



**FACULDADE PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS
DE CONSELHEIRO LAFAIETE**

ENGENHARIA MECÂNICA

IELIS FABIANO SEVERINO

**MANUTENÇÃO EM CORREIA TRANSPORTADORA:
Estudo de caso de quebra do tambor de retorno da correia**

**Conselheiro Lafaiete
2018**

IELIS FABIANO SEVERINO

**MANUTENÇÃO EM CORREIA TRANSPORTADORA:
Estudo de caso de quebra do tambor de retorno da correia**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Mecânica da Faculdade Presidente Antônio Carlos de Conselheiro Lafaiete, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Orientador: Me. Luciano J. V. Franco

**Conselheiro Lafaiete
2018**

IELIS FABIANO SEVERINO

**MANUTENÇÃO EM CORREIA TRANSPORTADORA:
Estudo de caso de quebra do tambor de retorno da correia**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade Presidente Antônio Carlos de Conselheiro Lafaiete, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Aprovado em ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Me. Luciano José Vieira Franco – Orientador – FUPAC

Prof. Dr. MSc. Me. Esp. MBA Nome – Avaliador(a) – FUPAC

Prof. Dr. MSc. Me. Esp. MBA Nome – Avaliador(a) – FUPAC

**Conselheiro Lafaiete
2018**

Dedico a Deus a elaboração desse trabalho. Ele me deu saúde e energia para chegar até esse momento. Dedico também aos meus familiares e amigos que torceram por mim e, em algum momento da minha graduação, me ajudaram a superar os obstáculos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pelo dom da vida, sabedoria e discernimento, pelo privilégio e honra de ter como meus pais, Sr. Jair Severino e Sra. Maria das Mercês, a estes minha imensa gratidão pela dedicação, carinho e amor, por serem grandes incentivadores e motivadores de meus estudos. Sou grato a minha esposa Jane por me incentivar e encorajar diante dos obstáculos, cansaço e desânimo; a meus filhos Breno e Lucas pela paciência e entendimento da minha ausência.

Agradeço a meu professor e orientador Luciano Franco pela paciência e ajuda nos momentos difíceis de realização deste trabalho; a Unipac e Vale por ter me proporcionado a oportunidade de realizar este curso. Enfim, meus agradecimentos a todos amigos e ao corpo docente desta universidade que direta ou indiretamente contribuíram para construção deste sonho

Se você não constrói o seu sonho, alguém vai te contratar
para construir o dele.

Farrah Gray

RESUMO

Esse trabalho de conclusão de curso é bastante relevante, visto que retrata algo comum dentro das empresas e indústrias, que são as atividades de manutenção. Foi pesquisado sobre as diversas manutenções feitas em uma correia transportadora, focando no estudo de caso relacionado à quebra do tambor de retorno desse TC. O objetivo dessa investigação é sugerir uma forma de eliminar ou reduzir as quebras nesse equipamento. Para isso, foi necessária a avaliação do histórico de paradas, visando identificar as falhas que causam o problema. A metodologia utilizada foi a pesquisa bibliográfica na parte teórica, em livros, artigos e sites sobre os temas. Também foram feitas pesquisas documentais em desenhos técnicos e manuais, além de análise em campo, investigando as manutenções feitas. Como resultado verificou-se que as falhas incidentes são devido avaria no rolamento. Uma alternativa de solução, que é implementar outro tipo de tambor no local, foi dita na conclusão.

Palavras-chave: Manutenção. Estudo de caso. Correia transportadora.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Lista de Figuras

Figura 1 – Transportador de correia	Erro! Indicador não definido.	6
Figura 2 – Transportador de correia e seus componentes	Erro! Indicador não definido.	7
Figura 3 – Disposição dos tambores em um transportador de correia	Erro! Indicador não definido.	8
Figura 4 – Tambor de acionamento	Erro! Indicador não definido.	9
Figura 5 – Tambor de retorno.....	Erro! Indicador não definido.	9
Figura 6 – Mancal fixo		21
Figura 7 – Tambor com revestimento liso		25
Figura 8 – Tambor com revestimento tipo espinha peixe		26
Figura 9 – Tambor com revestimento tipo diamante		26
Figura 10 – Tambor com revestimento de pastilha de cerâmica		27
Figura 11 – Organograma das manutenções		32
Figura 12 – Fluxograma da área		38
Figura 13 – Transportador de correia FB04-B.....		39
Figura 14 – Projeto de fabricação do tambor		42
Figura 15 – Projeto de fabricação do tambor		43
Figura 16 – Montagem do mancal fixo com chaveta no eixo		44
Figura 17 – Montagem do mancal de rolamento externo		45
Figura 18 – Coletor de dados portátil		46
Figura 19 – Material acumulado nos componentes do tambor.....		48
Figura 20 – Acumulo de material no retorno da correia.....		52
Figura 21 – Contaminação do rolamento.....		53
Figura 22 – Marcas nos elementos e pista externa.....		53
Figura 23 – Tambor com mancais de rolamento externo.....		57

Lista de Gráficos

Gráfico 1 – Tempo de corretiva planejada no TC (dias x horas de corretivas).....	40
Gráfico 2 – Sensitiva no tambor: Lado esquerdo	47
Gráfico 3 – Sensitiva no tambor: Lado direito.....	47
Gráfico 4 – Espectro de avaria pista externa (BPFO)	49
Gráfico 5 – Espectro de avaria de folga no rolamento	50
Gráfico 6 – Espectro de avaria pista externa (BPFI)	50
Gráfico 7 – Espectro de deficiência de lubrificação.....	52
Gráfico 8 – Espectro sem deficiência de lubrificação).....	55

Lista de Quadros

Quadro 1 – Corretivas planejadas que aconteceram no TC	40
Quadro 2 – Ordens de manutenção	41
Quadro 3 – Teste de verificação das causas.....	51

Lista de Tabelas

Tabela 1 – Tabela com características dos rolamentos.	23
Tabela 2 – Tabela de tempo mão de obra.	40

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABRAMAN	Associação Brasileira de Manutenção
BSF	<i>Ball Spin Frequency</i>
BPFI	<i>Ball Pass Frequency Inner Race</i>
BPFO	Ball Pass Frequency Outer Race
FTF	<i>Fundamental Train Frequency</i>
HH	Homem Hora
MCC	Manutenção Centrada em Confiabilidade
MG	Minas Gerais
NBR	Norma Brasileira Regulamentadora
RCM	<i>Reliability Centered Maintenance</i>
TC	Correia Transportadora
UFBA	Universidade Federal da Bahia

LISTA DE SÍMBOLOS

%	Porcentagem
°C	Graus Celsius
°	Graus
mm	Milímetros

SUMÁRIO

1				
INTRODUÇÃO	.....			133
1.1				
Objetivos	.....			144
1.1.1				Objetivo
Geral	.....			144
1.1.2				Objetivos
Específicos	.....			144
1.2				
Justificativa	.....			144
2		REVISÃO		DA
LITERATURA	.....			155
2.1	Uma	breve	história	sobre
TC	.....			5
2.1.1	Transportador de correia	.....		17
2.2	Tambor	.....		17
2.2.1	Classificação de tambores	.....		18
2.2.2	Componentes do tambor	.....		20
2.2.3	Cubos	.....		20
2.2.4	Mancais	.....		21
2.2.5	Revestimento	.....		24
2.3	A Evolução da manutenção	.....		27
2.3.1	Aparecimento da manutenção corretiva	.....		28
2.3.2	Aparecimento da manutenção preventiva e engenharia de manutenção	.....		28
2.3.3	A criação da ABRAMAN	.....		29
2.3.4	Introdução da RCM	.....		30
2.4	Conceitos de manutenção	.....		30
2.4.1	Falha, defeito e pane	.....		31
2.4.2	Manutenção preditiva	.....		31
2.5	Definições gerais	.....		32
2.6	Classificação de equipamentos considerando critérios	.....		33
3	METODOLOGIA DA PESQUISA	.....		35

3.1 Delineamento da Pesquisa.....	35
3.2 Coleta e Análise dos Dados.....	35
4 APRESENTAÇÃO DOS DADOS E ANÁLISE DE RESULTADOS.....	37
4.1 Conhecendo o processo.....	37
4.1.1 Conhecendo o equipamento e suas características.....	38
4.2 Escolha do transportador de correia.....	39
4.3 Identificação do problema: quebra do tambor de retorno	41
4.3.1 Conhecendo as características do tambor.....	42
4.3.2 Analisando a quebra do tambor.....	45
4.3.3 Conhecendo os recursos de monitoramento.....	46
4.4 Verificando as possíveis causas da avaria no rolamento.....	51
4.5 Apurando as causas potenciais.....	52
4.6 Analisando os resultados.....	54
5 CONCLUSÕES.....	56
6. SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS.....	57
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	59

1 INTRODUÇÃO

Diante do aquecimento do mercado pela procura do minério de ferro de alta qualidade nos últimos anos, os equipamentos de produção do setor minero lógico chegam a ser utilizados exaustivamente, superando o limite de sua capacidade nominal e em alguns casos chegando até o limite de sua vida útil. As empresas do ramo tem investido em peso na busca de tecnologias em que visam processos mais eficazes, otimizando a produção, reduzindo custos, e perdas por paradas não programadas de seus equipamentos.

Por sua vez, os transportadores de correia (TC) são a solução para transporte de materiais e produtos de longa distância que necessitam de movimentação constante, por ser um equipamento que proporciona versatilidade e segurança na operação, mas que em muitas vezes passa despercebido se comparado com outros equipamentos como escavadeiras de grande porte e caminhões que transportam toneladas de produtos.

Para tal, um plano de manutenção bem elaborado que abranja todas as atividades que se possa desempenhar no equipamento, desde a inspeção passando pela manutenção, obedecendo os critérios estabelecidos, onde colaboradores desempenham papel principal para longevidade das instalações, buscando melhoria continua para o processo, que possa influenciar de modo positivo e direto nas metas de produção, são pilares importantes para consistência do processo e competitividade da empresa no mercado.

Dessa maneira a usina de pelletização localizada em Minas Gerais, que tem suas instalações datadas no ano de 1977, busca o aumento da disponibilidade física e produção, tendo proposito atender à crescente demanda do mercado pelo seu Produto.

Por tais razões, este trabalho aborda o transportador de correia, cuja finalidade é a retirada de finos de pelota após o processo de peneiramento. Nesse contexto, a pesquisa visa responder a seguinte pergunta: O que fazer para minimizar as quebras do tambor de retorno do transportador de correia FB04B?

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

Eliminar ou minimizar as quebras do tambor de retorno da correia

1.1.2 Objetivos Específicos

- Avaliar histórico de ordens de serviço, referentes à manutenção no tambor de retorno da correia;
- Identificar as falhas que causam a quebra do tambor de retorno;
- Apresentar medidas que contribuem para redução de quebra;
- Eliminar o risco a exposição de cargas suspensas na atividade.

1.2 Justificativa

O estudo proposto contribuirá na identificação das falhas que ocorrem no tambor de retorno da usina de pelotização. As paradas ocorridas estão diretamente relacionadas às quebras contínuas do tambor de correia, o que acarreta em manutenções corretivas planejadas.

No âmbito profissional e acadêmico, é inegável que existam tambores com as mesmas características dos que serão estudados em outras empresas. Porém para a unidade onde o trabalho será realizado, trata-se do desenvolvimento de projeto de tambor apoiado sobre mancais de rolamentos externo aplicado no retorno de correias. Com os estudos a serem realizados, este trabalho visa contribuir para evolução das possíveis modificações ao longo do processo de manutenção nos transportadores de correias, que poderá propiciar melhor entendimento e conhecimento para profissionais deste seguimento.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Neste capítulo, será apresentado em primeiro plano uma breve história sobre o surgimento da correia transportadora, em seguida através da definição da ABNT será apresentado o conceito de transportador de correia e tambor. Também será explanado sobre as funções do tambor em um TC, os tipos de tambores e seus componentes e subcomponentes.

A par disso, são classificados os tambores quanto ao tipo de revestimento, sua importância para um bom funcionamento do tambor, tipos de aplicação e de revestimento e bem como seus modelos. Em linhas gerais, abordada evolução da manutenção, seu aparecimento, conceito, a criação da ABRAM e sua contribuição para o seguimento. A função de cada manutenção dentro do processo será evidenciada, além do organograma da área. Serão conceituadas peças componentes, conjuntos, equipamentos, sistemas fabrica. Finalmente, será classificada a manutenção, considerando a consequência da falha e necessidade de intervenção.

