

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

QUINTINO RIBEIRO SOBRINHO

**APLICAÇÃO DA ENGENHARIA DA CONFIABILIDADE PARA
CONCEPÇÃO DE NOVO PROJETO E RECUPERAÇÃO DAS
CORRENTES DE UM RESFRIADOR DE PLACAS**

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

**CURITIBA
2019**

QUINTINO RIBEIRO SOBRINHO

**APLICAÇÃO DA ENGENHARIA DA CONFIABILIDADE PARA
CONCEPÇÃO DE NOVO PROJETO E RECUPERAÇÃO DAS
CORRENTES DE UM RESFRIADOR DE PLACAS**

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. Wanderson Stael Paris, MSc.

**CURITIBA
2019**



TERMO DE APROVAÇÃO

APLICAÇÃO DA ENGENHARIA DA CONFIABILIDADE PARA CONCEPÇÃO DE NOVO PROJETO E RECUPERAÇÃO DAS CORRENTES DE UM RESFRIADOR DE PLACAS

por

QUINTINO RIBEIRO SOBRINHO

Esta monografia foi apresentada em 24 de outubro de 2019, como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Engenharia da Confiabilidade, outorgado pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. O Aluno Quintino Ribeiro Sobrinho foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Wanderson Stael Paris, MSc.
Professor Orientador - UTFPR

Prof. Emerson Rigoni, Dr. Eng.
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 a minha companheira de todas as horas Renata Luiza Dutra e à minha Filha Laura do Carmo Ribeiro pelo apoio, incentivo e por entender os momentos da minha ausência.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, pela vida e saúde, por possibilitar esta conquista com esforço, dedicação e sabedoria.

À minha Filha Laura, pela torcida e crença incondicional na minha capacidade de realização de grandes desafios.

Aos meus familiares, pela confiança e pelo suporte nos momentos de angústia e aflição.

Aos Amigos e colegas de trabalho, em especial a Equipe da Confiabilidade IAC, que sempre me apoiaram e valorizaram todo esforço.

Aos colegas de sala que sempre me ajudaram a superar os obstáculos.

À ArcelorMittal Tubarão por mais esta oportunidade de adquirir conhecimento e qualificação.

A todos os professores da UTFPR e da Reliasoft que, apesar da distância, não mediram esforço na dedicação do tempo e da presença.

Gostaria de deixar registrado também, o meu amor, meu reconhecimento e gratidão à minha Companheira Renata Luiza Dutra, pois em todos os instantes, estive ao meu lado, suportando e garantindo meu equilíbrio.

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

Que os vossos esforços desafiem as impossibilidades, lembrai-vos de que as grandes coisas do homem foram conquistadas do que parecia impossível (Charles Chaplin).

RESUMO

RIBEIRO SOBRINHO, QUINTINO. Aplicação da Confiabilidade para novo projeto e recuperação das Correntes do Resfriador de Placas 2019. 59 F. Monografia (Especialista em Engenharia da Confiabilidade) – Programa de Pós-Graduação em Tecnologia, Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná. Curitiba, 2019.

Este trabalho apresenta a aplicação da engenharia de Confiabilidade para restauração de um ativo importante e de extremamente relevância para área do Condicionamento de Placas da ArcelorMittal Tubarão. A reengenharia do projeto e os procedimentos de recuperação das correntes do Resfriador de Placas atende a uma sugestão de trabalho futuro de uma monografia anterior e demonstra a viabilidade de continuidade da vida de um ativo que, já apresentado como encerrada ou com proposta de substituição completa do ativo. O Resfriador de Placas é um dos principais equipamentos do Condicionamento, no qual é realizado o processo de retirada de calor das placas de aço por projeção de água pressurizada. As correntes realizam o transporte das placas dentro do Resfriador. Atualmente apresenta alto custo de manutenção devido à necessidade de substituição de segmentos e ao baixo desempenho do conjunto. Em função das condições do ativo, observa-se aumento na frequência de manutenção a qual têm impactado no plano de produção. O resultado deste trabalho apresentará novo processo de recuperação das correntes com desenvolvimento de novos parceiros com foco na confiabilidade e redução de custos de manutenção. Propõe-se também um novo modelo de execução para substituição das correntes e a gestão dos segmentos mantidos.

Palavras-chave: Confiabilidade. Custos da Manutenção. Reengenharia. Manutenção dos Ativos. Resfriador de Placas.

ABSTRACT

SOBRINHO, QUINTINO RIBEIRO. Reliability Application for new design and recovery of the chains of Slab Conditioning 2019. F. Monograph (specialist in reliability engineering) - post-graduation program in technology, federal center of technological education of Paraná. Curitiba, 2019.

This monograph consists the application of Reliability Engineering for restoration of an important and extremely relevant asset for the ArcelorMittal Tubarão Slab Conditioning area. Project reengineering and chains of Slab Conditioning recovery procedures follow a suggestion of future work from an earlier monograph and demonstrate the feasibility of life continuity of an asset that, already presented as closed or with a proposal for complete replacement of the active. The Slab Cooler is one of the main Conditioning equipment in which the process of heat removal from the steel plates is carried out by pressurized water projection. The chains transport the Slabs into the Cooler. It currently has a high maintenance cost due to the need to replace segments and the low performance of the set. Depending on the conditions of the asset, there is an increase in the maintenance frequency which has impacted the production plan.

The result of this work will present a new chain recovery process with the development of new partners focused on Reliability and reduction of maintenance costs. It is also proposed a new execution model to replace the chains and control the maintained segments.

Key Words: Reliability. Maintenance Costs. Reengineering. Asset Maintenance. Slab Conditioning.

LISTA DE SIGLAS

AMT	ArcelorMittal Tubarão
IAC	Gerência da Área de Acabamento de Produtos
CAPEX	Despesa de operacionais
GA	Gestão de Ativos
LTQ	Laminador de Tiras a Quente
RCM	<i>Reliability Centered Maintenance</i>
MCC	Manutenção Centrada em Confiabilidade
MCC	Manutenção Centrada na Confiabilidade
RBM	<i>Reliability Based Maintenance</i>
MBC	Manutenção Baseada em Confiabilidade

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	11
1.1.	PREMISSAS E PROBLEMAS DE PESQUISA.....	11
1.2.	OBJETIVOS	12
1.2.1.	OBJETIVO GERAL.....	12
1.2.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
1.3.	JUSTIFICATIVAS.....	13
1.4.	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	14
1.5.	ESTRUTURA DO TRABALHO.....	14
2.	RESFRIADOR DE PLACAS E SUAS CORRENTES	15
2.1.	FLUXO DE PRODUÇÃO DA ARCELORMITTAL TUBARÃO E O CONDICIONAMENTO DE PLACAS.....	15
2.2.	FLUXO DO CONDICIONAMENTO DE PLACAS	17
2.3.	RESFRIADOR DE PLACAS.....	19
2.4.	TRANSPORTADOR DE CORRENTES.....	20
2.5.	CORRENTE DE ELOS FUNDIDOS, MODELO P600.....	21
2.6.	CRITÉRIO PARA SUBSTITUIÇÃO DOS SEGMENTOS CORRENTES	22
2.7.	SITUAÇÃO ATUAL DAS CORRENTES.....	22
2.8.	MANUTENÇÃO PROPOSTA PARA AS CORRENTES	23
2.9.	SÍNTESE E CONCLUSÃO DO CAPÍTULO.....	25
3.	REFERENCIAL TEÓRICO.....	26
3.1.	CONCEITOS.....	26
3.2.	EVOLUÇÃO DAS ETAPAS DE IMPLANTAÇÃO DA MCC	27
3.3.	PROCEDIMENTO DE REFERÊNCIA E SUCESSO NA IMPLANTAÇÃO DA MCC	28
3.4.	ANÁLISE DOS MODOS DE FALHAS, SEUS EFEITOS E SUA CRITICIDADE	30
3.5.	CLASSIFICAÇÃO DOS MODOS DE FALHA DAS FUNÇÕES SIGNIFICANTES.....	32
3.6.	SELEÇÃO DAS TAREFAS DE MANUTENÇÃO APLICÁVEIS E EFETIVAS.....	32
3.7.	MENSURAÇÃO DA CONFIABILIDADE	34
3.8.	SÍNTESE E CONCLUSÃO DO CAPÍTULO.....	35
4.	IMPLANTAÇÃO DA MANUTENÇÃO CENTRADA EM CONFIABILIDADE - MCC	36
4.1.	ADEQUAÇÃO DA FUNÇÃO RESFRIAMENTO DE PLACAS À MCC....	36
4.2.	VISTA DO PLANO SUPERIOR DAS 06 CORRENTES	38
4.3.	VISTA FRONTAL DAS CORRENTES.....	39
4.4.	AVALIAÇÃO INDIVIDUAL DO NIVELAMENTO DA CORRENTE N° 1 ..	40
4.5.	AVALIAÇÃO INDIVIDUAL DO NIVELAMENTO DA CORRENTE N° 2 ..	40
4.6.	AVALIAÇÃO INDIVIDUAL DO NIVELAMENTO DA CORRENTE N° 3 ..	41
4.7.	AVALIAÇÃO INDIVIDUAL DO NIVELAMENTO DA CORRENTE N° 4 ..	41
4.8.	AVALIAÇÃO INDIVIDUAL DO NIVELAMENTO DA CORRENTE N° 5 ..	42
4.9.	AVALIAÇÃO INDIVIDUAL DO NIVELAMENTO DA CORRENTE N° 6 ..	42
5.	DESMONTAGEM, INSPEÇÃO E PERITAGEM DOS COMPONENTES DA CORRENTE	43
6.	PROPOSTA DE REVISÃO DO PROJETO COM INCLUSÃO DE MELHORIAS NOS PONTOS DE DESGASTES DE CADA COMPONENTE	46

6.1.	PROPOSTA DO PROJETO EM CORTE COM INDICAÇÃO DE MELHORIAS NOS COMPONENTES	47
7.	PROCESSO DE RECUPERAÇÃO DOS COMPONENTES DA CORRENTE	48
8.	EVOLUÇÃO HISTÓRICA DO CUSTO DO REPARO	50
8.1.	SÍNTESE E CONCLUSÃO DO CAPÍTULO	51
9.	CONCLUSÃO	52
9.1.	SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS	53

1. INTRODUÇÃO

Uma das grandes preocupações no desenvolvimento da melhoria contínua da Manutenção das empresas, na atualidade, é aprimorar e garantir o desempenho dos equipamentos em termos de disponibilidade para a linha de produção, sedimentando a Engenharia de Confiabilidade na Gestão da Manutenção, permitindo a maximização da utilização dos ativos da empresa com um custo mais adequado.

Diante dos desafios econômicos, a competitividade e a necessidade que as empresas enfrentam para se manterem no mercado e, a busca constante pela transformação de processos com a redução dos custos, torna-se condição de sobrevivência. A garantia da estabilidade operacional e a redução das variabilidades nos respectivos processos têm se tornado objeto de estudo constante, tanto na busca pela redução de custos como na assertividade das atividades assim como, a melhoria contínua para aumento da performance dos equipamentos.

As empresas mais desenvolvidas nestes estudos tratam a manutenção dos equipamentos não como atividades paralelas, mas inseridas dentro do processo produtivo, e suas ações são oriundas de uma gestão dos ativos baseada em metodologias da confiabilidade. Com análises aprofundadas, gestão e acompanhamentos qualitativos e quantitativos.

1.1. PREMISSAS E PROBLEMAS DE PESQUISA

Ao longo do tempo, a área de Manutenção tem mudado significativamente e o incremento destas mudanças pode ser observado no número e na variedade das instalações produtivas, com projetos cada vez mais complexos, com exigências de conhecimento técnico em níveis cada vez maiores, o que demanda uma atualização constante dos profissionais da área de manutenção. Da mesma forma, é possível detectar uma situação onde haja expectativa de falha e programar-se para uma intervenção em oportunidade mais apropriada, sem prejudicar os compromissos do Plano de Produção.

Na ArcelorMittal Tubarão, grande empresa do setor siderúrgico, produtora de placas semiacabadas e Bobinas laminadas a quente, possui uma área responsável pelo

condicionamento das placas de aço. Após o lingotamento contínuo as placas semiacabadas são enviadas para a área do condicionamento para reduzir a temperatura no resfriador ou nos leitos de resfriamento. Esta etapa é utilizada para assegurar a retilidade das placas e, a retirada homogênea do calor remanescente das mesmas, possibilitando seu manuseio para despacho e sua estocagem, sem afetar suas características metalúrgicas.

Para percorrer o interior do resfriador existe um conjunto de 06 correntes de arraste da placa. Cada corrente é composta por 9,5 segmentos de 12 elos. O comprimento de cada corrente é de 68,4 metros, perfazendo total de 410,4 metros. Com carga média de ruptura de 450 t.

