



UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
ESCOLA DE MINAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO,
ADMINISTRAÇÃO E ECONOMIA

THAÍS ALVES FERREIRA

ANÁLISE DE TEMPOS ATÉ A FALHA DE UM COMPONENTE ELETRÔNICO

Ouro Preto - MG

2021

THAÍS ALVES FERREIRA

ANÁLISE DE TEMPOS ATÉ A FALHA DE UM COMPONENTE ELETRÔNICO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para a obtenção do diploma de Bacharela em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Ouro Preto.

Orientador: Prof^o. Dr. Magno Silvério Campos

SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

F383a Ferreira, Thaís Alves .
Análise de tempos até a falha de um componente eletrônico.
[manuscrito] / Thaís Alves Ferreira. - 2021.
20 f.: il.: gráf., tab..

Orientador: Prof. Dr. Magno Silvério Campos.
Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola
de Minas. Graduação em Engenharia de Produção .

1. Confiabilidade (Engenharia) . 2. Engenharia de produção. 3.
Confiabilidade (Engenharia) - Tempos de falha. I. Campos, Magno
Silvério. II. Universidade Federal de Ouro Preto. III. Título.

CDU 658.5

Bibliotecário(a) Responsável: Maristela Sanches Lima Mesquita - CRB-1716



FOLHA DE APROVAÇÃO

Tháís Alves Ferreira

Análise de Tempos Até a Falha de um Componente Eletrônico

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Engenheira de Produção

Aprovada em 29 de abril de 2021

Membros da banca

Professor Doutor - Magno Silvério Campos - Orientador - Universidade Federal de Ouro Preto
Professor Mestre - Cristiano Luís Turbino de França e Silva - Universidade Federal de Ouro Preto
Engenheira Mestranda - Bruna Luíza Pinto Santos - Vale/Universidade Federal de Ouro Preto

Magno Silvério Campos, orientador do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 30/04/2021



Documento assinado eletronicamente por **Cristiano Luis Turbino de Franca e Silva, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 29/04/2021, às 20:16, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Magno Silverio Campos, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 30/04/2021, às 17:51, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0163169** e o código CRC **7B06B1D4**.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por manter-me forte e determinada diante dos obstáculos.

Aos membros da banca examinadora, pelo interesse e disponibilidade.

Agradeço especialmente ao meu orientador por toda paciência, incentivo e dedicação do seu tempo para conduzir meu trabalho de pesquisa.

Aos amigos minha gratidão pela companhia e compreensão.

À UFOP e todos os seus professores que proporcionaram um ensino de qualidade.

E, por último mas não menos importante agradeço à minha família por toda contribuição para a realização deste trabalho, em especial ao meu filho, Raul.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 – Gráficos de visão geral para o comportamento estocástico da configuração A 15
- Figura 2 – Gráficos de visão geral para o comportamento estocástico da configuração B 16

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Amostra considerada para os tempos até a falha	11
Tabela 2 – Teste de qualidade de ajuste para a configuração A	13
Tabela 3 – Teste de qualidade de ajuste para a configuração B	14
Tabela 4 – Características da distribuição para a configuração A	15
Tabela 5 – Características da distribuição para a configuração B	17
Tabela 6 - Confiabilidade em $t = 1000$ horas para a configuração A	17
Tabela 7 - Confiabilidade em $t = 1000$ horas para a configuração B	17



Análise de Tempos Até a Falha de um Componente Eletrônico

Thaís Alves Ferreira (UFOP)
thais.ferreira@aluno.ufop.edu.br

A Engenharia da Confiabilidade abrange metodologias que permitem, entre outras coisas, modelar o tempo de vida de equipamentos ou sistemas, disponibilizando ferramentas e resultados que auxiliam a tomada de decisão sobre a vida útil e a manutenção destes. Neste trabalho é apresentada a análise do tempo até a falha de certo componente eletrônico, utilizado em um circuito integrado de alarmes automotivos, bem como inferências sobre tal vida útil.

Palavras-chave: Engenharia de Produção, Engenharia de Confiabilidade, Tempos Até a Falha.

