

Universidade do Minho

2º Semestre 2018/19

(MIEI, 3º Ano)

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>
AE4483	Angelo Dias Teixeira	Angelo Teixeira
A67656	Pr. Alu. de Santa	Pr. Santa
A67654	André Rodrigues Soares	André Soares

Data de entrega: 2019-05- 10

Introdução

No presente relatório, elaborado no âmbito da unidade curricular Modelos Estocásticos de Investigação Operacional, encontra-se descrito o processo de desenvolvimento de um modelo de simulação para uma política de gestão de inventário a ser adoptada por uma empresa. Uma vez desenvolvido o modelo, o funcionamento do sistema de gestão de inventário em questão foi simulado para valores alternativos dos parâmetros cujos valores ideais se pretende determinar para que a empresa os possa implementar.

Descrição do problema proposto

A empresa ProLab, que fabrica reagentes químicos, usados pelas clínicas laboratoriais, pretende adotar, em 2019, uma política de gestão de inventário (e de produção) do tipo (s, S) , com um ciclo de duas semanas, para um dos seus reagentes. Devido aos parâmetros s (nível de “stock em mão”, abaixo do qual, no final de cada ciclo, torna-se necessário realizar um pedido de encomenda) e S (nível máximo de inventário), serem de difícil determinação analítica, recorrer-se-á à técnica da simulação para estimar os mesmos, de maneira a que, após uma série de simulações e respectivas comparações do desempenho das mesmas, para conjuntos alternativos destes parâmetros, seja possível sugerir à ProLab o conjunto ou conjuntos de valores (s, S) mais recomendados para implementar.

Construção do modelo de simulação

O processo de construção de um modelo de simulação do funcionamento do sistema de gestão de inventário, acima referido, bem como todas as considerações e simplificações assumidas para a sua implementação serão explicitados ao longo do presente capítulo.

Uma vez que, para o reagente em questão, em 2018, se observou uma procura média de 419.1 unidades por semana, durante as primeiras 16 semanas do ano, 554.2 unidades por semana, durante as semanas 17 a 28, e 334.6 unidades por semana durante as restantes 22 semanas (1 ano = 50 semanas úteis), e devido ao facto de que a procura média anual tem vindo a registar um aumento de 3.8% por ano, ao longo dos últimos três anos, podemos estimar que, em 2019, a procura média semanal será de 435 para as primeiras 16 semanas, 575.3 durante as semanas 17 a 28 e 347.3 durante as restantes 22 semanas. Sabe-se também que os valores de aquisição e venda de uma unidade do reagente são de 96.5€ e 120€, respectivamente, a taxa de juro anual correspondente à posse de inventário é de 18%, o custo de quebra é sensivelmente igual a $20 + 2 \cdot 6$ U.M., o prazo de entrega (intervalo de tempo entre o instante em que um pedido de encomenda é realizado e o instante em que a encomenda chega) pode ser igual a uma ou duas semanas, com probabilidades de 0.6 e 0.4, respectivamente, e que caso um pedido de encomenda seja realizado, o mesmo acarreta um custo de 900€.

A construção do modelo de simulação foi realizada com recurso à ferramenta Microsoft Excell, mais especificamente, foi construída uma tabela, em que cada linha representa uma semana das 50 semanas do ano 2019 e as várias colunas presentes representam várias propriedades essenciais relevantes à política de gestão de inventário sobre a qual este modelo de simulação se debruça, sendo as funções destas colunas, de seguida, explicitadas detalhadamente.

A segunda coluna, **Procura**, contém o valor da procura verificada na respectiva semana do ano.

A terceira coluna, **Existências físicas no início da semana**, representa, tal como a sua designação indica, a quantidade de stock, efectivamente, no armazém, no início de uma dada semana, sendo, na primeira semana, esta quantidade de stock igual ao nível máximo de inventário, 'S'.

A quarta coluna, **Existências físicas no final da semana**, representa a quantidade de stock no armazém, no final de uma dada semana, sendo este valor obtido subtraindo o valor da procura verificada na semana(segunda coluna, **Procura**) à quantidade de stock no armazém no início da mesma semana(terceira coluna, **Existências físicas no início da semana**). A esta diferença pode ainda ser adicionado o volume de uma encomenda, caso o pedido da mesma tenha sido realizado e a sua entrega estiver prevista para o final desta semana, isto é, no sistema de gestão de inventário em questão, o ciclo(intervalo de tempo entre duas revisões) é de duas semanas, assim, no final da segunda semana do ciclo é verificado se é necessário realizar um pedido de encomenda e no caso do pedido ser realizado e o prazo de entrega da encomenda ser de 1 semana, a encomenda chegará ao armazém no final da semana seguinte, isto é, se o pedido de encomenda for realizado na segunda semana(no final da segunda semana) e o prazo de entrega for de 1 semana, a encomenda chegará no final da terceira semana e, assim, ao valor da diferença entre as existências físicas no início da terceira semana e a procura verificada na mesma semana(diferença essa que é representada pela quarta coluna, **Existências físicas no final da semana**) seria também adicionado o volume da encomenda cujo pedido foi realizado no final da semana 2(final do primeiro ciclo). Assim, o valor de uma linha da quarta coluna, **Existências físicas no final da semana**, é igual ao resultado de subtrair a **Procura** às **Existências físicas no início da semana** e ao valor desta diferença, se no ciclo anterior ao actual tiver sido realizado um pedido de encomenda e essa encomenda estiver agendada para chegar no final da semana actual, adiciona-se o volume da encomenda lançada. De modo a aclarar o dito, segue-se a imagem abaixo.

