

Modelos Estocásticos de Investigação Operacional

Trabalho Prático

(Problema de Gestão de Inventários)

Identificação do Grupo de Trabalho

<u>Número:</u>	<u>Nome completo:</u>	<u>Rubrica:</u>
A80874	João Pedro Torres Pimentel	João Pimentel
A78352	Bruno Cruz Veloso	Bruno Veloso
A80142	Carolina Alves Cunha	Carolina Cunha
A80757	Jaime Ricardo Faria Leite	Jaime Leite

Data de entrega: 2019-05-12

Conteúdo

1	Introdução	4
2	Descrição do Problema	5
3	Formulação do Problema	6
4	Considerações e Simplificações	7
5	Implementação e Execução do Modelo	8
6	Análise Estatística	9
6.1	Quebras	9
6.2	Lucros	10
6.3	Custos	11
7	Conclusões e Recomendações	12
8	Anexos	13

Lista de Figuras

1	Simulação de Quebras	10
2	Simulação de Lucros	11
3	Simulação de Custos	11
4	Folha de Cálculo da Alínea 1	14

1 Introdução

O estudo da previsão de inventários e a gestão dos mesmos permite às empresas ter uma percepção em tempo real das necessidades atuais e futuras de material a requisitar e a armazenar. Desta forma, garante-se a existência de *stock* para fornecer os clientes, não culminando num armazenamento de quantidades descabidas, que tornariam o negócio menos lucrativo ou mesmo impossível em termos de custos.

Assumindo que é crucial conseguir suportar as despesas relativas aos fornecedores e que estas unidades monetárias provêm dos clientes, é notório que a cadeia fornecedor-cliente funcione de forma oleada para que o negócio se mantenha.

O objetivo deste projeto é adquirir competências relativas a gestão de inventários. Assim, serão analisados vários cenários possíveis dentro do panorama de uma empresa, tendo sido este atribuído no enunciado. Com este estudo, é pretendido concluir qual o cenário mais proveitoso para a empresa em termos diferentes aspetos, tais como custos, lucro e semanas em quebra, ou seja, semanas em que o *stock* em mão não é suficiente para satisfazer a procura.

2 Descrição do Problema

O problema em questão relaciona-se com gestão de inventários, tendo por base uma política (s, S) . Esta é caracterizada por, ao fim de cada ciclo periódico t , uma encomenda se realizar apenas se o nível de *stock* disponível estiver abaixo de um valor previamente estabelecido, s . As quantidades de encomenda são dadas pela diferença entre um nível máximo de encomenda, S , e a quantidade de *stock* em mão nesse momento.

Partindo do pressuposto que indica que os parâmetros t, s e S são difíceis de determinar analiticamente, é necessário recorrer à técnica de simulação para os obter.

Além disso, esta política enquadra-se numa situação de encomendas em carteira, ou seja, sempre que a empresa não for capaz de satisfazer uma encomenda, esta fica em fila de espera para ser atendida quando mais *stock* estiver disponível, possuindo um prejuízo associado.

Inicialmente, é pedido que seja gerada uma aplicação que, dado um valor de s , gere um cenário de previsão para o problema da empresa, indicando valores de lucro, custos e quebras. Em seguida, deve ser gerado um modelo capaz de prever valores de s e S que permitam a empresa otimizar certos aspetos, de entre os quais, a redução das quebras, dos custos ou otimizar o seu lucro.

3 Formulação do Problema

Propõe-se o estudo da gestão de inventário da empresa *PROLAB*, uma empresa de produtos químicos, cujo produto de venda é uma caixa de reagente químico. São fornecidos no enunciado valores necessário para os cálculos de diferentes métricas, sendo estes enunciados em seguida. Note-se que é assumido que um ano apenas possui 50 semanas.

- **Periodicidade (t):** ciclo de 2 semanas
- **Custo de fabrico (b):** 96.5€/caixa
- **Custo de produção (C3):** 900€/lote
- **Taxa de juro de posse anual (i):** 18%
- **Custo de existência semanal (C1):** $b * (i/50) = 0.3456$
- **Custo de venda (v):** 120€/caixa
- **Prazo de entrega (l):**
 - 1 semana (60% probabilidade)
 - 2 semanas (40% probabilidade)

Assumindo, em caso de quebra do inventário, a situação de encomendas em carteira (visto que o penúltimo algarismo contido no maior número mecanográfico de entre os elementos do grupo - 80874 - é 7) e que *d1* toma o valor 4 (obtido a partir do último algarismo contido no maior número mecanográfico), o custo de quebra (*C2*) toma o valor de 28€/caixa/semana.