ÍNDICE

Capítulo 1 - Introdução	09
Capítulo 2 - Referencial teórico	10
Capítulo 3 - Aspectos metodológicos	11
Capítulo 4 - Resultados e discussões correlatas	13
Capítulo 5 - Considerações finais	18
Capítulo 6 - Referências	19

1. Introdução

Dada a importância que equipamentos e sistemas técnicos começaram a desempenhar na indústria eletroeletrônica, houve a necessidade de desenvolver a Teoria da Confiabilidade, inclusive, sendo esta, indispensável para a segurança das pessoas.

Segundo Gnedenko e Ushakov (1995) a Confiabilidade é uma aquisição do século XX. Os primeiros sistemas complexos oriundos da indústria eletroeletrônica serviram de embasamento para o desenvolvimento da Confiabilidade. Apesar de estes sistemas possuírem componentes relativamente confiáveis, no entanto, em grande quantidade, a confiabilidade se torna baixa.

Para desenvolver produtos que alcancem o melhor desempenho a custos competitivos, é necessária a redução da chance de falhas (sendo falhas relacionadas ao aumento dos custos de produção ou falhas que impliquem em riscos para as pessoas), assim resultando uma ênfase em Confiabilidade. O conhecimento decorrente da análise de tempo até a falha e da busca da minimização de sua ocorrência proporciona informações a respeito da Confiabilidade (LAFRAIA, 2001).

Carvalho (2008) diz que a Engenharia de Confiabilidade pode dar suporte às empresas nas aplicações relacionadas ao desenvolvimento de novos produtos e nas aplicações direcionadas à tomada de decisão em ações de manutenção. A confiabilidade está ligada ao desempenho de qualidade que o produto apresenta dentro de um determinado espaço de tempo. Assim, consumidores irão dar preferência ao item que apresentar maior prazo de garantia se este for o fator de desempate no momento da compra de um produto.

A confiabilidade de um produto pode ser determinada por testes, sendo eles: testes de campo, testes simulados ou testes de laboratório. Os testes são aplicados conforme as especificações do item a ser testado, o procedimento adotado e o critério de aceitação para validar o item.

Através de análises quantitativas, este estudo de caso avalia a confiabilidade para um equipamento eletrônico utilizado em um circuito integrado de alarmes automotivos.

2. Referencial teórico

De acordo com Fogliatto e Ribeiro (2009), em seu sentido mais amplo, a confiabilidade está associada à operação bem-sucedida de um produto ou sistema, na ausência de quebras ou falhas, ou seja, confiabilidade é a probabilidade de um item desempenhar satisfatoriamente a função requerida, sob condições de operação estabelecidas, por um período.

Falhas podem acarretar comprometimentos significativos para a imagem das empresas, principalmente se incluírem aspectos de segurança pessoal, patrimonial e de meio ambiente. Todo produto pode falhar, porém os fabricantes, de maneira geral, realizam testes em amostras para determinar o tempo médio até a falha (*Mean Time To Failure* - MTTF). A partir dos resultados, o fabricante estabelece o seu termo de garantia para tal produto. O tempo até a falha de uma unidade é o tempo transcorrido desde o momento em que a unidade é colocada em operação até sua primeira falha (FOGLIATTO e RIBEIRO, 2009).

Caso o produto venha a falhar dentro do período de garantia a empresa terá altos custos de manutenção além da indisposição com o cliente e, em caso de recorrência de falhas, poderá perder o cliente, a reputação e ocasionar possível perda da parcela do mercado consumidor. Dentro da Análise do Tempo até a Falha estão inclusas duas grandezas estatísticas de suma importância: a Função de Confiabilidade ou de Sobrevivência, $R(t)$, e a Função de Risco ou Taxa de Falha, $h(t)$.

A Função de Confiabilidade, $R(t)$, informa a probabilidade de a unidade apresentar sucesso na operação (isto é, ausência de falhas) no intervalo $(0,t)$ e ainda estar funcionando no tempo t . Já a Função de Risco, $h(t)$, representa a quantidade de risco associada a uma unidade no tempo t . É útil na análise do risco a que uma unidade está exposta ao longo do tempo, servindo como base de comparação entre unidades com características distintas (FOGLIATTO e RIBEIRO, 2009).