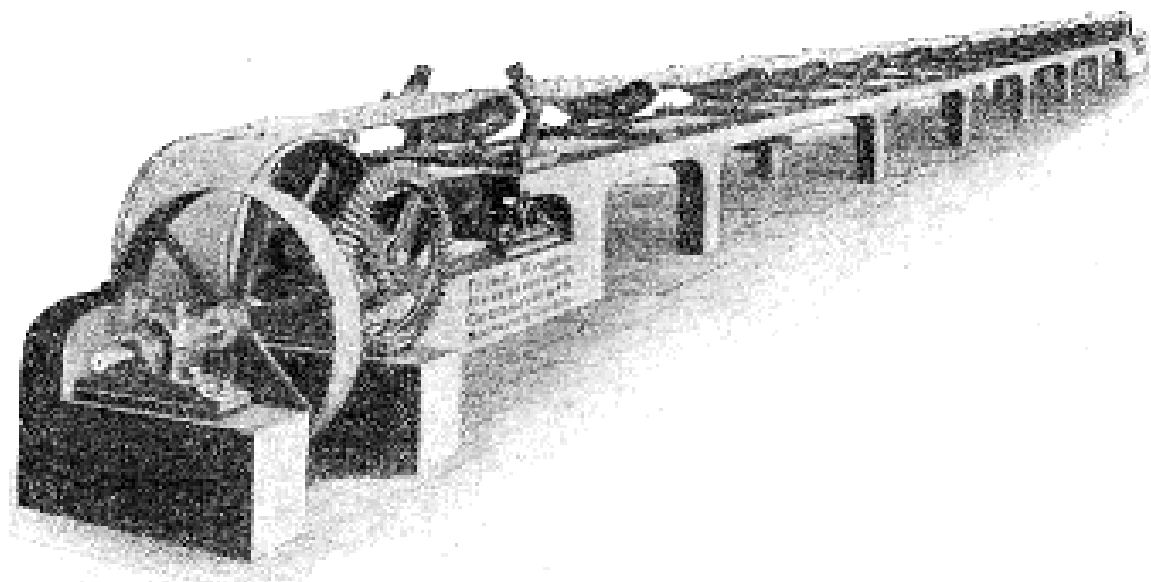
2.1 Uma breve história sobre TC

Segundo Componentes (2017), a história das esteiras transportadoras começa a partir do século XVII. O ano de 1795 representa o momento em que elas começam a ser um meio de transporte popular de materiais a granel. Componentes (2017) comenta que de acordo com especialistas, o antigo sistema desses aparelhos consistia em um cinto que viajava sobre uma cama de madeira lisa. As correias eram feitas de borracha, couro ou lona.

Em 1892, conforme Componentes (2017), Thomaz Robins criou uma esteira transportadora especial para fazer o transporte de metal, carvão e outros produtos. Alguns anos depois, também foram criadas esteiras de aço. Patarelo (2015) esclarece em seus estudos que os primeiros transportadores de correias foram utilizados na revolução industrial, metade do século 18 na Inglaterra. Muitas indústrias como padarias e matadouros foram equipadas com essa nova tecnologia

muito avançada para a época, pois economizava tempo e dinheiro. Um transportador de correia é mostrado na Figura 1.

Figura 1 – Transportador de correia



Fonte: Patarelo (2015)

Em 1901, a empresa Sandvik começou a produção de correias transportadoras confeccionadas de cabos de aço. Em 1905, o engenheiro de minas britânico Richard Suttcliffe projetou o primeiro transportador para mineração subterrânea, utilizado nas minas de carvão. Sua invenção revolucionou toda a indústria de mineração (PATARELO, 2015).

Patarelo (2015) relata que, após 1907 em diante, as correias transportadoras também foram utilizadas na Alemanha e em 1913 o famoso Henry Ford se tornou pioneiro no já conhecido sistema de montagem contínuo, ou seja, utilizou uma correia transportadora para realizar esse feito. Muitos não imaginam a importância de uma correia transportadora, porém no mundo industrial, geralmente a consideram como o “Pneu da Indústria”.

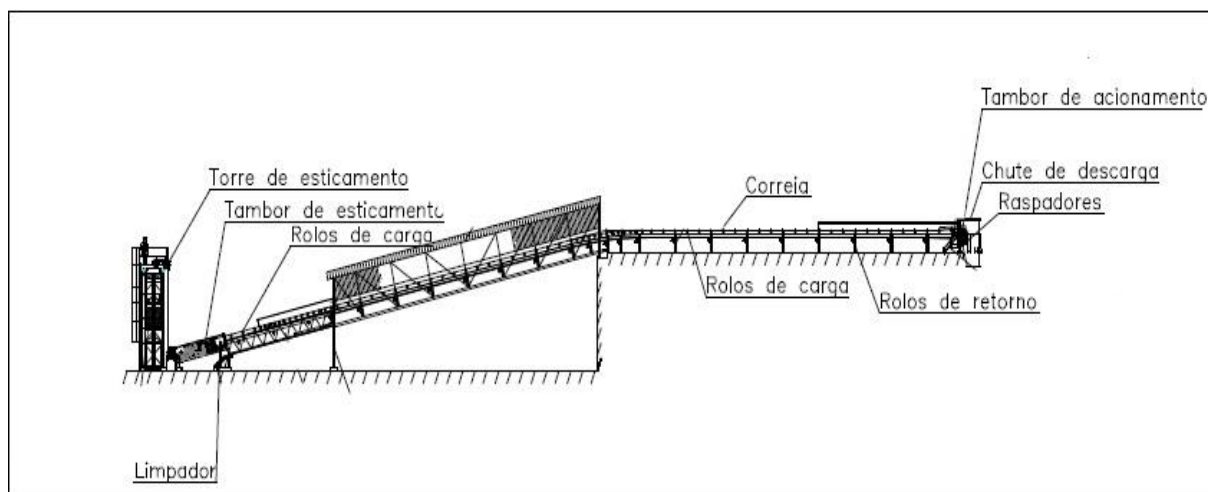
Patarelo (2015) diz que, no Brasil encontramos cerca de 80% de nossos transportadores instalados em mineradoras, siderúrgicas, empresas de celulose e

entre outras, com a largura máxima de 48 polegadas. O restante, ou seja, os outros 20%, está dividido em correias de 49 polegadas até 100 polegadas.

2.1.1 Transportador de correia

Segundo a NBR 6177, transportador de correia é um arranjo de componentes mecânicos, elétricos e estruturas metálicas, consistindo em um dispositivo horizontal ou inclinado, ascendente ou descendente, ou em curvas, côncavas ou convexas. Pode ser ainda, uma combinação de quaisquer destes perfis, destinado à movimentação ou transporte de materiais a granel, através de uma correia contínua com movimento reversível ou não, que se deslocam sobre os tambores, roletes e/ou mesas de deslizamento. O TC segue uma trajetória predeterminada pelas condições de projeto, possuindo partes ou regiões características de carregamento e descarga. (NBR 6177:1998). A Figura 2 ilustra um transportador de correia e seus componentes.

Figura 2- Transportador de correia e seus componentes



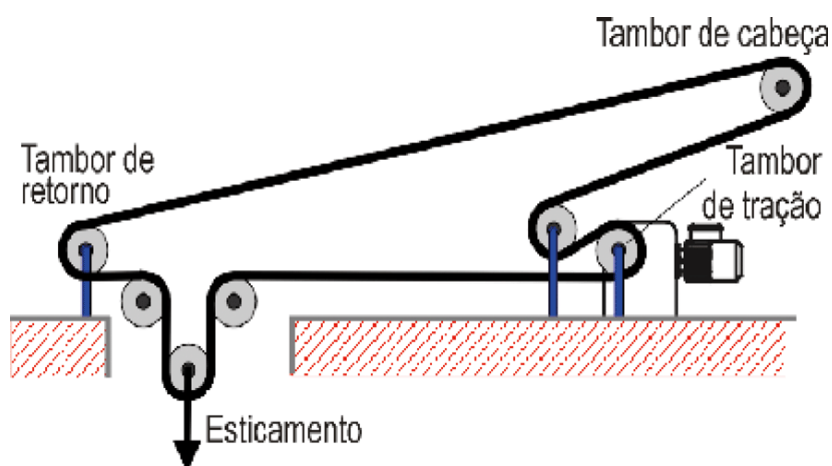
Fonte: Cruz (2006)

2.2 Tambor

Tambor é um elemento giratório, de forma cilíndrica, constituído de corpo e eixo, com a finalidade de direcionar, tracionar e/ou tencionar o transportador durante o

funcionamento, os tambores asseguram as reações aos esforços oriundos da correia, e do torque proveniente do motor elétrico. segundo a NBR 6177/98 (BRASIL, 1998). Com a movimentação da correia movem-se também os demais componentes e o tambor movido, que promove o seu apoio. Os tambores possuem também outras funções no transportador, tais como a de efetuar desvios e dobras na correia. Sendo assim, podemos ter a seguinte classificação para os tambores: (UFBA, 2012). A Figura 03 mostra a disposição dos tambores em um TC.

Figura 3- Disposição dos tambores em um transportador de correia



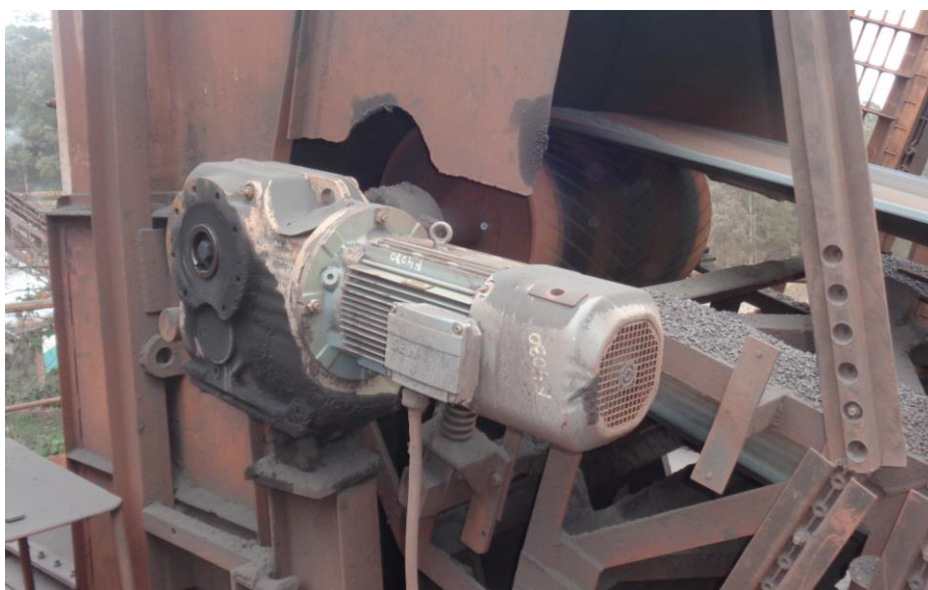
Fonte: ELMEC (2018)

2.2.1 Classificação de tambores

Segundo UFBA (2012), os tambores podem ser classificados em: acionamento, retorno, esticador, dobra, aletado, magnético e encosto. Acionamento é empregado na transmissão de torque. Ele pode estar localizado em diversos locais, os quais são cabeceira, centro ou retorno. Um tambor de acionamento é mostrado na Figura 4. O retorno efetua, literalmente, o retorno da correia a sua posição inicial. Em alguns TC o retorno é responsável também pelo tencionamento da correia. Um tambor de retorno é evidenciado na Figura 5. Esticador é usado para manter a tensão ideal no TC. Dobra é utilizado para alterar o curso da correia. Aletado é um tipo de tambor com configuração especial, que não permite que o material, ao cair no lado do retorno, seja pressionado contra correia e a danifique. Magnético é um tambor é

utilizado nos transportadores cuja função é separar elementos magnéticos do material transportado. Por fim, encosto é utilizado para elevar o ângulo de contato com o tambor de acionamento.

Figura 4- Tambor de acionamento



Fonte: Acervo do autor (2018)

Figura 5- Tambor de retorno



Fonte: Acervo do autor (2018)

2.2.2 Componentes do tambor

Segundo a NBR 6172, um tambor é constituído por corpo, cilindro, discos lateral e interno, cubo, tubo interno, fixador e revestimento. Corpo é a parte do tambor onde foi excluído o eixo. Cilindro tem formato cilíndrico quando está em contato com a correia. O disco lateral é fixado nas extremidades do cilindro, permitindo a união deste com o cubo. Já o disco interno é fixado no interior do cilindro e possui a função de reforçá-lo. Cubo é o elemento fixado no disco lateral, como já dito anteriormente, para permitir a união do disco citado ao eixo. Tubo interno é fixado nos cubos, ao redor do eixo, com finalidades estruturais. Fixador é um elemento de união do cubo ao eixo. Por fim, revestimento é o material aplicado à superfície externa do cilindro, para protegê-lo. Também pode ser aplicado quando é necessário o aumento do coeficiente de atrito do tambor da correia (BRASIL,1993).

2.2.3 Cubos

Para Allis (2014), os tipos mais utilizados de cubos são: fixo, cônico, fundidos e interno. Cubo fixo é o mais tradicional, sendo constituído por única peça, podendo ou não ter chavetas para transmissão de torque. O tipo cônico tem a vantagem da desmontagem rápida. Cubo e disco fundidos contêm, em uma só peça, elementos de expansão tipo “*Ringfeder*”, que tem a função de fixar o eixo. Já o cubo interno com rolamento mantém o eixo fixo e atua como um mancal (ALLIS, 2014).

No dimensionamento dos tambores deve-se observar o tipo do tambor, juntamente com os esforços atuantes, o diâmetro dele, a potência transmitida, além da largura da correia que será utilizada para o transporte. Os diâmetros são escolhidos de acordo com a correia e a tensão atuante. O comprimento, em função da largura da correia, adicionando uma reserva extra, para o caso de haver eventuais desalinhamentos, já a distância entre mancais é padronizada para cada largura de correia e diâmetro de eixo (ALLIS, 2014).

2.2.4 Mancais

São elementos importantes no dimensionamento e no custo de um transportador, já que influenciam diretamente no funcionamento dos tambores e nas variáveis relacionadas às finanças. O mancal pode ser visto na Figura 6. Existe uma série de mancais para um mesmo diâmetro de eixo (ALLIS, 2014). Carreteiro e Belmiro (2006) conceituam que mancais são suportes, ou guias, de partes móveis. São elementos dos mais comuns em todas as máquinas.