Através dos dados de procura obtidos para o ano de 2018, calcula-se o valor médio de procura (r) = 414.344 caixas/semana, o que equivale a uma procura anual de 21504.4536 caixas/ano. Utilizando as procuras semanais de 2018 como base e assumindo o acréscimo de 3.8% constante dos últimos 3 anos, é possível obter uma estimativa do valor de procura na semana correspondente do ano 2019.

É de destacar ainda que, apesar do aumento da procura, o valor do coeficiente de variação mantém-se constante em 8.7%.

4 Considerações e Simplificações

De forma a ser possível criar uma modelo que fosse capaz de resolver o problema proposto, foram assumidos alguns parâmetros.

Como mencionado anteriormente, é assumido que a taxa de crescimento na procura se mantém, ou seja, a procura média na semana X de 2019 é equivalente à procura na semana X de 201, somando os respetivos 3.8%. Dito isto, foi assumido que a procura numa determinada semana deveria depender também do desvio, pelo que foi utilizada a função *INV.NORMAL* fornecida pelo *Excel*. Esta recebe o valor de procura média naquela semana, um valor aleatório e o respetivo desvio.

Assumi-se, também, que o lucro é dado pelo número de produtos vendidos multiplicado valor de venda destes, subtraindo os custos. Estes últimos são dados por pelo custo fixo mais o variável.

Seguindo o exemplo fornecido pelos docentes nos apontamentos teóricos, o "período de revisão residual" segue um ciclo que começa em $t - 1$ indo até zero, sendo este ciclo repetido ao longo das 50 semanas. Quando o valor do período chega a zero, é verificada a necessidade de encomendar *stock*.

Por fim, e, mais uma vez, seguindo o exemplo teórico dos docentes e tendo em consideração o enunciado, é gerado um valor aleatório aquando do momento em que se efetua uma encomenda. Este valor vai ditar quanto tempo demora a encomenda a chegar à fábrica. No caso de ser superior ou igual a 0.6, a encomenda demora 2 semanas a chegar, caso contrário demora apenas uma.

5 Implementação e Execução do Modelo

O primeiro passo para a implementação do modelo de simulação é cálculo da procura com uma distribuição normal para cada semana do ano de 2019. Para esse efeito, foi criada uma coluna que gera um valor aleatório, sendo este usado na função *INV.NORMAL*. Além deste valor aleatório, são, ainda, passados como argumentos a procura média da semana em questão, bem como o desvio associado à mesma. Tenha-se, assim, a coluna *Procura* visível em Anexo.

Em seguida é necessário calcular o valor de S através de s . Para isso, utilizou-se a fórmula $S = \sqrt{2 * r * C3/C1} + s - r * t/2$. Como o valor de r varia devido ao uso da função anteriormente mencionada, foi assumido que seria utilizada a média da coluna referente à "Média Procura" semanal.

Tendo estes valores, é possível inicializar o nível corrente de *stock* da empresa com o valor de S . Assim, é semanalmente retirado ao nível corrente o valor da procura nessa semana. Devido à existência de uma coluna denominada *Fluxo de Stock*, é mais simples gerir as encomendas em carteira, bem como o nível real de *stock* existente. No caso de o fluxo ser negativo, é possível constatar que existem encomendas em carteira e o *stock* em mão é zero. No caso de o fluxo ser positivo, existe *stock* e não existem encomendas em carteira.

Note-se que, quando existem encomendas em carteira, ou seja, a procura superou o *stock* em mão, a empresa entra numa situação de quebra, pelo que o valor das colunas *Semanas em Quebra* e *Produtos em Quebra* devem ser incrementados até ao momento em que a empresa sai desta situação.

