

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

MARCO POLO DE OLIVEIRA LINDOSO

**ANÁLISE E DETERMINAÇÃO DO CICLO DE VIDA DO RESFRIADOR
DE PLACAS**

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

**CURITIBA
2017**

MARCO POLO DE OLIVEIRA LINDOSO

**ANÁLISE E DETERMINAÇÃO DO CICLO DE VIDA DO 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. Dr. Emerson Rigoni

Co-orientador: Denis Mazzei

**CURITIBA
2017**



TERMO DE APROVAÇÃO

ANÁLISE E DETERMINAÇÃO DO CUSTO DO CICLO DE VIDA DAS CORRENTES DO RESFRIADOR DE PLACAS

por

MARCO POLO DE OLIVEIRA LINDOSO

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

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

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

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

Dedico este trabalho a minha mãe Ilda Maria e a minha esposa Sonia Mara pelo incentivo e por entender os momentos da minha ausência.

AGRADECIMENTOS

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

Agradeço a todos os professores da UTFPR e da Reliasoft pela paciência e pela qualidade do ensino ministrado.

Aos meus colegas de sala.

A Letícia Rodrigues Velasco, pela cooperação.

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

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

“A verdadeira medida de um homem não se vê na forma como se comporta em momentos de conforto e conveniência, mas em como se mantém em tempos de controvérsia e desafio”. (Martin Luther King)

RESUMO

LINDOSO, MARCO POLO DE OLIVEIRA. Análise e determinação do custo do ciclo de vida das correntes do resfriador 2017. 47 F. Monografia (Especialista em Engenharia da Confiabilidade) – Programa de Pós-Graduação em Tecnologia, Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná. Curitiba, 2017.

O objetivo principal dessa pesquisa é análise e determinação do custo do ciclo de vida para correntes de um resfriador de placas, um ativo importante na área do Condicionamento de uma Usina Siderúrgica. Na área de manutenção é muito comum que a tomada de decisão na aquisição de bens de capital, muitas vezes seja feita por base no custo de aquisição e não no custo total do ciclo de vida. Cabe ao profissional de manutenção, buscar este conhecimento para que além dos indicadores técnicos e de gestão, possa somar o retorno financeiro a sua análise e assim embasar melhor a sua tomada de decisão. Esta pesquisa busca responder o que é melhor para estas correntes: continuar a reparar ou substituir por uma nova? Será empregada a análise do Custo do Ciclo de Vida (LCCA). O resultado deste trabalho determinará a vida útil econômica do ativo. Este tipo de abordagem de Engenharia Econômica estimula uma visão de longo prazo ao invés do curto prazo e também pode ser muito útil na Gestão de Ativos de uma empresa.

Palavras-chave: Análise do Custo do Ciclo de Vida. Engenharia Econômica. Gestão de Ativos. Usina Siderúrgica. Aquisição de Ativos

ABSTRACT

LINDOSO, MARCO POLO DE OLIVEIRA. Análise e determinação do custo do ciclo de vida das correntes do resfriador 2017. 47 F. Monografia (Especialista em Engenharia da Confiabilidade) – Programa de Pós-Graduação em Tecnologia, Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná. Curitiba. 2017.

The main objective of this research is the analysis and determination of the life cycle cost of a set of chains of Slab Cooler Conveyor, an important asset in Slab Conditioning Area of a Steel Plant. In the maintenance area it is very common that the decision-making in the acquisition of capital goods is often based on the cost of acquisition and not on the total cost of the life cycle. It is up to the maintenance professional to seek this knowledge so that in addition to the technical and management indicators, it can add the financial return to their analysis and thus better support their decision making. This research seeks to answer what is best for the conveyor chains: keep on repairing or replace with a new one? The Life Cycle Cost Analysis (LCCA) will be used. The result of this work will determine the economic useful life of the asset. This type of Economics approach stimulates a long-term vision rather than the short term and can also be very useful in a company's asset management.

Key Words: Life Cycle Cost Analysis. Economics. Asset Management. Steel Plant. Asset Acquisition

LISTA DE SIGLAS

AMT	ArcelorMittal Tubarão
CAE	Custo Anual Equivalente
CAPEX	Despesa de operacionais
CBS	Estrutura de Decomposição de Custos
GA	Gestão de Ativos
LCCA	Análise do Custo do Ciclo de Vida
LTQ	Laminador de Tiras a Quente
OPEX	Despesa de operacionais
TIR	Taxa Interna de Retorno
TMA	Taxa Mínima de Atratividade
VF	Valor Futuro
VPL	Valor Presente Líquido

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	11
1.1.	PREMISSAS E PROBLEMAS DA PESQUISA.....	11
1.2.	OBJETIVOS	12
1.2.1.	OBJETIVO GERAL.....	12
1.2.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
1.3.	JUSTIFICATIVAS.....	13
1.4.	PREMISSAS E DELIMITAÇÃO DO TEMA.....	15
1.5.	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	16
1.6.	ESTRUTURA DO TRABALHO	17
2.	RESFRIADOR DE PLACAS E SUAS CORRENTES	19
2.1.	FLUXO DE PRODUÇÃO DA ARCELORMITTAL TUBARÃO E O CONDICIONAMENTO DE PLACAS.	19
2.2.	FLUXO DO CONDICIONAMENTO DE PLACAS	22
2.2.1.	DEFEITOS EM PLACAS	22
2.2.2.	REBARBA	22
2.2.3.	DUPLO LINGOTAMENTO	23
2.2.4.	MARCA DE ROLOS	23
2.3.	FUNÇÕES DO CONDICIONAMENTO DE PLACAS.....	24
2.4.	RESFRIAMENTO DE PLACAS.....	25
2.5.	RESFRIADOR DE PLACAS.....	25
2.6.	TRANSPORTADOR DE CORRENTES.....	26
2.7.	CRITÉRIO PARA SUBSTITUIÇÃO DOS SEGMENTOS CORRENTES	27
2.8.	SITUAÇÃO ATUAL DAS CORRENTES.....	27
2.8.1.	ELOS.....	28
2.8.2.	PINOS	30
2.8.3.	BUCHAS	30
2.8.4.	ROLOS.....	31
2.9.	COMPARATIVO ENTRE REFORMAS.....	31
2.10.	SÍNTESE E CONCLUSÃO DO CAPÍTULO.....	33
3.	REFERENCIAL TEÓRICO.....	34
3.1.	INVESTIMENTO EM ATIVOS FIXOS	34
3.2.	MÉTODO DE ANÁLISE DE INVESTIMENTO	35
3.3.	PAYBACK DESCONTADO	35
3.4.	VALOR ANUAL UNIFORME EQUIVALENTE	36
3.5.	TAXA INTERNA DE RETORNO (TIR)	36
3.6.	VALOR PRESENTE LÍQUIDO (VPL)	36
3.7.	CUSTO ANUAL EQUIVALENTE	37
3.8.	TAXA MÍNIMA DE ATRATIVIDADE (TMA)	38
3.9.	DESPESAS DE CAPITAL (CAPEX).....	38
3.10.	DESPESAS OPERACIONAIS (OPEX).....	38
3.11.	VIDA ÚTIL	38
3.12.	VIDA ECONÔMICA	38
3.13.	ANÁLISE DO CUSTO DO CICLO DE VIDA.....	39
3.14.	ESTRUTURA DE DECOMPOSIÇÃO DOS CUSTOS DE AQUISIÇÃO..	40
3.15.	SÍNTESE E CONCLUSÃO DO CAPÍTULO.....	42

4.	ANÁLISE DO CUSTO DO CICLO DE VIDA.....	43
4.1.	DEFINIÇÃO DO ESCOPO DA ANÁLISE.....	43
4.2.	DEFINIÇÃO DOS CUSTOS.....	43
4.3.	CUSTOS DE AQUISIÇÃO DAS CORRENTES.....	44
4.4.	CUSTOS MÉDIOS DE REFORMA DOS SEGMENTOS DE CORRENTES.....	45
4.5.	QUANTIDADE MÉDIA DE SEGMENTOS TROCADOS EM UM ANO ...	45
4.6.	TAXA MÍNIMA ATRATIVA.....	45
4.7.	CALCULO DA VIDA ÚTIL ECONÔMICA	46
4.8.	FATOR DE DEGRADAÇÃO.....	46
4.9.	SÍNTESE E CONCLUSÃO DO CAPÍTULO.....	50
5.	CONCLUSÃO	51
5.1.	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	51
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	53

1. INTRODUÇÃO

Este capítulo irá apresentar as premissas e problema de pesquisa, objetivos, justificativa, procedimentos metodológicos e a estrutura desta monografia. O objeto deste trabalho é analisar e determinar o custo do ciclo de vida para correntes do transportador de placas do Resfriador da área do Condicionamento de Placas da ArcelorMittal Tubarão. A metodologia que se deseja empregar é a Análise do Custo do Ciclo de Vida (em inglês LCCA, Life Cycle Cost Analysis). A partir desta análise deseja-se verificar qual a melhor oportunidade para substituição destas correntes do ponto de vista financeiro.

1.1. PREMISSAS E PROBLEMAS DA PESQUISA

Nas últimas décadas, com a globalização da economia, as empresas de uma maneira geral tem buscado ser competitivas, para permanecer no mercado global. A exigência por custos cada vez menores é uma das medidas para garantir o retorno ao acionista.

As empresas que tem como seu core business exploração, beneficiamento e refino de algum tipo de commodities tem na sua política estratégica de mercado, a redução de custos, já que os preços dos seus produtos são baseados na lei da Oferta e Procura. A única maneira de se manter competitivo é através busca incessante pela redução de custos, principalmente no que diz respeito aos custos de manutenção e reposição de ativos. Outra política que vem também tomando conta das empresas atualmente no Brasil é o aumento da produtividade. Ou seja, “fazer mais com menos”, explorar ao máximo os ativos.

Assim é de se esperar que toda a tomada de decisão nestas empresas seja com base em uma avaliação financeira, principalmente no que diz a retorno financeiro.

Justificar um investimento de capital em equipamentos com base apenas nos custos de aquisição, deixando de avaliar o ciclo de vida completo, parece ser uma realidade tanto no setor público quanto no setor privado. Na realidade os demais custos podem afetar o cálculo do retorno real do investimento no equipamento.

O profissional de manutenção, na sua grande maioria, consegue justificar o orçamento para manutenção e para aquisição de bens de capital, com uma visão míope, muito estreita dos custos e de retorno financeiro.

Tem-se que considerar ainda que a suas justificativas são embasadas em indicadores de performance técnicos ou de gestão, com pouca informação sobre retorno financeiro. O retorno financeiro é um fator primordial para decisão, principalmente nas médias e altas gerências.

Sem esse embasamento financeiro, resta ao profissional, reparar o equipamento até falhar, muitas vezes pagando mais pela reforma em longo prazo. Esta dificuldade também acaba por priorizar equipamentos de forma inadequada, distribuindo recursos de orçamento para equipamentos que já estão com a sua vida útil econômica e técnica esgotada, negligenciando outros..

É indicado ao profissional de manutenção que se familiarize com a abordagem do LCCA no sentido de melhor entender não só a melhor hora de substituir um determinado ativo, assim como poder melhor contribuir para a tomada de decisão, incluindo esta vertente muitas vezes subavaliada.

