

5 Estudo Sistemático da Estimativa do DGD através das Técnicas Estatísticas em Comparação com Medidas em Campo

Esta avaliação consiste em analisar o comportamento do DGD através da aplicação de técnicas de estimação estatística, regidas pela norma TIA/EIA TSB107 [1]. Esta norma, conforme exposto no capítulo 4, define dois métodos de estimativa de PMD. Estaremos tratando do método 2 no sentido de disponibilizar a correlação entre a estatística da distribuição de PMD para precisar as avaliações das estatísticas do DGD.

5.1. Caracterização do Objeto de Estudo

Inicialmente obteve-se a base de dados de medidas de coeficientes de PMD das fibras de cabos ópticos fornecidas a Intelig Telecomunicações Ltda por diversos fabricantes de cabos ópticos. Trabalhou-se nesta base de dados para se obter os valores de PMD estimados através das várias técnicas descritas nas normas e acompanhou-se a implantação desses mesmos cabos ópticos em campo, mantendo-se a rastreabilidade dos mesmos em relação aos dados fornecidos pelos fabricantes.

A partir da definição do sistema WDM a ser implantado, projetaram-se as probabilidades de se ultrapassar o valor de DGD máximo definido para cada taxa de transmissão, através do método 2 da Norma TIA/EIA, comparando-as com as probabilidades dos valores reais medidos em campo ultrapassarem o DGD máximo, chegando a uma avaliação completa deste comportamento. A instalação dos cabos ópticos foi efetuada em dois *backbones* da Intelig Telecomunicações. As especificações de infra-estrutura, tais como profundidade da vala, dutos, cabos e fibra óptica foram iguais para os dois *backbones*, com exceção do comprimento dos cabos ópticos, sendo que para o *backbone* #1 foram utilizadas seções de cabos de 5 Km e no *backbone* #2 foram de 8 Km.

Os fornecedores de cabos ópticos entregaram a Intelig uma amostragem dos valores medidos do coeficiente de PMD de algumas fibras cabeadas de todos os cabos fornecidos para estes dois *backbones*. Esta amostragem foi acertada conforme um critério previamente estabelecido para que se pudesse realizar os estudos desejados e permitir a posterior comparação com as medidas em campo.

Na avaliação pelo Método 2, todas as medidas de coeficiente de PMD dos cabos ópticos recebidos dos fabricantes para estes dois *backbones* foram consideradas para a formação do universo de fibras medidas. Uma amostragem de 100 fibras cabeadas utilizadas para realizar a interação pela Técnica de Monte Carlo foi retirada do universo de cada fabricante através do uso de um software que escolheu de forma aleatória esta amostragem.

O *backbone* #1, compreendido entre as cidades de Belo Horizonte e Salvador, tem a extensão de 1650 Km com 16 enlaces e duas estações de regeneração. Nele foram utilizados dois diferentes fabricantes de cabos ópticos. Em quatro enlaces deste *backbone* #1 foram utilizados somente cabos ópticos de um fabricante, o qual denominaremos de fabricante A. Em outros seis enlaces foram utilizados somente cabos ópticos do segundo fabricante, o qual chamaremos de fabricante B. E nos seis enlaces restantes tivemos uma mescla de cabos ópticos de ambos os fabricantes, A e B. Estes enlaces onde se utilizaram cabos ópticos de ambos os fabricantes não fazem parte deste estudo. Os comprimentos destes enlaces e o fornecedor utilizado estão relacionados na tabela 2.

O *backbone* #2, o qual interliga as cidades de Belo Horizonte e Rio de Janeiro, possui uma extensão de 565Km com 7 enlaces. Nele foram utilizados cabos ópticos de uma fabricante apenas, o qual chamaremos de Fabricante C. Os comprimentos destes enlaces e o fornecedor utilizado estão relacionados na tabela 3.

Os fabricantes A e C mediram 33% do total de fibras cabeadas, conforme o critério de amostragem. Estes dois fornecedores fizeram suas medidas em fábrica utilizando um equipamento com técnica de varredura por comprimento de onda. O Fabricante B mediu todas as fibras dos cabos ópticos entregues e utilizou um equipamento com técnica interferométrica para a realização das medidas de PMD. As medidas dos enlaces de fibra nas seções do *backbone* #1, bem como no *backbone* #2, foram realizadas com um equipamento que utiliza a técnica

interferométrica. Vale salientar que o CETUC da PUC-RJ realizou as medidas em campo em ambos *backbones*.

