

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETROTÉCNICA
ESPECIALIZAÇÃO EM ENGENHARIA DA CONFIABILIDADE**

CARLOS LEONARDO VAZZOLER MENEGATTI

**APLICAÇÃO DE FERRAMENTA DE CONFIABILIDADE NA ANÁLISE
DE FALHAS DO SISTEMA DE FRENAGEM DO MOVIMENTO DE
ELEVAÇÃO DE CARGA DOS CARREGADORES DE NAVIOS DE UM
PORTO DE PRODUTOS SIDERÚRGICOS**

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

CURITIBA

2017

CARLOS LEONARDO VAZZOLER MENEGATTI

**APLICAÇÃO DE FERRAMENTA DE CONFIABILIDADE NA ANÁLISE
DE FALHAS DO SISTEMA DE FRENAGEM DO MOVIMENTO DE
ELEVAÇÃO DE CARGA DOS CARREGADORES DE NAVIOS DE UM
PORTO DE PRODUTOS SIDERÚRGICOS**

Monografia apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Engenharia da Confiabilidade, do Departamento Acadêmico de Eletrotécnica, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Emerson Rigoni.

CURITIBA

2017



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Curitiba
Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação
Departamento Acadêmico de Eletrotécnica
Especialização em Engenharia da Confiabilidade



TERMO DE APROVAÇÃO

APLICAÇÃO DE FERRAMENTA DE CONFIABILIDADE NA ANÁLISE DE FALHAS DO SISTEMA DE FRENAGEM DO MOVIMENTO DE ELEVAÇÃO DE CARGA DOS CARREGADORES DE NAVIOS DE UM PORTO DE PRODUTOS SIDERÚRGICOS

por

CARLOS LEONARDO VAZZOLER MENEGATTI

Esta monografia foi apresentada em 10 de novembro de 2017, como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Engenharia da Confiabilidade, outorgado pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. O aluno foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Emerson Rigoni, Dr. Eng.
Professor Orientador - UTFPR

Prof. Carlos Henrique Mariano Dr.
Membro Titular da Banca - UTFPR

Prof. Marcelo Rodrigues Dr.
Membro Titular da Banca - UTFPR

O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso.

Dedico este trabalho à minha família, pelo apoio e incentivo de uma vida toda.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus.

Aos meus pais.

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Emerson Rigoni, pela sabedoria com que me guiou nesta trajetória.

Aos meus colegas de sala.

A Secretaria do Curso, pela cooperação.

Gostaria de deixar registrado também, o meu reconhecimento à minha família, pois acredito que sem o apoio deles seria muito difícil vencer esse desafio.

Enfim, a todos os que por algum motivo contribuíram para a realização desta pesquisa.

Eu denomino meu campo de Gestão do Conhecimento, mas você não pode gerenciar conhecimento. Ninguém pode. O que você pode fazer, o que a empresa pode fazer é gerenciar o ambiente que otimize o conhecimento. (PRUSAK, Laurence, 1997)

RESUMO

MENEGATTI, Carlos Leonardo Vazzoler. **Aplicação de ferramenta de confiabilidade na análise de falhas do sistema de frenagem do movimento de elevação de carga dos carregadores de navios de um porto de produtos siderúrgicos.** 2017. 42 f. Monografia (Especialização em Engenharia da Confiabilidade) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2017.

No intuito de identificar as causas das falhas ocorridas no sistema de frenagem da elevação dos Carregadores de Navios e definir ações, de modo a eliminar a causa raiz das falhas e aumentar a confiabilidade do sistema, tendo como característica retratar a realidade de carregadores de navios de um porto de produtos siderúrgicos. A alta competitividade na área em questão exige, cada vez mais, confiabilidade e qualidade dos produtos, e estes dois requisitos podem ser atingidos reduzindo o número de falhas. Ferramentas como a FTA (*Fault Tree Analysis* - Análise da árvore de falhas), que auxiliam na análise de falhas, são importantes por aumentar a confiabilidade do processo, documentar as falhas, seus efeitos, suas causas e ainda pelo fato de mostrar suas relações, possibilitando que melhorias sejam realizadas baseadas nesses dados.

Palavras-chave: Confiabilidade. Qualidade. Sistema de Frenagem. Carregadores de Navios.

ABSTRACT

MENEGATTI, Carlos Leonardo Vazzoler. **Aplicação de ferramenta de confiabilidade na análise de falhas do sistema de frenagem do movimento de elevação de carga dos carregadores de navios de um porto de produtos siderúrgicos.** 2017. 42 f. Monografia (Especialização em Engenharia da Confiabilidade) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2017.

In order to identify the causes of the failures occurring in the braking system of the elevation of Ship Loader and define actions in order to eliminate the root cause of the failures and increase the reliability of the system, having as a characteristic to portray the reality of ship loaders of a port of steel products. The high competitiveness in the area in question requires, increasingly, product reliability and quality, and these two requirements can be achieved by reducing the number of failures. Tools such as Fault Tree Analysis (FTA), which aid in fault analysis, are important for increasing process reliability, documenting failures, their effects, their causes, and the fact of showing their relationships, enabling improvements to be made based on these data.

Key-words: Reliability. Quality. Braking System. Ship Chargers.

LISTA DE FOTOGRAFIAS

Fotografia 1 – Vista aérea do TPS.....	11
Fotografia 2 - Carregadores de Navios do TPS.....	12
Fotografia 3 – Embreagem de acoplamento das elevações.....	16
Fotografia 4 – Sistema de elevação de carga.....	17
Fotografia 5 – Motor de acionamento da elevação.....	18
Fotografia 6 – Inversor de frequência da elevação.....	18
Fotografia 7 – Contator Telemecanique modelo LC1D40A.....	38
Fotografia 8 – Contator Schneider Electric modelo LC1D65AF7.....	39

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Circuito elétrico unifilar do freio da elevação.....	19
Figura 2 – Circuito elétrico trifásico do freio da elevação.....	20
Figura 3 – Simbologia árvore de falhas.....	27
Figura 4 – Exemplo de FTA.....	30
Figura 5 – Árvore de falhas do sistema de frenagem das elevações dos CNs.....	35
Figura 6 – Curva de trabalho de contadores.....	40
Figura 7 – CLP.....	41
Figura 8 – Tela de supervisão dos CNs.....	42

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Levantamento do número de ocorrências.....	37
Quadro 2 – Quantitativo de componentes dos sistemas.....	37

LISTA DE SIGLAS

CG's	Carregadores Giratórios
CN's	Carregadores de Navios
TQM	Total Quality Management
TPS	Terminal de Produtos Siderúrgicos de Praia Mole

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	11
1.1 PREMISSAS E PROBLEMA DE PESQUISA.....	12
1.2 OBJETIVOS.....	13
1.2.1 Objetivo Geral.....	13
1.2.2 Objetivos Específicos.....	13
1.3 JUSTIFICATIVA.....	13
1.4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	14
1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	14
2 ÁREA DE APLICAÇÃO.....	16
2.1 SISTEMA MECÂNICO DO MOVIMENTO DE ELEVAÇÃO.....	16
2.2 SISTEMA ELÉTRICO DO MOVIMENTO DE ELEVAÇÃO.....	17
2.3 CIRCUITO ELÉTRICO DE ACIONAMENTO DOS FREIOS.....	19
2.4 SÍNTESE E CONCLUSÃO DO CAPÍTULO.....	21
3 REFERÊNCIAL TEÓRICO.....	22
3.1 QUALIDADE E CONFIABILIDADE.....	22
3.2 GESTÃO DA QUALIDADE.....	24
3.3 FERRAMENTAS DE CONFIABILIDADE.....	25
3.3.1 FTA.....	25
3.4 SISTEMA DE FRENAGEM NO MOVIMENTO DE ELEVAÇÃO DE CARGA DOS CARREGADORES DE NAVIO.....	31
3.5 SÍNTESE E CONCLUSÃO DO CAPÍTULO.....	31
4 DESENVOLVIMENTO.....	32
4.1 CLASSIFICAÇÃO DO TRABALHO.....	32
4.2 APLICAÇÃO DA FERRAMENTE.....	34
4.2.1 Estruturação da Árvore de Falhas do sistema.....	35
4.3 LEVANTAMENTO DE DADOS DE FALHAS.....	36
4.4 ANÁLISE DO PROBLEMA.....	37
4.5 RESOLUÇÃO DO PROBLEMA.....	38
4.5.1 Caminho principal.....	38
4.5.2 Monitoramento.....	40
4.6 RESULTADOS.....	42

5 CONCLUSÃO.....	43
REFERÊNCIAS.....	44

1 INTRODUÇÃO

A crescente busca por novos clientes e mercados, e até mesmo para manter os atuais, faz com que as indústrias tenham que ser cada vez mais competitivas. Para isso, se faz necessário, principalmente, diminuir o custo de produção e cumprir os prazos, mantendo a qualidade. Um dos fatores que pode influenciar diretamente no prazo de entrega dos produtos aos seus clientes é a eficiência do fluxo de saída desses produtos (Outbound). Nesse contexto, o complexo portuário do Terminal de Produtos Siderúrgicos de Praia Mole (TPS) representa papel importante para as empresas que nele operam: ArcelorMittal Brasil, Gerdau Açominas e USIMINAS.