Figura 6- Mancal fixo



Fonte: Acervo do autor (2018)

Nos mancais de escorregamento a área de lubrificação relativamente grande amortece as vibrações, os choques e os ruídos, estes mancais são também menos sensíveis a choque e poeiras (NIEMANN, 1971). O mesmo autor relata que a preferência por mancais de escorregamento se dá quando o ruído deve ser pequeno, quando existem impactos fortes e/ou vibrações nas imediações, quando é

desejada a utilização de mancais bipartidos ou diâmetros pequenos, quando tais mancais satisfazem as necessidades do processo.

Seus principais componentes são: caixa, vedação, rolamentos, lubrificação, anéis de expansão. Caixa pode ser constituída de aço fundido ou ferro fundido, bipartidas ou inteiriças, com dois ou quatro furos. A vedação pode ser simples com labirinto e retentor, feltro ou com taconite. Rolamentos são autocompensadores de rolos de série pesada, fixados com buchas cônicas. Sobre a lubrificação, os rolamentos recebem graxa de alta qualidade. Anéis de expansão são elementos de união entre eixos e cubos, cujas características permitem transmitir torques e forças axiais elevados (ALLIS, 2014)

Os rolamentos axiais autocompensadores de rolos são comumente lubrificados com óleo. Os demais tipos de rolamentos podem ser lubrificados com óleo ou graxa (CARRETEIRO e BELMIRO, 2006). Em mancais de fácil acesso, a caixa pode ser aberta para renovar ou completar a graxa. Quando a caixa é bipartida, retira-se a parte superior. As caixas inteiriças dispõem de tampas laterais facilmente removíveis. O excesso de graxa na caixa é altamente prejudicial, assim a caixa deve ser preenchida apenas até um terço, ou metade, de seu espaço livre com uma graxa de boa qualidade à base de lítio. (CARRETEIRO e BELMIRO, 2006).

As graxas de cálcio podem ser usadas para rolamentos que funcionam sob temperaturas moderadas, sendo no máximo 60°C, e rotações baixas. A graxa de sódio é adequada para rolamentos que funcionam sob condições isentas de umidade. A graxa apresenta sob o óleo a vantagem de contribuir para a boa vedação da caixa. (CARRETEIRO e BELMIRO, 2006)

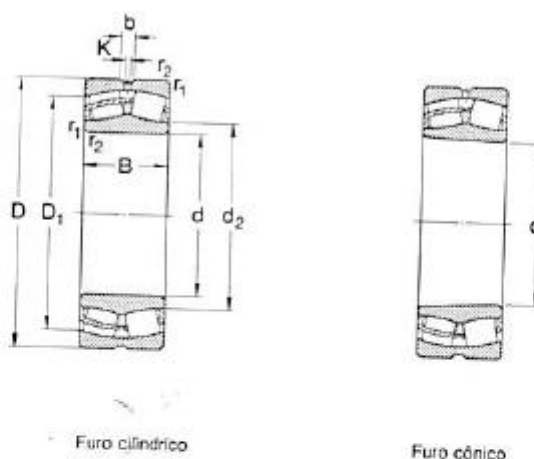
Carreteiro e Belmiro (2006) aponta que a limpeza é a primeira coisa a ser observada para o bom funcionamento e longa duração em serviço de rolamentos. Por isso é essencial que as caixas de rolamentos possuam boa vedação. Carreteiro e Belmiro (2006) enfatizam que um dos tipos de vedação mais utilizada em rolamentos lubrificados à graxa é o feltro em tiras ou anéis. Outro tipo de vedação empregado

são os chamados anéis de labirintos que apresentam vantagens no caso de altas velocidades.

Os rolamentos utilizados nos tambores estudados são chamados autocompensadores de rolos e “possuem duas carreiras de rolos, com uma pista esférica comum no anel externo” (SKF, 1990, p. 459). O diâmetro do rolamento, em milímetros, é selecionado de acordo com uma tabela disponível no manual do fabricante e mostrado na Tabela 01:

Tabela 1 – Tabela com características dos rolamentos

Rolamentos autocompensadores de rolos
d 60-85 mm



Dimensões principais	Capacidades de carga		Carga limite de fadiga P_u	Velocidades de referência		Massa	Designações		
	dinâm. C	estát. C_0		Lubrificação graxa	óleo		Rolamentos com furo cilíndrico	furo cônico	
mm	N	N	N	r/min	kg	-	-	-	
60	110 28	122 000	146 000	16 300	4 000	5 000	1,10	22212 CC	22212 CCK
	110 28	140 000	173 000	19 000	4 300	5 300	1,15	22212 E	22212 EK
	130 31	161 000	200 000	23 200	3 000	3 800	1,95	21312 CC	21312 CCK
	130 46	235 000	290 000	30 000	3 000	3 800	2,95	22312 CC	22312 CCK
	130 46	271 000	335 000	36 500	2 800	3 600	2,90	22312 E	22312 EK
65	120 31	148 000	183 000	21 200	3 800	4 800	1,45	22213 CC	22213 CCK
	120 31	176 000	216 000	24 000	3 800	4 800	1,50	22213 E	22213 EK
	140 33	184 000	240 000	27 000	2 800	3 600	2,45	21313 CC	21313 CCK
	140 48	253 000	300 000	32 000	2 600	3 400	3,55	22313 CC	22313 CCK
	140 48	299 000	360 000	38 000	2 600	3 400	3,55	22313 E	22313 EK
70	125 31	148 000	186 000	21 200	3 600	4 500	1,55	22214 CC	22214 CCK
	125 31	179 000	228 000	25 500	3 600	4 500	1,55	22214 E	22214 EK
	150 35	207 000	260 000	29 000	2 600	3 400	3,00	21314 CC	21314 CCK
	150 51	311 000	380 000	40 000	2 400	3 200	4,30	22314 CC/W33	22314 CCK/W33
	150 51	345 000	430 000	45 000	2 200	3 000	4,30	22314 E	22314 EK

Nos rolamentos podem ocorrer diferentes frequências básicas geradas por defeitos: BPFO, BPFI, BSF E FTF. Segundo Cunha (2018, p.1) “as frequências características de falha de rolamentos possuem uma peculiaridade especial: elas são não síncronas, isto é, não são múltiplas inteiras da velocidade de rotação do eixo”. O autor ainda explica as quatro frequências básicas já citadas:

Frequência de passagem de elementos rolantes por um ponto da Pista Interna (geralmente indicada por BPFI do inglês Ball Pass Frequency Inner Race), associada a defeitos na pista interna.

Frequência de passagem de elementos rolantes por um ponto da Pista Externa (geralmente indicada por BPFO do inglês Ball Pass Frequency Outer Race), associada a defeitos na pista externa.

Frequência de giro dos elementos (geralmente indicada por BSF do inglês Ball Spin Frequency), associada a defeitos nos elementos rolantes (rolos ou esferas).

Frequência de giro da gaiola ou do conjunto (trem) de elementos rolantes (geralmente indicada por FTF do inglês Fundamental Train Frequency), associada a defeitos na gaiola e a defeitos em alguns dos elementos rolantes (CUNHA, 2018, p.1)

Essas frequências auxiliam na detecção de onde se encontram os defeitos, visto que elas “são relacionadas com o comportamento dinâmico de seus principais componentes” (CUNHA, 2018, p.1)

2.2.5 Revestimento

Segundo a NBR 6172 os tambores são classificados em relação à superfície de contato, à forma geométrica, ao acionamento. Quanto à superfície eles podem ser revestidos ou não. Quanto à forma podem ser planos ou abaulados. Por fim, quanto ao acionamento podem ser de acionamento ou livres (BRASIL, 1993).

Para Ssrubber (2003), o revestimento para tambores é fundamental para os equipamentos locomotores, pois aumentam o atrito entre o tambor e a correia transportadora para melhor transmissão de potência. Além disso, o revestimento para tambores anula os efeitos de impurezas da correia sobre a superfície dos tambores, e melhora a aderência à passadeira de transportadoras. Em condições extremamente úmidas ou sujas, a aderência oferecida pelo revestimento para tambores é eficaz, devido ao seu elevado grau de fricção (SSRUBBER, 2003).

A despeito disso, Allis (2014) explica que as espessuras podem variar dentro de certa faixa, assim como o composto aplicado. A aplicação de revestimento para tambores apresentadas por Ssrubber (2003), pode ser feita de diferentes formas: por meio da vulcanização direta no tambor; parafusada sobre o corpo do tambor; vulcanizada em tiras de aço; parafusadas ao corpo do tambor. Os tipos de revestimento são: liso, espinha de peixe, diamante, pastilha de cerâmica (STEELROOL, 2018).

O revestimento liso possui revestimento de borracha sem ranhuras, conforme mostrado na Figura 4. Tal revestimento tem função de evitar deslocamento axial da correia e um desgaste prematuro do tambor. Sua maior utilização se faz no retorno da correia e desvio (STEELROOL, 2018).

Figura 7- Tambor com revestimento liso



Fonte: Acervo do autor (2018)

Já o revestimento espinha de peixe possui revestimento de borracha com formato similar a espinhas de peixe, por isso seu nome. Ele é evidenciado através da Figura 5. Esse revestimento tem função de aumentar a aderência da superfície de contato da correia com o tambor. Sua maior utilização se faz no acionamento da correia (STEELROOL, 2018).

Figura 8- Tambor com revestimento tipo espinha peixe



Fonte: Acervo do autor (2018)

O revestimento diamante, mostrado na Figura 6, possui revestimento de borracha com formato similar a diamantes. Sua função e utilização são similares ao tambor espinha de peixe (STEELROOL, 2018).

Figura 9- Tambor com revestimento tipo diamante



Fonte: Acervo do autor (2018)

Como características, o revestimento com pastilhas de cerâmica é constituído por borracha vulcanizada e pastilhas de cerâmica, como pode ser observado na Figura 7. A borracha reveste o corpo do tambor e as pastilhas, que por sua vez, ficam em contato direto com a correia, prolongando a vida do tambor em decorrência do baixo fator de desgaste da cerâmica. São utilizados no acionamento de correia, onde a pressão exercida supera a resistência de revestimentos convencionais. Independente do revestimento do tambor, sempre é importante realizar manutenção em todo o conjunto que constitui um TC (STEELROOL, 2018).

Figura 10- Tambor com revestimento de pastilha de cerâmica



Fonte: Acervo do autor (2018)

2.3 A Evolução da manutenção

A evolução da manutenção está atrelada ao desenvolvimento das unidades de produção. Quanto maior a sofisticação do processo fabril, mais sofisticada também será a manutenção. (FILHO, 2008). Caso sejam colocadas em ordem cronológica as atividades relacionadas à manutenção, será observada a seguinte sequência: as equipes de manutenção passaram a existir no início do século 20, quando, por ocasião da proximidade da Primeira Guerra Mundial as fábricas tiveram a

necessidade de se empenharem em um programa de produção mínima (FILHO, 2008). O advento da eletricidade quase que concomitante, substituiu as instalações de iluminação a gás e os motores elétricos usados trouxeram os eletricitistas para as equipes de manutenção (FILHO, 2008).

2.3.1 Aparecimento da manutenção corretiva

Filho (2018) relata que, após a guerra de 1914, acompanhando a evolução da indústria, a manutenção passou a existir em quase todas as unidades fabris, em atividades desenvolvidas após a quebra das peças ou parada das máquinas em falha. Este foi o início da manutenção corretiva, que é todo o trabalho de manutenção realizado em máquinas que estejam em falha.

Esta situação perdurou até finais da década de 30 quando a Segunda Guerra trouxe a necessidade do aumento de produção e do cumprimento de metas, trazendo ao pessoal à realidade de que alguns equipamentos não podiam parar durante certas tarefas. A administração industrial forçava as equipes de manutenção a se preocuparem em sanar rapidamente as falhas e a efetuarem serviços que evitassem e prevenissem a ocorrência das falhas nos equipamentos mais importantes (Filho 2018). A manutenção corretiva pode ser planejada ou não. Aquela que não puder ser adiada ou planejada deve ser considerada manutenção corretiva de emergência.

2.3.2 Aparecimento da manutenção preventiva e engenharia de manutenção

Segundo Filho (2018) o avanço das indústrias aeronáuticas, com métodos desenvolvidos para garantir que um avião voaria um tempo mínimo em bom estado de funcionamento, reforçou o desenvolvimento de técnicas e métodos de trabalho atualmente chamados de manutenção preventiva, visto que não é possível efetuar reparos na maior parte dos equipamentos de uma aeronave em vôo.

Manutenção preventiva é todo trabalho de manutenção realizado em máquinas que estejam em condições operacionais, visando seu permanente funcionamento. Manutenção preventiva baseada na condição ou preventiva por estado é todo o trabalho da manutenção realizado em máquinas que estejam em condições operacionais, devido à detecção de degradação de parâmetros do equipamento. É feita na proximidade da falha ou no momento mais adequado, considerando outros requisitos operacionais e financeiros (FILHO, 2008). Já a manutenção preventiva sistemática é o trabalho de manutenção realizado em máquinas que estejam em condições operacionais, de modo sistemático, seja por tempo transcorrido, seja por quilômetros rodados ou qualquer outra variável (FILHO, 2008).

Ainda nos estudo de Filho (2018), por volta dos anos de 1950 até 1960, em resposta à necessidade de garantir o funcionamento de uma máquina, foi criada uma equipe especializada, que efetuava pesquisas sobre o quão confiável era o equipamento e também projetava melhorias. Estudos em torno de como efetuar reparos mais rápidos, para tornar as equipes mais eficientes, de melhores métodos de trabalho em manutenção, de quantidade adequada de sobressalentes, de melhoria de locais de trabalho, e também das características das falhas e sua repetição eram de responsabilidade dessa equipe intitulada Engenharia de Manutenção.

