

6

Pontes Rolantes e Componentes Críticos

Este capítulo é direcionado às pontes rolantes e componentes críticos, bem como suas características e tipos de falhas registradas durante o período de análise do banco de dados de manutenção e inspeção. Algumas falhas dos componentes críticos foram registradas através de fotos e encontram-se no Anexo D .

6.1

Pontes Rolantes Críticas

Foram consideradas como pontes rolantes críticas aquelas que representam um risco **alto** e **muito alto**, sendo que estas pontes (6, 7, 13, 22, 24 e 33) foram determinadas no § 5 pela matriz de risco qualitativa (Figura 5.1). A metodologia qualitativa foi adotada segundo o critério da RBI-581 (Risk Based Inspection) [3] de análise qualitativa. Para estes equipamentos será criado um programa de inspeção com o objetivo de reduzir o risco dos mesmos com relação à interrupção dos negócios da empresa.

A Tabela 6.1 relaciona as pontes rolantes críticas e suas principais características, sendo que o restante dos dados encontram-se nas fichas de dados técnicos do Anexo C.

<i>Ponte Rolante</i>	<i>Localização</i>	<i>Fabricante</i>	<i>Cap. (t)</i>	<i>Grupo Mec. [8]</i>	<i>Estado Conserv.</i>	<i>Vão (m)</i>	<i>Horas Paradas</i>	<i>%¹⁾ Horas Paradas</i>	<i>Risco</i>
06	Fusão II	Demag	5,5	5m	5	17,5	2.137	20 %	Alto
07	Fusão II	Demag	5,5	5m	5	17,5	1.293	12 %	Alto
13	Fusão I	Movicarga	7,5	5m	4	19,1	1.168	11 %	Muito Alto
22	Moldação Autom. Gr. 76	Movicarga	5	5m	4	7,0	111	1 %	Alto
24	Moldação Autom. Gr. 76	Movicarga	8	5m	2	19,0	609	6 %	Muito Alto
33	Fundição - Casca Shell	Movicarga	5	5m	5	1,4	752	7 %	Muito Alto

Tabela 6.1 – Pontes Rolantes Críticas

1) Percentual em relação ao total de horas em que os 20 equipamentos permaneceram parados no período.

6.2

Componentes Críticos

Além das pontes rolantes críticas, foram determinados também os cinco componentes críticos, com base na família de pontes rolantes composta por 20 equipamentos dos diversos setores da empresa, componentes estes que serão priorizados também pelo programa de inspeção. Os cinco componentes críticos foram determinados para a família de pontes rolantes e pontes rolantes críticas, conforme o § 5.

A Figura 6.1 apresenta uma árvore de falhas geral para a família de pontes rolantes objeto do estudo e mostra os dois principais sistemas responsáveis por 64,33% das paradas de manutenção. A seguir na Figura 6.2, mostra uma expansão da árvore de falhas geral na qual o sistema de translação da ponte rolante responsável por 42,23% das paradas de manutenção foi dividido em 3 componentes críticos, sendo a roda motriz responsável por 24,09% dos 42,23% das horas paradas. A figura 6.3 apresenta outra expansão da árvore de falhas geral, mostrando o sistema de elevação de carga dividido em dois componentes críticos e finalizando as figuras 6.4 a 6.8 apresentam as árvores de falhas dos componentes críticos dos sistemas mostrados nas figuras 6.2 e 6.3.

As árvores de falhas são formadas por eventos indesejáveis gerais ou eventos de topo, representados pelos retângulos e por falhas básicas ou primárias, representadas pelas elipses. Algumas falhas não ilustradas neste capítulo e outras registradas durante o estudo, são mostradas em fotos no Anexo D.

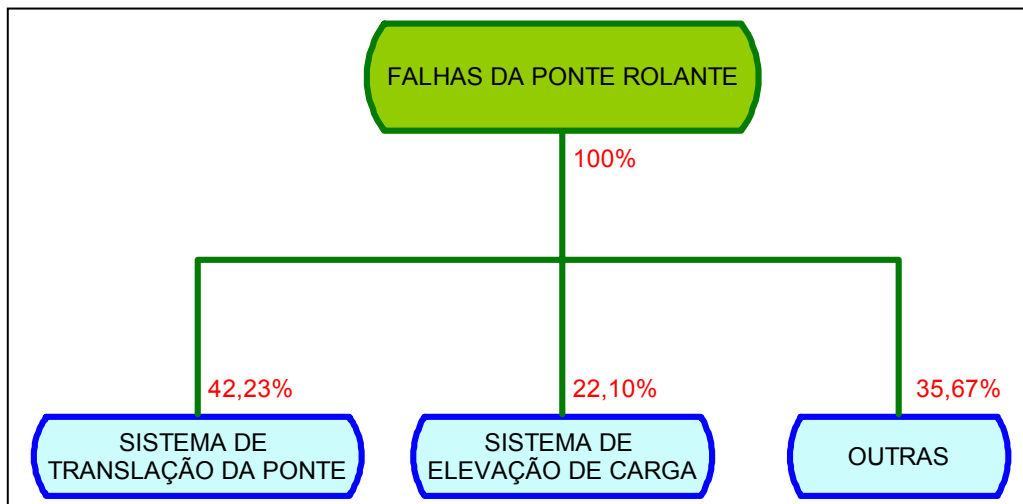


Figura 6.1 – Árvore de Falhas Geral

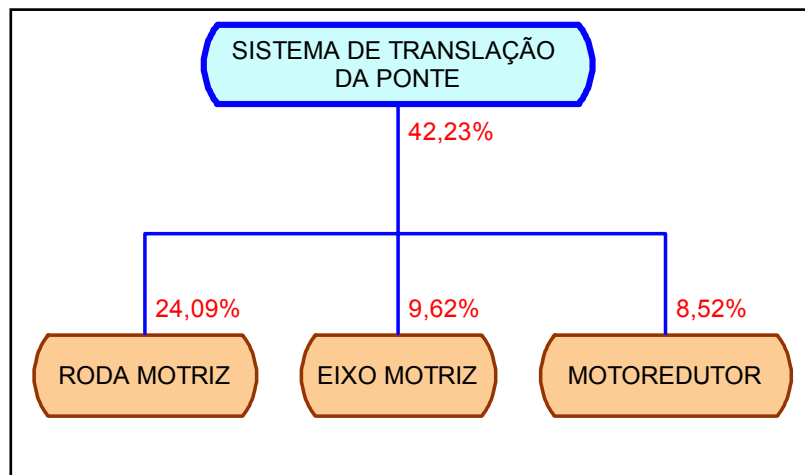


Figura 6.2 – Árvore de Falhas do Sistema de Translação da Ponte Rolante

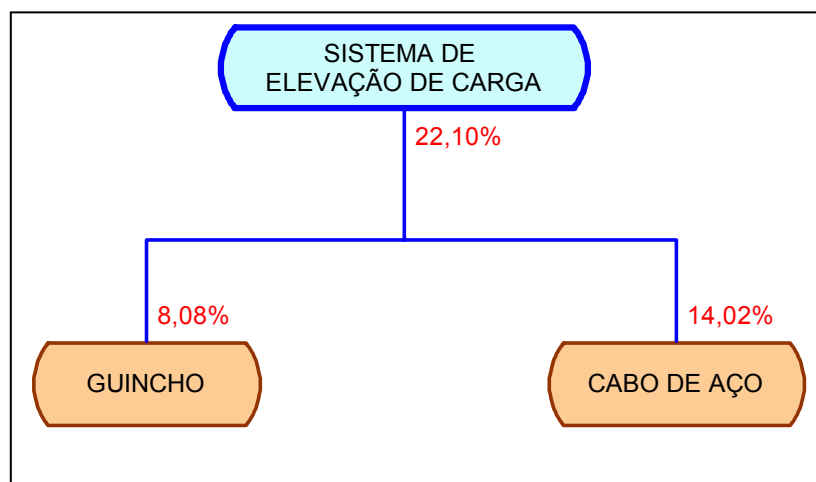


Figura 6.3 – Árvore de Falhas do Sistema de Elevação de Carga

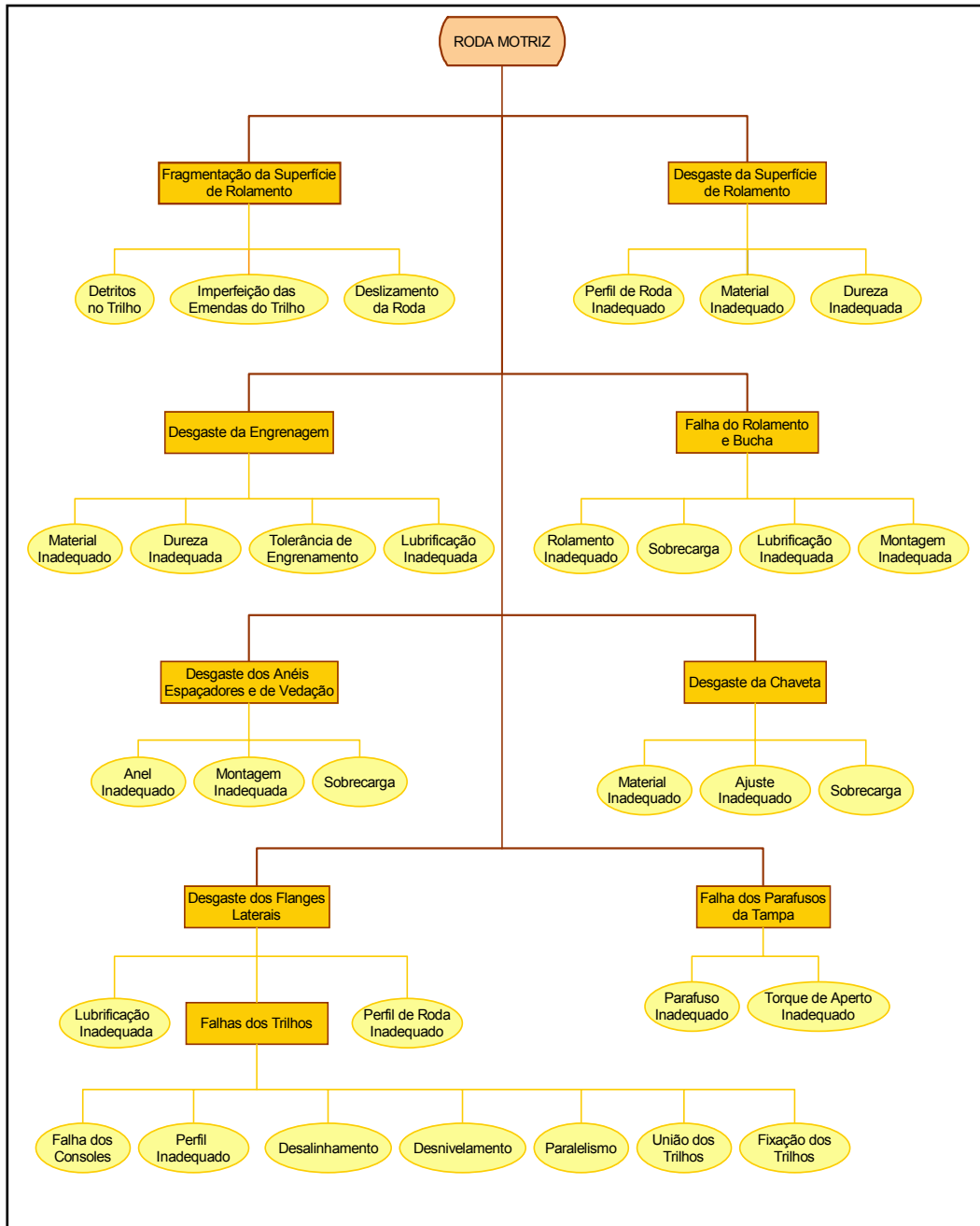


Figura 6.4 – Árvore de Falhas da Roda Motriz do Sistema de Translação da Ponte Rolante

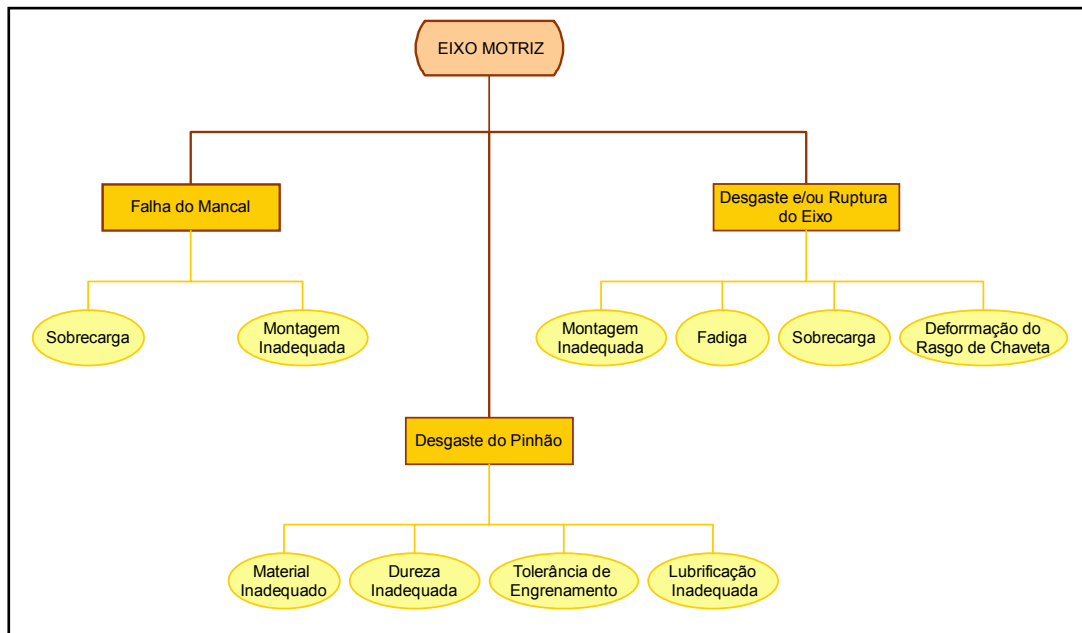


Figura 6.5 – Árvore de Falhas do Eixo Motriz do Sistema de Translação da Ponte Rolante