Situado no lado norte da baía de Vitória, o TPS (Fotografia 1) é um porto artificial em mar aberto, que iniciou suas atividades em 1984 e possui capacidade de embarque de 7,5 milhões de toneladas anuais. Sua principal função é embarcar produtos para exportação, oriundos dessas três empresas, representando assim um papel importante também para a economia do estado do Espírito Santo.

Fotografia 1 – Vista aérea do TPS

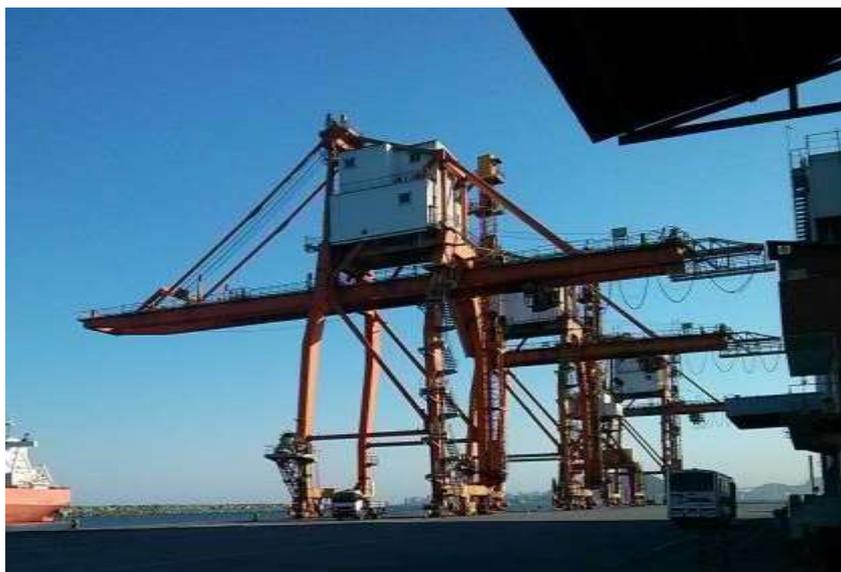


Fonte: o autor (2017).

O TPS é composto por três Carregadores Giratórios (CG's), que trabalham em movimento de giro, em torno do próprio eixo, e cinco Carregadores de Navios (CN's), do tipo pórtico rolante, que são responsáveis pelo carregamento dos navios.

Os CGs operam com capacidade de carga de 25 toneladas cada e os CNs (Fotografia 2), que são objeto desse estudo, tem capacidade para 42 toneladas cada, tendo assim maior demanda operacional por parte das empresas. Dessa forma, os CNs contribuem com 76% do total embarcado no terminal.

Fotografia 2 - Carregadores de Navios do TPS



Fonte: o autor (2017)

Os CNs possuem três movimentos principais, sendo a movimentação da máquina ao longo da borda do cais, chamada de translação do pórtico; a movimentação do carro Trolley na direção terra-mar, chamada de translação do Trolley; e o movimento de elevar e descer a carga, chamado simplesmente de elevação.

1.1 PREMISSAS E PROBLEMA DE PESQUISA

Devido à sua demanda, qualquer ocorrência que leve à parada operacional dos CNs pode gerar impactos no processo de embarque do TPS. Das falhas registradas nesses, grande parte está relacionada à elevação, especificamente no sistema de frenagem. Estas ocorrências provocam a parada operacional no equipamento, necessitando da atuação da equipe de manutenção.

1.2 OBJETIVOS

A seguir são apresentados os objetivos geral e específico deste trabalho.

1.2.1 Objetivo Geral

Definir ações, de modo a eliminar a causa raiz das falhas ocorridas no sistema de frenagem das elevações dos CNs, a partir dos resultados obtidos com a aplicação da FTA.

1.2.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos deste estudo desdobram-se em:

- Identificar os modos de falha do sistema de frenagem das elevações;
- Analisar a influência de cada modo de falha na falha do sistema;
- Aplicar a ferramenta de engenharia de confiabilidade conhecida como FTA, de modo a auxiliar na identificação das principais causas das falhas ocorridas;
- A partir da análise da FTA, definir e implementar plano de ação de modo a evitar novas ocorrências das falhas identificadas.

1.3 JUSTIFICATIVA

Ocorrências de falhas na elevação dos CN's impede a operação do equipamento, gerando, em alguns casos, atrasos no embarque e necessidade de atuação da equipe de manutenção na máquina. Todos estes itens afetam diretamente no custo de produção do TPS. Este trabalho foi realizado com o intuito de identificar a causa raiz das falhas e gerar plano de ação para mitigar o problema, de forma a aumentar a confiabilidade do sistema e reduzir os impactos no processo de embarque do porto.

1.4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Primeiramente serão levantados os componentes que constituem o sistema de frenagem da elevação dos CNs, bem como o histórico de falhas de cada um desses componentes. Em seguida esses componentes serão inseridos em uma Árvore de Falhas, de modo a identificar a influência de cada um na falha do sistema. Após essa etapa, os componentes com maior criticidade no sistema serão submetidos a ensaios acelerados de vida, em oficina, de modo a identificar a quantidade de ciclos até a falha. Com isso será possível criar um plano para monitoração e troca dos componentes antes que ocorra a falha.

1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

A parte inicial do trabalho trata do tema envolvido como assunto peculiar focado na finalidade deste estudo. Os demais capítulos explicitam a inter-relação entre os variados assuntos abordados e a forma como esta relação é colocada para alcançar os objetivos do estudo. Desta forma, os capítulos a seguir possuem o seguinte conteúdo:

O capítulo dois refere-se à área de aplicação do estudo, onde abordar-se-á o sistema mecânico do movimento de elevação, sistema elétrico do movimento de elevação e o circuito elétrico de acionamento dos freios.

Já o capítulo três, explicitar-se-á qualidade e confiabilidade, gestão da qualidade, FTA e o sistema de frenagem no movimento de elevação de carga dos carregadores de navio.

No que tange ao capítulo quatro, neste mostrar-se-á o desenvolvimento do trabalho, apresentando as principais falhas, número de ocorrências e além de apresentar uma resolução para a falha que apresentar maior ocorrência.

O capítulo cinco elucidará os resultados obtidos.

E, por fim, mas não menos importante, será apresentada as referências utilizadas na confecção deste estudo.

2 ÁREA DE APLICAÇÃO

O presente estudo foi aplicado ao sistema de frenagem do movimento de elevação de carga de um CN.

Tal movimento é composto por dois sistemas de elevação independentes, que podem, também, trabalhar acoplados, através de um sistema de embreagem (Fotografia 3).

Fotografia 3 – Embreagem de acoplamento das elevações



Fonte: o autor (2017)

Cada um dos sistemas constituintes do movimento de elevação tem capacidade para 21 toneladas, resultando em uma capacidade total de 42 toneladas quando trabalhando simultaneamente. Cada um desses dois sistemas é constituído por um sistema mecânico, acionado por um sistema elétrico. Todo esse conjunto é responsável por movimentar as cargas até os porões dos navios.

2.1 SISTEMA MECÂNICO DO MOVIMENTO DE ELEVAÇÃO

Cada elevação possui em seu sistema mecânico (Fotografia 4) uma redutora de engrenagens imersa em óleo, dois freios de polia, um dromo e o cabo de aço.

Fotografia 4 – Sistema de elevação de carga



Fonte: o autor (2017)

O dromo é uma espécie de carretel, onde o cabo de aço é enrolado. Ele é acoplado ao motor através da redutora, que reduz sua velocidade, em relação à do motor, através de diferentes diâmetros de engrenamento.

Quando o sistema não está em movimento, elevando ou descendo a carga, os dois freios são responsáveis por garantir sua inércia, impedindo que a carga venha a descer involuntariamente.

2.2 SISTEMA ELÉTRICO DO MOVIMENTO DE ELEVAÇÃO

O sistema elétrico de acionamento do movimento de elevação é composto por um motor elétrico WEG de 225 kW (Fotografia 5), controlado por um inversor de frequência, em modo vetorial, com realimentação de velocidade através de um encoder incremental de 2500 pulsos.

Fotografia 5 – Motor de acionamento da elevação



Fonte: o autor (2017)

O inversor de frequência (Fotografia 6) é o MV3000 da ALSTOM, constituído por um módulo retificador não controlado e dois módulos inversores controlados.

