

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

JÚLIO CÉSAR AGRICOLA COSTA DA SILVEIRA

**ANÁLISE RAM DE UM SISTEMA DE TRANSPORTE DE BOBINAS DE
AÇO**

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

CURITIBA

2017

JÚLIO CESAR AGRICOLA COSTA DA SILVEIRA

**ANALISE RAM DE UM SISTEMA DE TRANSPORTE DE BOBINAS DE
AÇO**

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: Dr. Prof. Marcelo Rodrigues

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

ANALISE RAM DE UM SISTEMA DE TRANSPORTE DE BOBINAS DE AÇO

Por

JÚLIO CÉSAR AGRICOLA COSTA DA SILVEIRA

Esta monografia foi apresentada em 16 de Outubro 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. Marcelo Rodrigues Dr.
Professor Orientador – UTFPR

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

Prof. Emerson Rigoni, Dr. Eng.
Membro Titular da Banca – UTFPR

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

AGRADECIMENTOS

Este trabalho não poderia ser terminado sem a ajuda de duas pessoas às quais presto minha homenagem, minha esposa Adriana pelo incentivo diário a que me é prestado e ao meu filho Enzo que com um simples sorriso me incentiva a continuar sempre seguindo a frente.

Agradeço também aos meus poucos, mas verdadeiros amigos, pelo incentivo incessante e pela ajuda precisa, principalmente nos momentos de esmorecimento.

“O insucesso é apenas uma oportunidade para
recomeçar com mais inteligência.”

Henry Ford

RESUMO

SILVEIRA, Julio Cesar Agricola Costa da Silveira. **Análise RAM de um Sistema de Transporte de Bobinas de Aço**. 2017. 37 páginas. Monografia (Especialização em Engenharia da Confiabilidade) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2017.

A ferramenta Análise RAM é utilizada para maximizar a confiabilidade dos equipamentos. Neste trabalho indicou-se o caminho para que tal ferramenta seja usada para reduzir os índices de quebras de um equipamento importante dentro da linha de produção que está inserida. Para tal foi efetuado levantamento das paradas por quebra ocorridas neste equipamento, pesquisado o histórico de planos de manutenção e por final definido os modos de falha deste equipamento. Como resultado obtido foi uma melhora nos planos de manutenção do equipamento, redução nos tempos de paradas por quebra e, por conseguinte um aumento no tempo disponível para a produção.

Palavras-chave: Confiabilidade. Manutenção. Análise RAM

ABSTRACT

SILVEIRA, Julio Cesar Agricola Costa da Silveira. **Análise RAM de um Sistema de Transporte de Bobinas de Aço**. 2017. 37 páginas. Monografia (Especialização em Engenharia da Confiabilidade) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2017.

The RAM Analysis tool is used to maximize equipment reliability. In this work the way was indicated for such tool to be used to reduce the failure rates of an important equipment within the production line that is inserted. To do this, the breakdowns were performed for this equipment, the history of maintenance plans was searched and the failure modes of this equipment were defined. The result was an improvement in the maintenance plans of the equipment, a reduction in downtime and a consequent increase in the time available for production.

Palavras-chave: Reability. Maintenance. RAM Analisys.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1.1 – Fluxograma da Metodologia Utilizada	18
Figura 4.1 – Sensor de Indicação de Presença de Bobina.....	31
Figura 4.2 – Sensor de Indicação de Carro na Posição Baixa	32
Figura 4.3 – Esteira Porta Cabos	33
Figura 4.4 – Percentual dos Tempos de Parada por Cada Subsistema.....	36

LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1 – Tempo de Falha por Subsistema.....	30
Tabela 5.1 – Tempo de Falha por Subsistema após alterações	38

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÔNIMOS

LISTA DE ACRÔNIMOS

RAM Reliability, Availability and Maintainability

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	4
RESUMO	6
ABSTRACT	7
LISTA DE ILUSTRAÇÕES	8
LISTA DE TABELAS	9
LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÔNIMOS	11
SUMÁRIO	12
1 INTRODUÇÃO	14
1.1 PREMISSAS E PROBLEMA DE PESQUISA	14
1.2 OBJETIVOS	15
1.2.1 Objetivo Geral.....	16
1.2.2 Objetivos Específicos	16
1.3 JUSTIFICATIVA	16
1.4 PROCEDIMENTOS METODOLOGICOS.....	17
1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	18
2 CONFIABILIDADE, DISPONIBILIDADE E MANTENABILIDADE	19
2.1 CONFIABILIDADE.....	20
2.1.1 TEMPO MÉDIO ATÉ FALHA.....	21
2.2 MANTENABILIDADE.....	22
2.3 DISPONIBILIDADE	23
2.4 SÍNTESE E CONCLUSÃO DO CAPÍTULO.....	24
3 REFERENCIAL TEÓRICO	25
3.1 LINHA DE ENCRUAMENTO	26
3.2 SETOR DE SAÍDA	27
3.3 COLETA DE DADOS	29
3.4 SÍNTESE E CONCLUSÃO DO CAPÍTULO.....	30
4 DESENVOLVIMENTO	31
4.1 DEFINIÇÃO DOS MODOS DE FALHA	31
4.1.1 Sensores	32
4.1.2 Sequência.....	33
4.1.3 Esteira	33
4.1.4 Bombas de Poço	34
4.1.5 Tesouras de Ponta	35
4.2 PLANOS DE MANUTENÇÃO.....	36
4.3 PRIORIZAÇÃO DOS SISTEMAS DEFICITÁRIOS	36
4.4 SÍNTESE E CONCLUSÃO DO CAÍTULO.....	37
5 CONCLUSÃO	38
REFERÊNCIAS	39

1 INTRODUÇÃO

A forte tendência da indústria atual é maximizar o uso do seu ativo de modo que o mesmo forneça uma maior produção possível, dentro do menor custo e maior qualidade do produto final a ser produzido.

Dentro desta premissa a confiabilidade, manutenibilidade e disponibilidade do ativo são itens que quando controlados, facilitam a busca por maximizar o uso dos ativos.

A análise da disponibilidade de um sistema é fator importante para identificar subsistemas que necessitam passar por melhorias. O volume da produção deste sistema é diretamente afetado pela disponibilidade do mesmo. A disponibilidade é afetada pela manutenibilidade e confiabilidade do sistema. Quando os subsistemas não possuem uma boa manutenibilidade e confiabilidade, a sua disponibilidade é reduzida.