Como demonstrado em estudos de LCCA, sugestão de trabalho futuro LINDOSO, MARCO POLO DE OLIVEIRA. Análise e determinação do custo do ciclo de vida das correntes do resfriador 2017. este sistema apresenta, atualmente, fim de vida útil do ativo, com rendimento abaixo do esperado, índices de manutenção elevados, principalmente manutenção corretiva, com custo de reparo crescente e insustentável, impactando o orçamento da manutenção.

Os fatores complicadores para este estudo são a tomada de decisão pela continuidade do ativo ou demonstração da viabilidade técnica-comercial para manter o equipamento, objeto deste estudo de confiabilidade.

Outro problema que também deve ser analisado neste trabalho é a proposta de um novo projeto para estas correntes e o desenvolvimento de fornecedores especializados em restauração destas correntes, com qualidade e garantia de desempenho.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo Geral

Avaliar as condições atuais das correntes do resfriador de placas e sua vida remanescente para determinar a especificação de um reparo que atenda a demanda com desempenho e garantia operacional.

1.2.2. Objetivos Específicos

Para cumprimento do objetivo geral deverão ser realizados os seguintes objetivos específicos:

- Caracterizar e apresentar a evolução dos custos dos últimos reparos das correntes;
- Apresentar o modelo de reparo atual, com troca de alguns componentes por componentes novos;
- Levantar os modos de falhas mais críticos das correntes e definir plano de ação específico para aumento da confiabilidade deste item;
- Apresentar o impacto no processo quando da ocorrência de falha catastrófica dentro do resfriador;
- Desenvolver novo projeto construtivo para estas correntes, especificando os pontos de melhoria.
- Definir procedimentos de reparo e substituição dos segmentos mantidos, necessários para equipe de execução, baseada em manutenção centrada em confiabilidade;
- Desenvolver e efetivar contratos de manutenção com novos Fornecedores pré-qualificados.

1.3. JUSTIFICATIVAS

As manutenções planejadas e/ou corretivas nas correntes do resfriador de placas ocorrem a partir da substituição de segmentos de 12 elos, em trechos de cada uma das 06 correntes instaladas. Os segmentos retirados são posteriormente enviados para um prestador de serviços de reforma destas correntes, para reparo e substituição dos componentes avariados. Estes têm apresentado, nas últimas peritagens para reparo, elevados níveis de desgaste com perda da área de resistência mecânica, indicando proximidades com ruptura instantânea.

A necessidade de substituição é verificada pelo desalinhamento da corrente, que manifesta pelo alongamento do passo em relação ao original ou em relação ao outro conjunto de 06 correntes. Isto é verificado através de inspeção visual no retorno das correntes na parte inferior do transportador. Pode-se também identificar

problemas relacionados ao passo, principalmente quando se verifica um agarramento na estrutura e o desprendimento das chapas desgaste, o que pode acarretar sobrecarga com conseqüente parada operacional.

1.4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Serão aplicadas metodologias para análise de falhas e identificação das fontes das mesmas, via análise qualitativa. Também serão utilizadas metodologias para análise dos dados de vida dos equipamentos, análise quantitativa.

A análise qualitativa dos dados será utilizada para definição de plano de ação para mitigação/eliminação das causas raízes de falhas e, a análise quantitativa será importante para avaliação geral do equipamento quanto à necessidade de melhorias e definição de parâmetros para manutenções preventivas.

Este plano de ação será o resultado deste estudo e, será entregue a equipe de manutenção responsável pelo equipamento na área, para que as mesmas possam ser efetivadas.

Serão utilizadas ferramentas baseadas na metodologia de manutenção centrada em confiabilidade para elaboração deste trabalho.

1.5. ESTRUTURA DO TRABALHO

No capítulo 2, será apresentado a empresa ArcelorMittal Tubarão, destacando o fluxo da produção e detalhando o Condicionamento com seu respectivo sistema de resfriamento de placas. Uma visão dos pontos importantes e significativos para o trabalho. Neste capítulo também será abordado os custos de manutenção atuais com o reparo das correntes.

No capítulo 3 serão apresentados métodos para análises quantitativas e qualitativas das falhas, que serão utilizados no trabalho. Estes métodos serão baseados em uma metodologia de manutenção centrada em confiabilidade.

No capítulo 4 será desenvolvido o trabalho, através do levantamento dos dados de histórico de falhas. Estes dados serão tratados e analisados com a ajuda das ferramentas e softwares adequados e, criação do plano de ação. Também serão definidos os procedimentos de reparo e substituição dos segmentos, para manutenção com confiabilidade requerida.

Por fim, no capítulo 5 será realizada uma estimativa de custos com projeção dos ganhos conforme estabelecido no capítulo anterior. Este capítulo também terá a conclusão do trabalho e propostas para trabalhos futuros neste processo.

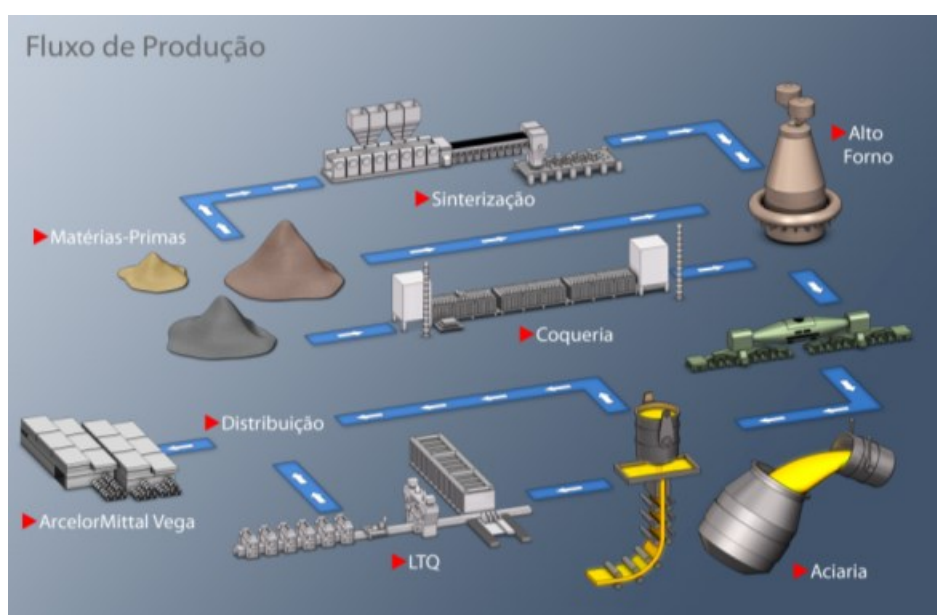
2. RESFRIADOR DE PLACAS E SUAS CORRENTES

Neste capítulo será apresentado o objeto de pesquisa do trabalho, com foco no condicionamento de placas, dentro do processo siderúrgico da ArcelorMittal Tubarão (AMT) e, destaca a importância do resfriador com seu sistema de correntes de arraste das placas de aço.

2.1. FLUXO DE PRODUÇÃO DA ARCELORMITTAL TUBARÃO E O CONDICIONAMENTO DE PLACAS.

ArcelorMittal Brasil, por meio da ArcelorMittal Tubarão e da ArcelorMittal Vega, oferta ao mercado placas, bobinas laminadas a quente e laminados a frio e galvanizados para diversas aplicações industriais.

Figura 2. 1 – Fluxo de Produção esquemático de uma Siderúrgica



Fonte: site AMT (2019).

As placas de aço constituem matéria-prima para outras usinas siderúrgicas, além de ter aplicação direta na indústria naval e de construção civil. As bobinas a quente têm uso na fabricação dos mais variados produtos, destacando-se: tubos, vasos de pressão, autopeças, implementos agrícolas, material ferroviário, material eletromecânico, construção civil e embalagens de grande porte. Mediante laminação a frio e/ou galvanização, são utilizadas também para a fabricação de automóveis (partes expostas), eletrodomésticos (linha branca) e eletroeletrônicos, entre outros.

Figura 2. 2 – Vista aérea da Planta da ArcelorMittal Tubarão



Fonte: site da AMT (2019).

Perfil da siderúrgica na planta da ArcelorMittal Tubarão:

Início de operação em 30/11/1983 tem renome internacional na produção de aço de alta qualidade. Produtos semiacabados de aço (placas + bobinas a quente) que estão presentes no dia-a-dia de milhões de pessoas. Com capacidade nominal de 7,5 milhões de toneladas, possui localização estratégica junto ao mar e área de 7 milhões m², parte de um terreno de 13,5 milhões m². A infraestrutura é completa com

rodovia, ferrovia e porto. Proporciona condições privilegiadas tanto para a produção (recebimento de matérias-primas e insumos) como para comercialização (abastecimento dos mercados interno e externo).

Figura 2. 3 – Produtos finais da Planta de Tubarão

Placa de Aço



Bobinas a quente



Fonte: autor (2019).

2.2. FLUXO DO CONDICIONAMENTO DE PLACAS

As placas chegam à área do resfriamento e condicionamento por via ferroviária ou carretas e, são manuseadas por pontes rolantes, empilhadeiras e braços carregadores e braços de descargas. O fluxo da placa até ao resfriador é realizado através de mesa de rolos.

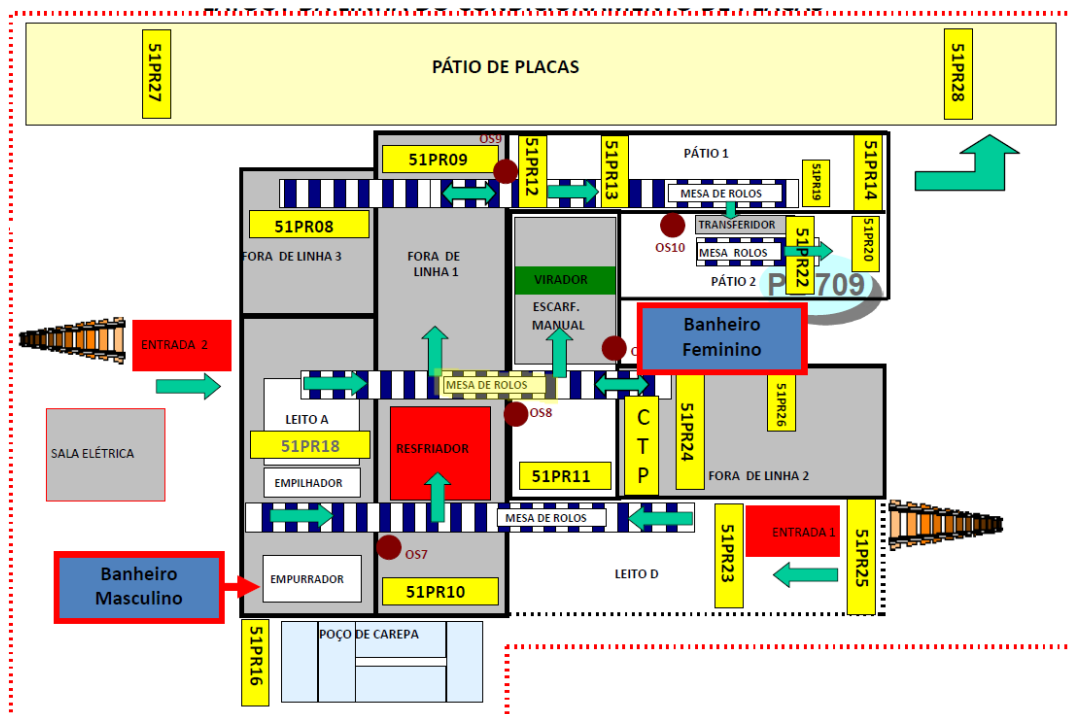
A área do Condicionamento de Placas é a responsável pela remoção de defeitos e resfriamento das placas com as seguintes etapas:

- Recebimento de placas semiacabadas do lingotamento contínuo ou de outros pátios;
- Resfriamento de placas recebidas do lingotamento contínuo (nos pátios, leitos ou no resfriador);
- Condicionamento manual por escarfagem;
- Retorno das placas que serão laminadas no pátio para enforamento;
- Identificação e despacho das placas vendidas de acordo com o padrão estabelecido pelo cliente;

Para possibilitar métodos de resfriamento variados, o parque de resfriamento conta com:

- Fossas e campânulas (resfriamento lento);
- Áreas ou leitos com resfriamento a ar ou por jatos de água (resfriamento variado);
- Resfriador de placas (resfriamento brusco por chuveiros);

Figura 2. 4 – Lay out esquemático da área do Condicionamento de Placas



Fonte: autor (2019).

2.3. RESFRIADOR DE PLACAS

O resfriador de placas é um equipamento fechado, por onde as placas passam e sofrem resfriamento brusco por jatos de água em toda a sua extensão. Ele tem 32 metros de comprimento, 14 metros de largura e vazão de água é de 9600 m³/h.

Figura 2. 5 – Vista geral do Resfriador de Placas no Condicionamento de Placa



Fonte: autor (2019).

As placas resfriadas seguem por mesa de rolos e pontes rolantes até a área de inspeção conjugada ao condicionamento. Elas são inspecionadas e a partir daí determina o condicionamento necessário em virtude de cada defeito.

