

Caso “VIOLETA¹”

Gestão do *stock* de componentes que falham casualmente

Apresentação do caso

Uma empresa do sector alimentar dispõe de quatro linhas de produção. Cada uma destas linhas integra uma estufa onde se processa o tratamento bacteriológico dos diversos componentes que vão integrar os produtos finais.

O tratamento realiza-se em contínuo por meio de radiação ultravioleta emitida por lâmpadas dispostas ao longo do túnel de cada estufa. As lâmpadas das quatro estufas são todas iguais.

A gestão de lâmpadas sobressalentes tem sido realizada até à data de forma empírica, observando-se, com frequência, uma grande irregularidade do *stock* – picos muito altos intervalados com momentos de rotura. A empresa pretende acabar com este estado de coisas e pediu a nossa colaboração. Em concreto, a empresa pretende implementar um modelo de gestão económica de *stocks* adequado a este tipo de artigos. Vamos ajudar?

¹ Caso alterado constante no livro “Manutenção Centrada na Fiabilidade – Economia das Decisões”, Rui Assis, LIDEL, 1997, esgotado.

Recolha de dados

Depois de verificar que o consumo rondava algumas dezenas de unidades todos os meses e que o seu preço unitário era elevado, decidimos pela adequabilidade do modelo Q (revisão contínua) para a gestão deste componente das estufas. Precisamos, então, de calcular quais serão os valores adequados das duas variáveis de decisão: a quantidade económica de encomenda Q_{ee} e o ponto de encomenda PE .

O tratamento estatístico da vida das lâmpadas permitiu concluir que a sua vida pode ser descrita por uma distribuição exponencial negativa com uma média de 2.000 horas. Este facto justifica a inexistência de manutenção preventiva – as lâmpadas são substituídas apenas quando falham (manutenção correctiva).

Para não prejudicar a eficácia do tratamento bacteriológico, cada estufa é tolerante à falha de duas lâmpadas. Um sistema de monitorização automático avisa logo que a corrente eléctrica de alimentação das lâmpadas se reduz aquém de um valor limite – indiciador de que uma ou mais lâmpadas falharam (perderam rendimento ou fundiram).

O tempo de funcionamento de cada estufa é registado automaticamente. O tratamento dos dados dos últimos meses (mais representativos) permitiu conhecer os tempos diários médios.

Estufa	Nº de lâmpadas	Tempo médio de funcionamento (horas/dia)
A	30	5
B	30	9
C	50	7
D	40	7

Quadro 1 – Dados da composição e regime de funcionamento de cada estufa

Outros dados que considerámos pertinentes são os seguintes:

- Custo unitário: 50 €/lâmpada
- Custo de aprovisionamento: 80 €/encomenda
- Custo de posse do *stock*: 15%.ano
- Prazo de aprovisionamento: 1,5 meses
- Regime de laboração da fábrica: 25 dias/mês x 12 meses/ano

Como política de gestão de *stocks*, foi decidido enquadrar as lâmpadas dentro da classe de artigos para os quais se exige um nível de serviço de (pelo menos) 98%.

Resolução do caso

Cálculo do consumo médio

Em média, o conjunto das lâmpadas funciona:

$$\begin{aligned} \bar{T} &= (5 \times 30 + 9 \times 30 + 7 \times 50 + 7 \times 40) = 1.050 \text{ horas/dia} \\ \bar{T} &= 1.050 \times 25 = 26.250 \text{ horas/mês} \end{aligned}$$

Como a vida média de uma lâmpada é de 2.000 horas, o consumo médio mensal de lâmpadas \bar{D} será:

$$\bar{D} = 26.250 / 2.000 = 13,125 \text{ unidades/mês}$$

Cálculo da quantidade económica de encomenda

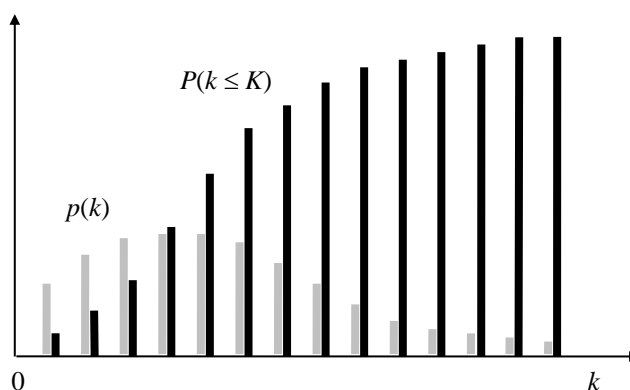
A quantidade económica de encomenda Q_{ee} é dada pela fórmula de Wilson. Como $\bar{D} = 13,125$ unidades/mês, vem:

$$\begin{aligned} Q_{ee} &= \sqrt{\frac{2 \cdot Ca \cdot \bar{D}}{i.c}} = \sqrt{[(2 \times 80 \times 13,125 \times 12) / (0,15 \times 50)]} = 57,96 \\ Q_{ee} &\cong 58 \text{ unidades} \end{aligned}$$

Cálculo do ponto de encomenda

Notemos que, neste caso, o tempo entre falhas das várias peças segue tipicamente uma distribuição contínua Exponencial negativa (conforme demonstrado na aplicação EXCEL “Simulador SSR em MC²”). Logo, a procura segue uma distribuição discreta de *Poisson*, pois estas duas distribuições são “duas faces da mesma moeda”.

Lembremos que o ponto de encomenda corresponde à quantidade que prevemos consumir durante o prazo de aprovisionamento (missão de 2 meses). Esta quantidade deverá ser suficiente em, pelo menos, 95% das vezes (nível de serviço $\delta \geq 95\%$). A Figura 2 ilustra esta situação.