Fotografia 6 – Inversor de frequência da elevação



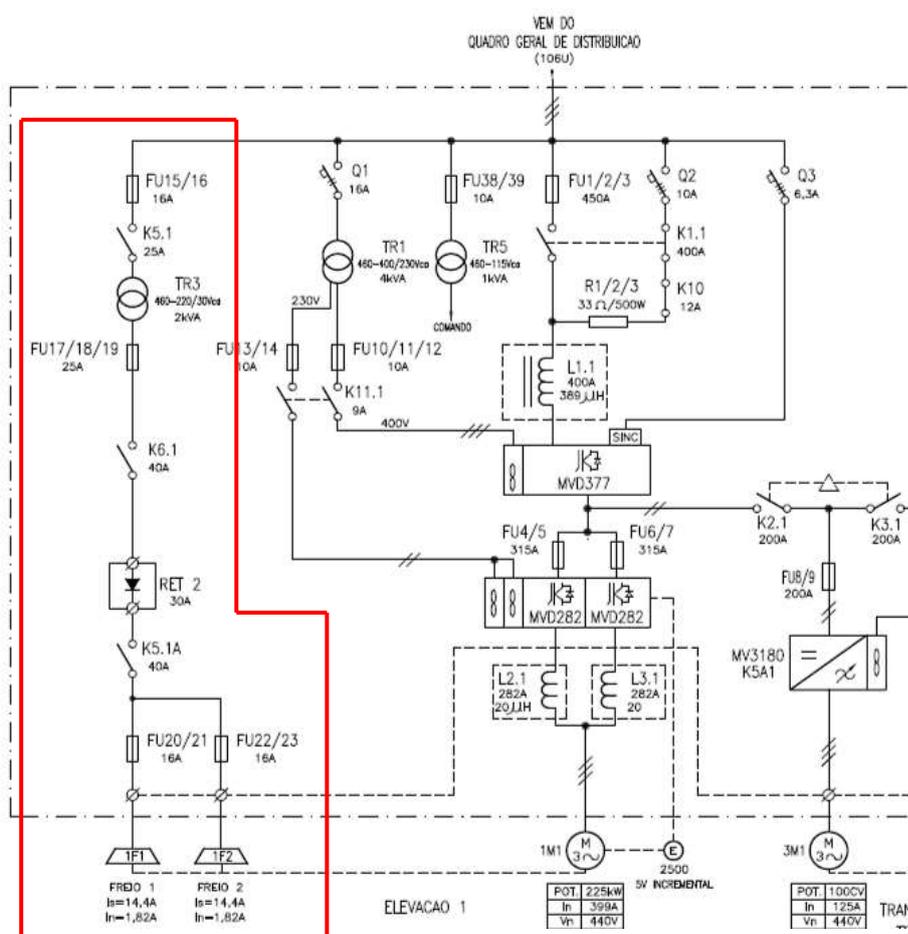
Fonte: o autor (2017)

O inversor de frequência também é responsável por acionar o circuito de controle dos freios, através de duas saídas digitais programáveis. Os freios são acionados (abrem) quando o inversor de frequência imprime ao motor um torque mínimo suficiente para garantir que a carga não desça desordenadamente.

2.3 CIRCUITO ELÉTRICO DE ACIONAMENTO DOS FREIOS

O circuito elétrico de acionamento dos freios (Figura 1) é constituído basicamente por um transformador, uma ponte retificada de onda completa, um resistor cerâmico e 3 contadores principais.

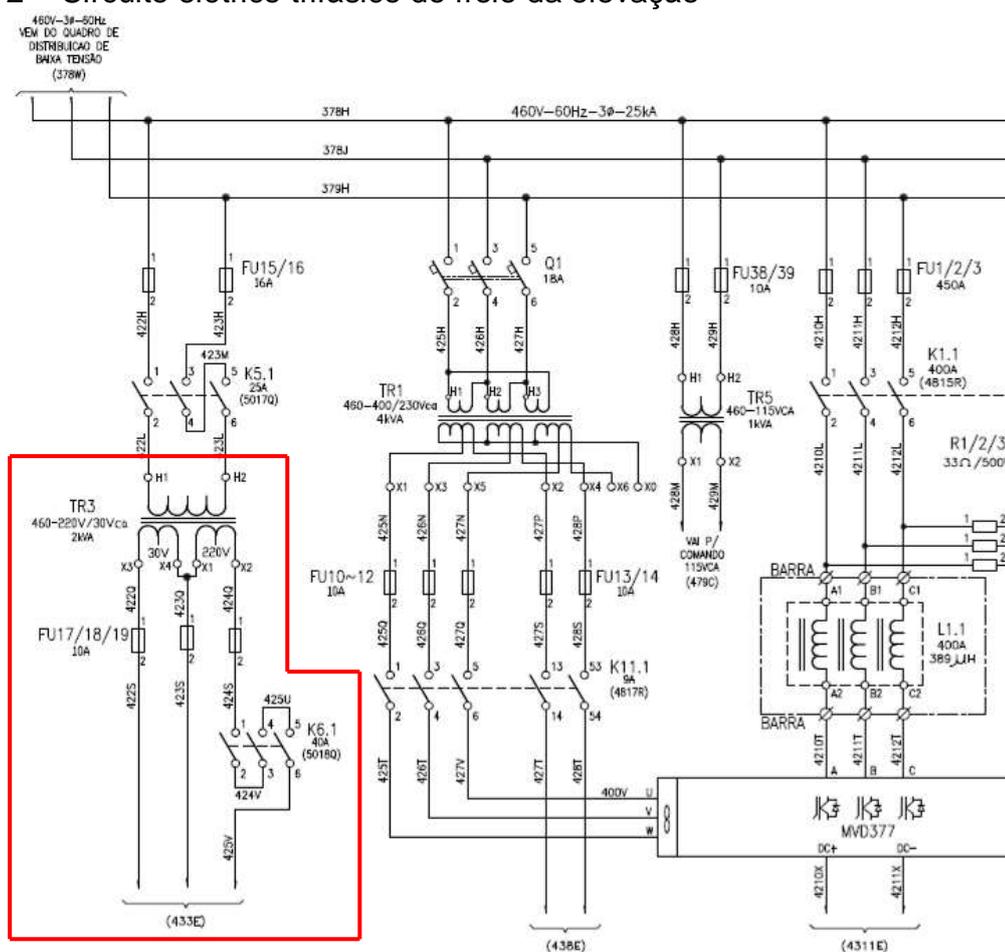
Figura 1 – Circuito elétrico unifilar do freio da elevação



Fonte: o autor (2017)

O transformador é alimentado com tensão de 460 Vac e possui dois níveis de tensão de saída, 220 Vac e 30 Vac. A saída de 30 Vac é conectada diretamente à ponte retificadora, enquanto que a saída de 220 Vac passa primeiro por um contator (K6.1) (Figura 2).

Figura 2 – Circuito elétrico trifásico do freio da elevação



Fonte: o autor (2017)

Os dois níveis de tensão na saída do transformador permitem obter também dois níveis de tensão na saída da ponte retificadora, agora em corrente contínua. A tensão maior é aplicada aos freios quando o circuito é acionado, de forma a fazer com que as bobinas dos mesmos se atraiam, abrindo assim os freios e permitindo o movimento do motor. Após um determinado tempo, com a abertura do contatores K6.1, é mantida apenas a tensão de menor valor, de modo que as bobinas continuem atracadas, porém com menor aquecimento. O acionamento das bobinas dos freios é feito através do fechamento dos contatores K5.1 e K5.1A.

Cada freio possui um sensor indutivo, que indica ao CLP (Controlador Lógico Programável) se o freio realmente abriu quando solicitado. Caso esse feedback não seja válido, a lógica do CLP entende uma falha no sistema, parando o movimento de elevação.

2.4 SÍNTESE E CONCLUSÃO DO CAPÍTULO

Esta parte do estudo abordou a área de aplicação do estudo, ou seja, onde o estudo foi realizado, a área aqui em questão estudada é o TPS, mais especificamente o sistema de frenagem do movimento de elevação de carga de um CN.

Para tal foi feito um estudo acerca do sistema mecânico do movimento de elevação, onde se apresentou a sua estrutura e funcionamento. Após apresentou-se o sistema elétrico do movimento de elevação e em seguida mostramos o circuito elétrico de acionamento dos freios.

3 REFERÊNCIAL TEÓRICO

3.1 QUALIDADE E CONFIABILIDADE

Segundo Juran (1998), a qualidade é um parâmetro que pode ser medido de diversas formas, e pode ter várias definições dependendo do setor ou do que está sendo analisado. Por exemplo, para um cliente um item de qualidade pode ser um produto que nunca falha, já para outro cliente pode ser um produto com melhor acabamento. Apesar de ter várias definições, as duas principais são, a primeira é que a qualidade é um atributo que relaciona as características de um produto com as necessidades do cliente e a sua satisfação, possibilitando, a companhia se tornar mais competitiva. E a segunda define qualidade como a ausência de falhas, ou a entrega do produto ao mercado com tempo reduzido.

De acordo com Gnedenko e Ushakov (1995) a confiabilidade emergiu no século XX, devido ao fato de diversos equipamentos e sistemas técnicos começarem a realizar importantes funções industriais, sendo útil também para a segurança das pessoas e seus bens.

