



ENGENHARIAS

Análise de Dados de Falha de um Transmissor de Fibra Óptica

Fault Data Analysis of a Fiber Optic Transmitter

Evaldo Da Conceição Silva¹; Gabriel De Souza Ferreira¹; Maicon Mateus De Medeiros Santos¹; Paulo César De Resende Andrade¹; Renan Martinielli Gonçalves Rosa¹

RESUMO

A análise de confiabilidade é uma metodologia utilizada para descrever o comportamento de falhas em equipamentos. O presente trabalho tem por objetivo modelar o tempo de vida de transmissores de fibra óptica. O procedimento de pesquisa utilizado foi o estudo de caso. Foram feitos testes em 14 equipamentos que falharam. O método gráfico e os testes de aderência de qui-quadrado (χ^2) e Kolmogorov-Smirnov (K-S) foram utilizados para verificar a distribuição que melhor modela a amostra de dados. Foi utilizado o software ProConf para fazer a análise. Os parâmetros da distribuição foram determinados. As funções de confiabilidade $R(t)$ e de risco $h(t)$ foram apresentadas. A distribuição Weibull foi escolhida para modelar o tempo até a falha dos dados. O tempo médio até a falha dos transmissores é de 318 horas. Metade dos equipamentos falharam antes de 236 horas. Os fatores de forma e escala da Weibull são, respectivamente, 1.47 e 357.50. A fase de vida dos transmissores de fibra óptica estudados corresponde ao início da mortalidade senil, já que o γ foi maior que 1. Assim, tem-se risco crescente e confiabilidade decrescente, indicando um desgaste do equipamento.

Palavras-chave: Confiabilidade. Tempo de Vida. Comportamento de Falhas. Transmissores. Mortalidade.

ABSTRACT

Reliability analysis is a methodology used to describe the behavior of equipment failures. The present work aims to model the life time in hours of fiber optic transmitters. The research procedure used was the case study. Tests were done on fourteen devices that failed. The graphical method and the chi-square (χ^2) and Kolmogorov-Smirnov (K-S) tests were used to verify the distribution that best models the data sample. ProConf software was used to perform the analysis. The distribution parameters were determined. The reliability functions $R(t)$ and risk functions $h(t)$ were presented. The Weibull distribution was chosen to model the time to failure of the data. The average time to failure of the transmitters is 318 hours. Half of the equipment failed before 236 hours. The Weibull form and scale factors are, respectively, 1.47 and 357.50. The life stage of the fiber optic transmitters studied corresponds to the onset of senile mortality, since the γ was greater than 1. Thus, there is an increasing risk and decreasing reliability, indicating a wear and tear of the equipment.

Keywords: Reliability. Lifetime. Fault Behavior. Transmitters. Mortality

¹ UFVJM – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina/MG – Brasil.

1. INTRODUÇÃO

O ambiente de mudanças nos mais diversos setores da sociedade tem tornado cada vez mais complexo o desenvolvimento de equipamentos e produtos. Assim, tornou-se de vital importância que os equipamentos, produtos e sistemas tivessem melhores desempenhos e custos competitivos.

Inúmeras variáveis influenciam o ambiente comercial, dentre as quais se destacam os desejos e necessidades dos consumidores, a volatilidade do mercado financeiro, além de questões de ordem política e legal. Tais variáveis, além de interferir no potencial de venda das empresas e na forma como atendem seus consumidores, impõem novos desafios às organizações. Consequentemente, a busca por credibilidade e por confiabilidade em seus produtos e serviços tem demandado enorme esforço das organizações na busca de ferramentas mais adequadas a esse cenário dinâmico e instável. Logo é esperado que as empresas que melhor se adaptam aos percalços encontrados se sobressaiam e alcancem resultados mais produtivos (CARVALHO, 2016).

Nessa busca constante para se alcançar índices sólidos de confiança em seus produtos e serviços, as empresas buscam usufruir das ferramentas da Confiabilidade como recurso de elevada importância no processo de criação e desenvolvimento de qualquer produto (MARCORIN e ABACKERLI, 2001).

Com a utilização desse recurso é possível se estabelecer parâmetros que vislumbram potenciais de ocorrências de falhas nos mais diversos níveis, em quaisquer equipamentos ou dispositivos. Desta maneira é possível prever falhas, minimizar e até extinguir ocorrências indesejadas. Destarte, se torna palpável uma significativa melhora na produção e manutenção de qualquer utensílio, maquinário, ferramenta ou objeto, tendo em vista que antes de um determinado produto ser lançado no mercado, esse poderá ser submetido a diversos testes e verificações. Esse processo contribui para o alcance de resultados consistentes sobre a resistência, autonomia e durabilidade dos produtos analisados (PIAZZA, 2000).