Importantes conceitos de Engenharia da Confiabilidade, bem como as aplicações práticas, podem ser encontrados, por exemplo, nas riquíssimas obras de Elsayed (2021),

de Flogliatto e Ribeiro (2009), de Freitas e Colosimo (1997), de Lewis (1996), de Lemis (1995) e de Nelson (1990).

3. Aspectos metodológicos

A partir de um estudo de caso exploratório, foi feita uma análise quantitativa de uma base de dados do tempo até a falha para o referido componente eletrônico. Levaram-se em consideração, duas configurações possíveis para este componente. Ambas tem um custo fabril de R\$ 270 se o componente não falhar antes de 1000 horas de funcionamento, e caso contrário, tem um custo adicional de R\$ 70. Apesar de as duas atenderem perfeitamente o objetivo de fazer o circuito (alarme automotivo) funcionar, suspeita-se que as confiabilidades individuais são diferentes. Assim, tem-se interesse em se determinar o custo médio de produção de cada configuração, de maneira a balizar tomadas de decisões mais acertadas por parte da equipe responsável pelo desenvolvimento do produto.

Ensaio foram feitos com 40 componentes de cada configuração, registrando o tempo até a falha, em horas. Um limite superior para a realização do teste foi estipulado em 2000 horas (censura à direita). Seguem tempos registrados:

Tabela 1 – Amostra considerada para os tempos até a falha.

Configuração A	Configuração B
2000*	1367
773	887
1644	2000*
1382	30
397	1218
2000*	1912
1589	707
1112	2000*

519	2000*
1135	2000*
809	587
1783	1083
1106	1795
308	1507
1356	1574
1496	1020
681	613
227	128
1564	1398
2000*	2000*
2000*	1744
2000*	759
2000*	355
1447	452
1689	2000*
1817	2000*
1267	621
2000*	2000*
1668	2000*
1101	651
2000*	2000*
87	609
1662	2000*
2000*	2000*
2000*	181
1578	196
32	2000*
1722	2000*
2000*	2000*
1136	1930

Nota: (*) representa um valor censurado.

Primeiramente, procurou-se identificar qual o comportamento estocástico que melhor representa os tempos até a falha, para ambas as configurações A e B do componente. A partir disso, procedeu-se com a análise das funções de confiabilidade e de risco. Por fim, os custos fabris foram considerados, levando à indicação de qual a configuração mais indicada.

Para auxílio dos cálculos, foi empregado o *software* estatístico Minitab em sua versão 19.

4. Resultados e discussões correlatas

Utilizando o Teste de Anderson-Darling (Campos (2021)) para verificar a aderência de certos comportamentos estocásticos aos dados amostrais, chegou-se aos seguintes resultados:

Tabela 2 – Teste de qualidade de ajuste para a configuração A.

Distribuição	Anderson-Darling (aj.)
Weibull	61,228
Lognormal	61,682
Exponencial	61,949
Loglogística	61,284
Weibull de 3 Parâmetros	61,004
Lognormal de 3 Parâmetros	60,969
Exponencial de 2 Parâmetros	61,988
Loglogística de 3 Parâmetros	60,969
Menor Valor Extremo	60,920
Normal	60,923
Logística	60,912

