

USANDO O FMEA PARA ANÁLISE DAS FALHAS DO DESENHO TÉCNICO

Sérgio de Oliveira Vasconcelos¹

VASCONCELOS, S. O. Usando o FMEA para Análise das Falhas do Desenho Técnico. Revista Educação Gráfica, Bauru, v.3, n.3, p.73-82, 1999.

ABSTRACT

This work aims to identify and classify the failures during the elaboration of engineering drawings. The approach used herein is based on the Failure Modes and Effects Analysis (FMEA) method. The results show that most of the 31 high risk failures of engineering drawings happen in both the drawings made manually or by CADD. However, the index of occurrence of all of the 81 failures identified in this work reduces with the use of the CADD technology.

RESUMO

Neste trabalho foram identificadas e classificadas as principais falhas ocorridas durante a elaboração de Desenhos Técnicos. O método utilizado para a identificação e classificação das falhas baseou-se nos procedimentos estabelecidos pelo FMEA (Failure Modes and Effects Analysis - Análise dos Modos e Efeitos das Falhas). Desta análise, 31 falhas foram consideradas

¹ Prof. de Desenho do CEFET-PE (Centro Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco) e Mestre em Engenharia pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (EPUSP) Fone: (0XX81) 481-5470 e-mail: svasco@elogica.com.br

de alto e moderado risco, independente do método utilizado para a confecção dos desenhos.

Contudo, do total de 81 falhas identificadas neste trabalhos, concluiu-se que a ocorrência diminuiu com a utilização da tecnologia CADD.

INTRODUÇÃO

Segundo ARN (1975), 55% do tempo gasto no Processo de Projeto destina-se a atividade de documentação. Desta opinião também compartilha BOEHM (1984), que cita um número aproximado ao projeto de software.

Já SILVA (1996)² afirma que um percentual próximo a este pode ser aplicado ao Processo de Projeto de qualquer produto. Especificamente na atividade de documentação os tempos são distribuídos conforme mostrado na figura 1.

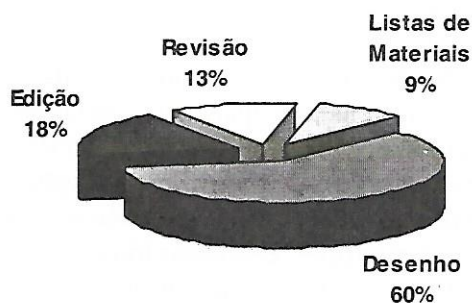


Figura 1: Distribuição dos tempos gastos na atividade de documentação

Nesta atividade, como em qualquer outra, há incidência de falhas prejudiciais a qualidade do produto e geradoras de custos adicionais indesejáveis.

HELMAN & ANDERY (1995) sugerem que, para se adquirir a qualidade no processo de projeto deve-se aplicar um método de análise de falhas ao projeto detalhado e ao projeto revisado, antes de sua liberação para a produção.

MÉTODO

Para realizar a identificação e classificação das falhas do Desenho foi utilizado um método formal de análise de falhas, baseado nos fundamentos do FMEA.

Este método prevê a identificação das falhas e das causas das falhas além de classificá-las hierarquicamente em função de um Índice de Risco determinado.

ITENS DO DESENHO TÉCNICO QUE FORAM ANALISADOS

Os itens do Desenho Técnico investigados neste trabalho foram baseados na análise das regras e recomendações das Normas Brasileiras para a execução destes desenhos.

Com o objetivo de atingir um público maior e mais genérico, as normas que tratam de assuntos específicos não foram levadas em consideração, restando apenas as normas que tratam de assuntos de interesse comum a todos os profissionais da área. A tabela 1 mostra estas normas.