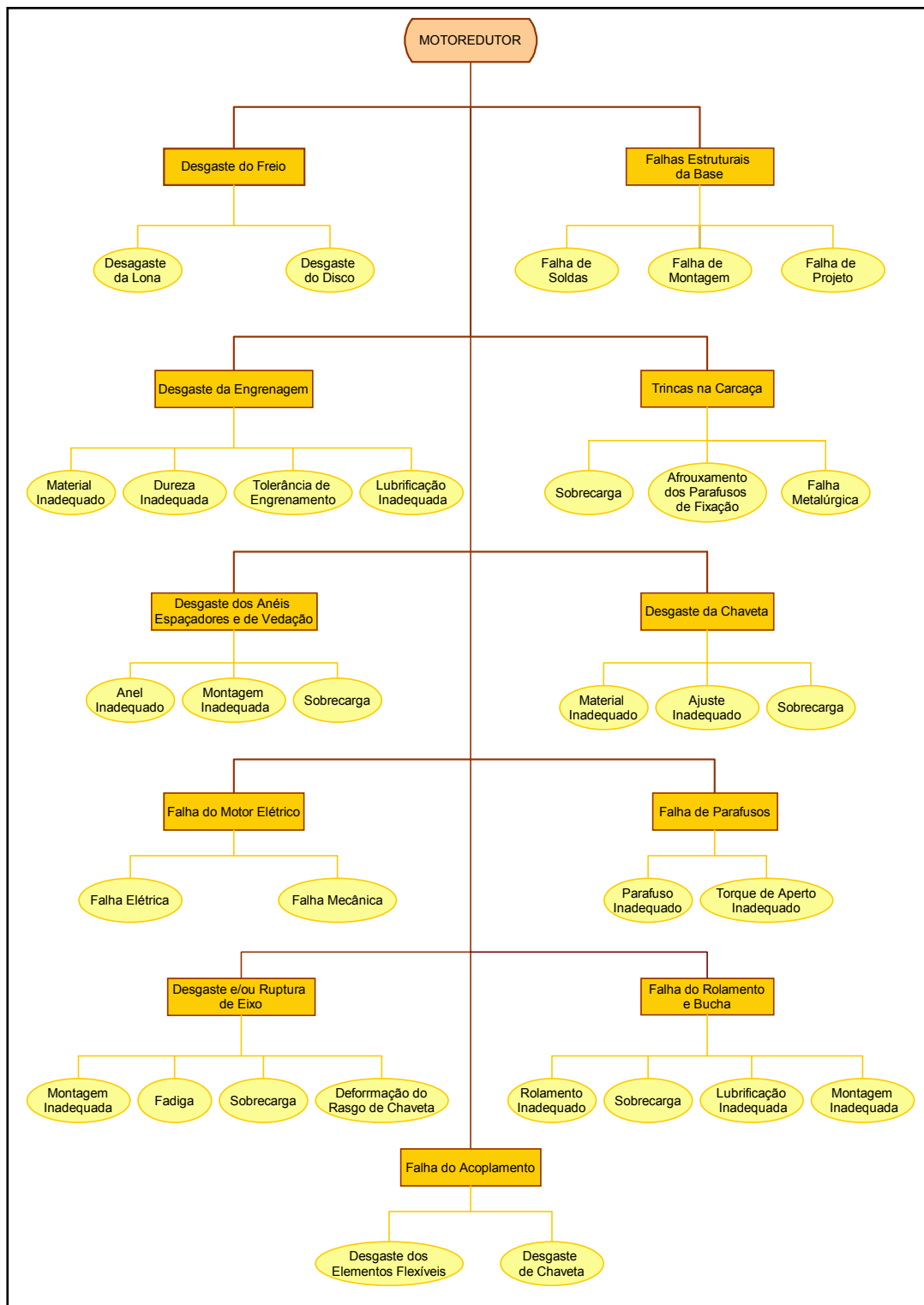


Figura 6.6 – Árvore de Falhas do Motoredutor do Sistema de Translação da Ponte Rolante

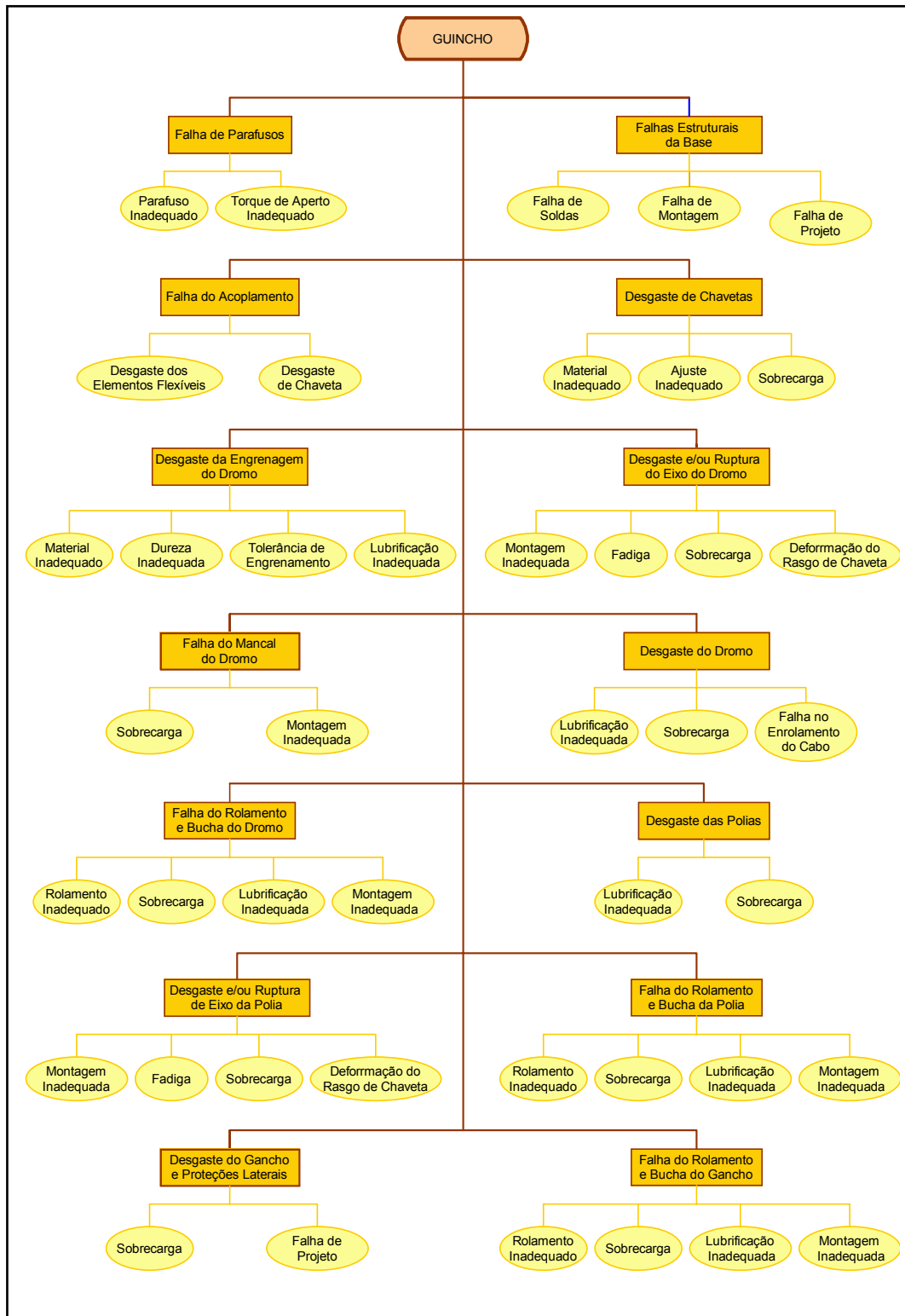


Figura 6.7 – Árvore de Falhas do Guincho da Ponte Rolante

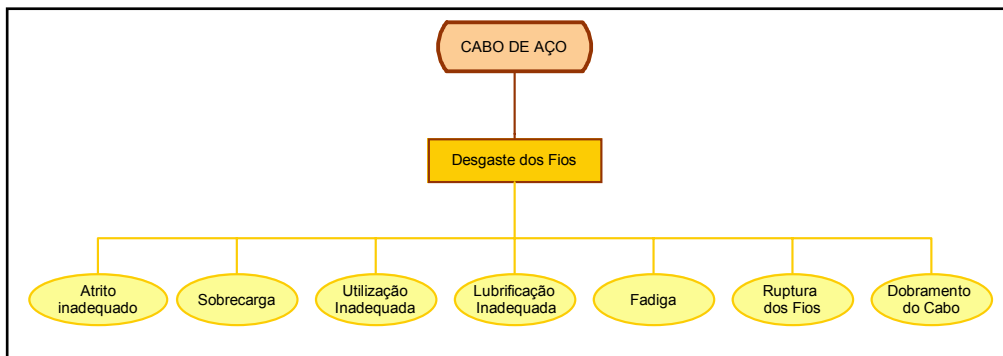


Figura 6.8 – Árvore de Falhas do Cabo de Aço da Ponte Rolante

6.2.1

Componente Crítico 1 - Roda Motriz do Sistema de Translação da Ponte Rolante.

As rodas motrizes dos sistemas de translação das pontes rolantes foram responsáveis por um total de 2566,01 horas em que os equipamentos permaneceram parados para correção de falhas, sendo que estas horas representam 24,09% do total de horas para correção de falhas da família de equipamentos. Para este componente crítico podem-se identificar as principais falhas responsáveis pelas horas paradas para correção que encontram-se no Anexo D. A Figura 6.9 ilustra uma roda motriz do sistema de translação da ponte rolante 22.

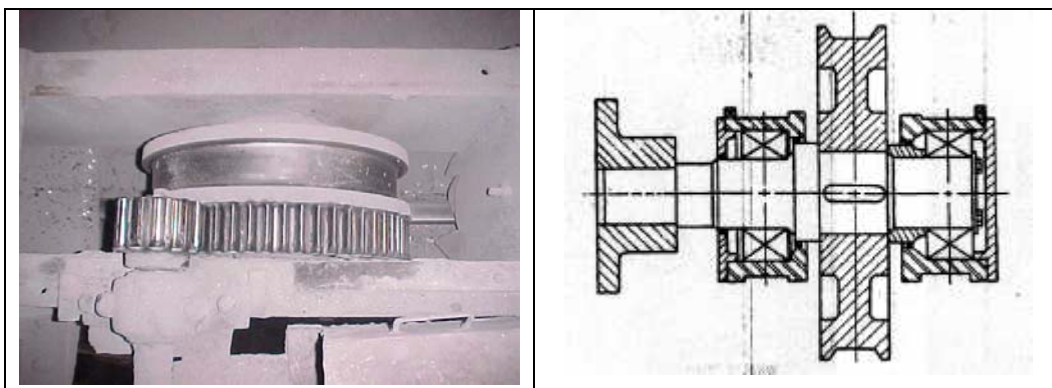


Figura 6.9 – Roda Motriz do Sistema de Translação

6.2.2

Componente Crítico 2 - Cabo de Aço.

Os cabos de aço das pontes rolantes foram responsáveis por um total de 1493,83 horas em que os equipamentos permaneceram parados para correção de falhas, sendo que estas horas representam 14,02% do total de horas para correção de falhas da família de equipamentos. Este componente é crucial do ponto de vista da segurança dos funcionários, pois o seu rompimento pode ocasionar acidentes fatais. As falhas ao qual o componente crítico cabo de aço está vulnerável encontram-se no Anexo D. A Figura 6.10 ilustra o cabo e aço da ponte rolante 22.

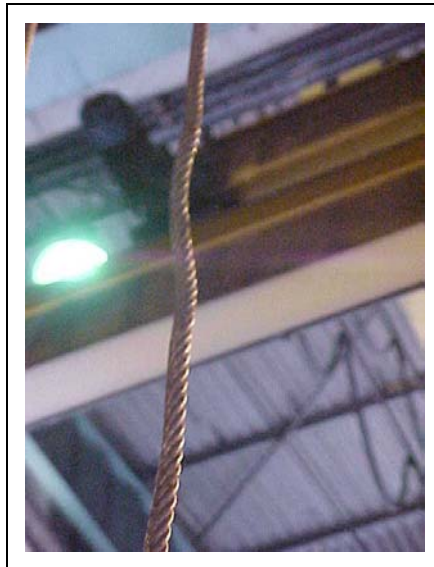


Figura 6.10 – Cabo de aço

6.2.3

Componente Crítico 3 - Eixo Motriz do Sistema de Translação da Ponte.

