

Estudo de conexões ópticas e seus impactos em montagens práticas

Rafael Rodrigues de Santana¹ (IC), Ramon Maia Borges (PQ)¹

¹Universidade Federal de Itajubá.

Palavras-chave: adaptadores ópticos, atenuação, conexão óptica, ensaio experimental.

Introdução

Nos últimos anos, os sistemas de comunicações ópticas se destacaram como soluções importantes para a transmissão de dados com alta capacidade, uma vez que tomam benefícios da fibra óptica como: ampla largura de banda no espectro de luz; baixa atenuação (da ordem de 0,2 dB/km); imunidade a interferência eletromagnética; redução de peso e dimensões; espectro não-licenciado [1]. Devido a estas atraentes características, a infraestrutura de fibra óptica vem crescendo, assim como a realização de experimentos para novas soluções ópticas segue intensa. Neste cenário, os conectores e adaptadores ópticos desempenham um papel relevante, pois permitem a interligação entre diferentes segmentos de fibra ou dispositivos ópticos, contribuindo para a continuidade da transmissão de luz [2].

Há uma grande variedade de conectores ópticos no mercado, diferenciados por tipo, cor e aplicação. Conectores como SC (*Subscriber connector*), ST (*Straight tip connector*) e FC (*Ferrule connector*) mostrados na Figura 1, configuram tipos diferentes criados para atender diversas necessidades, desde redes locais até enlaces de longa distância [3][4]. As terminações dos conectores são caracterizadas pelo polimento PC (*Physical Contact*) ou APC (*Angled Physical Contact*). As cores dos conectores tipicamente indicam o tipo de polimento ou o tipo de fibra que será conectada. As cores azul e verde indicam polimento PC e APC em fibras monomodo, respectivamente, enquanto a cor bege remete à fibra multimodo.



Figura 1: Conectores dos tipos ST, SC e FC, todos com polimento PC.

Para uma conexão óptica, faz-se necessário interligar conectores através do uso de adaptadores ópticos. Trata-se de dispositivos passivos que permitem acoplar dois conectores de forma alinhada. Os adaptadores são especificados quanto ao tipo (acompanhando o tipo do conector suportado) e também recebe especificações de polimento e tipo de fibra, mantendo o padrão de cores previamente citado.

Este trabalho investiga a aplicabilidade de adaptadores SC, com diferentes especificações de polimento e tipo de fibra, em uma mesma conexão óptica entre cordões de fibra monomodo terminados em conectores SC. O objetivo é analisar se as diferentes versões de adaptadores SC impactam no desempenho da conexão em relação à perda de potência. Resultados experimentais em ambiente de laboratório mostram que a característica de polimento e tipo de fibra do adaptador não tem impacto relevante na atenuação da conexão. A investigação contribui para a área de comunicações ópticas por apontar a possibilidade de flexibilizar a escolha do adaptador óptico, seja na instalação de sistemas ou na realização de ensaios práticos.

Metodologia

A execução deste trabalho foi dividida em etapas envolvendo estudos teóricos em comunicações ópticas, pesquisa bibliográfica, aprendizado técnico e práticas laboratoriais. A seguir, descrevem-se as atividades realizadas de forma detalhada.

O trabalho iniciou com o estudo da fibra óptica, abordando suas características principais, como atenuação, dispersão e capacidade de transmissão. Estudou-se também a diferença entre fibras monomodo e multimodo, compreendendo as condições de uso de cada tipo de fibra.

A etapa seguinte foi o aprendizado sobre os diferentes tipos de conectores e adaptadores ópticos, como ST, SC e FC, além dos tipos de polimento, PC e APC. Esse estudo foi importante para entender as particularidades de

cada tipo de conector e adaptador, bem como suas aplicações em diferentes cenários. Também foi abordada a montagem e o polimento dos conectores, visando o correto manuseio e preparação para testes práticos. Pesquisou-se ainda as especificações técnicas comerciais destes dispositivos.

