

Universidade do Minho

2ºSemestre 2020/21

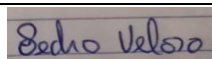
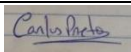
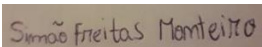
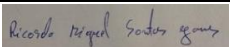
(MIEI, 3ºAno)

Modelos Estocásticos de Investigação Operacional

Trabalho Prático

(Problema de Gestão de Inventários)

Identificação do Grupo

<u>Número:</u>	<u>Nome completo:</u>	<u>Rubrica:</u>
A89557	Pedro Miguel Dias Veloso	
A89587	Carlos João Teixeira Preto	
A85489	Simão Monteiro	
A93785	Ricardo Gomes	

Data de entrega: 2021-04- 26

Índice

Introdução.....	3
Análise do problema.....	3
Análise da procura.....	4
Época alta.....	5
Época baixa.....	6
Resolução das questões.....	6
Questão 1.....	6
Questão 2.....	9
Questão 3.....	10
Conclusão.....	13
Anexos.....	14
I – Valores da procura.....	14
II – Resultado, exemplo, de uma simulação para um ano.....	15
III – Programa desenvolvido.....	16

Introdução

Com a realização deste trabalho pretende-se estudar a melhor política a adotar pela empresa Café&Afins. A empresa Café&Afins consiste numa empresa que importa café do Brasil e o comercializa no mercado europeu.

Atualmente a empresa tem designado o Sr. Gervásio como responsável da gestão do armazém. Segundo a empresa o Sr. Gervásio aplica uma política nível de encomenda, onde encomenda quantidades fixas de 1700 sacos de café sempre que o stock em mão baixa dos 1200 sacos de café. Contudo os valores utilizados na política atual, podem não corresponder à melhor combinação, sendo por isso estudado neste relatório a melhor combinação de valores, distinguindo as diferentes épocas de procura (época alta e época baixa).

Posteriormente é estudado também a utilização de uma política do tipo (s,S) onde são realizadas verificações do stock de 4 em 4 semanas e caso o stock em mão seja inferior a 's' devem ser encomendados 'q' sacos de café.

Análise do problema

O objetivo do problema consiste em auxiliar o Sr. Gervásio na encomenda de café ao seu fornecedor, indicando as quantidades de café que o responsável pela gestão do armazém da empresa deve encomendar, além de indicar quando as encomendas devem ser efetuadas.

Analisando os valores da procura semanal correspondentes aos anos de 2018, 2019 e 2020, é possível realizar um estudo, recorrendo a diferentes políticas, de modo a determinar a melhor opção para a empresa.

Da interpretação do enunciado, retirou-se a seguinte informação:

- A empresa pratica uma política nível de encomenda;
- Encomenda-se quantidades fixas de 1700 sacos de café sempre que o stock em mão baixa dos 1200 sacos ($Q=1700$ e $S=1200$);
- Os custos de transporte de café são da ordem dos 1500 € por encomenda ($C3 = 1500$ €);
- A taxa de juro anual, correspondente à posse de inventário é aproximadamente 15% ($i = 15\%$);
- O custo de quebra é aproximadamente 30 € por saco ($C2 = 30$).¹
- O preço médio dos sacos de café é 115 € por saco ($b = 115$ €);
- O Custo de Existência ou Posse de Inventário, $C1$, é dado pela fórmula $i*b$. Assim $C1 = 0.345$ €/semana.
- Pretende-se adotar uma política do tipo (s,S), com ciclos de 4 semanas e onde o Sr. Gervásio pretende que não haja mais do que uma situação de quebra de stock por cada dois anos;
- O prazo de entrega da mercadoria varia entre 1,2 ou 3 semanas, com probabilidade 28%, 60% e 12% respetivamente.²

Por fim, com base nos dados recolhidos é possível generalizar o prazo de entrega para:

$$\mu_{LT} = 1 * p_1 + 2 * p_2 + 3 * p_3 = 1.84$$

$$\sigma_{LT} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^3 (x_i - \mu_{LT})^2}{3}} = \sqrt{\frac{(1 - 1.84)^2 + (2 - 1.84)^2 + (3 - 1.84)^2}{3}} \approx 0.832$$

¹ O maior número mecanográfico é a93785 o que implica $d_1 = 7$, $d_2 = 8$ e $p_3 = 5$.

$C2 = 20 + 2*5 = 30$

² $p_1 = 0.21 + (7/100) = 0.28$, $p_2 = 0.52 + (8/100) = 0.6$, $p_3 = 1 - 0.28 - 0.6 = 0.12$

Análise da procura

Ao analisar os valores da procura é possível evidenciar tendências de consumo distintas para épocas distintas. Assim podemos considerar que a procura apresenta uma época alta, representada pelas semanas pertencentes ao intervalo [24,46] e uma época baixa constituída pelas semanas [1,23] \cup [47,50], tal como se observa na figura seguinte.

