

Indicadores do desempenho de um equipamento sujeito à política de Manutenção Preventiva Sistemática (MPS)

Do cadastro de um determinado equipamento, conhecem-se as datas em que este parou – umas vezes por avaria outras vezes preventivamente – e arrancou depois de completadas as consequentes operações de manutenção. Pretendemos determinar as principais estatísticas do seu desempenho durante o período que figura no próximo Quadro (entre 28 de Agosto de 2018 e 13 de Fevereiro de 2019).

Ordem	Eventos	Datas	Observações
1	Início registos	28-ago-18	Já funcionava
2	MC (pára)	9-set-18	
3	Arranca	10-set-18	
4	MP (pára)	4-out-18	
5	Arranca	5-out-18	
6	MC (pára)	30-out-18	
7	Arranca	1-nov-18	
8	MC (pára)	11-nov-18	
9	Arranca	12-nov-18	
10	MC (pára)	5-dez-18	
11	Arranca	14-dez-18	
12	MC (pára)	2-jan-19	
13	Arranca	4-jan-19	
14	MP (pára)	22-jan-19	
15	Arranca	23-jan-19	
16	Hoje	13-fev-19	Está a funcionar

O regime em que este equipamento funcionou foi o seguinte: 12 horas/dia e 230 dias/ano.

- Qual foi a disponibilidade operacional do equipamento durante as últimas 1.200 horas?
- Quais são os parâmetros da distribuição de probabilidade Weibull de melhor aderência a estes dados?
- Se quisermos atualizar a periodicidade de MP sistemática para um rácio de $r = N_{(MC)} / (N_{(MC)} + N_{(MP)}) = 0,05$, qual deverá ser o seu valor (múltiplo de 10) em horas de funcionamento?
- Se uma intervenção de MP custar em média 150 € e uma intervenção de MC custar em média 450 €, qual será o custo de manutenção (€/100 horas) para uma periodicidade de manutenção preventiva sistemática de 170 horas?
- Se uma intervenção de MP durar em média 5 horas e uma intervenção de MC durar em média 30 horas, qual será a disponibilidade operacional para uma periodicidade de MPS de 170 horas?

Resolução

Ordem	Eventos	Datas	Momentos ajustados	Tempo entre manutenções (TTM _{pc})	Censuras	Tempo parado (TTR _{pc})
1	Início registos	28-ago-18	-		-	-
2	MC (pára)	9-set-18	91	91	S	
3	Arranca	10-set-18	98		-	8
4	MP (pára)	4-out-18	280	181	S	
5	Arranca	5-out-18	287		-	8
6	MC (pára)	30-out-18	476	189	-	
7	Arranca	1-nov-18	492		-	15
8	MC (pára)	11-nov-18	567	76	-	
9	Arranca	12-nov-18	575		-	8
10	MC (pára)	5-dez-18	749	174	-	
11	Arranca	14-dez-18	817		-	68
12	MC (pára)	2-jan-19	960	144	-	
13	Arranca	4-jan-19	975		-	15
14	MP (pára)	22-jan-19	1.112	136	S	
15	Arranca	23-jan-19	1.119		-	8
16	Hoje	13-fev-19	1.278	159	S	

Por exemplo, o momento de ordem 6 resultou do seguinte cálculo: $287 + (30 \text{ Out} - 05 \text{ Out}) \times 12 \times 230/365 = 476$ horas

a)

O momento mais remoto é $1.278 - 1.200 = 78$ horas. Logo, o período em análise inicia-se no registo de ordem 1 (28 de Agosto de 2018).

Mean Time To Maintenance (MTTM_{pc}) ou tempo entre intervenções de manutenção (umas correctivas e outras preventivas):

$$\text{MTTM}_{pc} = (1.200 - (8 + 8 + 15 + 8 + 68 + 15 + 8)) / 7 = 153,1 \text{ horas}$$

Mean Time To Recover (MTTR_{pc}) decorrente de uma paragem para MC ou MP:

$$\text{MTTR}_{pc} = (8 + 8 + 15 + 8 + 68 + 15 + 8) / 7 = 18,4 \text{ horas}$$

Disponibilidade operacional: $D = 153,1 / (153,1 + 18,4) = 89,29\%$

b) Recorrendo à aplicação EXCEL “Ajustamento Weibull-Bernard”¹ tratamos os TTF que constam na quinta coluna do Quadro anterior, censuramos os TTF de ordens 2, 4, 14 e 16, e obtemos:

$$t_0 = 0 \text{ horas}; \alpha = 2,666; \beta = 199,98 \text{ horas}$$

c) Recorrendo à aplicação EXCEL “Distribuição Weibull”¹ obtemos, para $F(t_p) = 0,05$:

$$t_p = 0 + 199,98 \times [-\ln(1-0,05)]^{(1/2,666)} = 65,64 \cong 60 \text{ horas}$$

d) Substituindo valores na próxima Expressão, ou recorrendo à aplicação EXCEL “MP óptima”¹, obtemos um custo de 207,01€/100 horas com uma probabilidade de falha até este prazo $F(t = 170) = 0,4772$ e vida média até à substituição de 111 horas.

$$C_{MP} = \frac{C_C \cdot F(t_p) + C_P \cdot [1 - F(t_p)]}{t_f \cdot F(t_p) + t_p \cdot [1 - F(t_p)]}$$

$$C_{MP} = [450 \times 0,4772 + 150 \times (1 - 0,4772)] / [111 \times 0,4772 + 170 \times (1 - 0,4772)] \times 100 = 207,01 \text{ €/100 horas}$$

e) Substituindo valores na próxima Expressão, ou recorrendo à aplicação EXCEL “MP óptima”¹, obtemos uma disponibilidade de 89,32% com uma probabilidade de falha de $F(t = 170) = 0,4772$ e vida média até à substituição de 111 horas.

$$D_{MP} = \frac{\bar{t}_f \cdot F(t_p) + t_p \cdot [1 - F(t_p)]}{t_f \cdot F(t_p) + t_p \cdot [1 - F(t_p)] + T_c \cdot F(t_p) + T_p \cdot [1 - F(t_p)]}$$

$$D = [111 \times 0,4772 + 170 \times (1 - 0,4772)] / \{[111 \times 0,4772 + 170 \times (1 - 0,4772)] + [30 \times 0,4772 + 5 \times (1 - 0,4772)]\} \times 100 = 89,32\%$$

¹ Aplicação constante no meu livro “Apoio à Decisão em Manutenção na Gestão de Activos Físicos”, 2014