No que toca a encomendas, como mencionado anteriormente existe um período de revisão, ou seja, apenas é estudada a necessidade de efetuar uma encomenda de duas em duas semanas. No caso de o *stock* corrente ser inferior ao valor de s , deve ser efetuada uma encomenda com o valor de S menos o nível corrente de *stock*. Caso contrário, a empresa continua o seu processo normalmente. Esta encomenda implica um aumento no contador de encomendas realizadas, bem como a necessidade de saber quanto tempo irá demorar a chegar à fábrica, daí a existência de outro valor aleatório, como mencionado no capítulo anterior. Isto leva à existência de um prazo residual para a chegada da encomenda, que começa no valor associado à condição do valor aleatório e acaba em zero. No momento em que chega a zero, o *fluxo de stock* já recebeu a atualização.

Calculados todos os valores referidos, torna-se possível obter resultados referentes às métricas em estudo. Desta forma, é notório que o custo associado às encomendas é calculado através do produto do número total de

encomendas por $C3$; o custo associado às quebras é dado pelo produto do número total de artigos em quebra no ano por $C2$; o custo relativo a manter caixas armazenadas obtém-se através do produto de $C1$ pela soma dos valores do nível corrente de *stock*. O valor do custo é resultado da soma dos custos variáveis (encomendas, quebras e existência) com os custos fixos, dados por $b * r$. Como mencionado anteriormente, o valor das vendas é obtido pela multiplicação do preço de venda pela soma dos valores da procura. Por fim, o lucro é obtido através da diferença entre as vendas e os custos.

6 Análise Estatística

De forma a ser possível comparar, efetivamente, pares de valores (s, S) , tem que se ter em atenção a existência de valores aleatórios. Dito isto, os valores aleatórios associados à procura semanal foram fixados, permitindo uma comparação eficiente. Note-se que não se fixaram os valores aleatórios associados aos prazos de entrega por se tratar de uma condição (*if*).

Dito isto, foram gerados gráficos para os três principais aspetos a ter em conta: lucro, custos e quebras. Para isto, foi gerado um *script* em *Python* (ver Anexo) que altera o valor da célula de s , dando-lhe o valor de um contador existente num ciclo desde 0 até 5000, lendo os valores a analisar. É de destacar que o valor de S depende de s , como mencionado anteriormente.

6.1 Quebras

Como se pode ver pela Figura 1, como seria de esperar, quando o valor de s é zero, tem-se a maior quantidade de quebras, pois a empresa estará em constante situação onde não possui *stock*. É de notar que com o aumento do *stock* de segurança, as quebras vão diminuindo. Com valores de s na ordem dos 1200 as quebras estão basicamente anuladas. Note-se que existem variações bruscas nos gráficos fruto da existência de valores aleatórios, não impossibilitando a sua análise.

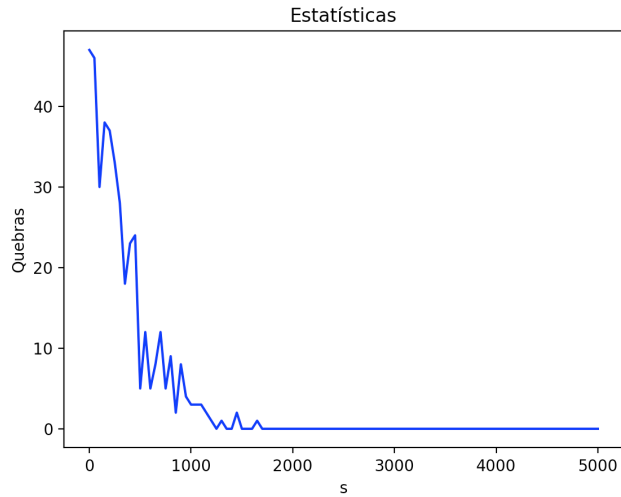


Figura 1 - Simulação de Quebras.

6.2 Lucros

Como é visível pelo gráfico anterior, para valores próximos de zero existem demasiadas quebras, o que leva a um prejuízo tremendo, pelo que foi decidido que a análise para o custo teria uma margem de estudo, tendo esta sido 200. Assim, os valores estudados de s vão desde 200 até 5000.

