Série Eixos**. 2. ed. São Paulo: Editora Érica, 2020.

MUSA, M. A. F. *et al.* FEXT and NEXT analysis for VDSL2 technology on 50 twisted pairs TM copper cable. *In: 2015 IEEE 12TH MALAYSIA INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMMUNICATIONS (MICC), 2015. 2015 IEEE 12th Malaysia International Conference on Communications (MICC) [...]*. Kuching, Malaysia: IEEE, 2015. p. 175–180. Disponível em: <http://ieeexplore.ieee.org/document/7725429/>. Acesso em: 10 set. 2022.

MUSTAM, S. M. *et al.* Impact of twisting rate in 10 pairs of unshielded twisted-pair copper cables on insertion loss and crosstalk coupling for G.fast technology. **Bulletin of Electrical Engineering and Informatics**, Johor, v. 9, n. 2, p. 669–675, 2020. Disponível em: <https://beei.org/index.php/EEI/article/view/1873>. Acesso em: 10 set. 2022.

OGUNDAPO, O. *et al.* Scattering parameter approach to insertion loss prediction for 40GBASE-T systems over structured cabling. **Proceedings of the World Congress on Engineering 2014**, Londres, v. 1, n. WCE 2014, p. 5, 2014.

PRYSMIAN GROUP. Telecoms - Multimedia & Enterprise Networks | Prysmian Group. 2019. Disponível em: <https://latam.prysmiangroup.com/pt-br/node/latam.prysmiangroup.com/pt-br/node/18907>. Acesso em: 27 set. 2022.

SEMENOV, A. Advanced Twisted Pair Cables for Distributed Local Area Networks in Intelligent Structure Systems. **IOP Conference Series: Materials Science and Engineering**, Incheon, v. 317, n. 1, p. 012053, 2018. Disponível em: <https://iopscience-iop.ez135.periodicos.capes.gov.br/article/10.1088/1757-899X/317/1/012053/meta>. Acesso em: 10 set. 2022.



SOUZA, D. *et al.* Análise Comparativa de Modos de Transmissão para Redes Gigabit-DSL. *In: XXXVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TELECOMUNICAÇÕES E PROCESSAMENTO DE SINAIS*, 2018. **Anais de XXXVI Simpósio Brasileiro de Telecomunicações e Processamento de Sinais** [...]. Campina Grande: Sociedade Brasileira de Telecomunicações, 2018. p. 1–5. Disponível em: <http://biblioteca.sbrrt.org.br/articles/1770>. Acesso em: 25 set. 2022.

SPURGEON, C. E.; ZIMMERMAN, J. **Ethernet: the definitive guide**. Second edition. Beijing: O’Reilly Media, 2014. Disponível em: <https://www.oreilly.com/library/view/ethernet-the-definitive/9781449362980/>.

YUE, C.; WANG, L.; SHEN, P. Health Evaluation of Train Ethernet Cable Based on Health Factor Penalty Algorithm. *In: LIANG, J. et al. (org.). Proceedings of the 5th International Conference on Electrical Engineering and Information Technologies for Rail Transportation (EITRT) 2021*. Lecture Notes in Electrical Engineering. Singapore: Springer Singapore, 2022. v. 867, p. 1–9. Disponível em: [https://link.springer.com/10.1007/978-981-16-9909-2\\_1](https://link.springer.com/10.1007/978-981-16-9909-2_1). Acesso em: 25 set. 2022.

ZHENKUN WU *et al.* Computational Analysis of Shielded Twisted Pair Cable Based on MoM-MLFMM Algorithm. *In: 2021 INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENGINEERING AND EMERGING TECHNOLOGIES (ICEET)*, 2021. **2021 International Conference on Engineering and Emerging Technologies (ICEET)** [...]. Istanbul, Turkey: IEEE, 2021. p. 1–6. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9659583/>. Acesso em: 10 set. 2022.