

# Índice

<b>Índice</b>	<b>1</b>
<b>1 Introdução</b>	<b>2</b>
<b>2 Descrição do Problema</b>	<b>2</b>
2.1 Geração e Utilização de valores . . . . .	2
2.2 Perdas de Vendas ou Encomendas em Carteira . . . . .	3
<b>3 Formulação do Problema</b>	<b>4</b>
3.1 Variáveis Constantes e Valores Calculados . . . . .	4
3.2 Estatísticas Calculada . . . . .	6
3.3 Valores iniciais . . . . .	7
<b>4 Análise de Resultados</b>	<b>7</b>
<b>5 Conclusão</b>	<b>9</b>
<b>6 Folha de Excel</b>	<b>10</b>

## 1 Introdução

No âmbito da unidade curricular *Modelos Estocásticos de Investigação Operacional* foi proposto pelos docentes a realização de um trabalho prático experimental de Gestão de Inventários-Simulação de uma Política  $(s,S)$  que tem por objetivo simular o funcionamento do sistema de gestão enunciado. Será feita ainda uma análise comparativa do desempenho do sistema para diferentes valores dos parâmetros  $(s,S)$ .

Neste caso, estamos perante uma empresa de fabrico de reagentes químicos usados em laboratórios clínicos. A política adoptada por esta empresa é semelhante à do Ciclo de Encomenda. Através da diferença entre o nível máximo estabelecido "stock em mão disponível", são determinadas as quantidades a encomendar ao fornecedor. Assim, ao longo deste relatório iremos apresentar todas as estratégias e considerações que foram tidas na realização e implementação da solução do enunciado proposto.

## 2 Descrição do Problema

O problema estudado neste trabalho assenta na gestão de inventários da empresa ProLab que fabrica reagentes químicos usados pelas análises clínicas. A política  $(s,S)$  funciona tal como a de Ciclo de Encomenda, em que ao fim de cada período de tempo  $t$  são realizadas encomendas ao fornecedor e a quantidade a encomendar é definida nesse momento. Contudo, esta difere na medida em que no final do período  $t$ , a encomenda só é efetivamente realizada se o "stock em mão" for estritamente inferior a um nível de referência preestabelecido  $s$ .

Assim, pretende-se elaborar um modelo de simulação do funcionamento do sistema de gestão, utilizando esta política. E por fim, simular o funcionamento do sistema para um conjunto alternativo de valores dos parâmetros  $s$  e  $S$ .

### 2.1 Geração e Utilização de valores

De forma a resolver este problema, começamos por analisar o enunciado, retirando os dados necessários.

- **Procura (R)** - No ano de 2018 o reagente possuía uma procura de 419.1 caixas por semana durante as primeiras 16 semanas, de 554.2 durante as semanas de 17 a 28 e 334.6 nas restantes 16 semanas. Como ao longo dos anos a procura sofre

um aumento de 3.8%, é possível obter as procuras correspondentes ao presente ano. É ainda necessário ter em atenção o facto de a procura ser variável. Assim, a procura é de  $435.03 \pm 37.85$ ,  $575.26 \pm 50.05$  e  $334.60 \pm 30.22$ , respetivamente.

- **Prazo de Entrega (l)** - De acordo com o enunciado, o prazo de entrega pode ser de 1 ou 2 semanas com probabilidades de 0.6 e 0.4, respetivamente. Deste modo, para obter o seu valor geramos um valor aleatório entre 0 e 1, recorrendo à função *ALEATÓRIO()* do *Excel*. Na eventualidade do valor gerado ser superior a 0.4 o prazo de entrega será de 1 semana, caso contrário será de 2 semanas.
- **Custo de Fabrico (b)** - O custo de fabrico deste reagente é de 96.5 euros, isto representa o preço que cada caixa custa à empresa.
- **Preço de Venda (v)** - O custo de venda deste reagente é de 130.0 euros.
- **Taxa de juro pela posse de inventário (i)** - A taxa de juro anual correspondente à posse de inventário é de 18% .
- **Custo de Posse de Inventário (C1)** - O custo de posse de inventário é de 17,37 euros ( $96.5 \times 0.18$ ).
- **Custo de Quebra (C2)** - O custo de cada quebra é de 24 euros, obtido através da fórmula ( $20 + 2 \times d1$ ).
- **Custo de encomenda (C3)** - O custo de encomenda é de 900 euros.