Ao se realizar uma análise de confiabilidade de um sistema, consegue-se prever falhas potenciais dos equipamentos que compõe este sistema. A confiabilidade de um sistema é a probabilidade do mesmo funcionar sem que ocorram falhas segundo as características requeridas dentro de um período de tempo. Um sistema que possui subsistemas com confiabilidade elevada permite que possa ser disponibilizado o ativo o máximo de tempo possível para a produção.

A manutenibilidade de um sistema indica à probabilidade do sistema ser restaurado a condição definida no projeto, dentro de um determinado tempo. Este item auxilia a manter a disponibilidade do sistema no maior valor possível. Manter a função principal do sistema sempre ativo é uma das funções da manutenibilidade (LAFRAIA, 2001).

1.1 PREMISSAS E PROBLEMA DE PESQUISA

O trabalho foi desenvolvido em um equipamento instalado em uma linha de Encruamento de bobinas de aço carbono.

Encruar uma bobina de aço carbono é devolver para as ligas de aço propriedades mecânicas que foram perdidas durante o processo anterior de laminação a frio que é o recozimento. Durante o processo de recozimento os grãos

de aço incham devido ao tempo de encharque em temperaturas próximas de 700°C que estas bobinas são aplicadas. Esta ação torna o aço impossibilitado de sofrer deformação em prensa para tornar a forma das peças a que serão aplicadas.

Para que o mesmo tenha a capacidade de aceitar a deformação em prensas, faz-se necessário alongar os grãos de aço, tornando os mesmos capazes de trabalhar na zona plástica durante o processo de prensa futuro.

Para que o material possa ser processado, é necessário que seja efetuado o transporte das bobinas de aço dentro da linha de produção. Este transporte é efetuado por carros que transportam bobinas com peso de até 30 toneladas. Estes carros possuem movimento de translação que é executado através de motor elétrico e movimento de elevação que é executado por cilindros hidráulicos. Além destes subsistemas, um carro de transporte de bobinas possui esteira porta cabos, rodas, cabos elétricos, sensores de presença, temperatura, nível e berços para alocar as bobinas sobre os carros.

A linha de Encruamento ao qual foi desenvolvido o trabalho possui três carros de transporte de bobina. Um carro localizado na entrada da linha e dois carros localizados na saída da linha.

O carro 1 localizado na saída da linha, possui índices de falhas muito superior aos demais da linha. Estes índices indicam que este sistema é o que possui a pior confiabilidade dentro da linha de produção. Os índices deste sistema por vezes afetam a produtividade da linha.

Em levantamento durante os anos de 2016 indicou que este sistema foi o que mais vezes parou na linha de produção devido a falhas no equipamento. Ele possui o maior tempo de parada em um ano e também a maior quantidade de paradas (ARCELOR MITTAL VEGA, 2016).

1.2 OBJETIVOS

Este trabalho busca a utilização de uma ferramenta no intuito de auxiliar na melhora de resultados relacionados com a manutenção do equipamento em questão, por conseguinte aumento de produção e redução no custo de manutenção.

1.2.1 Objetivo Geral

Aplicar a análise RAM para aumentar em 50% os índices de disponibilidade, confiabilidade e manutenibilidade do equipamento carro de saída 1 da Linha de Encruamento.

A melhora destes itens passa por indicar ações preventivas e preditivas que tornem a manutenibilidade superior a atual e indicar os subsistemas que possuem índices de confiabilidade abaixo do esperado.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Levantar os tempos de parada do equipamento analisado;
- Definir os subsistemas do equipamento que tem maior influência nas paradas por falhas;
- Analisar e propor melhorias dos planos de manutenção dos subsistemas;
- Analisar os tempos de parada por manutenção corretiva de cada subsistema;
- Verificar a qualidade dos sobressalentes dos componentes dos subsistemas.

1.3 JUSTIFICATIVA

O aumento da disponibilidade dos equipamentos pertencentes a Linha de Encruamento é item importante no auxílio do aumento da produção e redução dos custos da produção.

A produção mensal desta linha atualmente está em níveis superiores a 40 mil toneladas de bobinas de aço por mês. Esta linha de produção possui capacidade instalada de 50 mil toneladas por mês.

Para manter este nível de produção faz-se necessário manter os tempos de parada da linha por falha em equipamentos inferiores a 2,5% do tempo total disponível de produção mensal. O tempo calendário desta linha é em média 720 horas em um mês de 30 dias. Deste tempo é subtraído o tempo da manutenção preventiva que ocorre mensalmente que são 12 horas.

Sendo assim, esta linha tem 708 horas mensais de tempo de produção. A produção média desta linha é de 70 toneladas/hora. Se o objetivo é 2,5% da meta de parada por falha em equipamento, forneceria uma perda de 1.240 toneladas de aço que deixam de ser produzidas devidas falhas em equipamentos em um mês.

Esta perda de produção indica uma perda de 3,1% na produção total quando a produção mensal for de 40 mil toneladas e daria 17,7 horas de parada por falhas em equipamentos, em mês de 30 dias (ARCELOR MITTAL VEGA, 2016).

As perdas por custo elevado variam dependendo do tipo de falha e da sua gravidade.

1.4 PROCEDIMENTOS METODOLOGICOS

A metodologia usada neste trabalho será a análise RAM, a confiabilidade, manutenibilidade e a disponibilidade do sistema para deverão emitir um parecer indicando os principais modos de falha dos subsistemas.

O primeiro passo será levantar os dados de paradas por falha dos subsistemas deste carro. De posse destes dados será utilizado a distribuição Weibull para analisar o comportamento do sistema.

Através dos dados de paradas foram levantado o parâmetros beta β que indica qual tipo de falha ocorre nos subsistemas deste carro. Quando beta é inferior a 1 indica que as falhas prematuras, ocorrem com pouco tempo de uso. Quando o beta tem valor 1 indica falhas por motivos aleatórios e quando o valor de beta e superior a 1 indica que o modo de falha é desgaste dos subsistemas.