² SILVA, J. R. (Prof. Dr. do Dep. de Mecatrônica da EPU SP). Comunicação pessoal, 1996

Tabela 1 Relação das normas analisadas

Item analisado	Função
Aplicação de linhas em desenhos - Tipos de linhas - Larguras das linhas NBR0847(1984)	Fixar tipos e escalonar as larguras de linhas para o uso e Desenho Técnico e documentos semelhantes
Apresentação da folha para Desenho Técnico NBR1184(1988)	Padronizar características dimensionais das folhas em branco e pré impressas a serem aplicadas a todos os tipos de desenhos.
Cotagem em Desenho Técnico NBR1062(1987)	Fixar princípios gerais de cotagem a serem aplicados em todos os Desenhos Técnicos
Desenho Técnico NBR10647(1989)	Definição de termos usados em Desenhos Técnicos
Elaboração da lista de itens em Desenho Técnico NBR13272(1995)	Fixar procedimentos para a elaboração de listas Desenhos Técnicos
Emprego de escalas em Desenho Técnico NBR08196(1992)	Fixar as condições para uso de escalas em Desenhos Técnicos
Execução de caracter para escrita em Desenho Técnico NBR08402(1994)	Fixar as características de escrita usada em Desenhos Técnicos
Folha de desenho - Leiaute e dimensões NBR10068(1987)	Padronizar dimensões das folhas em branco e pré impressas usadas em Desenhos Técnicos, assim como seu leiaute.
Princípios gerais de representação em Desenho Técnico NBR10067(1995)	Fixar os princípios gerais da representação a serem utilizadas em Desenhos Técnicos
Referência a itens em Desenho Técnico NBR13273(1995)	Fixar procedimentos para a identificação de itens em conjuntos para posterior elaboração de listas
Representação de área de corte por meio de hachuras em Desenho Técnico NBR12298(1995)	Fixar procedimentos para a representação de áreas cortadas por meios de hachuras

IDENTIFICAÇÃO DAS FALHAS

De posse dos itens escolhidos, foi elaborada uma relação das possíveis falhas relacionados a cada um destes itens.

*As falhas foram descritas a partir da resposta à pergunta: **de que forma esta norma ou especificação é geralmente infringida?***

Este procedimento gerou um número de 81 falhas possíveis de acontecer durante a elaboração de Desenhos Técnicos.

DEFINIÇÃO DOS ÍNDICES DE OCORRÊNCIA, DE GRAVIDADE E DE DETECÇÃO

A cada falha foi associado um Índice de Ocorrência (IO), um Índice de Gravidade (IG) e um Índice de Detecção (ID).

O **Índice de Ocorrência** é uma estimativa das probabilidades combinadas

de ocorrência de uma causa de falha, e dela resultar um tipo de falha no desenho.

O Índice de Ocorrência foi dividido em dois: (IO) com a utilização do processo convencional para a elaboração dos Desenhos Técnicos, e (IO) com a utilização da tecnologia CADD.

O objetivo desta divisão foi comparar o comportamento da ocorrência das falhas, com e sem a utilização do CADD.

O **Índice de Gravidade** é a avaliação da gravidade de falha associada a cada falha. Este índice reflete a gravidade do efeito da falha sobre o receptor.

Os autores CYNBALISTA (1992), KAPUR (1988) e HELMAN & ANDERY (1995) definem os índices de ocorrência e gravidade em valores variando de 1 a 10.

Entretanto, neste trabalho, adotou-se uma simplificação sugerida por GONÇALVES (1994) que define uma variação entre 1 e 5, conforme mostrados nas tabela 2 e 3.

Tabela 2 - Índices de Ocorrência (GONSALVES, 1994)

Valor	Ocorrência
1	Muito baixa;
2	Baixa
3	Moderada
4	Alta
5	Muito alta

Tabela 3 - Índices de Gravidade (GONSALVES, 1994)

Valor	Gravidade
1	Nenhuma;
2	Pequena
3	Significante
4	Alta
5	Catastrófica

O **Índice de Detecção** é uma estimativa da probabilidade da falha ser detectada. Este índice varia de 1 a 10

conforme tabela 4 (CYNBALISTA, 1992; MIYAUCHI, 1993; KAPUR, 1992; HELMAN & ANDERY, 1995).