Enlace		Distância	Fabricante
Belo Horizonte	Sete Lagoas	101,4	A
Sete Lagoas	Curvelo	110	A+ B
Curvelo	Augusto Lima	100	A
Augusto Lima	E. Navarro	117	A+B
E. Navarro	Montes Claros	101	A+B
M. Claros	Messias Lopes	104	A+B
Messias Lopes	Catuti	108	A+B
Catuti	Urandi	93	A
Urandi	Caculé	94	A
Caculé	Brumado	81	B
Brumado	Contendas	112	B
Contendas	Iramaia	90,3	B
Iramaia	laçu	126,7	B
laçu	Petim	120	B
Petim	Sto. A. Purificação	103	A + B
Sto A. Purificação	Paripe	87	B

Tabela 2 - Enlaces do *backbone* #1.

O comprimento dos cabos utilizados no *backbone* #1 foi de 8 Km, valor utilizado como comprimento de cabo L_{cab} nos cálculos estatísticos e determinação da seção de referência. Os demais parâmetros estabelecidos para a realização do cálculo do valor do coeficiente de PMD máximo do enlace e da probabilidade de DGD foram: comprimento da seção, $L_{ref} = 120$ km. Conseqüentemente, o número de seções de cabos M , utilizada em cada enlace foi 15 segmentos.

No *backbone* #2, o comprimento dos cabos utilizados foi de 5 Km, conseqüentemente este foi o valor adotado como de referência para a seção de cabo, L_{cab} , para a elaboração da seção de referência para a metodologia estatística.

Enlace		Distância	Fabricante
Barão Vassouras	Três Rios	80	C
Três Rios	Juiz de Fora	80	C
Juiz de Fora	Barbacena	110	C
Barbacena	Conselheiro Lafaiete	105,8	C
Conselheiro Lafaiete	Moeda	104,3	C
Moeda	Belo Horizonte	109,4	C

Tabela 3 - Enlaces do *backbone* #2.

Os demais parâmetros estabelecidos para a realização do cálculo do valor do coeficiente de PMD máximo do enlace e probabilidade de DGD foram: comprimento da seção, $L_{ref} = 100$ km. Logicamente, o número de seções de cabos M, utilizada em cada seção foi 20. Os universos de medidas efetuadas pelos fabricantes A, B e C, para os valores de coeficientes de PMD, estão representados nas figuras 25, 26 e 27 respectivamente.

Nas mesmas figuras, em janela reduzida, encontram-se os gráficos das amostras das 100 medidas escolhidas aleatoriamente por um software para a aplicação na técnica de Monte Carlo.

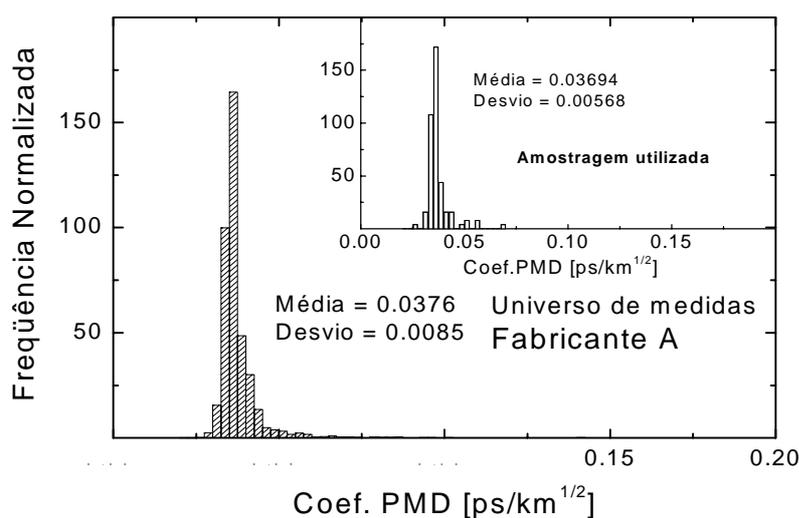


Figura 25 - Universo do coeficiente de PMD e amostragem do fabricante A

As amostras escolhidas pelo software são extremamente representativas do

universo do qual fazem parte, conceito válido para o caso dos três fabricantes em questão. Isto pode ser verificado pela comparação do perfil do gráfico da distribuição da amostragem com a distribuição do universo como um todo.

No gráfico representativo do fabricante C nota-se que o mesmo utilizou, em sua fabricação, duas fibras de diferentes fabricantes. Isto fica nítido devido aos dois picos distintos no gráfico do universo das fibras cabeadas.