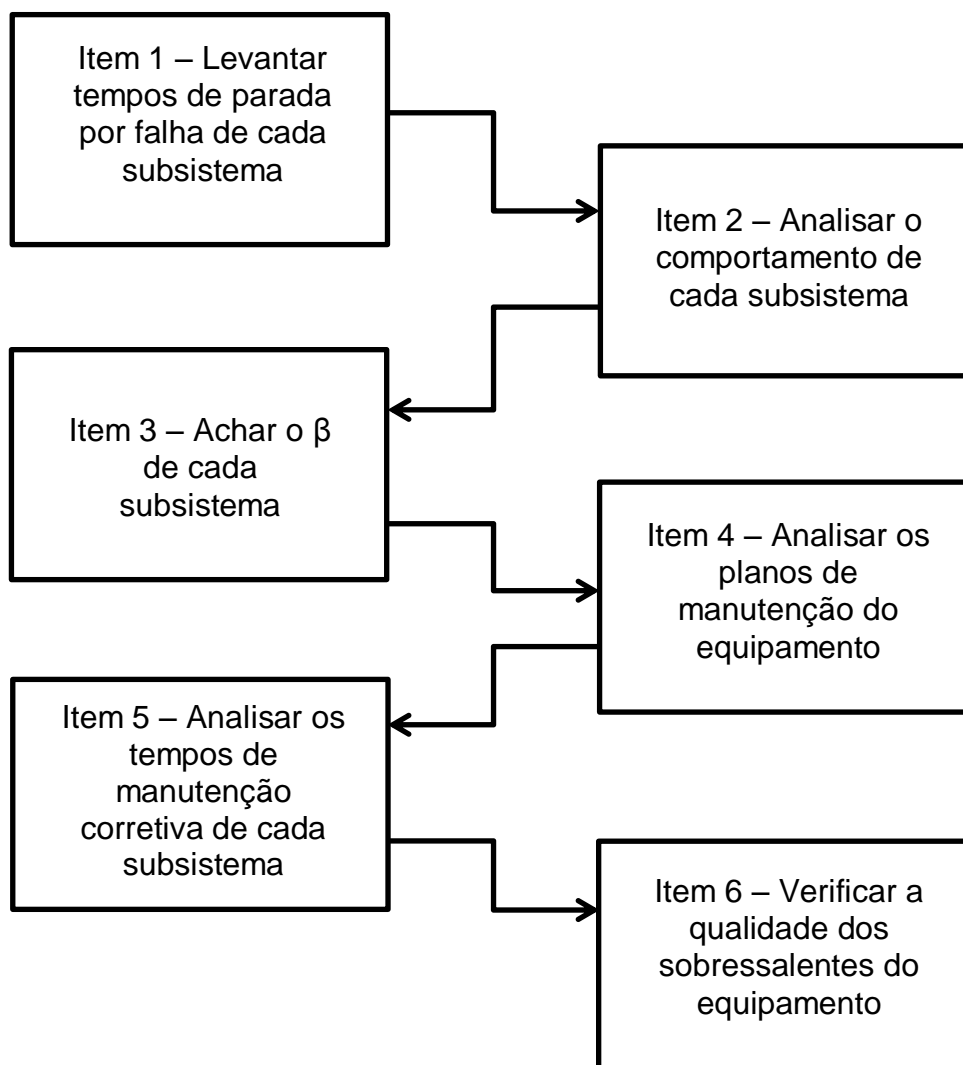
Outro parâmetro que também sairá desta análise inicial é o eta η , este é o parâmetro que trata da escala do gráfico indicativo da distribuição.

Após analisado o plano de manutenção dos subsistemas, verificando a periodicidade das ações, os tipos de ações existentes dentro do plano de manutenção e a sua consecução.

Em um terceiro passo foram verificados os tempos das manutenções corretivas, verificando se é fácil executar a manutenção nestes subsistemas ou existe difícil acesso ou falta de conhecimento do funcionamento destes subsistemas.

Também foi verificada a quantidade de mão de obra aplicada nas manutenções corretivas e preventivas nestes subsistemas.

Figura 1.1 - Fluxograma da Metodologia Usada



Fonte: o autor (2017)

Por último foi verificado a qualidade dos sobressalentes utilizados nestes subsistemas, observando a questão de mortalidade infantil devido a erro na estocagem ou manuseio do mesmo durante instalação e montagem.

1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

Os capítulos tratam cada um dos temas envolvidos com um assunto focado nos objetivos deste trabalho. Nos capítulos explicita a inter-relação entre os diversos temas abordados e o modo como este relacionamento é implementado para cumprir os objetivos desta tese. Sendo assim, excluindo este capítulo os demais possuem os seguintes assuntos:

- O capítulo 2 apresenta os tópicos principais referentes a Análise RAM, as equações usadas para o cálculo da confiabilidade, manutenibilidade e disponibilidade;
- O capítulo 3 apresenta o local aonde foi executado o trabalho. Apresenta o que é uma Linha de Encruamento, e o local aonde foi retirado os dados para ser executado o trabalho, neste caso a saída da linha de produção citada;
- O capítulo 4 apresenta os detalhes de cada subsistema verificado, explica as ocorrências destes subsistemas e algumas soluções adotadas para melhorar os seus resultados.
- O capítulo 5 finaliza o trabalho apresentando a análise dos resultados alcançados bem como o desdobramento indicando as soluções utilizadas.

2 CONFIABILIDADE, DISPONIBILIDADE E MANTENABILIDADE

Estes três tópicos formam a base de um tripé que é usado para melhora dos resultados no que se diz respeito a melhor utilização do ativo. É entendido que um trabalho realizado no ativo aonde busca a melhora da confiabilidade, o aumento da disponibilidade e a melhora na facilidade da manutenção do mesmo possibilita como resultado uma melhora na utilização deste ativo.

Esta melhora resulta em redução de custo de manutenção, otimização de sobressalentes em estoque e aumento do tempo de uso deste ativo.

2.1 CONFIABILIDADE

Quando se é analisada a Confiabilidade $R(t)$ de um sistema composto de componentes e equipamentos, deve ser levado em consideração os seguintes itens:

- A definição de Confiabilidade, afim de que seja conceituado o que é entendido por função do sistema;
- A equação matemática, para que se tenha uma previsão no tempo (ciclos, operações, quilômetros etc).

De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas ABNT, segundo sua norma ABNT 5462, o conceito de Confiabilidade é: Capacidade de um item desempenhar uma função especificada, sob condições e intervalo de tempo pré-determinado (ABNT NBR 5462, 1994).