Tabela 4 - Índices de Detecção

1	Muito alta probabilidade de detecção. Apenas com uma rápida olhada no desenho é possível detectar a existência da falha
2 a 3	Alta probabilidade de detecção. Observando atentamente o desenho pode-se detectar a existência da falha.
4 a 6	Moderada probabilidade de detecção. Somente com uma análise minuciosa do desenho é possível detectar a existência da falha. Casos que envolvam cálculos matemáticos não complexos.
7 a 8	Pequena probabilidade de detecção. Envolve análise minuciosa do desenho e cálculos matemáticos não complexos.
9	Muito pequena probabilidade de detecção. Envolve análise minuciosa do desenho e/ou cálculos matemáticos complexos.
10	Muito remota probabilidade de detecção. A falha não pode ser detectada.

Os Índices de Detecção e Gravidade, para as 81 falhas consideradas neste trabalho, foram determinados por um grupo de profissionais voluntários formado por professores, profissionais liberais e técnicos de indústrias da Grande São Paulo.

A constituição deste grupo foi de grande importância para o fortalecimento da pesquisa.

O grupo de voluntários foi constituído com o objetivo de considerar o ponto de vista dos profissionais da área acadêmica e da área industrial.

A cada um deles foi enviado um questionário contendo todas as falhas identificadas anteriormente e todas as informações necessárias ao perfeito preenchimento dos campos. No total foram enviados 100 exemplares, (80 para professores e 20 para técnicos e profissionais liberais).

O índice de retorno foi de 32% entre os professores e 75% entre os técnicos,

percentuais considerados bons, se levado em consideração que o trabalho foi voluntário

CÁLCULO DO ÍNDICE DE RISCO

O **Índice de Risco** registra o produto dos três índices anteriores. $IR=IO \times IG \times ID$.

Segundo HELMAN & ANDERY (1995) o Índice de Risco é a maneira mais precisa de hierarquizar as falhas.

Uma falha que possui alto Índice de Ocorrência mas pode ser detectada facilmente não apresentará problemas podendo ser considerada uma falha de baixo risco.

Analogamente, uma falha que possua baixo Índice de Ocorrência, mas que seja extremamente grave deverá receber uma atenção diferenciada.

Com este propósito a tabela 5 dimensiona as falhas em função do Índice de Risco.

Tabela 5 – Risco das Falhas

Índice de Risco	Classificação da Falha
1 a 29	Falha de baixo risco
30 a 125	Falha de moderado risco
125 a 250	Falha de alto risco

Várias ordenações foram feitas: ordenação das falhas segundo o IR com processo tradicional e ordenação das falhas segundo o IR com CADD, todas baseadas nas

opiniões de professores e técnicos. Nestas ordenações apenas foram consideradas as falhas com risco moderado e alto. A figura 2 mostra a comparação entre estas ordenações.