Depois do condicionamento as placas são endereçadas ao pátio onde serão marcadas e estocas nos pátios.

Figura 2. 6 – Vista do Carregamento da Placa no Resfriador de Placas



Fonte: o autor (2019).

2.4. TRANSPORTADOR DE CORRENTES

É constituído de acionamentos eletromecânico, rodas motrizes, rodas movidas e um conjunto de 06 correntes que correm longitudinalmente ao resfriador transportando as placas a ser resfriadas.

O acionamento é constituído dos seguintes equipamentos:

- 02 (dois) motores de translação de 110 kW e 720 rpm de rotação;
- 02 (dois) Redutores de Engrenagens: Rotação de Entrada 720 rpm, redução 671,97:1 Rotação de saída 1,07;
- 06(seis) Rodas Motrizes Diâmetro de 1330 mm, Passo 600 , Largura 500mm, peso 1570kg;
- 06(seis) Rodas Movidas Diâmetro de 1130 mm, Passo 600 , Largura 260mm, peso 1570kg;

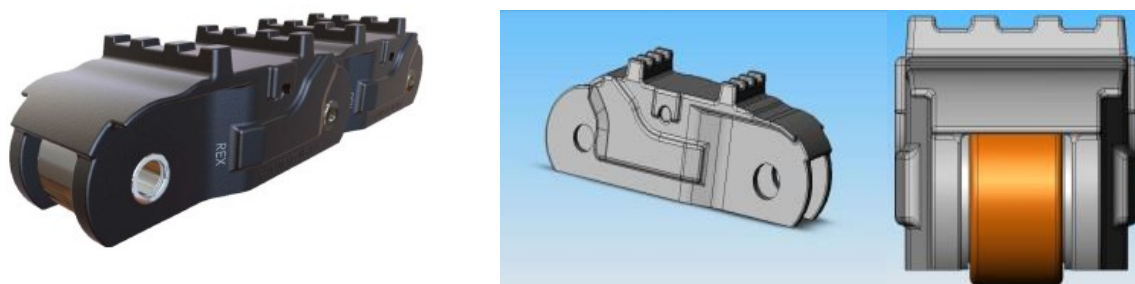
- 06 correntes com 68.400 mm, 114 elos por corrente, Passo de 600 mm, 23.940 kg cada corrente;

2.5. CORRENTE DE ELOS FUNDIDOS, MODELO P600.

Cada corrente é composta por 9,5 segmentos de 12 elos cada. As correntes correm em cima de vigas de perfil I de aço estruturas. Na mesa da viga fixam as chapas de desgaste por onde os rolos executam o seu deslocamento. Na parte de cima das correntes existe estrutura similar a mordentes onde é assentada a placa a ser resfriada.

As correntes do transportador apresentam as seguintes características, referente desenhos de componentes e conjuntos.

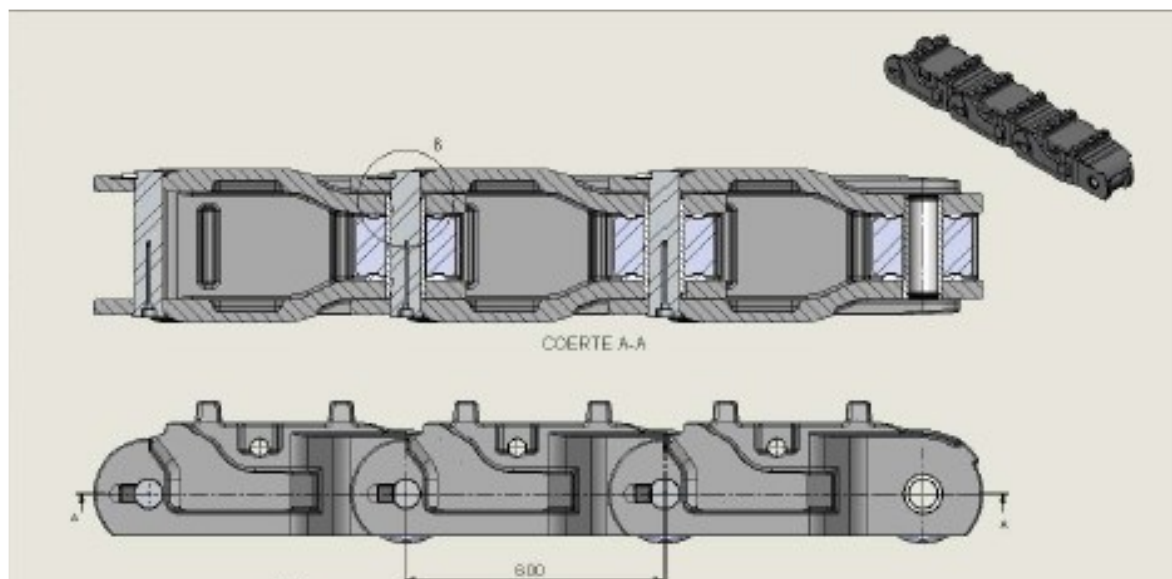
Figura 2. 7 – Ilustrações dos elos da corrente de arraste de Placa



Fonte: o autor (2019).

Os elos são compostos com roletes, pinos, buchas, arruelas de trava e fixação com solda. Na parte superior está disposto os “castelinhos” onde apoiam as placas e servem para dissipar calor.

Figura 2. 8 – Desenho de montagem do conjunto dos elos da corrente



Fonte: o autor (2019).

2.6. CRITÉRIO PARA SUBSTITUIÇÃO DOS SEGMENTOS CORRENTES

A necessidade da substituição se dá através da inspeção visual, verificando a condição de desgaste dos pinos dos elos e ovalização dos furos. É verificado também o desgaste excessivo de qualquer outro componente. O passo deve ser medido e verificado em relação ao passo de projeto. Pode-se verificar também o passo através da visualização do comprimento no retorno das correntes no fosso do resfriador.

2.7. SITUAÇÃO ATUAL DAS CORRENTES

A corrente, utilizada no resfriador de placas, opera desde a sua instalação sem apresentar falhas ou problemas que tenham colocado a produção do resfriador em risco, com um desempenho condizente para a qual foi projetada.

Entretanto, pelo fato da mesma ter sido fornecida há um considerável tempo (no ano de 2008) e ser submetida a um grande esforço somado ao ambiente altamente agressivo e corrosivo, (Placas quentes e jatos de água).

Os últimos lotes de correntes enviados para realização da reforma apresentaram um desgaste acentuado em alguns segmentos. Os segmentos que apresentaram condições mais precárias eram compostos por elos com trincas na região de proteção dos rolos e desgaste excessivo nos furos, por pinos e buchas inutilizáveis e por rolos com desgaste acentuado no diâmetro interno.

Esta situação pode ser uma evidência que a corrente de uma maneira geral pode estar se aproximando do final da vida útil, onde a reforma pode não ser a opção mais vantajosa financeiramente para a ArcelorMittal frente à substituição completa da corrente.

2.8. MANUTENÇÃO PROPOSTA PARA AS CORRENTES

Nas últimas reformas de segmentos vem se observando uma elevação no percentual de itens a serem substituídos, já atingindo um patamar de 60% com tendência de alta. Isto pode ser interpretado como uma entrada na curva de final de vida útil.

Será proposto neste estudo novo procedimento de reparo dos segmentos das correntes, realizando a recuperação dos componentes com um procedimento de restauração que permita retorno na condição de tão bom quanto novo.

Figura 2. 9 – Relatório de ensaio da região de recuperação com soldagem

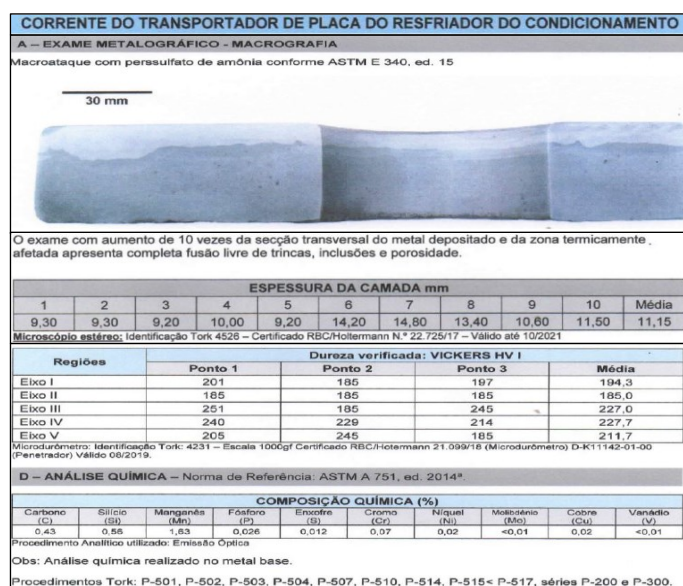
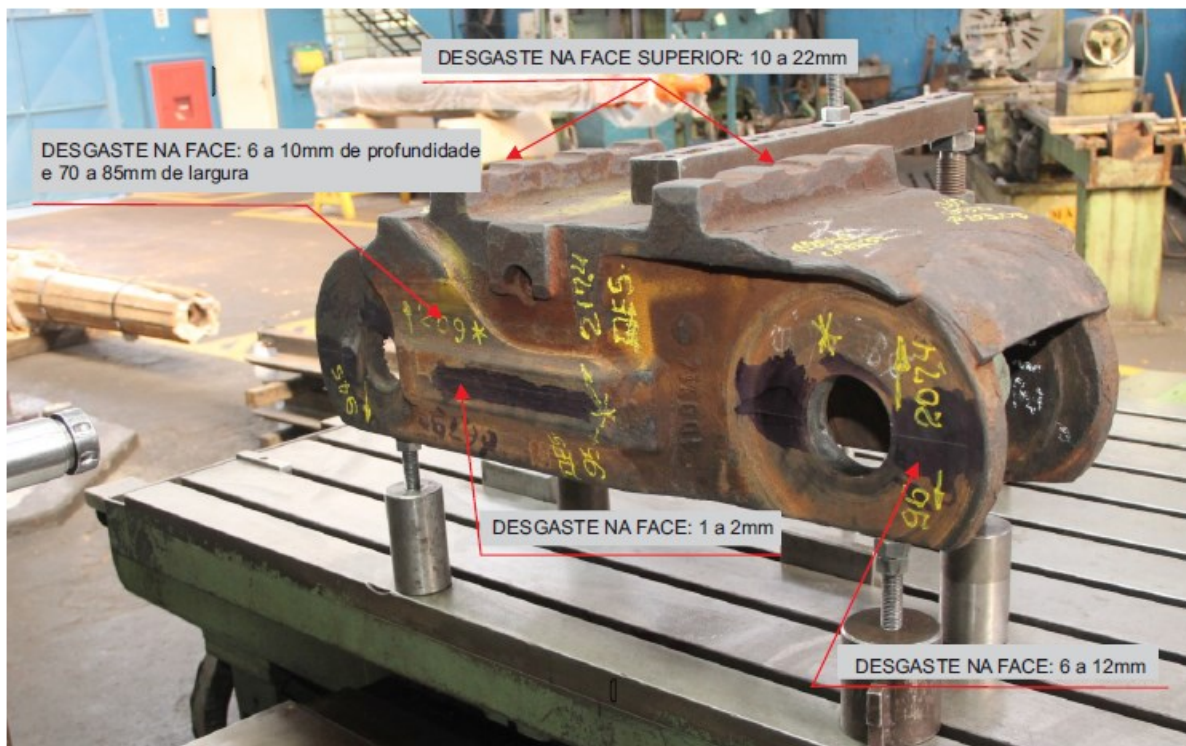
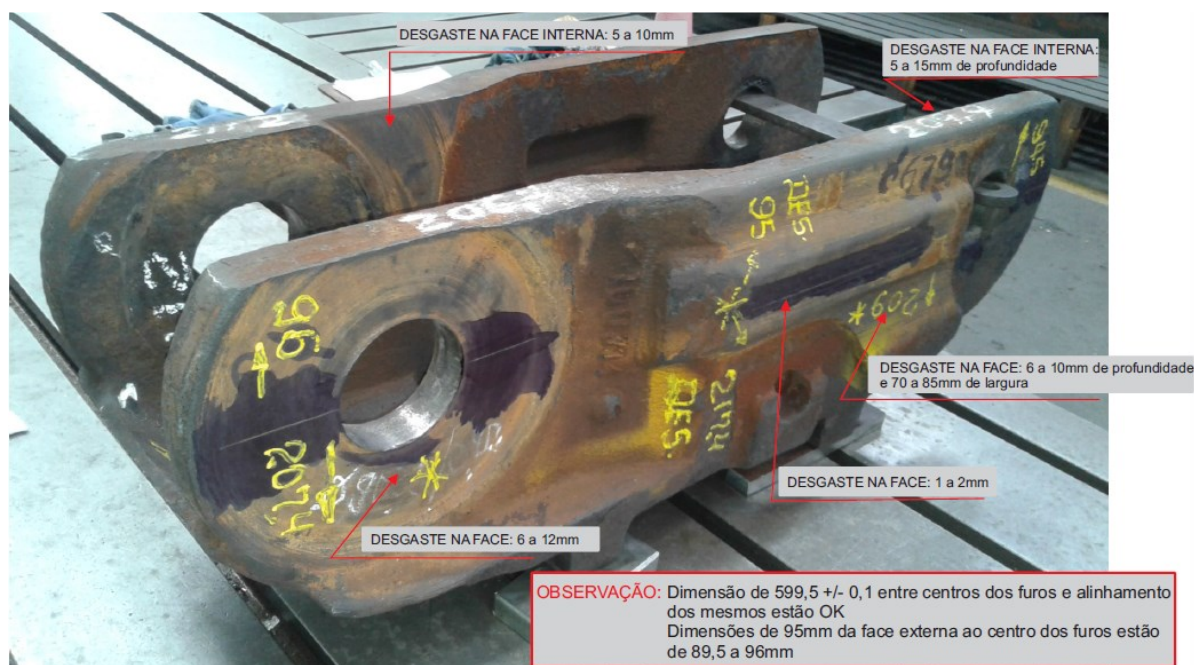


Figura 2. 10 – Peritagem dos elos usados a serem restaurados



Fonte: o autor (2019).