Com o conceito acima, pode retirar a conclusão que Confiabilidade é uma probabilidade de bom funcionamento relacionada ao tempo de utilização e a progressiva perda da qualidade.

Um item importante que deve ser levado e consideração é o conceito de falha, que é entendido pelas limitações susceptíveis de influenciar significativamente o valor da Confiabilidade.

A Confiabilidade é relacionada com a probabilidade de que um item sobreviva em um determinado intervalo, ou seja, não falhe no intervalo $[0,t]$ dada na equação ,

$$R(t) = 1 - F(t) = e^{-\int_0^t \delta(t) dt}$$

Onde:

$F(t)$ = probabilidade de falha

$\lambda(t)$ = taxa instantânea de falha.

No desenvolvimento da metodologia deste trabalho será utilizada a distribuição Weibull. A mesma é versátil e aplicável com excelente precisão para o modelo a ser aplicado.

2.1.1 Tempo Médio até Falha

O conceito de Tempo Médio até Falha (TMAF) de um dado componente ou sistema é dado pela seguinte equação:

$$TMAF = \int_0^{\infty} R \cdot dt$$

2.2

Quando estão envolvidos componentes equivalentes e arranjos Serie/Paralelo nos sistemas, a solução analítica da equação [3] é complexa. Nesta situação prefere-se que utilize uma interação numérica conforme mostrado abaixo na equação:

$$TMAF = \Delta t \sum_{r=1}^k Rr$$

2.3

Onde:

Δt = constante

Rr – Confiabilidade para o tempo $t_r = (r-1/2) \cdot \Delta t$

Este conceito de TMAF nos relata em média o histórico do tempo que o equipamento demora a falhar. Este valor auxilia a prever a falha antes que a mesma venha a ocorrer.

2.2 MANTENABILIDADE

Existe uma relação entre a probabilidade de falhar (Confiabilidade) e de manter (Mantenabilidade), ambas referidas a uma mesma variável aleatória, neste caso o tempo (t) conforme referida em uma distribuição Weibull.

A medida da Mantenabilidade $M(t)$ é importante na análise da operacionalidade e dos custos. A definição de Mantenabilidade é dada como a probabilidade de recolocar em serviço o componente, equipamento em um dado tempo (t), ou seja, do elemento retornar ao estado de bom funcionamento, ou perfeito estado de operação.

A Mantenabilidade estimada, de maneira simplificada é dada pela relação indicada na equação [5]:

$$M(t) = Q(t)/Q(0) \leq 1$$

2.4

Com $Q(t) \leq Q(0)$, onde:

$Q(t)$ = quantidade de itens reparados no tempo (t)

$Q(0)$ = quantidade inicial de itens (t=0)

A Mantenabilidade é uma probabilidade crescente com o aumento do tempo (t), tendendo no limite (t=∞) para o valor $M(t)=1$ (100%). Ao contrário a Não Mantenabilidade $N(t)$ é uma probabilidade decrescente no tempo (t), tendendo no valor limite (t=∞) para o valor $N(t)=0$ (0%), ou seja, uma probabilidade nula de não ter sido reparado.

2.3 DISPONIBILIDADE

Para efetuar um estudo completo sobre Disponibilidade $D(t)$ de um sistema é necessário levar em consideração os seguintes itens:

- Sua definição, para conceituar o que se entende por disponibilidade ou utilização do sistema a ser estudado;

- O tipo de mortalidade que ocorre nas falhas do sistema a ser estudado;
- As mudanças de estado no sistema, correspondente ao “estado de falha” ou “estado de bom funcionamento” do componente do sistema.

É de suma importância que seja levar em consideração que um sistema pode indicar uma excelente Disponibilidade, embora apresente Confiabilidade baixa. Esta contradição ocorre devido aos seguintes procedimentos:

- Uso de redundâncias, na qual a falha de um componente não implica na falha do sistema;
- Rápida recolocação do sistema em serviço.

De acordo com a NBR 5462, Disponibilidade é definida como “medida do grau que um item estará em estado operacional e confiável no início da missão, quando a missão for exigida aleatoriamente no tempo.”. (ABNT NBR 5462, 1994).

Dentro do conceito acima descrito podem ser encontrados conceitos importantes para se entender a Disponibilidade de um ativo aos quais são relacionadas com a probabilidade de bom ou mau funcionamento, as condições de funcionamento que indicam uma qualificação de um nível de desempenho inicial e os limites de tempo que indicam uma definição de um tempo definido par cada intervenção.

Uma definição que indica bem o que é disponibilidade seria: “Disponibilidade de um ativo é a capacidade, expressa por uma probabilidade de”.

- Apresentar em tempo real de funcionamento compatível com a missão requerida, em um dado tempo especificado;
- Após um evento de falha retornar ao estado perfeito de funcionamento;
- Em condições operacionais e ambientais especificadas;
- Com custos de reparos compatíveis;
- Com tempos de recolocação menores possíveis;

A Disponibilidade de um ativo é identificada em duas situações, quando se faz necessário a sua troca devido a ação de manutenção ou por mortalidade, quando ocorre a quebra definitiva de componentes não permitindo reparo.

Quando um ativo permite que o mesmo após uma manutenção possa ser recolocado em funcionamento restabelecendo as suas funções, o mesmo é classificado como um Sistema Reparável. Quando o mesmo não retorna ao seu funcionamento ou não aceita que seja executado uma tarefa de manutenção, o mesmo é classificado como Sistema Não Reparável.

Em um sistema reparável o tempo de colocação em operação normal pode ser considerado como Instantâneo com relação ao tempo de operação ou Não Instantâneo quando técnicas adicionais são necessárias para a sua análise.

O tempo (T_d) é chamado como o tempo em que o ativo se encontra em operação ou Tempo Disponível, também conhecido nas literaturas como “Up Time”, o tempo (T_i) é o período em que o ativo esta fora de operação (Indisponível) ou “Down Time” como é conhecido em algumas literaturas.

A Disponibilidade de um ativo e determinado pela fórmula simplificada indicada abaixo como equação:

$$Dt = \left(\frac{\text{tempo total de bom funcionamento}}{\text{tempo total esperado de funcionamento}} \right) = \frac{T_d}{T_d + T_i}$$

2.6

2.4 SÍNTESE E CONCLUSÃO DO CAPÍTULO

Este capítulo demonstrou na teoria, o conceito de três itens que são importantes para o desenvolvimento deste trabalho que são a Confiabilidade, Disponibilidade e a Manutenibilidade.

