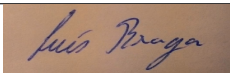
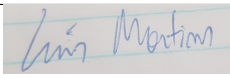
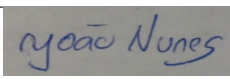
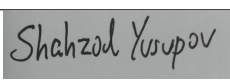


Modelos Estocásticos de Investigação Operacional

Trabalho Prático

(Problema de Gestão de Inventários)

Identificação do Grupo de Trabalho

<i><u>Número:</u></i>	<i><u>Nome completo:</u></i>	<i><u>Rubrica:</u></i>
82088	Luís Tiago Machado Braga	
82298	Luís Guilherme Gonçalves Macedo Da Silva Martins	
82300	João Filipe Da Costa Nunes	
82617	Shahzod Yusupov	

Data de entrega: 2019-05-12

Conteúdo

1	Introdução	3
2	Formulação e Descrição do problema do problema	4
2.1	Problema e dados imediatos	4
2.2	Dados calculados	4
3	Simulador	7
3.1	Parâmetros calculados	7
4	Análise de Resultados	10
5	Conclusão	12

1 Introdução

No âmbito da Unidade Curricular de Modelos Estocásticos de Investigação Operacional, foi proposto que se realizasse um trabalho prático cujo objectivo principal passaria por implementar, para o problema enunciado, usando uma folha de cálculo ou uma linguagem de programação, um modelo de simulação do funcionamento do sistema de gestão pretendido. Portanto, calcularam-se as medidas de desempenho que se acharam adequadas de forma a inferir a eficácia e a eficiência relativa das diversas instâncias da política de gestão. Ulteriormente, foi também simulado o funcionamento do sistema para conjuntos alternativos dos valores dos parâmetros s e S , e uma análise comparativa dos diferentes desempenhos.

Assim, o presente relatório abordará uma solução para apresentar à empresa mencionada, tendo em conta que, sendo o maior número do grupo 82617 considerar-se-á que, em quebra de inventário, a empresa incorre em situação de encomendas em carteira.

2 Formulação e Descrição do problema do problema

2.1 Problema e dados imediatos

A ProLab é uma empresa que fabrica reagentes químicos usados por clínicas laboratoriais. Esta empresa pretende saber qual a forma mais eficiente de gerir o stock de um dos seus reagentes químicos usando uma política (s,S).

Relativamente ao problema são dados os seguintes dados:

Dados relativos a 2018:

- Procura média:
 - $[1, 16]$ semanas = 419.1 caixas
 - $[17, 28]$ semanas = 554.2 caixas
 - $[29, 50]$ semanas = 334.6 caixas
- 1 ano = 50 semanas úteis
- Ao longo dos últimos 3 anos a procura anual tem subido 3.8%/ano
- Coeficiente de variação dos valores semanais = 8.7%

Dados relativos a 2019:

- Custo de fabrico = 96.5 €/caixa
- Preço de venda = 120 €/caixa
- Custo fixo de produção de lote = 900 €
- taxa de juro anual de posse de inventário = 18%
- Custo de quebra = $20 + 2 * d_1 = 20 + 2 * 7 = 34$ €/caixa
- Prazo de entrega = 1 ou 2 semanas, com probabilidade de 0.6 e 0.4, respectivamente.
- Política de gestão do tipo (s,S) com ciclo de 2 semanas.

2.2 Dados calculados

Com a finalidade de preparar a simulação foram calculados um conjunto de valores para além dos dados, de forma imediata, pelo enunciado.

Todos os dados retirados do problema foram colocados numa folha de cálculo.

i (semanal):	0.0036			
b:	96.5	€ / caixa		
v:	120	€ / caixa		
C1 (semanal):	0.3474	€		
C2:	34	€ / caixa		
C3:	900	€		
t:	2			
Intervalo de semanas (2018)	Procura			
[1,16] semanas	419.1	caixas		1 ano - 50 semanas
[17,28] semanas	554.2	caixas		
[29,50] semanas	334.6	caixas		
coef_var	0.087			
Tendência	0.038			

Figura 2.1: Dados do enunciado.

Calculou-se depois a média da procura. Usando a seguinte fórmula:

$$Procura\ Média_{2018} = \frac{Procura_{[1,16]}*16 + Procura_{[17,28]}*13 + Procura_{[29,50]}*22}{50} = \frac{419.1*16 + 554.2*13 + 334.6*22}{50} = 414.344$$

caixas

Averiguaram-se depois os valores da tendência e procura relativos a 2019.