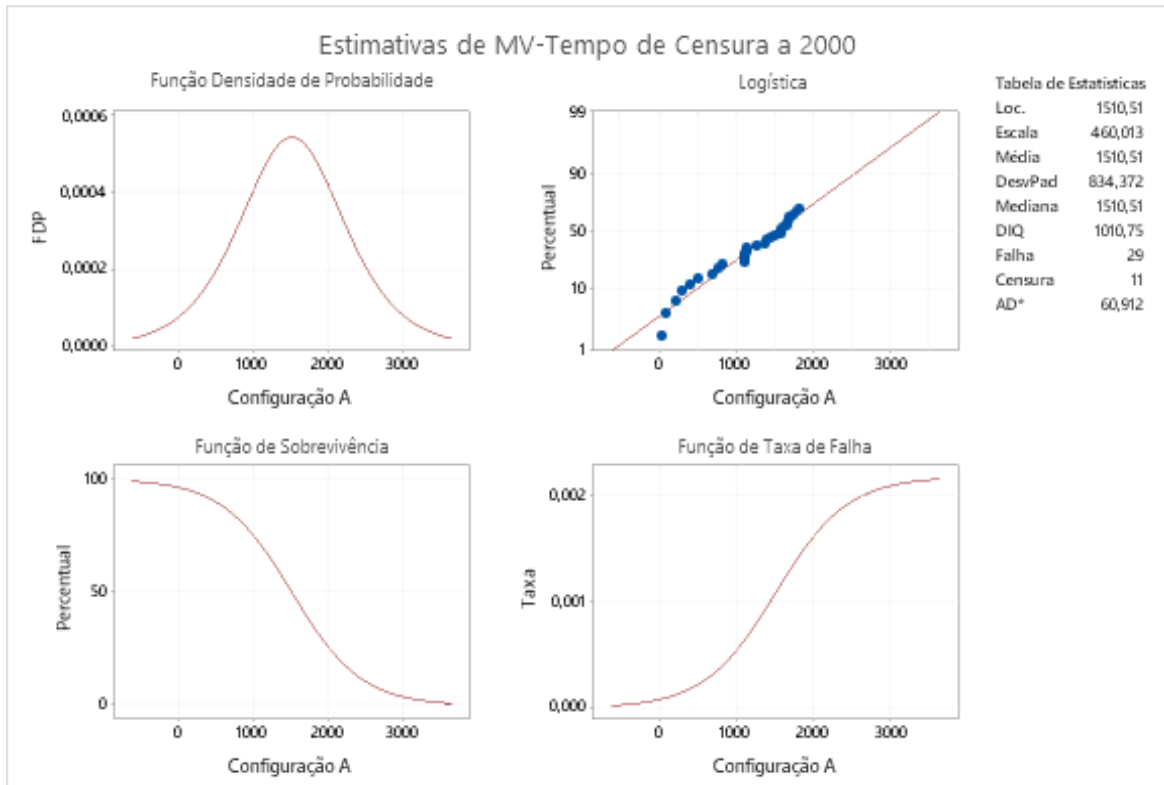
Tabela 3 – Teste de qualidade de ajuste para a configuração B.

Distribuição	Anderson-Darling (aj.)
Weibull	95,697
Lognormal	95,779
Exponencial	95,771
Loglogística	95,708
Weibull de 3 Parâmetros	95,702
Lognormal de 3 Parâmetros	95,712
Exponencial de 2 Parâmetros	95,803
Loglogística de 3 Parâmetros	95,707
Menor Valor Extremo	95,968
Normal	95,871
Logística	95,886

A partir dos resultados presentes nas Tabelas 2 e 3, observa-se que as menores estatísticas de Anderson-Darling aparecem para as distribuições de probabilidades Logística (configuração A) e de Weibull (configuração B). Com isso, tais comportamentos estocásticos são os mais indicados para modelar os tempos de vida das respectivas configurações.

Assim, as funções de confiabilidade e de risco para a configuração A são representadas através dos gráficos presentes na Figura 1.

Figura 1 – Gráficos de visão geral para o comportamento estocástico da configuração A.



A Tabela 4 apresenta características estocásticas para os componentes que utilizam a configuração A.