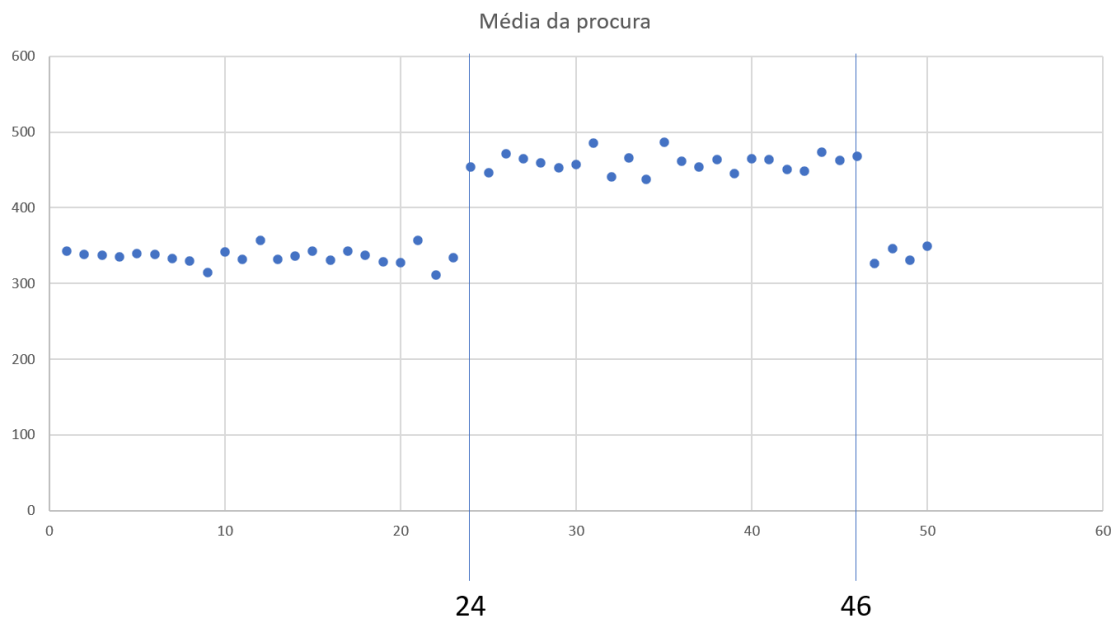


Figura 1: Tendência da procura em média

Considerando os valores da procura, de todas as semanas, é possível calcular a respetiva média semanal e o desvio padrão, obtendo-se os seguintes valores:

	Média	DP
2020	456,04	79,64319
TOTAL:	393,0467	82,07252
2021	393,035	37,95319

Figura 2: Média e desvio padrão da procura do ano 2020

Por fim, calculou-se os valores referentes à procura durante o prazo de entrega. Primeiramente a média da procura durante o prazo de entrega – $\mu DDLT$ – e posteriormente o desvio padrão da procura durante o prazo de entrega – $\sigma DDLT$. Para os cálculos considerou-se as seguintes formulas:

$$\mu DDLT = r * l$$

$$\sigma DDLT = \sqrt{l * \sigma_r^2 + r^2 * \sigma_l^2}$$

$$\mu DDPP = r * (t + l)$$

$$\sigma DDPP = \sqrt{(t + l) * \sigma_r^2 + r^2 * \sigma_l^2}$$

Obteve-se, para o ano de 2020, os seguintes valores:

$$\mu_{DDL T} \approx 839.1136$$

$$\sigma_{DDL T} \approx 394.51$$

Época alta

Considerando, para a época baixa as semanas 24 a 46, obtêm-se valores de procura como indicados na figura abaixo.

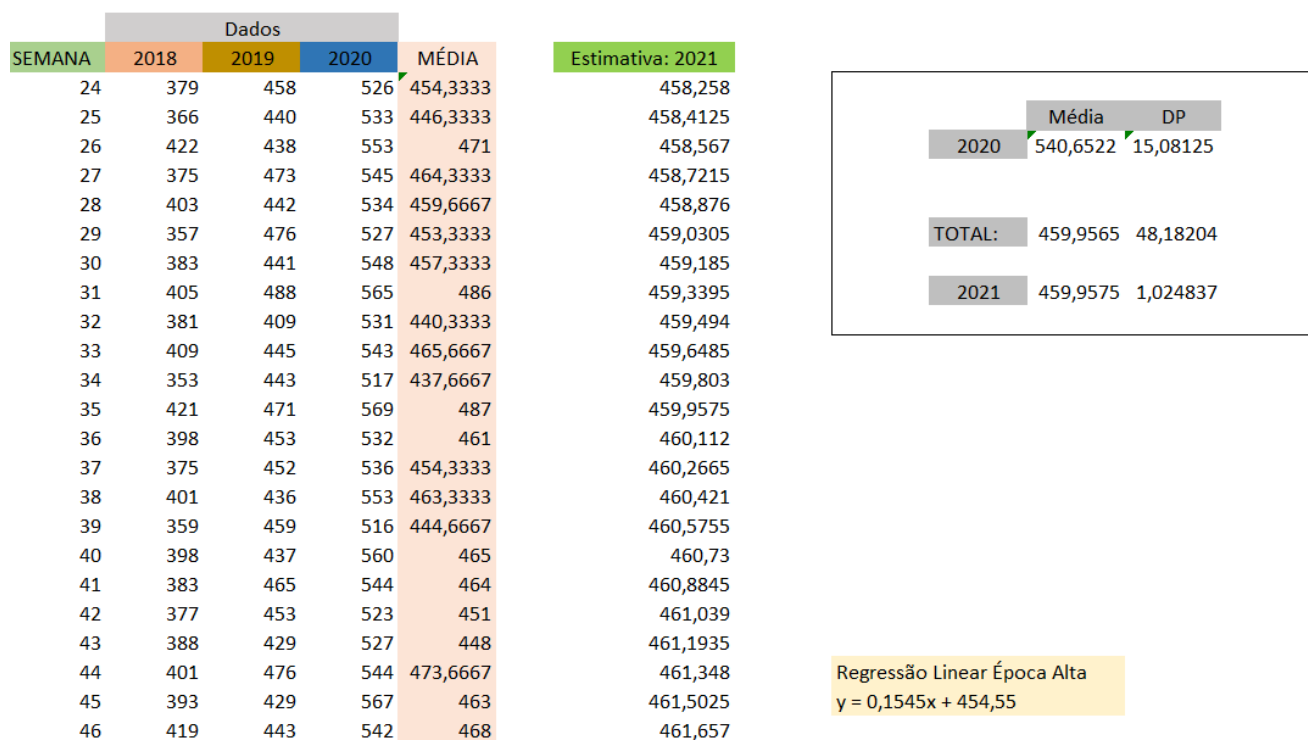


Figura 3

Para estimar a procura para o ano corrente – ano de 2021 – realizou-se a média da procura semanal referente a cada semana e recorrendo a esses valores calculou-se a regressão linear, obtendo a seguinte equação:

$$y = 0,1545x + 454,55$$

Recorrendo à equação calculou-se uma estimativa para o valor da procura de cada semana (do ano 2021), presente na figura 2, e com a amostra obtida, calculou-se a sua média e desvio padrão. Posteriormente, com os valores da procura, dos anos 2020 e 2021, calculou-se, considerando a política a adotar para o ano em questão, a média da procura durante o prazo de entrega e o desvio padrão da procura durante o prazo de entrega, obtendo os seguintes valores:

2020:

$$\mu_{DDL T} \approx 994.8$$

$$\sigma_{DDL T} \approx 450.2876$$

2021:

$$\mu_{DDPP} \approx 2686.1518$$

$$\sigma_{DDPP} \approx 382.6927$$

Época baixa

Para a época baixa realizou-se cálculos semelhantes aos realizados para a época alta, contudo considerou-se os valores da procura para as semanas 1 a 23 mais os valores das semanas 47 a 50, obtendo os valores apresentados na figura 4.

SEMANA	Dados			MÉDIA	Estimativa: 2021
	2018	2019	2020		
1	297	366	365	342,667	336,4681
2	269	325	420	338	336,4362
3	284	344	384	337,333	336,4043
4	278	328	401	335,667	336,3724
5	283	321	414	339,333	336,3405
6	287	349	379	338,333	336,3086
7	289	326	383	332,667	336,2767
8	291	328	369	329,333	336,2448
9	272	300	373	315	336,2129
10	308	337	381	342	336,181
11	285	351	360	332	336,1491
12	296	370	405	357	336,1172
13	287	334	376	332,333	336,0853
14	304	330	375	336,333	336,0534
15	282	329	417	342,667	336,0215
16	282	333	378	331	335,9896
17	294	349	384	342,333	335,9577
18	288	340	383	337	335,9258
19	286	322	378	328,667	335,8939
20	261	333	390	328	335,862
21	288	383	400	357	335,8301
22	243	317	374	311,333	335,7982
23	291	338	373	334	335,7663
Época Alta					
47	294	321	365	326,667	335,0007
48	304	342	393	346,333	334,9688
49	286	322	385	331	334,9369
50	317	369	362	349,333	334,905

	Média	DP
2020	383,963	16,0911
TOTAL:	336,049	42,8572
2021	335,945	0,45763

Regressão Linear Época Baixa
 $y = -0,0319x + 336,5$

Figura 4

Relativamente à procura durante o prazo de entrega, obteve-se os seguintes valores:

2020:

$$\mu DDLT = 706.492$$

$$\sigma DDLT = 320.2$$

2021:

$$\mu DDPP = 1961.9188$$

$$\sigma DDPP = 279.5084$$

Resolução das questões

Questão 1

Nesta questão pretende-se analisar o impacto que novos valores para a política nível de encomenda, atualmente (2020) em uso, provoca nos custos totais suportados pela empresa. Assim primeiramente analisou-se os custos, da empresa, com a política atual e posteriormente verificou-se os custos (por semana) em função dos novos parâmetros estimados, para a época alta e para a época baixa. Os cálculos efetuados encontram-se de seguida:

Política Atual:

$$1200 = 839.1136 + \frac{3 \cdot N}{100} * 354.5057 \quad \equiv \quad N = \frac{(1200 - 839.1136) * 100}{3 * 354.5057} \approx 31$$

$$E[DDLT > S] = 0.091871 * 394.5057 \approx 36.24$$

$$C = 0.345 * \left(\frac{1700}{2} + 1200 - 839.6432 \right) + 30 * \frac{456.04}{1700} * 36.24 + 1500 * \frac{456.04}{1700}$$

$$\approx 1111.7950 \text{ €/semana}$$

Época Alta:

1ª Iteração:

$$q^* = \sqrt{\frac{2 * 540.6522 * 1500}{0.345}} \approx 2168 \text{ unidades}$$

$$P[DDLT > S] = \frac{0.345 * 2168}{30 * 540.6522} \approx 0.04612 \rightarrow N = 56$$

$$E[DDLT > S] = 0.017041 * 450.2876 \approx 7.6734$$

2ª Iteração:

$$q^* = \sqrt{\frac{2 * 540.6522 * (30 * 7.6734 + 1500)}{0.345}} \approx 2329 \text{ unidades}$$

$$P[DDLT > S] = \frac{0.345 * 2329}{30 * 540.6522} \approx 0.4953 \rightarrow N = 55$$

$$E[DDLT > S] = 0.018440 * 450.2876 \approx 8.30$$

3ª Iteração:

$$q^* = \sqrt{\frac{2 * 540.6522 * (30 * 8.30 + 1500)}{0.345}} \approx 2341 \text{ unidades}$$

$$P[DDLT > S] = \frac{0.345 * 2341}{30 * 540.6522} \approx 0.0497 \rightarrow N = 55(\text{convergiu})$$

$$E[DDLT > S] = 0.018440 * 450.2876 \approx 8.30$$

$$S = 994.8 + \frac{3 * 55}{100} * 450.2876 \approx 1738$$

$$C = 0.345 * \left(\frac{2341}{2} + 1738 - 994.8 \right) + 30 * \frac{540.6522}{2341} * 8.30 + 1500 * \frac{540.6522}{2341}$$

$$\approx 1064.16 \text{ €/semana}$$

Época baixa:

1ª Iteração:

$$q^* = \sqrt{\frac{2 \cdot 383.963 \cdot 1500}{0.345}} \approx 1827$$

$$P^*[DDLT > S] = \frac{0.345 \cdot 1827}{30 \cdot 383.963} \approx 0.05472 \rightarrow N = 53$$

$$E[DDLT > S] = 0.021518 \cdot 320.2 \approx 6.89$$

2ª Iteração:

$$q^* = \sqrt{\frac{2 \cdot 383.963 \cdot (30 \cdot 6.89 + 1500)}{0.345}} \approx 1949$$

$$P^*[DDLT > S] = \frac{0.345 \cdot 1949}{30 \cdot 383.963} \approx 0.05837 \rightarrow N = 52$$

$$E[DDLT > S] = 0.023207 \cdot 320.2 \approx 7.43$$

3ª Iteração:

$$q^* = \sqrt{\frac{2 \cdot 383.963 \cdot (30 \cdot 7.43 + 1500)}{0.345}} \approx 1958$$

$$P^*[DDLT > S] = \frac{0.345 \cdot 1958}{30 \cdot 383.963} \approx 0.05864 \rightarrow N = 52 \text{ (Convergiu)}$$

$$E[DDLT > S] = 0.023207 \cdot 320.2 \approx 7.43$$

$$Z = \frac{3 \cdot 52}{100} = 1.56$$

$$S = 706.492 + 1.56 \cdot 320.2 \approx 1206$$

$$C = 0.345 \cdot \left(\frac{1958}{2} + 1206 - 706.492\right) + 30 \cdot \frac{383.963}{1958} \cdot 7.43 + 1500 \cdot \frac{383.963}{1958} \approx 847.95$$

Tendo os valores dos custos semanais associados a cada uma das épocas, época alta e época baixa com custo de 1064.16€ e 847.95€, respetivamente é necessário calcular o custo associado a um ano, constituído pelos custos das duas épocas. Assim a época alta, constituída por 23 semanas, apresenta um custo de 24475.68€ e a época baixa constituída por 27 semanas tem um custo de 22894.65€ associado, o que reflete num custo anual, suportado pela empresa, de 47370.33€.

Para a política atual e com os valores em vigor têm-se um custo de 1111.8€/semana o que implica um gasto de 55590€ por ano.

Comparando os valores anuais, percebe-se que existe uma poupança de 8219.67€ por ano caso se adote uma política nível de encomenda onde:

- Para a época alta se realizam encomendas de 2341 sacos de café sempre que em stock tenha-se apenas 1738 sacos de café;
- Para a época baixa se encomendem 1958 sacos de café sempre que no stock haja apenas 1206 sacos de café.

Questão 2

Nesta questão pretende-se ajudar o Sr. Gervásio a alterar a política atual da empresa (nível de encomenda) para uma nova política (política do tipo (s,S)). Na política do tipo (s,S) serão realizadas verificações do stock de 4 em 4 semanas ($t=4$). Durante as verificações se o stock em mão for igual ou inferior ao nível de referência estabelecido (s) deve se encomendar q sacos de café, onde q é igual ao nível de referência (S) menos o stock em mão.

Assim deve ser encontrado, para ambas as épocas, o valor do nível de referência (S) e o outro valor de referência (s), de modo que não haja, em média, mais do que uma situação de quebra de stock por cada dois anos. Os cálculos realizados para encontrar os níveis de referência são os seguintes:

Cálculo do Z:

Como não pode haver mais do que uma situação de quebra por cada 2 anos, temos que:

$$P[DDPP > S] \leq \frac{1}{\text{\#ciclos em 2 anos}} \equiv P[DDPP > S] \leq \frac{1}{\frac{2*50}{t}} \equiv P[DDPP > S] \leq 0.04$$

Assim, pelas tabelas, temos que: $N = 58$

$$Z = \frac{3N}{100} = \frac{3*58}{100} = 1.74$$

Época alta:

$$S = 2686.1518 + 1.74 * 382.6927 \approx 3352$$

$$s = 3352 - \sqrt{\frac{2*459.9575*1500}{0.345}} + \frac{459.9575*4}{2} \approx 2272$$

Época baixa:

$$S = 1961.9188 + 1.74 * 279.5084 \approx 2448$$

$$s = 2448 - \sqrt{\frac{2*335.945*1500}{0.345}} + \frac{335.945*4}{2} \approx 1411$$

Analisando os valores obtidos acima, a empresa deve:

- Durante a época alta, revisar o stock de 4 em 4 semanas e caso o stock se encontre em um nível inferior a 2272 sacos de café encomendar 3352 menos o stock em mão de sacos de café;
- Durante a época baixa, verificar, de 4 em 4 semanas, o nível do stock e se estiver abaixo de 1411 sacos de café encomendar 2448 menos o stock em mão de sacos de café.

Questão 3

Programa realizado:

Foi realizado um pequeno programa em *python* que simula o comportamento do stock, utilizando a política do tipo (s,S) e os valores obtidos na questão 2 como referência.