Modos de Falha

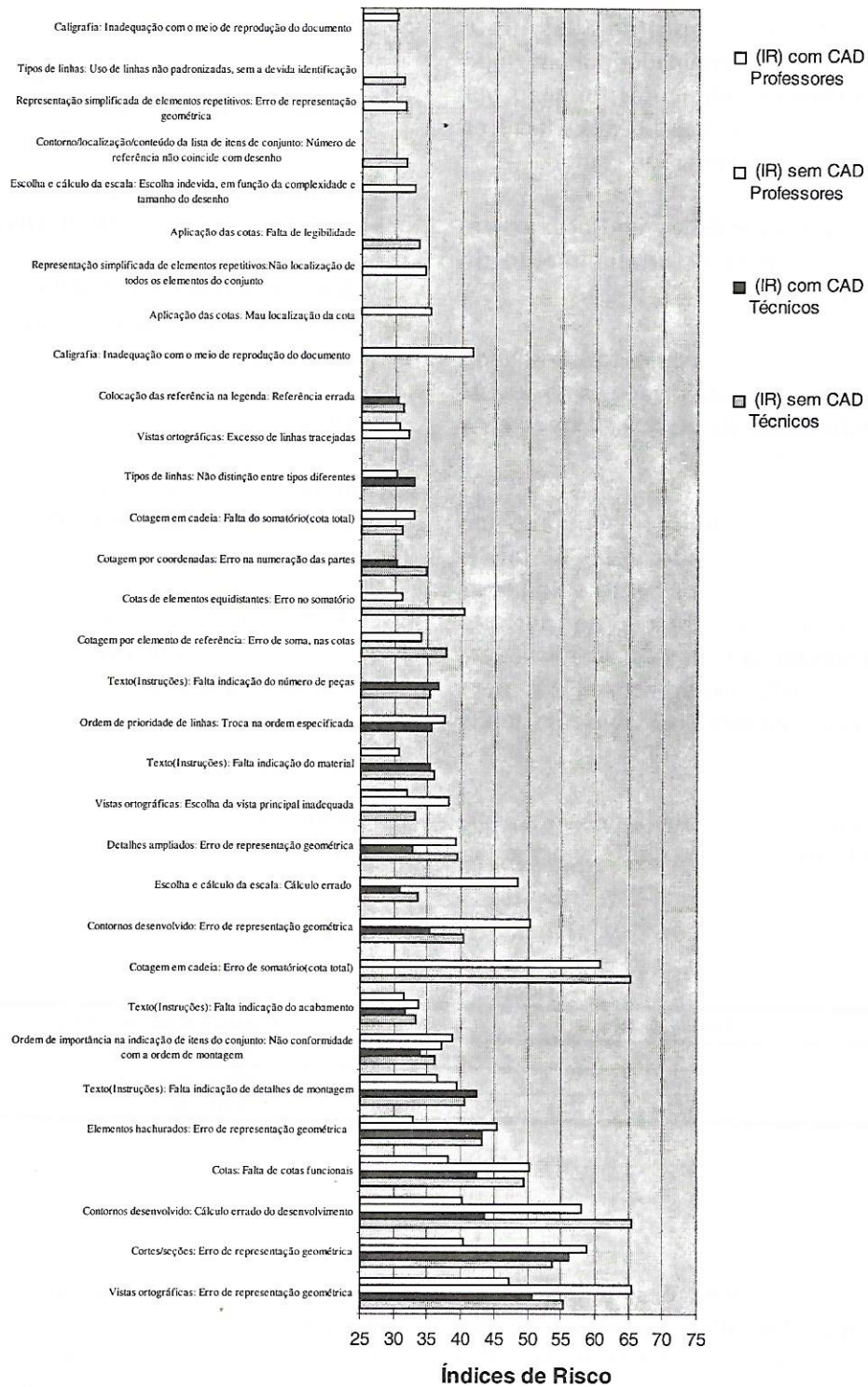


Figura 2 – Comparação entre as ordenações feitas

Tomando todo o conjunto de falhas com risco moderado e alto, independente da colocação de cada uma nas ordenações, pode-se verificar que:

- Das 31 (trinta e uma) falhas apresentadas na figura 2, dezoito (18) são citadas nos dois processos, isto quer dizer que 58% das falhas com risco alto e moderado, acontecem independentemente do processo utilizado para a execução do Desenho Técnico.

- 35,4% das falhas ou onze (11) falhas, aparecem apenas no processo convencional utilizado para a execução de Desenhos Técnicos.

- Apenas 2 (duas) falhas aparecem exclusivamente no processo auxiliado por computador, uma delas refere-se a diferenciação no uso de linhas, e outra a adequação do desenho ao meio de reprodução.

Os números apresentados são suficientes para se evidenciar que falhas ocorrem e continuam a ocorrer, independente do processo utilizado para a execução dos desenhos. Entretanto, pode-se afirmar que o processo tradicional é gerador de um número maior de falhas.

DIVISÃO DAS FALHAS POR GRUPO DE CAUSAS

Foi detectada uma grande semelhança entre a opinião dos professores e dos técnicos. Com base nesta semelhança, as falhas foram reunidas em um único conjunto e depois dividido em três conforme mostra abaixo, nestes grupos de falhas também estão incluídas as falhas que apresentaram Índice de Gravidade maior ou igual a 3, mesmo que tenham apresentado um baixo Índice de Risco.

A) Grupo de falhas geométricas: falhas oriundas da insuficiência de conhecimentos dos fundamentos da Geometria Descritiva, Desenho Técnico e das normas ABNT que regulamentam a execução de Desenhos Técnicos (tabela 6).

B) Grupo de falhas do desenho de manufatura: falhas oriundas da insuficiência de conhecimentos dos critérios, restrições, e processos de manufatura (tabela 7).