Os eixos motrizes dos sistemas de translação das pontes rolantes foram responsáveis por um total de 1025,27 horas em que os equipamentos permaneceram parados para correção de falhas, sendo que estas horas representam 9,62% do total de horas para correção de falhas da família de equipamentos. Para este componente crítico podem-se identificar as principais falhas responsáveis pelas horas paradas para correção que encontram-se no Anexo D. A Figura 6.11 ilustra um eixo motriz do sistema de translação da ponte rolante 6.

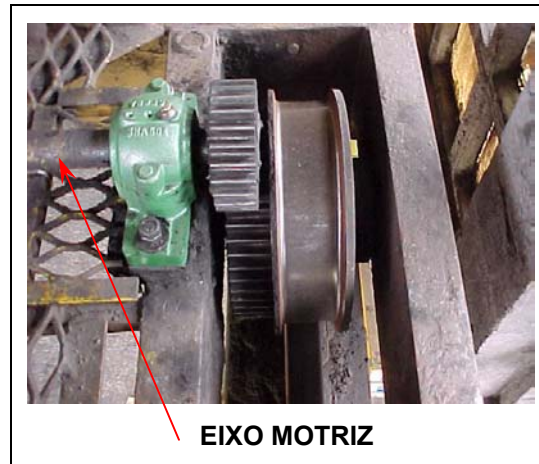


Figura 6.11 – Eixo Motriz do Sistema de Translação

6.2.4

Componente Crítico 4 - Motoredutor do Sistema de Translação da Ponte.

O motoredutores dos sistemas de translação da pontes rolantes foram responsáveis por um total de 907,68 horas em que os equipamentos permaneceram parados para correção de falhas, sendo que estas horas representam 8,52% do total de horas para correção de falhas da família de equipamentos. Para este componente crítico podem-se identificar as principais falhas responsáveis pelas horas paradas para correção que encontram-se no Anexo D. A Figura 6.12 ilustra um motoredutor do sistema de translação da ponte rolante 22.

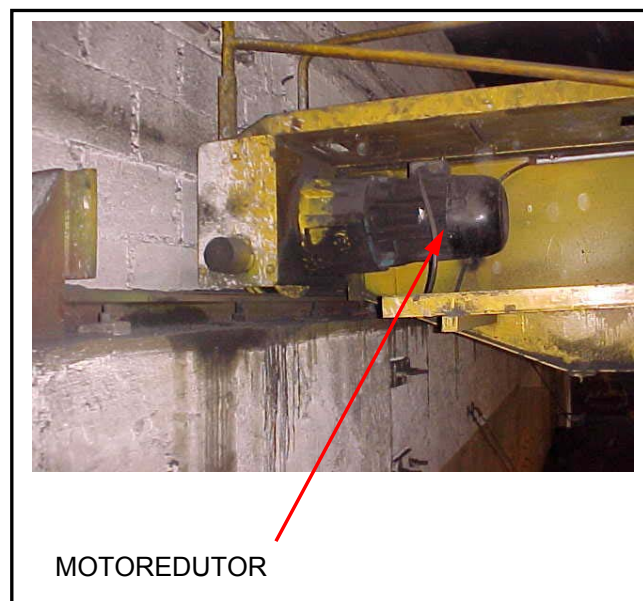


Figura 6.12 – Motoredutor do Sistema de Translação

6.2.5

Componente Crítico 5 - Guincho.

Os guinchos das pontes rolantes foram responsáveis por um total de 860,74 horas em que os equipamentos permaneceram parados para correção de falhas, sendo que estas horas representam 8,08% do total de horas para correção de falhas da família de equipamentos. Para este componente crítico podem-se identificar as principais falhas responsáveis pelas horas paradas para correção que encontram-se no Anexo D. A Figura 6.13 ilustra o guincho da ponte rolante 12.

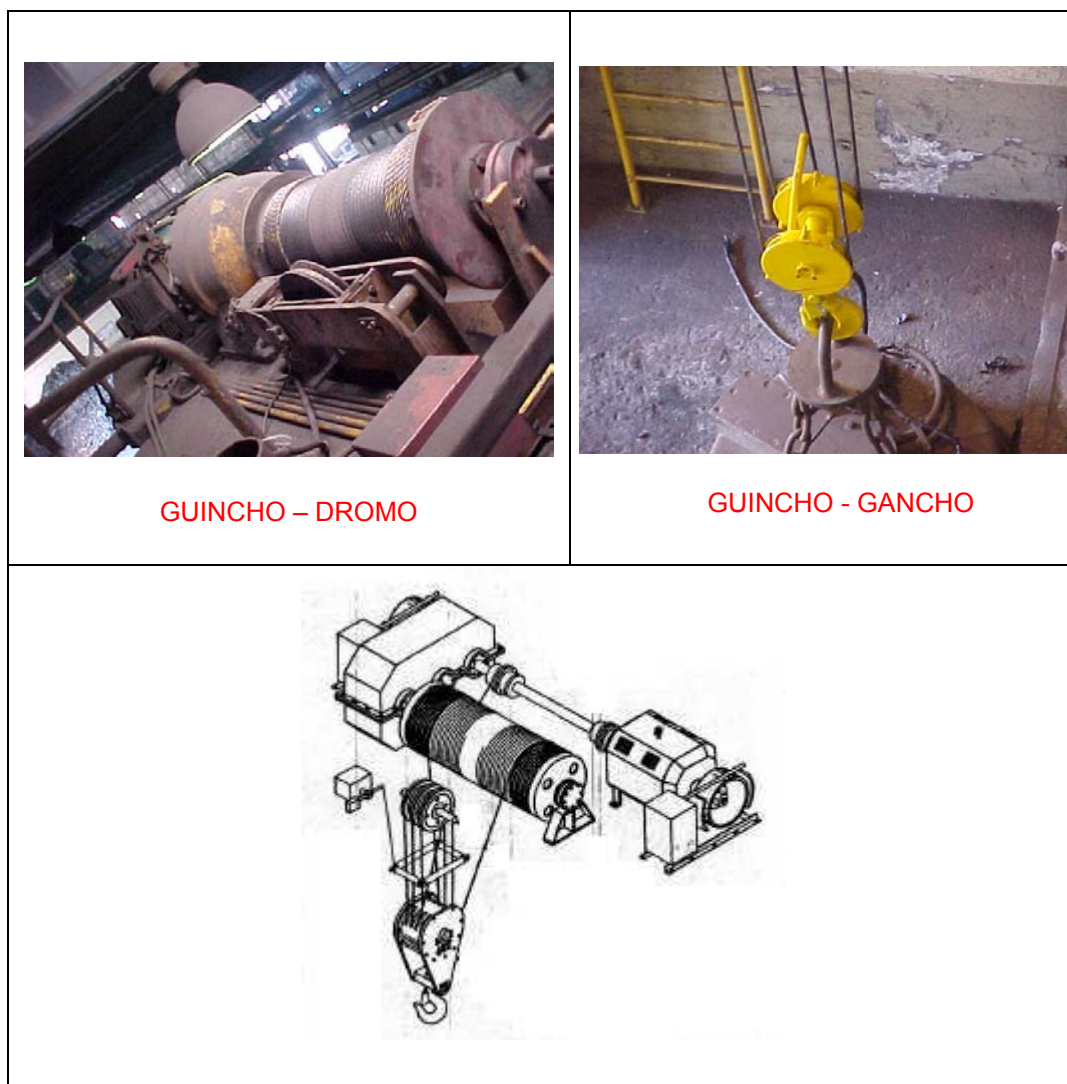


Figura 6.13 – Guincho da Ponte

6.3

Freqüência de Inspeção

Para determinação da freqüência de inspeção dos componentes críticos, foi feita uma análise dos intervalos entre as falhas dos componentes críticos das pontes rolantes críticas, com o objetivo de verificar a probabilidade de ocorrência de falhas dos componentes críticos, caso as inspeções sejam realizadas em intervalos de 30 dias, que é o intervalo ideal segundo o Departamento de Manutenção da empresa ThyssenKrupp Fundições Ltda, devido à solicitação destes equipamentos por suas áreas de produção. Para isso foram utilizadas as planilhas de banco de dados das pontes rolantes críticas (Pontes Rolantes 6, 7, 13, 22, 24 e 33) do Anexo A (A.5, A.6, A.8, A.13, A.14 e A.19), para obter os intervalos entre falhas dos 5 componentes críticos.

O resultado da análise encontra-se representado na Tabela 6.14, onde os intervalos de tempo entre falhas encontram-se ordenados de forma crescente, formando assim o ROL da amostra. Durante a análise dos intervalos, foram cancelados dados (intervalos) que provavelmente apresentavam erros, pois estes dados ocasionariam a dispersão da distribuição de freqüências.

INTERVALOS ENTRE FALHAS DOS COMPONENTES CRÍTICOS DAS PONTES ROLANTES CRÍTICAS																	
(ROL)																	
COMPONENTE	INTERVALOS ENTRE FALHAS (dias)																
Roda Motriz	13	17	18	18	24	24	25	29	33	34	35	35	36	38	40	44	47
	54	56	56	56	68	71	71	74	83	83	87	89	90	90	90	91	93
	94	105	108	109	112	118	125	127	127	148	154	156	159	166	176	177	197
	203	212	220	239	256	260	263	269	292	292	300						
Cabo de Aço	16	29	30	31	39	54	58	59	65	66	67	68	70	70	71	83	83
	83	84	86	87	97	103	109	110	114	114	116	117	128	131	133	133	143
	148	149	149	151	153	162	164	167	173	175	178	178	187	192	193	196	200
	200	205	207	209	232	234	241	256	279	279	304	304	313	314	321	326	331
	377	386	447	452	483												
Eixo Motriz	13	19	19	20	21	26	29	31	40	42	42	51	53	59	65	83	102
	112	117	122	126	154	162	216	243	251	263	274	279	283	286	287	291	326
	370	389	395														
Motoredutor	36	37	41	44	51	69	74	78	79	88	92	94	99	108	112	115	115
	119	120	135	147	184	194	228	251	256	263	270	293	294	298	298		
Guincho	67	67	85	91	116	121	151	168	176	218	218	219	261	303	344	395	400
	405	414	443	595	614	656	689	695	700	700	742						

Tabela 6.14 – Intervalos Entre Falhas dos Componentes Críticos das Pontes Rolantes Críticas

Definidas as amostras de intervalos entre falhas para os 5 componentes críticos das 5 pontes rolantes críticas, foram determinadas as distribuições de

freqüências de falhas, conforme mostradas nas Tabela 6.16 a Tabela 6.20, sendo que foram determinadas classes com amplitude fixa para os intervalos de falhas (ROL da amostra) da Tabela 6.14, utilizando para isto a regra de Sturges [14], conforme fórmulas mostradas na Tabela 6.15 .

As tabelas contêm colunas com as classes dos intervalos de falhas, pontos médios das classes (P_{mi}), número de falhas observadas para cada classe de intervalos de falhas (f_i), freqüência relativa simples observada (f_{RSO}) e freqüência relativa acumulada observada (f_{RAO}) ou somatório de todas observações inferiores ao limite superior do intervalo de classe dividida pelo total de observações.

REGRA DE STURGES		
Número de Classes (K)	Amplitude do ROL (R)	Amplitude da Classe (H)
$K = 1 + 3,3 * \log(N)$ <p>N = nº. de dados da amostra</p>	$R = \text{Valor Máx. Observado} - \text{Valor Mín. Observado}$	$H = \frac{R}{K}$

Tabela 6.15 – Fórmulas da Regra de Sturges [14]

DISTRIBUIÇÃO DE FREQUÊNCIA DE FALHAS DA RODA MOTRIZ DO SIST. TRANSLAÇÃO DA PONTE				
Tempo P/ Falhar (dias)	P^o Médio da Classe (P_{mi})	Falhas Observadas (f_i)	Freqüência Relativa Simples Observada (f_{RSO})	Freqüência Relativa Acumulada Observada (f_{RAO})
13 → 55	34	18	0,29	0,29
55 → 97	76	17	0,27	0,56
97 → 139	118	8	0,13	0,69
139 → 181	160	7	0,11	0,81
181 → 223	202	4	0,06	0,87
223 → 265	244	4	0,06	0,94
265 → 307	286	4	0,06	1,00
Total		62	1,00	-

Tabela 6.16 – Distribuição de Freqüência de Falhas da Roda Motriz do Sist. Translação da Ponte

DISTRIBUIÇÃO DE FREQUÊNCIA DE FALHAS DO CABO DE AÇO DA PONTE				
Tempo P/ Falhar (dias)	P^o Médio da Classe (P_{mi})	Falhas Observadas (f_i)	Freqüência Relativa Simples Observada (f_{RSO})	Freqüência Relativa Acumulada Observada (f_{RAO})
16 → 86	51	20	0,27	0,27
86 → 156	121	19	0,26	0,53
156 → 226	191	16	0,22	0,75
226 → 296	261	6	0,08	0,84
296 → 366	331	7	0,10	0,93
366 → 436	401	2	0,03	0,96
436 → 506	471	3	0,04	1,00
Total		73	1,00	-