1.2. OBJETIVOS

Neste tópico será apresentado, o objetivo geral e específico da monografia.

1.2.1. Objetivo Geral

Analisar o custo do ciclo de vida das correntes do resfriador de placas da área do Condicionamento de Placas da Planta de Tubarão da ArcelorMittal.

1.2.2. Objetivos Específicos

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

- Definir o escopo do trabalho e premissas iniciais, ou seja, definir claramente todos os aspectos e fases que serão objeto desta avaliação.

- Definição do limite do que esta dentro e fora da avaliação. Esta etapa é fundamental para definição da estrutura de custos.
- Definição das categorias e subcategorias de custos e desenvolvimento da estrutura hierárquica de custos;
- Levantar os dados referentes a custos atuais e futuros;
- Levantar, calcular e estimar o perfil de custos para a aquisição do novo equipamento: custos de aquisição, manutenção, etc
- Fazer a análise da definição do melhor momento de aquisição e/ ou apresentar alternativas que possam ser mais viável;
- Avaliar o melhor momento para investir em um novo ativo de mesma especificação.

1.3. JUSTIFICATIVAS

As manutenções corretivas nas correntes do resfriador de placas ocorrem a partir da substituição de seus segmentos, trechos de correntes, durante o ano. Os segmentos retirados são posteriormente enviados para um fornecedor de serviços de reforma de correntes para reparo e substituição dos itens.

É importante frisar que não chegam a ocorrer falhas que impeçam o transportador de exercer a sua função, ou seja, não chegam a ocorrer ruptura, o que poderia gerar uma falha catastrófica. A necessidade de substituição é verificada pelo alongamento do passo da corrente em relação ao original ou em relação a qualquer outra do conjunto de 6 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 quando se verifica um desalinhamento da placa ao longo do trajeto dentro do resfriador, o que pode a vir causar ainda mais desgastes desiguais e desbalancear as correntes piorando o problema.

Esta substituição, ou a ausência desta, é um evento importante que impacta no correto funcionamento das correntes, além disso, representa um consumo de recurso financeiro do qual não se pode abrir mão.

Os segmentos de correntes do resfriador, nas suas últimas manutenções tem apresentado alto índice de reparos, bem como excessivo desgaste em alguns componentes que compõem a corrente. A cada novo lote de segmentos enviados para reformar constata-se uma elevação do deterioramento da corrente.

Desta forma, um segmento mais deteriorado representa uma elevação dos custos de manutenção e uma redução na quantidade de segmentos a ser enviado considerando um mesmo orçamento base, ou a priorização desta manutenção em detrimento da manutenção de outro ativo, o que acontece na maioria das vezes.

Tendo em vista os últimos relatórios de peritagem dos segmentos enviados, foi levantada a questão relacionada ao custo benefício das opções de continuar a manutenção ou adquirir uma corrente nova.

A aplicação da metodologia da Análise do Custo do Ciclo de Vida visa incluir um indicador financeiro que ajudaria na argumentação de uma possível substituição, já que argumentação tecnicamente esta clara e definida.

A expectativa desta análise é que ela possa responder as seguintes indagações:

- Definição do melhor momento para substituição ou apresentação de alternativas compatíveis viáveis tanto técnica quanto financeiramente;
- Certificar-se do retorno de investimento em um item de capital e com a esta informação dar melhor embasamento para tomada de decisão
- Aplicar melhor recursos do orçamento da manutenção e gerir o risco devido a tomada de decisão.
- Aplicar melhor recursos do orçamento da manutenção, melhorando a tomada de decisão, gerenciando melhor os riscos.

Espera-se também que este trabalho seja um marco inicial e motivação para que no futuro bem próximo, a área do Condicionamento de Placas, possa elaborar uma gestão de riscos e custos com justificativas de orçamentos e investimento de capital

bem mais embasadas, incluindo mais este fator para auxiliar e orientar a tomada de decisão.

1.4. PREMISSAS E DELIMITAÇÃO DO TEMA

Este trabalho tem por finalidade a avaliação da substituição das correntes do resfriador de placas ocasionadas pelo desgaste.

As substituições das correntes serão realizadas por outras correntes com o mesmo projeto ou similar. Entende-se por similar, a corrente com o mesmo tipo de capacidade e que se adapte ao acionamento existente.

Não estão previstos aumento ou alteração de capacidade, aprimoramento tecnológico ou qualquer outro tipo de alteração da funcionalidade do transportador ou das suas corrente.

A filosofia da substituição por troca de segmentos intercambiáveis, bem como os sistemas de lubrificação serão mantidas. Considera-se também que o conjunto de correntes a ser trocada manterá seus planos de inspeção, lubrificação e manutenção;

Outra premissa é a não alteração dos componentes dos acionamentos, motores, inversores, acoplamentos, eixos, sprockets motores.

Estão previstas a substituição das guias laterais e os sprockets movidos caso seja verificada a necessidade de substituição de todas as correntes. A substituição das guias faz parte do plano de manutenção quando são substituídas as correntes ou seus segmentos.

A análise da aquisição será realizada a partir da aquisição de um (1) novo conjunto de correntes, seis (6) correntes do transportador. A princípio, não estão previstos nesta análise, aquisição de sobressalentes, uma vez que o fornecedor prevê uma garantia de cinco (5) anos para o funcionamento do transportador, sem necessidade de substituição e desde que sejam respeitadas as condições para o qual foi projetado. Parte-se do princípio da existência em estoque de pelo menos dois (2) segmentos de doze (12) elos sobressalentes.

Não estão previstos as reformas das atuais correntes, dado ao fato de, conforme relatórios de peritagem, já estarem em seu fim de vida útil e sua recuperação seria desvantajosa técnica e financeiramente.

Não estão previstos também nenhuma alteração na velocidade e ciclos de funcionamento das correntes. Estamos considerando para esta análise a mesma capacidade de produção hoje existente, tanto para o Resfriador de Placas quanto para a área de Condicionamento.

Uma sobrecarga ou uma redução na produção do Resfriador de Placas pode alterar esta análise, principalmente no que diz respeito a desgastes e custos de manutenção. Se houver alteração na produção nova análise deverá ser feita.

1.5. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Inicia-se este trabalho com o estudo e a pesquisa de todos os aspectos da metodologia da aquisição de ativos, Análises de Investimento e da Análise do Custo do Ciclo de vida (LCCA) que possam ser empregados nesta monografia. Desta forma a pesquisa bibliográfica vai abranger não só estas metodologias como também todos os aspectos que possam ser pertinentes envolvendo as áreas de Engenharia Econômica e de Confiabilidade.

O levantamento das informações ocorreu dentro dos arquivos da área de manutenção do Condicionamento de Placas (IBAP) da AMT.

Depois os cálculos foram realizados através de planilha eletrônica do Excel da Microsoft.

Por se tratar de uma análise a partir da substituição idêntica, o equipamento atual poderá ser analisado à luz do comportamento de um equipamento novo.

Após cálculos será analisado o que é melhor: manter a política atual de recuperação ou aquisição de novo conjunto de correntes. Qual o momento ideal para substituição. Quais os impactos e quanto seria a perda caso esta decisão seja postergada.

Com relação a classificação desta pesquisa, de acordo com Silva e Menezes (2005) no que diz respeito a natureza, este trabalho pode ser classificado como uma

pesquisa aplicada, uma vez que aplicaremos os conceitos da Análise do Custo de Vida e indicadores financeiros para responder a questão que é o cerne deste trabalho: Qual a melhor hora para trocar o conjunto de correntes?

Do ponto de vista dos procedimentos técnicos trata-se de uma pesquisa bibliográfica, que será realizada na primeira fase com levantamento de livros, artigos, materiais, normas e procedimentos com o intuito de verificar o que foi feito e o que está se utilizando e como estão aplicando o LCCA na indústria hoje.

1.6. ESTRUTURA DO TRABALHO

No capítulo 2 é apresentada a área do Condicionamento de Placas e a sua importância no processo de fabricação de placas e bobinas de aço. Serão detalhados os principais tipos de defeitos que são eliminados na Área do Condicionamento. Serão apresentados o esfriador de placas e o processo de resfriamento e também contextualizar a função do transportador de correntes, no resfriador. Serão apresentados e detalhados os problemas referentes aos desgastes das correntes do resfriador e a evolução do número de itens a ser reparados ao longo das reformas.

O capítulo 3 apresenta o referencial teórico da Aquisição de Ativos, Análise de Investimentos e Análise do Custo do Ciclo de Vida. Serão explicitados os fatores motivacionais para a substituição de ativos. Os principais modelos de Análise de Investimento que auxiliam na tomada de decisão. Serão apresentados a estrutura de decomposição dos custos, bem como o detalhamento de cada custo.

O capítulo 4 apresenta todos os detalhamentos dos levantamentos e cálculos tanto para o custo de aquisição como para manutenção. Será apresentado o cálculo para a vida útil econômica e a explicação da evolução destes custos ao longo do tempo.

Com base nos custos será feita a análise do melhor época para substituição das correntes. Para todos os cálculos e estimativas serão comentadas as considerações e simplificações adotadas.

O capítulo 5 apresenta uma síntese dos resultados e as conclusões depois de realizados os cálculos. Os benefícios e os ganhos com esta análise deverão ser explicitados. Tendo em vista a análise ocorrer através da substituição idêntica o equipamento atual que está operando será analisado à luz da análise do novo. Também serão apresentadas sugestões visando trabalho futuro.

2. RESFRIADOR DE PLACAS E SUAS CORRENTES

Este capítulo apresenta o Condicionamento de Placas dentro do Processo da ArcelorMittal Tubarão (AMT) e a importância do Resfriador de Placas e seu transportador de Correntes no Condicionamento de Placas.

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

A AMT localiza-se no sudeste do Brasil, no Estado do Espírito Santo, no município da Serra. É especializada na produção de aços longos, placas e bobinas laminadas a quente, com capacidade instalada para produzir 7,5 milhões de toneladas de aço por ano. Estes produtos são utilizados em indústrias de diversos setores como naval, automobilístico, eletrodomésticos, tubos, construção civil, implementos agrícolas entre outros. A AMT é uma usina integrada de produção de aço. Seu processo produtivo é conforme descrito no fluxograma abaixo:

- 1) Recebimento, preparação e estocagem de matérias primas (carvão, minérios e pelotas) nos pátios de carvão e pátios de matérias primas;
- 2) Fabricação do Coque, por meio do carvão nas Coquerias e Sinter na Planta de Sinterização;
- 3) Envio do Sinter, Coque e/ou Pelotas ao Alto-Fornos, onde é produzido o ferro gusa;
- 4) Os subprodutos dos processos de Sinter, Coqueria e Altos Fornos são estocados nas áreas de Utilidades, onde serão reaproveitados como combustíveis nos demais processos da Usina;
- 5) O Gusa é enviado aos Convertedores da Aciaria onde sofre um processo de Beneficiamento e é transformado em Aço.

6) O Aço dos convertedores é vertido nas Máquinas de Lingotamento Contínuo, onde é produzido as placas de aços longos.