Grupo de falhas de descuido: falhas oriundas do descuido do profissional, erros de cálculos matemáticos e/ou fatores externos não identificados (tabela 8).

Tabela 6 – Grupo de falhas geométricas

ITEM ANALISADO	FALHA
Vistas ortográficas	Erro de representação geométrica
Cortes/seções	Erro de representação geométrica
Elementos hachurados	Erro de representação geométrica
Contornos desenvolvido	Erro de representação geométrica
Detalhes ampliados	Erro de representação geométrica
Representação simplificada de elementos repetitivos	Erro de representação geométrica
Representação de extremidades de eixos e furos quadrados e retangulares	Erro de representação geométrica
Vista de objetos simétricos	Erro de representação geométrica
Vistas ortográficas	Escolha da vista principal inadequada
Escolha e cálculo da escala	Escolha indevida, em função da complexidade e tamanho do desenho
Tipos de linhas	Não distinção entre tipos diferentes
Ordem de prioridade de linhas	Troca na ordem especificada
Tipos de linhas	Uso de linhas não padronizadas, sem a devida identificação

Tabela 7 - Grupo de falhas de manufatura

ITEM ANALISADO	FALHA
Cotas	Falta de cotas funcionais
Texto(Instruções)	Falta indicação de detalhes de montagem
Ordem de importância na indicação de itens do conjunto	Não conformidade com a ordem de montagem
Chanfros/Esclareados	Falta do ângulo ou profundidade
Texto(Instruções)	Falta indicação do acabamento
Texto(Instruções)	Falta indicação do material
Cotagem em cadeia	Utilização da cotagem em cadeia sem prever o somatório de tolerâncias

Tabela 8 - Grupo de falhas de desleixo

ITEM ANALISADO	FALHA
Escolha e cálculo da escala	Cálculo errado
Contornos desenvolvido	Cálculo errado do desenvolvimento
Cotagem por elemento de referência	Erro de soma, nas cotas
Cotagem em cadeia	Erro de somatório(cota total)
Cotagem por coordenadas	Erro na numeração das partes
Cotagem por elemento de referência	Erro no somatório
Cotas de elementos equidistantes	Erro no somatório
Vistas ortográficas	Excesso de linhas tracejadas
Texto(Explicação)	Falta da identificação dos símbolos especiais usados
Apresentação das cotas	Falta de legibilidade
Caligrafia	Falta de legibilidade
Cotagem em cadeia	Falta do somatório(cota total)
Legenda/Conteúdo	Falta escala
Texto(Instruções)	Falta indicação do número de peças
Caligrafia	Inadequação com o meio de reprodução do documento
Apresentação das cotas	Mau localização da cota
Escolha e cálculo da escala	Não identificação das escalas usadas. Caso do uso de mais de uma escala
Representação simplificada de elementos repetitivos	Não localização de todos os elementos do conjunto
Contorno/localização/conteúdo da lista de itens de conjunto	Número de referência não coincide com desenho
Colocação das referências na legenda	Referência errada

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho compararam-se os dois processos utilizados para a elaboração de Desenhos Técnicos, o convencional e o auxiliado por computador, através da análise das falhas neles existentes. Constatou-se que as falhas ocorrem em ambos os processos, entretanto, diminui com a utilização do processo auxiliado por computador, algo em torno de 18,7%, segundo a opinião de professores e 7,5%, segundo a opinião de

técnicos. Apesar desta vantagem, o processo auxiliado por computador não está isento da ocorrência de falhas, muitas vezes causadas por fatores que a informatização não é capaz de solucionar. As falhas oriundas do desconhecimento dos conceitos de Geometria Descritiva, Desenho Técnico, Normas Técnicas e Manufatura, são exemplos de falhas que a informatização ainda não conseguiu extinguir totalmente.