A teoria da confiabilidade foi desenvolvida, inicialmente, para atender as necessidades da indústria eletroeletrônica, pois os primeiros sistemas complexos surgiram nesse ramo da engenharia. Tais sistemas possuem componentes relativamente confiáveis, porém seu grande número gera uma confiabilidade baixa. Dessa forma, foi desenvolvida uma disciplina matemática aplicada, especializada nessa área, que permitiu um avanço nos índices de confiabilidade na fase de concepção, que serviu de base para melhoria em manutenção e para estimar a confiabilidade através de testes ou exploração especial (SILVA et al., 2015, p. 04).

Em um sentido mais amplo, a confiabilidade está relacionada à execução de determinada atividade bem-sucedida, na lacuna 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 de tempo predeterminado. Os conceitos de confiabilidade e qualidade estão atrelados entre si, o que faz com que frequentemente eles sejam confundidos entre si. Confiabilidade incorpora a passagem do tempo, o que não ocorre com a qualidade, já que consiste na descrição de um item (SILVA et al., 2015).

Pode-se concluir que alta confiabilidade implica em qualidade, porém a recíproca não é verdadeira. Segundo Silva et al., (2015, p. 06) confiabilidade apresenta as seguintes definições:

Qualidade: pode ser definida como cumprimento das especificações de projeto e manufatura com o mínimo de variabilidade possível;

- Manutenibilidade: é definida como a capacidade de um item ser mantido ou recolocado em condições de executar suas funções requeridas mediante condições preestabelecidas de uso, uma vez que houve a sua manutenção;
- Segurança: é a ausência de condições que causam danos físicos ou ocupacionais a pessoas, bem como danos ou perdas materiais;
- MTTF (mean time to failure) ou tempo médio até a falha: utilizado para produtos ou componentes não reparáveis;
- MTBF (mean time between failures) ou tempo médio entre as falhas: utilizado para produtos ou componentes reparáveis;
- MTTR (mean time to repair) ou tempo médio de reparo;
- Disponibilidade (D): indica o grau em que o equipamento (ou parte dele) estará em condições para iniciar a missão, quando esta for solicitada, num instante determinado.

De acordo com a Norma Brasileira de Regulamentação (NBR) 5462/1994, confiabilidade é a condição de um item desempenhar uma função satisfatória/adequada sob determinadas condições, no período de um determinado tempo.

Já Blanchard e Fabrycky (1990, p. 346-347) relatam que

Confiabilidade é uma característica inerente ao projeto e pode ser definida como a probabilidade na qual um sistema ou produto irá operar de modo satisfatório em um dado intervalo de tempo, quando utilizado restrito às condições de operações específicas.

De acordo com Salgado (2008, p. 16)

A engenharia de confiabilidade desenvolve e executa programas com foco na modelagem e análise, predição e otimização de confiabilidade, considerando aspectos ambientais e operacionais (e.g., condições de vibração, acústica, térmica, interferência eletromagnética (Electromagnetic Interference - EMI) e compatibilidade eletromagnética (Electromagnetic Compatibility - EMC)). Define e aloca metas de confiabilidade, estabelece as condições operacionais, auxilia na avaliação de arquiteturas / alternativas de projeto avaliando questões como grau de redundâncias e impacto na confiabilidade versus a manutenibilidade de sistemas. Presta suporte a programas de gestão de riscos, identificando atributos de projeto que apresentam maiores chances de resultarem em problemas de confiabilidade e recomendando ações para mitigar tais riscos. Gera informações de confiabilidade a serem utilizadas em programas de manutenibilidade e logística integrada. Estabelece os requisitos e especificações para testes de qualificação de projetos, sendo responsável por prover análises técnicas e justificativas para eliminar ou flexibilizar tais requisitos. Analisa dados dos testes de qualificação para validar os modelos e predições de confiabilidade, buscando entender e resolver quaisquer anomalias identificadas. Coleta e analisa dados de confiabilidade de sistemas já em operação como parte da validação do projeto e atendimento às metas estabelecidas;

Diante do exposto, para o trabalho em questão, a confiabilidade está relacionada à capacidade de o sistema de frenagem das elevações dos CNs executarem sua função de forma satisfatória, durante o período de tempo que o equipamento é demandado. Tal requisito não vem sendo atendido, uma vez que o sistema apresenta falhas com certa frequência.

3.2 GESTÃO DA QUALIDADE

Segundo Batalha (2008) um termo utilizado nas diversas indústrias é o Total Quality Management (TQM), no qual se tem um controle completo da qualidade. A gestão da qualidade total envolve diversos aspectos a serem analisados, como inspeção, controle e garantia da qualidade. Diversos especialistas levantam pontos diferenciados quanto a essa metodologia de gestão, entretanto alguns pontos básicos são descritos, tais como: foco no impacto estratégico; visão de criar um diferencial com relação à concorrência e a ênfase do desenvolvimento voltada para o mercado e para os clientes.

Já para Slack (2009) a totalidade do TQM pode ser resumida em um exame de todos os custos relacionados à qualidade, principalmente os recursos

direcionados a falhas ou também no princípio de se fazer as coisas de forma correta logo na primeira vez. Ainda enfatiza o desenvolvimento da qualidade e da melhoria contínua em projetos.

Como a era da gestão da qualidade é o momento mais amplo já vivenciado ao se falar de qualidade, é importante notar que ele engloba várias melhorias possíveis e diversos fatores que influenciam na qualidade. Como a trilogia da qualidade, que é formado pelo planejamento, controle e melhoria da qualidade. Tal planejamento da qualidade é definido como um processo estruturado para desenvolver produtos, garantindo que as necessidades e requisitos dos clientes sejam alcançados ao final do processo. O planejamento pode ser definido em passos, etapas de desenvolvimento, sendo estes os 6 passos definidos: · Estabelecer o projeto · Identificar os consumidores · Descobrir a necessidade dos clientes · Desenvolver o produto · Desenvolver o processo · Desenvolver os controles e transferir para as operações O controle da qualidade é a administração do processo, que tem por objetivo manter a linearidade dos processos em questão. Isso é feito comparando a performance atual com as metas definidas inicialmente e assim tomando alguma decisão caso não esteja de acordo com o esperado. O terceiro e último ponto da trilogia se dá com a melhoria da qualidade, que consiste no aperfeiçoamento das operações de maneira a levar a companhia para um novo patamar. Estes aperfeiçoamentos podem ser formados basicamente de melhorias em produtos ou mudanças de suas características, gerando assim, um melhor, atendimento ao consumidor e conseqüentemente eliminando as falhas. Estes três atributos da qualidade, são feitos para otimizar os processos e com isso diminuir os custos ao longo do tempo (JURAN, 1998, p. 61)

Com base nas informações acima, é possível perceber que as falhas apresentadas no sistema de frenagem das elevações dos CNs impactam na qualidade do produto, uma vez que aumentam o custo com manutenção corretiva e causam atrasos no processo, que neste caso seria o embarque do material.

3.3 FERRAMENTAS DE CONFIABILIDADE

3.3.1 FTA

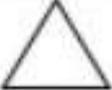
De acordo com Schimidt (2013) a ferramenta Análise da Árvore de Falhas, traduzido do inglês “Fault Tree Analysis” (FTA), é uma técnica gráfica dedutiva estruturada em termos de eventos ao invés de componentes.

De acordo com Carlson (2012), a ferramenta FTA foi inicialmente desenvolvida em 1961 pela aeronáutica americana, sendo aplicada posteriormente

pela Boeing Company. Sua apresentação formal foi em 1965, durante uma conferência sobre segurança de sistemas, assim como o FMEA seu uso se deu em outras indústrias dentre elas a aeroespacial e a nuclear. Hoje seu uso se dá nas mais diversas indústrias, incluindo a automotiva. Segundo o manual regulatório da comissão de energia nuclear americana a árvore de análise de falhas FTA, também pode ser vista como uma técnica analítica, no qual uma falha do sistema pode ser analisada (SAMPAIO, 2016). “O FTA é utilizado na determinação de diagnósticos em equipamentos, utilizando sistemas computacionais” (SCHIMIDT, 2013, p. 41).

A análise é feita de forma gráfica, obtendo uma sequência lógica conectada, que poderá mostrar a origem da causa para uma falha. As falhas encontradas podem ser associadas a falhas de componentes, erros de projeto ou até mesmo erros humanos. Alguns fatores são importantes para se entender a árvore de falhas, um desses fatores é que a ferramenta não mostra todas as falhas do sistema. Sua forma de trabalho gráfico é definida como um sistema de blocos ou em árvore. Este sistema mostra a relação entre os eventos, no qual os eventos mais altos da árvore são os outputs, as falhas principais e os eventos mais baixos os inputs. A simbologia (Figura 3) definida para cada bloco mostra o tipo de relação entre os eventos superiores e inferiores (SAMPAIO, 2016).