Procura segundo uma Poisson

Figura 2 – Função discreta de Poisson: $p(k)$ probabilidade de serem necessárias k peças; $P(k \leq K)$ probabilidade de serem necessárias K ou menos peças

² Aplicação incluída no livro “Apoio à Decisão em Manutenção na Gestão de Activos Físicos”, Rui Assis, LIDEL, 2014.

A Expressão que traduz a lei de *Poisson* fornece directamente a dimensão do Ponto de Encomenda (*PE*).

Notar que, na perspectiva da fiabilidade, as quatro estufas encontram-se em série, isto é, a falha de qualquer delas implica a falha do sistema de gestão de materiais em análise – o que não é tolerado.



Calculam-se então os produtos ($n.\lambda.t$) das quatro estufas, isto é, a procura de lâmpadas durante o prazo de aprovisionamento (2 meses):

$$(n.\lambda.t)_A = 30 \times 1/2.000 \times (2 \times 25) \times 5 = 2,8125 \text{ unidades}$$

$$(n.\lambda.t)_B = 30 \times 1/2.000 \times (2 \times 25) \times 9 = 5,0625 \text{ unidades}$$

$$(n.\lambda.t)_C = 50 \times 1/2.000 \times (2 \times 25) \times 7 = 6,5625 \text{ unidades}$$

$$(n.\lambda.t)_D = 40 \times 1/2.000 \times (2 \times 25) \times 7 = 5,2500 \text{ unidades}$$

Calculamos depois o seu somatório:

$$\sum (n.\lambda.t) = 19,6875 \text{ unidades}$$

Ou, conforme já víramos anteriormente: $13,125 \text{ unidades/mês} \times 2 \text{ meses} = 26,25 \text{ unidades}$.

Recorrendo agora à Expressão de *Poisson* e começando com $k = 0$, obtemos: $P_{(k=0)} = 2,82.10^{-9} < 0,95$

Procedendo por tentativas (ou recorrendo à aplicação Distribuição *Poisson.XLSX*³), aumentando k de uma unidade de cada vez, encontramos, finalmente:

Distribuição *Poisson.XLSX*

$$P_{(k=26)} = 0,932334 < 0,95$$

$$P_{(k=27)} = 0,955032 > 0,95$$

Logo, o Ponto de Encomenda (ou nível de reaprovisionamento) deve ser $PE = 27$ unidades.

Cálculo do *stock* de segurança

Neste caso, o cálculo do *stock* de segurança não apresenta qualquer interesse prático, pois ele já está “contido” nas 27 unidades do ponto de encomenda. Podemos, contudo, calcular o seu valor.

O *stock* de segurança é igual à diferença entre aquelas 27 unidades e o consumo médio durante o prazo de aprovisionamento ($13,125 \text{ unidades/mês} \times 1,5 \text{ meses}$). Logo:

$$SS = PE - \bar{D}.L = 27 - 13,125 \times 1,5 = 7,3125 \cong 8 \text{ unidades}$$

³ Aplicação incluída no livro “Apoio à Decisão em Manutenção na Gestão de Activos Físicos”, Rui Assis, LIDEL, 2014.

Em conclusão, sempre que o nível do *stock* de lâmpadas de reserva atinja a quantidade mínima de 27 unidades, devemos encomendar 58 unidades as quais chegarão dentro de 1,5 meses, momento em que o *stock* terá atingido aproximadamente 8 unidades. Este procedimento encontra-se ilustrado na Figura 3.

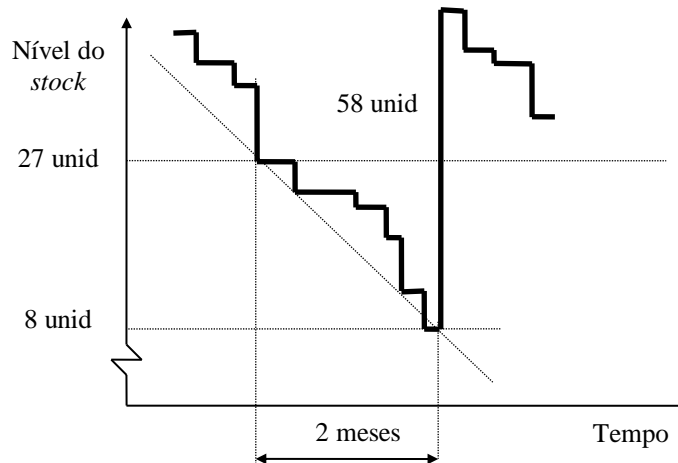


Figura 3 – Quando o nível do stock atinge 27 unidades encomendamos 58 unidades, as quais chegarão dentro de 1,5 meses

Exercício em computador

No EXCEL carregar o ficheiro VIOLETA.XLS. A aplicação desenvolve-se a partir da célula A1 no sentido descendente. As células apresentem diferentes cores:



- Caracteres a preto sobre fundo violeta claro para texto;
- Caracteres a azul sobre fundo azul claro para introdução de dados;
- Caracteres a magenta sobre fundo verde-claro para cálculos intermédios;
- Caracteres a vermelho sobre fundo amarelo para resultados.

Responda às seguintes questões:

1. Investigar qual a sensibilidade do *stock* de segurança a variações do prazo de entrega no intervalo $1,5 \pm 1$ mês;
2. Qual a sensibilidade do *stock* de segurança a variações do nível de serviço no intervalo 65 – 95%?
3. Até que limite teria de aumentar o risco de rotura para que o *stock* de segurança baixasse para apenas 1 unidade? E para 0 unidades?
4. Suponha que muda de tipo de lâmpadas e que as do novo tipo apresentam uma vida útil igual ou superior a 2.500 horas, quais deverão ser os novos parâmetros de gestão?

Questões