Devido ao desenvolvimento dos computadores, a Engenharia de Manutenção passou a desenvolver processos mais sofisticados de controle e análise, utilizando-se das fórmulas complexas visando predeterminar os períodos mais econômicos de execução da manutenção preventiva. Filho (2018),

2.3.3 A criação da ABRAMAN

Filho (2018) em seus estudos afirma que com a criação da Associação Brasileira de Manutenção (ABRAMAN), em 1984, passou-se a ter no Brasil uma entidade para centralizar os conhecimentos específicos desse tema, para que fossem discutidas as aspirações e dificuldades encontradas no decorrer das atividades. Problemas de diversos segmentos, que antes eram discutidos apenas dentro de cada pequeno núcleo, foram trazidos para esse ambiente comum que é a ABRAMAN.

O mesmo autor ressalta que essa interação trouxe benefícios para todos os profissionais que trabalham em manutenção, visto que a ABRAMAN passou a oferecer à comunidade diversos cursos e treinamentos na área de manutenção, bem como realizando eventos sobre as atividades de manter no âmbito nacional, estadual e regional (Filho, 2018).

2.3.4 Introdução da RCM

Filho (2018) afirma que a *Reliability Centered Maintenance* (RCM), ou como é chamada no Brasil, Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC), iniciou-se no final da década de 80, início da década de 1990, mas, tornou-se conhecida da comunidade de manutenção, após o XI Congresso Brasileiro de Manutenção em 1996 realizado em Belo Horizonte - MG.

Ainda dentro deste contexto estudado por Filho (2018), logo após esse congresso, foi indicado que a iniciativa do RCM deveria se dar nos primeiros passos do projeto de uma instalação ou de um produto. Com isso, envolveria tanto o sistema do projeto quanto o desenvolvimento e os deslocamentos/progressos das atividades.

Filho (2018), conclui que a técnica da RCM, pode ser usada para avaliar programas de manutenção preventiva em sistemas e instalações já existentes, com o objetivo de obter melhorias contínuas, para tornar a manutenção mais eficiente, obter melhorias de confiabilidade, de disponibilidade e tornar a empresa mais competitiva.

2.4 Conceitos de manutenção

Filho (2018) apresenta o conceito de manutenção como sendo, o conjunto de ações para detectar, prevenir, ou corrigir defeitos, falhas funcionais ou potenciais, com o objetivo de manter as condições operacionais e de segurança dos itens, sistemas ou ativos. As ações cuja finalidade é modificar um item para que ele desempenhe a função pretendida pelo usuário ou proprietário, são ações de Engenharia, mas também podem ser consideradas como ações de manutenção, normalmente

apontadas pela Engenharia de Manutenção e detalhadas pelos outros diversos ramos da engenharia.

2.4.1 Falha, defeito e pane.

Segundo Filho (2018), defeito na área da manutenção é a alteração das condições de um item, máquina, sistema operacional, de importância suficiente para que sua função normal, ou razoavelmente previsível, não seja satisfatória. Um defeito não torna a máquina indisponível, não é uma falha funcional, mas se não reparado ou se não corrigido levará a máquina ou o item à falha e à consequente indisponibilidade com perda da sua função.

Falha é a perda da capacidade de um Item para realizar sua função específica. Pode equivaler ao termo A varia. É a diminuição total ou parcial da capacidade de uma peça, componente ou máquina de desempenhar a sua função durante um período de tempo, onde o item deverá sofrer manutenção ou ser substituído. A falha leva um item ou um item superior as estado de indisponibilidade (FILHO, 2008).

Pane é o estado ou situação de um equipamento que não pode ser posto a trabalhar, pois trará problemas de produção com má qualidade, risco de vida ou de dano ao patrimônio. O item está em falha. (FILHO, 2008)

2.4.2 Manutenção preditiva

Para a definição de Filho (2018), manutenção preditiva é todo o trabalho de acompanhamento e monitoração das condições da máquina, de seus parâmetros operacionais e sua degradação. Ao final todo o gasto de mão de obra e material gasto na Manutenção Preditiva e Manutenção Preventiva se somam para obtenção de percentual de Preventiva e de Corretiva da Instalação, máquina ou equipamento. A monitoração e os procedimentos a seguir determinados é uma das formas mais eficientes e mais baratas de estratégia de manutenção.

A seguir, será mostrado na Figura 11 um organograma para melhor entendimento e visualização dos tipos de manutenção, sendo que entre eles estão apresentadas as diversas atividades relacionadas à preditiva. Outras definições pertinentes ao tema, como componentes, conjuntos, entre outras, serão melhor explicadas adiante.

Figura 11- Organograma das manutenções



Fonte: Filho (2008)

2.5 Definições gerais

Peças são cada uma das partes ou elementos de um conjunto, de um mecanismo, ou de um componente. Parte elementar de uma máquina, componente ou equipamento (FILHO, 2008). Componente é um engenho essencial ao

funcionamento de uma atividade mecânica, elétrica ou de natureza física que, conjugado a outros cria o potencial de realizar um trabalho. É normalmente composto de várias peças (FILHO, 2008).

Filho (2018) apresenta o conceito de conjunto como sendo um agrupamento lógico de componentes para executar uma função num equipamento. Por exemplo, pode ser citado é a transmissão, que nada mais é que um conjunto contendo motor a explosão, caixa, embreagem, semi-eixo, diferencial, entre outros. Outro exemplo é o conjunto de levantamento de peso numa ponte rolante com caixa de redução, acoplamentos, cabos de aço, ganchos, etc.

Equipamento é uma unidade complexa de ordem superior integrada por conjuntos, componentes, e peças, agrupados para formar um sistema funcional. Em alguns casos equivale ao termo máquinas (FILHO, 2008). Para Filho (2018), sistema é um agrupamento de equipamentos necessários a realizar uma função numa instalação. Como regra, as instalações fabris são compostas de diversos sistemas tais como: sistemas de água de alimentação, sistemas de suprimentos de vapor, sistemas de tratamento de água, sistemas de suprimentos de ar comprimido, entre outros.

Por fim, Filho (2018) esclarece que fábrica, planta ou *“facility”* é um agrupamento lógico de sistemas que funcionando juntos fornecerão uma saída, como eletricidade, por exemplo; ou um produto como gasolina, alimentos, móveis, etc.; pelo processamento e manipulação de diversos materiais e matérias primas.

2.6 Classificação de equipamentos considerando critérios

De acordo com Filho (2018) há dois grandes critérios a serem considerados para a classificação dos equipamentos: as consequência da falha e a necessidade de manutenção. Considerando a consequência da falha as classes denominam suas características. Equipamentos Classe “A” são aqueles que quando há falhas elas podem oferecer risco às pessoas tanto à integridade física como mental. Classe “B” possui riscos ao meio ambiente, podendo ter degradações. Classe “C” são falhas

com riscos de parada total na produção. Classe “D” são as falhas com riscos de qualidade do produto ou que prejudicará o atendimento ao cliente. Classe “E” são falhas com riscos de reduzir a produção. Classe “F” são falhas sem riscos associados, sendo que o custo do reparo é apenas daquilo que for exigido no caso, como mão de obra e material.

A classificação considerando a necessidade de manutenção é feita segundo os critérios da manutenção tradicional com seus paradigmas, onde se leva em consideração a importância do equipamento, mas não a importância do equipamento dentro do contexto do sistema. Em equipamentos Classe “A” a manutenção preventiva deve ser cumprida, visto que a parada destes interrompe o processo produtivo, e com isto leva a perda de produção. Na Classe “B” a manutenção preventiva pode atrasar um pouco pois a parada deste equipamento não interrompe a produção. Equipamentos Classe “C” são aqueles que podem ter atividades de manutenção apenas a corretiva. São equipamentos que não participam do processo produtivo e cuja manutenção preventiva pode deixar de ser executada (FILHO, 2008).

3 METODOLOGIA DE PESQUISA

Metodologia é uma palavra derivada de método, do latim “*methodus*”, cujo significado é “caminho ou a via para a realização de algo”. Método é o processo para atingir um determinado fim ou para se chegar ao conhecimento. (DIAS, 2016). Diante disso será apresentada neste capítulo a metodologia criada para o trabalho que tem como objetivo estudar a quebra do tambor de retorno da correia.

3.1 Delineamento da Pesquisa

A pesquisa consiste em um estudo de caso, de natureza bibliográfica, documental, com fins exploratório, explicativo; e de campo, sendo este último realizado na empresa Vale S/A, situada na cidade de Ouro Preto, região do quadrilátero ferrífero de Minas Gerais. Na fase da pesquisa bibliográfica, o objetivo é coletar informações e dados, que faz com que o pesquisador aprofunde no assunto, que servirá como base para traçar um histórico sobre tema estudado de forma a enriquecer seus conhecimentos.

A pesquisa documental é baseada em relatórios de área, documentação fornecida pela empresa, enquanto a pesquisa exploratória visa abrir um leque de novas ideias e oportunidades que poderão acontecer. O estudo de caso é categorizado ainda como uma pesquisa de campo, por se fundar em uma empresa voltada para o setor de mineração, cuja amostragem refere-se a um transportador de correia, e sua análise é a quebra de um tambor de retorno da correia.

3.2 Coleta e Análise dos Dados

O objeto de pesquisa foi conduzido a partir de dados de relatórios de natureza e fins explicativo e quantitativo. No levantamento dos dados quantitativos a busca por precisão nos resultados é de suma importância para pesquisa, pois caso este não tenha confiabilidade nos diagnósticos, contradições e interpretações podem

desencadear dúvidas e negatização da pesquisa. O meio de coleta de dados foram relatórios oriundos do sistema de informatização da empresa Vale S/A através de análise de acompanhamento, por meio de monitoramento e inspeções realizadas.

A pesquisa documental visa buscar relatórios técnicos da área, para embasamento em fatos e dados no período compreendido entre os meses de janeiro de 2017 e abril de 2018. Através dos relatórios supracitados serão estudadas as incidências de quebra do tambor de retorno.

4 APRESENTAÇÃO DOS DADOS E ANÁLISE DE RESULTADOS

4.1 Conhecendo o processo

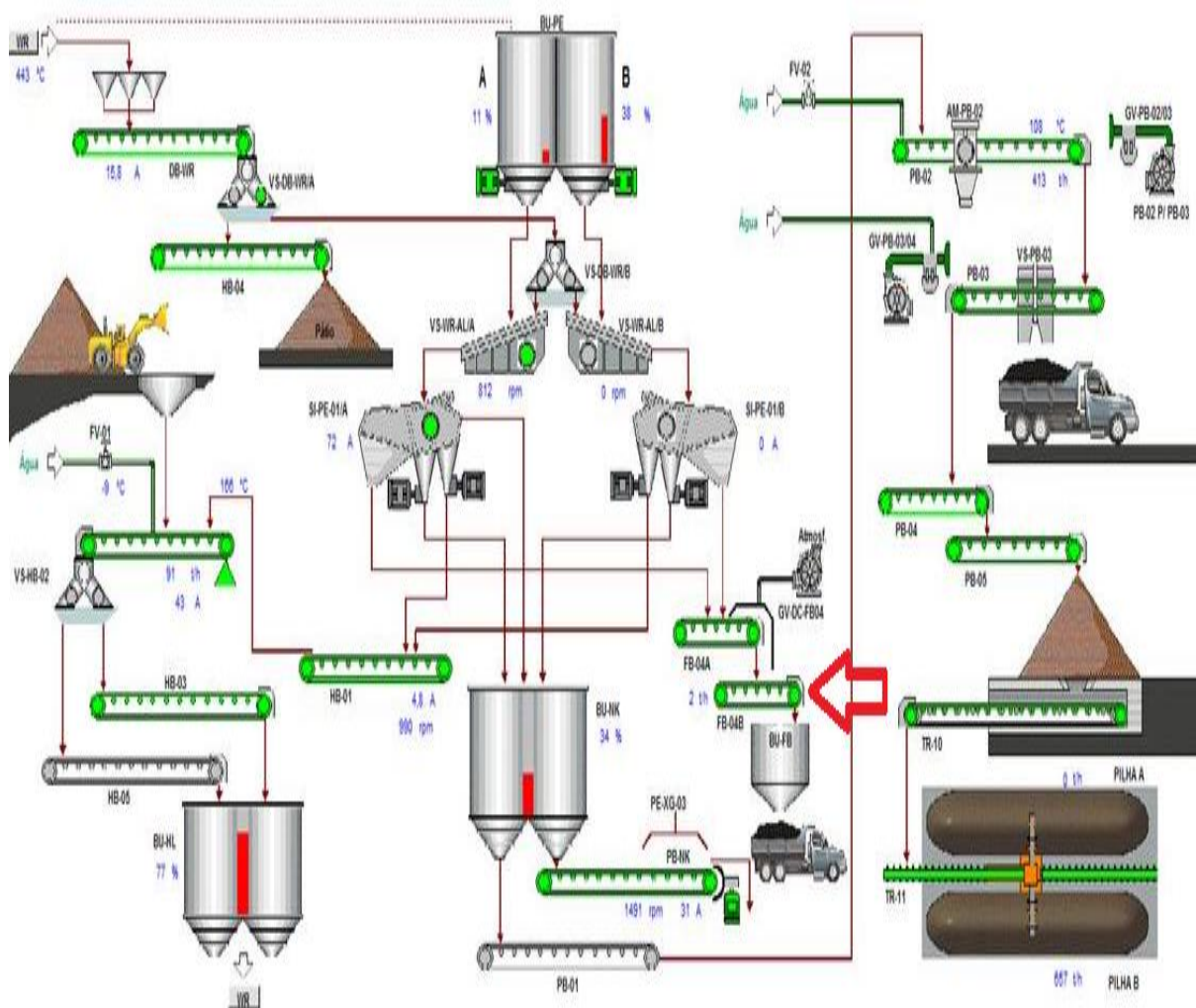
O processo tem início na moagem a úmido do minério de ferro, realizada pelos moinhos de bola que direcionam este material através de bombeamento diretamente para tanques do processo de filtragem, onde o material fica em constante homogeneização para posteriormente ser bombeado para os tanques de setores de filtros, nessa etapa o volume de água é reduzido para aproximadamente 9%, dando origem a poupa.

