

Análise da Aplicabilidade de Métodos de Previsão numa Indústria de Tapeçarias

Guilherme Miguel Órfão Fernandes

Dissertação de Mestrado

Orientador na FEUP: Prof. Eduardo Gil da Costa



Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica

2020-06-22

Resumo

O projeto apresentado no presente relatório de dissertação foi realizado na empresa Tapeçarias Ferreira de Sá, em Espinho, tendo como foco o setor de armazém. O forte crescimento da empresa nos últimos anos, associado às perspetivas futuras de evolução, fazem crer que só será sustentável o desenvolvimento da produção se for acompanhado por um igual desenvolvimento dos setores de apoio, como o armazém e a manutenção.

Para tal, foram analisados os registos de utilização de matérias primas dos anos anteriores, por forma a poder repensar a política de gestão de *stocks*, tanto a nível de *stocks* de segurança, como a nível de abate de inventário obsoleto. Também foi repensado o processo de avaliação de cor do fio, quer para efeitos de controlo da qualidade, quer para melhor planear a sua utilização, através de melhorias no processo de reserva de fio.

Deste modo, foram criados diversos modelos com base nos anos de 2016, 2017 e 2018 e aplicados diversos métodos de previsão. Estas previsões vieram a revelar a sua fraca aplicabilidade, quando comparadas com os valores efetivamente verificados.

Também foi proposta a aquisição de um colorímetro, equipamento que permite avaliar a cor de uma superfície, ao que se anexaram outras sugestões de implementação nos sistemas informáticos da empresa e de alteração de procedimentos do próprio armazém.

Em suma, constatou-se que o caráter único e customizado dos produtos da empresa aponta para a utilização de políticas MRP (*Materials Requirements Planning*), visto que os consumos de fios são muito variáveis e altamente dependentes das encomendas colocadas pelos clientes. Verificou-se também que a enorme variabilidade da cor do fio dentro de lotes da mesma referência é um fator impeditivo para o melhoramento da gestão de inventário do armazém, pelo que é fulcral passar a avaliação visual da cor do fio para uma avaliação quantitativa, com recurso a equipamento próprio para o efeito.

Analysis of the Applicability of Forecasting Methods in a Tapestry Industry

The project presented in this dissertation report was carried out at Tapeçarias Ferreira de Sá, in Espinho, focusing on the warehouse sector. The strong growth of the company in the last years, associated to the future perspectives of evolution, make us believe that the development of the production will only be sustainable if it is accompanied by an equal development of the support sectors, such as the warehouse and the maintenance.

During the project, the raw material use records of previous years were analyzed in order to rethink the stock management policy, both at the level of safety stocks and at the level of obsolete inventory. The process of assessing the colour of yarn was also rethought, both for quality control purposes and to better plan its use through improvements to the yarn stock process.

In this way, several models were created based on the years 2016, 2017 and 2018 and various forecasting methods were applied. These forecasts have revealed their poor quality when compared to the actual figures.

It was also proposed the acquisition of a colorimeter, equipment that allows the evaluation of the color of a surface, to which were attached other suggestions for implementation in the computer systems of the company and change of procedures of the warehouse itself.

In short, it was found that the unique and customized character of the company's products points to the use of MRP (Materials Requirements Planning) policies, since yarn consumption is very variable and highly dependent on orders placed by customers. It was also found that the enormous variability of the yarn colour within lots of the same refurbishment is an impediment to the improvement of the warehouse inventory management, so it is essential to pass the visual evaluation of the yarn colour to a quantitative evaluation, with re-course to equipment suitable for this purpose.

Agradecimentos

A realização desta dissertação não seria possível sem a colaboração de diversas pessoas e entidades, aos quais manifesto a minha gratidão.

O meu agradecimento ao Professor Eduardo Gil da Costa, pela sua orientação nesta dissertação, assim como a todos os outros professores que me acompanharam ao longo do meu percurso académico na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

À Engenheira Cristina Barbosa, ao Engenheiro André Silva e a todos os engenheiros da empresa que me apoiaram em todo o projeto, um grande obrigado.

Estendo o meu agradecimento à administração das Tapeçarias Ferreira de Sá, não só pelo apoio financeiro que me foi concedido, como também pela oportunidade de ter um primeiro contacto laboral com um ambiente tão desafiante e em constante desenvolvimento.

Uma palavra de apreço também por todos os colaboradores das Tapeçarias Ferreira de Sá, sobretudo os do setor da manutenção e o seu responsável, Engenheiro Bruno Costa, onde passei muito tempo.

Agradeço também à Sofia, por todo o companheirismo e amizade durante a realização deste projeto.

Um último e especial obrigado à minha família, à Rita e a todos os meus amigos.

Índice de Conteúdos

1	Introdução	1
1.1	Apresentação da Empresa Tapeçarias Ferreira de Sá	1
1.2	Enquadramento do Projeto	1
1.3	Metodologia e Planeamento de Atividades	2
1.4	Estrutura da Dissertação	2
2	Enquadramento Teórico.....	4
2.1	Gestão de Inventário.....	4
2.1.1	Métodos de Reaprovisionamento	5
2.1.2	Análise ABC e XYZ.....	7
2.2	Métodos de Previsão	9
2.2.1	Séries Cronológicas e Respetiva Tendência	10
2.2.2	Método da Média Simples	11
2.2.3	Amortecimento Exponencial Simples.....	12
3	Contextualização e Descrição da Situação Atual	15
3.1	Apresentação do Setor do Armazém	15
3.2	Sistema de Informação (ERP) e REC	16
3.3	Análise ABC e XYZ	17
3.4	Níveis de <i>Stock</i>	17
3.5	Fragmentação do <i>Stock</i>	18
3.6	Processo de Encomenda	19
3.7	Cálculo de Necessidades.....	20
3.8	Receção de Encomendas e Controlo de Qualidade	21
4	Metodologia Utilizada e Propostas de Implementação.....	23
4.1	Métodos de Previsão	23
4.1.1	Verificação da Tendência	24
4.1.2	Previsões	24
4.1.3	Análise de Resultados	25
4.2	Implementação de um Colorímetro	28
5	Conclusões e Perspetivas de Trabalho Futuro.....	30
	Referências	32
	ANEXO A: Regressões Lineares e Verificação da Tendência.....	33
	ANEXO B: Previsões, Limites de Confiança e Erro Absoluto	35

Siglas

ERP - *Enterprise Resource Planning* (Planeamento de Recursos Empresariais)

REC - “RECORD” - *Manufacturing Execution System* desenvolvido pela TFS

MRP - *Materials Requirements Planning*

TFS - Tapeçarias Ferreira de Sá

WIP - *Work-in-Progress*

Índice de Figuras

Figura 1 - Modelo de Revisão Contínua (Carravilla 1997).....	5
Figura 2 - Modelo de Revisão Periódica (Carravilla 1997).....	6
Figura 3 – Curva ABC (Carravilla 1997)	8
Figura 4 - Matriz ABC vs XYZ («ABC XYZ Analyse to Optimize your Inventory AbcSupplyChain» sem data)	9
Figura 5 - Exemplo de Série Cronológica com Consumos Semanais	10
Figura 6 - Exemplo de Regressão Linear de Série Cronológica.....	10
Figura 7 - Arrumação dos Sacos de Bobines no Armazém.....	15
Figura 8 - Fluxograma do Processo de Encomenda	20
Figura 9 - Espaço de Cor L*a*b (adaptado) («CIELAB.html» sem data)	21
Figura 10 - Avaliação da Cor numa Caixa de Luzes	22
Figura 11 - Procura/Consumo de Fio D ao longo de 2016-2019 (por semanas).....	23
Figura 12 - Previsões para o Período Seguinte vs Consumos Reais (2019).....	27
Figura 13 - Previsões para o 2º Período Seguinte vs Consumos Reais (2019)	27
Figura 14 - Colorímetro ou Espectrofotómetro («Datacolor 200 Family Low Cost Spectrophotometer Datacolor» sem data).....	28

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Diferenças entre Revisão Contínua e Revisão Periódica (Jacobs e Chase 2013)	6
Tabela 2 - Valores Mínimos de $ R $	11
Tabela 3 - Análise ABC.....	17
Tabela 4 - Análise XYZ.....	17
Tabela 5 - Taxas de Rotação e de Cobertura	18
Tabela 6 - Erro Absoluto Médio das Previsões Efetuadas	25
Tabela 7 - Previsões para 4 semanas (a começar na 3ª semana) e Respetivos Limites de Confiança.....	26

1 Introdução

A presente dissertação foi realizada no âmbito do Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto e desenvolvida em contexto empresarial na empresa Tapeçarias Ferreira de Sá.

Pretende-se, neste capítulo, dar a conhecer o panorama da Tapeçarias Ferreira de Sá, assim como expor os objetivos e as diretrizes seguidas ao longo do projeto.

1.1 Apresentação da Empresa Tapeçarias Ferreira de Sá

O presente projeto foi desenvolvido nas instalações da Tapeçarias Ferreira de Sá (TFS), empresa dedicada à produção de tapetes de luxo.

A TFS é “uma empresa familiar, fundada em Espinho em 1946, reconhecida como uma das maiores, mais antigas e mais prestigiadas empresas de tapeçarias artesanais na Europa”, predominando a exportação no seu volume de vendas («Ferreira de Sá - Apresentação» sem data).

As três técnicas de produção atualmente usadas são: *hand-tufting* (tufado manual, ainda que grande parte da produção se apoie em máquinas próprias para o efeito), *hand-knotted* (nó manual, conhecido como ponto de Beiriz) e *hand-woven* (tecelagem manual). Todos os produtos da empresa são personalizados e feitos por encomenda, empenhando uma vasta equipa desde *designers* a artesãos.

De há alguns anos para cá, a empresa tem passado por uma reestruturação, principalmente pela inclusão de máquinas (vulgo robôs), que visaram ampliar a capacidade produtiva.

O volume de vendas da TFS subiu 31,3% desde 2016 até 2019.

Em 2019, a maioria do capital da TFS foi comprada pelo grupo Sherpa Capital, mantendo-se a “família fundadora como acionista minoritária” e como parte importante na gestão da empresa («Espanhola Sherpa compra fabricante portuguesa de tapetes de luxo - indústria - Jornal de Negócios» sem data).

Enquadrada no panorama nacional das PME (Pequenas e Médias Empresas), a TFS possui um Sistema de Gestão da Qualidade certificado pela TÜV RHEINLAND PORTUGAL de acordo com a norma ISO 9001.

Como ambições futuras, antevê-se a diminuição da pegada ecológica, procurando enveredar por novas matérias primas mais amigas do ambiente e culminando na certificação segundo a norma ISO 14001, que traduz o compromisso ambiental de uma empresa.

1.2 Enquadramento do Projeto

A TFS, enquanto empresa em forte crescimento, tem visto o seu volume de negócios aumentar a um ritmo superior ao habitual. Contudo, o crescimento da capacidade produtiva tem sempre

de ser consolidado com uma estrutura de apoio bem estruturada, também capaz de responder ao desenvolvimento da empresa.

Nesta ótica, tornou-se fulcral rever o funcionamento de setores de apoio à produção, como o armazém ou a manutenção, por forma a que todo o crescimento da empresa seja sustentável e que setores não principais não venham a restringir a cadência produtiva.

É, portanto, uma parte integrante da estratégia da empresa a revisão de processos e a forte implementação do seu sistema informático, a par do ERP atualmente utilizado, em todos os setores adjacentes à produção.

Ademais, como referido posteriormente, a grande variedade de matérias primas, associada a um elevado número de referências de cor e respetivos lotes, confere ao processo de armazenamento uma alta variabilidade, tornando este setor muito suscetível a picos e variações dos padrões de procura.

Para poder gerir melhor o inventário existente e para poder planificar as encomendas aos fornecedores mais precocemente, foram definidos os seguintes objetivos para o presente projeto, enquadrado no setor do armazém de matérias primas:

- Implementação de métodos de previsão dos consumos de fio (matéria prima principal);
- Criação de *stocks* mínimos de segurança;
- Definição de políticas de revisão de *stock*.

1.3 Metodologia e Planeamento de Atividades

A realização deste projeto foi estruturada em duas fases.

A primeira fase foi destinada a estudar o histórico de utilização de fio, associado ao histórico de volume de vendas, por forma a poder estabelecer padrões de procura em função da sazonalidade. Tendo uma melhor noção da realidade atual de consumo de matérias primas, é possível projetar no futuro uma previsão do que será consumido daqui em diante. No entanto, a rápida mudança das tendências do mercado, obriga a que estas previsões sejam revistas periodicamente.

Para tal, foram analisados os históricos de consumo de fio e organizadas as referências de fio em função do nível de utilização. Posteriormente utilizaram-se métodos de previsão de procura, aos quais foram associados os conceitos de gestão de *stocks*, por forma a reduzir o inventário supérfluo, a minimizar os custos de aquisição de fio e a otimizar a utilização do espaço disponível em armazém.

Numa segunda fase, foi analisada a receção de fio e todo o funcionamento do armazém, procurando reduzir o erro humano e a subjetividade existente na avaliação das cores, tanto para controlo da qualidade na receção como também na própria escolha de lotes para posterior uso na produção. Foram discutidas várias opções, as quais culminaram na proposta de aquisição e implementação de um equipamento destinado à leitura da cor do fio.

A conclusão de todas estas fases prendeu-se com a proposta de inclusão e/ou alteração do sistema informático da empresa, tanto no ERP atualmente existente como no sistema interno da empresa, intitulado REC.

1.4 Estrutura da Dissertação

O presente documento está dividido em cinco capítulos.

Neste primeiro capítulo foi apresentada a empresa, assim como o projeto e os objetivos respetivos e a metodologia utilizada.

No segundo capítulo são apresentados os conceitos teóricos essenciais para a realização do projeto, devidamente detalhados, para que possam servir de base aos estudos seguintes.

No terceiro capítulo é analisada a situação atual do armazém, aprofundando o conhecimento do seu funcionamento e, por conseguinte, descrevendo alguns dos seus processos e também várias dificuldades existentes.

O quarto capítulo destina-se à criação de modelos de previsão e sua posterior avaliação, assim como se debruça sobre a possível implementação de um novo equipamento para a gestão do inventário;

Por fim, no quinto capítulo, tiram-se ilações sobre o projeto desenvolvido e perspectivas para trabalhos futuros.

2 Enquadramento Teórico

Neste capítulo é feita uma revisão bibliográfica sobre temas relevantes para o projeto desenvolvido, nomeadamente gestão de inventário, modelos de revisão, métodos de previsão e análise ABC e XYZ.

2.1 Gestão de Inventário

Pode definir-se inventário como o *stock* de qualquer artigo ou recurso utilizado numa organização. Um sistema de inventário é um conjunto de políticas e controlos que monitorizam os níveis de inventário e que determinam que níveis devem ser mantidos, quando deve ser reabastecido o *stock* e quais as quantidades das encomendas.

O conceito de “inventário de produção” está associado a artigos que contribuem ou fazem parte do produto final da empresa, sendo dividido em matérias primas, artigos terminados, componentes, *supplies* e WIP.

Segundo Jacobs e Chase (2013), os motivos principais para a criação de *stock* são:

- “Absorver a variação da procura” - nem sempre é possível prever com precisão as oscilações na procura de um dado produto e/ou artigo, pelo que é usual o estabelecimento de um *stock* de segurança que permita responder a oscilações não previstas;
- “Permitir flexibilidade no planeamento da produção – a existência de *stock* tende a aliviar a pressão no sistema de produção”, pois aumenta o *lead time* e com isso consegue-se um planeamento mais atempado e uma produção menos custosa;
- “Defender-se de atrasos na entrega de matérias primas – existem inúmeros motivos pelos quais uma encomenda de matérias primas pode chegar atrasada”, danificada ou incorreta, mas tudo isso culmina em atrasos que podem ser atenuados com a existência de *stock*;
- “Tirar proveito da quantidade da encomenda” – encomendas maiores podem resultar numa maior diluição dos custos fixos (requisições, transporte, etc.), assim como podem permitir aproveitar descontos de quantidade por parte dos fornecedores.

Independentemente do tipo de produtos a gerir, Ziukov (2015) aponta duas decisões críticas:

- “Qual a dimensão de cada encomenda?”
- “Qual o instante em que deve ser efetuada cada encomenda?”