Após estudo dos instrumentos e dispositivos disponíveis no laboratório, foi montado o *setup* experimental em mesa óptica. Este *setup* inclui: laser sintonizado em 1550 nm, não conectorizado; controlador de temperatura do laser; controlador de corrente do laser; microposicionador óptico; cordões ópticos; adaptador SC em teste; medidor de potência óptica. Um desafio relevante foi acoplar o feixe de luz emitido pelo laser em um cordão óptico, sendo tal processo realizado por óptica no espaço livre (FSO - *free space optics*) com auxílio do microposicionador no alinhamento entre laser e cordão. Foram necessários ajustes finos repetitivos e progressivos até o confinamento adequado da luz na fibra. A Figura 2 apresenta uma fotografia da montagem experimental.

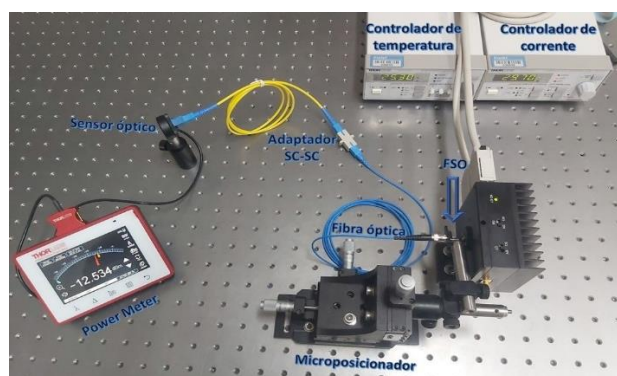


Figura 2: Fotografia da montagem experimental

Concluída a montagem do *setup*, foram iniciados os testes práticos. O primeiro ensaio consistiu em verificar a perda de potência na conexão entre cordões ópticos SC/PC monomodo, ao utilizar as diferentes versões de adaptadores SC apresentadas na Figura 3. Para cada adaptador em uso, foi medida a potência óptica recebida no medidor ao longo do tempo. Os valores de potência foram comparados entre si e com uma situação de *back-to-back*, onde a conexão foi eliminada do *setup*. Desta forma investigou-se a perda de potência ou atenuação imposta pela conexão para cada versão do adaptador SC em uso. Cabe mencionar que as leituras de potência foram registradas via *software* para posterior análise comparativa atrelada aos diferentes tipos de adaptadores e suas respectivas influências na qualidade da transmissão óptica.

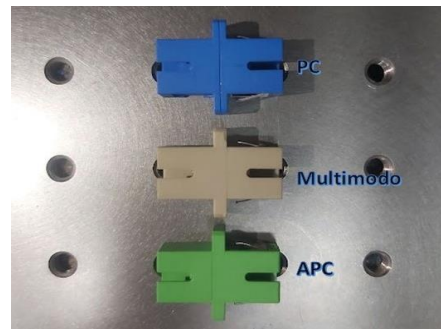


Figura 3: Versões de adaptadores SC

Resultados e discussão

A Figura 4 apresenta os resultados de um teste de duração de 15 minutos (900 segundos), no qual a potência óptica foi medida com a inserção dos diferentes adaptadores ópticos SC (multimodo, APC e PC). Apesar das oscilações observadas, oriundas de instabilidade de potência do laser em uso, nota-se similaridade no valor da atenuação imposta na conexão para as versões de adaptador SC em uso, com diferença inferior a 0,1 dB. Esse comportamento indica que, independentemente da especificação de polimento e tipo de fibra do adaptador SC, todos operaram dentro da mesma faixa de perda de potência óptica.

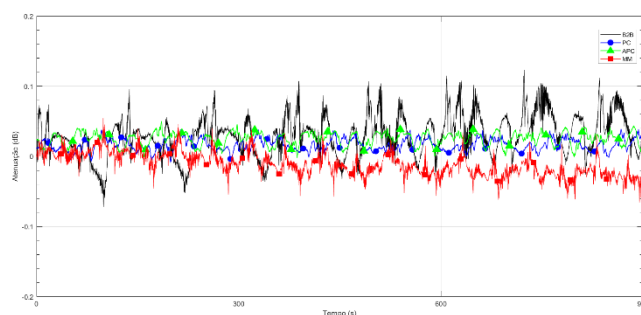


Figura 4: Atenuação na conexão para as diferentes versões de adaptadores SC, em conexão com polimentos PC.