## 2.2 Perdas de Vendas ou Encomendas em Carteira

Em caso de quebra de inventário a empresa poderá incorrer em situação de perdas de vendas ou em situação de encomendas em carteira, dependendo do maior número mecanográfico. No primeiro caso, se a procura numa determinada semana não for satisfeita devido à falta de inventário a empresa terá de pagar um custo de quebra por cada caixa que não se encontrava disponível. No outro, quando a procura numa semana não for satisfeita por falta de inventário o cliente espera até aos seus produtos estarem disponíveis, contudo a empresa terá custos adicionais, que será o custo de quebra por cada semana de atraso de cada caixa.

Tendo em conta que o penúltimo dígito do maior número mecanográfico é par, no nosso caso a empresa irá incorrer em situação de perda de vendas.

### 3 Formulação do Problema

Uma vez realizada a análise do problema, foi necessário desenvolver uma solução capaz de responder ao requerido no enunciado. Para calcular os valores necessários, utilizamos uma folha de cálculo *Excel*, dado que esta permite representar com facilidade dados e fórmulas matemáticas. Assim, foi necessário declarar previamente todas as variáveis apresentadas anteriormente na folha.

#### 3.1 Variáveis Constantes e Valores Calculados

- **Semana** - Começa na semana 0, que corresponde aos valores iniciais e identifica uma semana das 50 semanas da simulação.
- **Procura** - Referente à procura semanal do produto, que foi calculada tendo em conta a procura no ano anterior. A procura teve um aumento de 3.8% relativamente ao ano anterior, e sofre uma variação que é obtida através do coeficiente de variação e da média da procura. Assim, recorreremos à fórmula *procura ano anterior \* 1.038 + random(Procura)*.
- **Período Revisão** - O período de revisão é constante, de duas semanas, é inicializado em 1 diminuindo na semana seguinte para 0, sendo possível encomendar e o prazo é reiniciado.
- **Quantidade Quebrada** - Corresponde à quantidade de caixas em quebra, ou seja, a quantidade da procura que não foi satisfeita. Assim, esta é o resultado da diferença entre o stock existente nessa semana e a procura na mesma. Este valor é apresentado em absoluto.
- **Quantidade Vendida** - Corresponde à procura menos a quantidade quebrada.
- **Encomendar** - Indica se ao final do período  $t$  se deve fazer uma nova encomenda ou não. Para tal, quando o período de revisão é 0, verificamos se o stock da semana anterior é inferior ao nível de referência. Caso seja, é indicado VERDADEIRO, e deverá se efetuar uma encomenda. Senão é indicado FALSO, pelo não será efetuada uma encomenda.
- **Encomenda** - Caso o valor da coluna anterior seja VERDADEIRO irá se realizar uma encomenda. Sendo FALSO é necessário verificar o valor do prazo residual e

na eventualidade de ser 0, é repostado o stock. Ou será necessário aguardar pela chegada da encomenda. Assim, esta coluna poderá indicar:

- Encomenda  $x$ : quando é feita uma encomenda de quantidade  $x$ , valor que é calculado na coluna *Valor Encomenda*.
- Aguardar: espera pela chegada da encomenda.
- Repõe  $x$ : reposição do stock com quantidade  $x$ .
- **Prazo Residual** - Caso seja realizada uma encomenda e o valor da coluna *Encomendar* seja VERDADEIRO é criado o prazo residual dessa encomenda que tem por base o valor aleatório obtido na coluna *Random(Prazo)*. Caso este valor seja superior a 0.4, o valor do prazo residual será de 2, caso contrário será 1. Se o valor da coluna *Encomendar* for FALSO então decrementamos o valor do prazo residual da semana anterior.
- **Stock** - Para obter o valor do stock é necessário calcular a diferença entre o stock da semana anterior e a procura nessa semana. Contudo é preciso ter em consideração o prazo residual. Caso seja 0, houve reposição do stock pelo que é necessário somar a quantidade de encomenda recebida.
- **Random(Prazo)** - Nesta são gerados valores aleatórios, recorrendo à função *ALEATÓRIO()* entre 0 e 1, que irão permitir definir o valor do prazo residual.
- **Random(Procura)** - Nesta são gerados valores aleatórios, recorrendo à função *ALEATÓRIO()* que terá em conta o desvio padrão que depende do período em questão. Na primeiras 16 semanas o valor estará entre -37.8476 e 37.8476, nas semanas de 17 a 28 o valor aleatório irá variar de -50.0476 e 50.0476, nas restantes será entre -30,2159 e 30,2159. Para a obtenção dos valores do desvio padrão para cada um dos periodos tivemos por base a informação do enunciado de que o coeficiente de variação (desvio padrão a dividir pela média) tem sido de 8.7%.
- **Valor Encomenda** - Indica o valor a encomendar recorrendo à diferença entre entre  $S$  e o stock existente nessa semana, caso tenha sido realizada uma encomenda.