7) As placas poderão ir em rota direta para o Laminador de Tiras a Quentes ou ao Condicionamento de Placas, para retirada dos defeitos superficiais. Para isto a placa é resfriada nos leitos ou no Resfriador de Placas. As correntes, objeto deste trabalho conduzem as placas no interior do Resfriador

8) As Placas são laminadas no Laminador de Tiras a Quente, transformadas em bobinas e estocadas nos pátios ou beneficiadas nas Linhas de Tesoura e Acabamento. Posteriormente ou são carregadas em navios, barcaças ou carretas.

A AMT faz parte do conglomerado da ArcelorMittal, com sede em Luxemburgo e é maior produtora de aço no mundo com capacidade de produção anual de 98,1 milhões de toneladas de aço.

Com relação ao cenário econômico, após um auge em 2013, o setor siderúrgico no Brasil, adiou investimentos da ordem de R\$ 3,2 bilhões de dólares em 2016, segundo o Instituto Aço Brasil.

O Instituto Aço Brasil estima que somente depois de 2025 as vendas internas de produtos siderúrgicos no Brasil voltarão ao patamar de 2013. Atualmente a indústria siderúrgica nacional opera com ociosidade de 40%, sendo que o ideal é no máximo 20%.

Este cenário demanda uma competitividade cada vez maior dos players no mercado, visando a redução de custos, aumento de produtividade e exploração do máximo potencial de um ativo.

A ArcelorMittal é uma usina integrada com 3 Alto Fornos, 3 Convertedores, 3 Máquinas de Lingotamento Contínuo e 1 Laminador de Tiras a Quente.

FLUXO DE PRODUÇÃO INTEGRADO
Integrated production flow

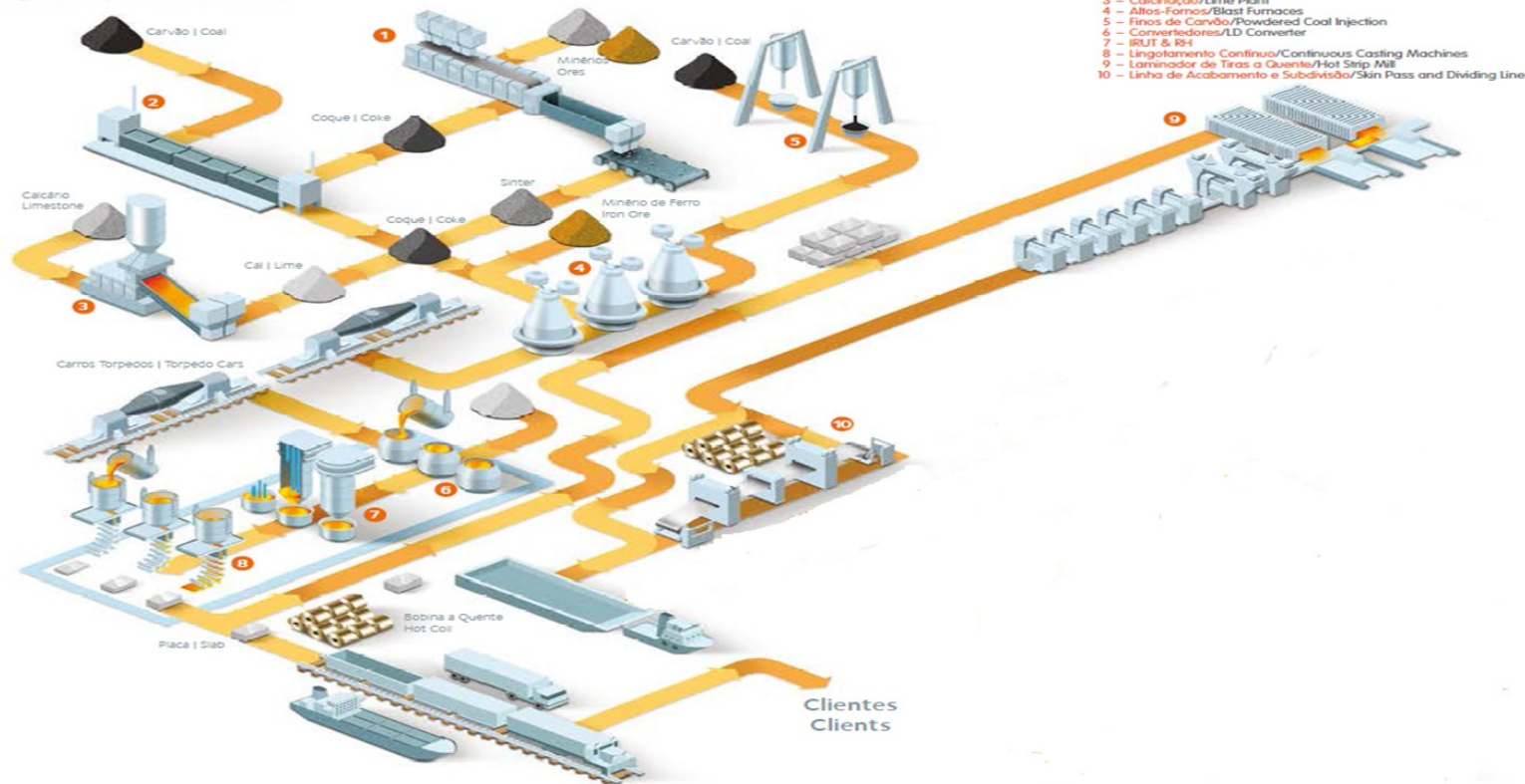


Figura 2.1 - Fluxo processo produtivo ArcelorMittal Tubarão

A área de Acabamento da qual o Condicionamento de Placas faz parte é responsável pela remoção de defeitos de placas e bobinas

2.2. FLUXO DO CONDICIONAMENTO DE PLACAS

Durante o processo de lingotamento contínuo, podem ocorrer defeitos que ficam incrustados nas placas, ocorridos durante o processo de solidificação. Se estes defeitos não forem removidos, certamente gerarão problemas nos processos de conformação que virão subsequentes. (laminação a quente, a frio, outros).

2.2.1. DEFEITOS EM PLACAS

Dentre os inúmeros tipos de defeito que podem ocorrer, listam-se os 3 mais comuns e recorrentes que são os seguintes: Rebarba, Duplo Lingotamento e Marca de Rolo.

2.2.2. REBARBA

O defeito de rebarba estar sempre associado ao maçarico das máquinas de corte conforme podemos ver na figura 2.2.

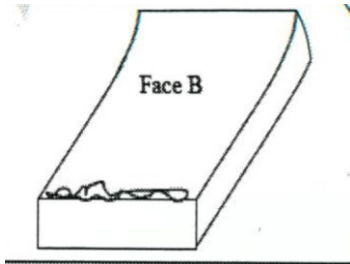
Código	Nome	Descrição	Ilustração
4RB	Rebarba	Rebarba gerada pelos Maçaricos das máquinas de Corte; aderem na face inferior No sentido da largura nas Quinas de topo e de base da placa	
Método de Condicionamento			
Cliente	Aplicação	Gravidade do Defeito	Providência
LTQ/CST	Qualquer	Qualquer	Escarfagem
OUTROS	Qualquer	Qualquer	Escarfagem

Figura 2.2 – Rebarba – Fonte: Apostila Operador de LTQ -PCO- ArcelorMittal

Este defeito deverá ser eliminado através do processo de escafagem no Condicionamento de Placas.

2.2.3. DUPLO LINGOTAMENTO

O defeito de duplo lingotamento está sempre associado à troca do distribuidor conforme podemos ver na figura 2.3

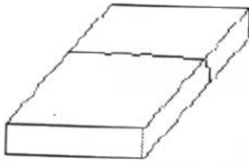
Código	Nome	Descrição	Ilustração
4DL	Duplo Lingotamento	Cinta formada pela parada anormal do lingotamento durante a troca do distribuidor	
Método de Condicionamento			
Cliente	Aplicação	Gravidade do Defeito	Providência
Qualquer	Qualquer	Leve	Escarfagem
Qualquer	Qualquer	Grave	Corte a Gás

Figura 2.3 – Duplo Lingotamento – Apostila Operador de LTQ – PCO

Esse defeito caso não seja removido poderá impactar na qualidade das bobinas a serem processadas.

2.2.4. MARCA DE ROLOS

O defeito de marca de rolos vem sempre associado a uma falha mecânica e causa depressões na placa conforme podemos ver na figura 2.4

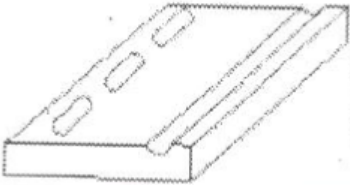
Código	Nome	Descrição	Ilustração
4ML	Marca de Rolo	Depressão cíclica ou contínua na superfície da placa	
Método de Condicionamento			
Cliente	Aplicação	Gravidade do Defeito	Providência
Qualquer	Qualquer	Qualquer	Corte a Gás
Qualquer	Qualquer	Qualquer	Corte a Gás

Figura 2.4 – Marcas de Rolos – Apostila Operador do LTQ

Para fazer a inspeção e correção dos defeitos das placas é necessário que estas estejam frias. A remoção dos defeitos é feita pelo processo de escarfagem. (remoção das camadas superficiais ou corte de seções empregando-se maçaricos).

2.3. FUNÇÕES DO CONDICIONAMENTO DE PLACAS

A área do Condicionamento de Placas é a responsável pela remoção de defeitos e resfriamento das placas.

- 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 enformamento;
- Identificação e despacho das placas vendidas de acordo com o padrão estabelecido pelo cliente;

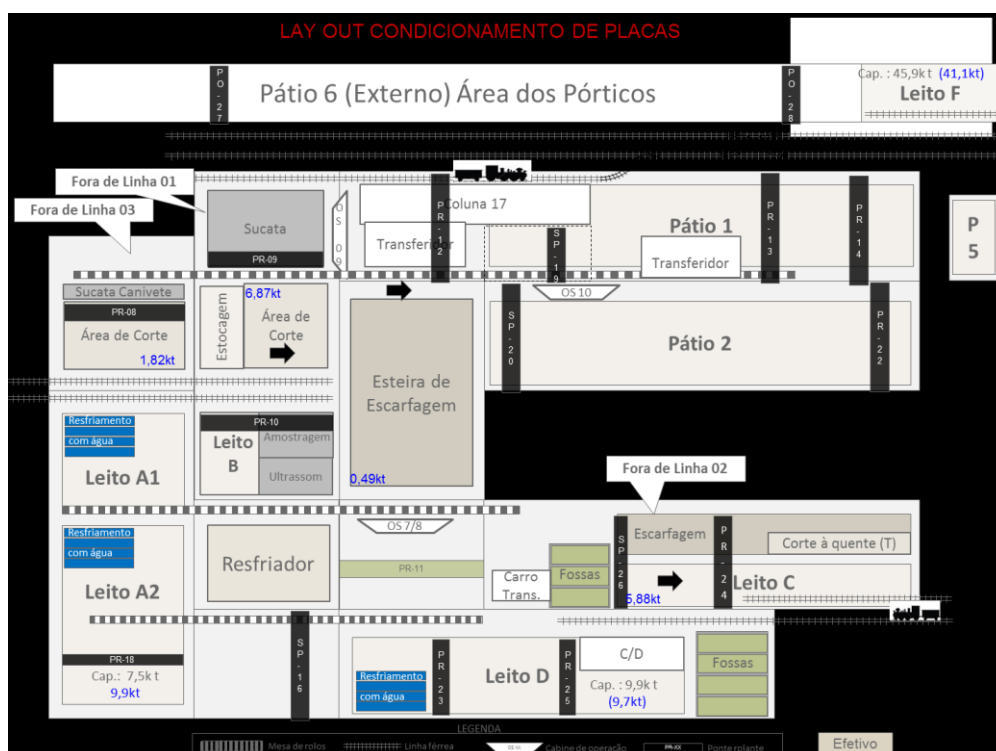


Figura 2.5- Lay out Condicionamento de Placas

As placas chegam à área do resfriamento e condicionamento por trem ou carretas e são manuseadas por pontes rolantes, empilhadeiras e braços carregadores e braços de descargas. O fluxo é realizado através de mesa de rolos.