	Semana	Procura	Existências físicas no início da semana	Existências físicas no final da semana	Stock em mão no início da semana	Stock em mão no momento de revisão	Stock em mão no final da semana	Volume de encomenda	Prazo de entrega
4									
5	Semana 1	435	1100.035958	665.0359584	1100.035958	665.0359584	665.0359584		
6	Semana 2	435	665.0359584	230.0359584	665.0359584	230.0359584	1100.035958	870	1
7	Semana 3	435	230.0359584	665.0359584	1100.035958	665.0359584	665.0359584		

Na imagem acima apresentada é possível verificar que no início da semana 3 as existências físicas(quantidade de stock em armazém) são de 230 e no final da semana o nível de existências físicas é de 665. Ora, tal deve-se ao facto de que no final do ciclo anterior, ou seja, no final da segunda semana do ciclo anterior, foi realizado um pedido de encomenda, de volume 870 e prazo de entrega de 1 semana. Deste modo, tendo o pedido de encomenda sido lançado no final da semana 2 e o prazo de entrega ser de 1 semana, a encomenda vai chegar ao armazém precisamente uma semana depois do

instante em que foi lançada, ou seja, vai chegar no final da semana 3 e assim, à diferença entre a coluna 3(**Existências físicas no início da semana**) e a coluna 2(**Procura**) é adicionado o volume desta encomenda. Assim, o nível **Existências físicas no final da semana 3**, é igual a $230-435+870=665$.

É ainda necessário dizer que, à exceção da primeira semana, as **Existências físicas no início da semana** são iguais às **Existências físicas no final da semana** anterior, assim, no início da segunda semana a quantidade de stock em armazém(existências físicas) é igual à quantidade de stock em armazém(existências físicas) no final da primeira semana. De notar que, as linhas da coluna **Existências físicas no final da semana** e, consequentemente, as linhas da coluna **Existências físicas no início da semana**(uma vez que as existências físicas no início de uma semana têm o mesmo valor que as existências físicas no final da semana anterior), podem assumir valores negativos, sendo que, tal acontece quando as existências físicas no início da semana são inferiores à procura verificada na mesma semana, isto é, o resultado da operação, **Existências físicas no início da semana – Procura**, pode ser negativo, sendo esse valor negativo igual ao número de unidades que a procura tem a mais que a quantidade de stock no armazém(existências físicas) no início da semana.

A quinta coluna, **Stock em mão no início da semana**, serve para representar o nível do stock em mão no início da semana em questão, sendo que, o stock em mão é igual às existências físicas(quantidade de stock em armazém) mais as encomendas em carteira(encomendas cujo pedido já foi realizado mas que ainda não chegaram ao armazém). Na primeira semana o **Stock em mão no início da semana** é igual ao nível máximo de inventário 'S', sendo que nas restantes semanas do ano é igual ao **Stock em mão no final da semana** anterior.

A sexta coluna, **Stock em mão no momento de revisão**, ou seja, stock em mão quando está a ser verificado se é necessário realizar um pedido de encomenda, representa o nível do stock em mão no momento de revisão. De notar que, uma vez que a revisão acontece apenas de duas em duas semanas, o stock em mão no momento de revisão na terceira semana, por exemplo, é o stock em mão que seria considerado caso nessa semana fosse verificado se era necessário realizar um pedido de encomenda(o que nunca vai acontecer, uma vez que as revisões apenas acontecem nas semanas pares), sendo que, seria necessário realizar um pedido de encomenda caso o nível de stock em mão no momento de revisão fosse inferior ao nível de referência 's'. O **Stock em mão no momento de revisão**, numa dada semana, é obtido através da subtração da **Procura**(dessa semana) ao **Stock em mão no início da semana**. O **Stock em mão no momento de revisão** pode assumir valores negativos, sendo que, tal acontece quando o valor da **Procura** nessa semana for superior ao **Stock em mão no início da semana** e, se tal acontecer, esse valor negativo, do **Stock em mão no momento de revisão**, é igual ao número de artigos em quebra, isto é, caso haja mais unidades na **Procura** dessa semana que unidades do reagente para satisfazer a **Procura**, ou seja, caso a **Procura** for superior ao **Stock em mão no início da semana**, vão haver tantos artigos em quebra, nessa semana, quantas unidades o valor da **Procura** dessa semana tiver a mais que o **Stock em mão no início da semana**(quinta coluna). Segue-se um exemplo, de modo a aclarar o dito: se no final de uma semana o stock em mão é de -10, então até ao final dessa semana ficaram 10 unidades por vender(sendo que esta procura não satisfeita pode ter vindo a ser acumulada de semanas anteriores), ou seja, o número de artigos em quebra é de 10, e se no final dessa mesma semana não foi realizado um pedido de encomenda, o **Stock em mão no início da semana** seguinte

também será de -10(ou seja, o número de artigos em quebra, ou também se pode dizer a procura não satisfeita, é “transportada” para as seguintes semanas através do valor negativo do stock em mão),isto é, até ao início da semana seguinte o número de artigos em quebra é 10, e caso a procura nessa semana(seguinte) for de 20 unidades, o stock em mão no momento de revisão dessa semana será de - 30, sendo este valor representante do número de artigos em quebra no final desta semana(20 artigos em quebra desta semana mais os 10 artigos em quebra verificados até ao final da semana anterior). Convém ainda aclarar que, apesar do momento de revisão ser realizado no final do ciclo, ou seja no final da semana, o final da semana acontece um instante depois ao instante de revisão, isto é, são acontecimentos separados, sendo que, no momento de revisão apenas acontece a verificação da necessidade de um pedido de encomenda ser realizado, enquanto que no final da semana é possível o pedido de encomenda ser realizado mas também é possível a chegada de uma encomenda. Para concluir, no instante posterior ao final da semana está o início da semana seguinte.