Fonte: o autor (2019).

2.9. SÍNTESE E CONCLUSÃO DO CAPÍTULO

O conhecimento do processo é fundamental para um estudo de manutenção centrada em confiabilidade, pois permite a identificação das partes críticas e, necessidade de análises qualitativas e quantitativas.

O entendimento da condição atual dos equipamentos e seus respectivos custos de manutenção também são muito importantes, pois, ajudará a priorizar o local das análises e a sequencia de implantação dos itens do plano de ação.

No próximo capítulo serão apresentadas as ferramentas a serem utilizadas neste trabalho para aplicação da metodologia de manutenção centrada em confiabilidade. O correto entendimento de cada uma delas e as aplicações indicadas para a mesma são muito importantes.

A metodologia será aplicada aos equipamentos descritos neste capítulo com utilização das ferramentas apresentadas no capítulo a seguir.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo serão apresentados os conceitos e metodologias, que irão dar embasamento técnico e suporte na argumentação de todas as etapas de avaliação das condições atuais das correntes de um resfriador de placas. Estará presente neste capítulo todo o conceito teórico para caracterização e desdobramento de um novo projeto, bem como a especificação de um reparo que atenda a demanda com desempenho e garantia operacional.

Para análise da condição atual das correntes e proposta de melhorias visando aumento da confiabilidade, foram utilizadas várias ferramentas apresentadas dentro do conceito de manutenção centrada em confiabilidade (MCC).

Essas ferramentas focam na análise das causas básicas dos problemas e levam a tomadas de decisão sobre o que incluir num plano de ação para bloqueio da causa ou minimização dos impactos da mesma.

3.1. CONCEITOS

RCM – *Reliability Centered Maintenance*

MCC – *Manutenção Centrada na Confiabilidade*

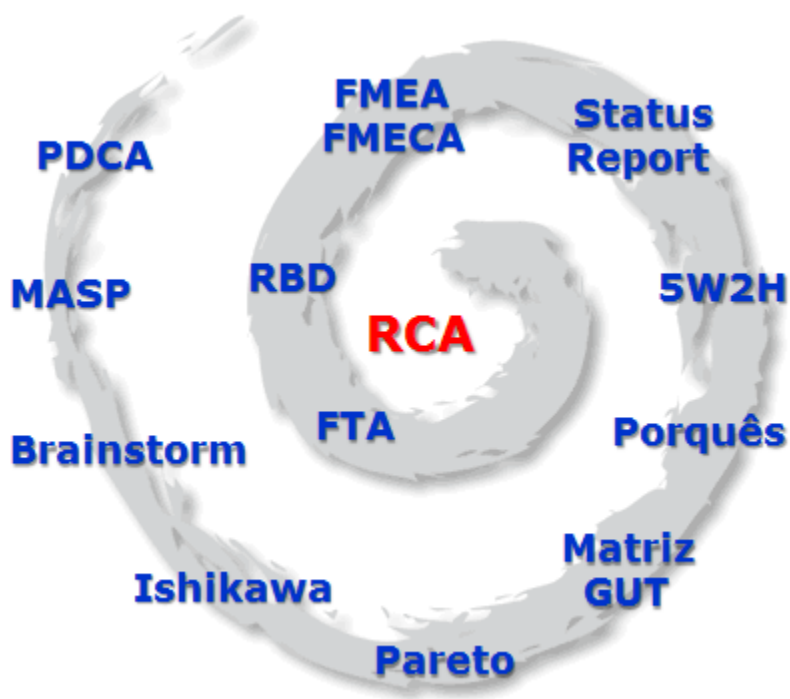
RBM – *Reliability Based Maintenance*

MBC – *Manutenção Baseada em Confiabilidade*

A manutenção centrada em confiabilidade é uma metodologia para analisar as funções do sistema, o modo como estas funções podem falhar e, a partir daí aplicar um critério de priorização explícito baseado em fatores de segurança, ambientais, operacionais e econômicos, para identificar as tarefas de manutenção aplicáveis e efetivas.

(MOUBRAY, 2001; SIQUEIRA, 2005; SMITH, A. M., HINCHCLIFFE, G. R., 2003)

Figura 3. 1 – Ferramentas para análise de falha



3.2. EVOLUÇÃO DAS ETAPAS DE IMPLANTAÇÃO DA MCC

Este item apresenta as etapas para implantação e definição das causas básicas de falhas nos componentes, subsistemas e sistemas.

Alguns questionamentos devem ser considerados na implantação do MCC, a saber:

- O que caracteriza um bom programa de MCC?
- Para que tipo de empresa /sistema a MCC é mais aderente?
- Quais são e de que maneira os fatores gerenciais e técnicos afetam a implantação da MCC?
- Como conduzir a metodologia de implantação da MCC de forma otimizada?
- Como mensurar e realimentar o processo de implantação da MCC?

Estes questionamentos são respondidos pelo MCC com as seguintes perguntas, conforme os autores:

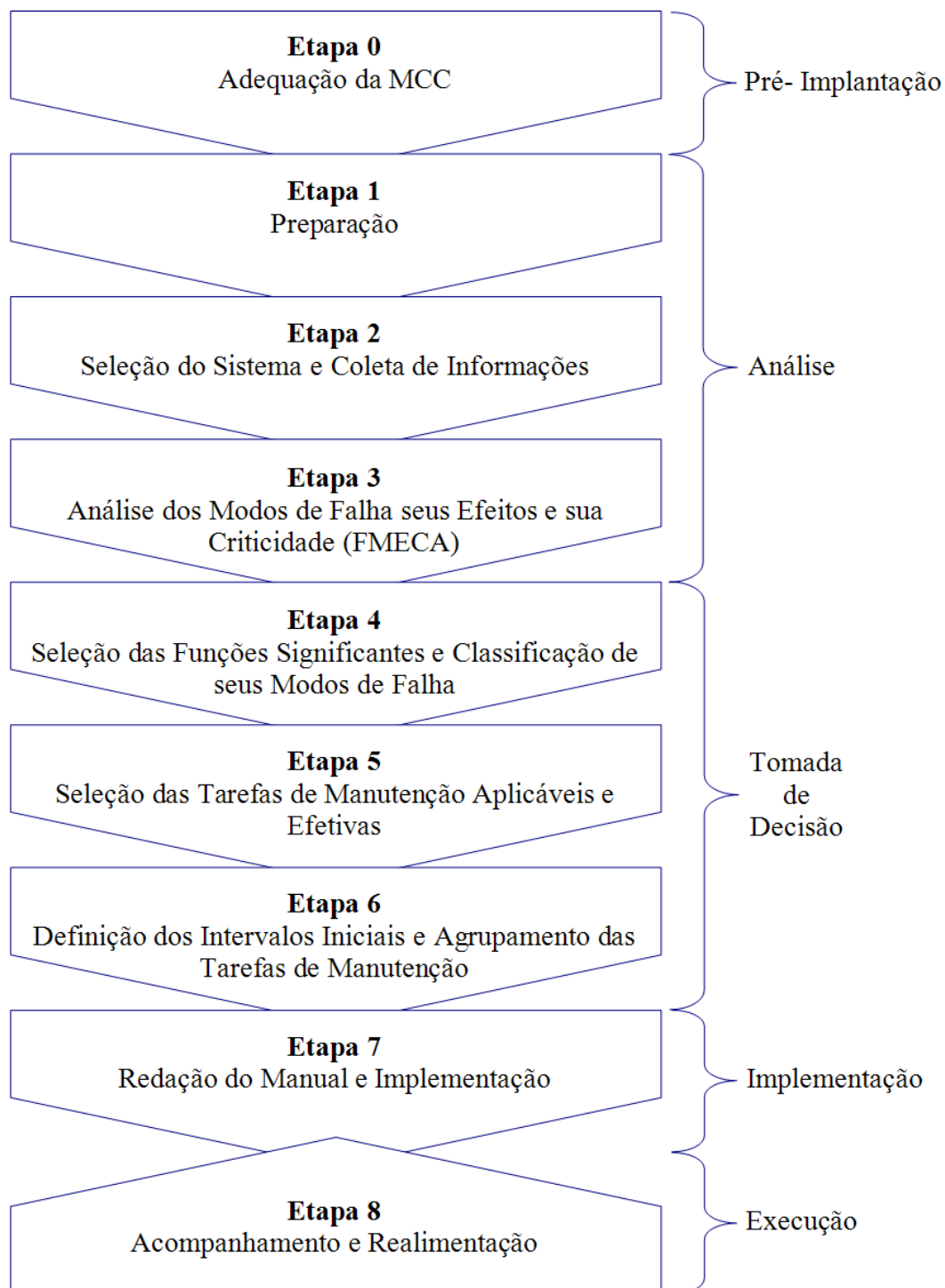
1. Quais são as funções associadas e os padrões de desempenho associados ao ativo no seu contexto operacional atual (Funções)?
2. De que forma o ativo falha em cumprir suas funções (Falhas Funcionais)?
3. O que causa cada falha funcional (Modos de Falha)?
4. O que acontece quando ocorre cada falha (Efeitos da Falha)?
5. Qual o impacto dos efeitos do modo de falha no meio ambiente, na segurança, na operação do sistema e na economia do processo (Consequências da Falha)?
6. O que pode ser feito para prevenir cada falha (Tarefas Aplicáveis e Efetivas)?
7. O que deve ser feito se não for encontrada uma tarefa aplicável e efetiva adequada (Ações Default)?
8. Qual a frequência ideal para as tarefas de manutenção aplicáveis e efetivas?

3.3. PROCEDIMENTO DE REFERÊNCIA E SUCESSO NA IMPLANTAÇÃO DA MCC

Segundo Rigoni (2008), A metodologia da MCC se caracteriza por envolver nos estudos, implantação, auditoria e gestão representante de diversas áreas (manutenção, operação, segurança e qualidade), garantindo que a visão e as expectativas de cada setor estejam contempladas nas decisões tomadas. Esse grupo deve analisar, além da viabilidade da MCC para o contexto da empresa/sistema, as necessidades estratégicas da empresa em termos de aumento de disponibilidade e confiabilidade dos ativos, além da maneira mais econômica de alcançar estes objetivos. Com isso é possível definir os sistemas e subsistemas que serão analisados e suas fronteiras, O processo de decisão e o conhecimento intrínseco a ele devem ser documentos para orientar as decisões e as etapa seguintes do processo.

O procedimento de implantação é mostrado pela referência no fluxo da MCC.

Figura 3. 2 – Etapas de implantação da MCC



Fonte: Rigoni (2019).

Para o sucesso na implantação da MCC, alguns fatores relevantes deverão ser considerados.

Figura 3. 3 – Fatores de sucesso e fracasso



Fonte: Rigoni (2019).

- Recursos → Financeiros e Dedicção (hXh) da equipe de implementação.
- Retorno do Investimento → Longo Prazo → Apoio da Alta Gerência → Descrédito e Abandono.
- Tempo → Objetivos e Implantação de Longo Prazo x Expectativas Imediatistas → Frustrações.
- Comprometimento → Mudanças Internas → Inviabilizar as Ações de Manutenção.
- Condições para Aprimoramento Contínuo → Realimentação, Atualização e Revisões do Manual de MCC.
- Resultados e Benefícios → “Stakeholders”, afetados pelo Sistema e Qualidade do Produto.