Figura 3 – Simbologia árvore de falhas

Simbologia árvore de falhas		
Evento primário	Símbolo	Descrição
Evento básico		Evento básico que inicia a falha
Evento intermediário		Falha que ocorre devido a um ou mais antecedentes
Evento externo		Eventos externos podem ser definidos de maneira probabilística, se irão ou não de ocorrer ou não ocorrer
Evento não desenvolvido		Evento sem necessidade de ser, amplamente analisado
Evento condicional		Restrição que pode ser aplicada em qualquer evento ou condição única
Transferência		Indica a transferência para outra árvore
E		A falha acima ocorre caso todos os eventos aqui ocorram
OU		A falha ocorre se um ou outro acontece
OU exclusivo		A falha ocorre se um evento exato ocorrer
Evento para inibir		A falha está presente se todos os eventos abaixo dela ocorrerem e se um evento condicional ocorre
E prioritário		A falha ocorre se todas as causas forem sequenciais

Fonte: Sampaio (2017)

A árvore de falhas usa diversas simbologias, muitas delas são para casos específicos. Para se realizar a árvore alguns autores citam apenas a simbologia básica, que são a dos eventos básicos e intermediários e as conexões E e OU. Para a confecção da FTA pode se seguir os 5 passos listados abaixo:

Definir a falha a ser estudada: O FTA começa com uma falha ou algum evento já identificado, por exemplo uma falha encontrada pelo FMEA. A falha a ser estudada aqui deve ser bem definida e escolhida cuidadosamente, devido a duas problemáticas, uma delas é de a análise ficar muito geral e os eventos são desdobrados continuamente sem se chegar a uma conclusão ou a de ficar muito específica e não mostrar as causas necessárias.

Obter conhecimento sobre o sistema: Este passo serve para descobrir as principais causas das falhas e os fatores que podem contribuir para que o evento ocorra.

Construir a árvore de falha: A árvore é construída a partir do conhecimento do funcionamento do sistema e da falha principal que será estudada. Todos os eventos estarão conectados em uma ordem lógica. O processo de construção pode ir interligando vários sub eventos até a origem do problema ser encontrada.

Validar a árvore: Após a construção da árvore para cada falha em específico, se faz uma análise para descobrir a probabilidade daquela falha inicial acontecer.

Controlar os riscos encontrados A partir dos problemas encontrados e da causa origem, uma melhoria de sistema pode ser realizada (SAMPAIO, 2016, p. 30).

Ainda de acordo com o autor supracitado (p.31)

Alguns benefícios são encontrados ao se aplicar esta ferramenta, como a identificação da origem de problemas maiores, fornecimento de inputs para diversas atividades como procedimentos de teste e procedimentos de manutenção. Ainda oferece uma maneira gráfica de se visualizar os riscos de uma falha e como se dá sua relação com outros eventos. Porém algumas desvantagens também são listadas, dentre elas a necessidade de uma equipe com boa experiência, o tempo necessário para sua realização e o cuidado para interpretar os resultados.

Oliveira, Marins e Rocha (2012) propõem as seguintes etapas para a realização de uma FTA:

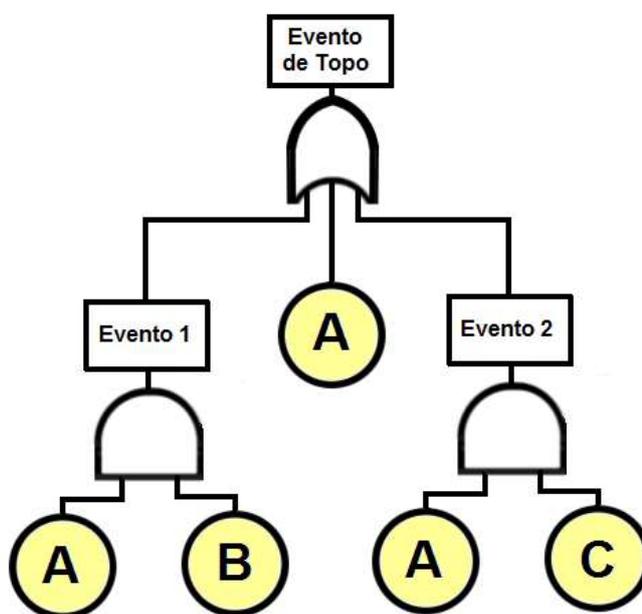
- Definir o evento de topo - o evento de topo determina um comportamento anormal do sistema. Para a sua definição são necessários relatos de falhas ocorridas no campo, falhas potenciais e principalmente aquelas relacionadas com a segurança dos usuários;
- Entender o sistema - a análise da árvore de falhas exige o conhecimento da estrutura do sistema e de seu esquema de funcionamento;
- Construir a árvore de falhas - esta etapa utiliza todo o conhecimento adquirido sobre o sistema. Todas as informações são unidas de forma a representar a inter-relação entre as partes que possam acarretar o evento de topo;
- Avaliar a árvore de falhas - etapa que tem por objetivo fornecer uma expressão para o cálculo da probabilidade de ocorrência do evento de topo, ou seja, realização da análise quantitativa. Nesse momento ressalta-se que a impossibilidade de realização da análise quantitativa para determinar qual a probabilidade de falha do evento de topo não invalida a FTA, uma vez que, a lógica inerente ao método permanece válida para uma análise qualitativa, visando ao estabelecimento das causas fundamentais do evento de topo;
- Implementar ações corretivas - na etapa anterior são identificados os itens do sistema que possuem baixa confiabilidade e que por este motivo aumentam a probabilidade do evento de topo. Este último passo visa implementar ações corretivas para aumentar a confiabilidade destes itens. Denomina-se confiabilidade à probabilidade de um determinado sistema (máquina, componente, aparelho, circuito, etc.) desempenhar sem falhas uma missão (função) durante um período determinado. Sendo assim, aumentar a confiabilidade implica necessariamente previsão de falhas e adoção de medidas preventivas das mesmas, desde a etapa de elaboração do projeto do produto e/ou processo até a sua execução.

Ainda de acordo com os autores acima, com relação à forma gráfica

Os símbolos mais utilizados para a construção da FTA são o retângulo, o círculo e operador lógico “ou”. O retângulo denota um evento de falha que é o resultado de uma combinação lógica de eventos de falha. O círculo denota um evento de falha básico ou a falha de um componente elementar. O operador lógico “ou” permite a construção dos diferentes “ramos da árvore”.

Na Figura 4 está representado um exemplo da forma estrutural de uma FTA, como suas devidas relações.

Figura 4 – Exemplo de FTA



Fonte: Rigoni (2016)

A aplicação da FTA auxilia na identificação do modo de falha e o relacionamento lógico entre suas possíveis causas e análise da confiabilidade de um sistema/processo (qualitativa e quantitativamente); facilita o entendimento do comportamento do sistema; auxilia também no treinamento para operação de sistemas e planejamento de testes e inspeções. Também é aplicada na análise e projeto de sistemas de segurança ou sistemas alternativos em produtos e como forma de explicitação do conhecimento para operação e manutenção. (RIGONI, 2016).

Segundo Lima; Franz; Amaral (2006, p. 11) relata que

Os métodos propostos para a utilização do FTA se concentram na construção da árvore de falhas propriamente dita. Observa-se que nenhum dos autores supra citados se refere a questões mais amplas da implantação do FTA enquanto método. Questões como a preparação do ambiente de trabalho e levantamento e análise dos dados existentes na empresa que utilizará o FTA, não são abordados. Porém, as mesmas devem ser consideradas para que a implantação do FTA ocorra da melhor forma possível.

A FTA foi escolhida como ferramenta a ser utilizada no presente trabalho por apresentar, como exposto acima, uma estrutura gráfica que facilita sua interpretação, auxiliando na identificação do modo de falha e no relacionamento

lógico entre suas possíveis causas e análise da confiabilidade do sistema em questão.

3.4 SISTEMA DE FRENAGEM DO MOVIMENTO DE ELEVAÇÃO DE CARGA DOS CARREGADORES DE NAVIO

O sistema de frenagem da elevação dos carregadores de navios é de suma importância para esse movimento, pois é ele que garante a inércia da carga durante seu transporte. Uma falha nesse sistema pode representar desde uma parada operacional, com perda material ou não, até uma perda pessoal. Assim, é de extrema importância garantir seu perfeito funcionamento. Esta, no entanto, não é a realidade atual, uma vez que os sistemas de frenagem dos carregadores vêm apresentando falhas.

As principais causas prováveis de falhas no sistema de frenagem são: queima da bobina do contator K5.1; avaria nos contatos de K5.1; queima do transformador TR3; queima da bobina do contator K6.1; avaria nos contatos de K6.1; queima da ponte retificadora RET2; queima da bobina do contator K5.1A; avaria nos contatos de K5.1A; curto-circuito em cabos; queima da bobina magnética do freio; avaria nos sensores de feedback de freio; sensores de feedback de freio fora de posição e avaria mecânica no freio.

3.5 SÍNTESE E CONCLUSÃO DO CAPÍTULO

Este tópico se propôs a discorrer acerca da qualidade e confiabilidade, gestão da qualidade, ferramentas de confiabilidade (FTA) e o sistema de frenagem no movimento de elevação, este tópico foi importante na medida em que apresentar os conceitos do caso estudado conceda mais base ao estudo aqui realizado.