A sétima coluna, **Stock em mão no final da semana**, tem como função representar o nível do stock em mão(existências físicas mais “encomendas em carteira”, sendo as “encomendas em carteira” as encomendas, cujos pedidos já foram realizados mas ainda não chegaram ao armazém) no último instante da semana, isto é, o instante no qual pode ser realizado um pedido de encomenda mas também chegar uma encomenda cujo pedido foi realizado no ciclo prévio. Ora, como esta coluna representa o stock em mão no final da semana e como no final da semana um pedido de encomenda pode ser realizado(encomenda essa que passa a ser “encomenda em carteira” uma vez que o seu pedido foi realizado mas de momento a encomenda ainda não se encontra no armazém, ou seja, ainda não é “existência física”), o valor do stock em mão no final da semana, caso no final da semana tenha sido realizado um pedido de encomenda, vai ser actualizado para passar a conter o volume da encomenda. Assim, o **Stock em mão no momento de revisão** é o stock em mão no instante imediatamente anterior à eventual realização do pedido de encomenda(ou seja, é o stock em mão no instante imediatamente anterior ao final da semana ou também se poderia dizer é o stock em mão no instante imediatamente anterior ao último instante da semana) e o **Stock em mão no final da semana** é igual ao **Stock em mão no momento de revisão** mais, caso no final dessa semana tenha sido realizado um pedido de encomenda, o volume dessa encomenda. De modo a aclarar o dito, segue-se a imagem abaixo apresentada.

Semana	Procura	Existências físicas no início da semana	Existências físicas no final da semana	Stock em mão no início da semana	Stock em mão no momento de revisão	Stock em mão no final da semana	Volume de encomenda	Prazo de entrega
Semana 1	435	1100.035958	665.0359584	1100.035958	665.0359584	665.0359584		
Semana 2	435	665.0359584	230.0359584	665.0359584	230.0359584	1100.035958	870	1

Na imagem acima apresentada é possível verificar que o stock em mão no final da semana 1 é de 665 e, conseqüentemente, o stock em mão no início da semana 2 tem o mesmo valor. Subtraindo a procura verificada na segunda semana ao stock em mão no início da mesma semana, obtemos o stock em mão no período de revisão, de valor 230, que, por sua vez, é inferior ao nível de referência ‘s’, sendo, deste modo, necessário realizar um pedido de encomenda. Como se pode observar, o stock em mão no momento de revisão é de 230, no entanto, no final do ciclo é realizado um pedido de

encomenda, de volume 870, volume este que é já contabilizado na sétima coluna, **Stock em mão no final da semana**, sendo o valor desta coluna igual a 230(**Stock em mão no momento de revisão**) + 870(volume de encomenda).

A oitava coluna, **Volume de encomenda**, representa o volume das encomendas realizadas no final de cada ciclo, sendo o valor das mesmas igual à diferença entre o nível máximo de inventário 'S' e o **Stock em mão no momento de revisão**(sexta coluna). De notar que, em caso de quebra de inventário a empresa incorre em situação de “encomendas em carteira”, isto é, caso numa semana haja unidades da procura que não foram satisfeitas, na semana seguinte tentar-se-á satisfazer não só a procura dessa semana, mas também a procura da semana anterior que não foi satisfeita e assim sucessivamente. Dito isto e tendo em conta que o **Volume de encomenda** é função do **Stock em mão no momento de revisão** e uma vez que os artigos em quebra numa semana são representados pelo valor negativo do **Stock em mão no momento de revisão**, é então necessário que, em caso de existência de artigos em quebra, o volume da encomenda(cujo pedido será realizado no final da semana) seja de 'S' mais o número de artigos em quebra até o final dessa semana, de modo a que seja possível não só satisfazer a procura do ciclo seguinte mas também procura passada não satisfeita. Segue-se uma imagem de modo a aclarar o até então dito.

Semana	Procura	Existências físicas no início da semana	Existências físicas no final da semana	Stock em mão no início da semana	Stock em mão no momento de revisão	Stock em mão no final da semana	Volume de encomenda	Prazo de entrega	Artigos em quebra
Semana 16	435	-305	130	565	130	1000	870	2	0
Semana 17	575.3	130	-445.3	1000	424.7	424.7			0
Semana 18	575.3	-445.3	-150.6	424.7	-150.6	1000	1150.6	2	150.6

Na imagem acima apresentada, é possível verificar, através do valor negativo do **Stock em mão no momento de revisão**, que na semana 18 há 150 artigos em quebra, assim, sabendo que o nível máximo de inventário 'S' tem valor 1000, a quantidade encomendada é de 1000 mais 150(artigos em quebra), de modo a que seja possível satisfazer não só a procura da próxima semana mas também a procura passada não satisfeita que, no caso, é de 150 unidades. Deste modo, na semana seguinte, os 150 artigos em quebra verificados até a semana atual serão vendidos, uma vez que, como a procura não satisfeita é representada através do valor negativo do stock em mão e como o stock em mão, após o pedido de encomenda ter sido realizado, passa de -150 a 1000 deixam então de haver artigos em quebra no início da semana seguinte, pois parte do volume da encomenda era especificamente destinado a satisfazer a procura até então não satisfeita(as 150 unidades não vendidas).