Tabela 6.17 – Distribuição de Freqüência de Falhas do Cabo de Aço da Ponte

DISTRIBUIÇÃO DE FREQUÊNCIA DE FALHAS DO EIXO MOTRIZ DO SIST. TRANSLAÇÃO DA PONTE				
Tempo P/ Falhar (dias)	P^{to} Médio da Classe (P_{mi})	Falhas Observadas (f_i)	Frequência Relativa Simples Observada (f_{RSO})	Frequência Relativa Acumulada Observada (f_{RAO})
13 → 73	43	15	0,41	0,41
73 → 133	103	6	0,16	0,57
133 → 193	163	2	0,05	0,62
193 → 253	223	3	0,08	0,70
253 → 313	283	7	0,19	0,89
313 → 373	343	2	0,05	0,95
373 → 433	403	2	0,05	1,00
Total		37	1,00	-

Tabela 6.18 – Distribuição de Frequência de Falhas do Eixo Motriz do Sist. Translação da Ponte

DISTRIBUIÇÃO DE FREQUÊNCIA DE FALHAS DO MOTOREDUTOR DO SIST. TRANSLAÇÃO DA PONTE				
Tempo P/ Falhar (dias)	P^{to} Médio da Classe (P_{mi})	Falhas Observadas (f_i)	Frequência Relativa Simples Observada (f_{RSO})	Frequência Relativa Acumulada Observada (f_{RAO})
36 → 86	61	9	0,28	0,28
86 → 136	111	11	0,34	0,63
136 → 186	161	2	0,06	0,69
186 → 236	211	2	0,06	0,75
236 → 286	261	4	0,13	0,88
286 → 336	311	4	0,13	1,00
Total		32	1,00	-

Tabela 6.19 – Distribuição de Frequência de Falhas do Motoredutor do Sist. Translação da Ponte

DISTRIBUIÇÃO DE FREQUÊNCIA DE FALHAS DO GUINCHO DA PONTE				
Tempo P/ Falhar (dias)	P^{to} Médio da Classe (P_{mi})	Falhas Observadas (f_i)	Frequência Relativa Simples Observada (f_{RSO})	Frequência Relativa Acumulada Observada (f_{RAO})
67 → 187	127	9	0,32	0,32
187 → 307	247	5	0,18	0,50
307 → 427	367	5	0,18	0,68
427 → 547	487	1	0,04	0,71
547 → 667	607	3	0,11	0,82
667 → 787	727	5	0,18	1,00
Total		28	1,00	-

Tabela 6.20 – Distribuição de Frequência do Guincho da Ponte

6.3.1

Verificação das Distribuições de Freqüência dos Componentes Críticos

Antes do cálculo da probabilidade de falha dos componentes críticos, foi feita uma verificação das distribuições amostrais de freqüência de falhas (Tabela 6.16 a Tabela 6.20) de cada componente crítico, a fim de saber se estas seguiam algum determinado modelo de distribuição teórica, tais como: Weibull, lognormal, normal, exponencial e Erlang [14].

Para realização desta verificação, foram calculadas as distribuições de freqüência acumulada teórica de Weibull, lognormal, normal, exponencial e Erlang da Tabela 6.21 e feita a comparação destas com a da freqüência de falha relativa acumulada observada. Após a realização da verificação, foram calculadas as probabilidades de falhas para cada componente crítico, para um período de tempo de 30 dias, utilizando para isto a fórmula da distribuição teórica que mais se aproximou da distribuição amostral, conforme §6.3.2 .

As Tabela 6.22 a Tabela 6.26 representam as verificações das distribuições de freqüência de falhas dos 5 componentes críticos, sendo que para o cálculo das freqüências acumuladas de Weibull e Lognormal foi utilizada uma planilha de cálculo da empresa Qualytek [14] e para as demais distribuições teóricas foi utilizado o software Excel, com o auxílio das fórmulas da Tabela 6.21.

DISTRIBUIÇÕES DE FREQUÊNCIAS TEÓRICAS				
Geral	Normal	Exponencial	Erlang	Weibull
Média (μ): $\mu(x) = \sum_{i=1}^n [P_{mi} \times f_{RSO}]$ Desvio Padrão (σ): $\sigma = \sqrt{\sum_{i=1}^n [P_{mi} - \mu(x)]^2 \times f_{RSO}}$	$F(t) = \Phi\left(\frac{t - \mu}{\sigma}\right)$	$F(t) = 1 - e^{-\lambda t}$ $\lambda = \frac{1}{\mu}$	$F(t) = 1 - (1 + \lambda t)^{-k}$ $\lambda = \frac{k}{\mu}$ $k = 2$	$F(t) = 1 - e^{-\left[\left(\frac{t - t_0}{\eta}\right)^\beta\right]}$

Tabela 6.21 – Distribuições de Freqüências Teóricas [14]

COMPARAÇÃO DA FREQUÊNCIA RELATIVA ACUMULADA DA AMOSTRA COM AS TEÓRICAS RODA MOTRIZ DO SISTEMA DE TRANSLAÇÃO DA PONTE					
<i>Frequência Relativa Acumulada da Amostra</i>	<i>Frequência Relativa Acumulada de Weibull</i>	<i>Frequência Relativa Acumulada Lognormal</i>	<i>Frequência Relativa Acumulada Normal</i>	<i>Frequência Relativa Acumulada Exponencial</i>	<i>Frequência Relativa Acumulada de Erlang</i>
0,29	0,30	0,28	0,23	0,39	0,26
0,56	0,53	0,55	0,43	0,58	0,52
0,69	0,69	0,72	0,64	0,71	0,71
0,81	0,81	0,82	0,82	0,80	0,84
0,87	0,88	0,88	0,93	0,87	0,91
0,94	0,93	0,92	0,98	0,91	0,95
1,00	1,00	1,00	0,99	0,94	0,97

Tabela 6.22 – Comparação da Frequência Relativa Acumulada da Amostra com as Frequências Teóricas para a Roda Motriz do Sistema de Translação da Ponte

COMPARAÇÃO DA FREQUÊNCIA RELATIVA ACUMULADA DA AMOSTRA COM AS TEÓRICAS CABO DE AÇO DA PONTE					
<i>Frequência Relativa Acumulada da Amostra</i>	<i>Frequência Relativa Acumulada de Weibull</i>	<i>Frequência Relativa Acumulada Lognormal</i>	<i>Frequência Relativa Acumulada Normal</i>	<i>Frequência Relativa Acumulada Exponencial</i>	<i>Frequência Relativa Acumulada de Erlang</i>
0,27	0,28	0,25	0,23	0,40	0,27
0,53	0,53	0,57	0,45	0,60	0,54
0,75	0,73	0,76	0,69	0,73	0,74
0,84	0,85	0,86	0,86	0,82	0,86
0,93	0,92	0,92	0,96	0,88	0,93
0,96	0,96	0,95	0,99	0,92	0,96
1,00	1,00	1,00	1,00	0,95	0,98

Tabela 6.23 – Comparação da Frequência Relativa Acumulada da Amostra com as Frequências Teóricas para o Cabo de Aço da Ponte

COMPARAÇÃO DA FREQUÊNCIA RELATIVA ACUMULADA DA AMOSTRA COM AS TEÓRICAS EIXO MOTRIZ DO SISTEMA DE TRANSLAÇÃO DA PONTE					
<i>Frequência Relativa Acumulada da Amostra</i>	<i>Frequência Relativa Acumulada de Weibull</i>	<i>Frequência Relativa Acumulada Lognormal</i>	<i>Frequência Relativa Acumulada Normal</i>	<i>Frequência Relativa Acumulada Exponencial</i>	<i>Frequência Relativa Acumulada de Erlang</i>
0,41	0,33	0,33	0,25	0,38	0,24
0,57	0,50	0,58	0,43	0,58	0,51
0,62	0,64	0,72	0,63	0,71	0,71
0,70	0,74	0,81	0,79	0,80	0,84
0,89	0,82	0,86	0,91	0,87	0,91
0,95	1,00	0,90	0,97	0,91	0,95
1,00	1,00	1,00	0,99	0,94	0,98

Tabela 6.24 – Comparação da Frequência Relativa Acumulada da Amostra com as Frequências Teóricas para o Eixo Motriz do Sistema de Translação da Ponte

COMPARAÇÃO DA FREQUÊNCIA RELATIVA ACUMULADA DA AMOSTRA COM AS TEÓRICAS MOTOREDUTOR DO SISTEMA DE TRANSLAÇÃO DA PONTE					
<i>Frequência Relativa Acumulada da Amostra</i>	<i>Frequência Relativa Acumulada de Weibull</i>	<i>Frequência Relativa Acumulada Lognormal</i>	<i>Frequência Relativa Acumulada Normal</i>	<i>Frequência Relativa Acumulada Exponencial</i>	<i>Frequência Relativa Acumulada de Erlang</i>
0,28	0,33	0,31	0,23	0,44	0,32
0,63	0,50	0,54	0,44	0,60	0,54
0,69	0,64	0,70	0,66	0,71	0,71
0,75	0,74	0,80	0,84	0,79	0,82
0,88	0,82	0,86	0,94	0,85	0,89
1,00	1,00	1,00	0,98	0,89	0,94

Tabela 6.25 – Comparação da Frequência Relativa Acumulada da Amostra com as Frequências Teóricas para o Motoredutor do Sistema de Translação da Ponte

COMPARAÇÃO DA FREQUÊNCIA RELATIVA ACUMULADA DA AMOSTRA COM AS TEÓRICAS GUINCHO DA PONTE					
<i>Frequência Relativa Acumulada da Amostra</i>	<i>Frequência Relativa Acumulada de Weibull</i>	<i>Frequência Relativa Acumulada Lognormal</i>	<i>Frequência Relativa Acumulada Normal</i>	<i>Frequência Relativa Acumulada Exponencial</i>	<i>Frequência Relativa Acumulada de Erlang</i>
0,32	0,33	0,32	0,22	0,40	0,28
0,50	0,50	0,52	0,40	0,57	0,50
0,68	0,64	0,65	0,61	0,69	0,68
0,71	0,74	0,74	0,79	0,78	0,80
0,82	0,82	0,81	0,91	0,84	0,88
1,00	1,00	1,00	0,97	0,89	0,93

Tabela 6.26 – Comparação da Frequência Relativa Acumulada da Amostra com as Frequências Teóricas para o Guincho da Ponte

Conforme mostrado nas Tabela 6.22 a Tabela 6.26, a distribuição teórica que mais se aproximou da distribuição amostral foi a distribuição de Weibull, que é uma distribuição semi-empírica desenvolvida por Ernest Hjalmar Wallodi Weibull, físico sueco, que em 1939 apresentou o modelo de planejamento estatístico sobre fadiga de material, tendo sua utilidade decorrente do fato de permitir representar falhas típicas de partida, falhas aleatórias e falhas devido ao desgaste, podendo também através da mesma obter parâmetros significativos de configuração das falhas e representação gráfica simples.

Sendo assim o § 6.3.2 mostrará o cálculo das probabilidades de falhas para os 5 componentes críticos através de expressões matemáticas da distribuição de Weibull [14].

6.3.2

Probabilidade de Falhas dos Componentes Críticos

Após determinar a distribuição teórica que mais se aproxima da amostral, foram determinadas as probabilidades de ocorrências de falhas para um período de tempo de 30 dias, com o objetivo de estabelecer este período para a realização das inspeções dos componentes críticos das pontes rolantes críticas. A fórmula utilizada para o cálculo encontra-se descrita na Tabela 6.27.

EXPRESSÃO MATEMÁTICA DE WEIBULL P/ PROBABILIDADE DE FALHAS
$F(t) = 1 - e^{-\left[\left(\frac{t-t_0}{\eta}\right)^\beta\right]}$

Tabela 6.27 – Expressão Matemática de Weibull [14]

6.3.2.1

Componente Crítico Roda Motriz do Sistema de Translação da Ponte

A probabilidade de ocorrência de falhas para um período de tempo de 30 dias para a roda motriz do sistema de translação da ponte, segundo a distribuição de Weibull é **F(t)=12,94%**, e o gráfico de probabilidade de falha da distribuição de Weibull encontra-se ilustrado na Figura 6.28. Para realização do cálculo foi considerado um **t₀** de 10 dias, que é a vida mínima, e os valores de **β** e **η** são respectivamente 1,16 e 109,88, sendo **β** o fator de forma e **η** a vida característica ou intervalo de tempo entre “t e t₀” no qual ocorrem 63,2% das falhas, sendo estes valores obtidos através da planilha de cálculo da Qualytek [14].