Para responder a estas questões, Carravilla (1997), Jacobs e Chase (2013) apontam os seguintes custos:

- Custos de posse – associados ao “custo do inventário e do seu armazenamento, isto é, custo das instalações, seguros, depreciações, custos de manuseamento”, entre outros;
- Custos de preparação/*setup* – a preparação, organização e transporte das matérias primas que alimentam as linhas de produção acarretam custos(Jacobs e Chase 2013);
- Custos de encomenda – custo efetivo da encomenda, somando as “despesas associadas à preparação da mesma, tanto na contabilização do que existe já em inventário, como no cálculo do que será necessário encomendar”(Carravilla 1997);
- Custos de rutura de *stock* – “quando o *stock* de uma matéria-prima ou produto é esgotado, encomendas que requeiram o seu uso terão de esperar que seja repostos esse *stock* ou então terão de ser canceladas. A esta situação chama-se *stock out*. É, portanto, um equilíbrio ténue entre ter *stock* que satisfaça a procura e os custos resultantes de

stock outs, medidos em função das vendas e clientes perdidos e das penalizações por atraso”.

“Os objetivos da gestão de inventário passam por minimizar os custos totais, podendo ser vantajoso ter menos *stock* e gastar mais em transportes”, em função de parâmetros como os custos de armazenamento e de transporte (Ziukov 2015).

2.1.1 Métodos de Reaprovisionamento

Como resposta às duas perguntas anteriores, Carravilla (1997) define as seguintes políticas para escolher os instantes e as quantidades de cada encomenda, tendo por objetivo final minimizar os custos.

Política do Nível de Encomenda / Revisão Contínua / *Q-Model*

“Uma encomenda de dimensão fixa pré-definida é colocada sempre que o *stock* desce abaixo de uma quantidade pré-determinada (nível de encomenda)”, conforme consta na Figura 1.

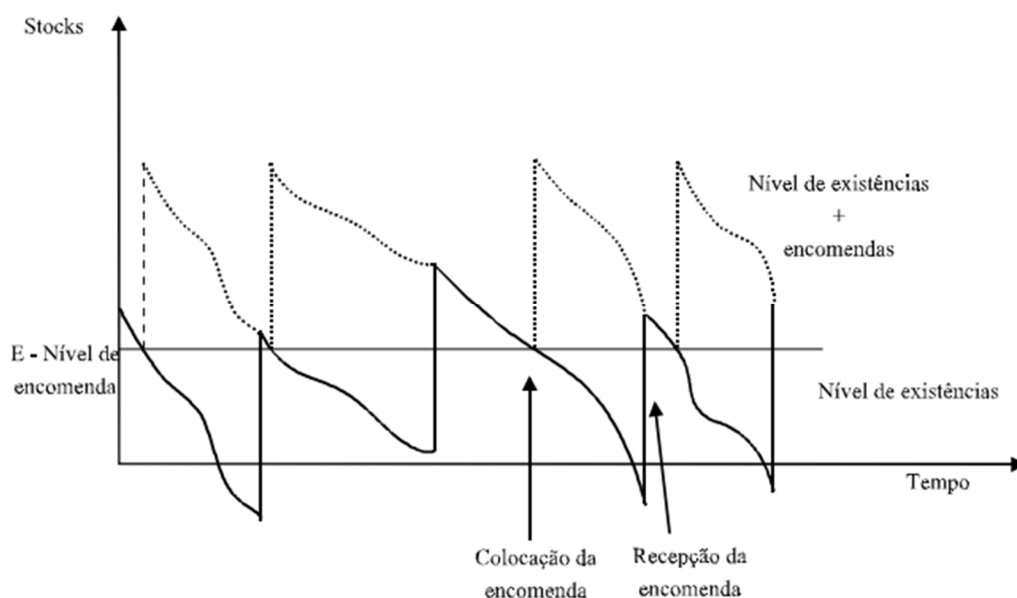


Figura 1 - Modelo de Revisão Contínua (Carravilla 1997)

O modelo de revisão contínua implica a manutenção de um conhecimento contínuo do inventário, para que se possa controlar em tempo real se o nível de encomenda (E) já foi ultrapassado”. Idealmente, qualquer entrada ou saída do armazém deverá resultar numa atualização do inventário e eventual encomenda.

“Em teoria, sempre que haja uma entrada ou saída de produtos do armazém, as existências devem ser recalculadas”.

Política de Revisão Cíclica / Periódica / *P-Model*

Neste modelo, “as encomendas são colocadas com uma periodicidade fixa (intervalo de encomenda), sendo a quantidade da encomenda variável, calculada de forma a que se atinja um nível máximo de *stock* M”.

Com a colocação de encomendas periodicamente, o nível de “*stock* só é revisto a intervalos de tempo específicos (T), havendo o risco de ruturas de *stock* entre os instantes de revisão”, como exemplificado na Figura 2.

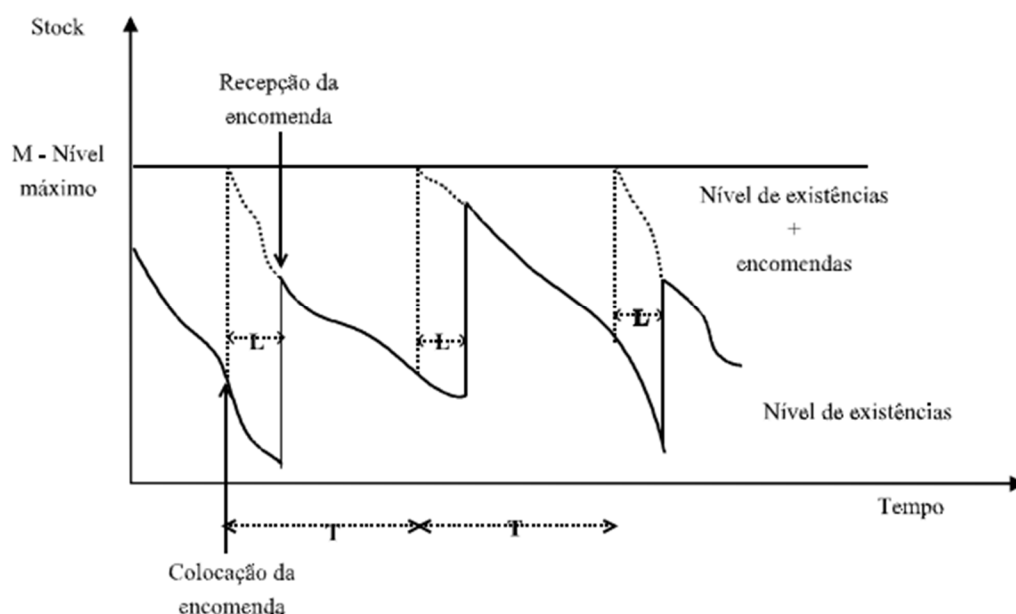


Figura 2 - Modelo de Revisão Periódica (Carravilla 1997)

Após uma comparação dos dois modelos na Tabela 1, verifica-se que a revisão do nível de *stock* é facilmente levada a cabo pelo sistema informático, o que acarreta poucos custos. Além disso, um nível de inventário inferior, a possibilidade de encomendar a um fornecedor mal se verifique um decréscimo das existências em vez de aguardar até que chegue o instante T da revisão, assim como a possibilidade de tirar proveito e de negociar quantidades grandes de fio com os fornecedores, são fatores que fizeram enveredar pelo Modelo de Revisão Contínua.

Tabela 1 - Diferenças entre Revisão Contínua e Revisão Periódica (Jacobs e Chase 2013)

	Revisão Contínua	Revisão Periódica
Quanto encomendar?	Q – Constante (sempre a mesma quantidade)	q – Variável (muda em cada encomenda)
Quando encomendar?	E – Quando o nível de <i>stock</i> atingir o nível de encomenda	T – Quando chega o período de revisão
Revisão do nível de <i>stock</i>	Sempre que se realiza um movimento no inventário	Somente no fim do período T (sempre o mesmo intervalo)
Nível de inventário	Inferior ao modelo de revisão periódica	Superior ao modelo de revisão contínua

Com base em Jacobs e Chase (2013), são definidas as seguintes expressões:

$$TC = DC + \frac{D}{Q}S + \frac{Q}{2}H \quad (2.1)$$

$$Q_{opt} = \sqrt{\frac{2DS}{H}} \quad (2.2)$$

$$R = \bar{d}L + z\sigma_L \quad (2.3)$$

$$\sigma_d = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (d_i - \bar{d})^2}{n}}, \text{ para um período de } n \text{ dias} \quad (2.4)$$

$$\sigma_L = \sqrt{\sum_{i=1}^L \sigma_d^2} \quad (2.5)$$

$$SS = z\sigma_L \quad (2.6)$$

Onde:

TC – Custo total anual

D – Consumo/procura anual (*Demand*)

C – Custo / unidade

Q – Quantidade a encomendar (*opt*, ótimo quando minimiza o custo total)

S – Custo de processamento de uma encomenda

H – Custo anual de posse por unidade de artigo

R – Nível de encomenda (*Reorder point*) (também designado E anteriormente) (em unidades)

L – Tempo de entrega do fornecedor em dias (*Lead time*)

$\bar{d}$ – Consumo/procura média diária

z – N° de desvios padrão para um determinado nível de serviço

σ_d – Desvio padrão do consumo diário

σ_L – Desvio padrão do consumo durante os L dias do *lead time*

SS - *Stock* de Segurança

O custo total anual é definido pela Equação 2.1 como a soma do custo anual de compras (DC), do custo anual de processamento de encomendas (DS/Q) e do custo anual de posse (QH/2). A quantidade ótima a encomendar é função do custo de processamento de uma encomenda, da procura anual e do custo anual de posse, sendo a quantidade que minimiza o custo total. É também conhecida como Quantidade Económica de Encomenda (QEE) e a Equação 2.2 é vulgarmente designada por Fórmula de Wilson (Carravilla 1997).

O nível de encomenda R é medido em unidades do artigo em estudo e, se este se tratasse de um caso com procura e tempo de entrega do fornecedor constantes, dependeria somente da procura média diária e do tempo de entrega do fornecedor. Por outras palavras, “R representaria simplesmente a procura média durante o tempo de entrega” (Jacobs e Chase 2013). No entanto, por existirem oscilações na procura e no tempo de entrega dos fornecedores, é necessário introduzir na Equação 2.3 o segundo termo, que diz respeito ao *stock* de segurança (definido pela Equação 2.6. Este termo depende do nível de serviço que se procura, assim como do desvio padrão dos consumos durante o *lead time*.

A Equação 2.4 relaciona o desvio padrão da procura diária com as várias observações diárias existentes e a respetiva média. Para relacionar este parâmetro com o *lead time*, é necessário introduzir a variável L que o representa, através da Equação 2.5.

2.1.2 Análise ABC e XYZ

A existência de muitas referências num inventário implica um trabalho custoso de organização, contabilização e operações logísticas. Por forma a reduzir os custos, “é importante focar atenções nos artigos mais importantes” (Jacobs e Chase 2013).

Segundo Carravilla (1997), Jacobs e Chase (2013), “a análise ABC permite classificar o inventário em função do custo do que é consumido (U)”, representado através da multiplicação do seu consumo anual pelo seu custo unitário. Essa classificação permite, depois, dividir os artigos em três classes, com diferentes níveis de controlo e preocupação:

Classe A – “artigos que devem ser controlados com frequência, de forma a manter baixos *stocks* e a evitar ruturas. Assim, os custos e consumos devem ser revistos à data de encomenda, para calcular cuidadosamente quantidades e datas de reaprovisionamento”;

Classe B – “artigos que podem ser controlados de forma mais automatizada e cujos parâmetros de reaprovisionamento devem ser revistos” com uma frequência não tão grande como a classe A;

Classe C – artigos que não carecem de grande controlo, podendo ser “encomendados a cada dois ou três meses, ou até mesmo esgotar o seu *stock*” se assim se justificar.

A categorização ABC é feita ao ordenar decrescentemente o custo dos consumos (definido pela Equação 2.7), atribuindo previamente limites para as categorias, como por exemplo:

$$U (\text{Custo do Consumo}) = \text{Consumo} \times \text{Custo Unitário} \quad (2.7)$$

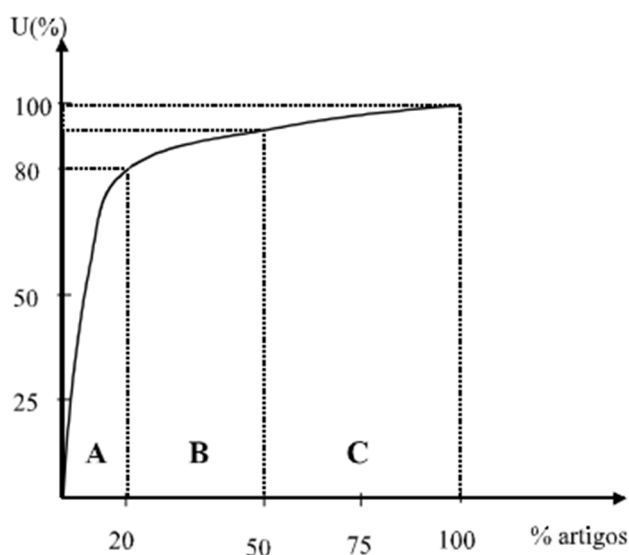


Figura 3 – Curva ABC (Carravilla 1997)

Tipicamente, “15-25% dos artigos correspondem a 75-85% do consumo e 40-45% dos artigos correspondem a 5-10% do consumo”, como ilustrado na Figura 3 (Carravilla 1997).

Para além desta análise feita ao custo dos consumos, pode ainda ser feita uma classificação XYZ quanto à incerteza, através da análise da estabilidade dos consumos.

A diferenciação entre as classes é assim resumida por Scholz-Reiter et al. (2012):

- Classe X – “Consumo constante e flutuações raras” ($CV < 0,5$);
- Classe Y – “Flutuações no consumo, geralmente sazonais ou devidas a tendências” ($0,5 \leq CV \leq 1$);
- Classe Z – “Consumo muito irregular” ($CV > 1$).

CV é definido pelo quociente entre o desvio padrão dos consumos e a média dos consumos:

$$CV = \frac{\sigma}{\bar{X}} \quad (2.8)$$

A junção destas duas classificações é ilustrada na Figura 4 e permite perceber não só o nível de procura e respetivo consumo de matérias primas, como também a forma como ele oscila, garantindo uma avaliação mais cautelosa no que toca a definir políticas futuras.

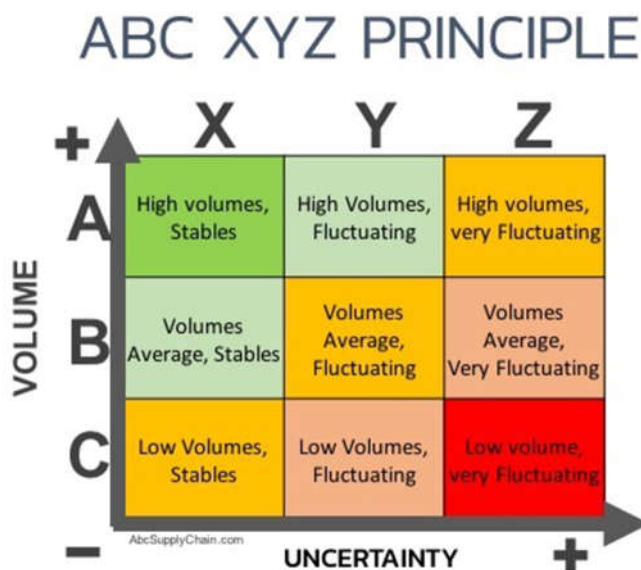


Figura 4 - Matriz ABC vs XYZ («ABC XYZ Analyse to Optimize your Inventory | AbcSupplyChain» sem data)

2.2 Métodos de Previsão

Para que o processo de revisão contínua possa acompanhar a evolução da empresa, é importante conseguir prever os consumos de cada referência de fio, para que corretamente possam ser definidos os parâmetros da revisão.

Qualquer previsão pode ser resumida a uma tentativa de antecipar o que irá acontecer em períodos seguintes, com um certo grau de confiança, nunca podendo ser tomada como uma certeza. Quanto mais precisas forem as previsões, mais adequadas serão as decisões sobre elas tomadas.

Segundo Vasconcelos (2011), Jacobs e Chase (2013), existem métodos qualitativos (destinados a situações sem histórico conhecido ou a horizontes muito distantes e remotos, nos quais não é possível associar informações quantificadas) e métodos quantitativos (“pressupondo a existência de histórico de dados numéricos sobre as variáveis em causa e assumindo que o comportamento das mesmas será espelhado pelas mesmas influências do passado”).