A nona coluna, **Prazo de entrega**, representa o número de semanas, que a encomenda lançada na semana actual, demorará a chegar ao armazém. Dito isto, e como foi anteriormente mencionado, o prazo de entrega pode ser igual a uma ou duas semanas, com probabilidades de 0.6 e 0.4, respectivamente. Assim, de modo ao **Prazo de entrega** assumir um desses 2 valores, foi gerado, aleatoriamente, um número de 1 a 10 e sendo o número gerado superior a 6, uma vez que a probabilidade de tal acontecer é 40%, o **Prazo de entrega** é de 2 semanas e caso o número gerado seja menor ou igual a 6, o **Prazo de entrega** é 1 semana pois a probabilidade do número gerado ser menor

ou igual a 6 é 60%. De notar que, o **Prazo de entrega** é 0 caso não tenha sido realizado um pedido de encomenda.

A décima coluna, **Artigos em quebra**, representa o número verificado de artigos em quebra na semana em questão, isto é, representa a procura não satisfeita da semana em questão mas também a procura não satisfeita de semanas passadas, pois a procura não satisfeita(número de artigos em quebra) é passada de semana em semana, até que seja satisfeita, devido à empresa, em caso de quebra de inventário, incorrer em situação de “encomendas em carteira”.

A décima-primeira coluna, **Custo de quebra**, tem como função indicar o prejuízo, na semana em questão, relativo à não satisfação da procura, mais especificamente, em caso de quebra, o prejuízo associado é igual a $36 \text{ U.M.} \cdot \text{número de artigos em quebra} \cdot \text{unidade de tempo}$ (no caso semana).

A décima-segunda coluna, **Custo de existência de stock**, representa o custo associado a ter as unidades em armazém, sendo para tal, levado em consideração as **Existências físicas no início da semana**(terceira coluna). Mais concretamente, o custo de existência de stock semanal é igual à taxa de juro semanal correspondente à posse de inventário($0.18/50$) vezes o custo por unidade de reagente(96.5€) vezes o número de unidades em armazém no início da semana(terceira coluna).

A décima-terceira coluna, **Custo de encomenda + Custo de Aquisição**, representa o custo que a realização de um pedido de encomenda acarreta, isto é, o custo de encomenda(900€) mais o produto do valor unitário de uma unidade do reagente(96.5€) pelo número de unidades encomendadas, sendo, obviamente, este custo apenas aplicado caso um pedido de encomenda for realizado.

A décima-quarta coluna, **Custo de Aquisição inicial**, representa o custo do o número de unidades inicial ‘S’, ou seja, $96.5 \cdot S$.

A décima-quinta coluna, **Número de artigos vendidos**, indica o número de unidades do reagente vendidas numa dada semana, sendo o número de unidades vendidas referente não só à procura na semana em questão mas também à procura não satisfeita de semanas anteriores(artigos em quebra, que vão sendo “transportados” de semana em semana, até que sejam, finalmente, vendidos). O **Stock em mão no início da semana** tem como função satisfazer a procura dessa semana. Convém dizer que, se o **Stock em mão no início da semana** tem valor negativo então o **Stock em mão no final da semana** anterior tem também valor negativo(já que o stock em mão no início de uma semana é igual ao stock em mão no final da semana anterior) e se o **Stock em mão no final da semana** anterior tem valor negativo sabemos que na semana anterior foi verificada a existência de artigos em quebra mas também que não foi realizado pedido de encomenda, pois se tivesse sido realizado pedido de encomenda, e como os pedidos de encomenda têm como função satisfazer não só a procura do ciclo seguinte mas também a procura passada não satisfeita(artigos em quebra), o valor do **Stock em mão no final da semana** anterior seria positivo e nesse caso teria caso já sido assegurada a venda, para a semana seguinte, dos artigos em quebra até então verificados. Assim, caso o **Stock em mão no início da semana** tenha valor negativo não será possível satisfazer a **Procura** dessa semana nem a procura não satisfeita verificada na semana anterior(uma vez que para satisfazer a procura não satisfeita verificada na semana anterior, teria que ter sido realizado um pedido de encomenda e sabemos que esse pedido de