Estes três itens citados acima, são índices que quando mensurados indicam o como o ativo se encontra, tanto no quesito de custo bem como no quesito de tempo de utilização.

Estes itens mensurados auxiliam a indicar a situação do ativo, se ele está fornecendo o produto final com um baixo custo e boa qualidade. Estes dois quesitos auxiliam a delimitar o lucro que o ativo fornece para a empresa.

No capítulo 3 será demonstrado o local aonde serão mensurados estes itens. Indicado as partes da linha de produção em questão e as suas particularidades.

É importante conhecer o conceito de Confiabilidade, Disponibilidade e Manutenibilidade para extrair estas itens do histórico da linha de produção em questão.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

A Análise RAM foi utilizada em uma linha de laminação de encruamento a frio. Mais precisamente no setor de saída desta linha, aonde o produto final é retirado da linha e destinado para a sua embalagem e por conseguinte para o cliente.

Esta parte da linha de produção apresentou no ano de 2016 muitos problemas de equipamento, o que causou um aumento de 30% na indisponibilidade do mesmo.

Este aumento na indisponibilidade deste equipamento foi o indicativo para a escolha deste setor para efetuar o trabalho.

3.1 LINHA DE ENCRUAMENTO

Encruar uma chapa de aço carbono é devolver a mesma o limite de escoamento que foi retirado durante o processo anterior da laminação a frio que é o recozimento. Durante o recozimento o grão de aço incha e toma forma arredondada. Este tipo de grão não permite que a chapa de aço seja estampada (FERREIRA,2006).

Para que esta chapa de aço permita ser estampada novamente, é necessário alongar estes grãos de aço, permitindo que a fase plástica e a fase elástica da sua deformação sejam bem definidas durante o processo de estampagem.

O equipamento a ser estudado, encontra instalado dentro de uma linha de Laminação de Encruamento de Bobinas de Aço Carbono. Esta linha em questão

teve 2003 como ano de instalação. Sua capacidade de produção atual é de 50 mil toneladas de aço por mês.

Esta linha produz produto final destinado para os clientes que necessitam de bobinas de aço carbono sem revestimento e sem necessidade de planicidade da sua superfície.

As bobinas processadas nesta linha devem possuir peso inferior a 30 toneladas, espessura entre 0,4mm até 2,0mm e largura entre 750 mm até 1850 mm.

As bobinas que saem como produto final desta linha de produção possui peso inferior a 13 toneladas, diâmetro inferior a 2100 mm A espessura e largura do material na saída da linha são os mesmos do material que adentra a linha.

A linha em questão é dividida em 3 partes . A entrada da linha aonde a bobina de aço é transportada até o mandril, inserida no mandril e preparada a sua ponta para ser processada. O processo desta linha que se resume a cadeira de laminação existente e a saída da linha que tem por finalidade enrolar a bobina de aço processada, aplicar camada de óleo na sua superfície e efetuar o transporte e retirada da bobina do mandril de saída.

A entrada da linha é composta por um carro de bobina que faz o transporte da bobina a ser processada até o mandril que irá desenrolar a mesma. Dentro deste setor existe uma desempenadeira de pontas e uma tesoura de descarte da ponta da bobina. A bobina a ser processada possui deformidades na sua ponta inicial, estas deformidades devem ser descartadas, pois o cliente final não aceita tal situação. Junto desta tesoura esta instalada uma desempenadeira que é responsável por desamassar a ponta inicial da chapa de aço. O equipamento mais importante deste setor é o mandril da desenroladeira, que é responsável por desenrolar a bobina a ser processada.

O setor de processo da Linha de Encruamento é composto por um conjunto de rolos tensores, uma cadeira de laminação e um rolo deflector. A função deste setor é aplicar o alongamento necessário para devolver as características mecânicas para a chapa de aço. O alongamento é o produto da força de laminação aplicada na superfície da chapa de aço versus a tração aplicada com a chapa esticada. Este equipamento tem capacidade de aplicar 2,0% de alongamento, ou seja, uma bobina com 1000 metros de comprimento, quando aplicada 2,0% de alongamento passa a ter no final 1020 metros de comprimento.

3.2 SETOR DE SAÍDA

O setor de saída da Linha de Encruamento é composto por três importantes equipamentos: carro de bobina, mandril da enroladeira e oleadeira eletrostática.

Toda bobina processada nesta linha recebe uma garantia de seis meses a partir da data de processo contra oxidação na sua superfície. O fornecimento desta garantia é possível graças à aplicação de uma fina camada de óleo protetivo na superfície da chapa de aço durante o seu processo. A aplicação deste óleo na sua superfície é feito através de um equipamento denominado oleadeira eletrostática.

Este equipamento possui duas laminas carregada com uma carga eletrostática, esta carga é transferida para óleo que esta inserido dentro destas duas laminas, a chapa de aço processada se encontra com potencial zero de tensão elétrica, sendo assim o óleo migra automaticamente para a superfície desta chapa de aço.

O mandril de saída é responsável por bobinar novamente a chapa de aço de acordo com o peso solicitado pelo cliente final. A bobina que é desenrolada na entrada possui peso entre 20 toneladas até 35 toneladas. A bobina que é retirada na saída possui no máximo o peso de 13 toneladas. Isso deve a limitação de peso do equipamento do cliente.

O carro de bobina da saída é o equipamento a ser estudado. O mesmo tem a função de retirar as bobinas do mandril de saída quando produzidas e transportar entre os berços de estocagem da saída.

Este carro possui dois tipos de movimentos: elevação e translação. A elevação é executada através de um cilindro hidráulico que tem a capacidade de transportar bobinas de 50 toneladas. Para que o mesmo seja acionado existe neste carro um banco de válvulas proporcionais e um sistema hidráulico.

Para o acionamento da elevação são usadas válvulas proporcionais para o seu acionamento e um encoder para a verificação da sua altura. Tal precisão é necessária devido à variação do diâmetro da bobina retirada no mandril de saída.

O movimento de translação é executado por um motor elétrico que possui acionamento através de um inversor de frequência. O objetivo deste movimento é permitir que o carro transladasse entre os berços de saída da linha de produção, permitindo a retirada da bobina do mandril de saída e entregando a bobina para o

setor de embalagem. Para detectar a real posição do carro entre os berços é utilizado um sensor a laser para informar sua real posição.