4 DESENVOLVIMENTO

No decorrer desse capítulo serão explicitados os passos que se seguiu para confecção do presente trabalho, bem como sua classificação.

4.1 CLASSIFICAÇÃO DO TRABALHO

Entende-se, como pesquisa científica, de acordo com Ferrão (2008, p. 73) como “[...] conjunto de procedimentos baseados em raciocínio lógico, na busca de soluções para os problemas nas diversas áreas [...]”.

Já na visão de Gil (1991 apud FERRÃO, 2008, p. 73) “[...] pesquisa é um procedimento racional e sistemático que tem como objetivo, proporcionar respostas aos problemas que são propostos”.

Cervo e Bervian (1996 apud FERRÃO, 2008, p. 73) explicam que “[...] a pesquisa é uma atividade voltada para a solução de problemas, através do emprego de processo científico”.

Inicialmente realizou-se uma pesquisa bibliográfica, por meio das fontes encontradas em livros, artigos, teses e dissertações. Bem como, foi feito o uso de documentos internos do porto objeto de estudo.

Assim, este trabalho, qualificou-se, no que se refere à natureza, como pesquisa aplicada, tendo em vista que “[...] objetiva gerar conhecimentos para aplicação prática e dirigido à solução de problemas específicos” (GIL, 2001, p.20).

Já na visão de Ferrão (2008, p. 74) “[...] a pesquisa aplicada visa às aplicações práticas, com o objetivo de solucionar problemas que surgem no dia a dia, que resultam na descoberta de princípios científicos que promovem o avanço do conhecimento nas diferentes áreas”.

No que tange á abordagem a problemática, a pesquisa fez o uso do método qualitativo. Segundo Vergara (2010), o método qualitativo tem a preocupação em isolar casos, de forma a tratá-los na profundidade que eles requerem, considerando suas particularidades/detalhes, por meio de observação de sequências, de testemunhos e de contextos nos quais o problema investigado está inserido.

Com relação ao procedimento usado, este estudo classificou-se como pesquisa bibliográfica e documental.

Ferrão (2008, p. 58) discorre que:

A pesquisa bibliográfica consiste em levantar fichas, relacionar, referenciar, ler, arquivar, fazer resumos, análise de todas as informações produzidas sobre determinado assunto, que foi assumido como tema para realização de uma pesquisa científica.

Ainda de acordo com Ferrão (2008, p. 98) “A pesquisa bibliográfica é baseada na consulta de todas as fontes secundárias relativas ao tema que foi escolhido para realização do trabalho”. O mesmo ainda acrescenta que “[...] não deve ser apenas uma simples cópia que já escrito sobre o tema por outros autores, mas, análise, a interpretação, o confronto de informações dos autores, e a elaboração de novas conclusões”.

Vergara (2010) afirma que a pesquisa documental é aquela que se baseia em documentos internos de determinado estabelecimento. Já Ferrão (2008, p. 97) salienta que a pesquisa documental é aquela “[...] que se baseia na coleta de dados, de documentos escritos ou não, através das fontes primárias, realizadas em bibliotecas, institutos e centros de pesquisas, museus, acervos particulares e públicos”. E, materiais diretos e indiretos. Neste caso específico, fez-se o uso de relatórios, dentre o período de julho de 2015 a julho de 2017 do porto objeto de estudo.

Classificou-se, este estudo também, como estudo de caso, Vergara (2004) afirma que estudo de caso é aquele que se concentra em uma experiência real.

Já na concepção de Facchin (2006, p. 45) informa que estudo de caso “[...] é caracterizado por ser um estudo intensivo. No método estudo de caso, leva-se em consideração, principalmente, a compreensão, como um todo do assunto investigado. Todos os aspectos dos casos são investigados.”. O estudo de caso em questão se concentrou no complexo portuário do Terminal de Produtos Siderúrgicos de Praia Mole (TPS).

O estudo se encaixou como pesquisa exploratória e descritiva, que conforme Ferrão (2008) é o método que avalia a possibilidade de desenvolver uma pesquisa sobre determinado assunto, estabelece critérios, métodos e técnicas para elaboração de uma determinada pesquisa.

E, descritiva, é aquela que permite fazer o uso de registro e informações acerca do assunto. Bibliográfica é aquela que se é realizada mediante a consulta em livros, artigos, teses e toda publicação científica online (VERGARA, 2010).

Com relação às limitações, a principal limitação ocorrida neste estudo foi com relação ao método qualitativo, pois este método permitiu que o pesquisador fizesse interpretações dos dados coletados, tendo em vista que foi quem coletou, analisou e discutiu os dados.

Por fim, o estudo apresentará a primeira ferramenta, a FTA, após será apontado um plano de ação, a fim de mitigar a problemática encontrada.

4.2 APLICAÇÃO DA FERRAMENTA FTA

Baseado no estudo do referencial teórico, a ferramenta que será utilizada para a identificação das falhas é a FTA, uma vez que será analisado um problema existente e, a partir desse, identificar a causa raiz de sua ocorrência.

A primeira etapa consistirá na identificação dos componentes que podem gerar falhas no sistema de frenagem da elevação dos CNs. A partir destes dados se

terá a aplicação da ferramenta FTA, na qual será possível identificar cada relação dos diversos componentes com a falha em questão.

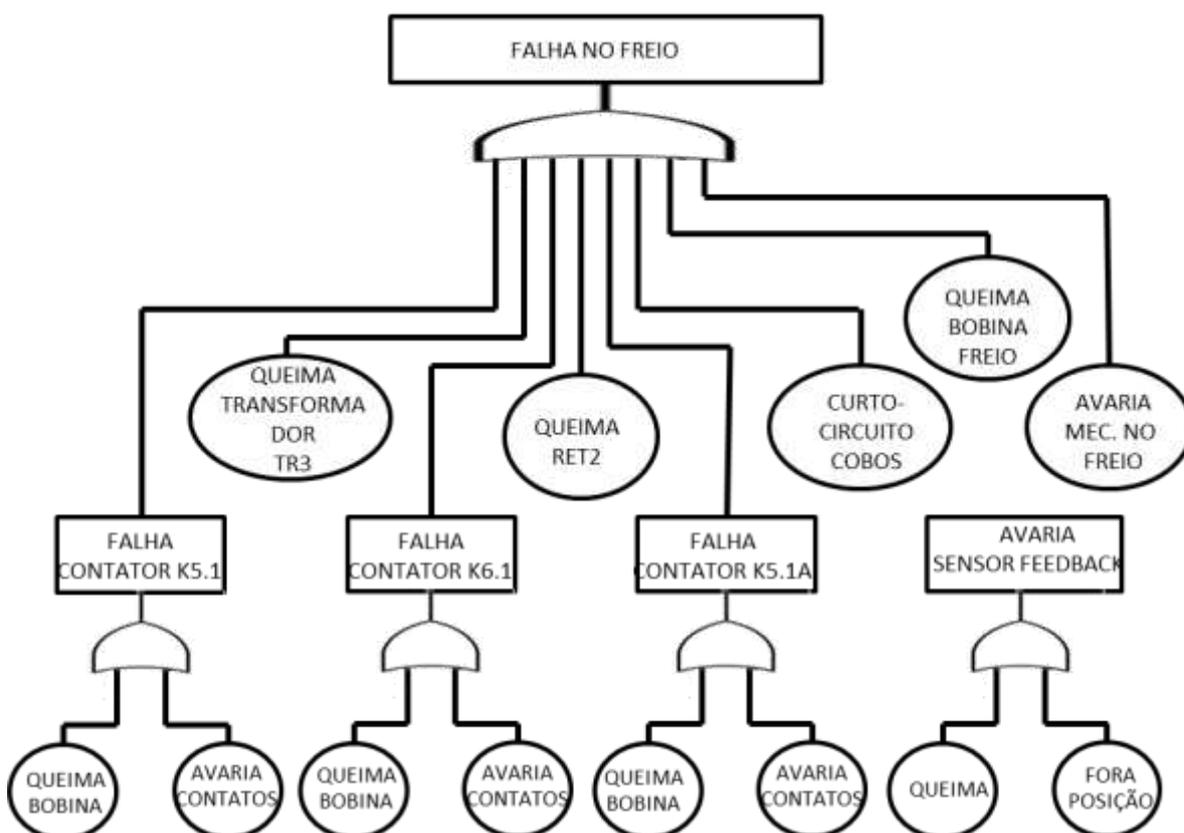
Em seguida será avaliada a interferência de cada componente na falha do sistema de frenagem, e assim identificar os componentes críticos.

Por fim será proposto um plano de ação de modo a mitigar o problema.

4.2.1 Estruturação da Árvore de Falhas do sistema

Na Figura 5 está representada a Árvore de Falhas confeccionada a partir do levantamento feito no circuito de frenagem das elevações dos CNs.