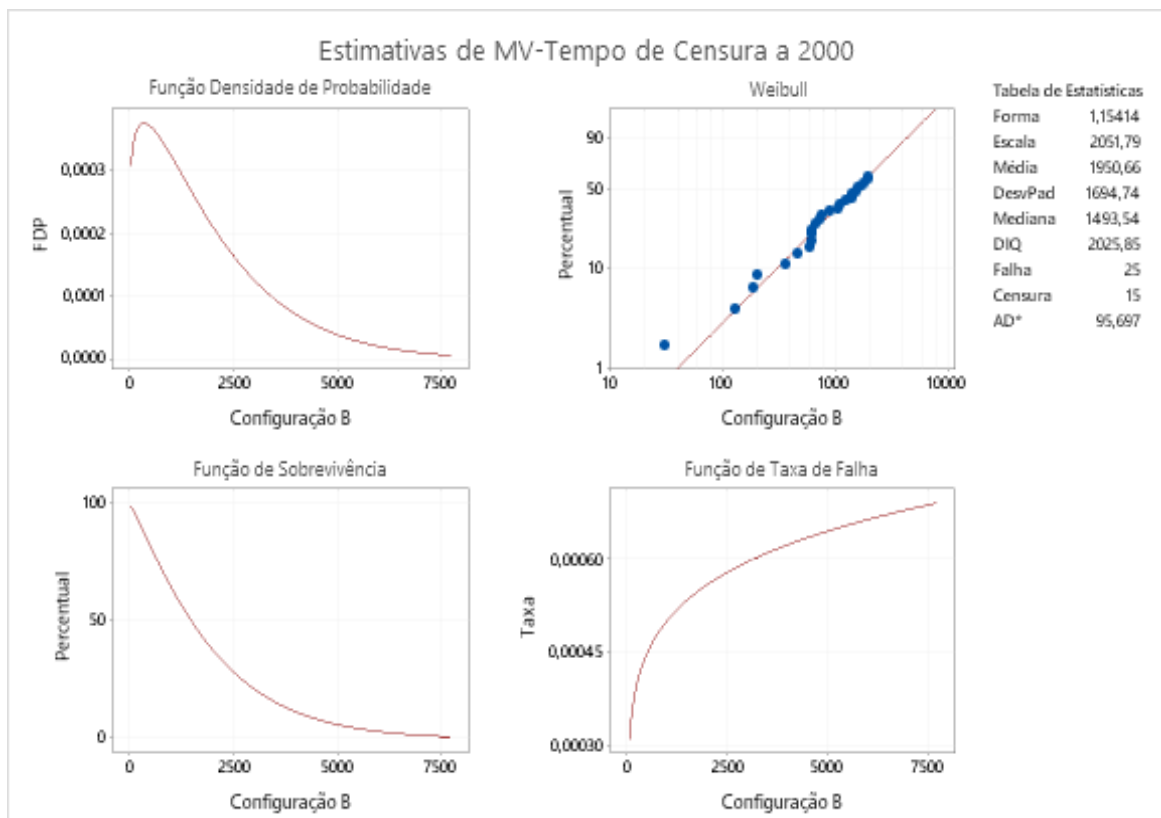
Tabela 4 – Características da distribuição para a configuração A.

IC Normal de 95,0%				
	Estimativa	Erro Padrão	Inferior	Superior
Média (MTTF)	1510,51	127,979	1259,67	1761,34
Desvio Padrão	834,372	130,586	613,960	1133,91
Mediana	1510,51	127,979	1259,67	1761,34
Primeiro Quartil (Q1)	1005,13	145,247	720,452	1289,81
Terceiro Quartil (Q3)	2015,88	155,476	1711,16	2320,61
Amplitude Interquartílica (DIQ)	1010,75	158,191	743,747	1373,61

Conforme se pode examinar da Figura 1 e da Tabela 4, o tempo até a falha da configuração A segue uma distribuição Logística com parâmetros de Localização igual 1510,51 horas e Escala igual 460,013 horas. O Tempo Médio até a Falha (MTTF) é igual a 1510,51 horas, com um desvio-padrão de 834,372 horas. Além disso, componentes com essa configuração tem 50% de probabilidade de sobreviver a 1510,51 horas sem apresentar falhas, enquanto 75% falham antes de 2015,88 horas. É possível observar também que, a taxa de falhas para esta configuração tende a aumentar com o passar do tempo, com acentuação no intervalo compreendido entre 1000 e 2500 horas de uso.

Já as funções de confiabilidade e de risco para a configuração B são representadas através dos gráficos presentes na Figura 2.

Figura 2 – Gráficos de visão geral para o comportamento estocástico da configuração B.



A Tabela 5 apresenta características estocásticas para os componentes que utilizam a configuração B.

Tabela 5 – Características da distribuição para a configuração B.