Para alimentar os motores do sistema hidráulico e de translação é utilizada uma esteira porta cabos para transportar os cabos elétricos que alimentam os acessórios elétricos deste carro.

Este carro se encontra instalado dentro de um poço com profundidade de 2 metros e movimenta-se sobre trilhos. Este poço encontra-se diariamente com um excesso de óleo protetivo no seu piso e na estrutura do carro. Este óleo é proveniente da oleadeira que aplica óleo na chapa.

Em um turno de produção com duração de 12 horas, são processadas na saída cerca de 40 bobinas, sendo assim, este carro faz no mínimo 40 movimentações durante 12 horas.

Devido ao seu ciclo de trabalho e ao ambiente em que se encontra instalados os seus componentes, este carro apresenta um grande número de quebras, tornando este equipamento o que mais gera parada na linha de produção.

3.3 COLETA DE DADOS

A Linha de Encruamento possui um sistema de controle de dados aonde são registrados todos os eventos de produção ocorridos durante um turno de produção. Este sistema de nível 2 registra os dados das bobinas da entrada, dados de bobinas de saída, consumo de algumas matérias primas, defeitos detectados durante o processo e também os eventos de parada de linha.

Para analisar o efeito dos equipamentos nas paradas de produção, foi retirado os dados de parada do nível 2, podendo assim analisar os equipamentos que mais geraram. Os dados colhidos indicam o tempo de parada, o equipamento que gerou tal parada e o componente do equipamento que causou a parada do equipamento.

Com estes dados em mãos, sabe-se que o carro de bobinas de saída é o equipamento que mais gerou paradas na Linha de Encruamento durante o ano de 2016.

Este carro possui um plano de manutenção preventiva que roda a cada mês. Mensalmente a linha tem sua produção parada durante 12 horas para que a equipe

de manutenção efetue manutenções corretivas e preventivas nos equipamentos e componentes.

Durante todos os dias do mês de produção são executadas inspeções em todos os seus equipamentos de modo a evidenciar desgastes e início de quebras nos seus equipamentos.

3.4 SÍNTESE E CONCLUSÃO DO CAPÍTULO

Neste capítulo é indicado a linha de produção aonde será executada a análise bem como o equipamento em questão. Sendo definido trabalhar somente no equipamento que demonstra pior resultado de disponibilidade no ano de 2016. Neste capítulo também é indicado como será feita a coleta dos dados do equipamento a ser analisado.

Indicar o local aonde será executado a análise é importante para delimitar o local de trabalho e indicar a situação de como o mesmo trabalha. A indicação o quão mais precisa auxilia a dar uma noção da situação do equipamento.

A coleta dos dados é outro fator importante, pois demonstra a origem destes dados bem como indica o quão confiáveis são os mesmos.

No próximo capítulo indica os modos de falha atuantes neste equipamento bem como os equipamentos vilões que derrubam a confiabilidade da linha de produção.

Para se chegar a esta definição, os dados levantados na coleta deste capítulo tem papel importante.

4 DESENVOLVIMENTO

Os propósitos deste trabalho são definir os modos de falha atuantes no equipamento a ser estudado, verificar a eficácia dos planos de manutenção existentes e identificar dentro deste equipamento, o subsistema que possui a menor eficiência no que se diz respeito à confiabilidade.

4.1 DEFINIÇÃO DOS MODOS DE FALHA

Para que seja feita a definição dos modos de falha, o equipamento em questão foi subdividido em cinco subsistemas. Estes foram definidos de acordo com a quantidade de eventos de paradas que ocorreram. Os subsistemas que não aparecem nesta divisão não tiveram ocorrência de parada ou quebra durante o período de análise.

Tabela 4.1 – Tempo de Falha por Subsistema

SUBSISTEMAS	TEMPO (minutos)
Sensores	149,84
Falha de Sequencia	5
Esteira	131,09
Bomba do Poço	36,83
Tesoura	19,43
TOTAL	342,19

Fonte: o autor (2017).

Estes cinco subsistemas indicados acima variam desde componentes discretos (sensores) até equipamentos ou movimentos da máquina. Este tipo de variação de tipo de subsistemas é devido ao tipo de lançamento que o operador faz no momento da abertura da falha do equipamento. Nem sempre o mesmo indica o componente em falha, por vezes é indicado o equipamento ou parte do equipamento em falha.

4.1.1 Sensores

O subsistema “Sensores” é relacionado com todos os sensores de presença (indutivos) que estão instalados dentro do carro.

Para a movimentação automática e manual deste equipamento são utilizados quatro sensores indutivos. Conforme indicado na figura 1, sensor localizado dentro do berço de recebimento de bobina, este tem a função de detectar quando a bobina esta depositada sobre o carro. Este sensor sofre um desgaste devido estar localizado dentro do berço de teflon ao qual a bobina é depositada. Sobre este berço é apoiado todo o peso da bobina de aço que pode chegar até 30 toneladas. Por isso é o sensor que mais sofre com quebras durante a operação do equipamento.

Figura 4.1 - Sensor de Indicação de Presença de Bobina



Fonte: o autor (2017).

Para a indicação da elevação do carro na posição baixa é utilizado um sensor indutivo, conforme indica à figura 2, o mesmo fica localizado abaixo do berço de recebimento da bobina. O mesmo sofre agressão do óleo que é aplicado na bobina durante o seu enrolamento pela oleadeira. As queimas relacionadas com este sensor são devido a curto circuito na sua alimentação devido à presença deste óleo em toda a superfície do carro de bobinas.

Figura 4.2 – Sensor de Indicação de Carro na Posição Baixa



Fonte: o autor (2017).

Os outros dois sensores indutivos do carro estão localizados no berço fixo que recebe a bobina. Estes dois sensores são responsáveis por indicar a posição do carro no berço fixo durante a translação do carro. Os mesmos sofrem a mesma agressão que o sensor de posição baixa do carro, o óleo proveniente da oleadeira causa curto circuito nas suas ligações.

4.1.2 Sequência

O subsistema “Sequência” são falhas que ocorrem durante a sequência automática que é indicada pelos operadores da linha. Estas falhas não foram identificadas a sua origem, pois ocorrem quando a sequência automática é paralisada e o operador rapidamente interfere manualmente dando prosseguimento da operação da linha. O operador e o responsável por alimentar o sistema de nível 2 com o comentário da parada. Por não possuir maiores informações o mesmo não identifica corretamente esta situação.