Figura 5 – Árvore de falhas do sistema de frenagem das elevações dos CNs



Fonte: o autor (2017)

Seguindo a estrutura da FTA, a falha em estudo é posta no topo, e abaixo dela as possíveis causas com suas devidas relações.

4.3 LEVANTAMENTO DE DADOS DE FALHAS

A partir da Árvore de Falhas foi possível visualizar a interferência dos componentes com a falha estudada, e com isso levantar o histórico de falhas desses componentes.

Os dados foram coletados por meio de consulta a documentos internos do Porto, dentre o período de julho 2015 a julho 2017, ou seja, o levantamento foi realizado através do histórico de registro de ocorrências no sistema interno.

Segundo Blache e Shirsvastava (1994) as fontes de falhas são numerosas e originam-se da própria organização ou no seu ambiente. Geralmente elas são determinadas por uma grande quantidade de fatores, como deterioração de diversos mecanismos, falhas das partes componentes, condições ambientais, etc., que, em combinação, conduzem ao término da habilidade de um item designado para determinada função. Ou seja, as falhas podem ser definidas como o fim da habilidade de um item executar uma função exigida.

Segundo Slack et al. (2002, p. 123),

Embora nenhuma operação produtiva seja indiferente às falhas, em algumas é crucial que os produtos e serviços não falhem – aviões em vôo, fornecimento de eletricidade a hospitais e funcionamento dos freios de um automóvel, por exemplo. Em outras elas são incidentais e podem não representar grande impacto ao processo, como por exemplo, a falha de uma lâmpada de um porta-luvas de um automóvel. Assim, as organizações precisam discriminar as diferentes falhas e prestar atenção especial naquelas que são críticas por si só ou porque podem prejudicar o resto da produção.

Como mencionado anteriormente, as principais falhas no sistema de frenagem bem como seus quantitativos, estão relacionadas no Quadro 1.

Quadro 1 – Levantamento do número de ocorrências

FALHAS	OCORRÊNCIA
Queima da bobina do contator K5.1	0
Avaria nos contatos de K5.1	2
Queima do transformador TR3	4
Queima da bobina do contator K6.1	2
Avaria nos contatos de K6.1	4
Queima da ponte retificadora RET2	4
Queima da bobina do contator K5.1A	2
Avaria nos contatos de K5.1A	23
Curto-circuito em cabos	0
Queima da bobina magnética do freio	0
Avaria nos sensores de feedback de freio	3
Sensores de feedback de freio fora de posição	6
Avaria mecânica no freio	2

Fonte: o autor (2017)

Já com relação ao número total de componentes instalados na planta, o mesmo pode ser observado no Quadro 2.

Quadro 2 – Quantitativo de componentes dos sistemas

COMPONENTES	NÚMERO TOTAL
K5.1	10
TR3	10
K6.1	10
RET2	10
K5.1A	10
SENSORES DE FEEDBACK	20
FREIO	20

Fonte: o autor (2017)

De acordo com os dados acima, nota-se que a falha com maior ocorrência é a avaria nos contatos de K5.1A, com 23 ocorrência no período estudado.

Como o foco do estudo é a avaria nos contatos de K5.1A, realizar-se-á neste item o estudo para aplicação de melhoria de forma a minimizar ou evitar novas ocorrências.

4.4 ANÁLISE DO PROBLEMA

O problema mais relevante neste contexto é a avaria nos contatos de K5.1A. O contator em questão é o modelo LC1D40 (Fotografia 7), do fabricante Telemecanique, com capacidade de corrente de 40A.

Fotografia 7 – Contator Telemecanique modelo LC1D40A



Fonte: o autor (2017)

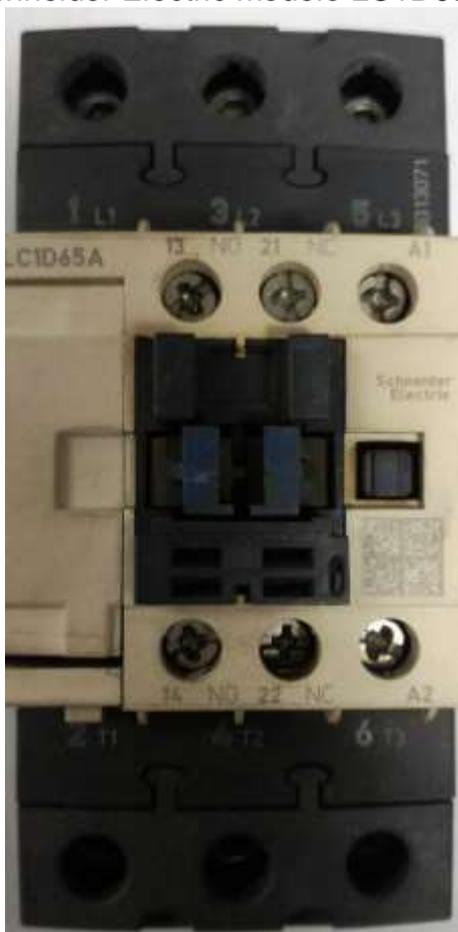
O contator trabalha fazendo a abertura e fechamento do circuito em corrente contínua, embora seja projetado para trabalhar em circuitos de corrente alternada. Este fato faz com que a avaria em seus contatos seja potencializada quando de sua abertura.

4.5 RESOLUÇÃO DO PROBLEMA

4.5.1 Caminho principal

A proposta para resolução do problema é a troca do contator original por um de maior capacidade de interrupção de potência quando de sua abertura. O modelo escolhido foi o LC1D65A (Fotografia 8), do fabricante Schneider Electric, com capacidade para 65A.

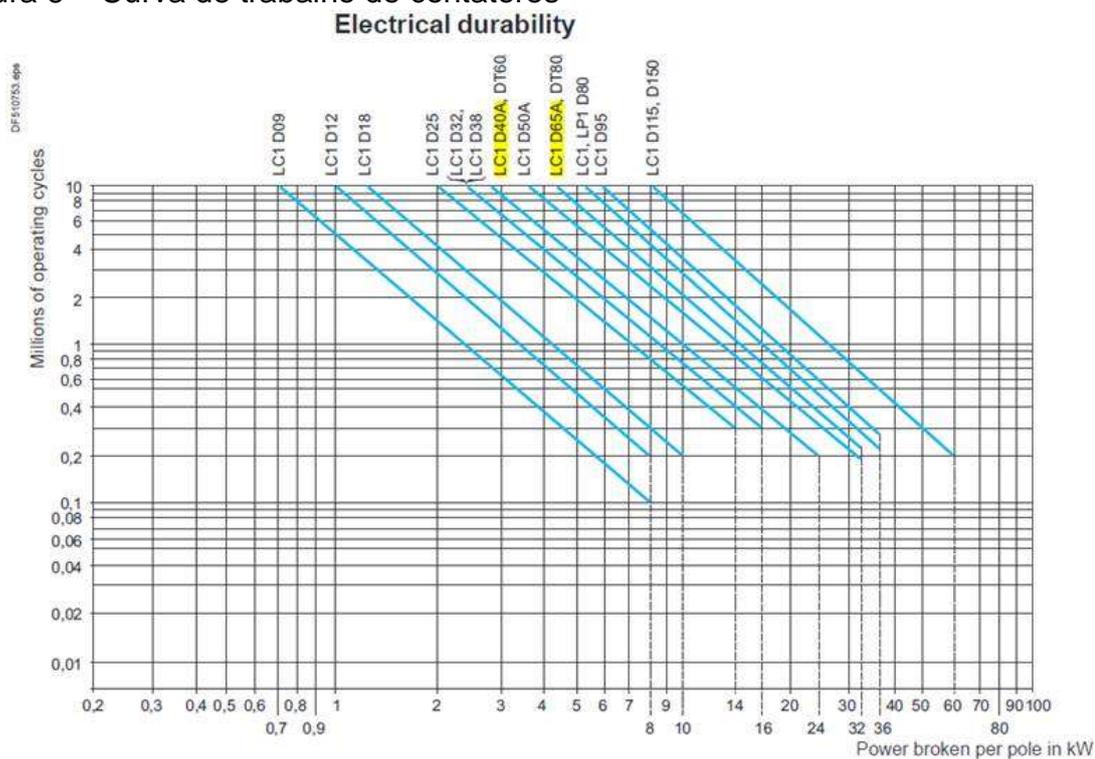
Fotografia 8 – Contator Schneider Electric modelo LC1D65AF7



Fonte: o autor (2017)

A escolha do modelo do contator em questão foi baseada em sua curva de trabalho. No gráfico da Figura 6 é possível observar uma comparação das curvas de capacidade de interrupção de potência dos dois contatores.

Figura 6 – Curva de trabalho de contatores



Fonte: Schneider Electric (2017)

No gráfico também é possível observar que o contator a ser aplicado possui uma maior vida útil, representada em milhões de ciclos de operação, quando comparada à vida útil do contator original.