IC Normal de 95,0%				
	Estimativa	Erro Padrão	Inferior	Superior
Média (MTTF)	1950,66	385,611	1324,08	2873,75
Desvio Padrão	1694,74	542,785	904,652	3174,84
Mediana	1493,54	259,706	1062,19	2100,04
Primeiro Quartil(Q1)	697,120	160,737	443,653	1095,40
Terceiro Quartil (Q3)	2722,97	537,015	1850,00	4007,88
Amplitude Interquartílica (DIQ)	2025,85	504,564	1243,38	3300,73

A partir da Figura 2 e da Tabela 5, pode-se observar que o tempo até a falha da configuração B segue uma distribuição de Weibull com parâmetros de Forma igual 1,15414 e Escala igual 2051,79 horas. O Tempo Médio até a Falha (MTTF) é igual a 1950,66 horas, com um desvio-padrão de 1694,74 horas. Além disso, componentes com essa configuração tem 50% de probabilidade de sobreviver a 1493,54 horas sem apresentar falhas, enquanto 75% falham antes de 2722,97 horas. É possível observar também que, a taxa de falhas para esta configuração tende a aumentar com o passar do tempo, com acentuação já por volta de 150 horas de uso.

As Tabelas 6 e 7 trazem os cálculos pontuais e intervalos para a confiabilidade de cada configuração no instante de 1000 horas.

Tabela 6 – Confiabilidade em $t = 1000$ horas para a configuração A.

IC Normal de 95,0%			
Tempo	Probabilidade	Inferior	Superior
1000	0,752085	0,619936	0,849445

Tabela 7 – Confiabilidade em $t = 1000$ horas para a configuração B.

IC Normal de 95,0%			
Tempo	Probabilidade	Inferior	Superior
1000	0,646442	0,508447	0,754731

Conforme pode ser observado nestas duas últimas tabelas, a configuração A apresenta 75% de confiabilidade que sobreviverá a 1000 horas sem apresentar falhas. Já para a configuração B, este valor cai para 65%.

Levando em consideração os custos envolvidos, chegamos aos seguintes resultados para os custos esperados (médios) por unidade do componente segundo cada configuração:

- $$\begin{aligned} E[\text{Custo Fabril de A}] &= R(1000) \times R\$ 270 + [1 - R(1000)] \times (R\$ 270 + R\$ 70) \\ &= 0,75 \times R\$270 + [1 - 0,75] \times R\$340 \\ &= R\$ 287,50 \end{aligned}$$

- $$\begin{aligned} E[\text{Custo Fabril de B}] &= R(1000) \times R\$ 270 + [1 - R(1000)] \times (R\$ 270 + R\$ 70) \\ &= 0,65 \times R\$270 + [1 - 0,65] \times R\$340 \\ &= R\$ 294,50 \end{aligned}$$

Ou seja, a configuração A apresenta um custo esperado 2,4% menor que a configuração B.

5. Considerações finais

A partir dos resultados apresentados, podemos observar que, apesar de ambas as configurações A e B serem possíveis para o componente em estudo, a configuração A apresenta um custo médio menor, justificado pela maior confiabilidade do componente A. Com isso, podem-se sinalizar referências que venham a embasar melhores tomadas de decisão por parte da equipe responsável pelo projeto e desenvolvimento do componente eletrônico em estudo.

Por fim, mas não menos importante, ressalta-se as benéficas advindas da Engenharia de Confiabilidade, uma vez que, o pleno conhecimento do comportamento estocástico dos tempos de vida envolvidos permite uma modelagem mais verossímil da vida útil dos equipamentos e/ou sistemas, aumentando com isso, a confiança nas análises envolvidas e nos resultados obtidos.

6. Referências

CAMPOS, M. S. Notas de Aula sobre Engenharia da Confiabilidade. Ouro Preto: UFOP, 2021.

ELSAYED, A. E. *Reliability Engineering*. 3ª ed. Hoboken: Wiley, 2021.

FOGLIATTO, F. S.; RIBEIRO, J. L. Confiabilidade e Manutenção Industrial. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.

FREITAS, M. A.; COLOSIMO, E. A. Confiabilidade: análise de tempo de falha e testes de vida acelerado. Belo Horizonte: QFCO, 1997.

GNEDENKO, B.; USHAKOV, I. *Probabilistic Reliability Engineering*. Nova Iorque: Wiley, 1995.

LEEMIS, L. *Reliability: probabilistic models and statistical methods*. Nova Iorque: P.H., 1995.

LEWIS, E.E. *Introduction to Reliability Engineering*. 2ª ed. Nova Iorque: Wiley, 1996.

NELSON, W. *Accelerated Testing, Statistical Models, Test Plans and Data Analysis*. Nova Iorque: Wiley, 1990.