Tendo disponíveis dados históricos relativos aos consumos, serão utilizados métodos quantitativos, nomeadamente por meio de séries cronológicas. Estas séries permitem “relacionar a variável em estudo com o calendário, assumindo uma evolução contínua ao longo do tempo”. Previsões assim feitas são projeções futuras baseadas nos dados do passado (Vasconcelos 2011).

Ainda que a natureza customizada dos produtos da TFS indicasse que os consumos de fio dificilmente seriam independentes da procura (encomendas dos clientes), a forte intenção da empresa levou a que fossem testados métodos de previsão, por forma a tentar reduzir os prazos de entrega. Como tal, foi colocado em segundo plano o conceito de MRP (*Materials Requirements Planning*) e enveredou-se por uma abordagem aos métodos de previsão aqui apresentados.

2.2.1 Séries Cronológicas e Respetiva Tendência

Uma série cronológica dispõe uma dada variável ao longo do tempo, em períodos de igual duração e homólogos, tal como exemplificado na Figura 5.

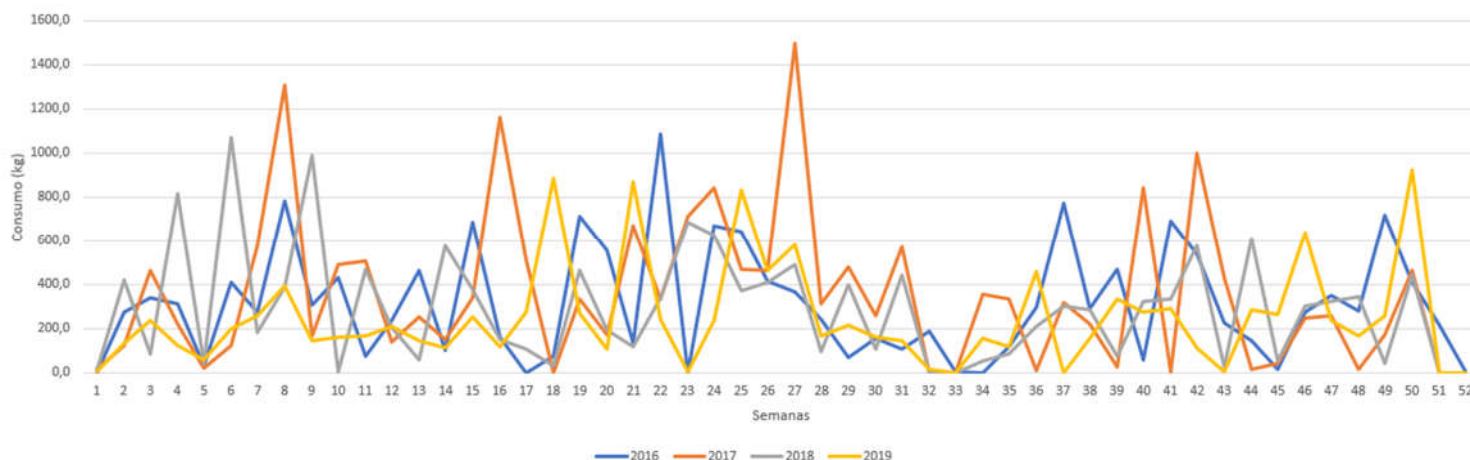


Figura 5 - Exemplo de Série Cronológica com Consumos Semanais

Segundo Vasconcelos (2011), a variável Z em análise na série cronológica pode ser dividida em:

- Tendência T , “definida por uma linha em torno da qual se centram as flutuações”;
- Sazonalidade S , definida por “flutuações periódicas que se repetem, geralmente associadas a períodos específicos”;
- Resíduo ou erro E , que inclui “flutuações não justificadas pelos fatores anteriores”.

A variável Z pode ser calculada das seguintes formas:

- $Z = T + S + E$ para o modelo de decomposição aditiva;
- $Z = T * S * E$ para o modelo de decomposição multiplicativa.

Para poder caracterizar a série, é preciso verificar a sua tendência. Tal é habitualmente feito por meio de uma regressão linear ou de uma regressão exponencial, consoante a disposição dos dados em estudo e consoante os respetivos coeficientes de correlação. No caso em estudo, conforme será discutido *a posteriori*, foram utilizadas regressões lineares, por espelharem muito melhor os dados existentes. Um exemplo de uma regressão linear é apresentado na Figura 6.

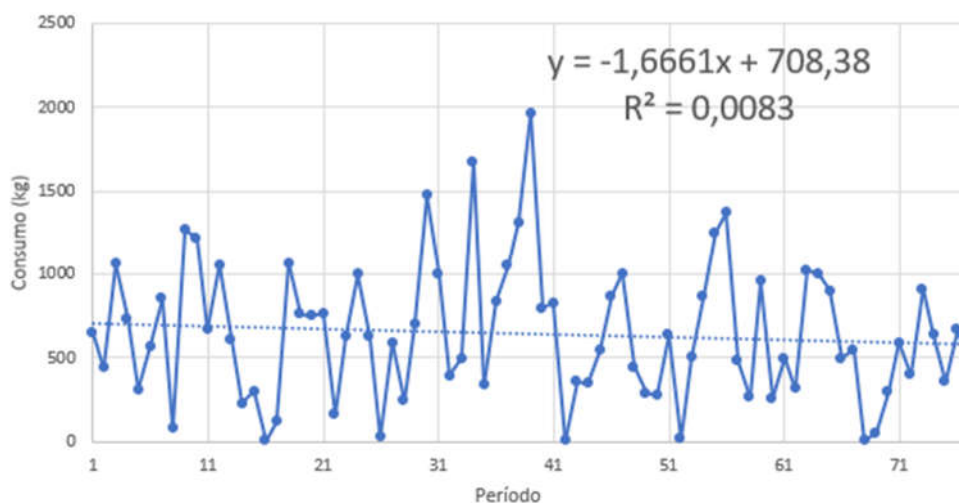


Figura 6 - Exemplo de Regressão Linear de Série Cronológica

No exemplo aqui demonstrado pode ver-se, inclusive, a reta e a equação que definem a regressão linear. Em casos com menores flutuações, esta equação pode ser utilizada para efetuar previsões (Jacobs e Chase 2013).

Para avaliar se existe tendência crescente/decrecente ou se esta é nula, é necessário recorrer ao coeficiente de correlação (R). Este coeficiente “mede a correlação entre as variáveis, ou seja, indica o nível em que as flutuações são explicadas pela reta de regressão”. “Varia entre -1 e +1, consoante o sinal do declive da reta de regressão e, nos valores extremos, indica que a série é totalmente explicada pela reta de regressão, ou seja, as observações situam-se sobre a reta” (Vasconcelos 2011).

Ainda segundo este autor, se $R=0$ corresponde a uma reta horizontal, com tendência nula, designando-se por série estacionária. R é definido pela Equação 2.9 como:

$$R = b \times \tilde{t} / \tilde{Z} \quad (2.9)$$

Onde:

b, declive da reta de regressão

$\tilde{t}$, desvio padrão da variável independente (tempo)

$\tilde{Z}$, desvio padrão da variável dependente (consumos)

Para avaliar se b é significativamente diferente de 0, Vasconcelos (2011) recorre à Tabela 2, onde são indicados os valores mínimos do coeficiente de correlação (em valor absoluto |R|), para graus de confiança de 95 e 99%, em função do número de observações existentes na série.

Tabela 2 - Valores Mínimos de |R|

Nº obs	95%	99%	Nº obs	95%	99%	Nº obs	95%	99%
4	0,95	0,99	26	0,39	0,50	50	0,28	0,36
5	0,88	0,96	28	0,37	0,48	60	0,25	0,33
6	0,81	0,92	30	0,36	0,46	70	0,24	0,31
8	0,71	0,83	32	0,35	0,45	80	0,22	0,29
10	0,63	0,77	34	0,34	0,44	90	0,21	0,27
12	0,58	0,71	36	0,33	0,42	100	0,20	0,26
14	0,53	0,66	38	0,32	0,41	150	0,16	0,21
16	0,50	0,62	40	0,31	0,40	200	0,14	0,18
18	0,47	0,59	42	0,30	0,39	400	0,10	0,13
20	0,44	0,56	44	0,30	0,38	1000	0,06	0,08
22	0,42	0,54	46	0,29	0,38			
24	0,40	0,52	48	0,28	0,37			

Atendendo a que os casos estudados conduziram a séries estacionárias, são descritos os dois métodos mais comuns para o seu estudo.

2.2.2 Método da Média Simples

A previsão segundo este método baseia-se na média simples das observações passadas dos períodos homólogos. Atribui o mesmo peso a todas essas observações, pelo que é somente utilizada para séries estacionárias. “A média dos valores de um dado período j nos últimos anos (M_j) tende a eliminar o erro E” (Vasconcelos 2011).

$$Y_j = M_j = M + S_j \quad (2.10)$$

$$E_{ij} = Z_{ij} - Y_j \quad (2.11)$$

$$A = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N |Z_{ij} - Y_j| \quad (2.12)$$

$$\tilde{E} = A \times \sqrt{\frac{\pi}{2}} \quad (2.13)$$

$$C_j = Y_j + 2\tilde{E} \quad (2.14)$$

$$B_j = Y_j - 2\tilde{E} \quad (2.15)$$

Onde:

M – Média de todas as observações

M_j – Média das observações homólogas para um período j

S_j – Sazonalidade média das observações homólogas para um período j

Y_j – Previsão para o período j

Z_{ij} – Valor observado no ano i , no mês j

E_{ij} – Erro/diferença residual da previsão para o ano i e mês j

A – Erro absoluto médio

N – N° de observações

$\tilde{E}$ – Desvio padrão

C_j – Limite superior de confiança (95%)

B_j – Limite inferior de confiança (95%)

A Equação 2.10 define a igualdade entre a previsão para um certo período e a média das observações homólogas desse mesmo período. Sendo M a média de todas observações existentes e S a diferença existente entre cada observação e a média M, pode também ser definida a previsão em função destas duas variáveis, considerando a média das sazonalidades dos períodos homólogos.

O erro de cada previsão é definido pela Equação 2.11 como a diferença entre o valor efetivamente verificado e a previsão que havia sido estabelecida. A Equação 2.12 representa o erro absoluto médio e baseia-se na média dos erros obtidos pela Equação 2.11.

O desvio padrão da Equação 2.13 é determinado em função do erro absoluto médio A, para posterior cálculo dos limites superior e inferior de confiança (na base dos 95%), por meio das equações 2.14 e 2.15.

2.2.3 Amortecimento Exponencial Simples

Jacobs e Chase (2013) referem que este método se distingue do anterior por dar maior importância às observações mais recentes, isto é, baseia-se numa média ponderada das observações passadas em função da sua antiguidade, sendo utilizado para séries estacionárias e sem sazonalidade. Para dar diferentes pesos às observações mais recentes é utilizada a constante de amortecimento α ($0 < \alpha < 1$). Segundo Vasconcelos (2011), para a sua correta aplicação é necessário converter a série primitiva numa série dessazonalizada.

Através da Equação 2.16 é possível converter a série cronológica numa série dessazonalizada, ao subtrair a cada observação a respetiva sazonalidade do período homólogo do ano anterior. Sazonalidade definida pela Equação 2.20 que, para efeitos de inicialização, é dada pela diferença entre cada observação e a média simples dessas mesmas observações.

A constante α é designada por constante de amortecimento e varia entre 0 e 1. Quanto maior o seu valor, maior o peso dado às observações mais recentes. A constante de amortecimento β é destinada aos índices de sazonalidade S e deverá oscilar entre $\alpha/10 < \beta < \alpha/2$. Ambas as constantes

deverão ser arbitradas inicialmente e otimizadas *a posteriori* por forma a minimizar o erro absoluto médio.

A média ponderada é função da média do período imediatamente anterior e da observação dessazonalizada do próprio período, sendo equilibrada ao introduzir a constante α . É representada pela Equação 2.17.

Pela Equação 2.18, verifica-se que as previsões dessazonalizadas são sempre iguais às médias ponderadas do período imediatamente anterior. Para as converter em previsões que incluam a sazonalidade, há que somar a sazonalidade do período homólogo do ano anterior, através da Equação 2.19.

A sazonalidade obtida pela Equação 2.20 é calculada em função da constante de amortecimento β , que confere maior peso aos dados mais recentes quanto maior for o seu valor.

O erro absoluto médio definido pela Equação 2.21 será também definido em função de α , associado ao erro absoluto do próprio período e ao erro absoluto médio calculado no período anterior. Convém mencionar que na sua inicialização, é considerado nulo. Deste erro advêm os conceitos de desvio padrão e de limites de confiança, aqui considerados para níveis de confiança de 95%, representados respetivamente pelas Equações 2.22, 2.23 e 2.24.

$$Z' = Z - S \quad (2.16)$$

$$M_t = \alpha \cdot Z'_t + (1 - \alpha)M_{t-1} \quad (2.17)$$

$$Y'_{t+1} = M_t \quad (2.18)$$

$$Y_{t+1} = Y'_{t+1} + S_{j-} \quad (2.19)$$

$$S_j = \beta(Z_t - M_t) + (1 - \beta)S_{j-} \quad (2.20)$$

$$A_t = \alpha|Z_t - Y_t| + (1 - \alpha)A_{t-1} \quad (2.21)$$

$$\tilde{E} \approx 1,25 * A \quad (2.22)$$

$$C_t = Y_t + 2\tilde{E} \quad (2.23)$$

$$B_t = Y_t - 2\tilde{E} \quad (2.24)$$

Onde:

Z – Observação

Z – Observação dessazonalizada

S – Sazonalidade; no 1º ano é definida pela diferença entre cada observação e a média das observações desse mesmo ano

M_t – Média ponderada das observações até ao momento t ; inicializado com a média simples das observações existentes ao longo do 1º ano da série

Y'_{t+1} – Previsão para $t + 1$ (dessazonalizada)

Y_{t+1} – Previsão para $t + 1$, utilizando a sazonalidade S do período homólogo do ano anterior

S_j - Sazonalidade do período j

S_{j-} - Sazonalidade do período homólogo a j no ano anterior

β – Constante de amortecimento para índices de sazonalidade ($\alpha/10 < \beta < \alpha/2$)

A_t - Erro absoluto médio no período t

$\tilde{E}$ – Desvio padrão

C_j – Limite superior de confiança (95%)

B_j – Limite inferior de confiança (95%)

Este segundo método é preferível, por sabermos que as séries em estudo não são rigorosamente estacionárias e que é sempre importante dar particular atenção às mais recentes flutuações, além de que não obriga a guardar o histórico de todas as observações e é relativamente fácil de implementar no sistema informático de uma empresa (Holt 2004; Vasconcelos 2011).

A avaliação e comparação de diferentes simulações basear-se-á no erro absoluto médio, procurando minimizá-lo por meio de alteração de diferentes parâmetros dos modelos apresentados.

3 Contextualização e Descrição da Situação Atual

Neste capítulo é efetuado um levantamento da situação atual e da política de gestão do setor do armazém da TFS, analisando os processos de encomenda e de tomada de decisões, assim como o processo de receção das matérias primas.

3.1 Apresentação do Setor do Armazém

Por forma a corretamente alimentar a produção e a poder guardar todo o fio em condições adequadas, o armazém de matérias primas da TFS foi reestruturado em 2016. Situado no piso superior das instalações da empresa, o armazém tem ligação direta à área da produção, permitindo o fluxo de saídas e devoluções de fio sempre que se inicia ou se finaliza a produção de um tapete e/ou amostra.

Ainda que devidamente organizado por corredores e respetivos tipos de fio (diferentes materiais), é notória a dificuldade de arrumação, pois todo o fio se encontra em bobines, que são depois colocadas dentro de sacos, o que torna a sua disposição pouco estandardizada e impede a otimização do espaço existente nas prateleiras, conforme se pode ver na Figura 7. No entanto, é também sabido que uma elevada percentagem do inventário atual resulta de fios com referências de cor raramente usadas ou usadas uma única vez há vários anos.



Figura 7 - Arrumação dos Sacos de Bobines no Armazém

Cada corredor apresenta uma placa indicativa do tipo de fio aí armazenado, mas por excesso de inventário e pela dificuldade em organizá-lo, é comum que existam sacos/lotes de um dado fio fora do local a si destinado.

