1) a) Entrada Markoviana e saída exp. => markoviana

$\therefore M/M/1/5/6/\infty/FIFO$. buffer = $J = 5$

b) $P_0 = \dfrac{1-\rho}{1-\rho^{J+2}}$

$\lambda = 3600\ pc/min = \dfrac{36\cancel{0}0\ pc}{6\cancel{0}\ s} \therefore \lambda = 60\ pc/s$

$\mu = 300\ Kbps = 300 \cdot 10^3 \dfrac{b}{s} = 300 \cdot 10^3 \cdot \dfrac{1}{4000}\ pc/s$

$1\ pc \equiv 4000\ b \Rightarrow 1\ b \equiv 1/4000\ pc$ $\therefore \mu = 75\ pc/s$

$\rho = \dfrac{\lambda}{\mu}$ → λ e μ SEMPRE na mesma unidade! $\therefore \boxed{\rho = 0{,}8}$

$\Rightarrow P_0 = \dfrac{1-0{,}8}{1-0{,}8^{5+2}}$ $\therefore \boxed{P_0 = 0{,}253}$

c) $P_K = \rho^K P_0$ → prob. de haver K pacotes no sistema

$P_3 = \rho^3 P_0$ $\therefore \boxed{P_3 = 0{,}129536}$

d) Sistema → a

d) Sistema => q

$$E[q] = \frac{\rho}{1-\rho} - \frac{(J+2)\rho^{J+2}}{1-\rho^{J+2}} \quad \therefore \underline{E[q] = 2{,}1424\ pc}$$

Pelo Teorema de Little para buffer finito:

$$E[t_q] = \frac{E[q]}{\lambda(1-P_B)}$$

↳ não sabemos

P_B: prob. de bloqueio => $P_B = P_{J+1} = P_6 = \rho^6 \cdot P_0$

$$\therefore \underline{P_B = 0{,}06632}$$

$$\therefore \underline{E[t_q] = 0{,}03824 = 38{,}24\,ms}$$

e) Processamento => serviço => s

$$E[t_s] = \frac{1}{\mu} \quad \therefore \underline{E[t_s] = 13{,}33\,ms/pc}$$

2) 3 atendentes e sem fila => M/M/m/0

=> M/M/3/0

Cálculo dos parâmetros:

$$\lambda = 20\,ch/h = \frac{20\,ch}{60\,min} = 0{,}333\,ch/min$$

$$E[t_s] = 3\,min = \frac{1}{\mu} => \mu = 0{,}333\,ch/min$$

$\rho = \lambda$ ∴ $\rho = 1$ => para filas M/M/m é comum a utilização ser

$\frac{\;}{\mu}$ elevada. A estabilidade é alcançada se $\frac{\rho}{m} < 1$, que acontece aqui.

a) Sem atendimento => 0 ch no sistema

$$P_0 = \frac{1}{\sum_{k=0}^{m} \frac{\rho^k}{k!}} = \frac{1}{\sum_{k=0}^{3} \frac{1^k}{k!}} = \frac{1}{\frac{1^0}{0!} + \frac{1^1}{1!} + \frac{1^2}{2!} + \frac{1^3}{3!}} \therefore \boxed{P_0 = 0{,}375}$$

b) Alguém não ser atendido => bloqueio

$$\Rightarrow P_B = P_m = P_3 = \frac{\rho^3}{3!} P_0 \therefore \boxed{P_B = 0{,}0625}$$

c) Call Center -> sistema -> q

$$E[t_q] = E[t_s] + \underbrace{E[t_w]}_{0}$$

já que o buffer é nulo

$$\Rightarrow \boxed{E[t_q] = E[t_s] = 3 \text{ min/ch}}$$

d) $E[q] = \rho(1 - P_B) \therefore \boxed{E[q] = 0{,}9375 \text{ ch}}$

3) a) Chegada -> Markoviana

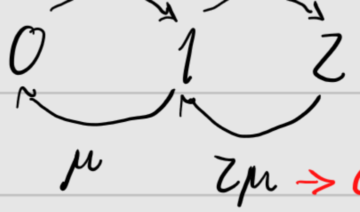
saída -> exp. negativa -> Markoviana

Capacidade/buffer nulo

2 servidores

$\therefore M/M/2/0/2/\infty/FIFO$

Diagrama:



→ crescente por possuir mais de um servidor.

b) $P_0 = \dfrac{1}{\sum_{k=0}^{m} \dfrac{\rho^k}{k!}}$

$\rho = \dfrac{\lambda}{\mu} \Rightarrow \lambda = 20\,ch/h \quad E[t_s] = 5\,min = \dfrac{1}{\mu} \Rightarrow \mu = 0{,}2\ ch/min$

$= \dfrac{20\ ch}{60\ min} \therefore \lambda = 0{,}333\,ch/min$

$\Rightarrow \rho = \dfrac{5}{3} > 1$ → Fila instável?

Não, apenas se $\rho/m > 1$

$\Rightarrow P_0 = \dfrac{1}{\dfrac{\rho^0}{0!} + \dfrac{\rho^1}{1!} + \dfrac{\rho^2}{2!}} \quad \therefore P_0 = 0{,}2466$

c) Ocupado ⇒ bloqueio

$P_B = P_m = P_2 = \dfrac{\rho^2}{2!} \cdot P_0 \quad \therefore P_B = 0{,}3425$

d) PABX é o sistema → q

$E[q] = \rho(1 - P_B) \quad \therefore E[q] = 1{,}0958\ ch$

Como $J = 0 \Rightarrow E[t_w] = 0 \quad \therefore E[t_q] = E[t_s] = 5\,min$

e) $E[w] = E[t_w] = 0$