3.4. ANÁLISE DOS MODOS DE FALHAS, SEUS EFEITOS E SUA CRITICIDADE

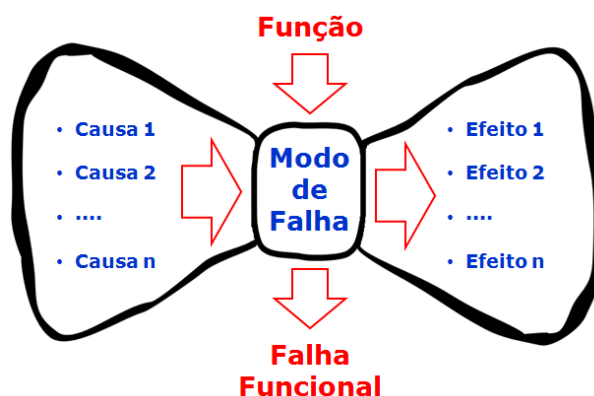
FMEA - *Failure Mode and Effects Analysis* (análise dos modos de falha e seus efeitos). Utilizada em engenharia de qualidade e confiabilidade.

Origem no Departamento de defesa dos Estados Unidos, em 1949. Foco na Análise de Falhas em Sistemas.

FMECA - *Failure Mode, Effects and Criticality Analysis* – (análise dos modos de falha seus efeitos e sua criticidade). Quando a análise leva em conta a criticidade da falha.

Efeito imediato de cada modo de falha nos itens funcionalmente significantes e nas funções requeridas destes itens.

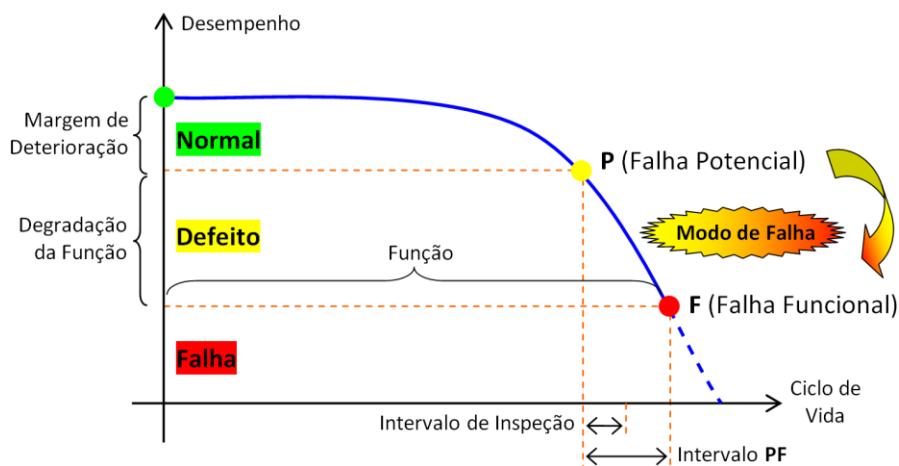
Figura 3. 4 – Fluxo ilustrativo do modo de falha



Fonte: Rigoni (2019).

Normalmente é associado ao componente do sistema, portanto é importante identificar a que componente o modo de falha se refere.

Figura 3. 5 – Gráfico ilustrativo do modo de falha



Fonte: Rigoni (2019).

A descrição dos efeitos traz as informações suficientes para avaliar os seguintes aspectos:

- Evidência da Falha - Como é observado o efeito;
- Impacto na Segurança - Risco para as pessoas;
- Impacto Ambiental - Danos ao meio ambiente;
- Reflexo Operacional - Funcionalidades e produtividade do processo;
- Resultados Econômicos - Impacto financeiro;
- Forma de Reparo - Como retornar a função após a falha;
- Características Compensatórias do Sistema - Reduzir o impacto do efeito.

3.5. CLASSIFICAÇÃO DOS MODOS DE FALHA DAS FUNÇÕES SIGNIFICANTES

ESA – Evidente com impacto na Segurança e/ou Ambiental

EEO – Evidente com impacto Econômico e/ou Operacional

OSA – Oculto com impacto na Segurança e/ou Ambiental

OEO – Oculto com impacto Econômico e/ou Operacional

3.6. Seleção das Tarefas de Manutenção Aplicáveis e Efetivas

Utiliza os critérios de aplicabilidade, tais como:

- Prevenir os modos de falha
- Reduzir a taxa de deterioração
- Detectar a evolução da falha
- Descobrir falhas ocultas
- Suprir necessidade e consumíveis do processo
- Reparar o item após a falha

Efetividade

- Ser aplicável tecnicamente

- Ser viável com os recursos disponíveis
- Produzir os resultados esperados
- Ser executável a um intervalo razoável

Atividades de Manutenção

- Serviço Operacional
- Inspeção Preditiva
- Restauração Preventiva
- Substituição Preventiva
- Inspeção Funcional
- Manutenção Combinada
- Mudança de Projeto
- Reparo Funcional

Para o sistema objeto deste trabalho, adotaremos a Mudança de Projeto, que é qualquer ação que altere as especificações funcionais do ativo/sistema. Focado na natureza construtiva e/ou operacional.

CrITÉrios de Aplicabilidade e Efetividade da Tarefa de Manutenção escolhida

- O ativo/sistema tem alta prioridade e/ou a análise de custo/benefício é favorável;
- Nenhuma ação de manutenção pode identificar e/ou corrigir a falha;
- Não há viabilidade técnica e/ou econômica para uma ação de manutenção;
- ESA ou OSA - Reduz, a nível aceitável, o risco associado à falha;
- EEO ou OEO - Reduz a probabilidade de falha e tem custo reduzido < Custo da Falha.

3.7. MENSURAÇÃO DA CONFIABILIDADE

Qualquer que seja a estratégia de manutenção, o objetivo maior é prolongar a vida útil e a disponibilidade dos equipamentos, balanceando os custos envolvidos no processo.

O Tempo de vida de equipamentos pode ser compreendido como tempo de vida físico onde começa a operar desde quando novo até um status no qual não pode mais ser usado e deve ser substituído.

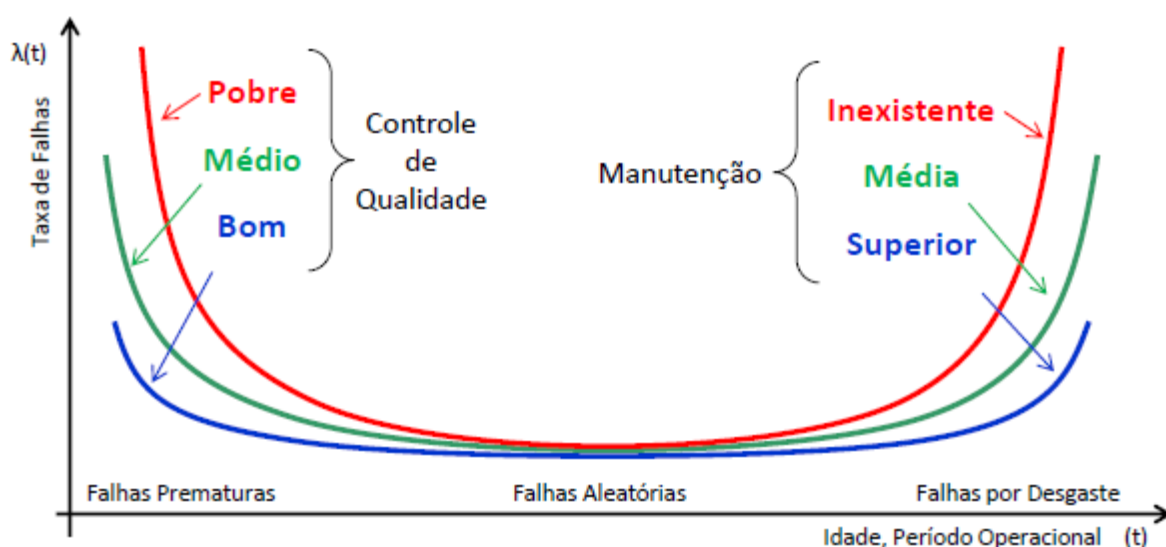
Uma manutenção preventiva pode prolongar o tempo de vida físico.

O tempo de vida técnico do equipamento é quando pode ser substituído por razões técnicas apesar de estar fisicamente apto a operar. Neste caso pode haver a obsolescência tecnológica ou falta de peças de reposição devido ao lançamento de novos modelos.

O tempo de vida econômico ocorre quando não tem mais valor econômico apesar de estar fisicamente apto a operar.

A depreciação do custo financeiro do equipamento (operação + manutenção). Pode ser mais custo-eficiente substituir o equipamento.

Figura 3. 6 – Mensuração da Confiabilidade



Fonte: Rigoni (2019).

3.8. SÍNTESE E CONCLUSÃO DO CAPÍTULO

Para a implantação da MCC faz-se necessário o entendimento e a utilização de diversas ferramentas. Estas ferramentas podem ser qualitativas (FMEA, FMECA, diagramas, planilhas, etc.) ou quantitativas (Pareto, indicadores de desempenho, etc.).

Desde a análise do desempenho atual de um resfriador de placas, o entendimento das causas básicas que estão levando a este desempenho, a definição dos componentes a ser analisado, a identificação de ações mitigadoras, a priorização destas ações, o acompanhamento da implantação.

No próximo capítulo iniciaremos a aplicação destas ferramentas de forma metodológica, seguindo uma ordem lógica para entendimento da situação atual, entendimento das causas que estão levando ao baixo desempenho e alto custo das correntes, priorização das ações, definição dos modos de falhas e proposta de plano de ação para correção dos problemas identificados e a gestão deste plano de ação.

4. IMPLANTAÇÃO DA MANUTENÇÃO CENTRADA EM CONFIABILIDADE - MCC

A implantação de uma manutenção centrada em confiabilidade para a concepção de novo projeto e recuperação das correntes de um resfriador de placas é bastante complexa e demanda uma análise detalhada em todas as suas fases, desde a identificação dos problemas até a determinação da ação mitigadora para garantia operacional dentro de parâmetros aceitáveis, de acordo com as exigências do processo.

Neste projeto, foram avaliadas e identificadas algumas oportunidades de melhorias significativas e, alguma delas, já se encontra em processo de implantação. Estas melhorias foram incluídas no trabalho, uma vez que são de grande importância para todo o processo e, conseqüentemente, para um sistema de Resfriamento de Placas.

4.1. ADEQUAÇÃO DA FUNÇÃO RESFRIAMENTO DE PLACAS À MCC

Nesta etapa o objetivo é avaliar se a manutenção centrada em confiabilidade é realmente indicada para o processo/subsistema estudado e, se a gestão da manutenção e seus colaboradores são adequados Rigoni (2019).

Pela análise inicial foi definida a utilização da restauração do ativo, via contrato de manutenção com fornecedor pré-qualificado onde, a tarefa programada de restauração do item/componente é baseada na avaliação do desgaste via controle dimensional e ensaios não destrutivos (*END*), realizados durante desmontagem e peritagem de cada conjunto de doze elos (01 segmento de corrente).

Os critérios de aplicabilidade e efetividade da tarefa de manutenção consideram que:

- A degradação é função do tempo em operação ou da última manutenção realizada.
- É possível uma ação preventiva antes da falha funcional do item.
- Uma proporção alta de itens/componentes sobrevive à idade onde a degradação é identificável.

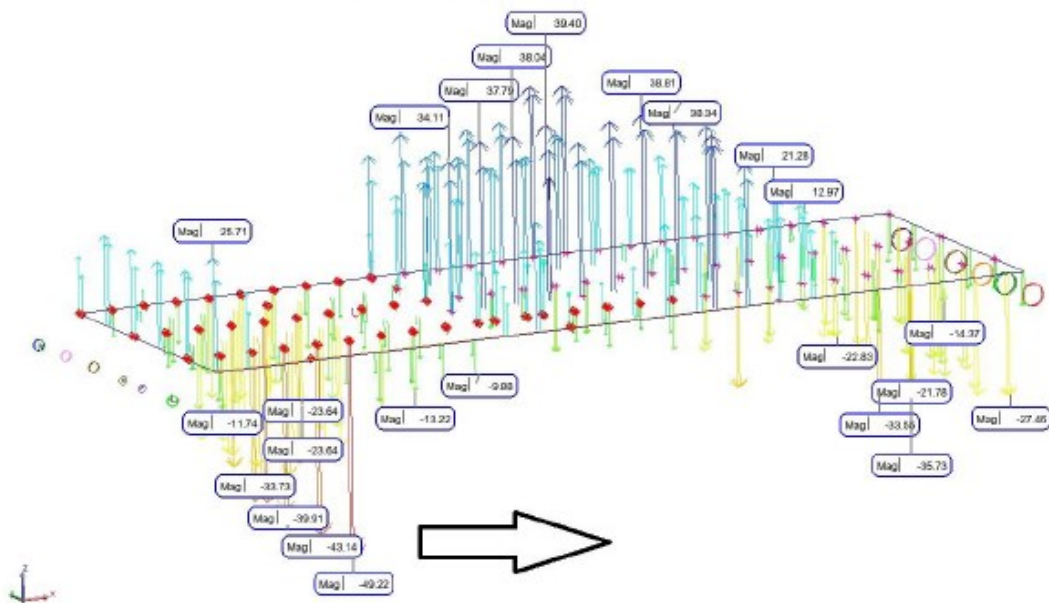
- É possível restaurar o item/componente a um padrão especificado que seja adequado.
- ESA ou OSA reduz, a nível aceitável, o risco associado à falha.
- EEO ou OEO aplicado reduz a probabilidade de falha e tem custo reduzido, isto é, menor que o custo da Falha.