Fórmula da tendência:

$$Tendência_{[inicio, fim]} = Procura\ Média_{2018} * (1 + ((inicio + fim)/2/50) * Tendência)$$

Fórmula da procura:

$$Procura_{[inicio, fim]} = (Procura_{[inicio, fim]2018} - Procura\ Média_{2018}) + Tendência_{[inicio, fim]}$$

Intervalo de semanas (2019)	Valores Tendência	Procura
[1,16] semanas	417.0206622	421.7766622
[17,28] semanas	421.4292824	561.2852824
[29,50] semanas	426.7826069	347.0386069

Figura 2.2: Resultados da tendência e procura.

Determinou-se depois o desvio padrão para cada período de tempo.

Fórmula do desvio padrão:

$$Desvio\ Padrão_{[inicio, fim]} = coef_var * Tendência_{[inicio, fim]}$$

Desvio Padrão (2019)	
[1,16] semanas	36.28079761
[17,28] semanas	36.66434757
[29,50] semanas	37.1300868

Figura 2.3: Resultados do desvio padrão.

De todos os cálculos efectuados deduziram-se as seguintes distribuições para os períodos de 2019:

$$\begin{aligned}
Procura_{[1,16]} &\sim \mathcal{N}(421.7767, 36.2808). \\
Procura_{[17,28]} &\sim \mathcal{N}(561.2863, 36.6643). \\
Procura_{[29,50]} &\sim \mathcal{N}(347.0386, 37.1301).
\end{aligned}$$

3 Simulador

Para a implementação do simulador optou-se pela ferramenta de cálculo *Excel*, da *Microsoft*. Que pareceu ser a mais adequada, quer a nível estético, quer em termos de rapidez na geração da solução, pois é um utensílio próprio para a resolução deste tipo de problemas.

3.1 Parâmetros calculados

A seguir apresentam-se elencadas as colunas presentes no Excel em anexo seguidas da fórmula usada para o seu cálculo.

Período (t) - número de semanas (50) de 2019. Portanto $t \in \{1, 50\}$.

Stock Atual - Quantidade de stock existente numa determinada semana. Sendo para tal necessário determinar se na dada semana existe alguma entrega de encomenda, nesse caso, é necessário somar o valor existente na coluna do cálculo de encomenda referente à receção da encomenda na dada semana, sendo para tal necessário consultar a coluna 4 (Cálculo de encomendas) conjugado com a coluna que indica quando é que as encomendas são recebidas. De seguida, é apenas necessário fazer a diferença do stock atual da semana anterior com a procura de produto na dada semana. O mecanismo explicado da encomenda, aplica-se em conjugação com o cálculo explicado anteriormente, caso o aux da receção na dada semana assim o indique. Fórmula:

$$Stock\ Atual_{[t]} = IF(Aux\ Receção_{[t]} = 1, INDIRECT(ADDRESS(ROW(Stock\ Atual_{[t]}) - Prazo\ de\ entrega\ da\ receção_{[t]}, Calculo\ Encomendas_{[t]})) + Stock\ Atual_{[t-1]} - Procura_{[t]}, Stock\ Atual_{[t-1]} - Procura_{[t]})$$

Teste Encomenda - Coluna que indica se é necessário realizar uma encomenda. Verifica se é uma semana par (uma vez que $t == 2$ semanas) e depois verifica se o stock atual é menor que o nível de referência (s). Fórmula:

$$Teste\ Encomenda_{[t]} = AND(Stock\ Atual_{[t]} < s_{inicial}, MOD(t, Intervalo\ de\ Revisão) = 0)$$

Cálculo Encomenda - Calcula a quantidade a encomendar. Fórmula:

$$Calculo\ Encomenda_{[t]} = S - Stock\ Atual_{[t]}$$

Encomenda - Indica a quantidade a encomendar. Fórmula:

$$Encomenda_{[t]} = IF(Teste\ Encomenda_{[t]} = TRUE(), ROUND(S_{[t]}, 3), "-")$$

Receção - Indica a quantidade de produto que chegou.

Fórmula:

$$Receção_{[t]} = IF(Aux_{[t]} = 1, CONCATENATE("Receção : ", ROUND(INDIRECT(ADDRESS(ROW(Aux Receção_{[t]}) - Prazo de entrega da receção_{[t]}, S_{[t]})), 3), "unidades"), "-")$$

Aux Receção - Verifica se há encomenda na semana em questão.

Fórmula:

$$Aux\ Receção_{[t]} = IFERROR(VLOOKUP(ROW(Encomenda_{[t]}), Aux\ Prazo de Entrega_{[t-3]} : Aux\ Prazo de Entrega_{[t-1]}, 1, 0)/ROW(Encomenda_{[t]}), 0)$$

Prazo de entrega da receção - Quantidade de semanas que uma encomenda demora a chegar desde a realização da sua encomenda até à sua chegada.