O valor de  $S$  foi obtido recorrendo à seguinte fórmula:

$$S = \sqrt{\frac{2rC_3}{C_1}} + s - \frac{rt}{2}$$

Tendo em conta que existe variação na média da procura durante o ano, existindo assim três diferentes períodos, as 16 primeiras semanas, as semanas de 17 a 28 e as restantes semanas do ano, foram calculados 3 diferentes S.

É importante referir que consideramos um período de transição de duas semanas, ou seja, aplicamos a nova política nas duas semanas anteriores ao início da mesma de modo a não chegarem encomendas realizadas numa política diferente.

### 3.2 Estatísticas Calculada

- **Número de Quebras** - Corresponde ao número de vezes que o stock ficou abaixo de 0.
- **Stock médio** - É obtido através da média da coluna do stock.
- **Número de encomendas** - Retrata o número de encomendas realizadas.
- **Quantidade Total Vendida** - Representa a quantidade total de caixas vendidas e é obtida somando a coluna da quantidade vendida.
- **Quantidade Total Quebrada** - É calculada somando a coluna da quantidade quebrada.
- **Custo Total de Armazenamento** - Representa o custo médio de armazenamento, este é obtido multiplicando o custo de armazenamento (C1) pelo stock médio.
- **Custo Total de Quebra** - Retrata o custo médio de quebra, que é calculado multiplicando o custo de quebra (C2) pelo número de quebras verificadas.
- **Custo Total de Encomenda** - É o custo médio de encomenda, que é obtido pela multiplicação do custo de encomenda (C3) pelo número de encomendas realizadas.

- **Lucro de Venda** - Representa o lucro obtido através das vendas, este é calculado, multiplicando a diferença entre o custo de venda e o custo de fabrico, pelo número de unidades vendidas.
- **Lucro Total** - Representa o lucro total feito pela empresa. Este pode ser obtido através da subtração do lucro das vendas pelo somatório dos custos (posse, encomenda e quebra).

### 3.3 Valores iniciais

- **Stock Inicial** - Definimos que o stock seria um valor entre o S e o s, pelo que é gerado um valor aleatório entre os mesmos, recorrendo à função *ALEATÓRIO-ENTRE()* do *Excel*.
- **Período de revisão inicial** - O período de revisão é de 2 semanas.

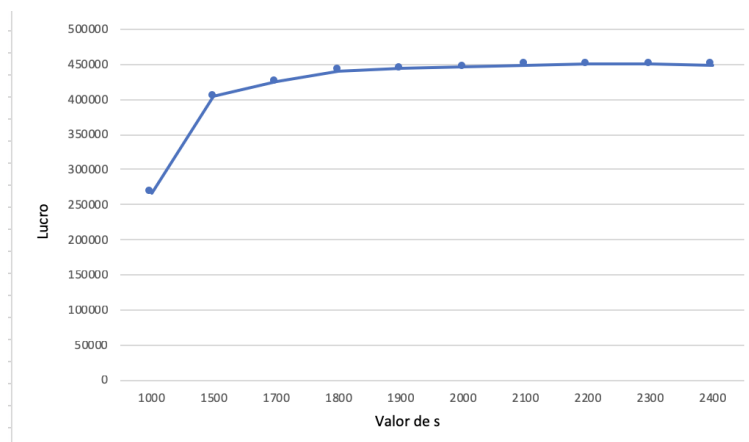
## 4 Análise de Resultados

Após a realização da primeira parte do trabalho, foi então necessário simular o funcionamento do sistema de forma a encontrar os valores mais recomendados a utilizar. De modo maximizar o lucro obtido pela empresa, escolheu-se o mesmo como parâmetro, de forma a variar o conjunto de valores (s,S) de acordo com este objetivo pretendido. Desta forma, iremos variar o valor de s e por sua vez, o valor de S dado que este é obtido através da fórmula anteriormente apresentada que recorre a s. Assim, realizamos 25 simulações para cada valor de s, variando este manualmente, obtendo os valores apresentados:

Valor de s	Média	Simulação1	Simulação2	Simulação3	Simulação4	Simulação5	Simulação6	Simulação7	Simulação8	Simulação9	Simulação10
1000	266462,88	207164,8	283366,5	225570,9	256277,8	310830,4	274467,4	247491,8	214940,3	280379,5	287715,1
1500	403856,95	399249,3	385018,5	368812,9	395282,3	448880,4	405753,3	407682,6	371055,5	468456	388645,7
1700	424471,3	427290,1	437852	435791,7	427317,2	446482	425198,3	394454,4	411427,1	431444,4	411802,4
1800	440355,14	449118,5	424637,3	439365,2	440773,9	467835,2	444762,3	427261,4	438617,5	433245,8	453245,6
1900	443461,28	453536	438899,7	471828,2	426452,2	451748,5	428296,4	432490,5	442592,2	447919,6	453514,3
2000	445499,5	447878,8	459830,4	427578,2	460627	428989,7	444427,9	442599,2	448460,4	456653,2	449935,4
2100	448747,74	448924,6	445365,1	445937,7	460087,2	453414	453532,1	447725,1	446192,4	459349,1	444869,9
2200	450526,22	457362	453918,5	455832,2	452550,4	465364,7	440596,7	446344,8	452505,9	448546,4	434713
2300	450060,01	439025,1	451208,7	457798,9	460588	445473,2	448112,7	462195,5	454987,4	440821,7	455349,1
2400	448635,62	451971,9	440864,5	449310,5	453022,7	448778,1	440649,6	455443,8	448081,8	449841,5	449373,6

**Figura 1.** Dez primeiras simulações para os s respetivos

Com estes valores de s e as respetivas médias dos lucros das 25 simulações, obtemos o gráfico:



**Figura 2.** Gráfico dos valores obtidos através das diversas simulações

Por análise do gráfico é possível concluir que o lucro máximo é obtido se  $s$  for igual a 2200. Assim, teremos  $S$  com valores de 3266, 3351 e 3194 depende do período em que a empresa se encontra. Isto significa que a empresa deve manter um stock de 2200 variando o limite de stock máximo conforme o período de tempo em questão. Não se espera que existam quebras e a empresa fará um total de 12 encomendas. Desta forma, espera-se que o lucro obtido seja cerca de 450526,22€.

$S =$	3266 unidades			
$S =$	3351 unidades			
$S =$	3194 unidades			
$s =$	2200 unidades			
Nº Quebras	Nível médio	Nº Encomendas	Qt Vendida	Qt Quebrada
0	2378,808273	12	21148,7	0

**Figura 3.** Estatística prevista para as 50 semanas



## 5 Conclusão

O objetivo deste trabalho prático passava por implementar um modelo de simulação do funcionamento do sistema de gestão pretendido e, a partir daí, determinar o conjunto ou conjuntos de valores (s,S) mais recomendados para aplicar na empresa ProLab.

Desta forma, à medida que fomos elaborando o simulador, deparamo-nos com algumas dificuldades e incertezas relativas a alguns pontos, tais como gerir a questão de diferentes procuras ao longo do ano. No entanto, depois de alguma dedicação conseguimos ultrapassar estas dificuldades e elaborar um simulador que correspondia à política em questão.

De seguida, através das várias simulações e análise das mesmas conseguimos chegar aquela que achamos ser a solução que melhor se ajusta às necessidades da empresa, as quais passam por minimizar todo o custo relativo à gestão do stock.

Em suma, a realização deste trabalho foi bastante importante no sentido que nos permitiu adquirir os vários conhecimentos relativos a esta temática que é a gestão de stocks.

## 6 Folha de Excel

[illegible]

**Figura 4.** Simulação do funcionamento do sistema