4.1.3 Esteira

O subsistema “Esteira” é o equipamento com o segundo pior resultado no que se diz respeito a tempo de paradas. A esteira é o equipamento ao qual estão instalados os cabos elétricos que fazem o acionamento do carro. Como o carro se encontra em constante movimentação, necessita de um dispositivo que leve os cabos elétricos responsáveis pelo acionamento dos motores e sensores do carro, conforme indicado na figura 3.

Figura 4.3 - Esteira Porta Cabos



Fonte: o autor (2017).

A esteira e os cabos que ela transporta, sofrem com o óleo aplicado pela oleadeira. Este óleo causa o ressecamento da capa isolante do cabo bem como o ressecamento da estrutura plástica da esteira. A esteira é formada em parte por plástico na estrutura lateral e a sua alma é composta por barras de alumínio.

4.1.4 Bomba de poço

O carro de bobina está localizado em um poço (buraco). O excesso de óleo aplicado na bobina cai dentro deste poço. Devido a isto faz-se necessário que no mesmo exista uma bomba para retirar o acúmulo deste óleo depositado no piso do poço.

Esta bomba possui um acionamento elétrico simples, utilizando contadores e disjuntor termomagnético para sua proteção. Por trabalhar submersa em óleo a mesma apresenta queimas durante o seu funcionamento. Estas queimas da bomba causam paradas na linha de produção.

4.1.5 Tesoura de Pontas

Um dos equipamentos que faz parte do setor de saída da linha é a Tesoura de Pontas. Ela tem a função de seccionar a chapa de aço ao final do seu processo. Esta tesoura tem acionamento hidráulico e utiliza sensores para indicar o seu status afim de que a mesma funcione automaticamente.

Existem sensores que indicam a posição aberta, fechada e a presença de chapa no interior da mesma. Durante o período de amostragem foi detectado uma parada neste equipamento que foi gerada devido ao agarramento mecânico do acionamento das laminas da tesoura.

4.2 PLANOS DE MANUTENÇÃO

Atualmente é utilizado o software SAP para gerenciar os planos de manutenção de toda a linha de produção.

Dentro deste software se encontram os planos de trabalho de todos os equipamentos. Estes planos de trabalho são divididos entre “Linha Parada” e “Linha Funcionando”.

Os planos de trabalho que são executados com a “Linha Parada” são relativos a intervenções e troca de componentes que foi identificado previamente um desgaste que possui uma periodicidade definida. São identificados como este exemplo troca de sensores, reaperto de componentes, limpeza de componentes, calibração de instrumentos, medições de grandezas físicas etc.

Os planos de trabalho que são executados com a “Linha Funcionando” são relacionados com inspeções visuais de componentes, medições de grandezas físicas, verificação de estado, atuação de dispositivos etc.

Todos os sensores existentes no carro de bobina possuem plano de manutenção para reaperto da sua fixação e limpeza. Devido ao difícil acesso não existe plano de manutenção relacionado com verificação da sua atuação.

O sensor indutivo localizado na face superior do carro de bobina responsável pela indicação de bobina no carro não possuía ação para troca por período. Foi identificada esta necessidade, uma vez que foi identificado que sua quebra possui uma periodicidade.

Os sensores da Tesoura de Pontas de saída tiveram a sua posição de instalação alterada, de modo que seja possível a verificação da sua atuação durante o funcionamento da linha. Anteriormente estes componentes não possuíam tal plano de manutenção devido a sua dificuldade de acesso.

A esteira porta cabos do carro de bobinas não possuía qualquer tipo de plano de manutenção. Feito uma verificação com o fabricante e identificado a necessidade e de efetuar reaperto na estrutura na esteira e inspeção na sua estrutura durante a parada de produção.

Foi inserido também plano de inspeção nos cabos elétricos instalados no interior da esteira a fim de identificar possíveis desgastes na isolação externa do componente.

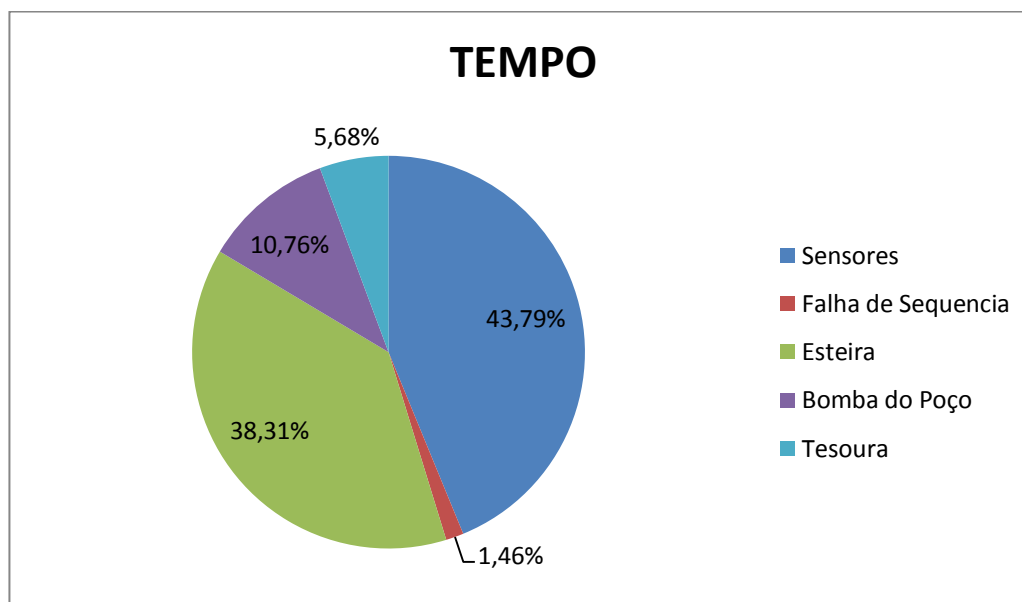
Durante pesquisa feita junto do fornecedor da esteira identificou-se a necessidade da troca da esteira por completo com periodicidade de cinco anos. Foi inserido um plano de troca de toda a esteira junto com os cabos seguindo a indicação do fornecedor.

Esta ação foi inserida, pois foi identificado que é o segundo componente que mais causou parada de funcionamento da linha de produção.