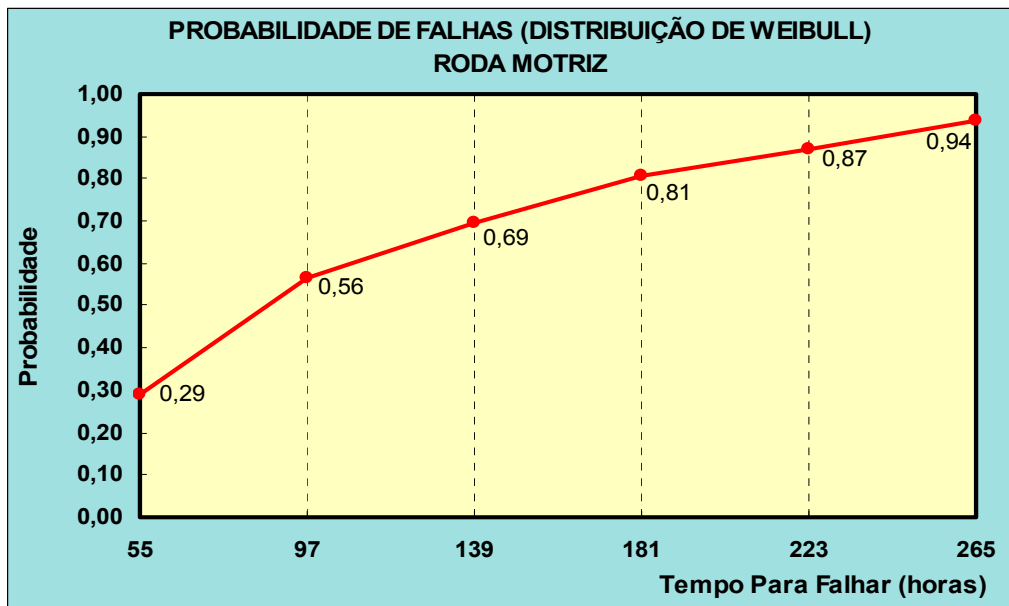


Figura 6.28 – Probabilidade de Falha da Roda Motriz do Sistema de Translação da Ponte [14]

6.3.2.2

Componente Crítico Cabo de Aço da Ponte

A probabilidade de ocorrência de falhas para um período de tempo de 30 dias para o cabo de aço da ponte, segundo a distribuição de Weibull é $F(t)=5,26\%$, e o gráfico de probabilidade de falha da distribuição de Weibull encontra-se ilustrado na Figura 6.29. Para realização do cálculo foi considerado um t_0 de 10 dias, que é a vida mínima, e os valores de β e η são respectivamente 1,34 e 176,38, sendo β o fator de forma e η a vida característica ou intervalo de tempo entre “t e t_0 ” no qual ocorrem 63,2% das falhas, sendo estes valores obtidos através da planilha de cálculo da Qualytek [14].

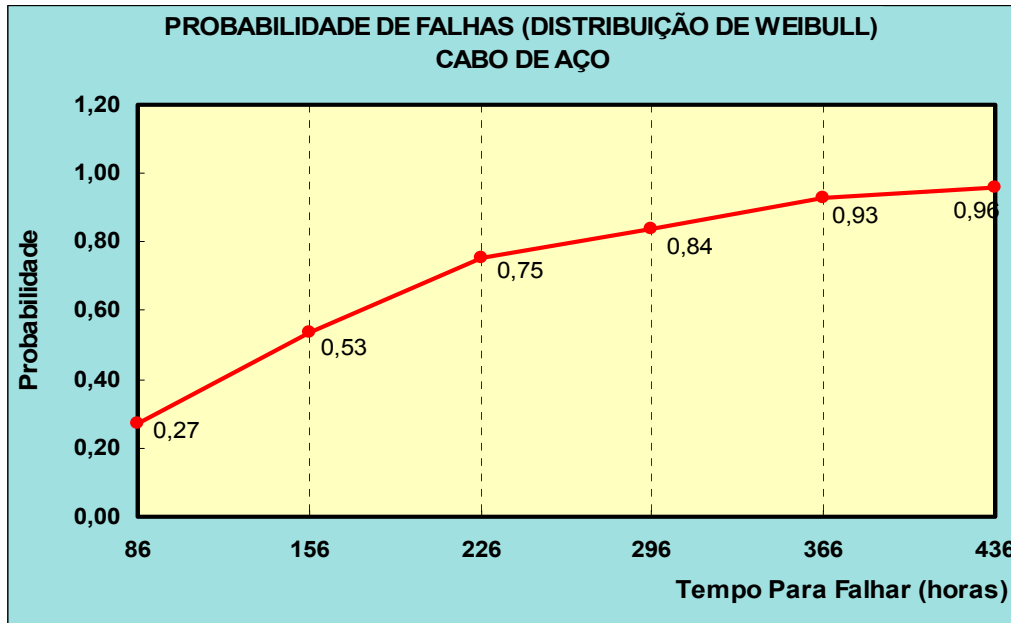


Figura 6.29 – Probabilidade de Falha do Cabo de Aço da Ponte [14]

6.3.2.3

Componente Crítico Eixo Motriz do Sistema de Translação da Ponte

A probabilidade de ocorrência de falhas para um período de tempo de 30 dias para o eixo motriz do sistema de translação da ponte, segundo a distribuição de Weibull é $F(t)=14,42\%$, e o gráfico de probabilidade de falha da distribuição de Weibull encontra-se ilustrado na Figura 6.30. Para realização do cálculo foi considerado um t_0 de 10 dias, que é a vida mínima, e os valores de β e η são respectivamente 0,93 e 147,78, sendo β o fator de forma e η a vida característica ou intervalo de tempo entre “t e t_0 ” no qual ocorrem 63,2% das falhas, sendo estes valores obtidos através da planilha de cálculo da Qualytek [14].

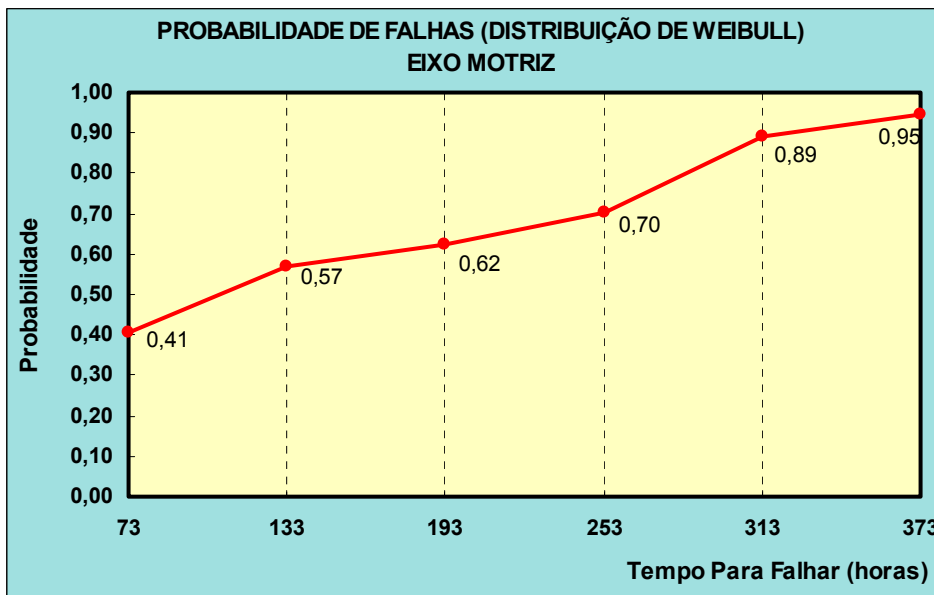


Figura 6.30 – Probabilidade de Falha do Eixo Motriz do Sistema de Translação da Ponte [14]

6.3.2.4

Componente Crítico Motoredutor do Sistema de Translação da Ponte

A probabilidade de ocorrência de falhas para um período de tempo de 30 dias para o motoredutor do sistema de translação da ponte, segundo a distribuição de Weibull é $F(t)=6,45\%$, e o gráfico de probabilidade de falha da distribuição de Weibull encontra-se ilustrado na Figura 6.31. Para realização do cálculo foi considerado um t_0 de 10 dias, que é a vida mínima, e os valores de β e η são respectivamente 1,31 e 158,07, sendo β o fator de forma e η a vida característica ou intervalo de tempo entre “t e t_0 ” no qual ocorrem 63,2% das falhas, sendo estes valores obtidos através da planilha de cálculo da Qualytek [14].

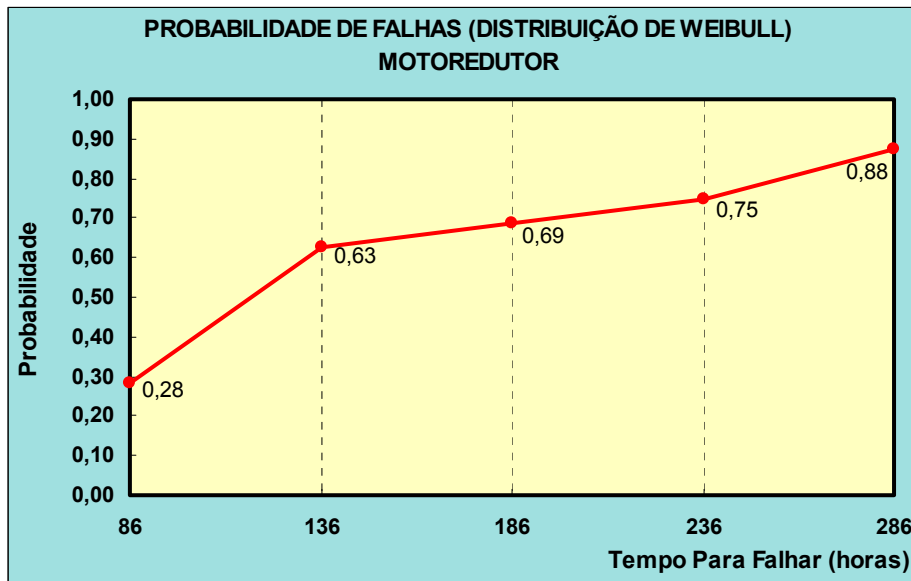


Figura 6.31 – Probabilidade de Falha do Motoredutor do Sistema de Translação da Ponte [14]

6.3.2.5

Componente Crítico Guincho da Ponte

A probabilidade de ocorrência de falhas para um período de tempo de 30 dias para o guincho da ponte, segundo a distribuição de Weibull é $F(t)=3,36\%$, e o gráfico de probabilidade de falha da distribuição de Weibull encontra-se ilustrado na Figura 6.32. Para realização do cálculo foi considerado um t_0 de 10 dias, que é a vida mínima, e os valores de β e η são respectivamente 1,12 e 407,51, sendo β o fator de forma e η a vida característica ou intervalo de tempo entre “t e t_0 ” no qual ocorrem 63,2% das falhas, sendo estes valores obtidos através da planilha de cálculo da Qualytek [14].

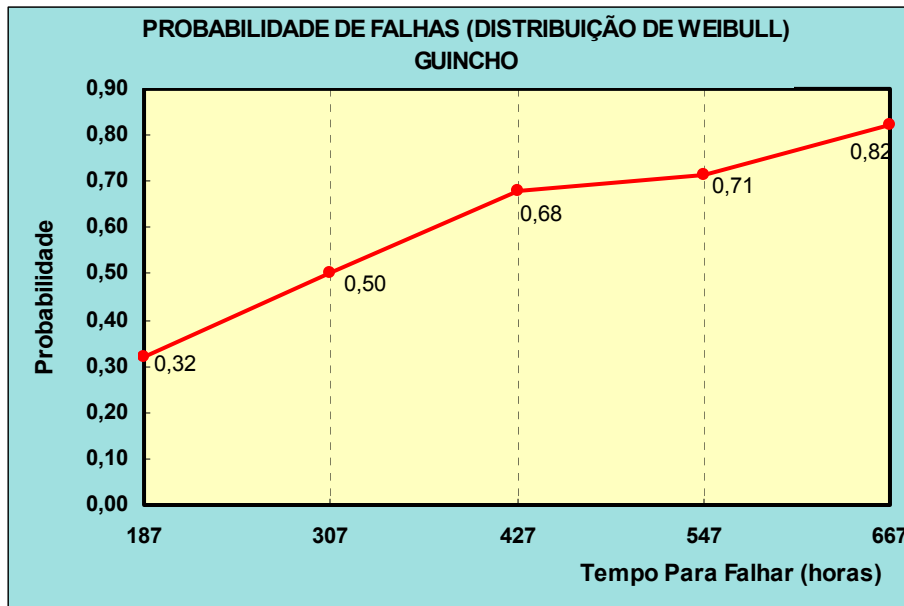


Figura 6.32 – Probabilidade de Falha do Guincho da Ponte [14]

As probabilidades de ocorrência de falhas calculadas para os 5 componentes críticos, considerando um período de tempo t igual a **30 dias**, assumiram valores inferiores a 15%, ou seja, para o pior caso que foi o eixo motriz, a probabilidade de ocorrer uma falha neste período de tempo é **14,42%**, valor razoável, levando em consideração que a frequência de inspeção poderá ser ajustada no decorrer da aplicação do programa de inspeção baseado em risco, caso esta frequência não seja capaz de detectar possíveis falhas antes da ocorrência da mesma ou o período esteja sobredimensionado para cada componente crítico em particular.

Para o componente crítico cabo de aço, utilizou-se a frequência de inspeção adotada pela norma ABNT ISO 4309 [15], ou seja, **inspeção diária** onde visível antes do início da operação e inspeção detalhada, conforme § 6.4.7 e 6.5.2, **uma vez a cada 30 dias** com probabilidade de ocorrência de falha de **5,26%**. Conforme orientação da ABNT ISO 4309 [15], o período para inspeções gerais dos cabos de aços de pontes rolantes, deve ficar na dependência das particularidades de cada tipo de equipamento e indústria, bem como a experiência de manutenção e inspeção adquirida pelas equipes. Em todos os casos, a inspeção deve ser realizada após qualquer incidente, sempre que o cabo for novamente utilizado após uma desmontagem seguida de uma remontagem e caso o equipamento tenha ficado fora de serviço durante 3 meses

ou mais. A norma ABNT ISO 4309 [15] foi utilizada na determinação da frequência de inspeção por se tratar de um componente crucial do ponto de vista da segurança dos funcionários ainda mais se tratando de equipamentos que movimentam painéis contendo ferro líquido. Para os demais componentes críticos foi definido um intervalo de **30 dias** com as probabilidades de ocorrência de falhas descritas no § 6.3.2 , período este determinado pelo Departamento de Manutenção da Empresa devido à alta solicitação dos equipamentos nas áreas de produções, que funcionam 24 horas por dia e 7 dias por semana, sendo inviável para a empresa parar o equipamento para realização de inspeções em intervalos inferiores.