O material, então, é transportado através de correias para etapa de mistura, onde serão adicionados elementos aglomerantes como betonita, soda caustica calcário e coque. Após essa etapa segue para os tambores de pelotamento onde irá ganhar a forma de pelotas. Essas pelotas são enviadas para o forno nos transportadores de correia e distribuídas em carros de grelhas móvel o qual conduziram o material para queima, processo que compreende as etapas de secagem e resfriamento. A temperatura no início do forno é de 600° chegando até 1200° no decorrer do processo, sendo que no final do forno a pelota queimada é resfriada através de um ventilador que capta o ar da atmosfera e realiza a atividade de forma descendente, ou seja, de cima para baixo.

Na etapa final a pelota é direcionada para o circuito de peneiramento onde é classificada pelas malhas das peneiras vibratórias. O material selecionado com granulometria correta é enviado para o pátio de estocagem para posterior embarque.

O transportador de correia FB04-B a ser analisado, está situado dentro do processo de pelotização descrito. O equipamento é responsável pela retirada de finos de pelotas da etapa acima e posterior armazenamento em silo e transporte de através de caminhões com destino final ao pátio de estocagem para venda no mercado interno como pode ser visto em destaque no fluxograma da Figura 12.

Figura 12- Fluxograma da área



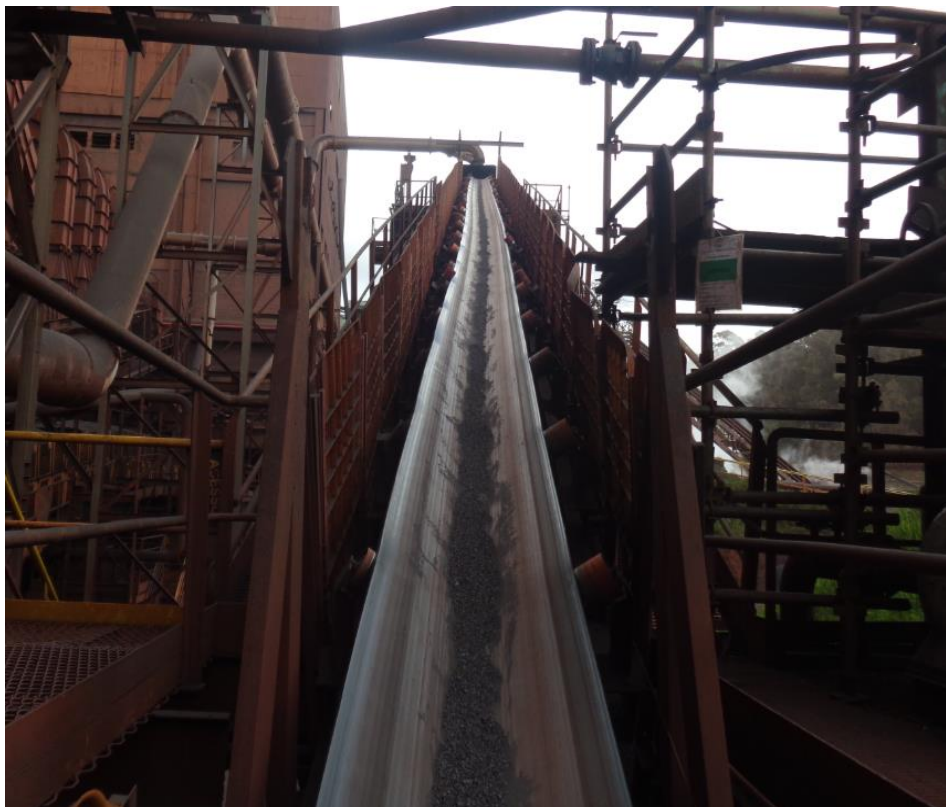
Fonte: Acervo do autor (2018)

4.1.1 Conhecendo o equipamento e suas características

O transportador tem um comprimento total de correia de 82 metros e sua largura é de 24 polegadas ou 609,6 milímetros, alterando a unidade de medida. Possui uma estrutura com inclinação de 19° e sua capacidade é 40 tonelada por hora, com velocidade requerida de 1,46 metros por segundo. É constituído por um conjunto de acionamento através de motorreductor de engrenagens cônicas, motor de 7,5 KW, tambor de acionamento de mancais de rolamento externo e retorno com mancais de

rolamento interno e fixo, além de roletes de carga retorno e desvio. A Figura 13 ilustra o TC.

Figura 13 – Transportador de correia FB04-B



Fonte: Acervo do autor (2018)

Esse transportador tem classificação dentro do processo de peneiramento de criticidade classe A, que compõe os ativos da hierarquia da planta de pelotização como ativo de linha singela do processo.

4.2 Escolha do transportador de correia

O fator predominante para escolha deste equipamento como objeto de estudo, partiu do levantamento de dados gerados pelo sistema informatizado da empresa, o qual foi constatado grande número de paradas corretivas planejadas oriundas da quebra

do tambor de retorno no período que compreende os meses de janeiro de 2017 até março de 2018 conforme identificado no quadro 01.

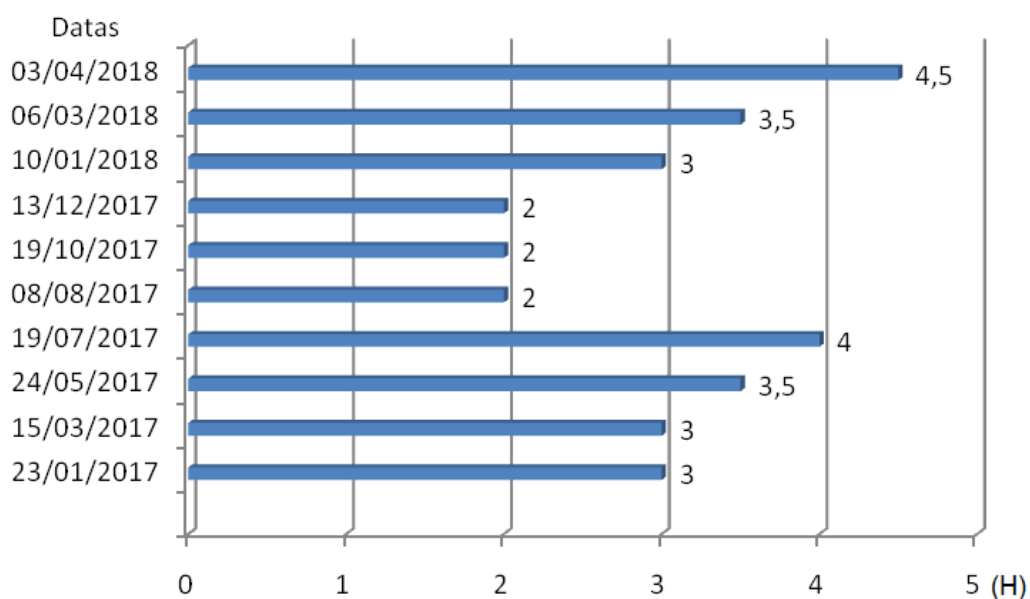
Quadro 01 – Corretivas planejadas que aconteceram no TC

Ordem	Data de entrada	Status usuário	Data-base in	Data-base fi	Texto breve	Denominação	CenTrab resp.
201700087485	09/01/2017	ENCR	20/01/2017	23/01/2017	TROCAR TAMBOR DE RETORNO DA CORREIA	P TAMBOR DE RETORNO	PARADA
201700511325	03/02/2017	ENCR	15/03/2017	15/03/2017	TROCAR TAMBOR DE RETORNO DEVIDO AVARIA	P TAMBOR DE RETORNO	PARADA
201701087666	22/03/2017	ENCR	24/05/2017	24/05/2017	TROCAR TAMBOR DE RETORNO DEVIDO AVARIA	P TAMBOR DE RETORNO	PARADA
201701985312	02/06/2017	ENCR	19/07/2017	19/07/2017	TROCAR TAMBOR DE RETORNO DEVIDO AVARIA	P TAMBOR DE RETORNO	PARADA
201702776818	03/08/2017	ENCR	07/08/2017	08/08/2017	TROCAR TAMBOR DE RETORNO DEVIDO AVARIA	P TAMBOR DE RETORNO	MPPTRA
201703455119	26/09/2017	ENCR	18/10/2017	19/10/2017	TROCAR TAMBOR DE RETORNO DEVIDO AVARIA	P TAMBOR DE RETORNO	PARADA
201704047108	13/11/2017	ENCR	13/12/2017	13/12/2017	TROCAR TAMBOR DE RETORNO DEVIDO AVARIA N	P TAMBOR DE RETORNO	PARADA
201800064625	04/01/2018	ENCR	10/01/2018	10/01/2018	TROCAR TAMBOR DE RETORNO DEVIDO AVARIA	P TAMBOR DE RETORNO	PARADA
201800751254	22/02/2018	ENCR	06/03/2018	06/03/2018	TROCAR TAMBOR DE RETORNO DEVIDO AVARIA	P TAMBOR DE RETORNO	PARADA
201801164450	26/03/2018	ENCR URGT	03/04/2018	03/04/2018	TROCAR TAMBOR DE RETORNO DEVIDO AVARIA N	P TAMBOR DE RETORNO	PARADA

Fonte: Acervo do autor (2018)

Os tempos de duração dessas manutenções são mostrados no Gráfico 01, e na Tabela 02, estes mesmos tempos são associados ao uso de mão de obra para execução da manutenção, todos os dados foram retirados do sistema informatizado.

Gráfico 01 – Tempo de corretiva planejadas no TC (dias x horas de corretivas)



Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

Tabela 02 – Tabela de tempo mão de obra

TABELA DE TEMPO X MÃO DE OBRA			
Om	Data	Tempo de execução em horas	Mão de obra
201700087485	23/01/2017	3	3
201700511325	15/03/2017	3	2
201701087666	24/05/2017	3,5	2
201701985312	19/07/2017	4	3
201702776818	08/08/2017	2	2
201703455119	19/10/2017	2	2
201704047108	13/12/2017	2	2
201800064625	10/01/2018	3	2
201800751254	06/03/2018	3,5	2
201801164450	03/04/2018	4,5	2

Fonte: Elaborado do autor (2018)

4.3 Identificação do problema: Quebra do tambor de retorno

Foi identificado, através das ordens de manutenção buscadas sistema, a incidência de ocorrência de quebra no tambor de retorno. Estas ocorrências estão associadas a avaria no rolamento do tambor, como pode ser visto no Quadro 02.

Quadro 2 – Ordens de manutenção

Ordem	YCM	201703455119	TROCAR TAMBOR DE RETORNO DEVIDO AVARIA
TROCAR TAMBOR DE RETORNO DEVIDO AVARIA 21.09.2017 16:14:53 BRAZIL ROGERIO RESENDE LOBO (01796896) TROCAR TAMBOR DE RETORNO DEVIDO AVARIA NOS ROLAMENTOS PARA EVITAR FALHA FUNCIONAL DO EQUIPAMENTO TAMBOR 441468 - 15272331. ----- FOI REALIZADO A TROCA DO TAMBOR DENTRO DA PROGRAMAÇÃO DA PARADA QUENTE.			
Stat.sist.	ENCE CONF IMPR CAPC CCOP DMNV SKKP		ENCR
Ordem	YCM	201800064625	TROCAR TAMBOR DE RETORNO DEVIDO AVARIA
TROCAR TAMBOR DE RETORNO DEVIDO AVARIA 04.01.2018 12:26:39 BRAZIL ELAINE CRISTINA REZENDE (01502317) TROCAR TAMBOR DE RETORNO DEVIDO AVARIA NOS ROLAMENTOS PARA EVITAR FALHA FUNCIONAL DO EQUIPAMENTO TAMBOR 15272331 - 441384 ----- FOI REALIZADO A TROCA DO TAMBOR DEVIDO AVARIA E APROVEITANDO PARADA DA			
Stat.sist.	ENCE CONF CAPC CCOP DMNV ERD SKKP		ENCR

Fonte: Elaborado do autor (2018)