encomenda não foi realizado porque se tivesse sido realizado o **Stock em mão no início da semana** actual seria positivo). Se o **Stock em mão no início da semana** for positivo sabemos que é possível satisfazer a procura não satisfeita verificada na semana anterior, pois caso tenha sido verificada procura não satisfeita na semana anterior, o valor do **Stock em mão no momento de revisão** seria negativo e como no início da semana actual o valor do stock em mão é positivo, sabemos que no final da semana anterior, ou seja, no instante posterior ao instante em que a revisão é efectuada, foi realizado um pedido de encomenda, encomenda essa que visa satisfazer não só procuras futuras mas também a procura passada não satisfeita. Assim, caso o **Stock em mão no início da semana** tenha valor negativo, o número de unidades vendidas nessa semana será 0. Se o valor do **Stock em mão no início da semana** for positivo o número de unidades vendidas é igual à **Procura** dessa semana mais o número de artigos em quebra verificado na semana anterior, caso a **Procura** não seja superior ao **Stock em mão no início da semana**(ou seja, caso a **Procura** não for superior à quantidade disponível para a satisfazer), sendo que, no caso da **Procura** nessa semana ser superior ao **Stock em mão no início da semana**, o número de unidades vendidas é igual ao **Stock em mão no início da semana** mais o número de artigos em quebra(procura por satisfazer) verificado na semana anterior. De modo a aclarar o dito, segue-se a imagem abaixo apresentada.

Semana	Procura	Existências físicas no início da semana	Existências físicas no final da semana	Stock em mão no início da semana	Stock em mão no momento de revisão	Stock em mão no final da semana	Volume de encomenda	Prazo de entrega	Artigos em quebra	Custo de quebra	Custo de existência de stock	Custo de encomenda + Custo de Aquisição	Número de artigos vendidos
Semana 18	575.3	-445.3	-150.6	424.7	-150.6	1000	1150.6	1	150.6	4819.2	0	111932.9	424.7
Semana 19	575.3	-150.6	424.7	1000	424.7	424.7			0	0	0		725.9

É possível verificar que no início da semana 19 o stock em mão era de 1000 apesar de, na semana anterior, no momento de revisão, o stock em mão ser de -150(sendo o -150 referente à procura não satisfeita, ou seja, 150 artigos em quebra). Tal deve-se ao facto de que, como a semana anterior era semana de final de ciclo, e o **Stock em mão no momento de revisão** era inferior ao nível de referência 's', foi realizado um pedido de encomenda que procurasse satisfazer não só a procura futura mas também a procura passada não satisfeita, no caso, de 150 artigos. Assim, na semana 19, em que a procura verificada é de 575 unidades, o número de artigos vendidos é de 725, pois ao número de unidades vendidas referentes à procura na semana(575 unidades) adiciona-se o número de unidades em quebra verificado na semana anterior(150 unidades).

A décima-sexta coluna, **Valor de vendas**, corresponde ao valor de vendas semanal, isto é, é igual ao produto do valor de venda de uma unidade do reagente(120€) pelo número de unidades vendidas(**Número de artigos vendidos**) na semana em questão.

A décima-sexta coluna, **Balanço**, representa o balanço, monetário, total, semanal, isto é, é igual ao **Valor de vendas dessa semana**(décima-sexta coluna) menos o **Custo de existência de stock**(décima-segunda coluna) menos o **Custo de quebra**(décima-primeira coluna) menos o **Custo de encomenda + Custo de Aquisição**(décima-terceira coluna). Assim, caso o valor desta coluna, para uma dada semana, seja positivo, a empresa lucrou nessa semana e caso seja negativo a empresa teve prejuízo, ou seja, os

custos foram superiores ao **Valor de vendas**. De notar que, ao somatório dos valores da coluna **Balanço**, será subtraído o valor do **Custo de Aquisição inicial**(décima-quarta coluna), ou seja, o custo de obter a quantidade máxima de inventário, 'S', que é a quantidade de stock inicial, antes sequer de ser realizado um pedido de encomenda.

Execução do modelo de simulação

Sendo 'S' o nível máximo de inventário e 's' o nível de stock em mão abaixo do qual é necessário realizar um pedido de encomenda que leve o stock em mão ao nível máximo de inventário 'S', o máximo valor que o nível de referência 's' poderá assumir é 'S'. Como o stock inicial é igual ao nível máximo de inventário 'S', então caso o nível máximo de inventário 'S' assuma um valor suficientemente elevado, em 2019, será possível a procura ser completamente satisfeita sem que tenha ocorrido quebra de inventário e sem que tenha sido necessário realizar um pedido de encomenda, sendo que a realização ou não realização de um pedido de encomenda é função do nível 's', isto é, se 'S' for muito elevado mas 's' for pouco inferior a 'S' é provável que sejam realizados pedidos de encomenda. No caso do nível 's' ser inferior à procura haverá artigos em quebra(a não ser que o nível máximo de inventário 'S' seja muito superior à procura), uma vez que quando o pedido de encomenda for realizado, o stock em mão(é o stock em mão que visa satisfazer a procura) será inferior à procura, sendo que, mesmo que o nível 's' seja superior à procura, ou seja, mesmo que o pedido de encomenda seja realizado antes de a procura ser superior ao stock em mão, pode ocorrer quebra de inventário. Dito isto, será feita uma comparação do desempenho do modelo de simulação desenvolvido para conjuntos alternativos dos parâmetros 's' e 'S', em que os valores, da tabela criada com recurso ao Microsoft Excel, considerados serão os valores totais de determinadas colunas, isto é, a soma dos valores verificados em todas as semanas do ano de 2019, para as colunas em questão, por outras palavras, os valores anuais.

Começamos por executar a simulação para os parâmetros 'S' e 's' com valores 400 e 300, respectivamente.