Para a realização do programa é necessário introduzir os seguintes dados:

- Número de simulações a realizar. Neste parâmetro devem ser introduzidos quantas simulações da política (s,S), com os valores (s,S), (s+5%,S), (s,S+5%), (s-5%,S), (s,S-5%), (s+5%,S+5%) e (s-5%,S-5%), serão realizadas;
- Número de anos a simular. Neste parâmetro devem ser introduzidos os números de anos a considerar para cada simulação. Ex: 2 ano corresponderá a simular o funcionamento para 100 semanas;
- Um booleano indicando se pretende gravar os dados em ficheiro. Caso se pretenda guardar os dados obtidos num ficheiro, com formato xlsx (formato suportado pelo excel), deve-se introduzir o carácter 'S' maiúsculo. Os dados de cada simulação serão guardados num ficheiro diferente, e para todas as simulações os dados de cada conjunto de valores s e S, serão guardados em folhas de cálculo distintas.

Após a inserção destes parâmetros, o programa executa a simulação, seguindo o pseudocódigo apresentado na figura 6, apresentando no final os valores (em formato csv) obtidos (em simultâneo pode gravar os dados em ficheiro). Na figura seguinte demonstra-se um exemplo do funcionamento do programa.

```
Quantas simulações a realizar: 1
Número de anos a simular: 20
Pretende gravar os dados simulados (S/N): S
Simulação para (s,S)

Periodo;Stock_Inicial;Prazo;Abastecimento;Vendas;Stock_Mao;Stock_Final;Encomenda
0;0;-;0;0;5090;5090;0
1;5090;-;0;335;4755;4755;0
2;4755;-;0;335;4420;4420;0
3;4420;-;0;336;4084;4084;0
4;4084;-;0;335;3749;3749;0
5;3749;-;0;336;3413;3413;0
6;3413;-;0;336;3077;3077;0
```

Figura 5:Exemplo de input/output do programa

Como se pode observar na figura 5, o programa desenvolvido apresenta como no seu resultado os seguintes valores:

- Período → Corresponde à semana de simulação (um ano tem 50 semanas);
- Stock inicial → Corresponde ao stock existente no início de cada semana;
- Prazo → Corresponde às semanas em falta para as entregas a decorrer. No início de todas as semanas é necessário decrementar em 1 unidade os prazos de entrega a decorrer. Caso se realizem encomendas na semana anterior é necessário iniciar um novo ciclo de entrega;
- Abastecimento → Corresponde ao número de unidades recebidas na semana simulada. Este valor só é diferente de zero caso existam prazos com valor zero;
- Vendas → Corresponde ao número de vendas estimado para a semana. Este valor é um número aleatório, simulado para cada semana, seguindo uma distribuição normal;
- Stock em mão → Este valor corresponde ao número de unidades que estão no stock e que já foram encomendadas;
- Stock final → Este valor corresponde ao número de unidades que ficam em stock no final da semana;
- Encomenda → Corresponde ao número de unidades encomendadas na semana atual.

Ciclo (desde a semana 1 até à última semana):

1. Stock inicial = stock final;
2. Se existir prazos de entrega a decorrer, decrementa-se o seu valor em 1 unidade;
3. Caso algum prazo existente tenha o valor 0, atualiza-se a variável abastecimento com o valor da encomenda que deu origem ao prazo;
4. Calcula-se as vendas segundo uma distribuição normal. Para o valor da média e do desvio padrão, considera-se a época correspondente à semana atual;
5. Atualiza-se o stock em mão para: valor da encomenda na semana passada + o que já se tinha no stock em mão – vendas realizadas durante a semana;
6. Atualiza-se o stock final: stock final = stock inicial + abastecimento – vendas. Caso o stock final seja inferior a 0 (existem quebras) multiplica-se o seu valor por 0.6, uma vez que 40% das encomendas são canceladas;
7. Caso seja uma semana de revisão (semana múltipla de 4) e o stock em mão seja menor ou igual a 's', realiza-se uma encomenda nessa semana, com valor: 'S' – stock em mão (para o valor do 's' e 'S' tem-se em conta a época a que a terceira semana seguinte pertence);
8. Se na semana anterior foram realizadas encomendas, inicia-se a contagem de uma nova entrega;
9. Avança-se na semana

Figura 6: Pseudocódigo do programa desenvolvido

NOTA: Como existem épocas com valores de referência diferentes é necessário verificar a que época a semana corresponde, contudo, para prevenir os casos de troca de épocas verifica-se a que época correspondente para a terceira semana seguinte, uma vez que o período máximo para entrega são três semanas. Contudo para determinar a quantidade vendida, considera-se a semana atual.

Interpretação dos resultados:

Antes de aconselhar, justificadamente, os valores de (s,S) que o Sr. Gervásio deve adotar, refere-se que simulando o modelo para um número maior de anos é possível obter uma maior precisão nas variáveis (como por exemplo as situações de quebra), daí ser importante uma simulação consideravelmente extensa. Também se deve realizar diferentes simulações, uma vez que cada simulação é inicializada com valores ligeiramente diferentes (como por exemplo no nível de stock com que a simulação começa).