2.4. RESFRIAMENTO DE PLACAS

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 de Alta Performance (resfriamento brusco);

2.5. 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 9600m³/h.



Fotografia 2.1 Entrada do Resfriador e suas Correntes

As placas resfriadas seguem por mesa e pontes 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.

2.6. TRANSPORTADOR DE CORRENTES

É constituído de acionamentos eletromecânico, Rodas Motrizes, Rodas Movidas e um conjunto de 6 correntes que correm longitudinalmente ao resfriador transportando as placas a a ser resfriadas.

O acionamento é constituído dos seguintes equipamentos:

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

As correntes do Transportador apresentam as seguintes características:

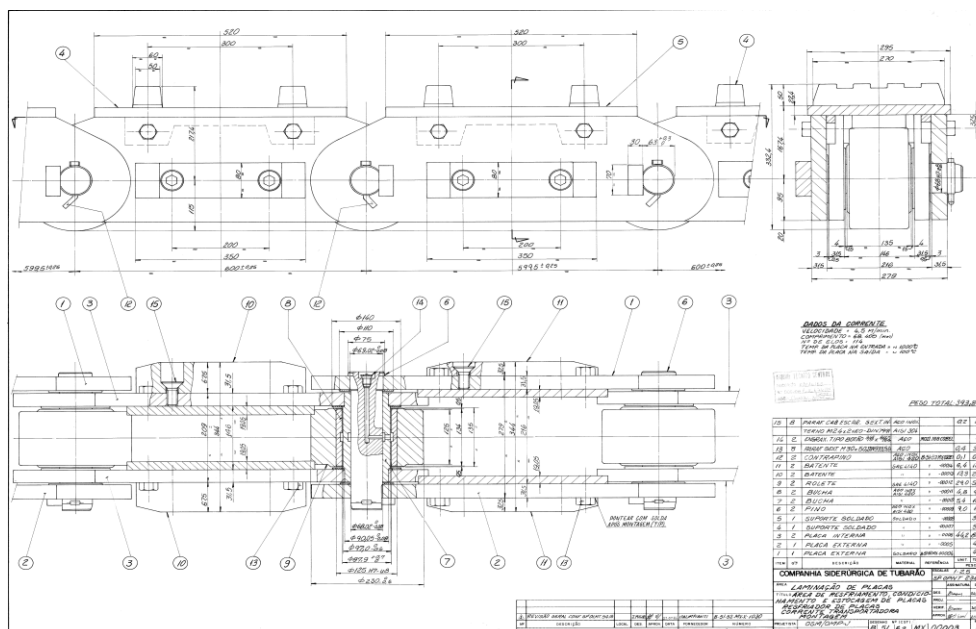


Figura 2.6 – Trecho de Segmento de Corrente – Fonte: Engenharia AMT

- 6 correntes com 68.400 mm, 114 elos por corrente, Passo de 600mm, 23.940 kg cada corrente;
- Corrente de elos fundidos, fornecedor Rexnord, modelo P600, que foram fornecidas em 2007, em substituição as correntes originais;

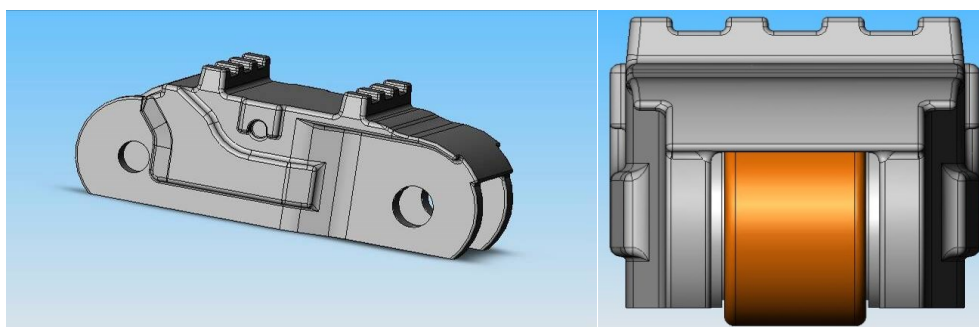


Figura 2.7 – Elos e Rolos de Correntes

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.

2.7. 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.

2.8. 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 deterioramento muito 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.

2.8.1. ELOS

Nos elos são realizadas inspeções visuais com o objetivo de garantir que não haja trincas, falhas ou defeitos superficiais, além de inspeções dimensionais da espessura da parede do elo e no diâmetro dos furos, com o objetivo de garantir a interferência de montagem destes com os componentes (pino e bucha).

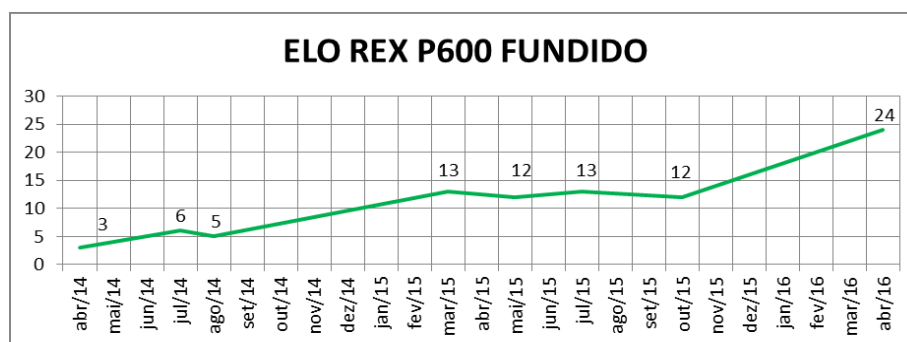


Figura 2.8 – Números de Elos Reparados nas Reformas

De maneira geral, houve um acréscimo muito considerável no número de elos que apresentaram problemas na análise no último lote reformado. Abaixo, na figura, estão listadas as quantidades de elos que foram reprovados, segundo o critério utilizado pela Rexnord nas reformas desta corrente.

Pode-se perceber, que na última reforma realizada, o número de elos reprovados foi bastante elevado se comprado com as demais reformas. Como pode ser observado na Fotografia 2.2 e Fotografia 2.3, houve registro, durante as inspeções, de elos quebrados e que apresentaram trincas macroscópicas, além de diversas outras falhas superficiais.



Fotografia 2.2 – Elo Avariado (Trinca)



Fotografia 2.3 – Elo Avariado (Quebra)

Vem se verificando cada vez mais, um número maior de elos com a furação deformada, furo ovalizado e sem interferência. Sem a interferência de montagem o funcionamento da corrente é comprometido, uma vez que ela não apresentará a resistência esperada e exigida na sua aplicação.

2.8.2. PINOS

Com a perda de interferência dos elos e também devido aos altos esforços, aos quais o pino é submetido, muitos pinos apresentam grande desgaste, principalmente na região de interferência. Geralmente, devido à rotação que sofreram ao longo da vida útil. Percebe-se que os pinos estão apresentando um desgaste excessivo, que ultrapassa a camada de tratamento térmico, o que causa uma aceleração em seu desgaste, podendo levar o mesmo à quebra.



Fotografia 2.2 – Pinos Avariados

A fotografia 2.2 nos dá uma dimensão do desgastes encontrados durante a peritagem

2.8.3. BUCHAS

Da mesma forma que os pinos, as buchas apresentaram aspectos críticos nas inspeções realizadas e, foram substituídas por buchas novas.



Fotografia 2.3 Buchas Trincadas

Buchas trincadas e gastas representam um risco ao funcionamento seguro das correntes. Na reforma de segmentos estas buchas são substituídas.

2.8.4. ROLOS

Devido às altas cargas de trabalho às quais são submetidos, os rolos vêm apresentando um desgaste crescente, sendo necessária a troca de um número cada vez maior dos mesmos, conforme mostrado na figura 2.9. Os rolos reprovados apresentaram um desgaste muito elevado no diâmetro interno, o que impossibilita a reutilização dos mesmos.

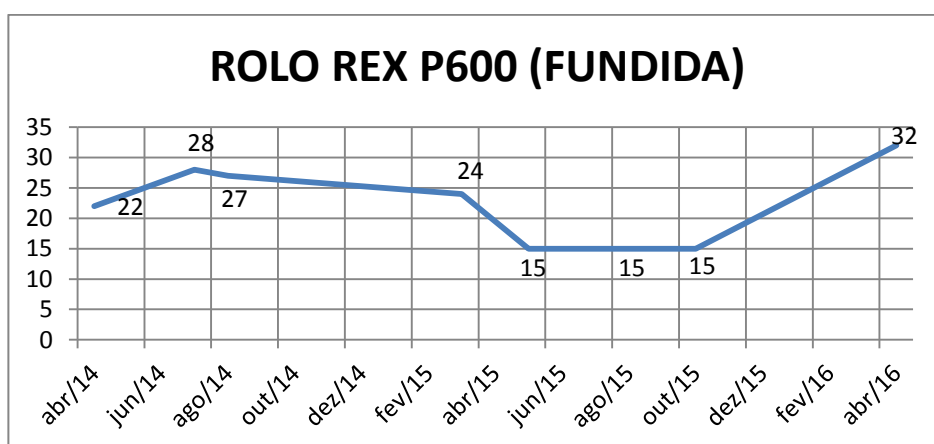


Figura 2.9: Número de rolos substituídos durante a reforma

O desgaste acentuado no diâmetro interno do rolo ocasiona a saída de graxa, prejudicando a eficiência da sua lubrificação e, conseqüentemente, acelerando o desgaste nos demais itens.

2.9. COMPARATIVO ENTRE REFORMAS

A seguir, na figura 2.10 é apresentado um comparativo do histórico das últimas reformas realizadas pela Rexnord na corrente Rex P600 Fundida. Nesse comparativo é possível observar a elevação gradativa na quantidade de componentes trocados com o passar do tempo.

Ele apresenta o percentual de componentes trocados durante as reformas dos segmentos de correntes.