Procura	Existências físicas no início da semana	Volume de encomenda	Artigos em quebra	Custo de quebra	Custo de existência de stock	Custo de encomenda + Custo de Aquisição	Custo de Aquisição inicial	Número de artigos vendidos	Valor de vendas	Balanço
21504.2	768.9	20809.6	12836	410752	267.11586	2029726.4	38600	21209.6	2545152	65806.48414
				2479345.516						

Através da imagem acima apresentada é possível observar o número total de unidades encomendadas, o número total de artigos em quebra, etc, para o ano de 2019, para os parâmetros 'S' e 's' com valores 400 e 300, respectivamente. De notar que, o número de unidades vendidas é inferior à

procura verificada no ano de 2019, isto é, a procura não foi totalmente satisfeita e tal deve-se ao baixo nível máximo de inventário, 400 (convém ter em mente que a procura média semanal é de 430, valor este obtido através de dividir a soma das procuras semanais por 50). É ainda importante referir que como 's' é igual a 300, isto é, é inferior à procura verificada em qualquer semana do ano, sempre que for realizado um pedido de encomenda já terá havido quebra de inventário.

Aumentando assim o nível máximo de inventário 'S' para 1100 e mantendo 's' em 300, obtemos os valores que se seguem.

Procura	Existências físicas no início da semana	Volume de encomenda	Artigos em quebra	Custo de quebra	Custo de existência de stock	Custo de encomenda + Custo de Aquisição	Custo de Aquisição inicial	Número de artigos vendidos	Valor de vendas	Balanço
21504.2	10332	20809.6	1749.6	55987.2	3589.3368	2025226.4	106150	21504.2	2580504	389551.0632
				2190952.937						

Como se pode verificar, através da imagem acima apresentada, com o aumento de 'S' o custo de existência de stock sofreu um aumento, uma vez que, em média, as existências físicas no início das semana são maiores. Podemos também concluir que foram realizados menos pedidos de encomenda, pois como o volume total de encomenda é igual ao da simulação para os valores de 'S' e 's' anteriores e como o volume médio por encomenda neste caso é superior (devido à diferença entre 'S' e 's' ter aumentado, relativamente à diferença entre 'S' e 's' com os valores 400 e 300, respectivamente), conclui-se que foram realizados menos pedidos de encomenda. O número de artigos em quebra também diminuiu. Dito isto, o custo de quebra diminuiu e os custos de existência de stock e aquisição inicial (para obter 'S' unidades do reagente) aumentaram, sendo que o balanço total aumentou, então estes valores para os parâmetros 'S' e 's' são preferíveis aos valores destes parâmetros usados na simulação anterior, isto é, é melhor ter (S,s)=(1100,300) do que (S,s)=(400,300).

Aumentando 's' de 300 para 700 e mantendo 'S' em 1100 podemos observar as alterações abaixo apresentadas.

Procura	Existências físicas no início da semana	Volume de encomenda	Artigos em quebra	Custo de quebra	Custo de existência de stock	Custo de encomenda + Custo de Aquisição	Custo de Aquisição inicial	Número de artigos vendidos	Valor de vendas	Balanço
21504.2	16315.4	20809.6	303.6	9715.2	5667.96996	2029726.4	106150	21504.2	2580504	429244.43
				2151259.57						

Para (S,s)=(1100,700), em que o volume médio por encomenda é menor e o número de encomendas é maior, pois a diferença entre 'S' (stock em mão inicial e stock em mão imediatamente após cada pedido de encomenda) e 's' diminuiu, o custo de existência de stock sofreu um aumento mas o número de artigos em quebra e, conseqüentemente, o custo de quebra foram reduzidos drasticamente, tendo isto culminado num aumento do balanço relativamente à simulação anterior.

A partir de $(S,s)=(1100,700)$, à medida que aumentamos ou diminuimos estes valores em ± 100 unidades o valor do balanço no final do ano mantém-se relativamente constante, sendo que existem variações nos custos de existência de stock, custo de quebra, custo de aquisição inicial, etc, mas nada substancialmente relevante quando se verifica que as alterações sofridas pelo balanço não são de todo significativas. Se as alterações destes valores, aumento ou diminuição, forem iguais ou superiores a 200 unidades a redução no valor do balanço torna-se significativa.

Tal é possível verificar pelas imagens abaixo apresentadas, sendo a primeira relativa a $(S,s)=(1000,600)$ e a segunda a $(S,s)=(1200,800)$.

Procura	Existências físicas no início da semana	Volume de encomenda	Artigos em quebra	Custo de quebra	Custo de existência de stock	Custo de encomenda + Custo de Aquisição	Custo de Aquisição inicial	Número de artigos vendidos	Valor de vendas	Balanço
21504.2	10954.5	20809.6	903.6	28915.2	3805.5933	2029726.4	96500	21504.2	2580504	421556.8067
2158947.193										

Nesta imagem é possível observar que o custo de existência de stock sofreu uma redução relativamente à última simulação, de valores $(S,s)=(1100,700)$, e o custo de quebra verificou um incremento, já que o número de artigos em quebra aumentou. No entanto, o valor do balanço não alterou drasticamente, tendo este sido de 429244 para $(S,s)=(1100,700)$ e 421556 para $(S,s)=(1000,600)$.