Primeiramente, é importante pautar em que consiste o estudo da Confiabilidade. Segundo Halpern (1978), a Confiabilidade está alicerçada em quatro principais elementos: probabilidade, desempenho, tempo de operação e condições de operação. Conforme Fogliatto e Ribeiro (2009), a confiabilidade de um item corresponde à sua probabilidade de desempenhar adequadamente o seu propósito, por um determinado período de tempo e sob condições predeterminadas.

A definição mais usual de confiabilidade de uma unidade é dada em termos de sua probabilidade de sobrevivência até um tempo t de interesse. Conhecendo-se a distribuição de probabilidade que melhor se ajusta a este tempo é possível estimar a probabilidade de sobrevivência da unidade para qualquer tempo t , bem como outras medidas de confiabilidade (FOGLIATTO e RIBEIRO, 2009).

Confiabilidade é representada em termos de uma probabilidade (LEEMIS, 1995). A confiabilidade $R(t)$ é a probabilidade de um sistema (componente, aparelho, circuito, cadeia de máquinas, por exemplo) cumprir sem falhas uma missão com uma duração determinada. A função de risco ou taxa de falha $h(t)$ pode ser definida como a quantidade de risco associada a uma unidade do tempo t e é a função mais utilizada na prática dentre todas as funções de confiabilidade. Sendo a unidade de medida em uma função de risco dada geralmente em termos de falha por unidade de tempo. O tempo médio até a falha MTTF (mean time to failure) define uma média dos tempos até ocorrer uma falha na unidade observada em questão.

Algumas distribuições podem ser utilizadas para representar a probabilidade de falha, possibilitando determinar a partir de que momento o produto sob análise, é considerado com desempenho abaixo daquele apontado como aceitável, e, portanto, considerado com a ocorrência de falha (HAVIARAS, 2005). As distribuições de probabilidade frequentemente utilizadas para descrever tempos até falha de componentes e sistemas são: Exponencial, Weibull, Gama e Lognormal.

De acordo com Silva et al (2015), para realização da aplicação da confiabilidade é necessário um conhecimento do produto ou equipamento, pois é através deste conhecimento que será possível determinar os modos e as causas de falhas.

A análise de um estudo de caso com discussão se justifica, uma vez que a Confiabilidade é uma técnica ainda pouco explorada e em desenvolvimento no contexto industrial brasileiro. Partindo então do pressuposto que uma tomada de decisão baseada em tentativa e erro pode gerar problemas para qualquer empresa, é de suma importância que se dê racionalidade a esse processo, evitando-se assim falhas em processos e resultados indesejáveis. A proposta desse artigo é modelar o tempo de vida, em horas, de um lote de um dispositivo eletrônico transmissor de fibra óptica.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O procedimento de pesquisa utilizado neste trabalho foi o estudo de caso de um transmissor de fibra óptica. Os dados utilizados são de uma das maiores empresas americanas de semicondutores, que fabrica produtos que têm múltiplas aplicações dentro de quatro mercados principais: infraestrutura com fio, comunicações sem fio, armazenamento empresarial e armazenamento industrial. Os pedidos da empresa em questão nestes mercados finais incluem: redes de centro de dados, conectividade casa, acesso à banda larga, equipamentos de telecomunicações, smartphones e estações rádio base, os servidores de centros de dados e armazenamento, automação industrial, geração de energia e sistemas de energia alternativa.

Foi analisada uma amostra de quatorze transmissores de fibra óptica. Os transmissores foram postos em testes em temperaturas de aproximadamente 85°C e o seu teste de vida útil juntamente com a taxa de falha ocorreu quando as unidades não responderam adequadamente as condições estabelecidas. Os tempos até as falhas (em horas) estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1- Tempos até as falhas da amostra de transmissores de fibra óptica

Tempos até a falha (horas)						
794	676	573	484	406	339	282
233	191	156	126	102	81	64

Fonte: AVAGO-TECHNOLOGIES (2016)

O método gráfico foi utilizado para comparar as curvas da distribuição e verificar qual modelo apresenta melhor aderência aos dados amostrais. Para a caracterização da distribuição de frequência foram aplicados testes de aderência às distribuições Lognormal e Weibull. Os testes utilizados para verificar o ajuste destas distribuições candidatas aos dados efluentes foram qui-quadrado (χ^2) e Kolmogorov-Smirnov (K-S).