Fórmula:

$$Prazo\ de\ entrega\ da\ receção_{[t]} = IFERROR(IF(MATCH(ROW(Encomenda_{[t]}), Aux\ Prazo de Entrega_{[t-3]} : Aux\ Prazo de Entrega_{[t-1]}, 0) = 2, 2, IF(MATCH(ROW(Encomenda_{[t]}), Aux\ Prazo de Entrega_{[t-3]} : Aux\ Prazo de Entrega_{[t-1]}, 0) = 3, 1, 0)), 0)$$

Prazo de entrega - Determinado consoante os valores gerados no **Random Prazo**. Poderá ter como resultado uma ou duas semanas.

Fórmula:

$$Prazo\ de\ entrega_{[t]} = IF(Random\ Prazo_{[t]} \leq 0.6, 1, 2)$$

Aux Prazo de Entrega - Indica a linha de Excel na qual se vai receber o pedido.

Fórmula:

$$Aux\ prazo\ de\ entrega = IF(Teste\ Encomenda_{[t]} = TRUE(), (t + Prazo\ de\ Entrega_{[t]} + 2), 0)$$

Random Prazo - Geraram-se valores aleatórios para se determinar o prazo de entrega (1 ou 2 semanas). Por exemplo, caso seja menor que 0.6 o prazo de entrega é de uma semana, caso contrário é de 2.

Fórmula:

$$Random\ Prazo_{[t]} = Rand()$$

Procura Random - Tem por base os intervalos de semana identificados no enunciado e a o desvio padrão das normais previstas para o ano 2019. Onde, tomando o exemplo das primeiras 16 semanas de 2019 e tendo por base esse valor da normal é possível inferir que a procura irá ter o seguinte intervalo de desvio $[-36.2808, 36.2808]$. O mesmo princípio se aplica para os restantes intervalos de semanas.

Fórmula:

$$Procura\ Random_{[t]} = RANDBETWEEN(-\sigma, \sigma)$$

Procura - Utiliza-se para o cálculo da procura semanal a média descoberta através dos cálculos necessários para descobrir as normais para o ano de 2019. Onde esta varia consoante a diferença da média com os valores gerados pela **Procura Random** e com, obviamente, os diferentes intervalos de semanas identificados no enunciado do trabalho.

Fórmula:

$$Procura_{[t]} = \mu + Procura\ Random_{[t]}$$

Total Encomendas Acumuladas - Contabiliza o número de encomendas feitas até ao momento.

Fórmula:

$$Total\ Encomendas\ Acumuladas_{[t]} = IF(Teste\ Encomenda_{[t]} = TRUE(), 1 + Total\ Encomendas\ Acumuladas_{[t-1]}, Total\ Encomendas\ Acumuladas_{[t-1]})$$

Quebra Acumulada - Contabiliza o número de quebras até ao momento em questão.

Fórmula:

$$Quebra\ Acumulada_{[t]} = IF(Stock\ Atual_{[t]} \leq 0, 1 + Quebra\ Acumulada_{[t-1]}, Quebra\ Acumulada_{[t-1]})$$

Unidades Quebra - Número de caixas em quebra.

Fórmula:

$$Unidades\ Quebra_{[t]} = IF(Stock\ Atual_{[t]} < 0, ROUND(ABS(Stock\ Atual_{[t]}), 0), 0)$$

Custo Total - Despesas da semana em questão.

Fórmula:

$$Custo\ Total_{[t]} == C1 * Stock\ Atual_{[t]} + C2 * Unidades\ Quebra_{[1]} + C3 * (1/tempo\ de\)revisão$$

4 Análise de Resultados

Após a criação do simulador sucedeu-se a procura pelos valores óptimos de s e de S .

Para tal utilizamos o parâmetro **Balanço** de forma a medir o sucesso da simulação.

Começou-se por considerar os valores iniciais de (s,S) e foi-se incrementando e registando os valores de balanço, cujo objectivo é maximizar. Obtendo-se a seguinte tabela:

(s,S)	Balanço
(600, 1400)	400023.8484
(650, 1450)	423600.4203
(700, 1500)	444797.378
(750, 1550)	451705.0741
(800, 1600)	464168.561
(850, 1650)	460457.0585
(900, 1700)	463810.9216
(950, 1750)	470317.5844
(1000, 1800)	465034.7134
(1050, 1850)	462675.3417
(1100, 1900)	461914.0044
(1150, 1950)	465145.5194
(1200, 2000)	465571.9054
(1250, 2050)	466715.6578
(1300, 2100)	466729.6936
(1350, 2150)	462431.4796
(1400, 2200)	458278.02
(1450, 2250)	460247.0518

Figura 4.1: Resultados obtidos.