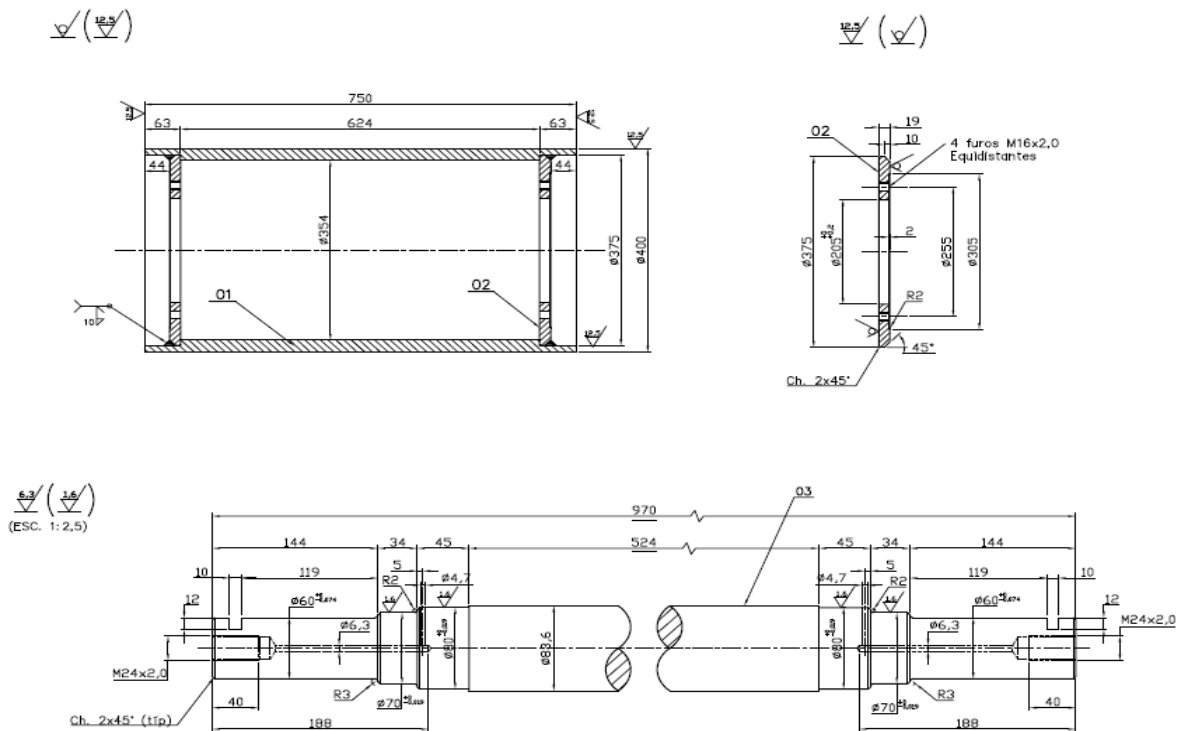
4.3.1 Conhecendo as características do tambor

O tambor de retorno é constituído por um corpo tubular de 400 milímetros de diâmetro e 750 milímetros de comprimento, revestido em borracha de 15 milímetros de espessura, tipo diamante ou cerâmica.

Uma característica peculiar deste tambor é a forma de construção e montagem do mancal de rolamento. Ele é constituído de uma caixa para montagem do rolamento, posicionada internamente nos discos laterais de chapas de 19mm e sobre o eixo previamente usinado, composto ainda de vedação interna, fixada através de parafusos e vedação externa através de tampa, feltro e labirinto.

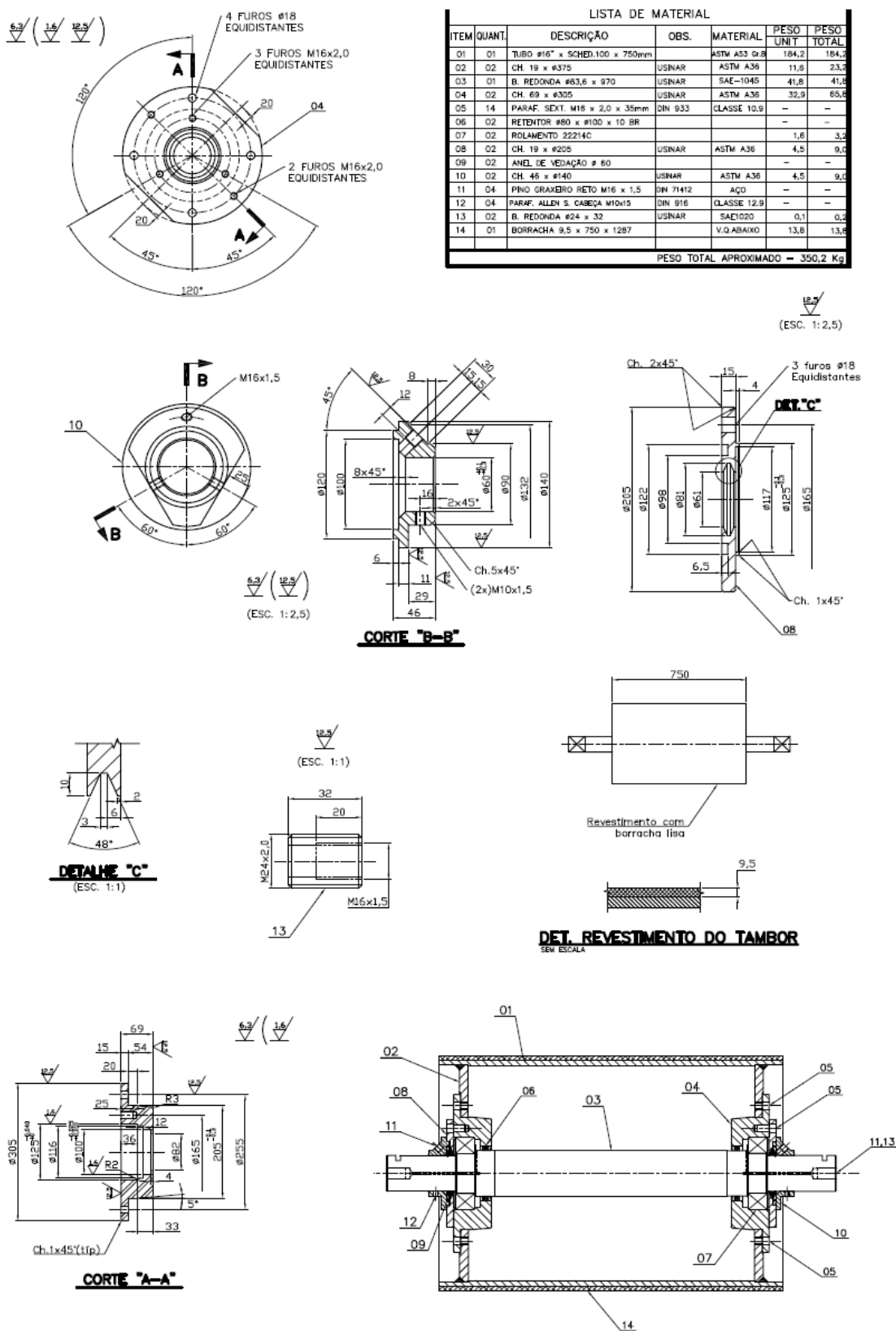
O rolamento nessa aplicação é denominado auto compensador de rolos de numeração 22214, conforme pode ser visto no projeto de fabricação das Figuras 14 e 15.

Figura 14 – Projeto de fabricação do tambor



Fonte: Acervo do autor (2018)

Figura 15 – Projeto de fabricação do tambor



Fonte: Acervo do autor (2018)

Também como peculiaridade, a montagem e fixação do tambor na estrutura do TC é montada em seu eixo um mancal denominado fixo, com chaveta conforme e ilustrado a Figura 16. Com isso eixo permanece em posição estática, o anel interno do rolamento fica em posição estacionária devido ao ajuste com folga do rolamento no eixo, e anel o externo com rotação proveniente do ajuste com interferência entre a caixa do mancal e o anel externo do rolamento.

Figura 16 – Montagem do mancal fixo com chaveta no eixo



Fonte: Acervo do autor (2018)

Já nos tambores conhecidos como de mancais de rolamento externo da Figura 17, cuja aplicação se dá no acionamento, retorno, tensionamento e dobra. A carga fica em posição contrária à do mancal fixo, pois o eixo e o anel interno encontram-se em rotação devido a montagem da bucha de fixação no eixo e ajuste desta no anel interno do rolamento. O anel externo permanece em posição estacionária.

Figura 17 – Montagem do mancal de rolamento externo



Fonte: Acervo do autor (2018)

4.3.2 Analisando a quebra do tambor

No primeiro evento, assim como as demais intervenções corretivas planejadas foram necessárias devido à quebra do rolamento do tambor. Devido ao grande número dessas corretivas envolvendo este componente, e por sua classe A, foi necessário adotar procedimentos de manutenção preditiva com menor período entre a coleta de dados nessa na rota. A preditiva possui duas rotas, sendo uma delas mais detalhada que é antes era realizado a cada três semanas, e hoje se faz com uma periodicidade de duas semanas, enquanto a outra denominada rota de sensitiva é realizada semanalmente.

Na rota sensitiva é medida a temperatura dos rolamentos e verificados a condição do revestimento, da estrutura, contaminação, impactos, ruído nos rolamentos ou qualquer avaria que a sensibilidade humana consiga identificar.

4.3.3 Conhecendo os recursos de monitoramento

O instrumento utilizado para a coleta desses dados é o Microlog CMXA 50, que pode ser visto na Figura 18. Esse analisador é uma ferramenta de análise e coleta de dados rica em recursos e fácil de operar.

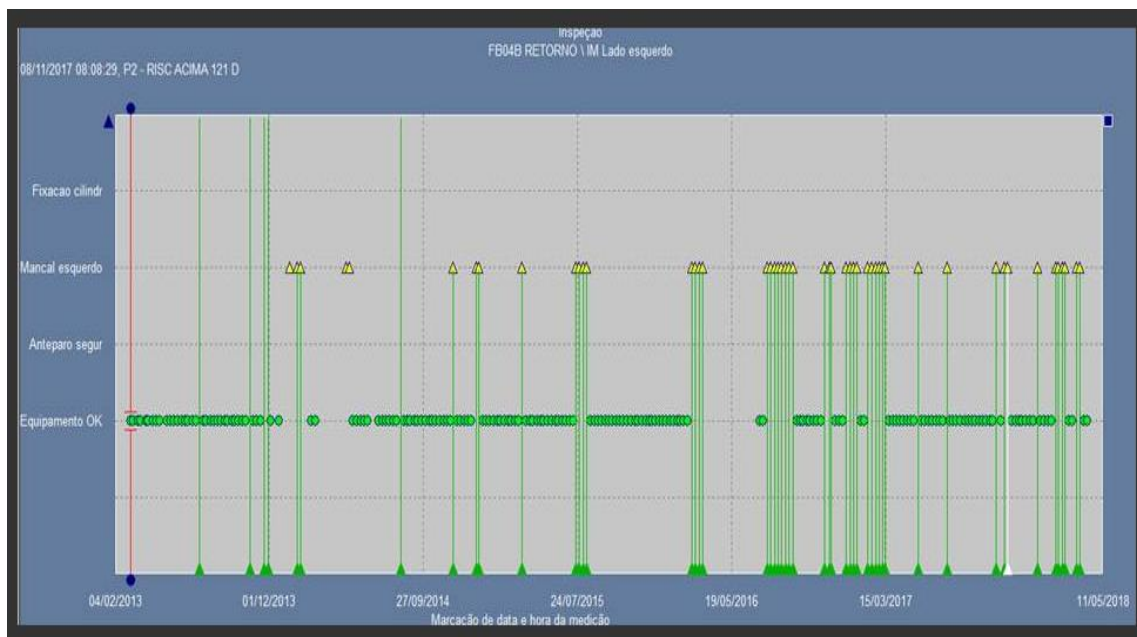
Figura 18 – Coletor de dados portátil



Fonte: SKF (2002)

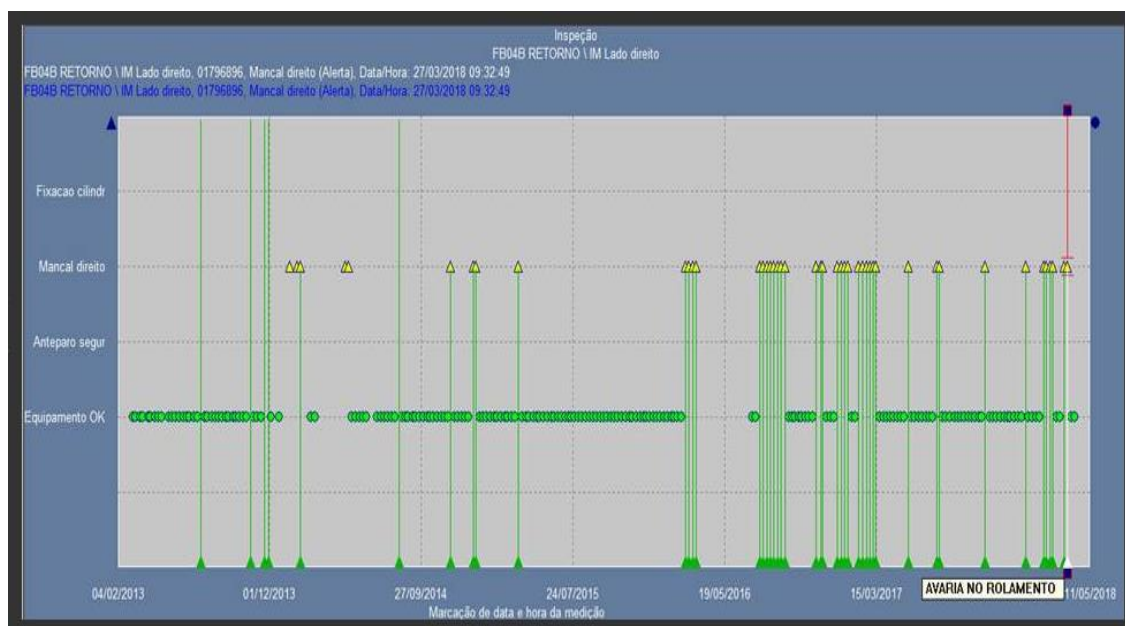
Nos Gráficos 02 e 03 são mostrados resultados realizados pela inspeção sensível. Estes gráficos relatam com pontos verdes e amarelos, em que cada ponto indica que o inspetor sensível esteve no local e fez o registro, o ponto verde significa equipamento normal e o amarelo significa que o inspetor identificou alguma anormalidade que pode comprometer o funcionamento ou integridade física da máquina. Todos esses pontos são registrados em coletores, que após término da rota é descarregado e analisado pelo nosso centro de monitoramento de ativos – CMA. Assim após essa análise toma-se a decisão de realizar ou não uma intervenção no equipamento evitando uma possível corretiva.