Para o estudo em questão foi utilizado o software ProConf (FRITSCH e RIBEIRO, 1998) para gerar os gráficos e obter os resultados numéricos. O software informa o nível de significância e aponta quais distribuições não podem ser rejeitadas. Também fornece estimativas dos parâmetros da distribuição

da função distribuição de probabilidade que melhor modela o conjunto de dados em estudo. A validação é dada se o nível de significância for maior que 5% em ambos os testes de aderência. Além disso, são exibidas as representações das funções de confiabilidade $R(t)$ e de risco ou taxa de falha $h(t)$.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente foram obtidos alguns gráficos referentes ao conjunto de dados. A Figura 1 representa a taxa de falha para o conjunto.

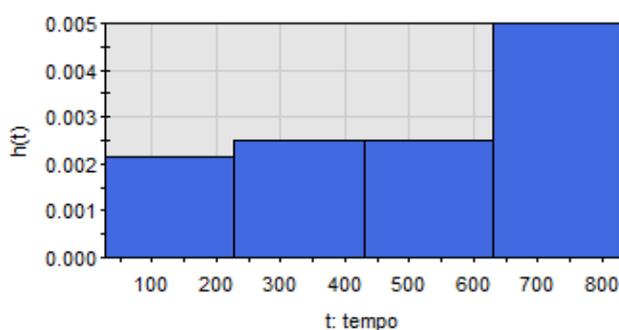


Figura 1 - Taxa de Falha
Fonte: ProConf

Da Figura 1, observa-se que os dados apresentam uma relação inicialmente crescente, evidenciando uma elevação da taxa de crescimento após aproximadamente 630h. Destaca-se ainda que o gráfico supracitado não evidencie, de forma clara, a curva da banheira (característica representativa da distribuição Weibull), aspecto que se deve ao fato do conjunto de dados em questão ser constituído de uma amostra relativamente pequena.

O gráfico da função confiabilidade para conjunto de dados está representado na Figura 2.

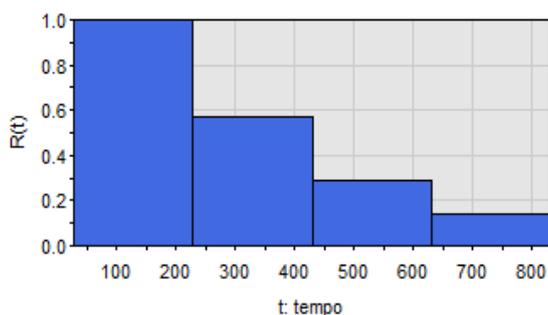


Figura 2 - Função de Confiabilidade
Fonte: ProConf

Conforme o esperado, o gráfico da função de confiabilidade é decrescente ao longo do tempo. No instante $t = 0$ a confiabilidade é quase máxima, diminuindo em função do tempo.

O gráfico da função densidade de probabilidade, mostra como as falhas ocorrem, número de falhas por tempo em horas, é apresentado em seguida na Figura 3.

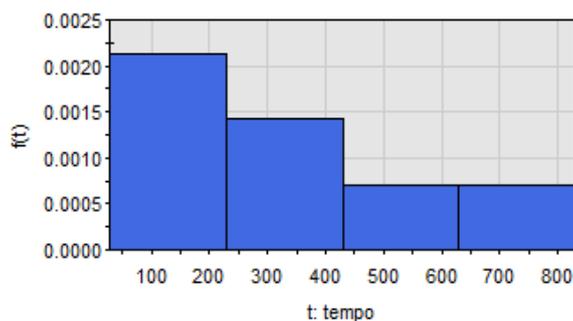


Figura 3 - Função Densidade de Probabilidade
Fonte: ProConf

Após análises baseadas nos gráficos das Figuras 1 a 3 observa-se que dois modelos de distribuição poderiam representar o conjunto estudado: a distribuição Weibull e a distribuição Lognormal.

Os gráficos do papel de probabilidade permitem fazer o teste de hipóteses, onde se verifica a adequação dos dados a determinada distribuição. Para isso, analisa-se o valor p correspondente para testar se os dados vêm da distribuição escolhida. Os tempos até as falhas foram testados para as distribuições Lognormal e Weibull, por meio do ProConf. Se o valor p for inferior ou no máximo igual ao nível de significância escolhido, no caso 0,05, então rejeita-se a hipótese nula de que os dados seguem tal distribuição.