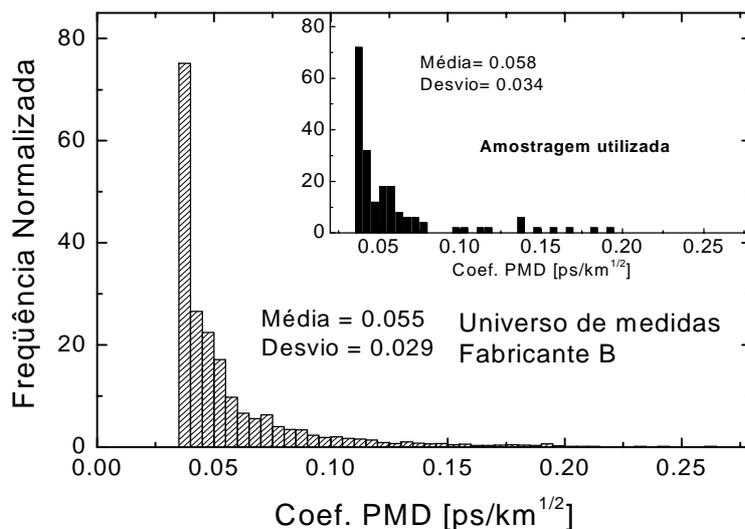


Figura 26 - Universo do coeficiente de PMD e amostragem do fabricante B

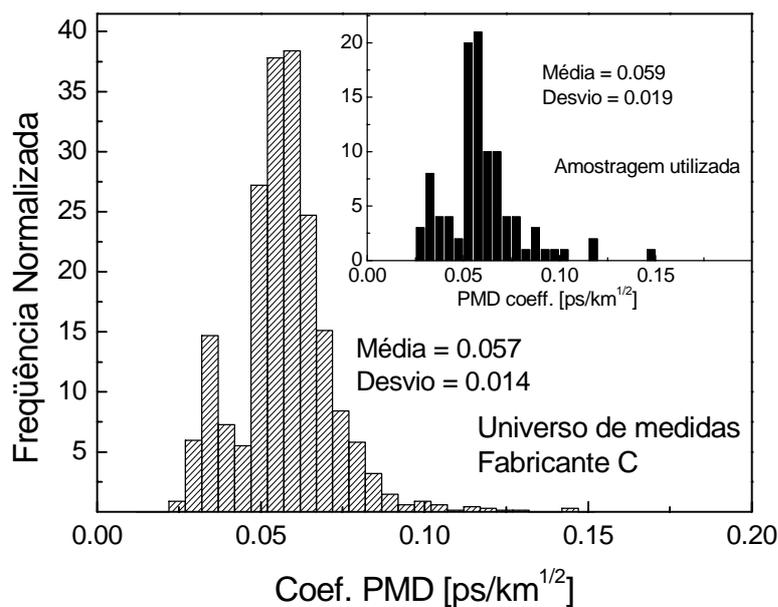


Figura 27 - Universo do coeficiente de PMD e amostragem do fabricante C.

5.2. Avaliação das Probabilidades

Os dados de PMD dos *backbones*, tanto dos valores obtidos dos fabricantes quanto os valores obtidos através de medidas em campo, seguindo a regra estabelecida no capítulo 4, foram trabalhados para calcular a probabilidade do DGD ultrapassar um valor máximo, de acordo com a taxa de transmissão do sistema.

Tomando-se a equação 39, podemos desenvolver o procedimento da convolução da seguinte forma:

$$P_{DGD} = \sum_{j=1} P_j \cdot P_i(\tau > DGD_{\max}) \quad (39)$$

desenvolvendo a equação a partir da Maxwelliana temos,

$$P_i = 1 - \int_0^{DGD_{\max}} \frac{32 \tau^2}{\pi^2 \tau_i^3} e^{-\frac{4\tau^2}{\pi\tau_i^2}} d\tau = P_i = 1 - I \quad (40)$$

$$I = \int_0^{x_i} \frac{4}{\sqrt{\pi}} \left(\frac{2\tau}{\sqrt{\pi} \cdot \tau_i} \right)^2 e^{-\left(\frac{2\tau}{\sqrt{\pi} \tau_i} \right)^2} d\left(\frac{2\tau}{\sqrt{\pi} \tau_i} \right) \quad (41)$$

$$I = \frac{4}{\sqrt{\pi}} \int_0^{x_i} x^2 \cdot e^{-x^2} dx, \text{ onde } x_i = \frac{2 \cdot DGD_{\max}}{\sqrt{\pi} \cdot \tau_i} \quad (42)$$

resolvendo a integral por partes, obtemos:

$$I = \frac{4}{\sqrt{\pi}} \left[\frac{1}{2} x_i \cdot e^{-x_i^2} + \frac{1}{2} \int_0^{x_i} e^{-x^2} dx \right] \quad (43)$$

$$I = \frac{4}{\sqrt{\pi}} \left[\frac{1}{2} x_i \cdot e^{-x_i^2} + \frac{\sqrt{\pi}}{4} \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^{x_i} e^{-x^2} dx \right] \quad (44)$$

como,

$$ERF(x_i) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^{x_i} e^{-x^2} dx \quad (45)$$

então:

$$I = \frac{4}{\sqrt{\pi}} \left[\frac{1}{2} x_i \cdot e^{-x_i^2} + \frac{\sqrt{\pi}}{4} ERF(x_i) \right] \quad (46)$$

substituindo em (40);

$$P_i(\tau > DGD_{\max}) = 1 - \frac{4}{\sqrt{\pi}} \left[\frac{1}{2} x_i \cdot e^{-x_i^2} + \frac{\sqrt{\pi}}{4} ERF(x_i) \right] \quad (47)$$

$$P_i(\tau > DGD_{\max}) = 1 + \frac{2}{\sqrt{\pi}} x_i \cdot e^{-x_i^2} - ERF(x_i) \quad (48)$$

substituindo a função erro por erro complementar, finalmente temos a equação de trabalho:

$$P_i(\tau > DGD_{\max}) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} x_i \cdot e^{-x_i^2} + ERFC(x_i) \quad (49)$$