Partindo desta tabela criou-se um gráfico de forma a facilitar a análise dos resultados obtidos.

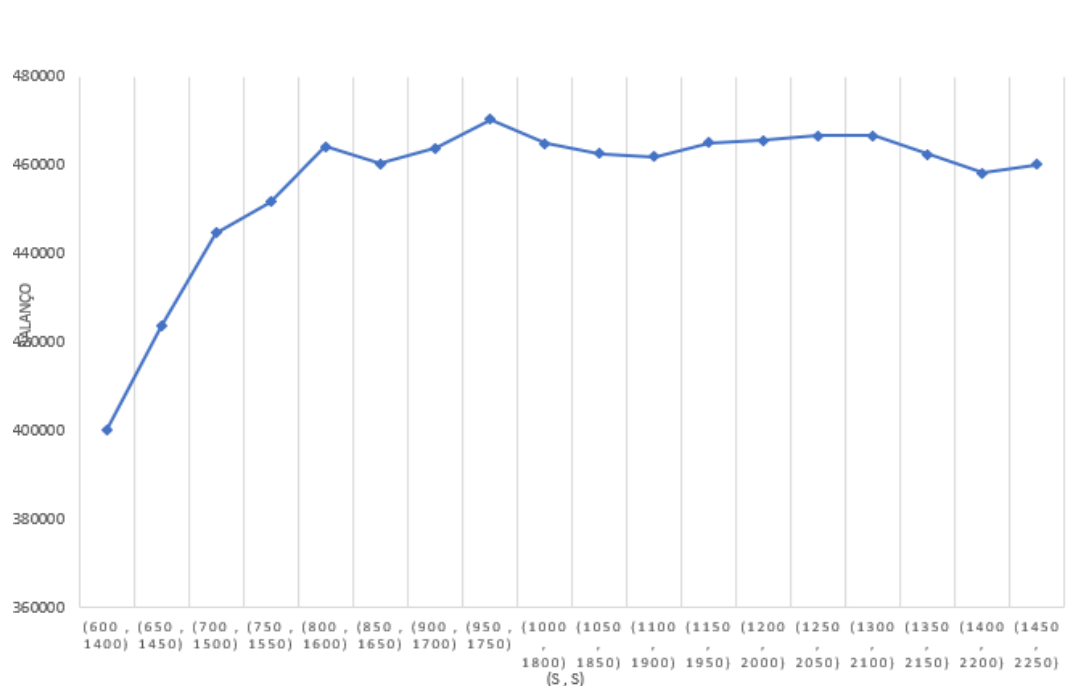


Figura 4.2: Gráfico resultante da relação entre (s,S) e o balanço.

Depois de analisar o gráfico verifica-se que o valor máximo do Balanço atinge-se quando (950 , 1750). Isto significa que a empresa deve fazer encomendas no valor máximo de 1750 caixas e só deve realizar essas encomendas caso o stock seja inferior a 950 caixas.

É possível também obter as seguintes estatísticas, das quais se verifica que o stock médio é de cerca de 742 caixas, serão feitas 18 encomendas e haverão 0 ou 1 quebras.

Estatísticas Sobre a Simulação	50 semanas
Stock Médio	741.780862
Nº Encomendas	18
Nº Quebras	1
Quantidade Vendas	20671.9233
Custo Armazenamento	257.6946715
Lucro de Vendas	485790.1976
Balanço Total	470012.414

Figura 4.3: Gráfico resultante da relação entre (s,S) e o balanço.

5 Conclusão

Tendo em conta o objectivo deste trabalho, isto é, a implementação de um modelo e simulação do funcionamento do sistema de gestão pretendido, tendo em vista determinar o conjunto de valores (s,S) óptimos para aplicar na gestão da empresa, poder-se-á dizer que o grupo cumpriu as metas estabelecidas.

Durante a realização do simulador, o grupo de trabalho deparou-se com algumas dificuldades e incertezas relativas à implementação da situação de encomendas em carteira, dificuldades essas que foram ultrapassadas. Contudo, na presente simulação existem limitações como, por exemplo, não existe limite de espaço de armazenamento, capital ilimitado para investimento, número ilimitado de encomendas por unidade de tempo e preparação de encomendas quase instantâneo. Mais uma vez, todos estes factores são restritivos, uma vez que facilitam/tornam irrealista a simulação efectuada.

Assim, a realização deste trabalho foi bastante importante no sentido que nos permitiu adquirir e consolidar vários conhecimentos relativos a esta temática de gestão de stocks.