Para as evidências das condições de operação do conjunto foi realizado mapeamento da condição de nivelamento e alinhamento das correntes do resfriador, conforme figura abaixo.

Realizado levantamento topográfico dentro do resfriador de placas, com foco no plano das correntes, região de apoio das placas a fim de determinar o nivelamento com referência à superfície de apoio.

Figura 4. 1 – Levantamento topográfico do Resfriador de Placas

DESVIO DE PLANICIDADE DO RESFRIADOR.



Fonte: autor (2019).

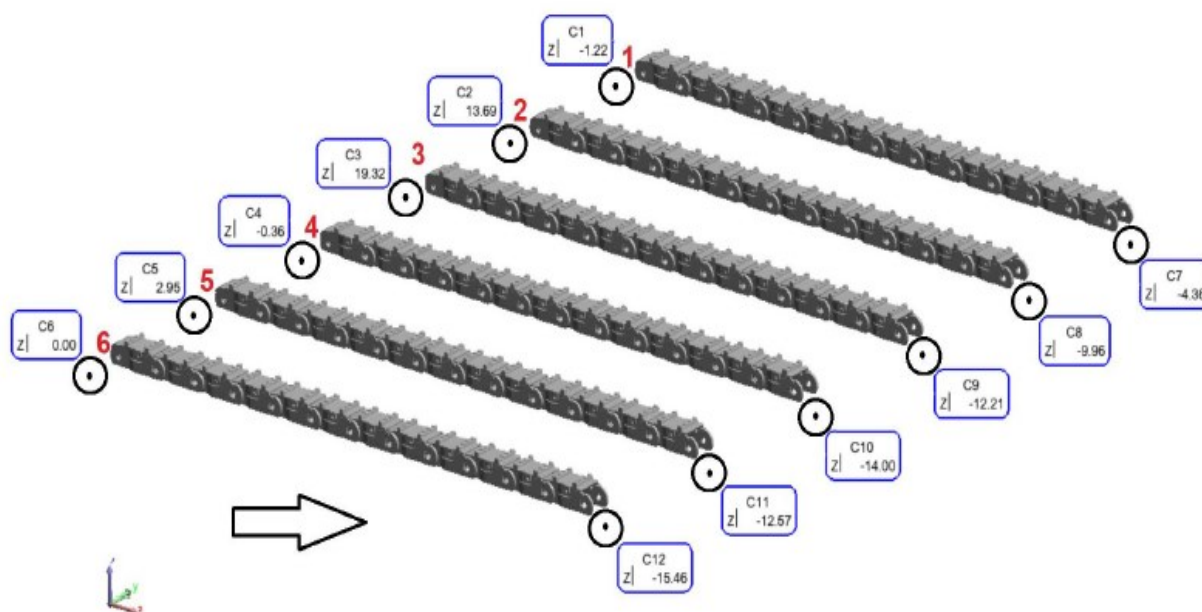
Observa-se que a superfície das correntes assumem valores com amplitude positiva e negativa, demonstrando a perda do nivelamento das correntes com referência a um plano de apoio das placas.

Analisando o conjunto das 06 correntes, obtém-se a localização das divergências, onde é proposta a verificação individual de cada corrente.

4.2. VISTA DO PLANO SUPERIOR DAS 06 CORRENTES

Observa-se a disposição do conjunto das 06 correntes que compõe a superfície de transporte de Placas dentro do Resfriador.

Figura 4. 2 – Disposição em planta das 06 correntes no Resfriador

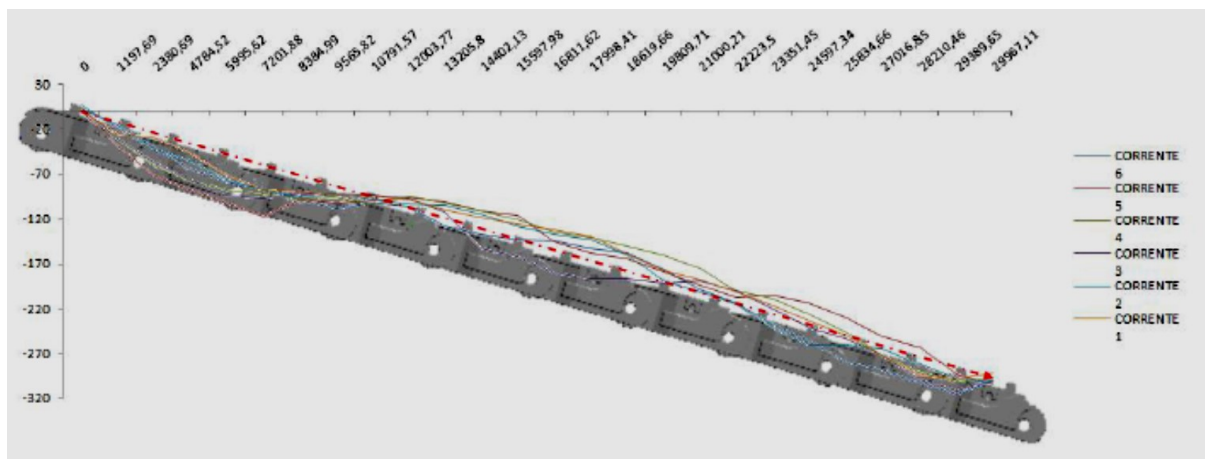


Fonte: autor (2019).

4.3. VISTA FRONTAL DAS CORRENTES

Observa-se um perfil senoidal nas linhas coloridas, demonstrando a variação do nivelamento de cada corrente.

Figura 4. 3 – Disposição em perfil das 06 correntes no Resfriador



Fonte: autor (2019).

Mostra fotográfica da montagem de um segmento de corrente na figura 4.3.

Figura 4. 4 – Segmentos de 12 elos da corrente do Resfriador

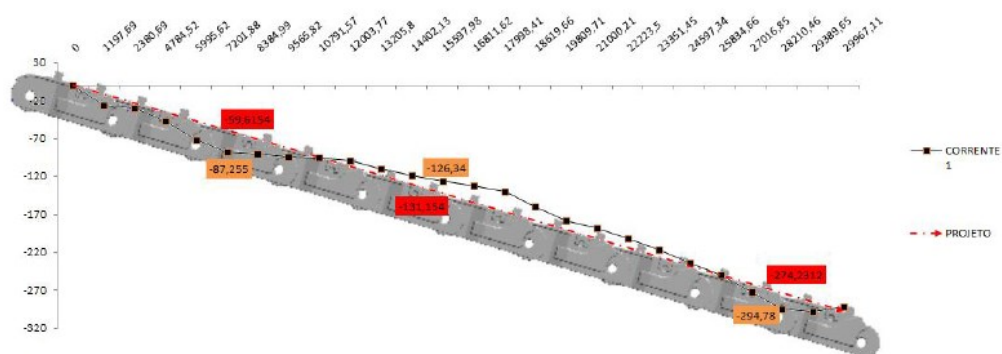


Fonte: autor (2019).

4.4. AVALIAÇÃO INDIVIDUAL DO NIVELAMENTO DA CORRENTE N° 1

Nesta etapa observa o gráfico com elevação das linhas demonstrando o desnivelamento de cada corrente do resfriador de placas.

Figura 4. 5 – Perfil de nivelamento da corrente 1



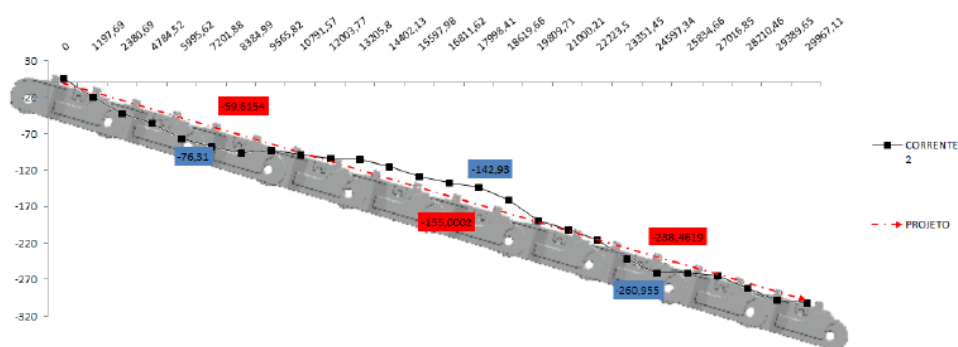
Fonte: autor (2019).

Perfil de nivelamento da corrente 1 com depressão no início, elevação na região central e depressão na saída da corrente do resfriador.

4.5. AVALIAÇÃO INDIVIDUAL DO NIVELAMENTO DA CORRENTE N° 2

Perfil de nivelamento da corrente 2 com depressão no início, elevação na região central e depressão na saída da corrente do resfriador.

Figura 4. 6 – Perfil de nivelamento da corrente 2

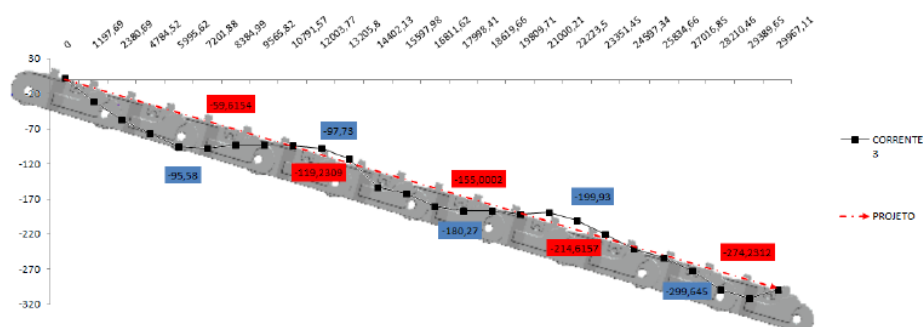


Fonte: autor (2019)

4.6. AVALIAÇÃO INDIVIDUAL DO NIVELAMENTO DA CORRENTE N° 3

Perfil de nivelamento da corrente 3 apresentando depressão no início, elevação pontual seguida de ciclo de elevação e depressão com declino na saída da corrente.

Figura 4. 7 – Perfil de nivelamento da corrente 3

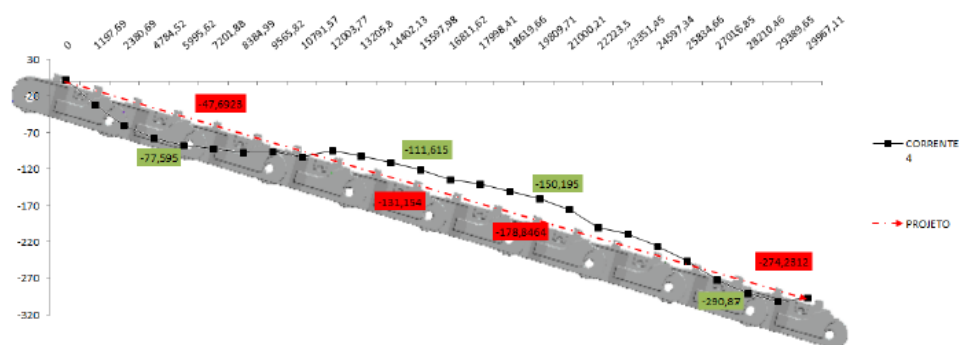


Fonte: autor (2019).

4.7. AVALIAÇÃO INDIVIDUAL DO NIVELAMENTO DA CORRENTE N° 4

Perfil de nivelamento da corrente 4 com depressão no início, elevação contínua na região central e depressão no final da corrente do resfriador.

Figura 4. 8 – Perfil de nivelamento da corrente 4

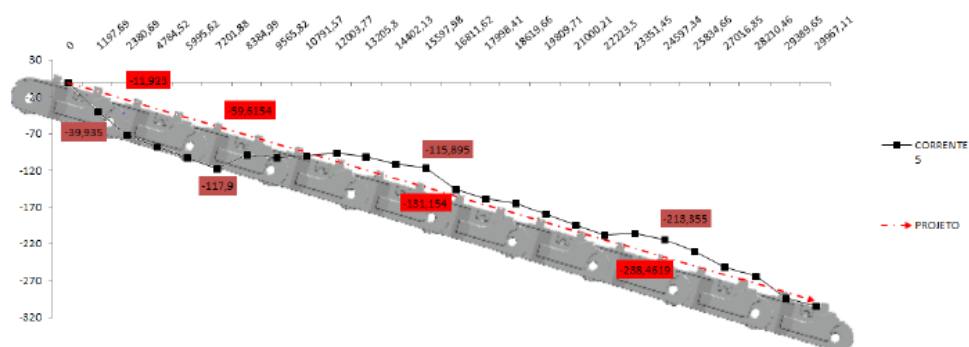


Fonte: autor (2019).