Como se pode ver na Figura 2, o pico do lucro encontra-se num intervalo entre, aproximadamente, 800 e 1100 o lucro é bastante elevado. Além disso, é possível constatar que à medida que s aumenta, numa fase inicial, o lucro também aumenta, o que mostra a redução nas quebras. No entanto, a partir de um determinado valor o *stock* em mão torna-se tão elevado que o custo de existência começa a pesar negativamente no lucro retirado pela empresa.

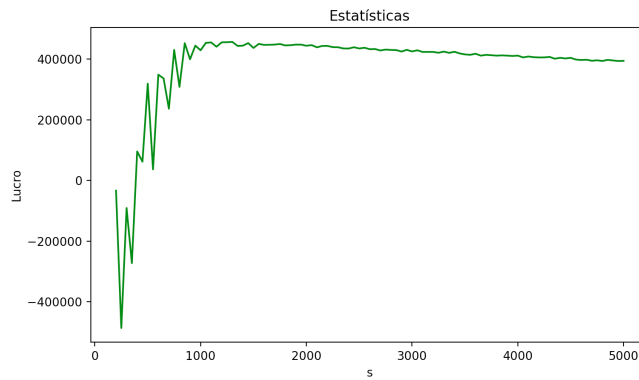


Figura 2 - Simulação de Lucros.

6.3 Custos

Inversamente ao lucro, os custos começam bastante elevados, como se vê pela Figura 3, tendo o seu pico mínimo num intervalo semelhante ao do lucro máximo. Tal como mencionado no sub-capítulo anterior, a partir de um determinado valor de s , próximo de 1500, sensivelmente, os custos voltam a subir. Isto deve-se ao acumular de *stock* em excesso. Note-se que o peso dos artigos em quebra nos custos têm bastante mais peso do que o excesso de *stock*, como se pode observar pela diferença nos declives acentuados.

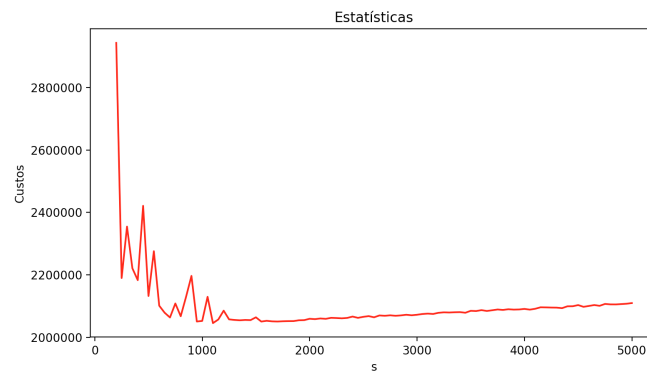


Figura 3 - Simulação de Custos.

7 Conclusões e Recomendações

O desenvolvimento deste estudo permitiu a todos os elementos do grupo construir uma ideia mais consistente da necessidade de executar um estudo prévio no que toca à gestão de inventários antes de definir medidas fixas a implementar, permitindo um aumento na qualidade de serviço.

Através de todo o processo efetuado, é agora sugerido à *PROLAB* que defina um valor de s na ordem das 1000 unidades, tendo em conta que poderá ter quebras ocasionais. No entanto, este valor permite obter um lucro extremamente elevado para o caso de estudo, tendo custos mínimos. Note-se que, caso seja um requisito não possuir quebras, ou, pelo menos, reduzir ao máximo, o valor do *stock* de segurança deve assumir um mínimo de 1200 unidades, não sendo obtido um lucro máximo, devido aos custos de existência.

Em suma, este projeto permitiu ao grupo simular o planeamento de um ano no que toca ao fornecimento e tratamento de procura por parte de uma empresa, mostrando as suas vantagens. Além disso, permitiu ter uma ideia das métricas que devem ser comparadas e de como cada variável pesa nas decisões.

8 Anexos

```
import matplotlib.pyplot as plt
import xlwings as xw

wb = xw.Book('MEIO_trabalho_EXEX2.xlsx')
sht1 = wb.sheets['Sheet']

x = []
y = []
custos = []
quebras = []

for i in range(200,5001,50):
    sht1.range('B4').value = i
    x.append(sht1.range('B4').value)
    y.append(sht1.range('M59').value)
    custos.append(sht1.range('M57').value)
    quebras.append(sht1.range('P52').value)
plt.plot(x,y,color='green', label='Lucro')
plt.plot(x,custos,color='red',label='Custos')
plt.plot(x,quebras,color='blue',label='Quebras')
plt.title('Estatísticas')
plt.ylabel('Quebras')
plt.ylabel('Custos')
plt.ylabel('Lucro')
plt.xlabel('s')
plt.show()
```

Código *Python* Utilizado para Análise Estatística.