Inicialmente foram calculadas as probabilidades através da equação (49) com base em sistema de transmissão com taxas de 10Gbps por canal de WDM. Os resultados foram muito positivos, visto que as probabilidades do DGD ultrapassar o valor máximo definido se mostraram extremamente baixas ($<10^{-300}$). Desta forma não foi possível representa-los graficamente para efetuar uma avaliação

mais profunda em relação ao comportamento do DGD. É possível afirmar, então, que a grande maioria dos enlaces estaria apta a suportar taxas de 10 Gbps sem penalidade associada a PMD.

Entretanto, oferecendo um *upgrade* no sistema para taxas de 40Gbps por canal de WDM, alcançamos uma avaliação mais interessante e reveladora.

O cálculo efetuado leva em conta a taxa de 40Gbps, além das limitações sugeridas por duas normas, IEC e TIA/EIA.

A análise efetuada contempla as duas avaliações, evidenciando que a diferença estará no quanto de margem pode-se deixar para cobrir a contribuição dos componentes do sistema ao DGD.

Sabe-se que a norma ITU-T G691 define em seus parâmetros de interfaces ópticas o atraso máximo permitido, devido a PMD, em sistemas de transmissão a 10Gbps, sendo no caso 10ps.

As normas reservam diferentes tempos máximos de DGD, devido à parcela que se deve alocar para a PMD de componentes do sistema, sendo 25ps o limite de DGD de um enlace recomendado pela TIA/EIA e 21ps recomendado pela IEC, isto referenciado a enlaces de 400Km e taxas de transmissão de 10 Gbps.

Para a avaliação baseada na norma IEC, o valor de DGD máximo a ser definido, para taxas de 40Gbps é de 21ps, pois a mesma reserva 70% do orçamento total destinado à penalidade por PMD para a componente fibra óptica do sistema, oferecendo os restantes 30% para os demais componentes. Estendendo esta definição para sistemas a 40Gbps o DGD máximo especificado seria de 2,88ps.

Já para a avaliação baseada na norma TIA/EIA, a reserva de orçamento é mais branda, pois dos 30ps totais destinados à penalidade pela PMD, apenas 5ps destinam-se aos componentes *não-fibras*, portanto cerca de 17%, ou seja, o DGD máximo seria de 25ps. Da mesma forma, o valor de DGD para sistemas de 40Gbps seria de 3,42ps.

As medidas efetuadas nos *backbones* foram feitas para trechos aproximados de 100km e 120km, devido ao range dinâmico dos equipamentos de medida. Com isto fez-se necessário a normalização em relação ao comprimento de referência, que é definido como 400km de acordo com a norma ITU-T G.691.

O resultado revelou que todos os enlaces estariam aptos a trafegar em taxas de transmissão de 10 Gbps por canal, ressaltando a evolução da qualidade na

fabricação das fibras. Após análise dos enlaces para a taxa de transmissão de 40Gbps podemos chegar a algumas conclusões em relação à metodologia.

A seguir, apresenta-se a avaliação dos três fabricantes utilizados para fornecimento de cabos ópticos aos *backbones* mencionados, onde poderemos descrever e avaliar três situações distintas e representativas: o comportamento estável, a situação limítrofe de decisão de utilização ou não de um sistema e a situação de impossibilidade de utilização do sistema, sendo estas três situações obtidas no cálculo da convolução, para obtenção da probabilidade do DGD ultrapassar um valor máximo definido.

5.2.1.

Roteiro para utilização da norma no cálculo do P_{DGD}

- a) Selecionar uma amostra de 100 valores de PMD e um determinado enlace que, a qual deve ser representativa do universo de fibras ópticas que instaladas em um determinado backbone;
- b) Fazer a concatenação de 10 valores aleatórios daquela amostragem de a , utilizando a equação 21, e gerar um valor de PMD aleatório (τ_i);
- c) Repetir o passo b 32000 vezes para calcular 32000 valores de PMD aleatórios τ_i ;
- d) Gerar um histograma de distribuição de τ_i com os 32000 valores aleatórios calculados, utilizando classe de resolução de $0,001\text{ps/km}^{1/2}$;
- e) Utilizar a equação 42 para determinar o valor de x_i associado a cada τ_i ;
- f) Calcular a probabilidade P_i associada a cada valor de τ_i , através da equação 49;
- g) Efetuar a soma ponderada dos P_i de acordo com o peso N , ou seja número de ocorrências de cada classe de τ_i gerado. O peso N vem da geração do histograma do item d .
- h) Esta soma ponderada resultará na probabilidade que o DGD, devido a amostragem do item a , tem de ultrapassar os limites definidos na norma da referência 7 para operação normal do sistema.