De entre os diversos colaboradores afetos ao armazém, destacam-se:

- Uma pessoa responsável pela realização de encomendas, sua receção e controlo de qualidade;

- Uma pessoa responsável pela estimativa de fio a ser usado em cada artigo a produzir e respetiva reserva de *stock* (designado internamente como cálculo de necessidades e reserva de fio);
- Uma pessoa encarregada de dar despacho às necessidades da produção, organizando-se em função do mapa do planeamento (Diagrama de Gantt), escolhendo quais os lotes a serem usados;
- Quatro pessoas que se encarregam da gestão física do armazém, organizando encomendas recém-chegadas, preparando e levando os sacos com o fio a ser usado na produção até a esse setor, assim como trazendo de lá todo o fio não utilizado (na gíria da empresa “devolvido ao armazém”).

O armazém desenvolve a sua atividade nos dias úteis, entre as 8h e as 17h, com respetivas paragens para almoço. O setor da produção pode trabalhar a dois ou três turnos, chegando até a funcionar em dias não úteis, consoante o planeamento de produção definido. A preparação de lotes de fio que serão usados fora do horário de expediente do armazém implica que os mesmos estejam prontos e devidamente colocados junto às respetivas máquinas com antecedência. Isto é, a saída de fio do armazém relativa a um tapete que será produzido no turno da noite requer que os lotes sejam preparados e levados para a produção até às 17h. Só em casos muito atípicos será necessário visitar o armazém fora de horas.

3.2 Sistema de Informação (ERP) e REC

O sistema de informação utilizado na empresa é o PRIMAVERA, que reúne numa só plataforma toda a informação necessária ao seu funcionamento, desde gestão de recursos humanos, contabilidade, passando por planeamento de produção e até pela gestão de inventário em tempo real («PRIMAVERA Professional» sem data; «What is ERP? | Definition, Types & Benefits | SAP» sem data).

Para além de permitir o acesso de todos os colaboradores aos mesmos dados, torna mais automatizada e organizada a gestão da empresa, pois reduz o erro humano. Mais ainda, por ser um *software* de origem portuguesa, conta com um apoio técnico muito forte, associado a uma customização *in loco*.

Nas mais recentes atualizações do PRIMAVERA, tem sido crescente a preocupação de englobar a gestão de inventário e, deste modo, poder implementar automatismos que revejam continuamente níveis de *stock*, efetuem previsões e procedam às respetivas encomendas. Contudo, este é ainda um setor do PRIMAVERA não explorado pela TFS, também pelo facto de não existirem ainda critérios matemáticos bem definidos quanto às políticas de reaprovisionamento.

Com o objetivo final de introduzir as propostas de melhoria no ERP, há que levar em conta a sua aplicabilidade no PRIMAVERA.

Em profunda interligação com o PRIMAVERA, a TFS desenvolveu um sistema informático interno, designado por REC (abreviatura de *Record*), com o intuito de atribuir a cada ordem de fabrico um número identificativo e de o poder rastrear ao longo do processo produtivo, desde a fase de projeto até à saída das instalações. Este sistema dá ênfase à qualidade total, procurando garantir que cada colaborador tem todas as informações para corretamente efetuar o seu trabalho, assim como cumpre tudo aquilo que lhe é pedido. A afetação de *interfaces* a cada colaborador permite que todas as pequenas etapas sejam consideradas e contabilizadas.

O REC é um *Manufacturing Execution System* utilizado no armazém para efeitos de registo operacional, estando afeto a cada artigo o seu número identificativo e as respetivas referências de fio a serem nele utilizadas. Torna-se, assim, o elo entre o planeamento, de onde chegam as instruções daquilo que será produzido e quando o será, o armazém e a produção, para onde são levados os lotes escolhidos para a produção de um tapete. Deste modo, é possível identificar o

instante em que saíram do armazém os lotes de fio para a produção do tapete nº “x”, considerando esta tarefa como parte integrante do processo de criação de um novo tapete e permitindo quantificar o tempo despendido e a pessoa afeta ao processo.

3.3 Análise ABC e XYZ

No início do presente projeto, existiam mais de 1000 referências distintas de cor e de matéria prima (diferentes materiais) disponíveis, sendo que muitas delas nem chegaram a ser usadas no período considerado.

O número de referências disponíveis em catálogo revela que o leque de escolha é tão grande para um cliente, que depois acabam por existir referências de fio que nunca são usadas.

Como tal, tendo por base os consumos verificados em 2018/2019 e os respetivos custos dos fios utilizados, foi efetuada uma análise ABC e XYZ do panorama da empresa, conforme ilustrado nas Tabelas 3 e 4.

Tabela 3 - Análise ABC

Categoria	% de Custo	% de Referências
A	80%	11,14%
B	15%	17,12%
C	5%	71,74%

Tabela 4 - Análise XYZ

Categoria	% de Custo	% de Referências
X	20,79%	0,76%
Y	35,75%	5,13%
Z	43,46%	94,11%

Da análise das Tabelas 3 e 4 verifica-se que 80% do custo do fio utilizado diz respeito a 11.14% das referências utilizadas. É um cenário que evidencia a necessidade de repensar os níveis de *stock* e os métodos de reaprovisionamento destes fios mais utilizados.

No que toca à análise XYZ, oito referências foram classificadas como X, que equivalem a 0,76% do universo de referências utilizadas e localizam-se no *top* 25 das referências mais usadas. Estas referências demonstram um consumo estável. No entanto, a maior fatia das referências e dos custos é classificada como categoria Z, o que denota consumos muito irregulares, não explicados por sazonalidade. É facilmente compreensível, dada a total personalização dos produtos da TFS, que leva a que sejam usados certos fios de forma pontual.

3.4 Níveis de Stock

Para que melhor se compreenda o ponto de situação atual, foram analisados os níveis de *stock* de sete referências de fio, quer as mais usadas ao longo dos anos de 2018 e 2019, quer outras menos usadas, por forma a representar também as categorias B, C, Y e Z. As sete referências de fio serão doravante designadas por D, E, F, G, H, I e J. Nas referências mais usadas, o seu elevado uso prende-se com a transversalidade das suas cores, pois são cores básicas e que acabam por ser usadas em muitos tapetes, mesmo que não sejam a cor principal.

Para tal, foi efetuada uma extração do ERP, na qual se contabilizaram as quantidades em inventário ao fim de cada dia, para todos os dias úteis em que existiram movimentos no armazém, nos anos de 2018 e 2019.

A partir dos níveis de *stock* diários e dos consumos anuais para 2018/2019, foi utilizada a Equação 3.1 relativa à taxa de rotação (*inventory turnover*), que indica o número de ciclos que o *stock* é usado e repostado ao longo de um certo período (Reynolds 1999), e a Equação 3.2, para o cálculo da taxa de cobertura, que resulta do inverso do conceito anterior e representa o tempo médio que dura o *stock* existente. Por motivos de confidencialidade, os valores de *stock* e de consumo estão apresentados numa proporção relativamente aos valores reais.

$$\text{Taxa de Rotação} = \text{Consumo Médio Anual} / \text{Nível de Stock Médio Diário} \quad (3.1)$$

$$\text{Taxa de Cobertura} = \text{Nível de Stock Médio Diário} / \text{Consumo Médio Anual} \quad (3.2)$$

Tabela 5 - Taxas de Rotação e de Cobertura

Referência	ABC	XYZ	Stock Diário Médio (kg)	Consumo Médio Anual (kg)	Taxa de Rotação (rotações/ano)	Taxa de Cobertura (ano)
D	A	X	1427,08	14046,51	9,84	0,10 $\approx$ 1,2 meses
E	A	X	1061,81	10571,15	9,96	0,10 $\approx$ 1,2 meses
F	A	X	1441,22	9859,20	6,84	0,15 $\approx$ 1,8 meses
G	A	Y	1193,08	5994,78	5,02	0,20 $\approx$ 2,4 meses
H	A	Z	219,51	570,57	2,60	0,38 $\approx$ 4,6 meses
I	B	Z	212,75	318,70	1,50	0,67 $\approx$ 8 meses
J	C	Z	88,25	49,75	0,56	1,79 $\approx$ 1 ano e 9,5 meses

Conforme pode ser verificado na Tabela 5, mesmo nas referências mais usadas, como é o caso da ref. F, o *stock* permanece demasiado tempo até ser consumido. O ideal seria que o inventário rodasse o máximo possível, para que não se acumulasse fio nas prateleiras. As referências I e J são exemplos claros da atual situação do armazém, pois passa-se imenso tempo até que seja usado o *stock* existente. Os custos de posse e armazenagem podem facilmente justificar que seja preferível abater este inventário não rotativo, mesmo que seja preciso encomendar novamente com a chegada de uma nova ordem de produção (Reynolds 1999).

3.5 Fragmentação do Stock

O estudo dos níveis de inventário levantou uma questão relativa à possibilidade de as quantidades existentes de cada referência em *stock* poderem estar divididas em vários lotes diferentes?

Verificou-se que não, pois cada lote resulta de um tingimento diferente, o que torna cada lote único. Estas diferenças, que são muitas vezes mínimas, só detetadas por inspeção visual de operadores muito treinados.

Daqui resulta que, de um eventual lote do fio D com 100kg, após o uso da sua grande maioria, sobre sempre um resto de 5, 10 ou até 15kg, que dificilmente poderão ser reutilizados por não ser fácil estabelecer um *match* com outro lote.

Mais se verificou que, em relevante percentagem, o volume de fio existente no armazém é devido à existência destes pequenos lotes.

Em síntese, um nível de *stock* atualmente representa a soma das quantidades de cada lote da referência de fio pretendida, sendo que todas as sobras têm tendência a se acumular. Além disso, a velocidade a que se surgem estas sobras é muito superior àquela a que se conseguem gastar, quer através do processo produtivo habitual, quer através de outras estratégias como o retingimento para uma cor mais escura, por forma a unir num só lote várias sobras.

A este fenómeno chamou-se fragmentação do *stock*, devido a um determinado nível de inventário estar fragmentado em muitos lotes diferentes e por não ser correto trabalhar com verificação de existências ao nível da referência, mas sim ao nível do lote.

Tal fragmentação implicaria a não aplicabilidade dos métodos de revisão, pois neles se trabalha com o conceito de nível de inventário. A contabilização do nível de inventário com lotes da mesma referência diferentes entre si resultaria numa falsa sensação de confiança e em falhas na gestão do inventário. Para contornar esta situação, foi desde logo considerado que, para uma correta aplicação das ilações daqui resultantes, seria necessário reduzir a variabilidade da cor entre lotes da mesma referência. Isto é, para poder considerar o nível de inventário neste estudo, é necessário uniformizar a cor do fio de uma certa referência, garantindo que dois lotes diferentes não destoam entre si e que podem ser usados juntos, sem ter de os comparar.

3.6 Processo de Encomenda

O processo de encomenda é realizado por um colaborador, a quem é atribuída a tarefa de verificar as “necessidades internas de fio e emitir uma requisição ao fornecedor”, conforme consta nos documentos internos da empresa. Mais consta que cabe a esse colaborador, “perante as necessidades e após análise dos orçamentos, emitir a nota de encomenda e enviá-la ao fornecedor”. A tabela de preços é pré-definida entre o fornecedor e a empresa, em função do tipo de artigo, sendo essa tarefa da responsabilidade da diretora de produção e da administração. Só se aplica o conceito de orçamento quando não existem valores pré-definidos para o artigo em questão.

Uma encomenda é habitualmente desencadeada quando se verifica a inexistência de fio em quantidade suficiente para suprir as necessidades futuras da produção, por meio da consulta diária do cálculo de consumos estimados. Quando a produção de um tapete requer fio que não está disponível na quantidade necessária ou que nem sequer figura no *stock* do armazém, mal se saiba qual será a sua constituição, mesmo que esteja ainda longe a sua ida para produção, é desencadeada uma encomenda de fio. Aquando da encomenda de novo fio, só está acessível ao colaborador a data de entrega do tapete em que este fio será usado e não a data em que está prevista a sua produção; deste modo, constata-se que o planeamento se apoia na existência de fio para organizar o seu mapa de produção.

Verificada a necessidade de encomendar fio, é identificado o fornecedor, sendo que cada referência de cor e material tem já um fornecedor certo, por forma a evitar oscilações na cor, com exceção de fios muito específicos e casos muito pontuais.

Em grande parte do fio utilizado, este é adquirido cru pela TFS (sem cor definida ou a sua cor natural), sendo designados por “fornecedores” todas as empresas prestadoras de serviços que realizam o tingimento do fio, transformando-o nas cores desejadas.

A quantidade a encomendar é conhecida pelo colaborador, mas é frequente que existam restrições por parte dos fornecedores quanto à disponibilidade dos seus equipamentos, o que

resulta que, para que se consigam cumprir prazos de entrega, por vezes seja necessário comprar mais quantidade do que o inicialmente pretendido. Noutros casos, por se reconhecer o habitual uso de uma certa referência, é também encomendada uma quantidade superior para evitar colocar muitas encomendas e assim poupar nas despesas logísticas.

A encomenda é introduzida manualmente no ERP, sendo automaticamente atualizados os níveis de *stock* quer do fio que fica assim encomendado, como do próprio fio cru que a TFS tem ao cuidado do fornecedor, para posteriores tingimentos.

O nível de “*stock* futuro”, conforme é designado pela empresa, é calculado pela Equação 3.3,

$$\text{Stock Futuro} = \text{Stock Atual} + \text{Stock Pendente} - \text{Consumo Estimado} \quad (3.3)$$

em que *stock* pendente se refere a todo o fio que foi encomendado e ainda não chegou, e consumo estimado diz respeito àquilo que consta do cálculo de necessidades.

Afigura-se ainda um cenário de encomendas baseado no bom senso, sem que se analisem matematicamente os registos passados de consumos na hora de tomar decisões quanto a quantidades. Torna-se assim comum a disparidade das justificações pelas quais se realizaram certos pedidos ao fornecedor, sem que nunca passem por critérios matemáticos ou métodos de previsão. Vem daí que, num histórico não muito antigo, existam casos de lotes usados uma única vez e, desde então, encostados ao fundo de uma prateleira, ocupando espaço necessário e incrementando os custos de posse.

De forma resumida, pode ser assim representado o processo de encomenda (Figura 8).

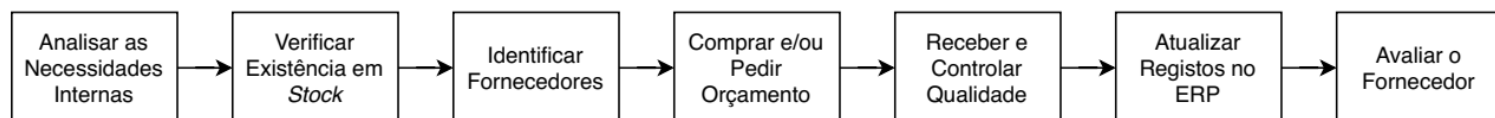


Figura 8 - Fluxograma do Processo de Encomenda

3.7 Cálculo de Necessidades

Sempre que um tapete passa a fase de projeto (*design* e validação com o cliente), atinge-se o ponto em que se verifica se existe no armazém todo o fio necessário para a sua produção.

Para tal, é efetuado um cálculo de consumo previsto, no qual entram diversas especificações técnicas como a área, a altura pretendida do fio, o espaçamento entre pontos de injeção, entre outros. Este cálculo deve ser feito para todas as referências de cor e fio que tomarão parte do tapete final, desde um pequeno apontamento de vermelho numa esquina do tapete até a um tapete unicolor, passando também por degradês subtis. Por muito que pareçam dados suficientes para calcular com precisão o consumo de cada cor e a respetiva referência de fio, aspetos muito variados tornam esta estimativa num processo quase iterativo.

O histórico de produção é usado para determinar, em função da referência de fio e de outras especificações, entre que valores deverá andar o consumo por metro quadrado de cada cor, em cada tapete, ou seja, é elaborada uma tabela no ERP com várias entradas, tomando por referência o consumo de algo parecido com o que foi produzido no passado.

O cálculo de necessidades deve ainda contemplar uma margem de segurança que permita cobrir eventuais testes pré-produção, erros e respetivas correções, para além de precaver eventuais oscilações no consumo real de fio por razões diversas.

Verificou-se ainda que este sobredimensionamento é feito *à posteriori* do cálculo de necessidades, de forma empírica, pela pessoa responsável por organizar o fio para seguir rumo à produção. O sobredimensionamento foi efetuado de forma redundante pelo colaborador que calcula as necessidades, mas deixou de ser efetuado desta forma assim que o colaborador se apercebeu que mais à frente no processo estavam a repetir o sobredimensionamento.

É intenção da TFS que este fenómeno ocorra à data do cálculo de necessidades e não posteriormente, assim como é pretendido que se possam criar regras para uniformizar o processo de cálculo e respetivo sobredimensionamento.