4.8. AVALIAÇÃO INDIVIDUAL DO NIVELAMENTO DA CORRENTE N° 5

Perfil de nivelamento da corrente 5 apresenta depressão acentuada no início da corrente e com elevação ao longo da extensão da corrente.

Figura 4. 9 – Perfil de nivelamento da corrente 5

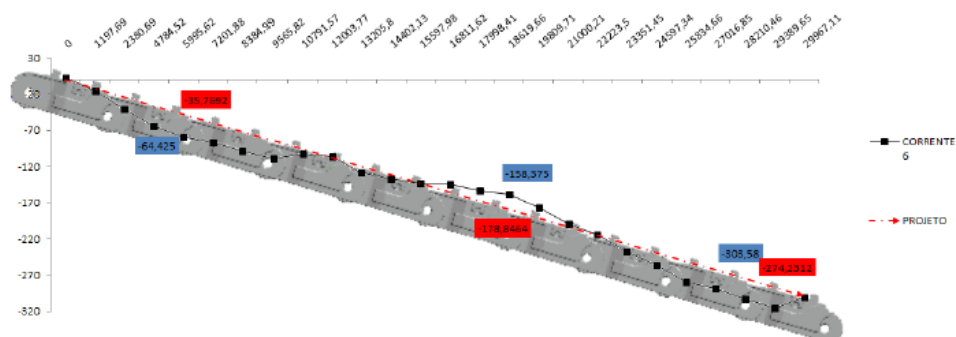


Fonte: autor (2019).

4.9. AVALIAÇÃO INDIVIDUAL DO NIVELAMENTO DA CORRENTE N° 6

Perfil de nivelamento da corrente 6 apresenta ligeira depressão no início com suave elevação no centro retornando com suave depressão no final da corrente.

Figura 4. 10 – Perfil de nivelamento da corrente 6



Fonte: autor (2019).

Com a análise da topografia realizada, observa-se que, cada corrente do resfriador de placas apresenta desnivelamento diferenciado o que provoca assentamento

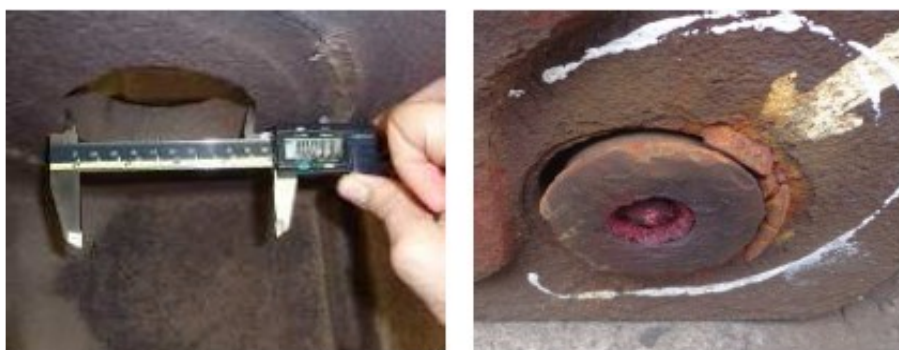
irregular das placas e conseqüentemente esforço localizado provocando desgaste prematuro e redução da vida do ativo.

5. DESMONTAGEM, INSPEÇÃO E PERITAGEM DOS COMPONENTES DA CORRENTE

Nesta etapa foram consideradas todas as verificações e análises de desgastes dos componentes, quando da peritagem, durante a desmontagem dos segmentos. Foram chegados todas as dimensões dos elos, pinos, buchas e roletes.

5.1 PERITAGEM DOS COMPONENTES DA CORRENTE

Figura 5. 1 – Levantamento dimensional dos elos da corrente



Fonte: autor (2019).

Medição para chegar ao diâmetro do furo vistas à folga apresentada entre rolete e furo quando montado no elo.

Figura 5. 2 – Levantamento dimensional dos pinos da corrente



Fonte: autor (2019).

Inspeção visual dos pinos e identificação do desgaste acentuado na região de montagem dos elos e articulação.

Figura 5. 3 – Levantamento dimensional das buchas da corrente



Fonte: autor (2019).

Inspeção visual das buchas e identificação do desgaste acentuado na região de montagem dos elos e articulação.

5.2 PLANILHAS DE REFERÊNCIA COM VALORES DAS MEDIÇÕES REALIZADA EM CADA COMPONENTE

Peritagem dos componentes da corrente referente ao elo

Nesta etapa é planilhada todos os componentes, itemizada e realizada a medição de todas as dimensões correlacionando com as medidas nominais. Com o resultado das medições é checado as tolerâncias e definido o reaproveitamento, descarte ou recuperação do item.

Figura 5. 4 – Planilha itemizada dos elos da corrente

REFORMA CST (ELO)															
ELO	LADO	ESPESSURA 36,5	Ø FURO PINO	Ø FURO BUCHA	N° ARRUELA	ELO	LADO	ESPESSURA	Ø FURO PINO	Ø FURO BUCHA	N° ARRUELA				
1.1	E	24,30	67,70	-0,13	90,70	0,27	2.1	E	34,05	67,55	-0,30	90,20	-0,23		
	D	34,50	68,80	-0,03	92,70	-0,35		D	34,50	68,65	-0,18	93,00	-0,05		
1.2	E	26,45	67,80	-0,05	90,50	0,07	2.2	E	28,70	67,55	-0,30	90,30	-0,13	2	
	D	34,55	68,90	0,07	93,15	0,10		D	34,85	68,60	-0,23	93,00	-0,05		
1.3	E	24,10	67,50	0,05	90,30	-0,13	2.3	E	32,45	67,60	-0,25	90,40	-0,03		
	D	33,90	68,05	0,07	92,60	-0,05		D	34,30	68,80	-0,03	93,10	0,05		
1.4	E	27,60	67,80	-0,05	90,70	0,27	2	2.4	E	30,40	67,50	-0,35	90,40	-0,03	1
	D	35,40	68,75	-0,08	93,05	0,00	D		34,40	68,70	-0,13	92,95	-0,10		
1.5	E	24,70	67,85	0,00	90,45	0,02	2.5	E	33,70	67,50	-0,35	90,25	-0,18		
	D	34,80	68,85	0,02	93,05	0,00		D	34,20	68,80	-0,03	93,00	-0,05		
1.6	E	25,80	67,90	0,05	90,50	-0,13	2.6	E	34,05	67,40	-0,45	90,40	-0,03		
	D	33,60	68,50	0,07	93,15	0,10		D	32,85	68,65	-0,18	92,70	-0,35		
1.7	E	26,65	67,75	-0,01	90,40	-0,04	2.7	E	32,50	67,50	-0,35	90,00	-0,43		
	D	34,70	68,80	-0,03	93,10	0,05		D	34,25	68,50	-0,33	92,95	-0,10		
1.8	E	30,05	67,95	0,10	90,50	0,07	1	2.8	E	32,80	67,50	-0,35	90,45	0,02	
	D	33,25	68,80	-0,03	93,05	0,00	D		33,60	68,75	-0,08	92,80	-0,25		
1.9	E	24,80	67,75	-0,10	90,30	-0,23	2.9	E	29,40	67,50	-0,35	90,40	-0,03		
	D	33,60	68,50	0,07	92,90	-0,15		D	33,70	68,80	-0,03	92,85	-0,20		
1.10	E	23,90	67,80	-0,05	90,20	-0,23	2.10	E	32,90	67,50	-0,35	90,35	-0,08		
	D	35,40	68,70	-0,13	93,00	-0,05		D	31,80	68,70	-0,13	92,95	-0,10		
1.11	E	27,60	67,85	0,00	90,35	-0,08	2	2.11	E	29,50	67,60	-0,25	90,40	-0,03	
	D	34,60	68,70	-0,13	93,05	0,00	D		30,50	68,60	-0,23	92,90	-0,15		
1.12	E	27,85	67,90	0,05	90,15	-0,28	2	2.12	E	33,20	67,50	-0,35	90,15	-0,28	
	D	34,00	68,80	-0,03	92,95	-0,10	D		32,40	68,80	-0,03	92,80	-0,25		

Fonte: autor (2019).

Peritagem dos componentes da corrente referente ao rolo

Nesta etapa é planilhada todos os componentes, itemizada e realizada a medição de todas as dimensões correlacionando com as medidas nominais. Com o resultado das medições é checado as tolerâncias e definido o reaproveitamento, descarte ou recuperação do item.

Figura 5. 5 – Planilha itemizada dos rolos da corrente

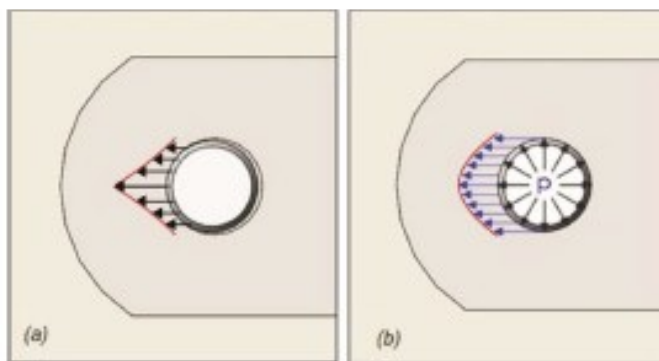
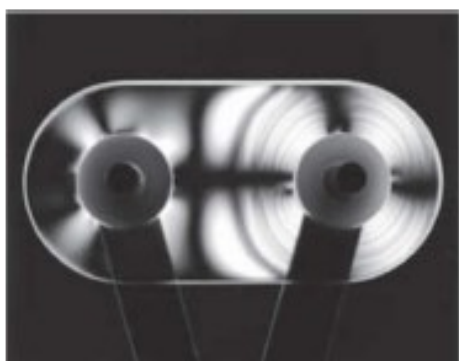
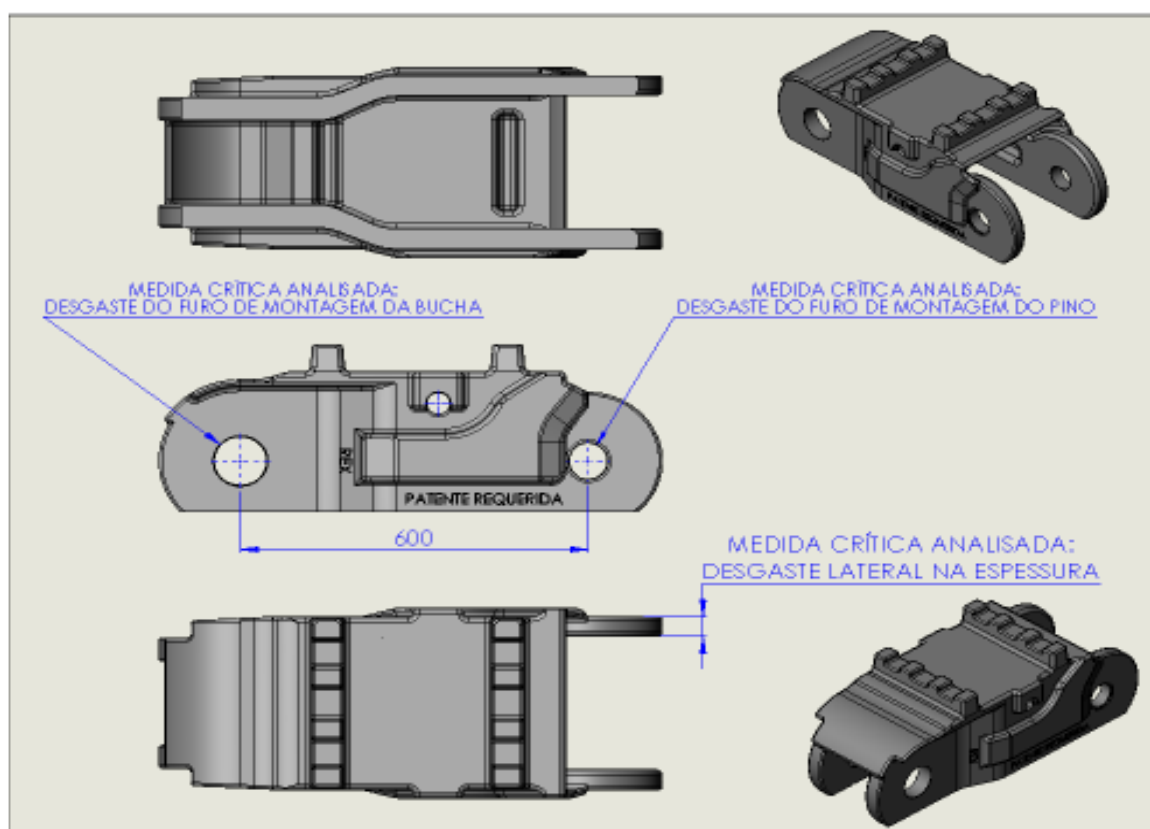
REFORMA CST (ROLO)																	
N° Seg.	Rolo	DESCRIÇÃO	ENCONTRADO	DIFERENÇA	STATUS	N° Seg.	Rolo	DESCRIÇÃO	ENCONTRADO	DIFERENÇA	STATUS	N° Seg.	Rolo	DESCRIÇÃO	ENCONTRADO	DIFERENÇA	STATUS
1	1	Ø INTERNO	91,64	0,14		2	1	Ø INTERNO	92,12	0,62		3	1	Ø INTERNO	92,12	0,62	
		Ø EXTERNO	228,75	-1,25				Ø EXTERNO	229,54	-0,46				Ø EXTERNO	229,37	-0,63	
	2	Ø INTERNO	92,7	1,2		3	2	Ø INTERNO	92,14	0,64		4	2	Ø INTERNO	92,02	0,52	
		Ø EXTERNO	229,5	-0,5				Ø EXTERNO	229,36	-0,64				Ø EXTERNO	229,37	-0,63	
	3	Ø INTERNO	92,11	0,61		4	3	Ø INTERNO	92,17	0,67		5	3	Ø INTERNO	92,11	0,61	
		Ø EXTERNO	229,32	-0,68				Ø EXTERNO	229,53	-0,47				Ø EXTERNO	229,27	-0,73	
	4	Ø INTERNO	93,1	1,6		5	4	Ø INTERNO	91,73	0,23		6	4	Ø INTERNO	91,89	0,39	
		Ø EXTERNO	229,35	-0,65				Ø EXTERNO	229,43	-0,57				Ø EXTERNO	229,53	-0,47	
	5	Ø INTERNO	92,48	0,98		6	5	Ø INTERNO	92,33	0,83		7	5	Ø INTERNO	92,68	1,18	
		Ø EXTERNO	229,45	-0,55				Ø EXTERNO	229,58	-0,42				Ø EXTERNO	229,52	-0,48	
	6	Ø INTERNO	92,02	0,52		7	6	Ø INTERNO	91,95	0,45		8	6	Ø INTERNO	92,6	1,1	
		Ø EXTERNO	229,69	-0,31				Ø EXTERNO	229,5	-0,5				Ø EXTERNO	229,32	-0,68	
7	Ø INTERNO	92,52	1,02		8	7	Ø INTERNO	92,17	0,67		9	7	Ø INTERNO	92,05	0,55		
	Ø EXTERNO	229,13	-0,87				Ø EXTERNO	229,72	-0,28				Ø EXTERNO	229,31	-0,69		
8	Ø INTERNO	92,25	0,75		9	8	Ø INTERNO	91,95	0,45		10	8	Ø INTERNO	92,05	0,55		
	Ø EXTERNO	229,33	-0,67				Ø EXTERNO	229,52	-0,48				Ø EXTERNO	229,4	-0,6		
9	Ø INTERNO	92,13	0,63		10	9	Ø INTERNO	91,92	0,42		11	9	Ø INTERNO	92,05	0,55		
	Ø EXTERNO	229,32	-0,68				Ø EXTERNO	229,51	-0,49				Ø EXTERNO	229,62	-0,38		
10	Ø INTERNO	92,07	0,57		11	10	Ø INTERNO	92,3	0,8		12	10	Ø INTERNO	92,07	0,57		
	Ø EXTERNO	229,27	-0,73				Ø EXTERNO	229,52	-0,48				Ø EXTERNO	229,52	-0,48		
11	Ø INTERNO	92,71	1,21		12	11	Ø INTERNO	91,81	0,31		12	11	Ø INTERNO	92,28	0,78		
	Ø EXTERNO	229,06	-0,94				Ø EXTERNO	229,36	-0,64				Ø EXTERNO	229,6	-0,4		
12	Ø INTERNO	92,91	1,41		12	12	Ø INTERNO	91,79	0,29		12	12	Ø INTERNO	91,9	0,4		
	Ø EXTERNO	229,46	-0,54				Ø EXTERNO	229,3	-0,7				Ø EXTERNO	229,37	-0,63		