Levando em consideração que as falhas são, consideravelmente reduzidas, através

do treinamento adequado dos profissionais, pode-se concluir que os cursos de Desenho Técnico Básico oferecidos em universidades devem ser mistos, ou seja, parte desenvolvida com a utilização do processo convencional e parte com a utilização do processo auxiliado por computador. Nesta primeira parte do curso, deve-se concentrar toda atividade intelectual do aluno ao entendimento dos conceitos da Geometria Descritiva, do Desenho Técnico e das normas, e não, ao manuseio de ferramentas computacionais complexas. Na segunda parte do curso, deverão ser exploradas as facilidades oferecidas pelo computador, que são, sem sombra de dúvida, inquestionáveis.

Os dados apresentados são resultados de uma Dissertação de Mestrado desenvolvida no Departamento de Construção Civil e Urbana da Escola Politécnica da USP. Os resultados totais, assim como os procedimentos utilizados durante o desenvolvimento da pesquisa, podem ser encontrados na Dissertação intitulada – CONTRIBUIÇÃO PARA A MELHORIA DOS CURSOS BÁSICOS DE DESENHO TÉCNICO ATRAVÉS DA ANÁLISE DAS FALHAS DO SEU PROCESSO - UMA APLICAÇÃO DO FMEA. Esta Dissertação apresenta uma identificação das causas e dos efeitos de cada uma das falhas, um levantamento de programas de cursos de Desenho Técnico oferecidos em algumas universidades e uma proposta de programa para um curso básico de Desenho Técnico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARN, E. A. *Group technology*. s.ed. Berlin, Springer-Verlag, 1975.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS *Aplicação de Linhas em Desenho - Tipos de Linhas - Larguras das Linhas - NBR 0847*. Rio de Janeiro, 1984.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS *Apresentação da folha para desenho técnico - NBR 1184*. Rio de Janeiro, 1988.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS *Cotagem em desenho técnico - NBR 1062*. RJ, 1987.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS *Desenho técnico - NBR 10647*. Rio de Janeiro, 1989.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS *Elaboração de listas de itens em desenho técnico - NBR 13272*. Rio de Janeiro, 1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS *Emprego de escalas em desenho técnico - NBR 08196*. Rio de Janeiro, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS *Folha de desenho - leiaute e dimensões - NBR 10068*. Rio de Janeiro, 1987.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS *Gestão da qualidade e garantia da qualidade - Terminologia NBRISO 08402*. Rio de Janeiro, 1994.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS *Princípios gerais de representação em desenho técnico - NBR 10067*. Rio de Janeiro, 1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS *Ref. a itens em des. téc. - NBR 13273*. RJ, 1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS *Representação de área de corte por meio de hachuras em des. téc. - NBR 12298*. RJ, 1995.

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *Execução de caracteres para escrita em desenho técnico - NBR 08402*. Rio de Janeiro, 1994.
- BOEHM, B. W. *Software engineering economics - IEEE Transactions on Software Engineering*. v.se-10, n.1, p.4-21, 1984.
- CYNBALISTA, M. *FMEA, confiabilidade*. s.ed. São Paulo, Fund.Carlos Alberto Vanzolini, 1992.
- GONÇALVES, E. V. *Computer-aided group technology part family formation based on pattern recognition techniques*. Pennsylvania, 1988. *Tese (Doutorado) - the Pennsylvania State University*.
- GONÇALVES, E. V. *Quality function deployment*. s.ed. São Carlos, LAMAFE/USP, 1994.
- GONÇALVES, E. V. et al. *Failure modes and effects analysis(FMEA)*. s.ed. São Carlos, LAMAFE/USP, 1994.
- HELMAN, H.; ANDERY, P. R. *Análise de Falhas (Aplicação dos Métodos FMEA-FTA) - Fundação Christiano Ottoni, Belo Horizonte - MG, 1995*.
- HELMAN, HORÁCIO; ANDERY, PAULO R. P. - *Análise de Falhas - Aplicação dos Métodos FMEA-FTA*. s.ed. Belo Horizonte, Fundação Christiano Ottoni/UFMG, 1995.
- KAPUR, K. *Reliability methods in handbook of reliability engineering and management*. S.ed. New York, Mc Graw Hill, 1988.
- MIYAUCHI, I. J. *Japanese union of scientists and engineers reliability analysis with FMEA and FTA*. Japão. *Union of Scientists and Engineers*, 1993.