Parâmetros	Semana	RAN	Média Procura	Desvio	Procura	Encomenda	RAN	Prazo Residual	Período Revisão Residual	Fluxo Stock	Nível Corrente Stock	Encomendas Carteira	Total Encomendas	Semanas em Quebra	Produtos em Quebra		
s	700	1	0,198110985	435,0258	37,8472446	402,916655	-1	-1	-1	1	1762,707226	1762,707226	0	0	0		
		2	0,152086753	435,0258	37,8472446	396,136825	-1	-1	0	1359,790571	1359,790571	0	0	0			
		3	0,586128451	435,0258	37,8472446	443,261248	-1	-1	0	963,653746	963,653746	0	0	0			
		4	0,668198067	435,0258	37,8472446	451,4871908	-1	-1	2	520,392498	520,392498	0	0	0			
		5	0,942506657	435,0258	37,8472446	494,6794825	-1	-1	0	68,90530721	68,90530721	0	0	0			
C1	0,3474	6	0,219728147	435,0258	37,8472446	405,765635	-1	-1	0	816,5405528	816,5405528	0	1	0	0		
		7	0,22930858	435,0258	37,8472446	406,9762301	-1	-1	1	410,7748993	410,7748993	0	1	0	0		
		8	0,895472606	435,0258	37,8472446	482,5683265	-1	-1	0	3,79866916	3,79866916	0	1	0	0		
		9	0,838057174	435,0258	37,8472446	472,3622738	-1	-1	0	1280,1389	1280,1389	0	2	0	0		
		10	0,844586572	435,0258	37,8472446	473,3835496	-1	-1	0	807,7766258	807,7766258	0	2	0	0		
C2	28	11	0,190997705	435,0258	37,8472446	401,8831255	-1	-1	1	334,3930762	334,3930762	0	2	0	0		
		12	0,479275622	435,0258	37,8472446	433,0588144	-1	-1	2	67,49004932	67,49004932	2	2	1	67,49004932		
		13	0,947213441	435,0258	37,8472446	496,2783613	-1	-1	0	500,5488637	500,5488637	2	2	2	568,038913		
		14	0,134610378	435,0258	37,8472446	393,2099369	-1	-1	0	765,8800011	765,8800011	3	2	568,038913			
		15	0,339161194	435,0258	37,8472446	419,3285241	-1	-1	1	372,6700642	372,6700642	0	3	2	568,038913		
t	900	16	0,321959976	435,0258	37,8472446	417,5318561	-1	-1	0	46,65845995	46,65845995	0	3	3	614,697373		
		17	0,275997282	575,2596	50,0475852	545,4925987	-1	-1	0	1298,51691	1298,51691	0	4	3	614,697373		
		18	0,877291917	575,2596	50,0475852	633,3926356	-1	-1	0	753,0243114	753,0243114	0	4	3	614,697373		
		19	0,765726517	575,2596	50,0475852	611,5363549	-1	-1	1	119,6316757	119,6316757	0	4	3	614,697373		
		20	0,676196507	575,2596	50,0475852	633,1236847	-1	-1	2	491,9046792	491,9046792	0	4	4	1106,602052		
b	0,0036	21	0,279557727	575,2596	50,0475852	546,0240097	-1	-1	0	-1125,028364	-1125,028364	0	4	5	2231,630416		
		22	0,303452153	575,2596	50,0475852	549,5102496	-1	-1	0	91,65485248	91,65485248	5	5	2231,630416			
		23	0,845434314	575,2596	50,0475852	626,1603148	-1	-1	0	457,8553971	457,8553971	5	5	2231,630416			
		24	0,807433106	575,2596	50,0475852	618,7247281	-1	-1	1	-1084,015712	-1084,015712	5	7	3773,501525			
		25	0,108090166	575,2596	50,0475852	513,3633058	-1	-1	1	59,96678604	59,96678604	0	6	7	3773,501525		
l	0,0036	26	0,176633681	575,2596	50,0475852	528,8019118	-1	-1	0	-453,3965198	-453,3965198	0	6	8	4226,898045		