3.8 Receção de Encomendas e Controlo de Qualidade

A receção de encomendas é feita, à data, num dos cais de descargas da TFS. Apoia-se num módulo do REC pensado para o efeito, diretamente ligado ao ERP, para que sejam registados e atualizados todos os dados relativos aos lotes rececionados. De forma geral, o fio que chega vem nas habituais bobines, dispostas em paletes. Por sua vez, para acondicionar o fio, existem alguns cartões de separação e a paleta é envolta em película plástica.

A pesagem do fio está inerente ao processo de receção, sendo feita ao pesar a paleta e subtraindo o peso da própria paleta, dos cartões e da película envolvente. Verificam-se sempre divergências face ao valor encomendado, tanto no sentido de vir menos do que suposto como no contrário. Estas oscilações devem-se, entre outros fatores, à influência da humidade no peso do fio, assim como a erros por parte dos fornecedores. Existe, inclusive, um limite de humidade aceite no fio.

Na receção também é feita uma avaliação relativa à cor, por forma a garantir que se enquadra dentro do pretendido. Tal avaliação é feita pelo colaborador afeto à receção de encomendas, com base no seu conhecimento.

A avaliação da cor é feita visualmente pelo colaborador, sendo introduzido no sistema uma observação para cada lote como são exemplos: “mais intenso e mais vermelho”, “ligeiramente mais verde” ou “mais azul”. Tais indicações baseiam-se nos conceitos base da colorimetria, que classificam uma cor a partir de um sistema de três eixos, comumente designado por Espaço de Cor L^*a^*b , ilustrado na Figura 9, onde L^* representa a luminosidade, enquanto a e b representam as coordenadas cromáticas («What is CIE 1976 Lab Color Space? - Konica Minolta Color, Light, and Display Measuring Instruments» 2018).

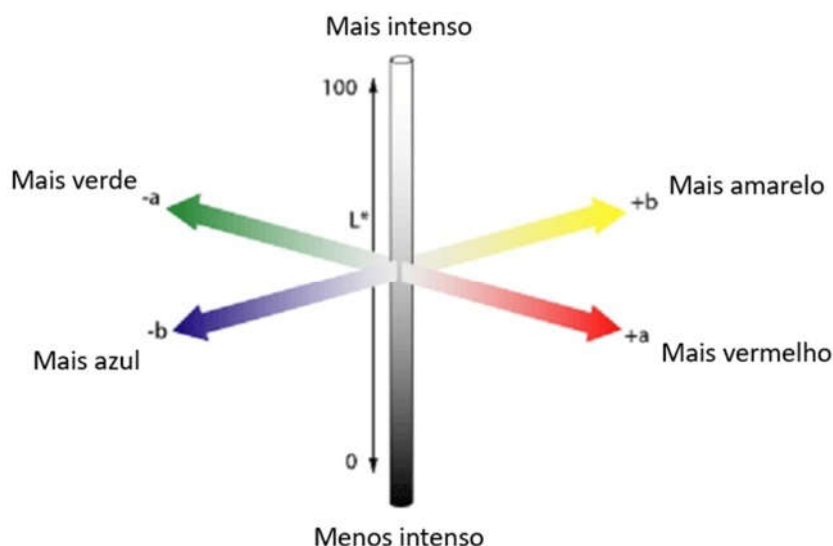


Figura 9 - Espaço de Cor L^*a^*b (adaptado) («CIELAB.html» sem data)

Uma dada cor pode ser então avaliada quanto a L, a e b, com valores específicos.

O controlo da qualidade passa, portanto, por uma análise qualitativa da cor do fio que, ainda que baseada em conceitos avançados, dá espaço à subjetividade e não permite quantificar oscilações face à cor estipulada como padrão para uma dada referência. O controlo da qualidade é efetuado por meio de uma comparação entre um pompom da cor padrão, definido pela TFS, e um pompom feito na hora, a partir do lote recém-chegado, podendo ser feito à luz ambiente ou, se necessário, com várias luzes, próprias para o efeito, como exemplificado na Figura 10.

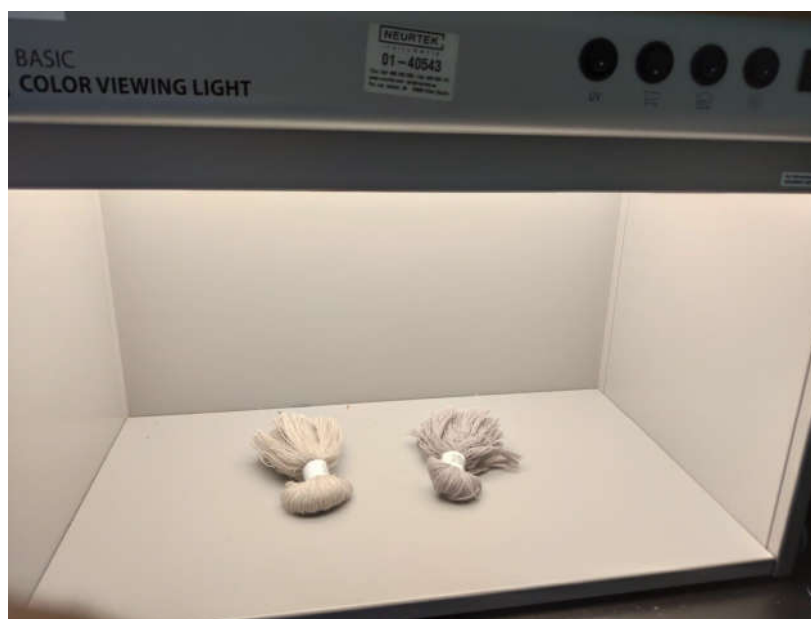


Figura 10 - Avaliação da Cor numa Caixa de Luzes

Daí resulta que a aceitação, ou não, de um lote seja também subjetiva, até porque se verifica que são aceites lotes com divergências em relação à cor padrão para que possam ser cumpridos prazos de entrega a clientes. Acontece que estes lotes até podem permitir suprir as necessidades da produção para aquele momento, mas acabam por gerar mais um pequeno lote que dificilmente encontrará nova oportunidade para ser utilizado.

Torna-se assim necessário reduzir a subjetividade nos processos de avaliação de cor, sobretudo na receção, para que possam ser simplificadas a jusante outras tarefas como a reserva de fio para efeitos de planeamento da produção, assim como facilitar o próprio trabalho dos operadores da produção. Além de que permite reduzir a variabilidade das cores e com isso é possível uma gestão de inventário muito mais eficiente.

Outro problema da TFS prende-se com o facto de a não aceitação de um lote implicar que este seja devolvido ao fornecedor. Tendo em conta que o prazo de entrega de um tapete ao cliente é de, aproximadamente, quatro semanas e que metade desse prazo (2 semanas) diz habitualmente respeito ao tempo de entrega do fio, torna-se claro que a reprovação de um lote irá colocar em causa o cumprimento dos prazos dados ao cliente final.

Para cada encomenda que chega, é feita uma avaliação do fornecedor, sendo também efetuada uma avaliação geral de cada fornecedor no final de cada ano, pelo Diretor da Qualidade, onde se contabilizam as não-conformidades e se relatam os problemas, tais como excesso de humidade e diferenças de cor, entre outros.

4 Metodologia Utilizada e Propostas de Implementação

Neste capítulo é apresentada a metodologia utilizada para a criação de previsões e métodos de reaprovisionamento que permitam melhorar o desempenho do *stock* de fio, assim como são indicadas algumas propostas que visam melhorar a utilização do fio que passa pelo armazém.

4.1 Métodos de Previsão

Para corretamente definir métodos de reaprovisionamento, é necessária a existência de boas previsões, para que se possam criar *stocks* de segurança em conformidade com os padrões típicos da procura.

O *lead time* de um tapete, desde que a encomenda é rececionada até à sua expedição, é de aproximadamente quatro semanas. De igual forma, o tempo que demora a chegar uma remessa de fio encomendado a um fornecedor, desde a realização da sua encomenda até chegar fisicamente às instalações da TFS, é cerca de duas semanas. Como tal, optou-se por utilizar como unidade de medida para todo este estudo a semana.

Por ser, ao longo dos últimos anos, o fio mais consumido na TFS e também aquele que representa um maior custo, optou-se por estudar o fio “D”, por ser aquele que mais custos acarreta anualmente e também por apresentar consumos supostamente estáveis (categorias A e X simultaneamente).

Para tal estudo, foram extraídos do ERP os consumos diários do fio D ao longo de 2016, 2017, 2018 e 2019. Pretendeu-se elaborar um método de previsão com base nos anos de 2016-2018 que pudesse ser depois comparado com 2019, para respetiva validação.

As datas consideradas dizem respeito à realização de uma compra por parte de um cliente e não à produção de um tapete, pois foi considerada como data da procura aquela em que o artigo é encomendado pelo cliente. A produção do mesmo tapete pode depois demorar até quatro semanas após essa data, em função da disponibilidade do fio e do planeamento definido para a produção.

Por forma a identificar alguma sazonalidade ao longo das 52 semanas do ano, procedeu-se à análise da Figura 11, que agrupa os consumos em função das respetivas semanas em que foram encomendados pelos clientes os respetivos tapetes.

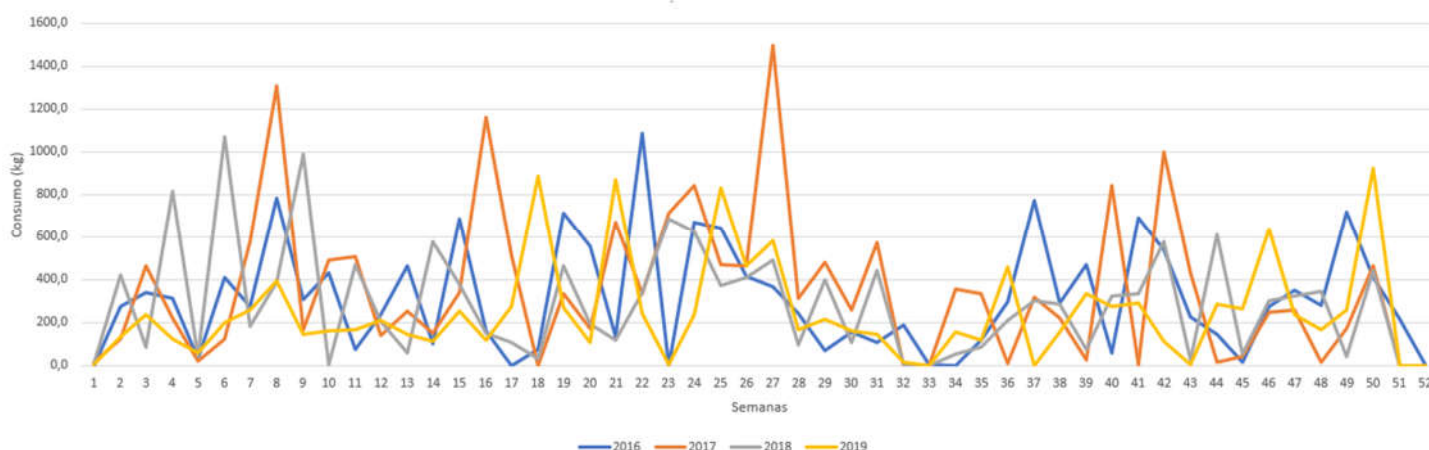


Figura 11 - Procura/Consumo de Fio D ao longo de 2016-2019 (por semanas)

Da análise da Figura 11 é visível que não há um padrão notório de sazonalidade quando estudados os consumos semanais e que é frequente a ocorrência de picos de procura, geralmente motivados por uma encomenda maior de um dado cliente. Considerou-se, portanto, que seria muito difícil distinguir fenómenos de sazonalidade de picos ou quebras de procura.

Ainda assim, por forma a diluir estes picos de procura e obter previsões mais fidedignas, criaram-se seis novas séries cronológicas, nas quais se agruparam-se as 52 semanas em períodos de duas e de quatro semanas, resultando em 26 e 13 períodos ao longo do ano, respetivamente.

Mais ainda, foram consideradas as várias hipóteses possíveis de distribuição destes períodos pelas semanas do ano, nomeadamente: unir semanas 1 e 2, 3 e 4, 5 e 6, etc; ou unir semanas 2 e 3, 4 e 5, 6 e 7, etc. Igual raciocínio foi aplicado aos períodos de quatro semanas.

Para todo o estudo que se segue, foram considerados os períodos de 2016-2018 na elaboração de métodos de previsão, com posterior comparação com o ano teste de 2019. Desta comparação entre as previsões e os valores verificados para 2019, foram retiradas as ilações apresentadas no Anexo B.

4.1.1 Verificação da Tendência

A correta escolha dos métodos de previsão a utilizar baseia-se na verificação da tendência das séries cronológicas. Para as seis séries cronológicas em estudo, foram aplicadas regressões lineares, conforme apresentado no Anexo A.

Em função do respetivo número de observações, e por consulta dos valores mínimos do coeficiente de correlação (para 95%) da Tabela 2, concluiu-se que em nenhum dos seis casos a reta de regressão apresentava declive significativamente diferente de 0. As seis séries cronológicas em estudo podem, então, ser designadas por séries estacionárias. Por conseguinte, podem ser utilizados os métodos mais recorrentes para este tipo de séries, anteriormente mencionados: Amortecimento Exponencial Simples e Média Simples.

4.1.2 Previsões

As previsões efetuadas foram inicializadas com base nos dados existentes de 2016, 2017, 2018, devidamente agrupados nos períodos de duas e quatro semanas.

Para cada um destes cenários, foram realizadas três previsões:

- Método da Média Simples para o período imediatamente seguinte;
- Método do Amortecimento Exponencial Simples para o período imediatamente seguinte;
- Método do Amortecimento Exponencial Simples para o 2º período seguinte.

O interesse das previsões, para períodos não imediatamente a seguir àquele em que estamos, advém do facto de poder ser necessário planear a produção e a própria gestão do armazém para horizontes temporais que não os de duas ou quatro semanas e de se poderem gerar previsões mistas com base nas previsões para diferentes instantes. Isto é, imagine-se que no decorrer da 3ª semana de um período de quatro semanas se pretende repensar a gestão do inventário para as três semanas seguintes: será necessário recorrer a $\frac{1}{4}$ da previsão efetuada no anterior período, somando $\frac{1}{2}$ da previsão efetuada no anterior período, mas que diz respeito ao 2º período que lhe é seguinte.

Os valores das constantes de amortecimento α e β foram otimizados através da função *Solver* do Microsoft Excel, sempre sujeitos às devidas restrições e procurando minimizar o Erro Absoluto Médio (A_t) do último período de 2018.

As previsões e os respetivos limites superior e inferior são apresentadas no Anexo B, assim como os respetivos erros absolutos quando comparados com os valores reais de 2019.

4.1.3 Análise de Resultados

O critério de comparação entre os diferentes modelos é o Erro Absoluto Médio (A_t), calculado no fim de 2019, permitindo avaliar as divergências entre os valores previstos para 2019 e aqueles que efetivamente se verificaram. Na Tabela 6 são apresentados os valores do Erro Absoluto Médio de todas as previsões ¹.

Tabela 6 - Erro Absoluto Médio das Previsões Efetuadas

Série Cronológica	Amort. Exp. Simples Período Seguinte (kg)	Amort. Exp. Simples 2º Período Seguinte (kg)	Média Simples (kg)
2 Semanas (começar a agrupar na 1ª semana)	179,9	178,5	351,7
2 Semanas (começar a agrupar na 2ª semana)	161,0	160,1	320,0
4 Semanas (começar a agrupar na 1ª semana)	157,4	153,7	506,3
4 Semanas (começar a agrupar na 2ª semana)	161,9	157,3	521,3
4 Semanas (começar a agrupar na 3ª semana)	153,5	151,1	518,0
4 Semanas (começar a agrupar na 4ª semana)	227,0	217,9	713,3

Para os períodos de quatro semanas, o Erro Absoluto Médio resultante do método do Amortecimento Exponencial Simples varia entre 151,1 e 161,9 kg, sendo reduzida a diferença entre prever para o período seguinte ou para dois períodos seguintes. No caso particular de um dos agrupamentos de quatro semanas o erro aumenta para 217,9 e 227 kg.

Nos períodos de duas semanas, nota-se um aumento do Erro Absoluto Médio variando entre 160,1 e 179,9 kg.

Em qualquer uma das seis disposições de semanas em estudo, verificou-se que o Erro Absoluto Médio aumentava ao ser utilizado o método da Média Simples, variando entre 320 e 713,3 kg. Como tal, foi descartado este método, por apresentar um Erro Absoluto Médio na ordem do dobro do Amortecimento Exponencial Simples.