A Figura 5 apresenta os resultados de um teste similar ao anterior, porém envolvendo conexão com polimentos APC. Para essa configuração, foi necessário introduzir mais um cordão óptico e um adaptador no *setup*, o que justifica o ligeiro aumento no valor da atenuação em relação aos resultados anteriores. Ainda assim, nota-se que a troca de adaptadores SC (considerando as diferentes versões estudadas) na conexão em teste não impactou significativamente a atenuação estimada, que permaneceu abaixo de 0,2 dB.

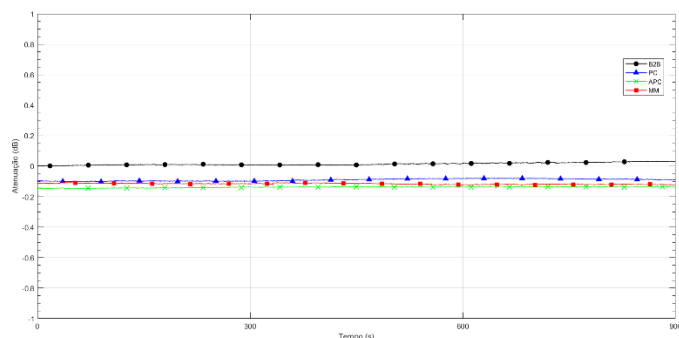


Figura 5: Atenuação na conexão para as diferentes versões de adaptadores SC, em conexão com polimentos APC.

A Figura 6 mostra resultados de um teste envolvendo conexão entre conectores ópticos de polimentos diferentes, ou seja, uma conexão entre conector SC/PC e SC/APC. Neste cenário, foi novamente avaliado o uso dos diferentes adaptadores SC na conexão. Observa-se que a atenuação em relação ao cenário B2B alcançou valores acima de 3dB, condizente com o esperado para uma conexão entre polimentos diferentes, considerada indevida. Esse comportamento é justificado pela descontinuidade das superfícies de contato entre os conectores APC e PC, provocada pela diferença de ângulo entre os polimentos. Mais uma vez, os adaptadores SC utilizados no experimento não introduziram variações significativas na atenuação ao longo do tempo, entre as diferentes versões testadas. Esses resultados demonstram que, mesmo com uma conexão inadequada, o sistema de adaptadores não comprometeu de forma significativa a estabilidade da transmissão. Os resultados reforçam ainda a importância de utilizar conectores de mesmo polimento em uma conexão para minimizar perdas.

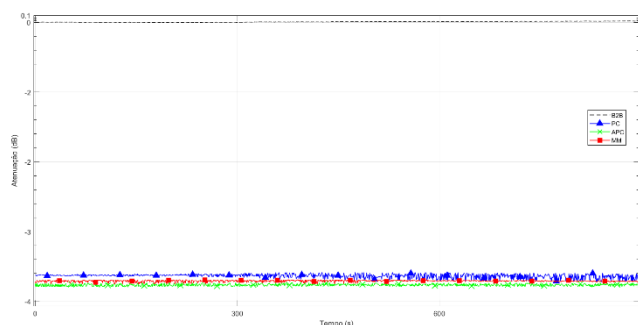


Figura 6: Atenuação em uma conexão SC/APC-SC/PC considerando as diferentes versões de adaptadores SC.

Além dos resultados expostos, os ensaios proporcionaram aprendizado sobre o uso dos equipamentos no laboratório, o que contribui para a continuação do trabalho em estudos subsequentes. Como

mentionado anteriormente, o processo de alinhamento no trecho de FSO foi crítico e um desafio para a execução dos experimentos. Foi uma etapa complexa que exigiu paciência, precisão e repetição, mas também uma das mais enriquecedoras em termos de aprendizado, pois reforçou a importância dos ajustes precisos e do rigor técnico.