6.4

Métodos de Inspeção e Pontos a serem Abrangidos

Os métodos de inspeção e pontos a serem abrangidos pela inspeção estão relacionados na Tabela 6.33 a Tabela 6.37 para cada componente crítico.

Os pontos a serem abrangidos pelo programa de inspeção para os componentes críticos: roda motriz, eixo motriz e motoredutor do sistema de translação da ponte, e guincho foram baseados principalmente na experiência da AISE (Association of Iron and Steel Engineers), através do livro Reference Handbook for EOT Cranes [9], que é constituído por um conjunto de artigos publicados pela AISE entre 1952 e 1999, de autoria de engenheiros associados responsáveis pela manutenção de pontes rolantes de empresas do setor siderúrgico dos Estados Unidos da América. Para a roda motriz especialmente, através do artigo da AISE¹⁾ e outras fontes²⁾.

Já os pontos a serem abrangidos pelo programa de inspeção para o componente crítico cabo de aço foram baseados na norma ABNT ISO 4309 [15].

A eficiência das inspeções de todos os componentes críticos foi arbitrada como **média**, e deverá ser comprovada ou alterada através da realização das inspeções e constatação da periodicidade das falhas, ou seja, caso os métodos sejam eficientes o bastante para preverem as falhas antes da ocorrência das mesmas na frequência de inspeção determinada. Caso seja constatado ao longo do tempo que a eficiência é baixa, os métodos deverão ser refinados com o objetivo de prever as falhas.

1) Artigo sobre “redução de falhas dos conjuntos de rodas de pontes rolantes” publicado em 2003 cujo o autor é o engenheiro Charles A. Totten, supervisor sênior da central de reparos de pontes rolantes da divisão Burns Harbor da empresa Bethlehem Steel Corporation [10], sendo que neste artigo o autor relata as falhas ocorridas em conjuntos de rodas e as ações mitigadoras tomadas por sua empresa no período de 1978 a 2001;

2) Outras fontes auxiliares na obtenção destes métodos de inspeção foram os funcionários do Departamento de Manutenção e Inspeção de Pontes Rolantes da empresa ThyssenKrupp Fundições Ltda., através das informações sobre reparos de falhas e inspeções, informações estas que não se encontravam registradas no banco de dados de manutenção, ficando a cargo da experiência de cada funcionário e a experiência do engenheiro Yoshio Uemura do Departamento de Engenharia da Companhia Siderúrgica Nacional (CSN), que foi também Professor de Máquinas de Levantamento da Universidade Severino Sombra durante 10 anos.

6.4.6

Métodos de Inspeção e Pontos a serem Abrangidos para o Componente Crítico Roda Motriz do Sistema de Translação da Ponte.

Métodos de Inspeção e Pontos a Serem Abrangidos					
Roda Motriz do Sistema de Translação da Ponte					
Nº	PONTOS A SEREM ABRANGIDOS				
1	Flanges laterais				
2	Superfície de rolamento				
3	Engrenagem				
4	Rolamentos e buchas				
5	Anéis espaçadores e de retenção				
6	Tampas laterais				
	Falhas	Crítérios de Descarte / Correção	Método de Inspeção	Frequência²⁾ de Inspeção	Eficiência¹⁾ da Inspeção
1	Desgaste interno dos flanges	Folga entre roda e trilho fora dos padrões admissíveis, conforme anexo-E (E.2)	Visual / Medição da folga com auxílio de paquímetro	1 vez por mês	Média
2	Desgaste externo dos flanges	Redução da espessura do flange maior que 10%	Visual / Medição com auxílio de paquímetro	1 vez por mês	Média
3	Desgaste da superfície de rolamento	Desgaste maior que 10%	Medição do diâmetro externo com auxílio de paquímetro	1 vez por mês	Média
4	Fragmentação da superfície de rolamento	Alta concentração de pitting e spalling (Figura D.2 – Anexo-D)	Visual	1 vez por mês	Média
5	Desgaste, desalinhamento e paralelismo dos trilhos	Desgaste maior que 10% e conforme anexo-E (E.5), para desalinhamento, paralelismo, etc.	Visual / Medição com auxílio de paquímetro, trena laser e teodolito	1 vez por mês	Média
6	Falha dos sistemas de lubrificação das rodas e/ou trilhos	Lubrificação de rodas e trilhos insuficiente	Visual	1 vez por mês	Média
7	Desgaste dos dentes da engrenagem	Folga no engrenamento pinhão / engrenagem	Visual	1 vez por mês	Média
8	Desgaste das chavetas	Folga entre engrenagem e eixo e/ou roda e eixo	Visual	1 vez por mês	Média
9	Falha dos rolamentos e/ou buchas	Aparecimento de folga e ruídos	Visual / Sonoro	1 vez por mês	Média
10	Desgaste dos anéis espaçadores e de vedações	Aparecimento de folga e vazamento de lubrificante	Visual	1 vez por mês	Média

Métodos de Inspeção e Pontos a Serem Abrangidos					
Roda Motriz do Sistema de Translação da Ponte - Continuação					
11	Desgaste dos parafusos das tampas laterais	Incapacidade de aperto adequado	Aperto com auxílio de torquímetro	1 vez por mês	Média
1) A eficiência da inspeção será alta, média ou baixa, dependendo da acurácia do método utilizado.					
2) A cada Inspeção a taxa de deterioração poderá ser mais bem definida, e a frequência de inspeção ajustada.					

Tabela 6.33 – Métodos de Inspeção do Componente Crítico Roda Motriz

6.4.7

Métodos de Inspeção e Pontos a serem Abrangidos para o Componente Crítico Cabo de Aço.

Métodos de Inspeção e Pontos a Serem Abrangidos					
Cabo de Aço - ABNT ISO 4309 [15]					
PONTOS A SEREM ABRANGIDOS					
1	Extremidades de cabos móveis e estáticos				
2	Parte do cabo que passa através do moitão ou sobre polias (§ 6.5.2)				
3	Parte do cabo que estiver sobre a polia de compensação				
4	Qualquer parte do cabo que estiver sujeita a abrasão por fatores externos				
5	Inspeção interna quando houver sinais de corrosão e fadiga (Anexo F, F.1)				
6	Qualquer parte do cabo exposta a altas temperaturas				
	Falhas	Critérios de Descarte / Correção	Método de Inspeção	Frequência²⁾ de Inspeção	Eficiência¹⁾ da Inspeção
1	Arames partidos (número e natureza)	Conforme Anexo F, Tabela F.1 e Tabela F.2	visual	1 vez por mês	Média
2	Arames partidos na região dos terminais	Encurtar o cabo ou utilizar Tabela F.1 e Tabela F.2 do Anexo F	visual	1 vez por mês	Média
3	Concentração localizada de arames partidos	Se o agrupamento ocorrer em um comprimento menor que 6d ou concentra-se em uma única perna	visual	1 vez por mês	Média
4	Ruptura das pernas	No caso da ruptura total da perna	visual	1 vez por mês	Média
5	Redução do diâmetro externo devida à deterioração da alma	Redução de 3% do diâmetro nominal para cabos resistente a rotação e 10% para os demais cabos	Utilização de paquímetro e inspeção interna do cabo conforme Figura F.23 do Anexo F	1 vez por mês	Média
6	Desgaste externo do cabo	Redução $\geq 7\%$ do diâmetro externo	Utilização de paquímetro	1 vez por mês	Média
7	Elasticidade reduzida	Redução $\geq 7\%$ do diâmetro externo e/ou alongamento	Utilização de paquímetro	1 vez por mês	Média
8	Corrosão externa	Corrosão acentuada	Visual, conforme Figura F.8 do Anexo F	1 vez por mês	Média
9	Corrosão interna	Corrosão acentuada	Visual, conforme Figura F.9 do Anexo F	1 vez por mês	Média
10	Deformação:	-	-	1 vez por mês	Média
10.1	Ondulação do cabo	Se $d_1 > \frac{4d}{3}$	Utilização de paquímetro, ver Figura F.10 do Anexo F	1 vez por mês	Média
10.2	Distorção tipo gaiola	Caso haja descartar imediatamente	Visual Figura F.11 do Anexo F	1 vez por mês	Média
10.3	Alma Saltada	Caso haja descartar imediatamente	Visual Figura F.12 do Anexo F	1 vez por mês	Média

Métodos de Inspeção e Pontos a Serem Abrangidos					
Cabo de Aço - Continuação					
10.4	- Arame deslocado	Caso seja severa, descartar imediatamente	Visual	1 vez por mês	Média
10.5	- Aumento localizado do diâmetro	Caso haja descartar imediatamente	Visual Figura F.15 do Anexo F	1 vez por mês	Média
10.6	- Redução localizada do diâmetro	Caso haja descartar imediatamente	Visual Figura F.23 do Anexo F	1 vez por mês	Média
10.7	- Achatamentos	Caso haja descartar imediatamente	Visual F.2.10 do Anexo F	1 vez por mês	Média
10.8	- Nós e olhais apertados	Caso haja descartar imediatamente	Visual Figura F.17 do Anexo F	1 vez por mês	Média
10.9	- Dobra acentuada	Caso haja descartar imediatamente	Visual F.2.9 do Anexo F	1 vez por mês	Média
11	Danos causados pelo calor ou arco elétrico	Caso haja descartar imediatamente	Visual	1 vez por mês	Média
12	Danos das presilhas	Caso contenha trincas	Visual	1 vez por mês	Média
1) A eficiência da inspeção será alta, média ou baixa, dependendo da acurácia do método utilizado.					
2) A cada Inspeção a taxa de deterioração poderá ser mais bem definida, e a frequência de inspeção ajustada.					

Tabela 6.34 – Métodos de Inspeção do Componente Crítico Cabo de Aço

6.4.8

Métodos de Inspeção e Pontos a serem Abrangidos para o Componente Crítico Eixo Motriz do Sistema de Translação da Ponte.

Métodos de Inspeção e Pontos a Serem Abrangidos					
Eixo Motriz do Sistema de Translação da Ponte					
Nº	PONTOS A SEREM ABRANGIDOS				
1	Eixo				
2	Mancais				
3	Pinhão				
	Falhas	Crítérios de Descarte / Correção	Método de Inspeção	Frequência²⁾ de Inspeção	Eficiência¹⁾ da Inspeção
1	Desgaste do eixo	Desgaste do rasgo de chaveta e seção do eixo	Visual / medição com auxílio de paquímetro	1 vez por mês	Média
2	Desgaste da chaveta	Folga entre pinhão e eixo e/ou acoplamento e eixo	Visual	1 vez por mês	Média
3	Desgaste dos mancais	Ruptura da base ou tampa e desgaste do alojamento do rolamento	Visual	1 vez por mês	Média
4	Desgaste dos parafusos de fixação dos mancais	Incapacidade de aperto adequado	Aperto com auxílio de torquímetro	1 vez por mês	Média
5	Falha dos rolamentos e/ou buchas	Aparecimento de folga e ruídos	Visual / Sonoro	1 vez por mês	Média
6	Desgaste dos anéis de vedações	Aparecimento de vazamento de lubrificante	Visual	1 vez por mês	Média
7	Desgaste dos dentes do pinhão	Folga no engrenamento pinhão / engrenagem	Visual	1 vez por mês	Média
1) A eficiência da inspeção será alta, média ou baixa, dependendo da acurácia do método utilizado.					
2) A cada Inspeção a taxa de deterioração poderá ser mais bem definida, e a frequência de inspeção ajustada.					

Tabela 6.35 – Métodos de Inspeção do Componente Crítico Eixo Motriz

6.4.9

Métodos de Inspeção e Pontos a serem Abrangidos para o Componente Crítico Motoredutor do Sistema de Translação da Ponte.

Métodos de Inspeção e Pontos a Serem Abrangidos					
Motoredutor do Sistema de Translação da Ponte					
Nº	PONTOS A SEREM ABRANGIDOS				
1	Motor elétrico e freio				
2	Acoplamentos				
3	Caixa redutora (parte externa e interna)				
	Base em estrutura metálica				
	Falhas	Crítérios de Descarte / Correção	Método de Inspeção	Frequência²⁾ de Inspeção	Eficiência¹⁾ da Inspeção
1	Motor elétrico queimado	Caso haja ausência de torque no eixo de saída causada por problemas elétricos	Visual com auxílio de técnico electricista	1 vez por mês	Média
2	Falha do freio	Desgaste excessivo da lona e disco de freio	Visual	1 vez por mês	Média
3	Falhas estruturais da base em estrutura metálica	Caso haja cordões de solda danificados e/ou danos da estrutura metálica	Visual	1 vez por mês	Média
4	Falha dos acoplamentos	Caso haja elementos flexíveis danificados ou desgaste dos cubos	Visual	1 vez por mês	Média
5	Carcaça do redutor danificada	Caso haja trincas ou desgaste do alojamento dos rolamentos	Visual / medição com auxílio de paquímetro	1 vez por mês	Média
6	Desgaste dos dentes das engrenagens	Folga no engrenamento das engrenagens	Sonoro / Visual	1 vez por mês	Média
7	Desgaste dos eixos	Desgaste do rasgo de chaveta e seção do eixo	Visual / medição com auxílio de paquímetro	1 vez por mês	Média
8	Desgaste das chavetas	Folga entre engrenagem e eixo e/ou acoplamento e eixo	Visual	1 vez por mês	Média
9	Falha dos rolamentos e/ou buchas	Aparecimento de folga e ruídos	Sonoro / Visual	1 vez por mês	Média
10	Desgaste dos anéis de vedações	Aparecimento de vazamento de lubrificante	Visual	1 vez por mês	Média
11	Desgaste dos parafusos	Incapacidade de aperto adequado	Aperto com auxílio de torquímetro	1 vez por mês	Média
1) A eficiência da inspeção será alta, média ou baixa, dependendo da acurácia do método utilizado.					
2) A cada Inspeção a taxa de deterioração poderá ser mais bem definida, e a frequência de inspeção ajustada.					