Mais se verificou que, em todos os modelos de Amortecimento Exponencial Simples, a constante de amortecimento α tendeu para 0, comprovado através da aplicação do suplemento *Solver* do Excel, o que, no limite, atribui o mesmo peso a todas as observações e aproxima o Amortecimento Exponencial Simples ao método da Média Simples.

Com base nos resultados obtidos, concluiu-se que a série cronológica que conduziu ao menor Erro Absoluto Médio foi a que divide o ano em grupos de quatro semanas, começando a agrupar

¹ Por motivos de confidencialidade, os valores de consumos, previsões, erros e limites de confiança foram alterados.

a partir da terceira semana. Como tal, são apresentadas na Tabela 7 as previsões efetuadas com base nessa série, assim como os respetivos limites superiores e inferiores para uma margem de confiança de 95%.

Tabela 7 - Previsões para 4 semanas (a começar na 3ª semana) e Respetivos Limites de Confiança

Período	Consumos Reais (kg)	Prev. Período Seguinte (kg)	Lim. Sup. (kg)	Lim. Inf. (kg)	Prev. 2º Período Seg. (kg)	Lim. Sup. (kg)	Lim. Inf. (kg)
1	832,8	1150,5	1438,2	862,7	1151,7	1439,2	864,1
2	769,6	1731,3	2024,1	1438,5	1734,5	2022,2	1446,7
3	805,5	1625,0	1938,9	1311,1	1634,6	1927,4	1341,8
4	538,5	802,3	1133,6	471,0	810,5	1124,4	496,6
5	483,3	1061,7	1396,3	727,2	1064,4	1395,6	733,1
6	2653,0	2054,4	2400,1	1708,8	2060,2	2394,8	1725,7
7	1075,5	1751,7	2108,9	1394,5	1745,7	2091,4	1400,0
8	962,6	956,6	1327,1	586,1	963,4	1320,5	606,2
9	319,4	448,9	815,8	81,9	448,8	819,3	78,3
10	731,7	1117,4	1483,9	750,9	1118,7	1485,7	751,8
11	902,8	1013,5	1386,0	641,1	1017,4	1383,9	650,9
12	410,3	798,8	1170,3	427,2	799,9	1172,4	427,4
13	1134,4	729,8	1107,4	352,3	733,7	1105,3	362,2

Na Tabela 7 estão assinaladas a vermelho e itálico as previsões para as quais se verificaram consumos reais inferiores ao limite inferior, tendo sido assinaladas a rosa e sublinhado as previsões para as quais se verificaram consumos superiores ao limite superior. As previsões não assinaladas indicam que os consumos reais pertencem ao intervalo definido pelos limites superiores e inferiores. Quer isto dizer que, quer em previsões para o período seguinte como para o segundo período seguinte, se verificaram:

- 7 em 13 (53,8%) – Consumo real inferior ao limite inferior
- 2 em 13 (15,4%) – Consumo real superior ao limite superior
- 4 em 13 (30,8%) – Consumo real situa-se dentro do intervalo de confiança das previsões

Sendo o consumo real inferior ao limite inferior, verificar-se-ia uma acumulação de *stock*, pois a encomenda ao fornecedor seria feita a contar com consumos muito superiores aos que depois se viriam a verificar.

No caso oposto, representado em 2 dos 13 períodos, ocorreria uma rutura de *stock*, a menos que existisse *stock* de segurança capaz de dar cobertura a esse pico de consumo.

Nos restantes quatro períodos o consumo real estaria incluído no intervalo de confiança das previsões, ou seja, só em 30,8% dos períodos se verificaram consumos reais dentro desse intervalo. Como tal, atestou-se a fraca qualidade das previsões.

Tal é facilmente constatável pela análise das Figuras 12 e 13, pois durante a maioria do ano de 2019 os valores reais encontram-se fora dos limites superiores e inferiores. Ainda que algumas vezes estejam próximos de um dos limites, é possível concluir que noutras tantas vezes as previsões são o dobro dos valores reais e vice-versa, além de que os próprios intervalos de confiança são amplos, resultado do histórico instável no qual se basearam estes modelos.

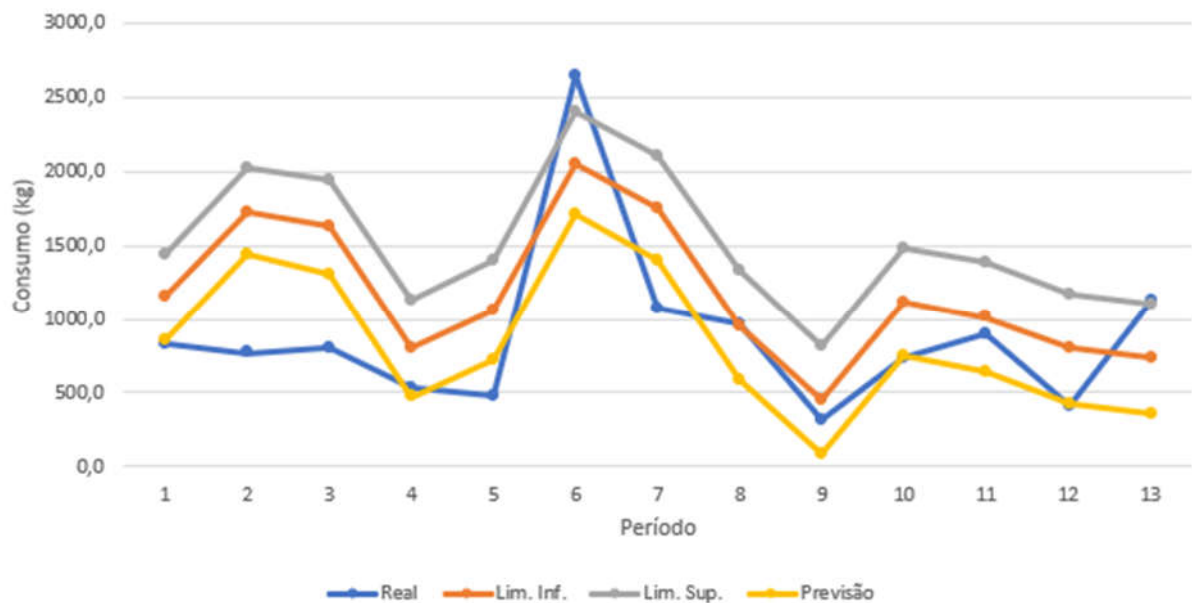


Figura 12 - Previsões para o Período Seguinte vs Consumos Reais (2019)

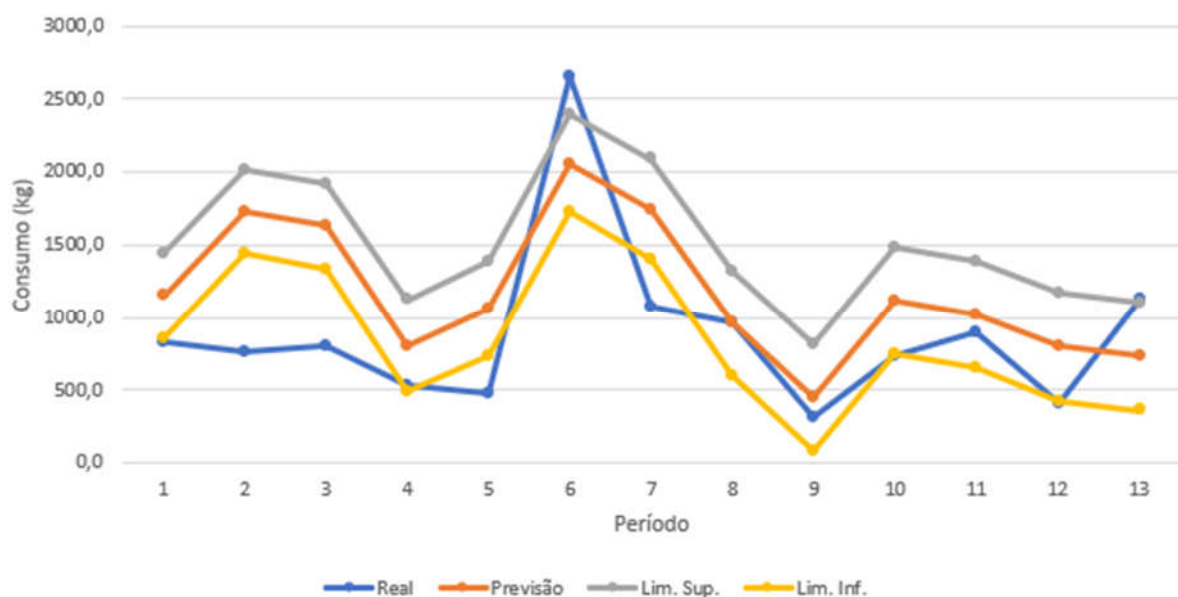


Figura 13 - Previsões para o 2º Período Seguinte vs Consumos Reais (2019)

Tendo em conta que, de todos os modelos analisados, este é o modelo que menor Erro Absoluto Médio apresenta, considerou-se que a consistente disparidade entre previsões e valores reais não conduziria a uma eficiente gestão de inventário, assim como resultaria em volumosos *stocks* de segurança e a possíveis ruturas de *stock*, o que acarretaria custos e não traria nenhuma vantagem à empresa.

Pelas razões expostas optou-se por refutar o uso de previsões, visto que os consumos tendem a variar muito, sem que isso se deva a um padrão bem definido de sazonalidade. Como tal, consideraram-se pouco indicados os métodos de reaprovisionamento anteriormente abordados, pois conduziriam a elevados custos para que se pudesse garantir uma boa taxa de serviço.

4.2 Implementação de um Colorímetro

Conforme descrito anteriormente, uma das mais pronunciadas dificuldades na gestão do inventário na TFS é o carácter único de cada tingimento, que resulta em lotes da mesma referência com variações de cor entre si.

Com o objetivo de melhorar a gestão do inventário, foi concebida a proposta de aquisição de um colorímetro, ou espectrofotómetro, exemplificado na Figura 14. Este tipo de aparelho permite a leitura de uma cor, consoante os princípios já mencionados no capítulo anterior (L, a e b).



Figura 14 - Colorímetro ou Espectrofotómetro («Datacolor 200 Family Low Cost Spectrophotometer | Datacolor» sem data)

A inclusão deste equipamento permite associar a cada uma das referências de cor atualmente existentes a sua respetiva leitura L^*a^*b , por meio da medição da amostra padrão. Esses dados podem ser introduzidos no ERP, com campos destinados ao efeito.

A avaliação de um lote é feita por meio de ΔL , Δa e Δb , assim como outros critérios indiretos, como a soma destes três valores ou o comprimento do vetor ($\sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2}$).

Deste modo, todos os lotes existentes em inventário poderão ser analisados, sendo introduzidas no ERP as diferenças relativamente à cor padrão. De igual forma, todos os lotes que chegam à TFS poderão ser avaliados, por comparação com a cor padrão. Através de um processo moroso e iterativo, podem ser estabelecidas tolerâncias, fora das quais o lote é recusado.

Na TFS, a receção de fio é feita por meio do REC, em estreita ligação com o ERP. Por meio do próprio *software* do colorímetro, é possível associar as suas leituras ao REC e ao próprio ERP, onde consta a base de dados do *stock* existente.

Definidos os critérios de aceitação e os respetivos algoritmos, é também possível criar uma denominação alternativa (“*B-Stock*”, por exemplo) para lotes que estejam fora das tolerâncias, até porque existem situações atípicas que levam à aceitação desses lotes para que sejam cumpridos prazos. Dentro da categoria *B-Stock*, é possível criar filtros por forma a agrupar tipos de divergências, para que mais facilmente se consigam agrupar estes lotes e dar-lhes uso. No limite, é aplicável a introdução de uma categoria *C-Stock* para designar fios que estejam muito

longe das especificações desejadas e que sejam considerados inutilizáveis e dignos de algum aproveitamento secundário, como serem retingidos para outra cor.

A correta implementação deste equipamento permite simplificar o processo de reserva de fio e o cálculo de fio a encomendar (Equação 3.3), visto que deixa de ser necessário especificar que lote deverá ser usado, bastando indicar a referência de cor. Se esta proposta for implementada será possível limitar as variações de cor de uma dada referência, ao ponto de se poderem unir dois lotes distintos sem ter de os comparar. A mesma vantagem acontecerá nas caixas de amostras com pompons e nas amostras de tapete enviadas para clientes, pois passam a ser todas idênticas às cores padrão, o que certamente facilitará o processo de encomenda e reduzirá as reclamações por não-conformidades na cor.

Ainda assim, não sendo possível garantir que as variações de cor se encontram, na maioria das vezes, dentro das tolerâncias, é possível criar subgrupos dentro da mesma referência de cor, em função dos seus desvios em relação à cor padrão. Por muito que não seja este o resultado ideal, facilitaria toda a gestão do inventário e também a preparação de fio para seguir para a produção.

Com base nas opiniões trocadas com diversos representantes deste tipo de equipamento, é possível a alteração do protocolo com os fornecedores, obrigando a que os mesmos façam sempre uma leitura da cor do fio antes de o mesmo ser enviado. O colorímetro é um equipamento usual nas tinturarias, pelo que um equipamento devidamente calibrado, nas mesmas condições de humidade e temperatura da TFS, seguindo a mesma metodologia de medição, deverá indicar leituras idênticas, mesmo sendo de outro construtor. Para tal, bastaria que fossem afinados os protocolos e os procedimentos de medição, assim como partilhados os dados relativos à cor padrão. Além de evitar custos logísticos com lotes não-conformes, permitiria também poupar tempo, quer da TFS como do próprio fornecedor de fio, e mais prontamente corrigir essas falhas.

No caso específico da TFS, a principal dificuldade desta implementação é a correta leitura da cor, visto que as habituais medições destes equipamentos têm lugar na lateral do fio (em tecidos, por exemplo) e não ao corte, como é nos tapetes. Contudo, a experiência de alguns dos representantes destes equipamentos indica que é possível criar um mecanismo de preparação das amostras a avaliar (neste caso pompons), para que as mesmas consigam ser medidas pelo colorímetro. É, certamente, um processo de cooperação com o fornecedor do equipamento até que seja encontrada uma solução prática e viável.

5 Conclusões e Perspetivas de Trabalho Futuro

O estudo aqui apresentado revela a pouca aplicabilidade de métodos de previsão à realidade da TFS. Por conseguinte, políticas de reaprovisionamento como os métodos de Revisão Contínua e Revisão Periódica são incapazes de garantir bons resultados na gestão do *stock* de fio.

A natureza customizada dos tapetes da TFS faz com que cada encomenda de um cliente seja diferente da anterior. Além disso, grandes clientes por vezes colocam encomendas de elevados volumes e sempre de tapetes diferentes, ou seja, uma grande encomenda pode ser responsável por fazer aumentar o consumo de certas referências de fio, sem que nada possa fazer antever esse consumo. Estas situações implicam a existência de picos ou quebras nos consumos de uma certa cor de fio, tendo um elevado impacto nas previsões de consumo de fio.

Se esta não fosse indústria sujeita às tendências da moda, a utilização de mais anos de histórico poderia permitir a criação de modelos de previsão com melhores resultados. No entanto, como a moda muda, com elevada frequência mudam as cores e os materiais que os clientes procuram, o que dificilmente é abarcado por um método de previsão quantitativo.

A aplicação dos métodos de previsão revelou-se inconclusiva, pois o melhor dos 18 modelos de previsão testados só foi capaz de garantir que 30,8% das vezes as previsões coincidiam com os valores reais. Nos outros 69,2% das vezes, os valores reais não pertencem ao intervalo de confiança das previsões, o que resultaria em *stocks* acumulados e ruturas de *stock*.

Em suma, dada a elevada variabilidade dos consumos, resultado de picos ou quebras da procura, torna-se muito difícil prever o que será consumido mais adiante. Tal pode explicar-se pelo facto de a TFS produzir tapetes personalizados, muitas das vezes únicos e não repetidos. Isto justificaria que todas as encomendas fossem feitas em função dos tapetes cuja compra já foi validada, ou seja, a adoção de uma política MRP (*Materials Requirements Planning*). É, portanto, o equivalente a considerar que os consumos são dependentes da procura. Na prática, acaba por ser semelhante à atual política de gestão de encomendas, ainda que existam algumas decisões que levam à criação de *stocks* de segurança, o que habitualmente nos remeteria para Revisões Contínua ou Periódica. O tempo de entrega dos fornecedores é inferior ao tempo de ciclo para produção de um tapete, pelo que é passível de ser implementado MRP.