Como podemos observar a uma elevação no percentual de itens importantes que são trocados durante a reforma

A elevação do número percentual de componentes trocados a cada reforma é um indicativo de que a corrente já esta na fase de fim de vida útil e levanta a questão a respeito do melhor momento de aquisição de novas correntes

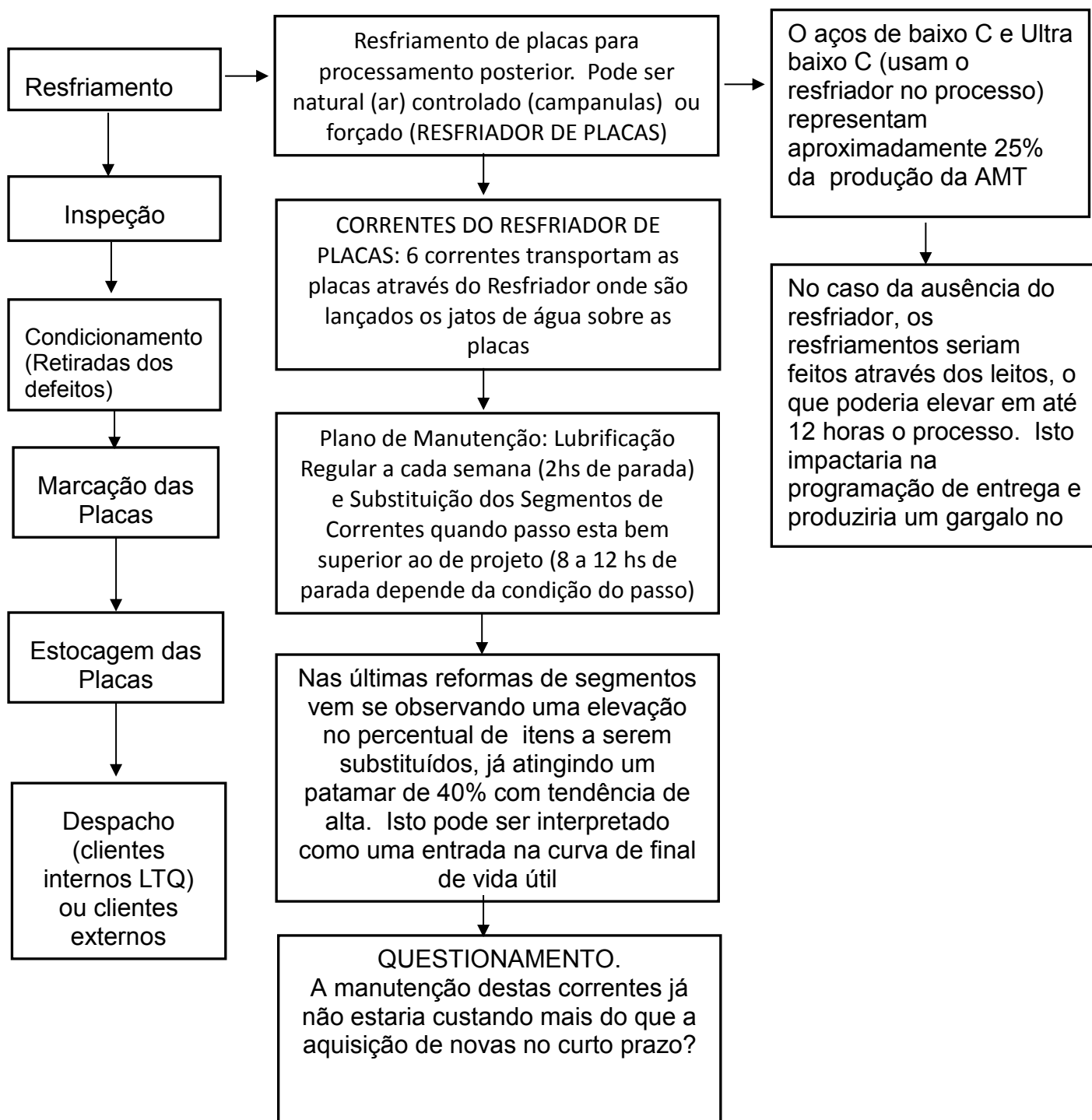
COMPONENTE	PERCENTUAL TROCADO						
	mar/14	jul/14	mar/15	mai/15	jul/15	out/15	abr/16
BUCHA P600 FUNDIDA	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
ROLO 600 FUNDIDO	31%	38%	33%	21%	21%	21%	48%
PINO P600 FUNDIDO	44%	60%	64%	54%	60%	100%	100%
TRAVA DO PINO FUNDIDA	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
ANEL DE VEDAÇÃO P600	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
GRAXEIRA 1/4 NPT INOX	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
ELO P600 FUNDIDO	4%	8%	18%	17%	18%	17%	36%
ANEL ORING P600	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Figura 2.10 – Comparativo do Percentual de Troca

A elevação do número percentual de componentes trocados também impacta diretamente na elevação dos custos de reforma das correntes.

2.10. SÍNTESE E CONCLUSÃO DO CAPÍTULO

No esquema abaixo, para efeito de resumo, seguem as etapas da área do Condicionamento de Placas e a contextualização do objeto do trabalho, as correntes do Resfriador de Placas.



No próximo capítulo abordaremos a análise do custo do ciclo de vida de um equipamento e vamos contextualiza-lo na realidade do transportador de correntes do Resfriador de Placas, da área do Condicionamento de Placas da ArcelorMittal.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo serão apresentados os conceitos e metodologias, que irão dar embasamento técnico e suporte na argumentação de todas as etapas da análise do custo de ciclo de vida do ativo. Estarão presentes nestes capítulos todo o conceito teórico para caracterização e desdobramento dos custos, bem como os indicadores financeiros e suas formulas de cálculo. Com a compreensão destes, passaremos a aplicação desta metodologia que será apresentada no capítulo 4.

3.1. INVESTIMENTO EM ATIVOS FIXOS

São várias as razões que levam uma empresa a substituir um ativo fixo ou desativa-los, e estas, segundo Vey e Rosa, são agrupadas em três grupos que são:

- a) Deterioração: que é causada pelo grau de utilização do equipamento, que no caso do presente trabalho são as correntes do do Resfriador de Placas. Sendo que a deterioração é causada pelo atrito causado pelo arraste dos rolos nas bases das vigas de sustentação. A deterioração neste caso também é causada pelo ambiente agressivo, constituído de calor proveniente das placas, vapor e água de resfriamento proveniente dos sprays.
- b) Avanço Tecnológico: O avanço tecnológico faz surgir equipamentos mais modernos que trazem mais vantagem operacional às empresas tornando os atuais obsoletos;
- c) Inadequação: Quando em buscas de mais competitividade, as empresas alteram suas linhas de produção tornando alguns equipamentos dispensáveis e inadequados para produção.

Segundo Erlich (1977) os custos que influenciam a decisão de continuar ou não operando com o equipamento existente são:

- a) Custos de Operação e Manutenção que são crescentes com o tempo; Este é o caso do objeto de estudo deste trabalho. As correntes do resfriador têm os seus custos de manutenção

b) Custos de Obsolescência, que provocam uma desvantagem relativa por não usar equipamento tecnologicamente mais moderno. Isto pode afetar a qualidade do produto.

c) Custos de Inadequação, que nos impedem de empregar um equipamento mais bem dimensionado.

Segundo Casarotto Filho & Kopittke (2000), os problemas de substituição de ativos podem ser agrupados em cinco modelos tradicionais que são: a baixa reposição sem reposição, substituição idêntica, substituição com progresso tecnológico e substituição estratégica,

No caso de substituição idêntica, segundo (Vey e Rosa), o mais importante é determinar a vida útil econômica em análise, para assim chegar ao momento ótimo de substituição.

É desta forma que iremos trabalhar no próximo capítulo, com base na premissa citada no capítulo 1, a substituição das correntes será por outra da mesma capacidade e especificação. Assim vamos determinar a vida útil econômica das correntes do resfriador.

3.2. MÉTODO DE ANÁLISE DE INVESTIMENTO

Existem vários métodos para determinar o momento ideal para substituição de ativos depreciáveis ou analisar alternativas de investimentos que auxiliam a tomada de decisão.

- a) Payback Descontado;
- b) Valor Anual Uniforme Equivalente (VAUE);
- c) Taxa Interna de Retorno (TIR);
- d) Valor Presente Líquido (VPL);
- e) Custo Anual Unitário Equivalente; (CAUE)

3.3. PAYBACK DESCONTADO

O Payback Descontado é o período de tempo necessário para se recuperar o investimento, considerando a taxa de juros ou TMA aplicada.

3.4. VALOR ANUAL UNIFORME EQUIVALENTE

Este método consiste em achar a série uniforme anual equivalente ao fluxo de caixa dos investimentos à Taxa Mínima de Atratividade, ou seja, acha-se uma série uniforme equivalente a todos os custos e receitas para cada projeto utilizando a TMA. O melhor projeto é o que tiver maior saldo positivo (Casarotto Filho & Kopittke, 2010)

3.5. TAXA INTERNA DE RETORNO (TIR)

A Taxa Interna de Retorno (TIR) é a taxa que no cálculo do VPL retorna o valor presente líquido a zero.

3.6. VALOR PRESENTE LÍQUIDO (VPL)

O Valor Presente Líquido é um indicador financeiro utilizado para calcular a atratividade de investimentos. Faz análise calculando a somatória do valor presente de cada período da série dos pagamentos (ou recebimentos) a uma taxa de juros conhecida e deduz desta o valor inicial deste fluxo, ou seja, o investimento, financiamento ou empréstimo.

$$VPL = \sum_{n=1}^{n=N} \frac{VF_t}{(1+i)^n}$$

Esse cálculo é extremamente necessário devido ao fato que o dinheiro recebido no futuro não terá o mesmo valor que o dinheiro no tempo presente

VPL = Valor Presente Líquido

VF = Valor Futuro

t = momento em que o Valor Futuro ocorreu

i = taxa de desconto ou taxa mínima de atratividade (TMA)

n = período de tempo

3.7. CUSTO ANUAL EQUIVALENTE

O custo anual equivalente (CAE) é um indicador financeiro utilizado para comparar alternativas distintas de um investimento. Representa o custo que determinado fluxo de caixa pode sofrer periodicamente. É feita reduzindo o fluxo de caixa a uma série uniforme equivalente, com o uso da taxa mínima de atratividade (TMA)

$$CAE = \frac{i(1+i)^n}{[(1+i)^n] - 1}$$

O custo anual equivalente (CAE) é um indicador financeiro utilizado para comparar alternativas distintas de um investimento. Representa o custo que determinado fluxo de caixa pode sofrer periodicamente. É feita reduzindo o fluxo de caixa a uma série uniforme equivalente, com o uso da taxa mínima de atratividade (TMA)

Abaixo, na figura 3.1 podemos ver a evolução do CAE ao longo do tempo. Os custos de capital são decrescente no tempo, já os custos de manutenção e operação tem um comportamento contrário, evoluindo ao longo do tempo. O Custo total que é a soma dos dois, apresenta um ponto de inflexão, onde o custo passa de decrescente para crescente.