5.3. Avaliação de enlaces com fabricante A

Os gráficos abaixo mostram a diferença da probabilidade máxima, que o DGD do sistema tem para ultrapassar os limites descritos na seção 5.2, calculada para cada enlace através do método 2, referenciado na norma TIA/EIA e o cálculo destas probabilidades nos enlaces já instalados, sendo que os cabos ópticos utilizados são os mesmos dos quais foram retiradas as amostragens para o cálculo teórico.

Duas linhas de referência são traçadas para denotar a probabilidade calculada pela convolução de todos os enlaces gerados pela técnica de Monte Carlo (em vermelho) definindo como sendo este o valor para avaliação do sistema. A segunda linha seria o valor limite definido pelas normas TIA/EIA e/ou IEC, informando a capacidade deste sistema operar à taxa de 40Gbps dentro das penalidades admissíveis.

No mesmo gráfico mostrado na figura 28 abaixo, distribui-se as probabilidades do DGD ultrapassar o valor máximo permitido, para os valores de PMD obtidos a partir das medidas efetuadas nos enlaces após implantação dos *backbones*.

Este gráfico foi obtido pelos limites da norma TIA/EIA.

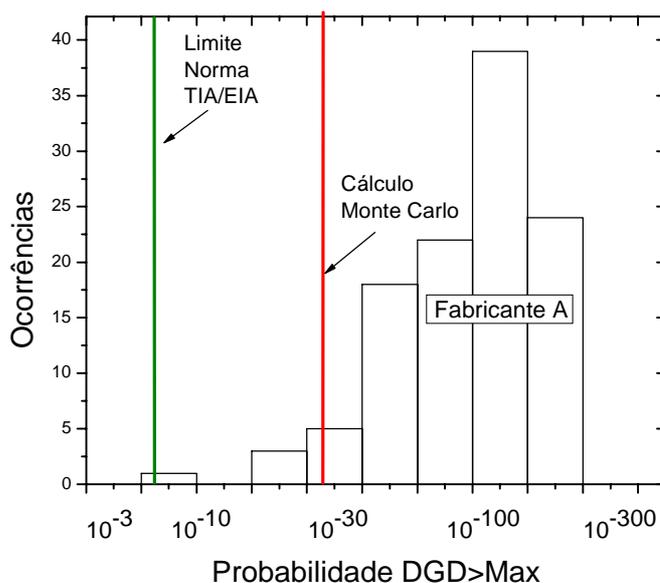


Figura 28 - Probabilidades: comparativo TIA/EIA Medição x Convolução

Nota-se que a probabilidade do DGD ultrapassar o valor máximo é muito remota, e que os valores reais obtidos estão em sua grande maioria com melhor performance, apesar de apresentar um caso isolado fora do comportamento típico. Portanto para esta família de medidas estaríamos admitindo a transmissão em 40Gbps sem problemas.

O valor obtido através da convolução admite esta hipótese também. Podemos verificar que este fabricante apresentou a distribuição de coeficientes de PMD em fábrica mais uniforme entre os três avaliados.

Se levarmos em conta a norma mais rígida, a IEC, obteremos a seguinte distribuição, conforme ilustrada na figura 29.

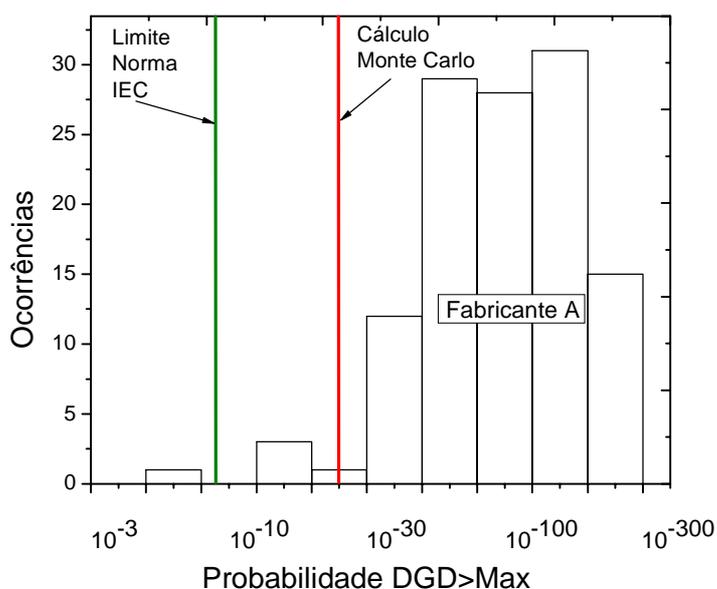


Figura 29 - Probabilidades: comparativo IEC Medição x Convolução

O comportamento é semelhante ao encontrado na avaliação anterior com a diferença de que a norma é mais rígida para o valor de probabilidade máxima e o valor calculado sofre uma pequena redução em relação ao encontrado anteriormente.