Justifica-se assim a necessidade de, num trabalho futuro, procurar rever novamente o processo de encomenda e alterar, com base nos conceitos de MRP, a forma como o mesmo se desencadeia e todos os cálculos inerentes.

Quanto à implementação de um colorímetro, após efetivada a sua aquisição, tornar-se-á necessário um extenso trabalho de campo, não só a reajustar todas as propostas aqui apresentadas, como também a definir o processo segundo o qual são definidas as tolerâncias de aceitação de uma dada referência. De igual modo, é também importante chegar a acordos com os fornecedores, para que a deteção de não-conformidades seja feita nas suas instalações, assim como para prever penalizações e prémios que incentivem o cumprimento das tolerâncias definidas. Tal deteção de não-conformidades implica a partilha não só do procedimento de preparação das amostras a avaliar, como também das condições em que deve ser efetuada a medição e de uma base de dados comum onde constem as tolerâncias das cores.

Ainda dentro do setor do armazém, foram definidas outras sugestões de trabalhos futuros, tais como:

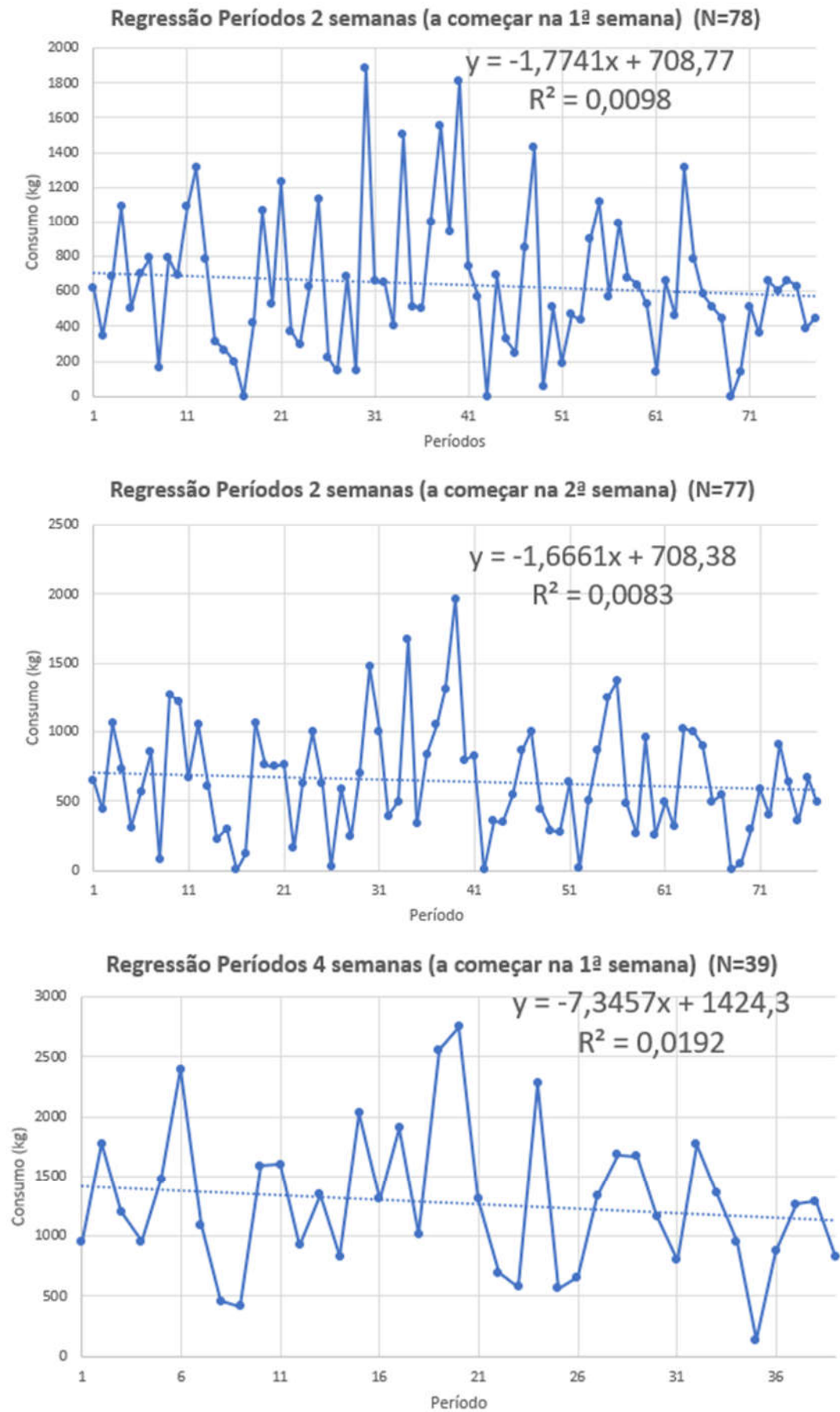
- Reestruturação física do armazém, em função dos fios mais usados e dos métodos de *picking* disponíveis, assim como promover a implementação de novos métodos de *picking*;
- Estudo do fluxograma e dos processos do armazém, respetivas alterações no ERP e REC e melhoria contínua nos respetivos processos.

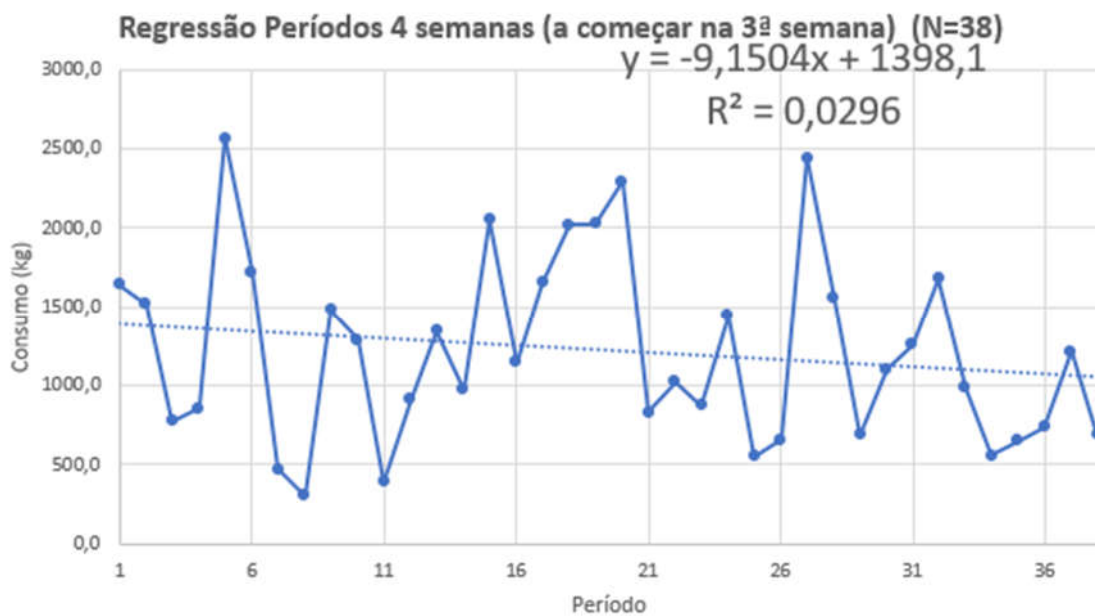
Todas estas propostas visam melhorar a eficiência do armazém, desde a redução de custos, a otimização do uso do espaço disponível, até à simplificação dos processos atualmente em uso. Deste modo, criam-se condições para que a produção possa aumentar a sua cadência ou até que seja ampliada, sem que o armazém constitua um gargalo restritor a todo o funcionamento da TFS.

Referências

- «ABC XYZ Analyse to Optimize your Inventory | AbcSupplyChain». sem data. Acedido 3 de Março de 2020. <https://abcsupplychain.com/en/abc-xyz-analyse/>.
- Carravilla, Maria Antónia. 1997. «Gestão de Stocks».
- «CIELAB.html». sem data. Acedido 28 de Abril de 2020. <http://www.angelfire.com/ga/huntleyloft/CIELAB.html>.
- «Datacolor 200 Family Low Cost Spectrophotometer | Datacolor». sem data. Acedido 19 de Maio de 2020. <https://www.datacolor.com/business-solutions/product-overview/datacolor-200/>.
- «Espanhola Sherpa compra fabricante portuguesa de tapetes de luxo - industria - Jornal de Negócios». sem data. Jornal de Negócios. Acedido 20 de Fevereiro de 2020. <https://www.jornaldenegocios.pt/empresas/industria/detalhe/espanhola-sherpa-compra-fabricante-portuguesa-de-tapetes-de-luxo>.
- «Ferreira de Sá - Apresentação». sem data. Acedido 20 de Fevereiro de 2020. <https://ferreiradesa.pt/about.php?lgc=PT>.
- Holt, Charles C. 2004. «Forecasting seasonals and trends by exponentially weighted moving averages». *International Journal of Forecasting* 20 (1): 5–10. <https://doi.org/10.1016/j.ijforecast.2003.09.015>.
- Jacobs, F. Robert, e Richard B. Chase. 2013. *Operations and Supply Chain Management, The Core*. 3 ed.
- «PRIMAVERA Professional». sem data. Acedido 23 de Abril de 2020. <https://pt.primaverabss.com/pt/software/software-de-gestao/professional/professional/>.
- Reynolds, Dennis. 1999. «Inventory-Turnover Analysis». *Cornell Hotel and Restaurant Administration Quarterly* 40 (2): 54–58. <https://doi.org/10.1177/001088049904000217>.
- Scholz-Reiter, Bernd, Jens Heger, Christian Meinecke, e Johann Bergmann. 2012. «Integration of demand forecasts in ABC-XYZ analysis: Practical investigation at an industrial company». *International Journal of Productivity and Performance Management* 61 (4): 445–51. <https://doi.org/10.1108/17410401211212689>.
- Vasconcelos, Bernardo Calafate. 2011. «Métodos de Previsão - B.C.V. 1.»
- «What is CIE 1976 Lab Color Space? - Konica Minolta Color, Light, and Display Measuring Instruments». 2018. 2018. <https://sensing.konicaminolta.asia/what-is-cie-1976-lab-color-space/>.
- «What is ERP? | Definition, Types & Benefits | SAP». sem data. Acedido 23 de Abril de 2020. <https://www.sap.com/portugal/products/what-is-erp.html#overview>.
- Ziukov, Serhii. 2015. «A literature review on models of inventory management under uncertainty». *Business Systems & Economics* 5 (1): 26. <https://doi.org/10.13165/vse-15-5-1-03>.

ANEXO A: Regressões Lineares e Verificação da Tendência





ANEXO B: Previsões, Limites de Confiança e Erro Absoluto

<i>Períodos 2 semanas (a começar na 1ª semana) - Amort. Exp. Simples - Período Seguinte</i>						
Período	Zt Cons. Real (kg)	Yt Previsão (kg)	Lim. Sup.	Lim. Inf.	Zt - Yt	Erro Absol. (kg)
1	142,9	479,2	824,3	134,2		336,4
2	366,1	542,9	892,9	192,9		176,8
3	260,6	682,4	1033,3	331,5		421,8
4	657,6	1096,9	1454,9	739,0		439,3
5	306,9	639,1	1004,5	273,8		332,3
6	379,5	664,5	1034,5	294,4		284,9
7	257,2	657,5	1030,9	284,0		400,3
8	369,5	478,8	858,5	99,1		109,3
9	1159,3	545,6	924,3	167,0		613,7
10	377,4	624,7	1014,9	234,5		247,3
11	1116,3	890,7	1283,1	498,2		225,6
12	242,5	1336,8	1731,0	942,5		1094,2
13	1297,4	783,0	1200,6	365,4		514,5
14	747,6	640,5	1066,8	214,2		107,2
15	374,8	391,9	816,6	0,0		17,1
16	159,5	304,4	725,3	0,0		144,8
17	0,0	0,0	420,3	0,0		0,0
18	274,7	372,1	788,2	0,0		97,4
19	457,0	760,5	1174,9	346,1		303,6
20	490,2	406,3	824,1	0,0		83,9
21	566,8	990,1	1405,9	574,4		423,3
22	121,7	599,4	1021,6	177,3		477,7
23	551,6	305,1	735,0	0,0		246,5
24	871,4	574,0	1005,7	142,2		297,4
25	427,4	738,1	1173,0	303,2		310,7
26	923,3	291,8	730,1	0,0		631,5

<i>Períodos 2 semanas (a começar na 1ª semana) - Amort. Exp. Simples - 2º Período Seguinte</i>						
Período	Zt Cons. Real (kg)	Yt Previsão (kg)	Lim. Sup.	Lim. Inf.	Zt - Yt	Erro Absol. (kg)
1	142,9	477,5	821,9	133,2		334,7
2	366,1	546,2	891,3	201,2		180,1
3	260,6	684,2	1033,4	334,9		423,5
4	657,6	1101,2	1447,3	755,1		443,5
5	306,9	643,5	1000,6	285,6		336,7
6	379,5	667,8	1026,3	302,4		288,3
7	257,2	660,3	1023,1	297,5		403,1
8	369,5	482,8	851,7	113,9		113,3
9	1159,3	546,7	923,1	167,0		612,6
10	377,4	618,6	991,1	239,9		241,2
11	1116,3	893,1	1284,4	501,9		223,1
12	242,5	1334,5	1715,4	953,6		1092,0
13	1297,4	789,1	1181,0	394,9		508,4
14	747,6	635,3	1051,2	217,7		112,3
15	374,8	390,8	793,8	0,0		16,0
16	159,5	304,5	720,8	0,0		145,0
17	0,0	0,0	422,4	0,0		0,0
18	274,7	371,8	795,9	0,0		97,1
19	457,0	761,5	1178,2	344,8		304,6
20	490,2	409,3	827,8	0,0		80,9
21	566,8	989,3	1408,9	571,5		422,5
22	121,7	603,7	1015,9	191,4		481,9
23	551,6	309,8	734,1	0,0		241,8
24	871,4	571,5	995,1	147,8		299,9
25	427,4	735,1	1159,1	311,2		307,8
26	923,3	294,9	728,0	0,0		628,4

Períodos 2 semanas (a começar na 1ª semana) - Média Simples						
Período	Zt Cons. Real (kg)	Yt Previsão (kg)	Lim. Sup.	Lim. Inf.	Zt - Yt	Erro Absol. (kg)
1	142,9	396,6	1292,9	0,0		253,7
2	366,1	643,5	1534,9	0,0		277,4
3	260,6	647,1	1534,8	0,0		386,5
4	657,6	1181,9	2071,1	292,6		524,2
5	306,9	718,9	1615,7	0,0		412,0
6	379,5	676,3	1575,5	0,0		296,8
7	257,2	611,2	1507,7	0,0		354,0
8	369,5	731,7	1628,1	0,0		362,2
9	1159,3	481,0	1377,6	0,0		678,3
10	377,4	616,8	1526,5	0,0		239,4
11	1116,3	849,5	1754,2	0,0		266,8
12	242,5	1392,6	2293,6	491,6		1150,1
13	1297,4	832,5	1764,5	0,0		464,9
14	747,6	903,7	1839,3	0,0		156,1
15	374,8	505,0	1432,3	0,0		130,2
16	159,5	404,4	1322,8	0,0		244,9
17	0,0	0,0	913,9	0,0		0,0
18	274,7	415,3	1315,9	0,0		140,5
19	457,0	634,0	1526,8	0,0		177,1
20	490,2	378,9	1265,3	0,0		111,3
21	566,8	911,9	1789,9	33,9		345,1
22	121,7	801,7	1679,5	0,0		680,0
23	551,6	336,6	1225,6	0,0		215,1
24	871,4	588,8	1473,2	0,0		282,5
25	427,4	569,1	1451,1	0,0		141,7
26	923,3	376,9	1252,1	0,0		546,4