Gráfico 2 – Sensitiva no tambor: Lado esquerdo



Fonte: Acervo do autor (2018)

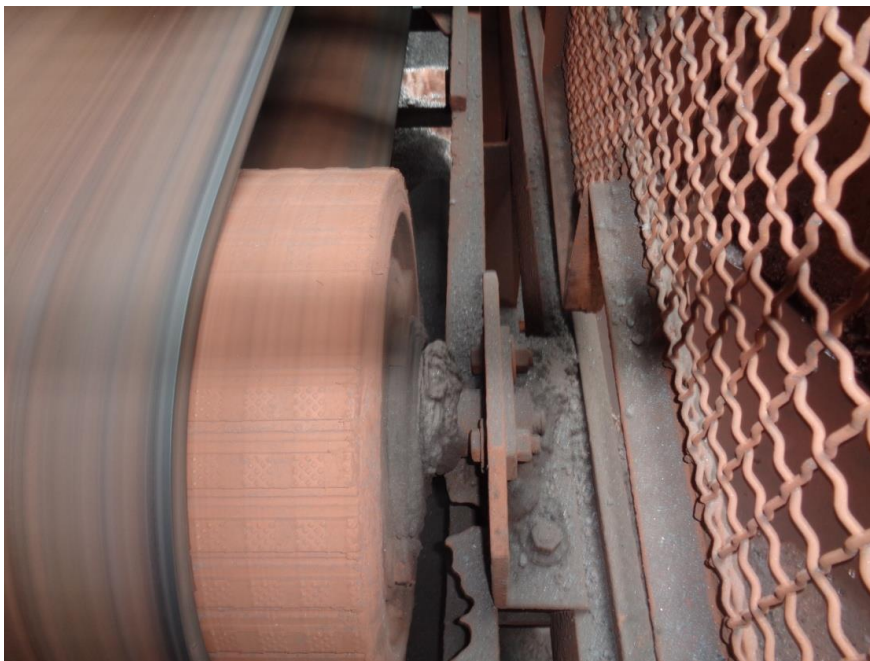
Gráfico 3 – Sensitiva no tambor: Lado direito



Fonte: Acervo do autor (2018)

Na Figura 19 é mostrada o acúmulo de material no labirinto e mancal fixo, identificado através da inspeção sensitiva.

Figura 19 – Material acumulado nos componentes do tambor



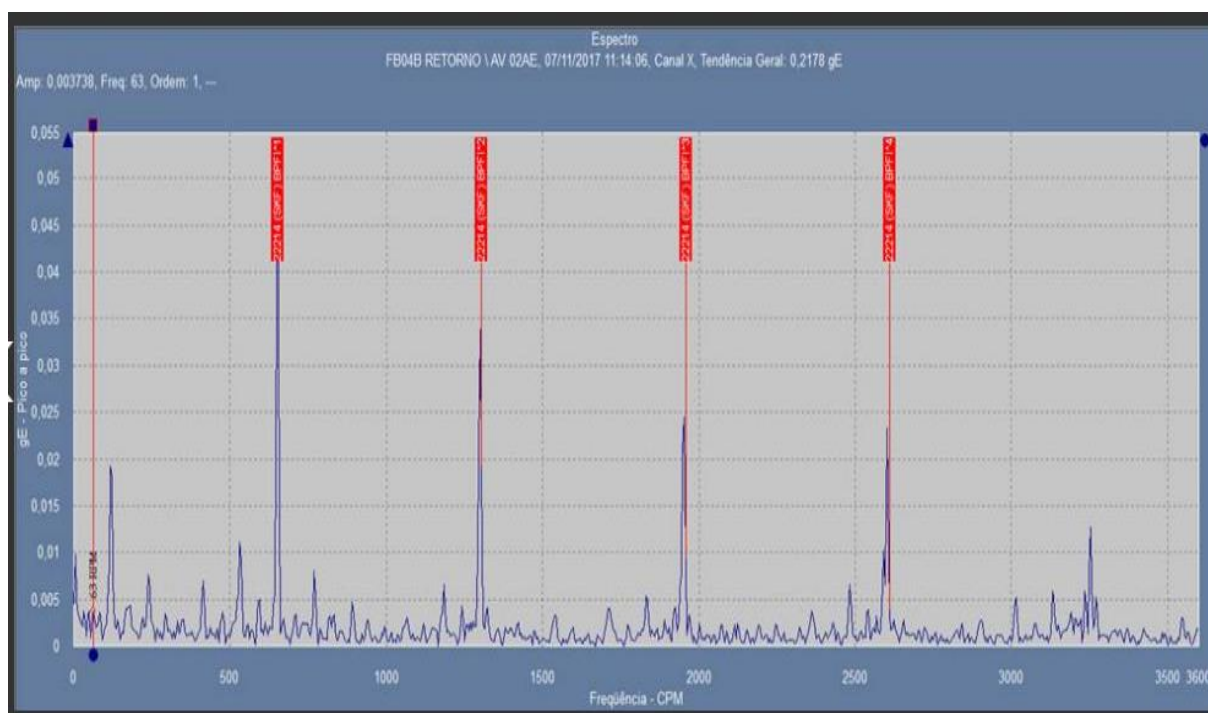
Fonte: Acervo do autor (2018)

Como mencionado anteriormente, dispõe-se da manutenção preditiva para realizar as coletas de vibrações. Hoje essa ferramenta é fundamental para esse transportador e pra todas as outras maquinas, pois consegue-se identificar com antecedência possíveis falhas que a inspeção sensitiva não detectou como frequências de avarias nos rolamentos.

Essas frequências aparecem mediante a intensidade e amplitude que a energia da falha propaga no próprio setor coletado, assim com as coletas de vibrações podemos captar essa energia mecânica e transformar a mesma em sinal eletroeletrônico, chamada de transformação de Fourier. Desse modo esses sinais são analisados em um programa específico onde consegue-se identificar as falhas como avaria na pista interna chamada de BPFi, pista externa chamada de BPFO, elementos rolantes BSF e frequências de gaiola FTF.

De acordo com o Gráfico 04, observa-se excitação de frequência de avaria da pista externa, BPFO do rolamento 22214 do tambor de retorno, caracterizado pelos harmônicos que são característicos deste tipo de falha destacados pelos cursores vermelhos.

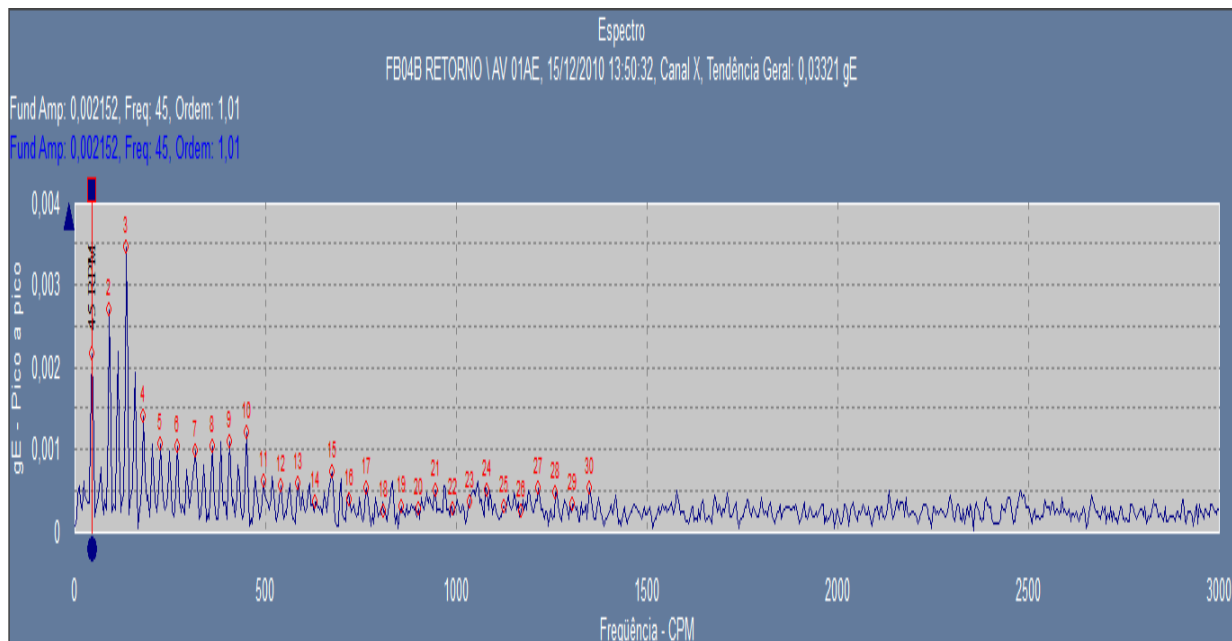
Gráfico 4 – Espectro de avaria pista externa (BPFO)



Fonte: Acervo do autor (2018)

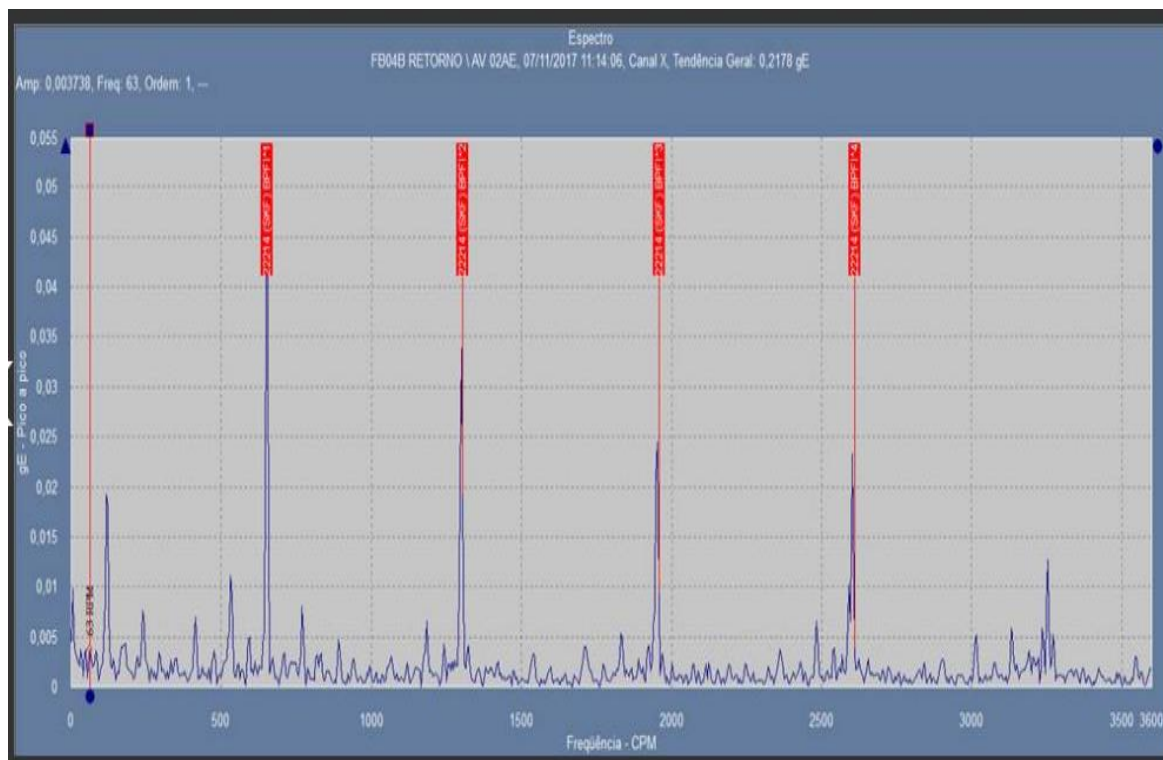
No Gráfico 05, é apresentado o espectro, sintoma de folga no rolamento do tambor. Esse sintoma é caracterizado pela família de harmônicos com elevadas amplitudes na frequência de rotação da máquina. Já o espectro de envelope evidenciando sintoma de avaria na pista interna, BPFI do rolamento 22214 do tambor de retorno, pode ser visto Gráfico 06.

Gráfico 5 – Espectro de avaria de folga no rolamento



Fonte: Acervo do autor (2018)

Gráfico 6 – Espectro de avaria pista externa (BPFI)



Fonte: Acervo do autor (2018)

4.4 Verificando as possíveis causas da avaria no rolamento

Diante da análise dos gráficos e laudos da preditiva e inspeção sensitiva, verifica-se que há incidência de avaria no rolamento do tambor. Com base nesses diagnósticos realizamos o teste de verificação do Quadro 3, onde listamos as possíveis causas de avaria de rolamentos, executado uma avaliação apoiada em fatos e dados, sendo classificadas como provável e improvável.