4.5.2 Monitoramento

Uma abordagem adicional à troca do contator, será o monitoramento do ciclo de trabalho do mesmo. Isso se dará com o envio de um sinal, de um contato auxiliar desse contator, ao CLP (controlador lógico programável) (Figura 7), onde será criada a lógica de monitoramento.

Figura 7 – CLP



Fonte: Rockwell Automation (2017)

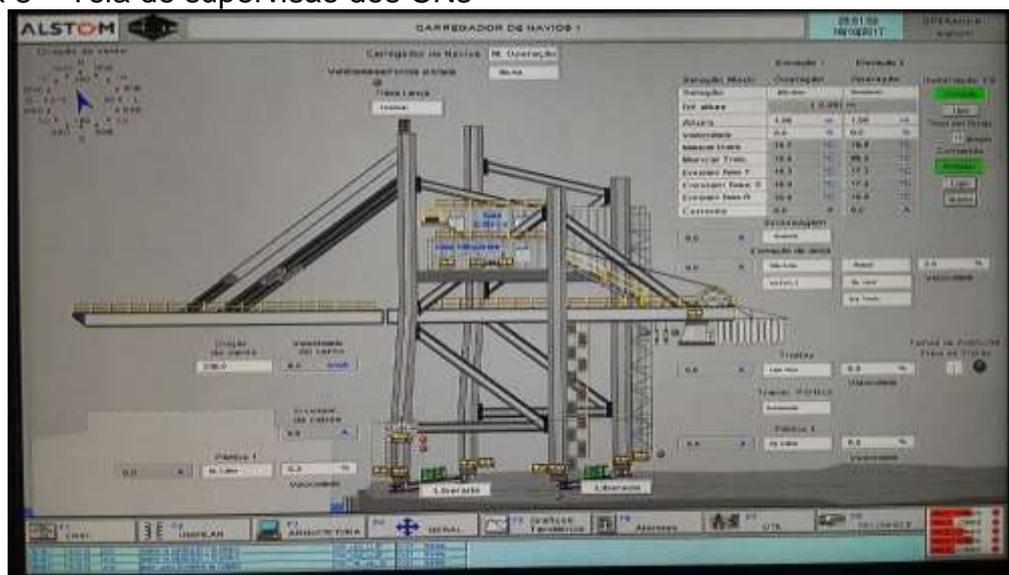
A lógica criada será responsável por comparar os ciclos de operação, realizadas pelo contator, com um número de ciclos a ser definido.

O número máximo de ciclos suportado pelo contator será adquirido com a comparação da curva de trabalho deste, com os dados levantados através de ensaios acelerados de vida a ser realizado. Este ensaio consiste em realizar repetidos acionamentos do contator, simulando, em bancada, a mesma aplicação que fará na aplicação real, ou seja, em um circuito semelhante, até que o componente entre em falha. O ensaio será realizado com 3 (três) contadores, e será usado como parâmetro a média dos valores.

O valor a ser utilizado como comparação na lógica, denominado de Valor Comparativo, será o valor encontrado no ensaio supracitado, subtraído de um fator de segurança de 10% (dez por cento).

Quando o valor de ciclos do contator for maior ou igual ao Valor Comparativo, a lógica enviará uma mensagem à tela do sistema de supervisão dos CNs (Figura 8) indicando a necessidade de troca do componente por fim de vida útil.

Figura 8 – Tela de supervisão dos CNs



Fonte: o autor (2017)

A partir desse momento, o inspetor responsável pelo equipamento fará um planejamento para troca do contator em parada oportuna do equipamento, seja por motivo de manutenção preventiva ou por falta de necessidade de operar com o mesmo.

4.6 RESULTADOS

Como resultado do trabalho, espera-se que a falha no sistema de frenagem das elevações de carga dos CNs, causadas pela avaria nos contatos do contator K5.1A, seja eliminada. Isso será possível através da troca do contator por um de maior capacidade de interrupção de corrente elétrica, bem como do monitoramento e troca do novo contator antes do fim de sua vida útil.

5 CONCLUSÃO

A partir do estudo bibliográfico foi possível visualizar a importância da análise de falhas, no qual os conceitos de qualidade e confiabilidade estão associados à ausência de falhas ou a baixa ocorrência delas. Tendo conhecimento da importância de se estudar as falhas de um sistema, foram escolhidas ferramentas destinadas à análise de falhas no sistema de frenagem do movimento de elevação de carga dos Carregadores de Navios.

A ferramenta escolhida para a análise foi a FTA, que é comumente usada em análises de falhas de equipamentos e processos, e que permite encontrar possíveis falhas de um sistema, seus efeitos, suas causas e suas origens.

Esta ferramenta permitiu visualizar de forma gráfica os modos de falha do sistema e suas relações, auxiliando assim na identificação do modo de falha com maior relevância para a ocorrência de falhas no sistema de frenagem das elevações, que é a avaria nos contatos do contator K5.1A. Desta forma foi possível propor um plano de ação, que se trata da troca do contator em questão por um modelo de maior capacidade de dissipação de corrente elétrica, bem como o monitoramento do ciclo de trabalho do novo contator para que seja substituído antes do fim de sua vida útil.

Essas ações objetivam a eliminação das falhas no sistema de frenagem das elevações relacionadas à avaria nos contatos do contator K5.1A.

REFERÊNCIAS

BLANCHARD, B. FABRYCKY, W. J. **Systems Engineering and analysis**. Prentice Hall International Series in Industrial & Engineering, 1990.

BLACHE, M. K. & SHRIVASTAVA, B. A., **Defining Failure of Manufacturing & Equipment**. In: Proceeding Annual Reliability and Maintainability Symposium, pp. 69-75, 1994.

BATALHA, M. O. **Introdução a engenharia de produção**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008.

CARLSON, C. S. **Effective FMEAs: achieving safe, reliable, and economical products and processes using failure mode and effects analysis**. Danvers, United States of America: Wiley e Sons, Inc, 2012. C

FACCHIN, O. **Fundamentos de metodologia**. São Paulo: Saraiva, 2006.

FERRÃO, R G. **Metodologia científica para iniciantes em pesquisa**. Vitória: Incaper, 2008.

GIL, AC. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. São Paulo: Atlas, 2001.

GNEDENKO, B. USHAKOV, I. **Probabilistic Reliability Engineering**. Ed. John Wiley & Sons, 1995.

JURAN, J. M. **Quality handbook**. New York, United States of America: Mcgraw-hill, 1998.

LIMA, P.F.A. FRANZ, L.A.S. AMARAL, F.G. **Proposta de utilização do FTA como ferramenta de apoio ao FMEA em uma empresa do ramo automotivo**. XIII SIMPEP - Bauru, SP, Brasil, 06 a 08 de novembro de 2006

OLIVEIRA, U.R. MARINS, F.A.S. ROCHA, H. M. **Procedimento integrado para mapeamento de falhas em manufatura: um estudo empírico em uma**

montadora de pneus. Simpoi 2012. Disponível e.m: < <https://www.aedb.br/wp-content/uploads/2015/05/20124.pdf> > Acesso em 12. Out. 2017.

PESSOA, G. **Ferramentas de gestão de qualidade.** Disponível em: < <http://www.ebah.com.br/content/ABAAABhQsAI/ferramentas-gestao-qualidade-fta> > Acesso em 12. Out. 2017.

RIGONI, E. **Métodos para Análise de Falhas.** Especialização em engenharia da confiabilidade. Curitiba, 2016.

ROSS, C. DIESEL, L. MORAES, J.A.R. ROSA, L.C. **Aplicação da ferramenta fmea: estudo de caso em uma empresa do setor de transporte de passageiros.** TECNO-LÓGICA, Santa Cruz do Sul, v. 11, n. 1 e 2, p. 29-32, jan./jun. 2007

SALGADO, M.F. P. **Aplicação de técnicas de otimização á engenharia de confiabilidade.** Mar. 2008. Disponível em: < http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/bitstream/handle/1843/BUOS-8CDG4N/marcia_de_fatima_platilha_salgado.pdf?sequence=1 > Acesso em 12. Out. 2017.

SAMPAIO, D. R. **Análise de Falhas e Proposta de Melhorias em um Sistema de Freios de Veículos de Competição Universitária.** Brasília, DF, 2016-

SCHIMIDT, J.C. **Método de análise de falha utilizando a integração das ferramentas DMAIC, RCA, FTA E FMEA.** Dissertação (Mestre em Engenharia da Produção). São Paulo: Universidade Metodista de Piracicaba, 2013

SILVA, J.R.S. SOUZA, L.A.D. CASTRO, L.Z. FERREIRA, T.A. CAMPOS, M.S. **Análise da confiabilidade:** um estudo de caso. XXXV encontro nacional de engenharia de produção. Perspectivas Globais para a Engenharia de Produção Fortaleza, CE, Brasil, 13 a 16 de outubro de 2015.

SLACK, N.; CHAMBERS, S. & JOHNSTON, R. **Administração da Produção.** São Paulo: Atlas, 2002.

VERGARA, S. C. **Como elaborar trabalhos técnicos**. São Paulo.