Fonte: o autor (2019).

6. PROPOSTA DE REVISÃO DO PROJETO COM INCLUSÃO DE MELHORIAS NOS PONTOS DE DESGASTES DE CADA COMPONENTE

Nesta etapa é utilizada uma avaliação de engenharia de projeto, com análise em perspectiva dos pontos de desgaste acentuado.

Figura 6. 1 – Desenho em perspectiva dos elos



Fonte: autor (2019).

7. PROCESSO DE RECUPERAÇÃO DOS COMPONENTES DA CORRENTE

Nesta etapa é realizado o processo de preparação, usinagem e soldagem dos componentes a fim de reestabelecer a recuperação das dimensões de projeto.

O processo de recuperação é controlado por ensaios não destrutivos validando cada etapa da restauração.

Figura 7.1 – Restauração com solda dos componentes



Fonte: autor (2019).

A realização da recuperação com solda reconstitui as dimensões originais de projeto, garantindo a resistência mecânica da corrente quando do esforço aplicado.

Figura 7.2 – Restauração com usinagem dos componentes



Fonte: autor (2019).

A continuidade da usinagem final dos componentes com as tolerâncias devidas e disponibilizados para montagem do conjunto.

A composição de cada segmento de corrente é realizada com a montagem de 12 elos em conjunto, formando por consequência uma corrente completa.

Figura 7.3 – Segmentos montados com conjunto de 12 elos



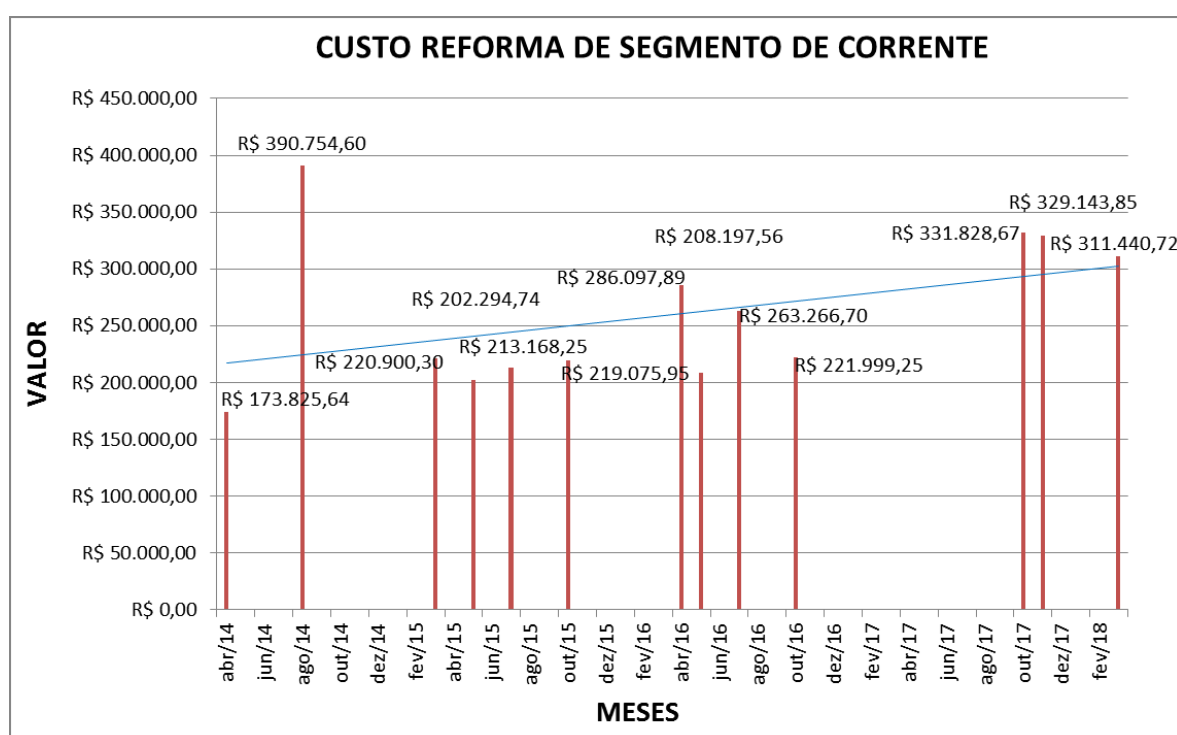
Fonte: o autor (2019)

As correntes constituídas com os segmentos montados em sequência são dispostas lado a lado e formam o plano de um conjunto de 06 correntes dentro do resfriador de placas.

8. EVOLUÇÃO HISTÓRICA DO CUSTO DO REPARO

Antes deste estudo, pelos dados levantados, observa-se no gráfico da figura 4.15 o crescimento linear do custo de reparo dos segmentos da corrente. Aumento gradativo em função de troca de maior quantidade de componentes, em especial os elos que, possui maior valor individual.

Figura 8.1 – Gráfico de evolução do custo de reparo dos segmentos da corrente



Fonte: autor (2019).

A evolução dos custos com reparo dos segmentos de corrente, especialmente a partir de 2014 trouxe a necessidade urgente de avaliar a performance e buscar contingenciamento para reduzir o custo do reparo e viabilizar a permanência do ativo.

8.1. SÍNTESE E CONCLUSÃO DO CAPÍTULO

Este capítulo foi o mais importante do trabalho, pois trata a implantação prática das ferramentas estudadas no capítulo anterior em um processo real, detalhado no capítulo 2.

Foi realizado o levantamento da condição atual de um Resfriador de Placas, avaliado a condição de trabalho do ativo, realizado uma análise detalhada dos mecanismos de desgaste, definido os modos de falha mais críticos e iniciado a implantação das melhorias no projeto e na restauração dos componentes.

O próximo capítulo apresentará a conclusão deste trabalho e as considerações finais sobre o que foi tratado até o presente momento. Nele serão apontado às dificuldades encontradas e, principalmente, os ganhos que já puderam ser percebidos, após o reparo de alguns segmentos de corrente que já foram restaurados conforme projeto novo.

9. CONCLUSÃO

A manutenção centrada em confiabilidade auxilia os setores responsáveis a aperfeiçoarem as atividades de manutenção das empresas, gerando melhor desempenho dos ativos e direcionando melhor os recursos alocados.

No desenvolvimento deste trabalho foram encontradas algumas dificuldades que tiveram que ser ultrapassadas e tratadas com muita determinação e foco na solução do problema, entre elas o histórico confiável e detalhado dos equipamentos, a concorrência com outras demandas gerenciais e o nivelamento de informações com entendimento sobre a metodologia da MCC.

Em continuidade a esta proposta de trabalho foi notável o resultado deste estudo que evidenciou a viabilidade de realizar a recuperação do ativo com garantia de performance e redução dos custos de manutenção.

Após a efetivação das propostas de melhoria foi constatado um ganho da ordem de 32% devido aos procedimentos recuperação dos componentes da corrente, em relação ao que era praticado anteriormente, que era simplesmente, de troca de componentes por componentes novos. Evidenciado que, o componente restaurado traz as mesmas garantias de resistência mecânica e tolerância dimensional, conforme laudo do ensaio.

Foi efetivados contratos de reparo das correntes com restauração dos componentes com fornecedores pré-qualificados e desenvolvidos durante a etapa deste trabalho, sendo as empresas ZADRA e REXNORD, respectivamente.

9.1. SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS

Como sugestão de trabalhos futuros e, sabendo-se da continuidade do Resfriador de Placas, é muito importante a prática da melhoria contínua no equipamento que seria desenvolver e aplicar novos tipos de graxa lubrificantes especiais para utilização neste no novo projeto a fim de reduzir o desgaste dos componentes.

Outra sugestão de trabalho futuro seria o estudo de substituição do Resfriador de Placas por novos métodos de resfriamento, seja via caixa de resfriamento com água onde são mergulhadas as placas ou através de pesquisa de Leitos fluidizados, que é o resfriamento por sólidos.

BIBLIOGRAFIA

LINDOSO, MARCO POLO DE OLIVEIRA. **Análise e determinação do custo do ciclo de vida das correntes do resfriador**. Monografia. Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná. Curitiba, 2017.

MAZZEI, Denis. **Otimização da Confiabilidade de Sistemas - Notas de Aula**. Curso de Especialização em Engenharia da Confiabilidade, Curitiba, 2018

MOUBRAY, 2001; SIQUEIRA, 2005; SMITH, A. M., HINCHCLIFFE, G. R., 2003

RELIASOFT. RAM. Disponível em: <<http://www.reliasoft.com.br/rga/index.htm>>. 2018.

RIGONI, Emerson. **Ferramentas para Análise de Falhas - Notas de Aula**. Curso de Especialização em Engenharia da Confiabilidade, Curitiba, 2019.

RIGONI, Emerson. **Manutenção Centrada em Confiabilidade - Notas de Aula**. Curso de Especialização em Engenharia da Confiabilidade, Curitiba, 2019.

SIQUEIRA, Iony Patriota de., **Manutenção Centrada na Confiabilidade – Manual de Implementação**. Rio de Janeiro, 1ªed., Editora Qualitymark Ltda.,2005.

STAMATIS, D. H., **Failure Mode and Effect Analysis – FMEA from Theory to Execution**. Editora ASQC Quality Press, 1995.