Assim, para efeitos de interpretação dos resultados obtidos pelo programa, e para descobrir quais os melhores valores de 's' e 'S' a aconselhar ao Sr. Gervásio, decidiram-se realizar 4 simulações de 20 anos cada uma. Para cada uma das simulações utilizaram-se 7 valores diferentes para o par (s,S), pelo que obtivemos os seguintes resultados:

- 1) Época alta: $s = 2272$ e $S = 3352$
Época baixa: $s = 1411$ e $S = 2448$
Média de stock em mão: 1794 sacos de café
Situações de quebra: 7,5 nos 20 anos $\rightarrow 0.375$ por ano
Número médio de encomendas realizadas: 228,6 nos 20 anos $\rightarrow 11.43$ por ano
- 2) Época alta: $s = 2386$ e $S = 3352$
Época baixa: $s = 1482$ e $S = 2448$
Média de stock em mão: 1812 sacos de café
Situações de quebra: 11,25 nos 20 anos $\rightarrow 0.5625$ por ano
Número médio de encomendas realizadas: 228 nos 20 anos $\rightarrow 11.4$ por ano

- 3) Época alta: $s = 2272$ e $S = 3520$
 Época baixa: $s = 1411$ e $S = 2360$
 Média de stock em mão: 1842 sacos de café
 Situações de quebra: 8,75 nos 20 anos $\rightarrow 0.4375$ por ano
 Número médio de encomendas realizadas: 228,6 nos 20 anos $\rightarrow 11.43$ por ano
- 4) Época alta: $s = 2158$ e $S = 3352$
 Época baixa: $s = 1341$ e $S = 2448$
 Média de stock em mão: 1793 sacos de café
 Situações de quebra: 9,75 nos 20 anos $\rightarrow 0.4875$ por ano
 Número médio de encomendas realizadas: 219 nos 20 anos $\rightarrow 10.95$ por ano
- 5) Época alta: $s = 2272$ e $S = 3184$
 Época baixa: $s = 1411$ e $S = 2136$
 Média de stock em mão: 1632 sacos de café
 Situações de quebra: 7,5 nos 20 anos $\rightarrow 0.375$ por ano
 Número médio de encomendas realizadas: 247 nos 20 anos $\rightarrow 12.35$ por ano
- 6) Época alta: $s = 2386$ e $S = 3520$
 Época baixa: $s = 1482$ e $S = 2570$
 Média de stock em mão: 1954 sacos de café
 Situações de quebra: 9,25 nos 20 anos $\rightarrow 0.4625$ por ano
 Número médio de encomendas realizadas: 227 nos 20 anos $\rightarrow 11.35$ por ano
- 7) Época alta: $s = 2158$ e $S = 3352$
 Época baixa: $s = 1411$ e $S = 2326$
 Média de stock em mão: 1738 sacos de café
 Situações de quebra: 10,5 nos 20 anos $\rightarrow 0.5125$ por ano
 Número médio de encomendas realizadas: 225 nos 20 anos $\rightarrow 11.25$ por ano

Observando os valores obtidos (acima referenciados) verifica-se que para todos os conjuntos de (s,S) a restrição de ter apenas uma situação de quebra em cada dois anos é cumprida, com exceção dos conjuntos 7 e 2 sendo por isso rejeitados de imediato. De seguida, tendo em conta que a existência de stock apresenta encargos para a empresa ponderou-se a melhor combinação entre o custo de posse, os custos de quebra e os custos de passagem de encomenda. Calculando o custo³ para cada um dos conjuntos obteve-se:

- 1) $C = 48\,102.75 \text{ €/ano}$
- 3) $C = 48\,932.63 \text{ €/ano}$
- 4) $C = 47\,368.88 \text{ €/ano}$
- 5) $C = 46\,688.25 \text{ €/ano}$
- 6) $C = 50\,745.38 \text{ €/ano}$

Como se pode observar pelos custos calculados, a melhor opção é o conjunto 5 onde o Sr. Gervásio utiliza como valores de referência, para a época alta, $s = 2272$ e $S = 3184$ e para a época baixa $s = 1411$ e $S = 2136$. Esta escolha dá-se ao facto de que o número médio de stock da empresa é menor do que nos outros conjuntos, sendo no pior caso inferior 161 unidades, que conjugado com o menor número de quebras anuais, permite atenuar o maior número de encomendas que a empresa realizará.

³ $C = C1 * \text{stock médio} + C2 * \text{média das situações de quebras} + C3 * \text{número das encomendas}$

Conclusão

Durante a realização deste relatório, abordou-se a utilização de duas políticas de gestão de stocks, diferentes, para a empresa Café&Afins.

Para a política nível de encomenda, determinou-se a quantidade a encomendar e o nível de referência a adotar pela empresa, tanto para a época baixa como para a época alta, o que levou a uma poupança de 8219.67€ por ano, para a empresa.

Por fim, estudou-se a adoção da política do tipo (s,S) , determinado os dois níveis de referência necessários, primeiramente de forma analítica e posteriormente ajustando esses valores através da realização de simulações. De modo a garantir um melhor ajuste dos valores obtidos realizaram-se 4 simulações com 20 anos cada uma, o que permitiu definir os valores, para a época alta, $s = 2272$ e $S = 3184$ e para a época baixa $s = 1411$ e $S = 2136$, a adotar pela empresa.