		27	0,660072648	575,2596	50,0475852	595,9123069	-1	-1	0	780,5087945	780,5087945	0	7	8	4226,898045		
		28	0,058618038	575,2596	50,0475852	496,8610134	-1	-1	0	184,5964876	184,5964876	0	7	8	4226,898045		
		29	0,323797375	347,3148	30,2163876	333,5027034	-1	-1	1	1265,846213	1265,846213	0	8	8	4226,898045		
		30	0,179577813	347,3148	30,2163876	319,6071213	-1	-1	0	932,3435092	932,3435092	0	8	8	4226,898045		
ano		31	0,725794371	347,3148	30,2163876	365,448939	-1	-1	1	612,7363879	612,7363879	0	8	8	4226,898045		
		32	0,309402655	347,3148	30,2163876	332,2808098	-1	-1	2	247,2874489	247,2874489	0	8	8	4226,898045		
		33	0,148297726	347,3148	30,2163876	315,7760786	-1	-1	1	-84,99336088	-84,99336088	0	8	9	4311,891406		
		34	0,206176744	347,3148	30,2163876	322,5446433	-1	-1	0	1114,650338	1114,650338	0	9	9	4311,891406		
		35	0,764823282	347,3148	30,2163876	369,1084815	-1	-1	1	792,1056945	792,1056945	0	9	9	4311,891406		
L_semana		36	0,096789338	347,3148	30,2163876	308,0315306	-1	-1	0	422,997213	422,997213	0	9	9	4311,891406		
		37	0,775458115	347,3148	30,2163876	370,1868953	-1	-1	0	1454,675695	1454,675695	0	10	9	4311,891406		
		38	0,945138461	347,3148	30,2163876	395,6440708	-1	-1	0	1084,4888	1084,4888	0	10	9	4311,891406		
		39	0,572904337	347,3148	30,2163876	352,8677644	-1	-1	1	688,8447294	688,8447294	0	10	9	4311,891406		
		40	0,660972151	347,3148	30,2163876	351,9510341	-1	-1	2	335,976985	335,976985	0	10	9	4311,891406		
L_semana			41	0,907462496	347,3148	30,2163876	387,3602742	-1	-1	1	-15,9740691	-15,9740691	0	10	10	4327,865475	
			42	0,146852083	347,3148	30,2163876	315,5866764	-1	-1	0	1023,395918	1023,395918	0	11	10	4327,865475	
			43	0,337618959	347,3148	30,2163876	334,6550343	-1	-1	1	707,8092414	707,8092414	0	11	10	4327,865475	
			44	0,959346906	347,3148	30,2163876	399,9867098	-1	-1	0	373,154207	373,154207	0	11	10	4327,865475	
			45	0,104974045	347,3148	30,2163876	309,4322674	-1	-1	1	1362,720517	1362,720517	0	12	10	4327,865475	
L_semana				46	0,152673409	347,3148	30,2163876	316,3419544	-1	-1	0	1053,28825	1053,28825	0	12	10	4327,865475
				47	0,459114564	347,3148	30,2163876	344,212645	-1	-1	1	736,9462957	736,9462957	0	12	10	4327,865475
				48	0,511270186	347,3148	30,2163876	348,1683116	-1	-1	2	392,7336506	392,7336506	0	12	10	4327,865475
	49			0,850117159	347,3148	30,2163876	378,6472603	-1	-1	1	44,56511906	44,56511906	0	12	10	4327,865475	
	50			0,07818572	347,3148	30,2163876	304,4866534	-1	-1	0	1035,891434	1035,891434	0	13	10	4327,865475	
Stock Total											28437,77958						
Media Stock											568,7555916						
Custo											224185,985						
Vendas											2575867,109						
Lucro											361681,1243						
Custo_Encomendas											11700						
Custo_Quebras											12180,2333						
Custo_Existencia											9879,284627						

Figura 1 - Folha de Cálculo da Alínea 1.