Nas Figuras 4 e 5, têm-se as representações do papel de probabilidade correspondente às distribuições Lognormal e Weibull, respectivamente, obtidas por meio do ProConf.

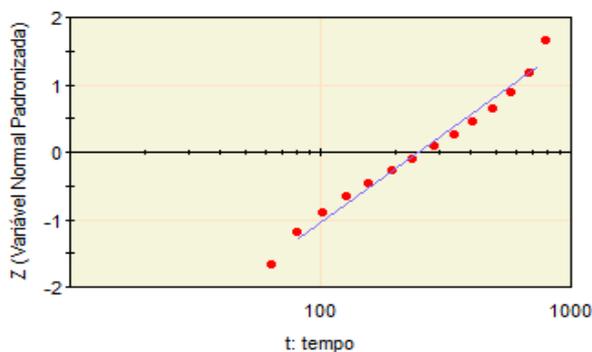


Figura 4 - Papel de Probabilidade
Fonte: ProConf

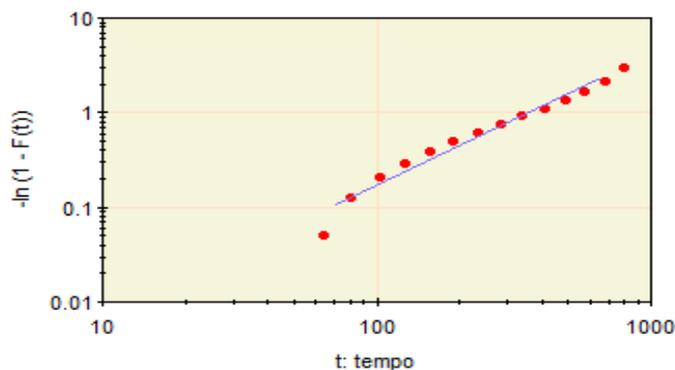


Figura 5 - Papel de Probabilidade
Fonte: ProConf

Pela análise visual dos gráficos apresentados nas Figuras 4 e 5, verifica-se que a distribuição Weibull melhor se ajustou a reta, sendo a que melhor se adéqua aos dados do estudo, sendo a principal candidata para modelar esses dados.

Na Tabela 2, tem-se os resultados dos testes de aderência.

Tabela 2 - Nível de Significância do ajuste

Distribuição	χ^2	K-S	Decisão
Lognormal	0,6405	0,3866	Não Rejeitada
Weibull	0,6862	0,386	Não Rejeitada

Fonte: Adaptado do software ProConf

O software informa o nível de significância para cada teste e aponta quais distribuições não podem ser rejeitadas. Apesar das duas distribuições não terem sido rejeitadas, conforme resultados apresentados na Tabela 2, o presente estudo utilizará a distribuição de Weibull para a modelagem do tempo até a falha. Fogliatto e Ribeiro (2009) afirmam que para amostras de tempos até a falha de tamanho pequeno, como é o caso, supor dados seguindo uma distribuição de Weibull costuma ser um bom ponto de partida na análise.

A Weibull é uma das distribuições mais importantes na modelagem de confiabilidade devido à sua flexibilidade e capacidade de representação de amostras de tempos até falha com comportamentos distintos. As funções de risco (falha) e de confiabilidade são representadas nas Figuras 6 e 7, respectivamente.