O processo de documentação e redação dos resultados, que incluiu desde a geração de gráficos no *software* da Thorlabs até a elaboração de relatórios técnicos e artigos científicos, representou um exercício intelectual e prático. Organizar os dados, interpretar os resultados e apresentá-los de forma objetiva foi um desafio e resultou em desenvolvimento pessoal e profissional. Esse processo contínuo de aprendizado foi importante para aprimorar minhas habilidades técnicas, e também iniciou minha capacitação na pesquisa e escrita científica.

Conclusões

Este trabalho investigou o impacto do uso de adaptadores ópticos SC com especificações diferentes em uma mesma conexão óptica. Os experimentos em ambiente de laboratório mostraram que, apesar das diferenças visuais nas cores e nas especificações de descritivo técnico dos adaptadores SC, referentes a polimento e tipo de fibra, todos apresentaram um desempenho semelhante. Não foi observada alteração significativa de potência medida ou atenuação na conexão em função da troca de adaptadores SC dentre as diferentes versões analisadas. A atenuação da conexão ficou abaixo de 0,2 dB. Os resultados foram considerados relevantes para a escolha de adaptadores em futuras instalações ópticas ou montagens experimentais, ao apontar a possibilidade de flexibilidade na seleção do adaptador. Com os experimentos foi também possível mensurar a atenuação gerada por uma conexão considerada indevida (entre conectores SC-PC e SC-APC). A combinação de polimentos distintos na conexão impôs uma perda de potência superior a 3 dB.

A utilização de equipamentos como o Power Meter, o controlador de laser e o analisador de espectro óptico (OSA), além dos testes com adaptadores e lasers, proporcionou uma valiosa experiência com tecnologias avançadas. Essa prática vai além do conhecimento adquirido em aulas teóricas. Cada dispositivo utilizado no LabTel exigiu estudo aprofundado e prática detalhada, permitindo o desenvolvimento de habilidades técnicas especializadas que serão essenciais para minha futura carreira em engenharia eletrônica, com foco em comunicações ópticas. Uma sugestão para trabalhos

futuros é a análise de outros tipos de adaptadores, incluindo os do tipo FC e os híbridos.

Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio financeiro do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), na forma de bolsa de Iniciação Científica. Os autores agradecem também ao grupo do Laboratório de Telecomunicações e Internet das Coisas (LabTel-LaIoT) e a Universidade Federal de Itajubá.

Referências

[1] COMMSCOPE. Standards Updates for Optical Fiber: What You Need to Know. CommScope, 2023. Disponível em: <https://www.commscope.com/blog/standards-updates-for-optical-fiber-what-you-need-to-know/>.

[2] KEISER, Gerd. Optical Fiber Communications. 5. ed. New York: McGraw-Hill, 2021. 624 p.

[3] SHOWMECABLES. Types of Fiber Optic Connectors: Simplex, Duplex, LC, ST, SC, and More. Disponível em: <https://www.showmecables.com/blog/types-of-fiber-optic-connectors>.

[4] ZR CABLE. Differences Between ST, SC, FC, LC Fiber Optic Connectors. 2023. Disponível em: <https://www.zrcable.com/blog/differences-between-st-sc-fc-lc-fiber-optic-connectors>.

[5] FERNANDES, M. A.; MONTEIRO, P. P.; GUIOMAR, F. P. et al.. Requirements and solutions for Robust Beam alignment in fiber-coupled free-space optical systems. Photonics, v. 10, n. 4, 2023. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2304-6732/10/4/394>.

[6] SINGH, H.; MITTAL, N.; MIGLANI, R.; MAJUMDAR, A. K.. Mode division multiplexing (MDM) based hybrid PON-FSO system for last-mile connectivity. In: South American Colloquium on Visible Light Communications (SACVLC), 2021. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10043-021-00707-0>.