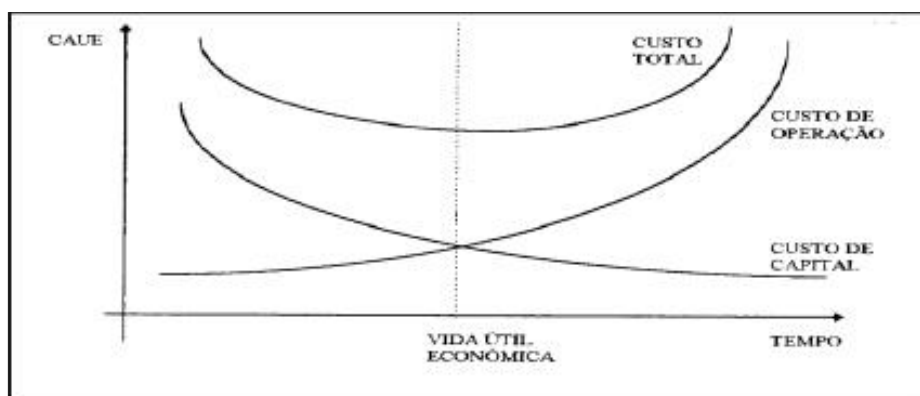


Figura 3.1 –Vida Econômica de um bem. Fonte: Casarotto e Kopittke

A vida útil econômica vai indicar o momento em que o custo de manter o ativo começa a aumentar e o investimento na aquisição de outro passa a ser uma alternativa.

3.8. TAXA MÍNIMA DE ATRATIVIDADE (TMA)

A Taxa mínima de atratividade é retorno mínimo que um investidor se propõe a receber pelo seu investimento, ou o máximo que um tomador de dinheiro se propõe a pagar pelo empréstimo.

3.9. DESPESAS DE CAPITAL (CAPEX)

CAPEX é a sigla da expressão inglesa “**CAP**ital **EX**penditure” (em português, despesas de capital ou investimento em bens de capital) que indica a quantidade de dinheiro gasto na compra de bens de capital de uma determinada empresa.

3.10. DESPESAS OPERACIONAIS (OPEX)

OPEX é a sigla da expressão inglesa “**OP**erational **EX**penditure” (em português, despesas operacionais) que se refere ao custo associado à manutenção dos equipamentos, gastos de consumíveis e outras despesas operacionais.

3.11. VIDA ÚTIL

Vida Útil de um ativo é o período de tempo que um ativo consegue executar todas as funções para o qual foi planejado e especificado.

3.12. VIDA ECONÔMICA

É o tempo em que o ativo já não mais está contribuindo financeiramente para a empresa, Um ativo pode estar ainda na plenitude de sua vida útil, porém dando prejuízo financeiramente.

Na manutenção é um equipamento que após determinado tempo tem o seu volume de itens e custos de manutenção elevados considerando o tempo entre reparos.

3.13. ANÁLISE DO CUSTO DO CICLO DE VIDA

A análise do custo do ciclo de vida (LCCA – Life Cycle Cost Analyses) é uma avaliação econômica de um ativo, onde todos os custos decorrentes, da concepção, projeto, instalação, operação, manutenção e, finalmente, descarte ou descomissionamento são considerados importantes para a decisão custo-benefício sobre seu desempenho. (NIST HANDBOOK 135).

Como podemos verificar o custo de um produto ao longo da sua vida útil não se restringe apenas ao custo de aquisição, mas também a todas as outras categorias de custos listadas acima, classificadas como custos de propriedade.

Acredita-se que os custos de propriedade podem variar na faixa de 60 a 80% do custo do ciclo de vida total (Kawaushi & Rausand), ou seja, os custos de aquisição seriam apenas a ponta de um iceberg, conforme a figura 3.1

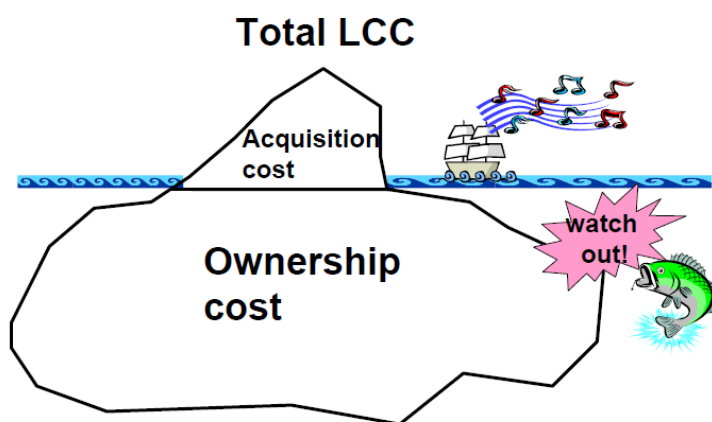


Figura 3.1 Custos do Ciclo de Vida: Aquisição e Propriedades (DANGELS,1969)

Como podemos verificar o custo de um produto ao longo da sua vida útil não se restringe apenas ao custo de aquisição, mas também a todas as outras categorias de custos listadas acima, classificadas como custos de propriedade.

A análise do custo do ciclo de vida pode ser empregada para:

- a) Avaliação e comparação de diferentes abordagens para substituição, reforma, prolongamento de vida e descarte ou descomissionamento de equipamentos obsoletos;
- b) Comparação e avaliação de alternativa de projetos diferentes;
- c) Permite também estabelecer prioridades de projetos de investimento quando a alocação de recursos é limitada;
- d) Avaliação de Conceitos alternativos de Manutenção;
- e) Avaliação a respeito dos itens de sobressalentes em estoque

3.14. ESTRUTURA DE DECOMPOSIÇÃO DOS CUSTOS DE AQUISIÇÃO.

Acredita-se que os custos de propriedade podem variar na faixa de 60 a 80% do custo do ciclo de vida total (Kawaushi & Rausand), ou seja, os custos de aquisição seriam apenas a ponta de um iceberg, conforme pode ser visualizado na figura acima.

Para detalhar os todos os custos presentes durante o ciclo de vida de um ativo, Barringer, 1999, propôs decompô-los em uma árvore, criando assim a Estrutura de Decomposição dos Custos. (CBS – Cost Breakdown Structure). Desta maneira a análise do LCC pode ser visualizada como uma árvore com 2 ramos principais: Custos de Aquisição e Custos de Manutenção.

A figura 3.1 apresenta de uma forma esquematizada estes custos.

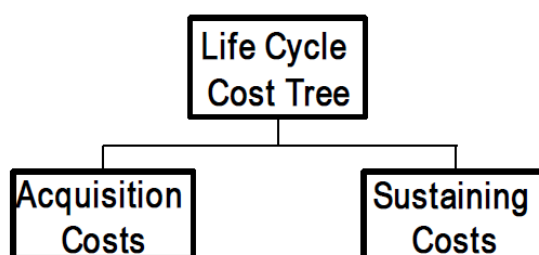


Figura 3.2 Arvore do Custo do Ciclo de Vida (Barringer 1999)

Desta maneira a análise do LCC pode ser visualizada como uma árvore com 2 ramos principais: Custos de Aquisição e Custos de Manutenção.

De uma maneira geral, os custos de aquisição são usualmente identificados conforme na Figura 3.3 abaixo:

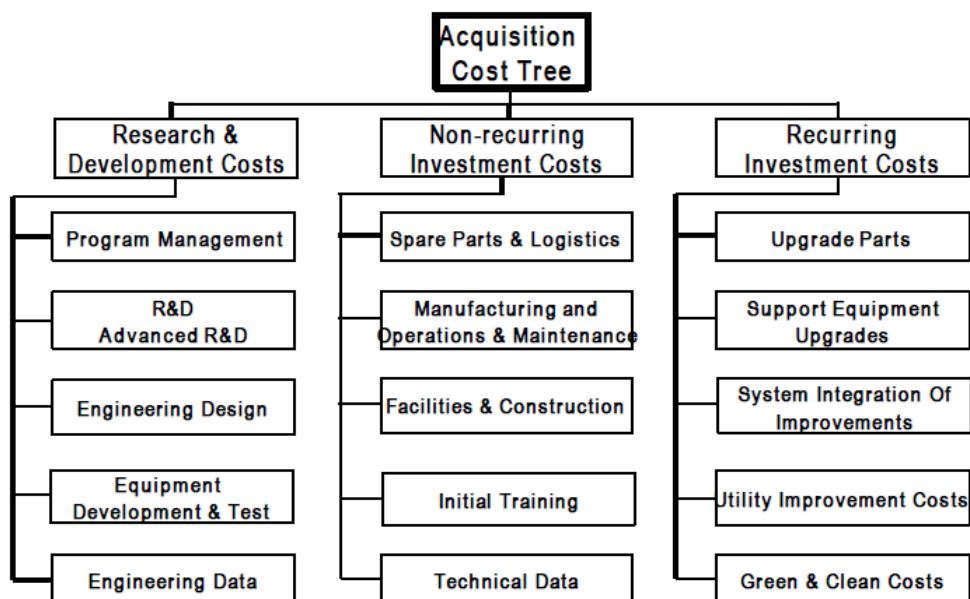


Figura 3.2: Decomposição dos Custos de Aquisição (Barringer, 1999)

Os custos de Aquisição englobam:

- a) Custos de Pesquisa e Desenvolvimento: podemos citar dentro desta faixa de custos: Projeto Básico, Projeto Detalhado, Gerenciamento de Projeto
- b) Custo Não Recorrentes: sobressalentes, treinamento, etc
- c) Custos Recorrentes: Atualização, adaptação, etc.

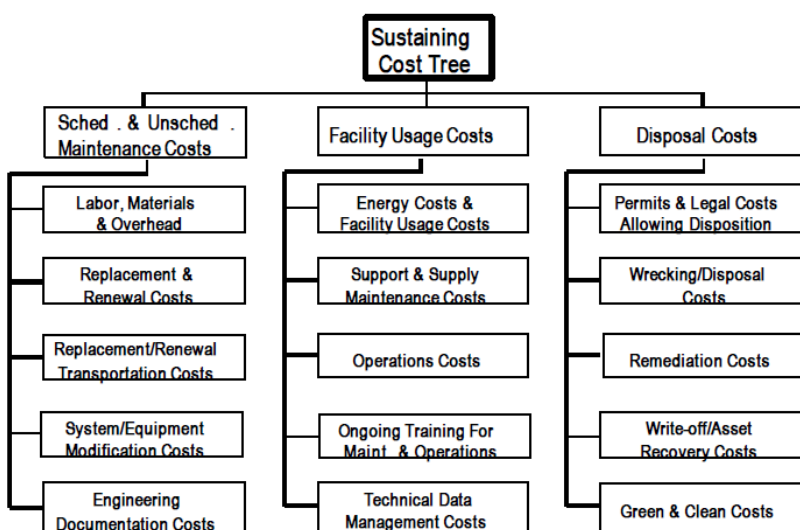


Figura 3.3 Decomposição dos Custos de Manutenção (Barringer, 1999)

Para os custos de manutenção o detalhamento da árvore é o do esquema acima.

Os custos de Manutenção englobam:

- a) Custos de Manutenção, materiais e mão de obra, custos de renovação, etc
- b) Custo de Facilidades, energia, Custos Operacionais, etc;
- c) Custos para Descarte após fim de vida útil: Custo para substituição do sistema e seus componentes devido a obsolescência ou desgastes, descaracterização de equipamentos que envolvam requisitos legais, etc.

3.15. SÍNTESE E CONCLUSÃO DO CAPÍTULO

Foram apresentadas nesse capítulo as principais motivações que levam a uma empresa investir em um ativo ou desativa-lo. No caso deste trabalho foi explicado o porque da deterioração ser esse motivo para a substituição das correntes do resfriador de Placas

Também foi apresentado o referencial teórico para realização da Análise de Custo do Ciclo de Vida, bem como explicitado a estrutura de decomposição dos custos que serão importantes para o desenvolvimento do cálculo da vida econômica ótima, que será realizado no próximo capítulo

Por fim os indicadores financeiros foram colocados bem como a sua fórmula.