Procura	Existências físicas no início da semana	Volume de encomenda	Artigos em quebra	Custo de quebra	Custo de existência de stock	Custo de encomenda + Custo de Aquisição	Custo de Aquisição inicial	Número de artigos vendidos	Valor de vendas	Balanço
21504.2	22115.5	20809.6	0	0	7682.9247	2029726.4	115800	21504.2	2580504	427294.6753
2153209.325										

Para a imagem acima apresentada encontram-se os valores para $(S,s)=(1200,800)$ e como se pode observar houve variações no custo de existência de stock, custo de quebra e custo de aquisição inicial, sendo que o valor do balanço não se distanciou muito do valor verificar para as últimas duas simulações, isto é, para $(S,s)=(1100,700)$ o balanço foi de 429244, para $(S,s)=(1000,600)$ o balanço foi de 421556 e para $(S,s)=(1200,800)$ o balanço foi de 427294.

Assim, podemos concluir que os valores mais adequados para implementar na ProLab são $(S=1100\pm 100, s=700\pm 100)$.

De notar que, como o prazo de entrega não assume sempre o mesmo valor e uma vez que tem um impacto direto no custo de existência de stock e, consequentemente, no balanço, o balanço para execuções do modelo de simulação para, por exemplo, $(S,s)=(1100,700)$, pode não ter o mesmo valor.

Dado por finalizado o processo comparativo do desempenho das execuções da simulação para conjuntos alternativos de valores (s,S) é necessário destacar que caso 'S' tenha um valor inferior à procura média semanal(430) o número de artigos em quebra ao longo do ano será elevado, sendo que o mesmo acontece caso 's' seja inferior à procura média semanal(mesmo que 'S' seja consideravelmente

superior a 430), pois sempre que o pedido de encomenda estiver a ser realizado já terão havido unidades da procura que não foram satisfeitas. Quando a diferença entre S' e s' diminui o número de pedidos de encomenda realizados aumenta e o volume das mesmas decrementa, sendo que, na maioria dos casos, à medida que s' aumenta, aproximando-se de S' , o custo de existência de stock aumenta, uma vez que as existências físicas semanais tendem a aumentar. Para finalizar, convém ainda dizer que quando a diferença entre S' e s' é grande e, conseqüentemente, o número de pedidos de encomenda realizados é menor e o volume por encomenda tende a aumentar, a empresa corre o risco de no último pedido de encomenda realizado no ano, o volume de encomenda ser bastante superior à que procura que falta satisfazer, sendo assim essa quantidade a mais que foi encomendada considerada como prejuízo já que não será possível vendê-la.

Conclusão

Findo o processo de construção e implementação do modelo de simulação, neste relatório descrito, para a política de gestão de inventário (s,S) e posterior análise e comparação da execução do mesmo para valores alternativos dos parâmetros (s,S) , de modo a estimar os valores mais adequados para a ProLab implementar, adquirimos um conhecimento mais aprofundado sobre esta política de gestão de inventário, a nível teórico e prático, mas também desenvolvemos a nossa capacidade de utilização de um modelo de simulação ao mesmo tempo que nos apercebemos da sua importância e necessidade, de maneira a que nos seja possível tirar ilações sobre como variam certas propriedades de uma política de gestão de inventário e sobre quais os valores mais adequados a serem implementados.