Anexos

I – Valores da procura

ANEXO: Tabela de dados

Grupo de Trabalho 1

MEI-MEIO 2020/21

VALORES DA PROCURA (EMPRESA Café&Afins)

<u>Semana</u>	<u>ANOS</u>		
	<u>2018</u>	<u>2019</u>	<u>2020</u>
1	297	366	365
2	269	325	420
3	284	344	384
4	278	328	401
5	283	321	414
6	287	349	379
7	289	326	383
8	291	328	369
9	272	300	373
10	308	337	381
11	285	351	360
12	296	370	405
13	287	334	376
14	304	330	375
15	282	329	417
16	282	333	378
17	294	349	384
18	288	340	383
19	286	322	378
20	261	333	390
21	288	383	400
22	243	317	374
23	291	338	373
24	379	458	526
25	366	440	533
26	422	438	553
27	375	473	545
28	403	442	534
29	357	476	527
30	383	441	548
31	405	488	565
32	381	409	531
33	409	445	543
34	353	443	517
35	421	471	569
36	398	453	532
37	375	452	536
38	401	436	553
39	359	459	516
40	398	437	560
41	383	465	544
42	377	453	523
43	388	429	527
44	401	476	544
45	393	429	567
46	419	443	542
47	294	321	365
48	304	342	393
49	286	322	385
50	317	369	362

II – Resultado, exemplo, de uma simulação para um ano

VALORES			Período	Stock_Inicial	Prazo	Abastecimento	Vendas	Stock_Mao	Stock_Final	Encomenda
			0	0	-	0	0	6489	6489	0
	Época Alta		1	6489	-	0	336	6153	6153	0
s=2272			2	6153	-	0	335	5818	5818	0
S=3184			3	5818	-	0	335	5483	5483	0
t=4			4	5483	-	0	335	5148	5148	0
			5	5148	-	0	336	4812	4812	0
	Época Baixa		6	4812	-	0	336	4476	4476	0
s=1411			7	4476	-	0	335	4141	4141	0
S=2136			8	4141	-	0	336	3805	3805	0
t=4			9	3805	-	0	335	3470	3470	0
			10	3470	-	0	335	3135	3135	0
			11	3135	-	0	336	2799	2799	0
			12	2799	-	0	335	2464	2464	0
			13	2464	-	0	336	2128	2128	0
			14	2128	-	0	336	1792	1792	0
			15	1792	-	0	335	1457	1457	0
			16	1457	-	0	336	1121	1121	1015
			17	1121	2	0	335	1801	786	0
			18	786	1	0	335	1466	451	0
			19	451	0	1015	336	1130	1130	0
			20	1130	-	0	336	794	794	1342
			21	794	2	0	336	1800	458	0
			22	458	1	0	335	1465	123	0
			23	123	0	1342	335	1130	1130	0
			24	1130	-	0	460	670	670	2514
			25	670	2	0	458	2726	212	0
			26	212	1	0	461	2265	-149	0
			27	-149	0	2514	459	1806	1906	0
			28	1906	-	0	461	1345	1445	1839
			29	1445	1	0	458	2726	987	0
			30	987	0	1839	459	2267	2367	0
			31	2367	-	0	462	1805	1905	0
			32	1905	-	0	459	1346	1446	1838
			33	1446	1	0	458	2726	988	0
			34	988	0	1838	460	2266	2366	0
			35	2366	-	0	459	1807	1907	0
			36	1907	-	0	458	1349	1449	1835
			37	1449	1	0	460	2724	989	0
			38	989	0	1835	459	2265	2365	0
			39	2365	-	0	460	1805	1905	0
			40	1905	-	0	459	1346	1446	1838
			41	1446	3	0	458	2726	988	0
			42	988	2	0	460	2266	528	0
			43	528	1	0	460	1806	68	0
			44	68	0	1838	461	1345	1445	791
			45	1445	2	0	461	1675	984	0
			46	984	1	0	460	1215	524	0
			47	524	0	791	335	880	980	0
			48	980	-	0	336	544	644	1592
			49	644	2	0	336	1800	308	0
			50	308	1	0	336	1464	-16	0

III – Programa desenvolvido

```
import numpy as np
import random as rand
from openpyxl import Workbook
from openpyxl.styles import Font

corVermelha = Font(color="FF0000")

t = 4

mediaEA, desvioPadraoEA = 459.9575, 1.024837

mediaEB, desvioPadraoEB = 335.945, 0.45763

numeroSemanas = 0

def isSemanaReverStock(semana):
    return (semana % t == 0)

def isEpocaAlta(semana):
    res = False

    while(semana>50):
        semana = semana-50

    if(semana >= 24 and semana <= 46):
        res = True

    return res

def get_LT():
    LT_List = []
    for i in range(28):
        LT_List.append(1)
    for i in range(60):
        LT_List.append(2)
    for i in range(12):
        LT_List.append(3)
    return rand.choice(LT_List)

def calcula(sEA,SEA,sEB,SEB,vezes):

    if(vezes==1):
        ws = wb.active
        ws.title = f'S{vezes}'
    else:
        ws = wb.create_sheet(title=f'S{vezes}')

    ws.cell(row=1, column=2, value='VALORES')
    ws.cell(row=3, column=2, value='Época Alta')
    ws.cell(row=4, column=1, value=f's={sEA}')
```



```

ws.cell(row=5, column=1, value=f'S={sEA}')
ws.cell(row=6, column=1, value=f't=4')
ws.cell(row=8, column=2, value='Época Baixa')
ws.cell(row=9, column=1, value=f's={sEB}')
ws.cell(row=10, column=1, value=f'S={sEB}')
ws.cell(row=11, column=1, value=f't=4')

abastecimento = 0
prazo = {}
stock_Mao = sEA + int((1+sEA)/(2*rand.random()))
stock_Final = stock_Mao
stock_Inicial = 0
encomenda = {}
vendas = 0
periodo = 0

print('Período;Stock_Inicial;Prazo;Abastecimento;Vendas;Stock_Mao;Stock_Final;Encomenda')
ws.cell(row=1, column=6, value='Período')
ws.cell(row=1, column=7, value='Stock_Inicial')
ws.cell(row=1, column=8, value='Prazo')
ws.cell(row=1, column=9, value='Abastecimento')
ws.cell(row=1, column=10, value='Vendas')
ws.cell(row=1, column=11, value='Stock_Mao')
ws.cell(row=1, column=12, value='Stock_Final')
ws.cell(row=1, column=13, value='Encomenda')
print(f'{periodo};{stock_Inicial};-
;{abastecimento};{vendas};{stock_Mao};{stock_Final};0')
ws.cell(row=2, column=6, value=periodo)
ws.cell(row=2, column=7, value=stock_Inicial)
ws.cell(row=2, column=8, value='-')
ws.cell(row=2, column=9, value=abastecimento)
ws.cell(row=2, column=10, value=vendas)
ws.cell(row=2, column=11, value=stock_Mao)
ws.cell(row=2, column=12, value=stock_Final)
ws.cell(row=2, column=13, value=0)
encomenda[periodo] = 0

periodo = 1
while(periodo <= numeroSemanas):

    abastecimento = 0

    stock_Inicial = stock_Final

    for (p,val) in prazo.items():
        if(val > 0):
            prazo[p] = val - 1
            if(prazo[p] == 0):
                abastecimento = abastecimento + encomenda[p-1]

    if(encomenda[periodo-1] > 0):