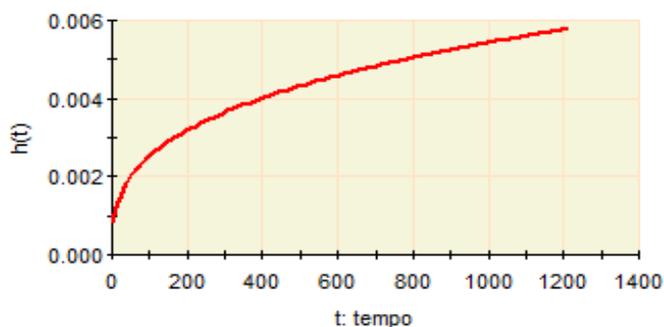


Figura 6 - Gráfico Função de Risco

Fonte: ProConf

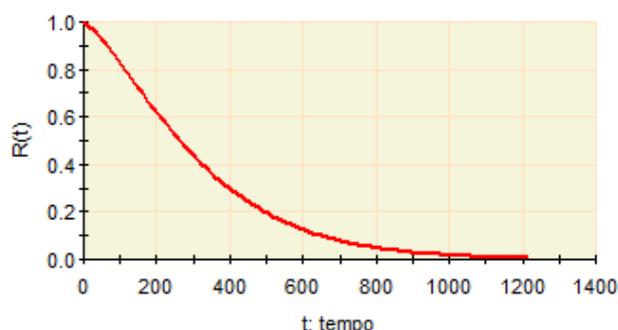


Figura 7 - Função Confiabilidade

Fonte: ProConf

Observa-se que a função de risco é crescente, cuja origem é o próprio desgaste do equipamento, na fase final de sua vida útil. Nesta fase, as falhas tendem a ter defeitos cumulativos. O aumento muito rápido da taxa de falha, normalmente fundamenta o critério de quando peças devem ser substituídas e também determina a vida útil do produto ou sistema. Pode-se observar que a confiabilidade sempre será decrescente com o tempo, já que as probabilidades de perfeita execução decaem conforme ocorra a utilização e o desgaste do equipamento.

Os resultados dos ajustes apresentados pelo ProConf 2000 aparecem na Tabela 3. O t_{10} e t_{50} correspondem aos valores limites de tempos, nos quais 10% e 50% das falhas ocorreram. São apresentadas também as estimativas dos parâmetros da Weibull, representados por γ e θ .

Tabela 3 - Resultados dos ajustes

Parâmetro	Resultados
t_{10} (horas)	63,7107
t_{50} (horas)	263,1261
MTTF (horas)	318,8996
γ	1,4765
θ	357,5035

Fonte: Adaptado do software ProConf

De acordo com a Tabela 3 o tempo médio até a falha ou mean time to failure (MTTF) dos transmissores é de cerca de 318 horas. Metade dos equipamentos falham antes de 263 horas. Além disso, os fatores de forma e escala da Weibull são, respectivamente, 1.4765 e 357.5035. O comportamento da taxa de falha de um equipamento ao longo do tempo pode ser analisado pela curva da banheira, que representa genericamente a função de risco $h(t)$ ao longo do ciclo de vida. A curva da banheira apresenta três períodos característicos de vida de componentes e equipamentos: mortalidade infantil, fase de maturidade, e mortalidade senil. Cada fase da curva está associada ao parâmetro de forma da distribuição de Weibull, respectivamente, menor que 1, igual a 1 e maior que 1. Com base nos valores, pode-se assumir que a fase de vida da amostra dos transmissores de fibra óptica estudados, corresponde ao início da mortalidade senil, já que o γ foi maior que 1.

4. CONCLUSÕES

A distribuição Weibull apresentou um melhor ajuste através das análises gráficas, sendo escolhida para modelar o tempo até a falha dos transmissores de fibra óptica.

Foi possível obter as medidas de confiabilidade: tempo médio até a falha, valores limites de tempos, nos quais 10% e 50% das falhas ocorreram, bem como estimar os parâmetros da distribuição ajustada.

A expectativa de tempo até a falha dos transmissores é de cerca de 318 h. Metade dos equipamentos falham antes de 263 horas.

A fase de vida dos transmissores estudados corresponde ao início da mortalidade senil já que o γ foi maior que 1, mostrando risco crescente e confiabilidade decrescente, indicando um desgaste do equipamento.

5. REFERÊNCIAS

AVAGO-TECHNOLOGIES. **Reliability Data Sheet.** Disponível: <<http://www.avagotech.com/docs/AV02-3459EN>>. Acesso: 29/07/2016.

CARVALHO, S. Marcos. **Proposta de aplicação de um framework para o gerenciamento estratégico de uma empresa social.** Journal of Innovation, Projects and Technologies – JIPT Revista Inovação, Projetos e Tecnologias – IPTEC Vol. 4, N. 1. Jan./Jun. 2016.

FOGLIATTO, Flávio. S.; RIBEIRO, José. L. D. **Confiabilidade e Manutenção Industrial.** Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.

FRITSCH, Celso.; RIBEIRO, José. L. D. PROCONF: **Um software orientado para análises de confiabilidade.** In. XVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Niterói, 1998.

HALPERN, Siegmund. **The assurance Science: An Introduction to Quality Control and Reliability.** New Jersey, USA, 1978.

HAVIARAS, Gilberto. J. **Metodologia para análise de confiabilidade de pneus radiais em frota de caminhões de longa distância.** 2009. 124 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Automotiva), Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.