No capítulo 4, apresentaremos todos os custos envolvidos na aquisição de um novo conjunto de correntes, assim como os demais custos. A partir deste levantamento e estimativa calcularemos a vida econômica ótima.

Com a determinação da vida econômica ótima, por se tratar de substituição idêntica, poderemos avaliar se o conjunto de correntes existentes esta antes ou depois deste ponto e poderemos calcular quanto custará uma possível postergação da decisão ao longo dos anos.

4. ANÁLISE DO CUSTO DO CICLO DE VIDA.

Neste capítulo serão apresentados todos os cálculos, premissas e estimativas para definição da vida econômica útil.

A princípio o cálculo se baseia na aquisição de um conjunto novo de correntes do transportador e definição da vida econômica útil e comparar com as correntes que hoje estão instaladas.

Vamos tomar como orientação o fluxo de processo proposto por Barringer (2003), utilizando os passos que são aplicáveis ao nosso problema

4.1. DEFINIÇÃO DO ESCOPO DA ANÁLISE.

Será analisada a melhor época para ser realizada a substituição do conjunto de correntes do resfriador de placas. Como mencionado nos capítulos anteriores trata-se de uma substituição idêntica, ou seja, mesmo projeto, mesma capacidade e mesma função. A motivação para fazer a análise é a constatação através das peritagens durante a reforma da elevação de itens condenados ao longo dos últimos anos. Alguns itens, que são representativos como elos, buchas e pinos já ultrapassam 40%, indicando que estão em um processo de aumento de desgaste.

4.2. DEFINIÇÃO DOS CUSTOS

Será analisada a melhor época para ser realizada a substituição do conjunto de correntes do resfriador de placas. Como mencionado nos capítulos anteriores trata-se de uma substituição idêntica, ou seja, mesmo projeto, mesma capacidade e mesma função. A motivação para fazer a análise é a constatação através das peritagens durante a reforma da elevação de itens condenados ao longo dos últimos anos. Alguns itens, que são representativos como elos, buchas e pinos já ultrapassam 40%, indicando que estão em um processo de aumento de desgaste

Segundo Vey e Da Rosa, muitas vezes, os dados necessários para colocar este método em prática são de difícil obtenção, Ou porque a empresa não mantém uma base de dados histórico confiável, ou pela dificuldade de obtenção de informações externas, como por exemplo, o custo de aquisição de um ativo, que não depende do controle da empresa.

Esta dificuldade pode ser uma limitação deste método.

Para solucionar este problema, Mileipe (2017) propõe alguns métodos para realização das estimativas:

- Método determinístico de estimativa de custo

Este é o método é o mais preciso de determinação de custo, sempre que possível deve-se usá-lo. Consiste em levantamento do histórico de custo do ativo e replicá-lo para os equipamentos idênticos.

- Método análogo de estimativa de custo

O método análogo é o segundo mais preciso na determinação de custos, pois ele se desenvolve a partir da aplicação do método determinístico, para um ativo específico, que se assemelhe em suas tecnologias ou em seus componentes, usando estes resultados da avaliação de custos, como referência para a análise dos ativos similares.

Método probabilístico estocástico de estimativa de custo

Há três maneiras de se obter a distribuição de falha de um determinado componente, uma é conseguir com o fabricante o Estudo de Dados de Vida (LDA), outra maneira é levantar as falhas de um determinado componente e usar um software para modelar sua distribuição, por final podemos levantar estes dados através de ensaios acelerados de vida, que consiste em usar bancadas de teste para que se possa acelerar a degradação do componente.

Método da Elicitação de especialistas – Consulta a um expert
(Mileipe, 2017 p66.)

Para o caso deste trabalho fizemos uma consulta aos arquivos da manutenção do Condicionamento de Placas (IBAP) e no entender do autor, os dados coletados, apesar de não ser muito abrangente, são confiáveis e serão utilizados para os cálculos do custos

4.3. CUSTOS DE AQUISIÇÃO DAS CORRENTES.

O valor do investimento ou da aquisição das correntes em análise foi levantado a partir de uma consulta realizada pela ATM à fornecedora de serviços de recuperação de correntes, para aquisição de 1 (um segmento de 12 elos). Aplicaremos ao valor:

- a) um (1) segmento de 12 (doze) elos = R\$95.600.000;
- b) Cada corrente possui nove segmentos e meio (9,5), desta forma cada corrente custará: 1(uma) corrente = $9,5 * 95.600 = R\$908.200,00$;
- c) O conjunto de seis (6)correntes terá o custo de aquisição conforme segue: $1cj=6correntes = 908.200,00 * 6 = R\$ 5.449.200,00$;

Custo de Aquisição conjunto de 6 correntes = R\$5.449.200,00

4.4. CUSTOS MÉDIOS DE REFORMA DOS SEGMENTOS DE CORRENTES

Foi feita uma média do valor de recuperação de 6 segmentos em 2016 retirados de uma planilha de medição:

Custo Médio de Reparo de segmentos: R\$ 37.000,00

4.5. QUANTIDADE MÉDIA DE SEGMENTOS TROCADOS EM UM ANO

Durante um ano são trocados em média 12 segmentos, isto dá um custo de reparo/reforma dos segmentos de R\$ 577.200,00/ano:

4.6. TAXA MÍNIMA ATRATIVA

É uma taxa associada a um baixo risco e baixa liquidez, ou seja qualquer sobra de caixa pode ser aplicada, na pior das hipóteses, na TMA. (Casarotto Filho & Kopittke, 2010).

No caso de não se conhecer o valor da TMA, poderíamos:

- a) Fazer uma média de fundos conservadores de qualquer banco e aplicá-la. É importante observar as taxas de administração e outros custos que podem impactar no cálculo da taxa.
- b) Fazer uma consulta a um especialista da área de Engenharia Economica ou de Investimento

A TMA estipulada pela AMT e informada pela Engenharia de Investimento é de 15%.

4.7. CALCULO DA VIDA ÚTIL ECONÔMICA

Para o cálculo da vida útil econômica foi elaborada a planilha eletrônica, visualizado na Tabela 4.1, onde foram inseridos e calculados os custos de CAPEX e OPEX e transformados todos os custos do ativo para custos anuais equivalentes aplicada a taxa mínima atrativa. Dessa forma pode-se determinar em que ano ocorre o menor custo equivalente

4.8. FATOR DE DEGRADAÇÃO.

Para a modelagem da Tabela 4.1 reproduzir o que esta acontecendo no conjunto de correntes instalados, será necessária a aplicação de um fator para correção do custo. Este fator é relativo ao fato de que ao instalar um segmento de corrente novo a partir da data de término da garantia do equipamento, após 5 anos, a corrente continua o seu processo de degradação. A degradação continuará a ocorrer, tal qual acontece hoje.

Para isso foram colocados numa planilha eletrônica, os dados de deformação acumulada ao longo do tempo (meses) dos elos da corrente. Estes dados foram retirados da figura 2.10. A partir daí procurou-se a curva que melhor se ajustou a estes pontos conforme figura 4.1, a planilha forneceu a fórmula e a partir daí foi feita a extrapolação para os anos seguintes.

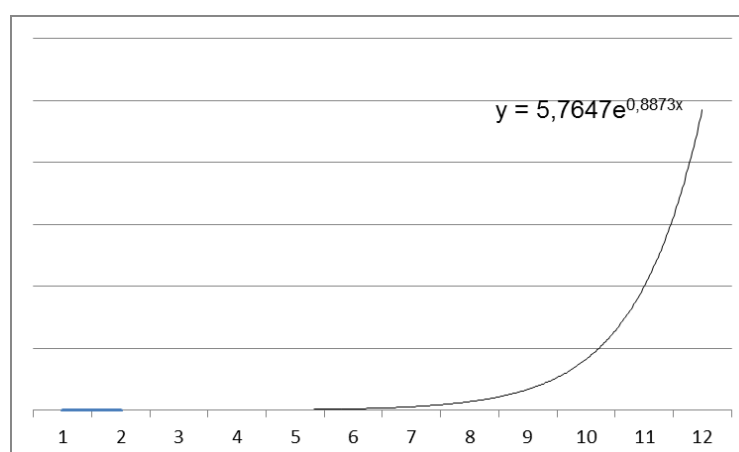


Figura 4.1 – Curva do Fator de Degradação

O Fator de degradação representa a evolução da quantidade de itens reprovados na reforma das correntes e com impacto direto no custo de manutenção

Cálculo da Vida Útil Econômica ao Longo do Tempo Conjunto de Correntes do Resfriador de Placas

Ano	CAPEX	OPEX	OPEX (VPL) $VL/(1+i)$	OPEX Acumulado	CAE CAPEX	CAE OPEX	CAE Total	F.D	Dif.Subst.
0	R\$ 5.449.200,00								
1		R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 5.449.200,00	R\$ -	R\$ 5.449.200,00		R\$ 4.748.874,97
2		R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 2.724.600,00	R\$ -	R\$ 2.724.600,00	1	R\$ 2.024.274,97
3		R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 1.816.400,00	R\$ -	R\$ 1.816.400,00	1	R\$ 1.116.074,97
4		R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 1.362.300,00	R\$ -	R\$ 1.362.300,00	1	R\$ 661.974,97
5		R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 1.089.840,00	R\$ -	R\$ 1.089.840,00	1	R\$ 389.514,97
6		R\$ 577.000,00	R\$ 249.453,02	R\$ 249.453,02	R\$ 908.200,00	R\$ 41.575,50	R\$ 949.775,50	1	R\$ 249.450,47
7		R\$ 657.780,00	R\$ 247.283,87	R\$ 496.736,89	R\$ 778.457,14	R\$ 70.962,41	R\$ 849.419,56	1,14	R\$ 149.094,52
8		R\$ 841.958,40	R\$ 275.237,69	R\$ 771.974,58	R\$ 681.150,00	R\$ 96.496,82	R\$ 777.646,82	1,28	R\$ 77.321,79
9		R\$ 1.195.580,93	R\$ 339.858,72	R\$ 1.111.833,30	R\$ 605.466,67	R\$ 123.537,03	R\$ 729.003,70	1,42	R\$ 28.678,67
10		R\$ 1.865.106,25	R\$ 461.025,74	R\$ 1.572.859,04	R\$ 544.920,00	R\$ 157.285,90	R\$ 702.205,90	1,56	R\$ 1.880,87
11		R\$ 3.170.680,62	R\$ 681.516,31	R\$ 2.254.375,35	R\$ 495.381,82	R\$ 204.943,21	R\$ 700.325,03	1,7	R\$ -
12		R\$ 5.834.052,34	R\$ 1.090.426,10	R\$ 3.344.801,45	R\$ 454.100,00	R\$ 278.733,45	R\$ 732.833,45	1,84	R\$ 32.508,42
13		R\$ 10.734.656,31	R\$ 1.744.681,76	R\$ 5.089.483,21	R\$ 419.169,23	R\$ 391.498,71	R\$ 810.667,94	1,84	R\$ 110.342,91
14		R\$ 19.751.767,61	R\$ 2.791.490,81	R\$ 7.880.974,02	R\$ 389.228,57	R\$ 562.926,72	R\$ 952.155,29	1,84	R\$ 251.830,25
15		R\$ 36.343.252,41	R\$ 4.466.385,30	R\$ 12.347.359,31	R\$ 363.280,00	R\$ 823.157,29	R\$ 1.186.437,29	1,84	R\$ 486.112,26
16		R\$ 66.871.584,43	R\$ 7.146.216,47	R\$ 19.493.575,78	R\$ 340.575,00	R\$ 1.218.348,49	R\$ 1.558.923,49	1,84	R\$ 858.598,45
17		R\$ 123.043.715,34	R\$ 11.433.946,36	R\$ 30.927.522,14	R\$ 320.541,18	R\$ 1.819.266,01	R\$ 2.139.807,18	1,84	R\$ 1.439.482,15
18		R\$ 226.400.436,23	R\$ 18.294.314,17	R\$ 49.221.836,31	R\$ 302.733,33	R\$ 2.734.546,46	R\$ 3.037.279,79	1,84	R\$ 2.336.954,76
19		R\$ 416.576.802,67	R\$ 29.270.902,67	R\$ 78.492.738,98	R\$ 286.800,00	R\$ 4.131.196,79	R\$ 4.417.996,79	1,84	R\$ 3.717.671,76
20		R\$ 766.501.316,91	R\$ 46.833.444,27	R\$ 125.326.183,25	R\$ 272.460,00	R\$ 6.266.309,16	R\$ 6.538.769,16	1,84	R\$ 5.838.444,13