Tabela 6.36 – Métodos de Inspeção do Componente Crítico Motoredutor

6.4.10

Métodos de Inspeção e Pontos a serem Abrangidos para o Componente Crítico Guincho da Ponte.

Métodos de Inspeção e Pontos a Serem Abrangidos					
Guincho da Ponte					
Nº	PONTOS A SEREM ABRANGIDOS				
1	Base em estrutura metálica				
2	Dromo				
3	Polias				
4	Gancho				
5	Mancais				
6	Eixos				
7	Acoplamentos				
8	Engrenagens				
	Falhas	Critérios de Descarte / Correção	Método de Inspeção	Frequência²⁾ de Inspeção	Eficiência¹⁾ da Inspeção
1	Falhas estruturais da base em estrutura metálica	Caso haja cordões de solda danificados e/ou danos da estrutura metálica	Visual	1 vez por mês	Média
2	Desgaste do dromo	Caso haja desgaste excessivo dos canais e/ou flanges laterais	Visual com auxílio de gabarito de canais e paquímetro	1 vez por mês	Média
3	Falha do acoplamento do dromo	Caso haja elementos flexíveis danificados ou desgaste dos cubos	Visual	1 vez por mês	Média
4	Desgaste dos dentes das engrenagens do dromo	Caso haja folga no engrenamento da engrenagem com o pinhão	Sonoro / Visual	1 vez por mês	Média
5	Desgaste do eixo do dromo	Caso haja desgaste do rasgo de chaveta e/ou seção do eixo ou flexão	Visual / medição com auxílio de paquímetro	1 vez por mês	Média
6	Desgaste das chavetas do dromo	Caso haja folga entre engrenagem e eixo e/ou acoplamento e eixo	Visual	1 vez por mês	Média
7	Falha dos rolamentos e/ou buchas do dromo	Caso haja aparecimento de folga, travamento e ruídos	Sonoro / Visual	1 vez por mês	Média
8	Desgaste dos parafusos do dromo	Incapacidade de aperto adequado	Aperto com auxílio de torquímetro	1 vez por mês	Média
9	Desgaste dos mancais do dromo	Ruptura da base ou tampa e desgaste do alojamento do rolamento	Visual	1 vez por mês	Média

Métodos de Inspeção e Pontos a Serem Abrangidos					
Guincho da Ponte - Continuação					
10	Desgaste dos parafusos de fixação dos mancais do dromo	Incapacidade de aperto adequado	Aperto com auxílio de torquímetro	1 vez por mês	Média
11	Desgaste das polias	Caso haja desgaste excessivo do canal e cubo	Visual com auxílio de gabarito de canais e paquímetro	1 vez por mês	Média
12	Desgaste das proteções laterais das polias	Caso haja proteções laterais amassadas	Visual	1 vez por mês	Média
13	Desgaste do eixo das polias	Caso haja desgaste do rasgo de chaveta e/ou seção do eixo ou flexão	Visual / medição com auxílio de paquímetro	1 vez por mês	Média
14	Falha dos rolamentos e/ou buchas das polias	Caso haja aparecimento de folga, travamento e ruídos	Sonoro / Visual	1 vez por mês	Média
15	Desgaste do gancho	Caso haja desgaste excessivo da seção do gancho	Visual	1 vez por mês	Média
16	Desgaste das proteções laterais do gancho	Caso haja proteções laterais amassadas	Visual	1 vez por mês	Média
17	Falha do rolamento do gancho	Caso haja aparecimento de folga, travamento e ruídos	Sonoro / Visual	1 vez por mês	Média
18	Desgaste do parafuso do gancho	Incapacidade de aperto adequado	Aperto com auxílio de torquímetro	1 vez por mês	Média
1) A eficiência da inspeção será alta, média ou baixa, dependendo da acurácia do método utilizado.					
2) A cada Inspeção a taxa de deterioração poderá ser mais bem definida, e a frequência de inspeção ajustada.					

Tabela 6.37 – Métodos de Inspeção do Componente Crítico Guincho

6.5

Fichas de Inspeção

Cada componente crítico terá uma ficha de inspeção que fará parte do programa de inspeção e deverá ser preenchida pelo inspetor no momento da inspeção, com auxílio das tabelas de metodologia de inspeção (Tabela 6.33 e Tabela 6.37).

A elaboração das fichas de inspeção foi baseada nas falhas observadas no banco de dados de cada componente crítico, experiência da AISE (Association of Iron and Steel Engineers), através do livro Reference Handbook for EOT Cranes [9] e informações sobre reparos de falhas e inspeções realizadas por funcionários do Departamento de Manutenção e Inspeção de Pontes Rolantes da empresa ThyssenKrupp Fundições Ltda.

As fichas de inspeção contêm campos para os dados técnicos da ponte rolante e de cada componente crítico, bem como Itens a Inspeccionar e tipos de falhas relacionadas a estes itens, e finalizando um campo para observações referentes à inspeção e/ou descarte e identificação do funcionário responsável pela inspeção.

Os dados técnicos referentes aos equipamentos e componentes deverão ser inseridos na ficha de inspeção pelo Departamento de Manutenção antes do envio da mesma para a área fabril, com o objetivo de auxiliar o inspetor no momento da inspeção.

6.5.1

Ficha de Inspeção do Componente Crítico Roda Motriz do Sistema de Translação da Ponte

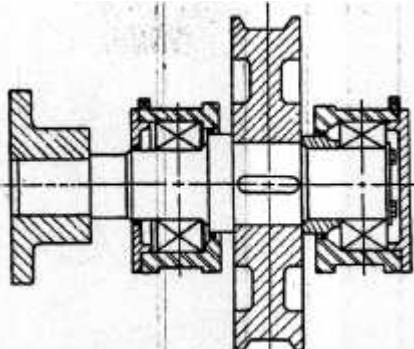
Ficha de Inspeção			
Roda Motriz do Sistema de Translação da Ponte			
Nº. da Ficha:		Nº. da O.S.:	Data:
Dados da Ponte Rolante			
Nº. da Ponte:	Aplicação:	Grupo do Mecanismo:	Carga Máxima:
Dados da Roda			
Localização:		Diâmetro:	
<input type="checkbox"/> Direita <input type="checkbox"/> Esquerda		Tipo de Aço:	
Obs: com relação ao sentido do norte		Tratamento térmico:	
Tipo de Perfil:	Nº do desenho:	Número Serial:	
Fornecedor:	Tempo de Vida:	Último Reparo:	
Itens a Inspeccionar / Tipos de Falhas			
Itens	Falhas	Resultado da Inspeção	
Flanges Laterais	Desgaste interno dos flanges ($\leq 10\%$)	(mm)	
	Desgaste externo dos flanges ($\leq 10\%$)	(mm)	
Superfície de Rolamento	Desgaste da superfície de rolamento ($\leq 10\%$)	(mm)	
	Fragmentação da superfície de rolamento	(alta) (média) (baixa)	
Trilhos	Desgaste, desalinhamento e paralelismo dos trilhos	(mm)	
Sistema de Lubrificação	Falha dos sistemas de lubrificação das rodas e/ou trilhos	(sim)	(não)
Engrenagem	Desgaste dos dentes da engrenagem	(mm)	
	Desgaste da chaveta	(mm)	
Rolamentos	Falha dos rolamentos e/ou buchas	(sim)	(não)
Vedações	Desgaste dos anéis espaçadores e de vedações	(sim)	(não)
Tampas Laterais	Desgaste dos parafusos das tampas laterais	(sim)	(não)
Comentários sobre as condições da roda:			
Motivos para o Descarte:			
Nome do Inspetor:			
Data:		Assinatura:	
Figura Ilustrativa do Componente Crítico:			
			
OBS: Utilizar a Tabela 6.33 para auxiliar a inspeção			

Tabela 6.38 – Ficha de Inspeção do Componente Crítico Roda Motriz

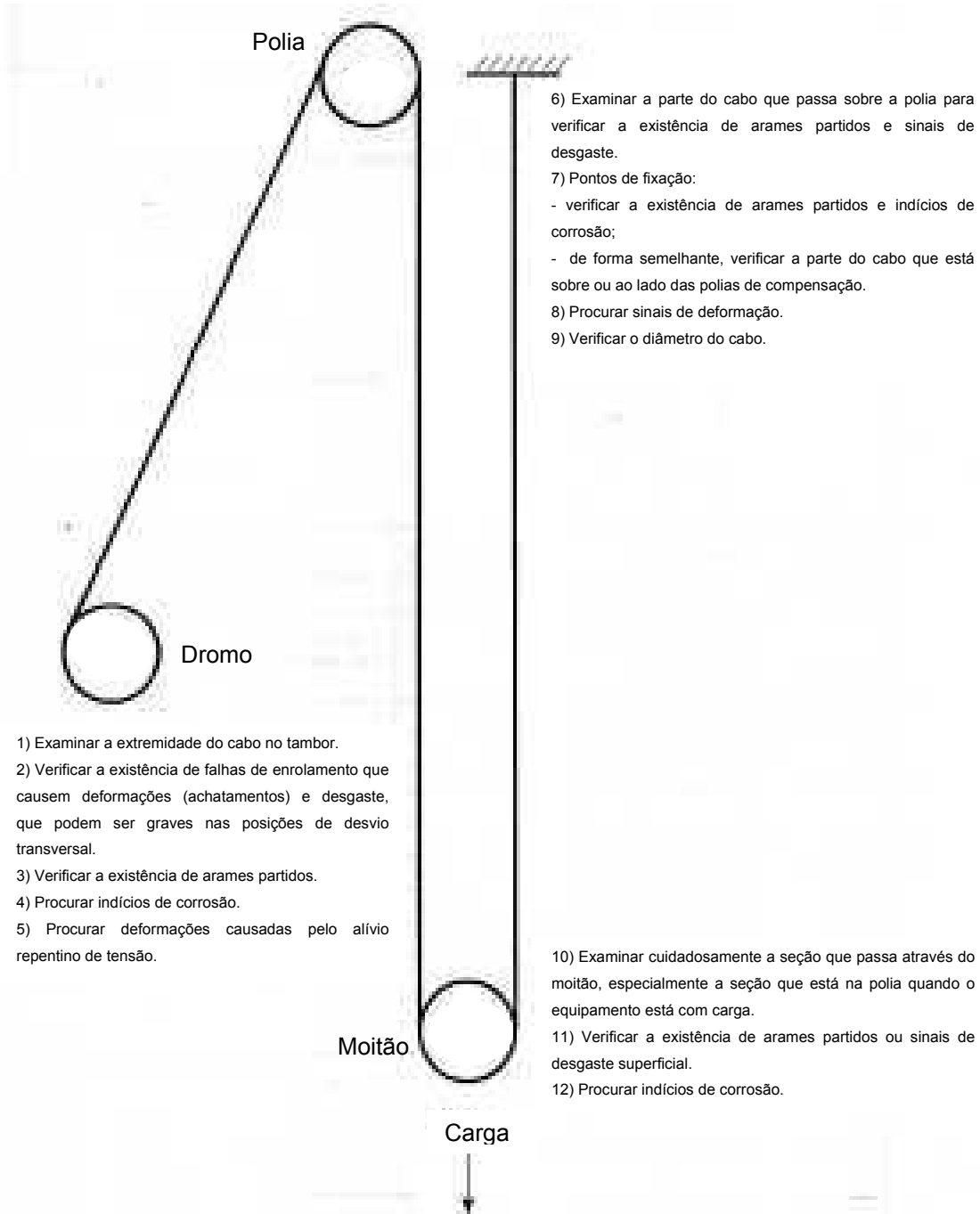
6.5.2

Ficha de Inspeção do Componente Crítico Cabo de Aço

Ficha de Inspeção							
Cabo de Aço - ABNT ISO 4309 [15]							
Nº. da Ficha:		Nº. da O.S.:			Data:		
Dados da Ponte Rolante							
Nº. da Ponte:		Aplicação:		Grupo do Mecanismo:		Carga Máxima:	
Dados do Cabo de Aço							
Construção:		Diâmetro Nominal:			Tipo de Alma:		
Sentido de Rotação:		Classe de Resistência:			Pré-formação:		
Tipo de Torção:		Acabamento:			Comprimento:		
Carga de Ruptura:		Carga de Trabalho:			Fornecedor:		
Diâmetro medido:				Com uma Carga de:			
Data da Instalação:				Data da Retirada:			
Dados da Inspeção							
Arames partidos visíveis		Abrasão dos arames	Corrosão	Redução do diâmetro	Posições medidas	Avaliação geral	Danos e deformações
Número em uma seção de		Grau de deterioração ¹⁾	Grau de deterioração ¹⁾	%		Grau de deterioração ¹⁾	Natureza
6d	30d						
Data da Instalação:				Data da Retirada:			
Comentários sobre as condições do cabo:							
Motivos para o Descarte:							
Nome do Inspetor:							
Data:		Assinatura:					
Observações:							
1) Nessas colunas, descrever a deterioração como: pequena, média, alta, muito alta ou descarte, conforme Figura F.8 do Anexo F.							