```

```

prazo[periodo] = get_LT()

if(isEpocaAlta(periodo)):
    vendas = int(np.random.normal(mediaEA, desvioPadraoEA))
else:
    vendas = int(np.random.normal(mediaEB, desvioPadraoEB))

stock_Mao = encomenda[periodo-1] + stock_Mao - vendas
stock_Final = stock_Inicial + abastecimento - vendas

if(stock_Final<0):
    stock_Final = int(stock_Final*0.6)

t_aux = isSemanaReverStock(periodo)

if(isEpocaAlta(periodo+3)):
    if(t_aux and stock_Mao <= sEA):
        encomenda[periodo] = SEA - stock_Mao
    else:
        encomenda[periodo] = 0
else:
    if(t_aux and stock_Mao <= sEB):
        encomenda[periodo] = SEB - stock_Mao
    else:
        encomenda[periodo] = 0

print(f'{periodo};{stock_Inicial};', end='')
ws.cell(row=periodo+2, column=6, value=periodo)
ws.cell(row=periodo+2, column=7, value=stock_Inicial)
ws.cell(row=periodo+2, column=9, value=abastecimento)
ws.cell(row=periodo+2, column=10, value=vendas)
ws.cell(row=periodo+2, column=11, value=stock_Mao)
ws.cell(row=periodo+2, column=12, value=stock_Final)
ws.cell(row=periodo+2, column=13, value=encomenda[periodo])
single = True
i = 0
prazosStr = '-'
for (p1,p2) in prazo.items():
    if(p2>=0):
        if(single):
            print(f'{p2}', end='')
            prazosStr = f'{p2}'
            single = False
            i += 1
        else:
            print(f',{p2}', end='')
            prazosStr += f',{p2}'
            i += 1
        if(p2==0):
            prazo[p1] = -1
    if(i==0):
        print('-', end='')

```

```

        ws.cell(row=periodo+2, column=8, value=prazosStr)
        print(f';{abastecimento};{vendas};{stock_Mao};{stock_Final};{encomenda[period
o]}' , end='')
        print('')

        if(stock_Inicial < 0):
            a1 = ws[f'G{periodo+2}']
            a1.font = corVermelha

        periodo += 1

numSimulacoes = input("Quantas simulações a realizar: ")
anos = input("Número de anos a simular: ")
numeroSemanas = int(anos) * 50
gravar = input("Pretende gravar os dados simulados (S/N): ")

numSimulacoes = int(numSimulacoes)

for x in range(numSimulacoes):
    wb = Workbook()

    print('Simulação para (s,S)')
    print('')
    sEATemp = 2272
    SEATemp = 3352
    sEBTemp = 1411
    SEBTemp = 2448
    calcula(sEATemp, SEATemp, sEBTemp, SEBTemp, 1)
    print('')
    print('Simulação para (s+5%,S)')
    print('')
    sEATemp = 2386
    SEATemp = 3352
    sEBTemp = 1482
    SEBTemp = 2448
    calcula(sEATemp, SEATemp, sEBTemp, SEBTemp, 2)
    print('')
    print('Simulação para (s,S+5%)')
    print('')
    sEATemp = 2272
    SEATemp = 3520
    sEBTemp = 1411
    SEBTemp = 2360
    calcula(sEATemp, SEATemp, sEBTemp, SEBTemp, 3)
    print('')
    print('Simulação para (s-5%,S)')
    print('')
    sEATemp = 2158
    SEATemp = 3352
    sEBTemp = 1341
    SEBTemp = 2448

```

```

calcula(sEATemp, SEATemp, sEBTemp, SEBTemp, 4)
print('')
print('Simulação para (s,S-5%)')
print('')
sEATemp = 2272
SEATemp = 3184
sEBTemp = 1411
SEBTemp = 2136
calcula(sEATemp, SEATemp, sEBTemp, SEBTemp, 5)
print('')
print('Simulação para (s+5%,S+5%)')
print('')
sEATemp = 2386
SEATemp = 3520
sEBTemp = 1482
SEBTemp = 2570
calcula(sEATemp, SEATemp, sEBTemp, SEBTemp, 6)
print('')
print('Simulação para (s-5%,S-5%)')
print('')
sEATemp = 2158
SEATemp = 3352
sEBTemp = 1411
SEBTemp = 2326
calcula(sEATemp, SEATemp, sEBTemp, SEBTemp, 7)

if(gravar == 'S'):
    wb.save(f'simulacao{x}.xlsx')

print('')
print('')

```