5.4. Avaliação de enlaces com fabricante B

A distribuição das probabilidades para este fabricante revela a criticidade de se ter valores de PMD que não revelam uma tendência mais aproximada do que seria na realidade após a instalação, levando a uma avaliação errônea do comportamento do DGD após a instalação dos cabos ópticos.

Pode-se observar no gráfico da figura 30 que o valor calculado da probabilidade do DGD ultrapassar o valor máximo estaria fora do limite estabelecido tanto para a norma IEC quanto para a norma TIA/EIA, o que impossibilitaria o uso de um sistema a 40Gbps. Note que as barras representam as

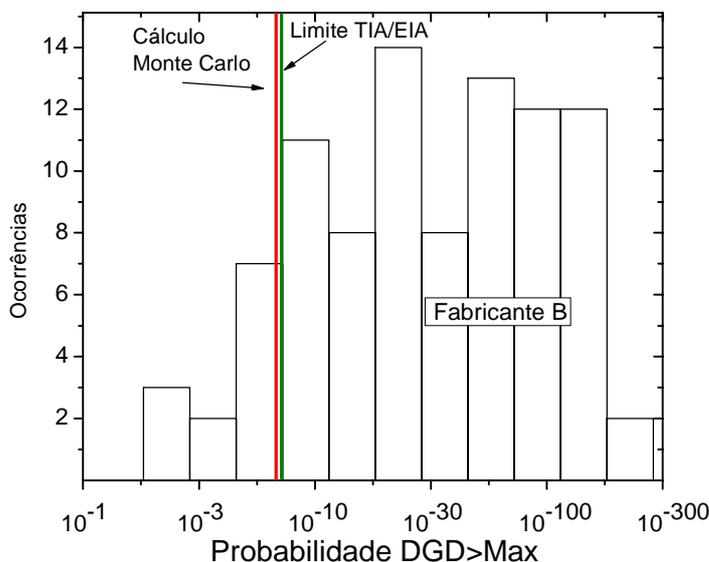


Figura 30 - Probabilidades: comparativo TIA/EIA Medição x Convolução fibras

fibras que compõem o enlace.

Porém quando observamos o comportamento dos enlaces após a instalação, vemos que a maioria dos enlaces estaria apta a operar em sistemas a 40Gbps citados acima. Isto causa um problema relacionado ao dimensionamento dos sistemas, pois a definição de compra dos equipamentos se dá antes da implantação das rotas de cabos ópticos.

Para a limitação imposta pela norma IEC a situação fica mais agravada devido ao valor adotado para reserva aos componentes não-cabos. O gráfico

mostrado na figura 31 abaixo ilustra este comportamento.

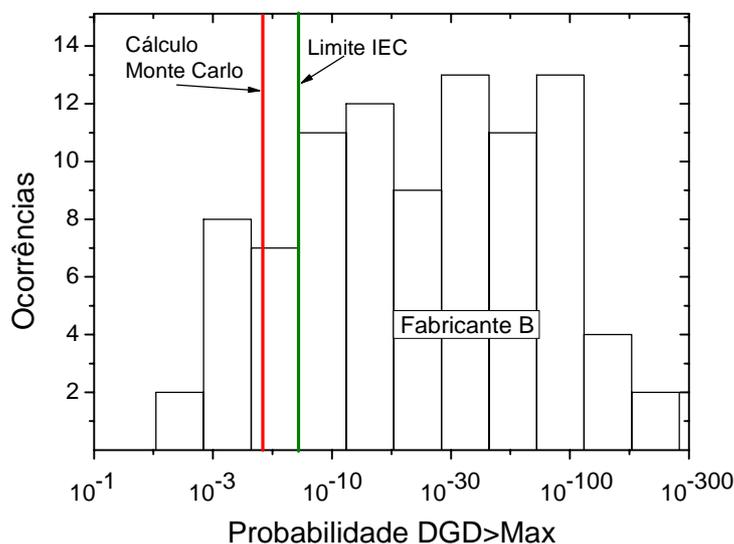


Figura 31 - Probabilidades: comparativo IEC Medição x Convolução

5.5. Avaliação de enlaces com fabricante C

Nesta avaliação o valor da probabilidade calculada pela convolução se mostrou muito próxima do valor referenciado nas normas IEC e TIA/EIA, um caso em que se gerariam dúvidas em aprovar ou não um sistema de mais alta capacidade.

