

## Introdução

A evolução dos sistemas ópticos de longa distância e o crescente aumento das taxas de transmissão de dados leva à necessidade de meios de transmissão mais adequados a esta demanda. Isto evidencia cada vez mais os problemas de distorção do sinal em sistemas onde se multiplexa um grande número de canais a altas taxas de transmissão (WDM), limitando a utilização da capacidade dos sistemas em sua plenitude.

Nestes tipos de sistemas, onde se utilizam enlaces ópticos para o transporte do sinal, os fatores limitantes da taxa de transmissão estão relacionados à atenuação óptica e a distorção do sinal ao longo do encaminhamento óptico.

A atenuação óptica está relacionada com a taxa de transmissão, através da quantidade mínima de energia que o detector tem que receber para identificar um bit transmitido, onde os meios de compensação estão comercialmente bem definidos e plenamente utilizados, o que torna o problema de atenuação satisfatoriamente controlado.

A origem da distorção do sinal está relacionada a dois fatores: a dispersão cromática que está ligada à largura espectral da fonte óptica, à dispersão do material e ao perfil de índice de refração da fibra óptica utilizada; e a dispersão dos modos de polarização (PMD), que é dependente da birrefringência da fibra óptica monomodo e dos dois modos de polarização que se propagam no modo fundamental da fibra.

A birrefringência nas fibras ópticas monomodo tem sua origem na assimetria do núcleo e tensões no guia de onda criadas já no processo de fabricação da fibra óptica e influenciadas ao longo da fabricação dos cabos ópticos. Os efeitos que se sucedem após a fabricação e na utilização dos cabos ópticos são de caráter probabilístico, requerendo também um tratamento estatístico para sua avaliação.

Nos sistemas de transmissão os projetistas têm a necessidade de estimar o coeficiente de PMD esperado dos enlaces de fibra óptica devido à necessidade de se calcular a contribuição na penalidade de potência do sistema.

Os enlaces ópticos reais são compostos por uma concatenação de um número seqüencial de seções de cabos em um encaminhamento óptico, cada cabo contendo fibras com valores aleatórios de PMD, onde o coeficiente de PMD do enlace concatenado esperado também será distribuído aleatoriamente sobre os diversos enlaces. Desta forma as metodologias estatísticas [1-3] devem ser utilizadas para esta estimativa, sendo a distribuição real, entretanto, menos variável que a distribuição estatística dos cabos individuais devido ao processo de média entre o número de seções de cabos utilizados para formar cada enlace.

Uma característica essencial deste processo é a medida de coeficiente de PMD das seções de cabos individuais, que são usualmente providas como uma amostragem sobre o total de cabos utilizados na constituição de um enlace ou por uma medida de um universo total de cabos despachados. Devido a PMD ser uma quantidade estatística, a medida do coeficiente de PMD de uma seção de cabo já é imprecisa por si só e a reprodutibilidade depende do próprio valor de PMD. [4]

Com a evolução cada vez maior da qualidade das fibras ópticas, os coeficientes de PMD de fibras recentes estão extremamente baixos, o que leva a exigência de equipamentos de medição com limiares cada vez menores, posicionando a imprecisão como uma característica ainda mais importante. Além disto, as seções de cabos são relativamente pequenas, de modo que na maioria dos casos a PMD pode se encontrar perto ou mesmo abaixo da resolução dos equipamentos comercialmente disponíveis.

Neste trabalho faz-se um estudo sistemático da avaliação do atraso diferencial de grupo, o DGD, de enlaces baseados em medidas de PMD de fibras ópticas, fornecidas através dos dados de fabricantes, e uma comparação com as medidas destes mesmos cabos após instalação em campo. Estende-se esta avaliação ao comportamento do DGD, onde se verifica a probabilidade do DGD extrapolar um valor máximo estipulado com base nas normas IEC e TIA/EIA, devido à contribuição de todas as composições dos enlaces possíveis gerados através da técnica de Monte Carlo. Como resultado apresenta-se uma avaliação do procedimento utilizado para prever as quantidades de PMD e DGD através de dados fornecidos pelos fabricantes, mostrando que a metodologia atualmente utilizada deve ser reavaliada.

O capítulo 1 apresenta a teoria referente a PMD com a descrição das causas que levam ao aparecimento do efeito, bem como sua característica estatística.

No capítulo 2 descreve-se os dois métodos de medidas de PMD, varredura por comprimento de onda e interferométrico, os quais foram utilizados para a formação da base de dados de medidas de PMD, utilizadas no desenvolvimento do experimento.

Devido à característica da PMD, o capítulo 3 traz um resumo dos pontos mais importantes da teoria da concatenação e técnicas estatísticas para o tratamento da PMD, visto que o trabalho necessita deste desenvolvimento para chegar ao tratamento do DGD pelo método 2 da norma TIA/EIA TSB107.

Como o trabalho foi todo fundamentado na aplicação destas técnicas e avaliação da metodologia sob a óptica do DGD, para projetos de sistemas, o capítulo 4 descreve detalhadamente a aplicação do método 2 na avaliação de DGD para sistemas de transmissão óptica.

Todo o cálculo e desenvolvimento do trabalho, comparações e análise sistemática são apresentados no capítulo 5.

E por fim a conclusão mostra as contribuições que puderam ser extraídas do desenvolvimento deste trabalho, bem como as recomendações que sugerem algumas mudanças em alguns pontos da metodologia de avaliação do DGD, remontando até mesmo ao processo de fabricação para possíveis ajustes a serem efetuados nas normas vigentes.