Quadro 3 – Teste de verificação das causas

TESTE DE VERIFICAÇÃO DAS CAUSAS POTENCIAIS			
Causas Potenciais		Avaliação	Justificativa
1	Falha no projeto do tambor	Improvável	Não há ocorrências sucessivas de quebra antes do período analisado
2	Falha na reforma do tambor na oficina	Improvável	Porque o tambor é reformado conforme procedimento, checado, tolerâncias e folgas dos componentes antes da montagem
3	Falha de frequência de lubrificação	Improvável	Porque e realizado conforme frequência estabelecida pelo sistema informatizado
4	Contaminação do rolamento por material externo	Provável	Porque existe acúmulo de material nos componentes do tambor e sua estrutura
5	Falta de inspeção	Improvável	As rotas são geradas através do sistema informatizado e são cumpridas conforme a frequência estabelecida
6	Falha na limpeza do transportador	Provável	Porque a equipe da operação utiliza água com alta pressão para limpeza do retorno da correia
7	Falha na montagem do tambor na usina	Improvável	Porque os funcionários são treinados e capacitados para execução do serviço

Fonte: Acervo do autor (2018)

Com base no teste de verificação, identificamos que a causa provável que leva a avaria no rolamento é contaminação deste por material externo.

4.5 Apurando as causas potenciais

Aprofundando nas causas, identificamos na Figura 20, o acúmulo de material no retorno da correia, que também é mostrado anteriormente na Figura 19.

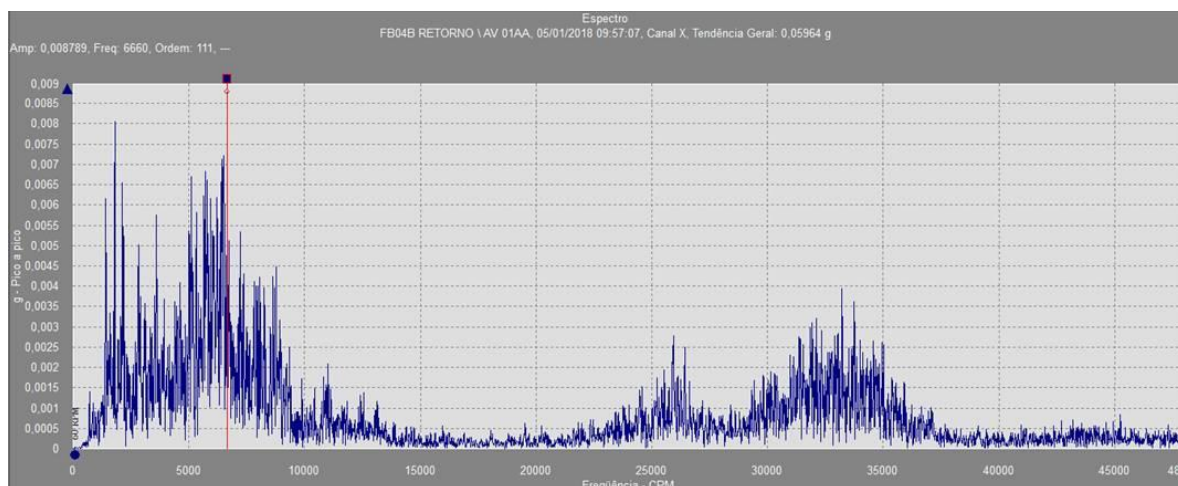
Figura 20 – Acúmulo de material no retorno da correia



Fonte: Acervo do autor (2018)

No Gráfico 07, é identificado através da análise de vibração, utilizando a técnica de aceleração, a elevação do carpete que se caracteriza por deficiência de lubrificação.

Gráfico 7 – Espectro de deficiência de lubrificação



Fonte: Acervo do autor (2018)

Na Figura 21 e 22 são mostrados a contaminação do rolamento marcas nos elementos rolantes e pista do anel externo.

Figura 21 – Contaminação do rolamento



Fonte: Acervo do autor (2018)

Figura 22 – Marcas nos elementos e pista externa



Fonte: Acervo do autor (2018)

4.6 Analisando os resultados

Com base no contexto apresentado, identificamos avarias no rolamento do tambor através das técnicas de preditiva e sensível aplicadas com diagnósticos técnicos e precisos desta área.

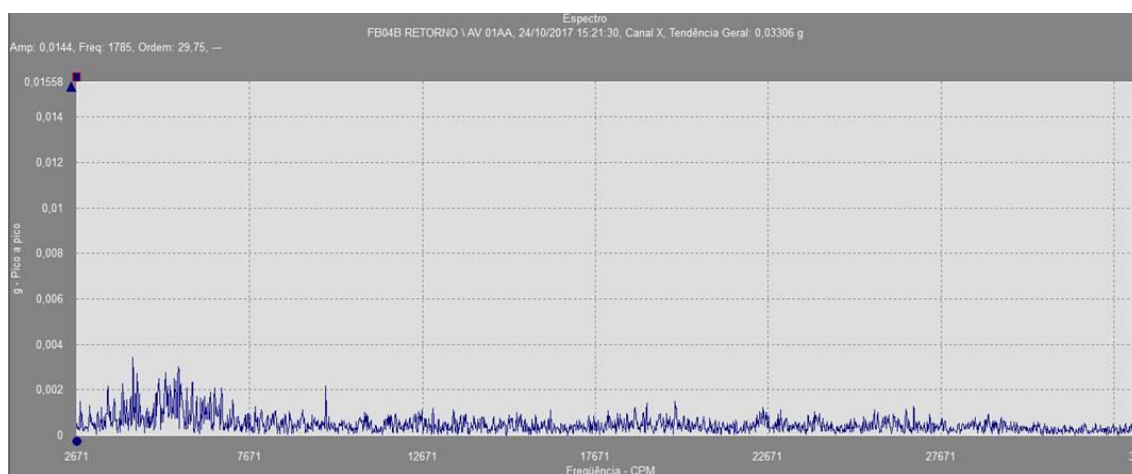
O teste de verificação nos mostra um leque de possíveis falhas no processo desde a concepção do projeto do tambor, passando pela sua reforma, montagem na usina e no contexto de manutenção a inspeção e lubrificação, até a etapa final que compreende a conservação do equipamento, o que nos possibilitou diagnosticar provável fonte de avaria.

Aprofundando nas causas, comprovamos através das Figuras 19 e 20 que o acúmulo de material nas partes do tambor e transportador, leva a contaminação deste, que tem como potencial agravante a limpeza do equipamento através do uso de água de alta pressão, que é direcionada para as partes do tambor.

Em continuidade dessa análise, no Gráfico 7 nos permitiu visualizar a deficiência de lubrificação que está atrelada a contaminação do rolamento citado anteriormente, e apontado nas Figuras 21 e 22, no qual visualizamos desgaste dos elementos rolantes e pista externa, proveniente do arrasto do contaminante durante operação.

Por fim comparando o Gráfico 7 anterior com o Gráfico 8 abaixo, em relação ao Quadro 1, verificamos que o primeiro gráfico está datado dentro do período que antecede a troca do tambor realizada no dia 10/01/2018, ou seja constatação de avaria no rolamento por deficiência de lubrificação, e o segundo corresponde ao período posterior a manutenção do dia 19/10/2017, analisado dentro do mesmo parâmetro, coletado com a técnica de aceleração, aparece sem frequências que pode caracterizar deficiência de lubrificação.

Gráfico 8 – Espectro sem Deficiência de lubrificação



Fonte: Acervo do autor (2018)

Concluimos que a deficiência de lubrificação está associada a contaminação do rolamento por partículas externa, pois essas partículas por se tratar de material solido quando adentram no rolamento, contamina o lubrificante expulsando-o para fora do rolamento ocasionando a avaria no rolamento.

5 CONCLUSÕES

Ao termino deste trabalho concluímos que os transportadores de correia são de suma importância para o processo mineralógico, e que cada componente desta estrutura desempenha um papel importante para seu funcionamento e objetivo. Ao analisarmos seus componentes, nos deparamos ao mesmo tempo com os adjetivos de robustez e fragilidades, o que nos permitiu através deste último tomarmos como rédeas para estudo apresentado.

Diante desta circunstância, abraçamos como nossa causa a quebra do tambor de retorno que como vimos trata-se de uma particularidade da empresa o uso de tambores de mancais fixo, pouco visto e usados os setores em que se faz uso de transportadores de correias o que contribuiu para abertura de um leque de desafio, oportunidades de exploração e interação entre as áreas da empresa.

Pelo exposto, vimos que a manutenção em si, desempenha papel importante para uma consistente fluidez dos resultados de uma empresa, ela pode indicar o perfil de competitividade da empresa no mercado, se comparado com seus concorrentes. Tendo como seu principal valor o fator humano, o qual sendo treinado e capacitado e de posse de ferramentas, maquinas e equipamentos de qualidade e confiabilidade trará resultados mensuráveis para o processo.

Por fim, com embasamento no estudo de caso é sugerido como alternativa imediata, analisar a origem do material acumulado, tomar medidas de neutralização deste no transportador, que conseqüentemente levará a não utilização dos meios usados para limpeza.

6. SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS

Como sugestão para este transportador, está a modificação do tambor de retorno de mancais fixos hoje aplicado, para a instalação de tambor com mancais de rolamento externo, conforme pode ser visto na Figura 23.

Figura 23 – Tambor com mancais de rolamento externo



Fonte: Acervo do autor (2018)

Esta modificação contribuirá com ganhos tangíveis como:

- Redução de paradas corretivas planejadas ocorridas no transportador de correia, visto que o tempo para troca apenas do rolamento em mancais externo é menor do que a troca completa do tambor;
- Eliminação do uso de caminhão munck, para transporte do tambor reformado até o transportador de correia com a finalidade de troca e retorno deste componente avariado para oficina cujo destino final é sua recuperação;
- Redução da mão de obra para realização da tarefa e consequente redução do custo de manutenção;

- Redução do custo de reforma do tambor na oficina, visto que não será necessário trocar os rolamentos, e recuperar os componentes avariados.

E também ganhos intangíveis como:

- Ganhos em saúde com a redução do stress, cansaço e insatisfação dos colaboradores diante da dificuldade e repetição do serviço, além de se tratar de local agressivo;
- Eliminação da exposição do mantenedor a carga suspensa, oriunda da atividade de troca do tambor através do uso de caminhão munck.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLIS, M. S. **Manual de transportadores de correia**. 2014. Disponível em: <<https://docslide.com.br/documents/manual-de-transportadores-de-correia-facopdf.html>>. Acesso feito em 05 de nov. de 2017.

CARRETEIRO, R. P.; BELMIRO, P. N. **Lubrificantes & lubrificação industrial**. Rio de Janeiro: Interciência Ltda, 2006.

COMPONENTES, T. **O que são esteiras transportadoras**. 2017. Disponível em: <www.topcomponentes.com.br>. Acesso feito em 23 de nov. de 2017.

CUNHA, P. M. R. **Previsão de falha de rolamentos por análise espectral e de envelope**. 2018. Disponível em: <http://www.aditeq.com.br/download/Previsao_de_Falha_de_Rolamentos.pdf>. Acesso feito em 10 de mai. de 2018.

ELMEC. **Chave detectora de desalinhamento com haste flexível**. 2018. Disponível em: <<http://elmec.com.br/>>. Acesso feito em 11 de nov. de 2017.

FILHO, G. B. **A organização, o planejamento e o controle da manutenção**. Rio de Janeiro: Ciência moderna limitada, 2008.

UFBA. **Transporte de graneis**. 2012. Disponível em: <<http://www.transportedegraneis.ufba.br/>>. Acesso feito em 12 de nov. de 2017.

_____. **Transportadores contínuos para graneis sólidos**. 2018. Disponível em: <http://www.transportedegraneis.ufba.br/apostila/cap5_tc.pdf>. Acesso feito em 30 de mai. de 2018.

STEELROOL, M. **Tambor com revestimento de pastilhas de cerâmica**. 2018. Disponível em: <<http://www.steelrool.com.br>>. Acesso feito em 12 de nov. de 2017.

DIAS, M. **Como elaborar um projeto de pesquisa para TCC**. 2016. Disponível em: <https://tic-pesquisa.weebly.com/uploads/1/8/2/2/18222411/urca_projeto_tcc.pdf>. Acesso feito em 09 de dez. de 2017.

BRASIL. NBR 6177: **Transportadores contínuos – Transportadores de correia – Terminologia**. 1998. Disponível em:

<<http://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=352906>>. Acesso feito em 23 de mar. de 2018.

BRASIL. **NBR 6172: Transportadores contínuos – Transportadores de correia – Tambores - Dimensões.** 1993. Disponível em: <<https://www.target.com.br/produtos/normas-tecnicas/30760/nbr6172-transportadores-contínuos-transportadores-de-correias-tambores-dimensoes>>. Acesso feito em 29 de mar. de 2018.

NIEMANN, G. **Elementos de Máquinas.** São Paulo: Egard Blucher Ltda, 1971.

PATARELO, D. **Uma breve história sobre as correias transportadoras.** 2015. Disponível em: <<http://engenharia24h.blogspot.com.br/2015/07/correia-transportadora-historia.html>>. Acesso feito em 12 de nov. de 2017.

SKF. **Microlog CMXA 50.** 2002. Disponível em: <<http://www.skf.com/br/products/product-tables/index.html>>. Acesso em: 05 Maio de 2018.

____. **Catálogo 4000 PB.** Itália: Stamperia Aristica Nazionale, 1990.

SSRUBBER, C. T. **Revestimento tambores de diamante.** 2003. Disponível em: <www.ssrubber.com.br>. Acesso feito em 09 de nov. de 2017.