Novamente percebemos que vários dos enlaces obtidos na medição em campo possibilitariam a implantação de um sistema à 40Gbps sem problemas de penalidade por desempenho de DGD, ou seja, com a mínima probabilidade de se ultrapassar o valor máximo de DGD recomendado.

Alguns enlaces se apresentam com probabilidade muito alta de ultrapassar o valor máximo, refletindo o que foi encontrado na distribuição de PMD da amostragem definida no início do capítulo 5.

Nas figuras 32 e 33 estão representados os gráficos da distribuição das probabilidades calculadas a partir da simulação de Monte Carlo e dos valores medidos em campo, referenciados às normas IEC e TIA/EIA.

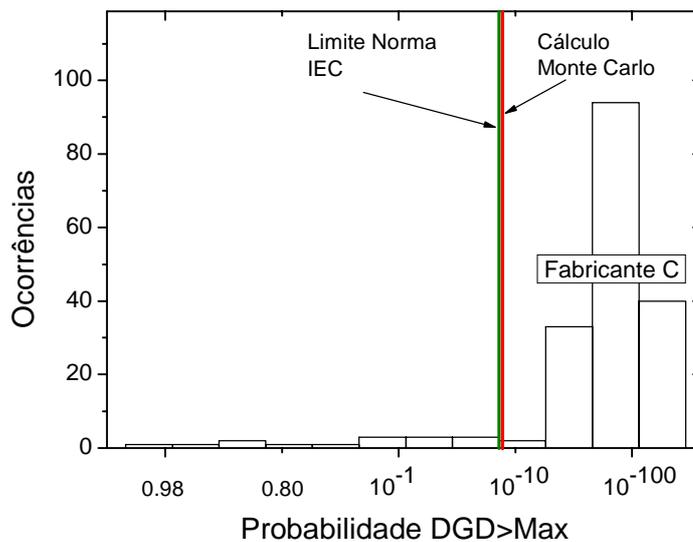


Figura 32 - Probabilidades: comparativo IEC Medição x Convolução

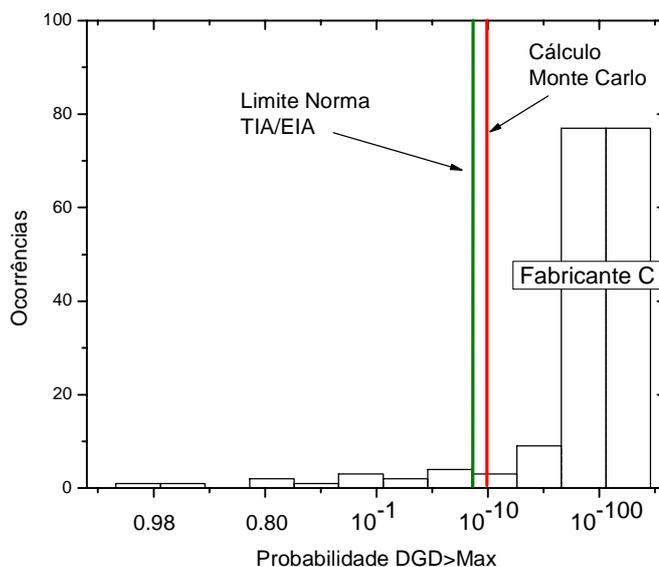


Figura 33 - Probabilidades: comparativo TIA/EIA Medição x Convolução

5.6. Avaliações Gerais e Recomendações

A avaliação do DGD deve ser referenciada pela taxa de transmissão que se deseja transmitir. Os *backbones* foram avaliados primeiramente para a taxa de 10Gbps e em seguida para a taxa de transmissão de 40Gbps. Como já mencionado no capítulo 4, no método 2 o valor máximo de DGD é definido e a probabilidade

do DGD ultrapassar este valor máximo é calculada. Foi fixado o valor de $6,5 \cdot 10^{-8}$, baseado na recomendação da norma TIA/EIA, como a probabilidade máxima admissível para o DGD ultrapassar o valor máximo definido, a qual denominamos de P_{DGD} .

A técnica de Monte Carlo foi utilizada para esta avaliação, pois se identificou que a diferença existente entre as três técnicas estatísticas é marginal, do ponto de vista da PMD, se comparada com o erro inserido no processo pelas medidas de lances curtos.

Nota-se que existe muita diferença entre a estimativa teórica referenciada na norma e o valor realmente obtido na prática. Após o cálculo teórico, revelaram-se três características bem distintas entre os fabricantes de fibras: o fabricante A apresentou uma probabilidade P_{DGD} calculada muito baixa, o fabricante B apresentou uma probabilidade P_{DGD} alta, sendo que não estaria em conformidade com a recomendação, não sendo possível a utilização de sistemas acima de 10Gbps e o fabricante C que apresentou resultado de probabilidade P_{DGD} no limiar definido pela norma.