Tabela 4.1 Cálculo da vida econômica útil para uma taxa de atratividade mínima de 15%

A primeira coluna mostra a evolução dos anos ao longo do tempo

A segunda coluna mostra o investimento de Capex Inicial que tem como base a aquisição de um conjunto de 6 correntes

A terceira coluna apresenta os custos de Opex ao longo dos anos. Estes custos tem como base a reforma das correntes no fornecedor de serviços de recuperação fora do estado.

A quarta coluna o valor do Opex com base no Valor Presente Líquido e a quinta coluna o valor do Opex acumulado.

A quinta e sexta coluna mostra os valores calculados do Custo Anual Equivalente para Opex e Capex respectivamente.

A Sexta Coluna é calculado o Custo Anual Equivalente total que representa a soma do Opex e Capex.

Com base nesta planilha foi plotado o gráfico que pode ser visualizado no gráfico 4.1.

Como podemos observar o CAE total é decrescente a partir do custo de aquisição inicial ele vai caindo até a atingir um ponto de inflexão, a partir do qual começa a subir. Este ponto de inflexão é a vida econômica útil, a partir do qual os custos de manutenção, já não trazem retorno financeiro para a empresa,

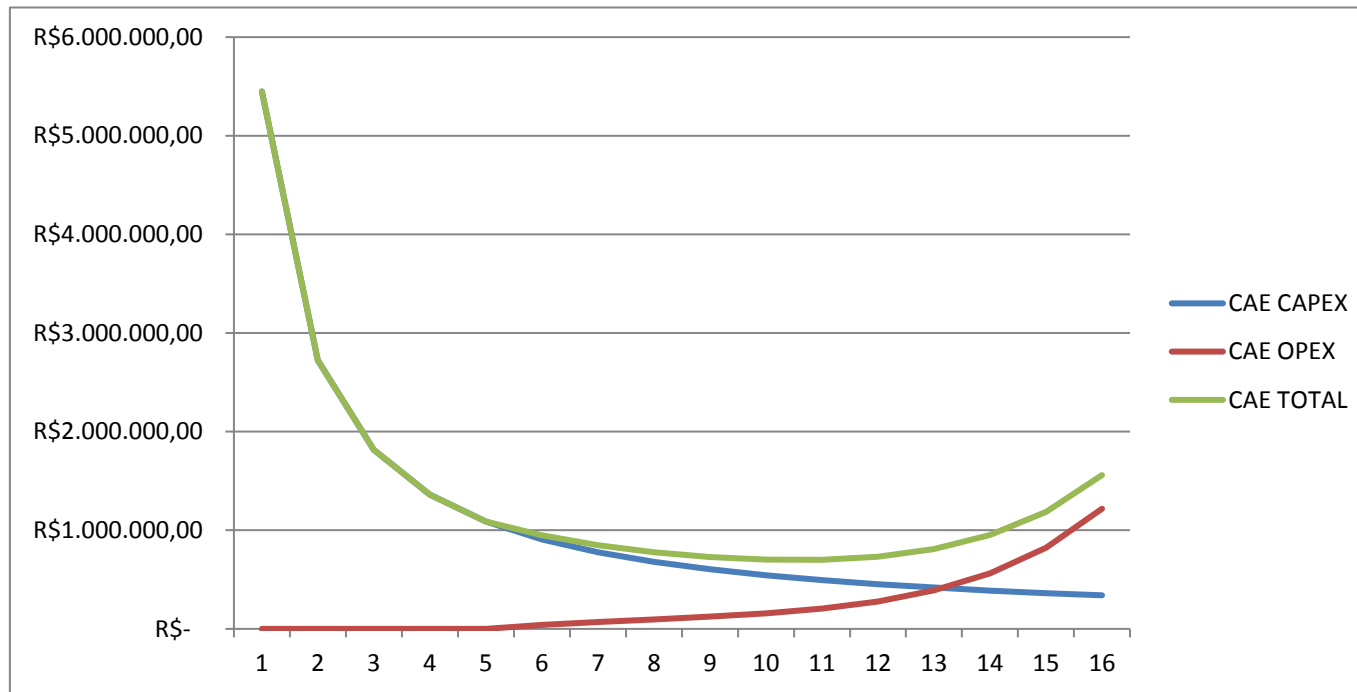


Gráfico 4.1 – Variação dos Custos Anuais Equivalentes para Correntes do Resfriador de Placas

4.9. SÍNTESE E CONCLUSÃO DO CAPÍTULO

Neste capítulo foi feita uma análise do custo do ciclo de vida para as correntes do resfriador de placas. Os custos de aquisição e de manutenção foram estimados e detalhados. Foi feita a análise de vida útil econômica com base no Custo Anual Equivalente Uniforme e também foi plotado um gráfico onde pudemos visualizar o ponto onde a curva apresenta a inflexão. Ou seja, o ponto a partir do qual o custo de manutenção começa a elevar e já é viável a realização da troca.

Ainda por meio da planilha foi possível visualizar a elevação dos custos ano a ano depois que o Custo Anual atingiu seu mínimo.

Para todos os cálculos e estimativas foram feitos levantamentos nos arquivos da empresa.

No próximo capítulo será realizada uma análise dos resultados e também uma conclusão a respeito do emprego deste método e sua aplicação para outros equipamentos dentro da usina.

5. CONCLUSÃO

Tendo em vista que esta análise foi feita para uma substituição idêntica de conjunto de correntes do resfriador de placas, ou seja, mesma capacidade e especificação e com base no mesmo projeto, qualquer análise feita para uma nova corrente poderá ter esta análise projetada para a corrente instalada hoje.

A análise da vida econômica mostra que se instalarmos uma corrente nova e manter os mesmos padrões de manutenção e lubrificação hoje existentes, ao atingir o ano dez (10), seria a melhor oportunidade para substituição. A partir deste ano o Custo Anual Equivalente começaria a subir, sendo então, a partir daí, desvantajoso financeiramente continuar realizando as reformas no equipamento. Isto porque a partir do ano dez (10), o equipamento já teria atingido o máximo de sua vida útil, com desgaste crescendo acentuadamente e com uma possibilidade de que venha ocorrer uma falha catastrófica. Além disso, o custo para reparar ou reformar já estaria elevado e com o passar do tempo é mais vantajoso adquirir um novo.

Fazendo o mesmo tipo de analogia para o equipamento atual instalado em 2008, podemos afirmar com base na análise que foi feita, que a partir de 2018, na janela de oportunidade do ponto de vista financeiro, para aquisição de novo conjunto de correntes.

Caso não seja feito, os custos de reforma das correntes se elevarão em curto prazo, tornando-se desvantajoso financeiramente para empresa. Além disso, tecnicamente é um equipamento que, observadas as condições de desgaste levantadas pela peritagem das reformas, encontra-se em final de vida útil, com risco de falha catastrófica.

Até a substituição recomenda-se intensificar as inspeções, lubrificação e manter em estoques segmentos de correntes

5.1. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

As deteriorações das correntes do Resfriador de Placas ocorrem devido a inúmeros mecanismos de desgaste mecânicos: desgaste por fadiga (ciclos de cargas), desgaste abrasivo (rolos na superfície da placa de desgaste) e desgaste corrosivo devido ao ambiente (calor da placa, água e vapor nas correntes). Num trabalho futuro é sugerido fazer uma modelagem simplificada para poder identificar o

início da fase de desgaste e determinar da taxa de deterioração, e se possível, associar a um item de inspeção.

Outra sugestão de trabalho futuro seria o estudo para ampliar as opções dos fornecedores de peças e serviços para as correntes, incluindo a própria Oficina da ArcelorMittal. Este estudo além de verificar novas opções incluiria uma análise ambiental de indústria e mercado. Esta opção poderia reduzir tanto os custos de manutenção quanto os riscos da dependência de um único fornecedor

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARCELORMITTAL TUBARÃO. Disponível em:
<http://tubarao.arcelormittal.com/>. Acesso em: 16 out. 2017.
- ARCELORMITTAL TUBARÃO – Apostila Operador de LTQ – Programa de Capacitação Operacional – PCO
- BARRINGER, H. Paul; A Life Cycle Cost Summary presented at International Conference of Maintenance Societies Perth Australia 2003
- BARRINGER, H. Paul; MONROE, Todd R. How to Justify Machinery Improvements Using Reliability Engineering Principles presented at Pump Symposium . Houston TX. 1999.
- CASAROTTO FILHO, Nelson; HOPITKE, Bruno Hartmut. **Análise de Investimento**. 11 ed. São Paulo: Editora Atlas, 2010.
- DANGEL, R (1969). Integrated Logistic Support Implementation in the Naval Ship System Command. ASE 6th Annual Technical Symposium
- ERLICH , Pierre Jacques; MORAES, Edmilson Alves. **Engenharia Econômica**. Avaliação e Seleção de Projetos de Investimentos. 6. ed. São Paulo: Editora Atlas 2009.
- FULLER, Sieglinde K; PETERSEN, Stephen R. Life-Cycle Costing Manual for the Federal Energy Management Program, **NIST Handbook 135**. United States Government. 1995.
- INSTITUTO AÇO BRASIL. Disponível em:
<http://www.acobrasil.org.br/site2015/dados.asp>. Acesso em: 16 out. 2017
- MILEIPE, Shaney Gonçalves. Guia de Aplicação LCCA. UTFPR. Curitiba. 2017
- KAWAUCHI, Y. and RAUSAND, M. Life Cycle Cost Analysis in Oil and Chemical Process Industries. 1999
- VEY, Ivan Henrique; DA ROSA, Robson Machado. **Utilização do Custo Anual Uniforme na Substituição de Frota em Empresas de Transporte de Passageiros**. Universidade Federal de Santa Maria, 2009.