4.3 PRIORIZAÇÃO DOS SISTEMAS DEFICITÁRIOS

Conforme identificado no levantamento retirado do sistema de nível 2 da linha, os sensores do carro de bobina são os que mais causam paradas neste equipamento, em segundo lugar vem as falhas relacionadas com a esteira porta cabos do carro.

Figura 4.4 - Percentual dos Tempos de Parada por Cada Subsistema



Fonte: o autor (2017).

Por se tratar de um equipamento de movimentação, indica-se que estes dois sistemas são os mais afetados, pois estão diretamente relacionados com a indicação da movimentação do equipamento.

4.4 SÍNTESE E CONCLUSÃO DO CAPÍTULO

Neste capítulo foi indicado os componentes deficitários dentro do equipamento de acordo com os valores colhidos no sistema de paradas da linha. Foi indicado como cada componente influenciou no desempenho da disponibilidade da linha de produção.

O que foi apresentado indica os modos de falha atuantes nestes equipamentos e as principais falhas que ocorrem em cada um.

Demonstrar estas situações é importante pois enumera o como cada equipamento destes fornece de disponibilidade para a linha de produção.

No próximo capítulo trata da conclusão do trabalho. E indica o quão cada equipamento citado neste capítulo contribuiu na melhora ao final da análise feita.

5 CONCLUSÃO

Ao final do estudo, foram identificados ações em certos componentes que necessitavam para reduzir as paradas no equipamento em questão. Tais alterações foram feitas tanto no sistema de manutenção (planos de trabalho) bem como melhorias estruturais nos equipamentos.

Durante o ano de 2017 foram alterados os planos de trabalho relacionados com os sensores do carro de saída. Foram inseridas ações de inspeção visual durante as paradas de produção do equipamento. A ação de inspeção visual reduz a incidência de falhas de atuação dos sensores devida erro de atuação.

Com a inspeção visual o técnico consegue prever falhas que antes ocorriam. Podendo indicar a necessidade de limpeza, reaperto ou até troca de tal componente.

Durante as paradas da produção também foram inseridas ações para inspeção visual na esteira porta cabos. Esta inspeção auxilia na identificação de cabos com a sua capa de isolamento ressecada e quebradiça. Após as inspeções são programadas trocas de cabos defeituosos caso seja necessário.

Foi criado também um plano de troca total de esteira e cabos com periodicidade de cinco anos. Esta troca é necessária, pois ocorre o desgaste das sapatas da esteira e do suporte das sapatas localizado na calha da esteira.

Foram executadas ações nos sensores de indicação de status da tesoura de pontas da saída. Primeiro foram alterados as posições de fixação destes sensores, pois as posições atuais impossibilitaram que os mesmos sejam inspecionados. Com as posições de fixação alteradas, foi inserido planos de inspeção com a linha funcionando com periodicidade mensal.

Estas ações trouxeram melhorias no funcionamento da linha. No equipamento “Carro de Bobina de Saida” ocorreu a redução de 74,82% de falhas o que aumentou o tempo disponível para a produção da linha conforme indicado na figura abaixo.

Tabela 5.1 - Tempo de Falha por Subsistema após alterações

SUBSISTEMAS	TEMPO (minutos)
Sensores	65,4
Bomba do Poço	15,40
Tesoura	5,34
TOTAL	86,14

Fonte: o autor (2017).

Observando as falhas indicadas nos equipamentos verificados neste trabalho, observa-se que o principal modo de falha atuante nos mesmos é o desgaste, efeito que ocorre em equipamentos que possuem característica de movimentação como o carro de bobina de saída estudado.

Observado que com as ações executadas, as falhas no subsistema “Esteira” e “Sequência” praticamente não mais ocorreram, sendo que o subsistema “Sensores” continua a indicar falhas, mas com tempos reduzidos. As falhas que ainda perduram neste subsistema são devido a existência de grande quantidade de óleo no carro de saída. É um item de difícil controle, pois a presença deste óleo é quase que obrigatória neste equipamento.

Está sendo estudadas as posições destes sensores de modo que, se realocados possa ser reduzido a incidência de óleo nos mesmos.

REFERÊNCIAS

- ARCELORMITTAL S/A. Arcelor Mittal Vega - Aços Planos. Disponível em: <<http://vega.arcelormittal.com/empresa/empresa.asp>>. Acesso em: 10 ago. 2017.
- ARCELOR MITTAL VEGA S/A – Aços Planos. Relatório de Produtividade das Linhas de Laminados a Frio – Elaboração: Arcelor Mittal Brasil, 2016.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5462**: Confiabilidade e Manutenibilidade – Referências - Elaboração. Rio de Janeiro, 1994.
- CASTRO, Hélio Fiori de. **Otimização da Confiabilidade e Disponibilidade em Sistemas Redundantes**:. 2013. 165 f. Dissertação (Mestrado Acadêmico) – Universidade Estadual de Campinas – Faculdade de Engenharia Mecânica. Campinas, 2013.
- BIROLINI, A. **Reliability Engineering**: Theory and Practice. Fifth Edition. ed. [S.l.]: Springer Science & Business Media, 2007
- LAFRAIA, João Ricardo Barusso;. **Manual de Confiabilidade, Manutenibilidade e Disponibilidade**. 3. ed. São Paulo, QualityMark 2001.
- SMITH, D. D. J. **Reliability, maintainability and risk**. 8^a. ed. [S.l.]: Butterworth-Heinemann, 2011
- FERREIRA, Ricardo Artur Sanguinetti;. **Conformação Plástica, Fundamentos Metalúrgicos e Mecânicos**. 1. ed. Recife, Ed. Universitária da UFPE 2006.
- CALIXTO, E.; BRETAS, R. Aálise RAM+L: Um estudo integrado de várias unidade de Produção de uma Refinaria. **23º Congresso Brasileiro de Manutenção - Abraman**, 2008.
- PASCHOAL, Debora Rodrigues de Souza; MENDONÇA, Marcos Andre; MORAIS, Raquel Dutra; GITAHY, Paula Fernanda Scovino de Castro; LEMOS, Mateus Albernaz. **Disponibilidade e Confiabilidade: Aplicação da Gestão da Manutenção na Busca de Maior Competitividade**. Revista da Engenharia de Instalações no Mar FSMA. Janeiro/Junho 2009.