O fabricante A foi o que apresentou a maior diferença entre o valor calculado de P_{DGD} e o valor da norma. Isto já era esperado, pois reflete a tendência que já era evidenciada na amostragem da figura 25, pois a média baixa e o pequeno desvio padrão concentra a maioria das medidas de PMD e quando o cabo é lançado isto tende a ter um comportamento regular. Este comportamento se confirma quando observamos a grande maioria das probabilidades P_{DGD} das medições de campo estarem menores que a probabilidade P_{DGD} calculada.

Os sistemas normalmente são definidos e comprados antes de se estabelecer um *backbone*, tendo necessidade de se prever antecipadamente as condições do DGD ultrapassar os limites estabelecidos em norma e se tivermos a condição de limiar, como no caso do fabricante C ou mesmo da não apresentar condição de utilização, como visto no fabricante B, não poderíamos optar pela definição do sistema de maior capacidade.

Porém após a avaliação dos *backbones* instalados, vimos que os valores reais colocam a grande maioria das fibras em condições perfeitas de receber os sistemas de 40Gbps, em contraponto ao calculado anteriormente. Isto pode levar a um sério impacto na definição da utilização de um sistema e um enorme prejuízo pela troca do sistema após a instalação do *backbone*, ou no mínimo a um grande

atraso na implantação do sistema. Este atraso poderia levar também a algum prejuízo, pois na competição de mercado existente, o atraso na implantação pode levar a perdas significativas para os detentores do sistema.

As fibras fabricadas atualmente apresentam valores extremamente baixos de PMD. Ao serem cabeadas o fracionamento destas fibras ópticas não permite uma medição precisa de PMD com os equipamentos comerciais disponíveis no mercado gerando uma superestimação da PMD medida. Isto porque sendo os valores de PMD muito baixo, próximos ou abaixo do limite inferior da escala do equipamento, quanto menor for este valor de PMD, mais imprecisa será a medida, sendo que a medida por si só já apresenta uma imprecisão devido à característica estatística da mesma.

Então este erro vem da origem do cálculo, pois as medidas de fibras cabeadas em fábrica, de lances curtos em torno de 5 a 8km, agregando a isto a melhoria na qualidade das fibras como exposto acima, as medidas muito baixas de PMD são penalizadas pelo limiar do equipamento utilizado. Isto só será externado após a instalação, quando através da concatenação de várias seções curtas teremos comprimento suficiente para uma medida razoável.

Considerando a amplitude do estudo realizado, a utilização deste método visando determinar o coeficiente de PMD máximo em um enlace com o objetivo de estimar a penalidade do sistema projetado, conduz a uma superestimação do coeficiente de PMD do enlace e conseqüentemente uma superestimação da penalidade a ser considerada neste sistema.

Para que se evite este erro de superestimação da penalidade, é necessário que se modifique a metodologia adotada para a determinação estatística do valor máximo do coeficiente de PMD do enlace. Outra alternativa seria implementar, comercialmente, equipamentos para a medida de PMD com maior sensibilidade e precisão.

Notou-se também que quando existe um problema relacionado a PMD este se repete em várias fibras da mesma cor e em lances de cabos ópticos repetidos. Isto leva a crer que como as fibras são normalmente coloridas em bobinas de 25km, fracionadas em lances menores quando se produz o tubo “loose”, com isto o problema será propagado seqüencialmente para a extrusão de capa do cabo, bem como para os lances finais.

Se estes lances fizerem parte de um mesmo lote de fabricação, por exemplo de lances de 5km, e forem enviados para um mesmo cliente, estes cabos ópticos terão grande chance de serem instalados em seqüência, amplificando este problema, pois somente será identificado após a composição do enlace, através de medição. Mesmo porque a rotina de cálculo para a técnica de Monte Carlo não considera a re-amostragem das mesmas fibras de um universo para o estabelecimento de um enlace simulado.

Com relação à metodologia, um ponto que se pode considerar para uma re-adequação é a utilização do coeficiente de PMD das fibras nuas, antes do cabeamento. Devido a seus comprimentos, na sua grande maioria acima de 25 Km, a medida do coeficiente de PMD das mesmas é conseqüentemente mais precisa. Para isto a relação do coeficiente de PMD da fibra antes de ser cabeada e após o cabeamento deve ser pesquisada e conhecida pelo fabricante. Fato importante para que se evite distorções devido a um processo fabril inadequado.

Como a norma pode definir que o fabricante envie ao cliente uma amostra representativa de coeficientes de PMD dos cabos a serem enviados a campo, esta amostragem deve ser especificada pelo cliente, não somente pelo valor de enlace concatenado através de Monte Carlo, mas que seja limitada a um desvio padrão adequado. Isto para reduzir o risco de distorções encontradas na avaliação, onde a simulação por Monte Carlo nos mostrava valores razoáveis e após medição em campo os valores ficaram substancialmente acima do valor encontrado.