Ficha de Inspeção
Cabo de Aço - Continuação

Figura Ilustrativa dos pontos a Inspeccionar [15]:



OBS.: Utilizar a Tabela 6.34 para auxiliar a inspeção

Tabela 6.39 – Ficha de Inspeção do Componente Cabo de Aço

6.5.3

Ficha de Inspeção do Componente Crítico Eixo Motriz do Sistema de Translação da Ponte

Ficha de Inspeção		
Eixo Motriz do Sistema de Translação da Ponte		
Nº. da Ficha:	Nº. da O.S.:	Data:
Dados da Ponte Rolante		
Nº. da Ponte:	Aplicação:	Grupo do Mecanismo:
Carga Máxima:		
Dados do Eixo		
Diâmetro:	Comprimento:	Tipo de Aço:
Último Reparo:	Tempo de Vida:	
Nº do desenho:	Número Serial:	Fornecedor:
Itens a Inspeccionar / Tipos de Falhas		
Itens	Falhas	Resultado da Inspeção
Eixo	Desgaste do rasgo de chaveta e seção do eixo	(mm)
Chaveta	Desgaste da chaveta	(mm)
Mancal	Ruptura da base ou tampa e desgaste do alojamento do rolamento	(sim) (não)
	Afrouxamento dos parafusos	(sim) (não)
	Falha dos rolamentos e/ou buchas	(sim) (não)
	Desgaste dos anéis de vedações	(sim) (não)
Pinhão	Desgaste dos dentes do pinhão	(mm)
Comentários sobre as condições do eixo:		
Motivos para o Descarte:		
Nome do Inspetor:		
Data:	Assinatura:	
Foto Ilustrativa do Componente Crítico:		
		
OBS.: Utilizar a Tabela 6.35 para auxiliar a inspeção		

Tabela 6.40 – Ficha de Inspeção do Componente Crítico Eixo Motriz

6.5.4

Ficha de Inspeção do Componente Crítico Motoredor do Sistema de Translação da Ponte

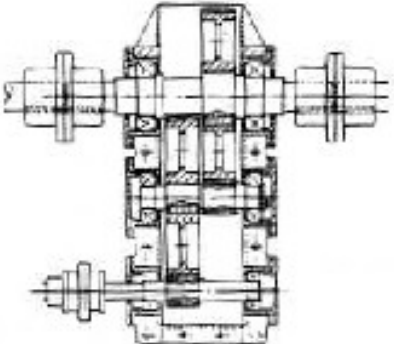
Ficha de Inspeção			
Motoredor do Sistema de Translação da Ponte			
Nº. da Ficha:		Nº. da O.S.:	Data:
Dados da Ponte Rolante			
Nº. da Ponte:	Aplicação:	Grupo do Mecanismo:	Carga Máxima:
Dados do Motoredor			
Fabricante:	Tipo:	Modelo:	
Forma construtiva:	Nº do desenho:	Número Serial:	
Potência:	Redução:	Torque de saída:	
Último Reparo:		Tempo de Vida:	
Itens a Inspeccionar / Tipos de Falhas			
Itens	Falhas	Resultado da Inspeção	
Motor elétrico	Motor elétrico queimado	(sim)	(não)
	Desgaste das lonas e/ou disco de freio	(mm)	
Falhas estruturais da base em estrutura metálica	Cordões de solda danificados e/ou danos da estrutura metálica	(sim)	(não)
Carcaça do redutor	Aparecimento de trincas ou desgaste do alojamento dos rolamentos	(sim)	(não)
Acoplamentos	Desgaste dos elementos flexíveis e cubos	(mm)	
Engrenagens	Desgaste dos dentes das engrenagens	(mm)	
Eixos	Desgaste do rasgo de chaveta e seção do	(mm)	
Chavetas	Desgaste das chavetas	(mm)	
Rolamentos e buchas	Rolamentos com desgastes ou quebrados	(sim)	(não)
Anéis de vedações	Vazamento de lubrificante	(sim)	(não)
Parafusos	Desgaste dos parafusos	(mm)	
Comentários sobre as condições do motoredor:			
Motivos para o Descarte:			
Nome do Inspetor:			
Data:		Assinatura:	
Figura Ilustrativa do Componente Crítico:			
			
OBS.: Utilizar a tabela 6.36 para auxiliar a inspeção			

Tabela 6.41 – Ficha de Inspeção do Componente Crítico Motoredor

6.5.5

Ficha de Inspeção do Componente Crítico Guincho da Ponte

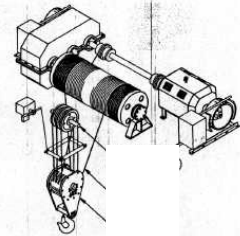
Ficha de Inspeção			
Guincho da Ponte			
Nº. da Ficha:		Nº. da O.S.:	Data:
Dados da Ponte Rolante			
Nº. da Ponte:	Aplicação:	Grupo do Mecanismo:	Carga Máxima:
Dados do Guincho			
Potência:	Torque de saída:	Capacidade de carga:	
Diâmetro do dromo:	Comp. do dromo:	Diâmetro do cabo:	
Diâmetro das Polias:	Quant. de Polias:	Tipo de Gancho:	
Nº do desenho:	Número Serial:	Fornecedor:	
Último Reparo:		Tempo de Vida:	
Itens a Inspeccionar / Tipos de Falhas			
Itens	Falhas	Resultado da Inspeção	
Base em estrutura metálica	Caso haja cordões de solda danificados e/ou danos da estrutura metálica	(sim)	(não)
	desgaste excessivo dos canais e/ou flanges laterais	(mm)	
Dromo	Desgaste do rasgo de chaveta e/ou seção do eixo	(mm)	
	Desgaste das chavetas	(mm)	
	Falha dos rolamentos e/ou buchas	(sim)	(não)
	Desgaste dos dentes das engrenagens		
	Desgaste dos parafusos dos mancais	(sim)	(não)
	Desgaste dos mancais	(sim)	(não)
Acoplamentos	Elementos flexíveis danificados ou desgaste dos cubos	(mm)	
Polias	Desgaste excessivo do canal e cubo	(mm)	
	Desgaste das proteções laterais	(sim)	(não)
	Desgaste do eixo das polias	(mm)	
	Falha dos rolamentos e/ou buchas	(sim)	(não)
Gancho	Desgaste do gancho	(sim)	(não)
	Desgaste das proteções laterais	(sim)	(não)
	Falha do rolamento do gancho	(sim)	(não)
	Desgaste do parafuso do gancho	(sim)	(não)
Comentários sobre as condições do guincho:			
Motivos para o Descarte:			
Nome do Inspetor:			
Data:		Assinatura:	
Figura Ilustrativa do Componente Crítico:			
OBS.: Utilizar a tabela 6.37 para auxiliar a inspeção			

Tabela 6.42 – Ficha de Inspeção do Componente Crítico Guincho

6.6

Programa de Inspeção

O programa de inspeção é a combinação dos métodos, frequências e eficiência de inspeção, conforme § 6.3 e 6.4 e deverá ser aplicado às pontes rolantes críticas e seus respectivos componentes críticos, sendo que no momento da inspeção o inspetor deverá preencher as fichas de inspeções da Tabela 6.38 a Tabela 6.42, com o auxílio das fichas de métodos de inspeção e pontos a serem abrangidos da Tabela 6.33 a Tabela 6.37.

O programa de inspeção deverá ser aplicado às pontes rolantes e componentes críticos durante um período de 12 meses, conforme frequência e metodologia de inspeção do § 6.3 e § 6.4 (Tabela 6.33 a Tabela 6.37) , sendo que as pontes rolantes e componentes não consideradas críticas, ou seja, representativas de **risco baixo e médio** para a empresa, continuarão com seu programa de inspeção atual (convencional), conforme Anexo G. Após 12 meses deverá ser realizado novo estudo para determinação das novas pontes rolantes e componentes críticos.

6.7

Análise dos Resultados Futuros

Durante os respectivos 12 meses de aplicação do programa de inspeção, deverão ser preenchidas as planilhas de coleta de dados de falhas (Anexo H), para cada ponte rolante da empresa ThyssenKrupp Fundições Ltda.. Após este período determinar através do programa de inspeção baseado em risco as novas pontes rolantes críticas e componentes críticos que deverão ser priorizados nos próximos 12 meses subsequentes, conforme Figura 6.43 . No momento da nova análise qualitativa das pontes rolantes críticas, os valores de perdas de negócios deverão ser atualizados para compor os quatro níveis de consequência de ocorrência de falhas (COF) da matriz de risco qualitativa, levando em consideração a situação econômica atual da empresa (§ 3.6) e particularmente dos equipamentos em questão. Após um período de aplicação do programa de inspeção igual a 36 meses, prazo determinado em conjunto com a gerência de manutenção da ThyssenKrupp Fundições Ltda, deverão ser determinados novos níveis de frequência de ocorrência de falhas que irão compor os quatro níveis da matriz de risco.

Esta metodologia foi sugerida, tendo em vista que através das inspeções do novo programa de inspeção, os dados referentes às falhas dos componentes das pontes rolantes serão atualizados aos poucos, com maior riqueza de informações, proporcionada pela metodologia de inspeção do programa e experiência adquirida por parte da equipe de manutenção e inspeção de pontes rolantes. Após cada período de 12 meses de aplicação do programa de inspeção baseado em risco, o programa de inspeção convencional (atual) deverá ser otimizado através da aplicação das freqüências e metodologias de inspeção aplicadas às pontes rolantes e componentes críticos.

Outro aspecto técnico importante que deverá ser analisado com riqueza de detalhes são os mecanismos de danos dos componentes críticos, que deverão ser acompanhados e registrados na planilha de coleta de dados de inspeção (Anexo H), com o objetivo de estudar o progresso dos mesmos, o que auxiliará no refino da metodologia e freqüência de inspeção, bem como na tomada de decisão quanto às ações mitigadoras.

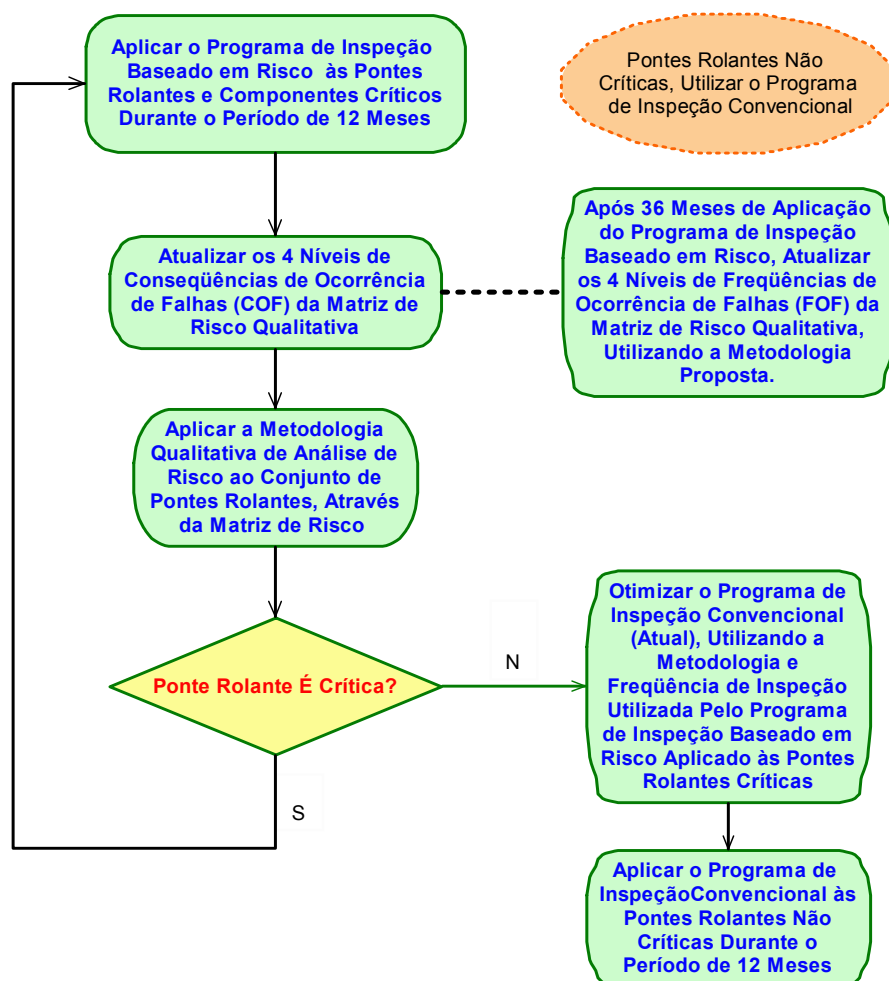


Figura 6.43 – Fluxograma de Análise dos Resultados Futuros