Anexo

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
1	S	s	balanço:	429198.0869													
2	1100	700															
3																	
	Semana	Procura	Existências físicas no início da semana	Existências físicas no final da semana	Stock em mão no início da semana	Stock em momento de revisão	Stock em mão no final da semana	Volume de encomenda	Prazo de entrega	Artigos em quebra	Custo de quebra	Custo de existência de stock	Custo de encomenda + Custo de Aquisição	Custo de Aquisição inicial	Número de artigos vendidos	Valor de vendas	Balanço
4																	
5	Semana 1	435	1100	665	1100	665	665			0	0	382.14			435	52200	51817.86
6	Semana 2	435	665	230	665	230	1100	870	2	0	0	231.021	84855		435	52200	-32886.02
7	Semana 3	435	230	-205	1100	665	665			0	0	79.902			435	52200	52120.098
8	Semana 4	435	-205	230	665	230	1100	870	2	0	0	0	84855		435	52200	-32655
9	Semana 5	435	230	-205	1100	665	665			0	0	79.902			435	52200	52120.098
10	Semana 6	435	-205	230	665	230	1100	870	2	0	0	0	84855		435	52200	-32655
11	Semana 7	435	230	-205	1100	665	665			0	0	79.902			435	52200	52120.098
12	Semana 8	435	-205	230	665	230	1100	870	2	0	0	0	84855		435	52200	-32655
13	Semana 9	435	230	-205	1100	665	665			0	0	79.902			435	52200	52120.098
14	Semana 10	435	-205	230	665	230	1100	870	2	0	0	0	84855		435	52200	-32655
15	Semana 11	435	230	-205	1100	665	665			0	0	79.902			435	52200	52120.098
16	Semana 12	435	-205	230	665	230	1100	870	1	0	0	0	84855		435	52200	-32655
17	Semana 13	435	230	-205	1100	665	665			0	0	79.902			435	52200	52120.098
18	Semana 14	435	665	230	665	230	1100	870	2	0	0	231.021	84855		435	52200	-32886.021
19	Semana 15	435	230	-205	1100	665	665			0	0	79.902			435	52200	52120.098
20	Semana 16	435	-205	230	665	230	1100	870	1	0	0	0	84855		435	52200	-32655
21	Semana 17	575.3	230	524.7	1100	524.7	524.7			0	0	79.902			575.3	69036	68956.098
22	Semana 18	575.3	524.7	-50.6	524.7	-50.6	1100	1150.6	1	50.6	1619.2	182.28078	111932.9		524.7	62964	-50770.38078
23	Semana 19	575.3	-50.6	524.7	1100	524.7	524.7			0	0	0			625.9	75108	75108
24	Semana 20	575.3	524.7	-50.6	524.7	-50.6	1100	1150.6	1	50.6	1619.2	182.28078	111932.9		524.7	62964	-50770.38078
25	Semana 21	575.3	-50.6	524.7	1100	524.7	524.7			0	0	0			625.9	75108	75108
26	Semana 22	575.3	524.7	-50.6	524.7	-50.6	1100	1150.6	2	50.6	1619.2	182.28078	111932.9		524.7	62964	-50770.38078
27	Semana 23	575.3	-50.6	-625.9	1100	524.7	524.7			0	0	0			625.9	75108	75108
28	Semana 24	575.3	-625.9	-50.6	524.7	-50.6	1100	1150.6	1	50.6	1619.2	0	111932.9		524.7	62964	-50588.1
29	Semana 25	575.3	-50.6	524.7	1100	524.7	524.7			0	0	0			625.9	75108	75108
30	Semana 26	575.3	524.7	-50.6	524.7	-50.6	1100	1150.6	1	50.6	1619.2	182.28078	111932.9		524.7	62964	-50770.38078
31	Semana 27	575.3	-50.6	524.7	1100	524.7	524.7			0	0	0			625.9	75108	75108
32	Semana 28	575.3	524.7	-50.6	524.7	-50.6	1100	1150.6	1	50.6	1619.2	182.28078	111932.9		524.7	62964	-50770.38078
33	Semana 29	347.3	-50.6	752.7	1100	752.7	752.7			0	0	0			397.9	47748	47748
34	Semana 30	347.3	752.7	405.4	752.7	405.4	1100	694.6	2	0	0	261.48798	67928.9		347.3	41676	-26514.38798
35	Semana 31	347.3	405.4	58.1	1100	752.7	752.7			0	0	140.83596			347.3	41676	41535.16404
36	Semana 32	347.3	58.1	405.4	752.7	405.4	1100	694.6	1	0	0	20.18394	67928.9		347.3	41676	-26273.08394
37	Semana 33	347.3	405.4	752.7	1100	752.7	752.7			0	0	140.83596			347.3	41676	41535.16404
38	Semana 34	347.3	752.7	405.4	752.7	405.4	1100	694.6	1	0	0	261.48798	67928.9		347.3	41676	-26514.38798
39	Semana 35	347.3	405.4	752.7	1100	752.7	752.7			0	0	140.83596			347.3	41676	41535.16404
40	Semana 36	347.3	752.7	405.4	752.7	405.4	1100	694.6	1	0	0	261.48798	67928.9		347.3	41676	-26514.38798
41	Semana 37	347.3	405.4	752.7	1100	752.7	752.7			0	0	140.83596			347.3	41676	41535.16404
42	Semana 38	347.3	752.7	405.4	752.7	405.4	1100	694.6	1	0	0	261.48798	67928.9		347.3	41676	-26514.38798
43	Semana 39	347.3	405.4	752.7	1100	752.7	752.7			0	0	140.83596			347.3	41676	41535.16404
44	Semana 40	347.3	752.7	405.4	752.7	405.4	1100	694.6	2	0	0	261.48798	67928.9		347.3	41676	-26514.38798
45	Semana 41	347.3	405.4	58.1	1100	752.7	752.7			0	0	140.83596			347.3	41676	41535.16404
46	Semana 42	347.3	58.1	405.4	752.7	405.4	1100	694.6	1	0	0	20.18394	67928.9		347.3	41676	-26273.08394
47	Semana 43	347.3	405.4	752.7	1100	752.7	752.7			0	0	140.83596			347.3	41676	41535.16404
48	Semana 44	347.3	752.7	405.4	752.7	405.4	1100	694.6	1	0	0	261.48798	67928.9		347.3	41676	-26514.38798
49	Semana 45	347.3	405.4	752.7	1100	752.7	752.7			0	0	140.83596			347.3	41676	41535.16404
50	Semana 46	347.3	752.7	405.4	752.7	405.4	1100	694.6	2	0	0	261.48798	67928.9		347.3	41676	-26514.38798
51	Semana 47	347.3	405.4	58.1	1100	752.7	752.7			0	0	140.83596			347.3	41676	41535.16404
52	Semana 48	347.3	58.1	405.4	752.7	405.4	1100	694.6	2	0	0	20.18394	67928.9		347.3	41676	-26273.08394
53	Semana 49	347.3	405.4	58.1	1100	752.7	752.7			0	0	140.83596			347.3	41676	41535.16404
54	Semana 50	347.3	58.1	405.4	752.7	405.4	405.4			0	0	20.18394	0		347.3	41676	41655.81606
55	Total	21504.2	16448.8					20809.6		303.6	9715.2	5714.31312	2029726.4	106150	21504.2	2580504	429198.0869
56	C1+C2+C3+C5											2151305.913					