Períodos 2 semanas (a começar na 2ª semana) - Amort. Exp. Simples - Período Seguinte						
Período	Zt Cons. Real (kg)	Yt Previsão (kg)	Lim. Sup.	Lim. Inf.	Zt - Yt	Erro Absol. (kg)
1	6,8	11,7	338,1	0,0		5,0
2	375,7	563,7	886,9	240,5		188,0
3	185,6	571,4	896,1	246,7		385,8
4	463,0	1044,9	1376,0	713,8		582,0
5	544,1	1181,7	1524,0	839,4		637,6
6	328,1	528,0	882,9	173,1		199,9
7	353,8	358,3	714,6	2,0		4,6
8	366,2	780,4	1133,2	427,5		414,2
9	392,6	517,9	877,6	158,2		125,3
10	1156,2	654,8	1014,0	295,5		501,4
11	976,6	693,7	1061,8	325,5		282,9
12	247,5	897,9	1269,4	526,3		650,4
13	1072,8	1064,1	1448,2	680,0		8,7
14	1045,9	1044,7	1425,1	664,2		1,2
15	381,2	456,6	833,3	79,9		75,4
16	304,9	508,0	882,8	133,2		203,1
17	14,6	0,0	376,1	0,0		14,6
18	155,5	111,5	484,3	0,0		44,0
19	576,2	508,7	878,8	138,6		67,5
20	154,2	598,5	966,6	230,4		444,2
21	613,7	588,4	963,9	212,9		25,3
22	404,6	856,5	1228,9	484,1		451,9
23	294,8	404,0	784,0	24,1		109,3
24	898,0	381,9	760,9	3,0		516,0
25	403,4	638,7	1026,8	250,7		235,4
26	1183,8	533,2	923,2	143,1		650,6

Períodos 2 semanas (a começar na 2ª semana) - Amort. Exp. Simples - 2º Período Seguinte						
Período	Zt Cons. Real (kg)	Yt Previsão (kg)	Lim. Sup.	Lim. Inf.	Zt - Yt	Erro Absol. (kg)
1	6,8	13,1	339,3	0,0		6,3
2	375,7	563,7	890,1	237,4		188,0
3	185,6	573,3	896,4	250,2		387,7
4	463,0	1048,8	1376,6	721,0		585,8
5	544,1	1187,5	1517,2	856,4		643,5
6	328,1	534,1	870,2	191,7		205,9
7	353,8	360,3	704,2	16,4		6,6
8	366,2	780,4	1124,5	436,4		414,3
9	392,6	522,0	873,5	169,2		129,4
10	1156,2	656,0	1019,1	296,3		500,1
11	976,6	688,7	1041,2	336,1		288,0
12	247,5	895,0	1263,6	526,4		647,5
13	1072,8	1070,2	1433,0	698,6		2,7
14	1045,9	1044,6	1425,3	660,5		1,3
15	381,2	456,6	824,5	88,7		75,4
16	304,9	508,7	889,0	128,4		203,9
17	14,6	0,0	378,6	0,0		14,6
18	155,5	111,0	489,1	0,0		44,4
19	576,2	508,3	879,7	136,9		67,9
20	154,2	597,8	971,3	224,3		443,6
21	613,7	592,8	963,5	224,7		20,9
22	404,6	856,2	1233,8	478,7		451,7
23	294,8	408,6	773,5	43,6		113,8
24	898,0	383,0	766,1	0,0		514,9
25	403,4	633,6	1005,1	262,0		230,2
26	1183,8	535,5	924,6	146,5		648,3

Períodos 2 semanas (a começar na 2ª semana) - Média Simples						
Período	Zt Cons. Real (kg)	Yt Previsão (kg)	Lim. Sup.	Lim. Inf.	Zt - Yt	Erro Absol. (kg)
1	6,8	17,6	880,3	0,0		10,9
2	375,7	581,2	1427,8	0,0		205,5
3	185,6	514,7	1355,0	0,0		329,1
4	463,0	1005,4	1845,5	165,3		542,4
5	544,1	1193,1	2042,6	343,5		649,0
6	328,1	597,3	1460,7	0,0		269,1
7	353,8	408,5	1268,6	0,0		54,7
8	366,2	767,7	1615,3	0,0		401,5
9	392,6	669,8	1520,2	0,0		277,3
10	1156,2	698,4	1546,1	0,0		457,8
11	976,6	791,6	1644,3	0,0		185,0
12	247,5	912,7	1759,1	66,3		665,2
13	1072,8	1122,4	1981,8	262,9		49,6
14	1045,9	1158,1	2006,1	310,2		112,3
15	381,2	506,8	1346,0	0,0		125,7
16	304,9	558,9	1390,1	0,0		254,0
17	14,6	3,8	832,2	0,0		10,7
18	155,5	175,8	992,3	0,0		20,3
19	576,2	568,8	1374,3	0,0		7,4
20	154,2	629,8	1424,1	0,0		475,6
21	613,7	672,9	1472,8	0,0		59,2
22	404,6	893,3	1684,1	102,5		488,7
23	294,8	413,2	1210,0	0,0		118,5
24	898,0	424,3	1214,3	0,0		473,6
25	403,4	648,4	1443,7	0,0		245,1
26	1183,8	585,2	1378,1	0,0		598,6

Períodos 4 semanas (a começar na 1ª semana) - Amort. Exp. Simples - Período Seguinte						
Período	Zt Cons. Real (kg)	Yt Previsão (kg)	Lim. Sup.	Lim. Inf.	Zt - Yt	Erro Absol. (kg)
1	509,0	1009,6	1281,9	737,2		500,6
2	918,3	1790,0	2072,1	1507,8		871,7
3	686,4	1295,3	1596,4	994,2		608,9
4	626,7	1121,4	1434,7	808,0		494,6
5	1536,7	1249,5	1572,1	927,0		287,2
6	1358,8	2279,9	2606,4	1953,3		921,1
7	2045,1	1369,7	1716,0	1023,4		675,4
8	534,4	659,3	1019,0	299,6		125,0
9	274,7	375,6	734,8	16,3		100,9
10	947,2	1265,9	1624,1	907,8		318,8
11	688,6	1610,3	1972,9	1247,8		921,8
12	1423,0	896,5	1278,4	514,5		526,5
13	1350,7	1108,2	1499,5	716,9		242,5

Períodos 4 semanas (a começar na 1ª semana) - Amort. Exp. Simples - 2º Período Seguinte						
Período	Zt Cons. Real (kg)	Yt Previsão (kg)	Lim. Sup.	Lim. Inf.	Zt - Yt	Erro Absol. (kg)
1	509,0	1013,4	1278,8	748,1		504,5
2	918,3	1795,0	2067,3	1522,6		876,7
3	686,4	1304,0	1579,3	1028,7		617,6
4	626,7	1127,4	1419,0	835,9		500,7
5	1536,7	1254,5	1549,2	959,7		282,3
6	1358,8	2277,0	2587,6	1966,4		918,2
7	2045,1	1378,9	1696,1	1061,6		666,2
8	534,4	652,6	994,8	310,3		118,2
9	274,7	376,8	716,7	36,9		102,1
10	947,2	1266,9	1612,7	921,2		319,8
11	688,6	1613,5	1972,2	1254,8		924,9
12	1423,0	905,7	1269,3	542,1		517,3
13	1350,7	1103,0	1480,7	725,3		247,7

Períodos 4 semanas (a começar na 1ª semana) - Média Simples						
Período	Zt Cons. Real (kg)	Yt Previsão (kg)	Lim. Sup.	Lim. Inf.	Zt - Yt	Erro Absol. (kg)
1	509,0	1040,1	2268,0	0,0		531,1
2	918,3	1828,9	3060,7	597,2		910,7
3	686,4	1395,2	2664,6	125,9		708,8
4	626,7	1342,9	2629,7	56,1		716,2
5	1536,7	1097,8	2401,6	0,0		438,9
6	1358,8	2242,1	3539,3	944,9		883,3
7	2045,1	1736,2	3062,1	410,4		308,9
8	534,4	909,4	2218,6	0,0		375,1
9	274,7	415,3	1713,5	0,0		140,5
10	947,2	1012,9	2284,2	0,0		65,8
11	688,6	1713,6	2954,1	473,1		1025,1
12	1423,0	925,4	2201,8	0,0		497,6
13	1350,7	946,1	2221,7	0,0		404,7

Períodos 4 semanas (a começar na 2ª semana) - Amort. Exp. Simples - Período Seguinte						
Período	Zt Cons. Real (kg)	Yt Previsão (kg)	Lim. Sup.	Lim. Inf.	Zt - Yt	Erro Absol. (kg)
1	496,4	643,0	942,1	343,8		146,5
2	561,3	1149,3	1449,1	849,5		588,0
3	1007,0	2274,3	2585,8	1962,7		1267,2
4	681,9	910,5	1250,6	570,4		228,6
5	758,7	1342,2	1684,6	999,8		583,5
6	2132,8	1309,4	1663,0	955,8		823,4
7	1320,3	2001,6	2372,2	1631,0		681,3
8	1427,0	1554,6	1938,5	1170,6		127,5
9	319,4	518,7	902,0	135,4		199,3
10	731,7	619,9	1004,3	235,4		111,8
11	768,0	1198,3	1581,7	814,9		430,3
12	699,3	1318,9	1709,2	928,5		619,5
13	1301,4	1026,7	1428,6	624,8		274,7

Períodos 4 semanas (a começar na 2ª semana) - Amort. Exp. Simples - 2º Período Seguinte						
Período	Zt Cons. Real (kg)	Yt Previsão (kg)	Lim. Sup.	Lim. Inf.	Zt - Yt	Erro Absol. (kg)
1	496,4	643,7	944,0	343,5		147,3
2	561,3	1150,8	1449,9	851,6		589,4
3	1007,0	2280,1	2580,0	1980,3		1273,1
4	681,9	922,7	1234,3	611,2		240,8
5	758,7	1344,5	1684,6	1004,4		585,7
6	2132,8	1315,2	1657,6	972,8		817,6
7	1320,3	1993,4	2347,0	1639,8		673,1
8	1427,0	1561,4	1932,0	1190,7		134,3
9	319,4	520,0	903,9	136,0		200,6
10	731,7	621,9	1005,2	238,6		109,8
11	768,0	1197,2	1581,6	812,7		429,2
12	699,3	1323,2	1706,6	939,8		623,8
13	1301,4	1032,9	1423,2	642,5		268,5

Períodos 4 semanas (a começar na 2ª semana) - Média Simples						
Período	Zt Cons. Real (kg)	Yt Previsão (kg)	Lim. Sup.	Lim. Inf.	Zt - Yt	Erro Absol. (kg)
1	496,4	650,6	2024,4	0,0		154,1
2	561,3	1095,9	2431,8	0,0		534,6
3	1007,0	2198,5	3534,5	862,4		1191,4
4	681,9	1005,8	2400,8	0,0		323,9
5	758,7	1437,5	2812,4	62,6		678,8
6	2132,8	1490,0	2875,8	104,2		642,8
7	1320,3	2035,1	3428,1	642,0		714,8
8	1427,0	1665,0	3070,5	259,5		237,9
9	319,4	562,7	1943,7	0,0		243,3
10	731,7	744,6	2102,9	0,0		12,9
11	768,0	1302,8	2623,2	0,0		534,8
12	699,3	1306,6	2627,5	0,0		607,2
13	1301,4	1072,8	2399,2	0,0		228,6

Períodos 4 semanas (a começar na 3ª semana) - Amort. Exp. Simples - Período Seguinte					
Período	Zt Cons. Real (kg)	Yt Previsão (kg)	Lim. Sup.	Lim. Inf.	Zt - Yt Erro Absol. (kg)
1	832,8	1150,5	1438,2	862,7	317,7
2	769,6	1731,3	2024,1	1438,5	961,7
3	805,5	1625,0	1938,9	1311,1	819,5
4	538,5	802,3	1133,6	471,0	263,8
5	483,3	1061,7	1396,3	727,2	578,4
6	2653,0	2054,4	2400,1	1708,8	598,6
7	1075,5	1751,7	2108,9	1394,5	676,2
8	962,6	956,6	1327,1	586,1	6,0
9	319,4	448,9	815,8	81,9	129,4
10	731,7	1117,4	1483,9	750,9	385,8
11	902,8	1013,5	1386,0	641,1	110,8
12	410,3	798,8	1170,3	427,2	388,5
13	1134,4	729,8	1107,4	352,3	404,6

Períodos 4 semanas (a começar na 3ª semana) - Amort. Exp. Simples - 2º Período Seguinte					
Período	Zt Cons. Real (kg)	Yt Previsão (kg)	Lim. Sup.	Lim. Inf.	Zt - Yt Erro Absol. (kg)
1	832,8	1151,7	1439,2	864,1	318,9
2	769,6	1734,5	2022,2	1446,7	964,9
3	805,5	1634,6	1927,4	1341,8	829,1
4	538,5	810,5	1124,4	496,6	272,0
5	483,3	1064,4	1395,6	733,1	581,0
6	2653,0	2060,2	2394,8	1725,7	592,8
7	1075,5	1745,7	2091,4	1400,0	670,2
8	962,6	963,4	1320,5	606,2	0,8
9	319,4	448,8	819,3	78,3	129,4
10	731,7	1118,7	1485,7	751,8	387,1
11	902,8	1017,4	1383,9	650,9	114,6
12	410,3	799,9	1172,4	427,4	389,6
13	1134,4	733,7	1105,3	362,2	400,7

Períodos 4 semanas (a começar na 3ª semana) - Média Simples					
Período	Zt Cons. Real (kg)	Yt Previsão (kg)	Lim. Sup.	Lim. Inf.	Zt - Yt Erro Absol. (kg)
1	832,8	1000,6	2330,8	0,0	167,9
2	769,6	1687,2	2982,4	391,9	917,6
3	805,5	1709,5	3041,9	377,1	904,0
4	538,5	867,6	2233,4	0,0	329,1
5	483,3	1204,7	2551,8	0,0	721,4
6	2653,0	1947,3	3309,8	584,8	705,7
7	1075,5	1810,5	3186,1	434,9	735,0
8	962,6	1250,4	2640,6	0,0	287,9
9	319,4	562,7	1932,6	0,0	243,3
10	731,7	1049,3	2396,9	0,0	317,6
11	902,8	965,7	2297,5	0,0	62,9
12	410,3	1013,8	2313,0	0,0	603,5
13	1134,4	713,3	2018,3	0,0	421,2

Períodos 4 semanas (a começar na 4ª semana) - Amort. Exp. Simples - Período Seguinte						
Período	Zt Cons. Real (kg)	Yt Previsão (kg)	Lim. Sup.	Lim. Inf.	Zt - Yt	Erro Absol. (kg)
1	872,1	204,0	622,7	0,0		668,2
2	387,1	2041,8	2472,9	1610,6		1654,6
3	805,5	1065,4	1533,6	597,1		259,9
4	1048,0	949,9	1420,0	479,9		98,1
5	1431,6	1870,7	2338,5	1402,9		439,1
6	1221,4	1681,2	2155,3	1207,1		459,8
7	1075,5	1471,5	1952,4	990,6		396,0
8	1731,9	953,5	1439,4	467,5		778,4
9	14,6	357,7	858,3	0,0		343,2
10	576,2	1187,9	1692,1	683,8		611,7
11	768,0	1331,5	1845,9	817,1		563,6
12	1597,3	481,1	1004,4	0,0		1116,2
13	663,8	1744,6	2290,6	1198,6		1080,8

Períodos 4 semanas (a começar na 4ª semana) - Amort. Exp. Simples - 2º Período Seguinte						
Período	Zt Cons. Real (kg)	Yt Previsão (kg)	Lim. Sup.	Lim. Inf.	Zt - Yt	Erro Absol. (kg)
1	872,1	216,1	606,3	0,0		656,1
2	387,1	2035,1	2453,7	1616,4		1648,0
3	805,5	1077,4	1508,6	646,2		271,9
4	1048,0	952,5	1420,8	484,3		95,5
5	1431,6	1869,7	2339,8	1399,7		438,1
6	1221,4	1685,6	2153,4	1217,8		464,2
7	1075,5	1476,1	1950,2	1002,0		400,6
8	1731,9	957,4	1438,3	476,6		774,5
9	14,6	350,0	835,9	0,0		335,4
10	576,2	1191,4	1691,9	690,8		615,2
11	768,0	1337,6	1841,8	833,5		569,7
12	1597,3	486,8	1001,1	0,0		1110,6
13	663,8	1733,5	2256,8	1210,1		1069,6

Períodos 4 semanas (a começar na 4ª semana) - Média Simples						
Período	Zt Cons. Real (kg)	Yt Previsão (kg)	Lim. Sup.	Lim. Inf.	Zt - Yt	Erro Absol. (kg)
1	872,1	312,4	2372,6	0,0		559,8
2	387,1	1825,6	3860,5	0,0		1438,5
3	805,5	1413,7	3506,8	0,0		608,1
4	1048,0	1178,9	3251,6	0,0		130,8
5	1431,6	1501,9	3514,5	0,0		70,3
6	1221,4	1586,4	3537,8	0,0		365,0
7	1075,5	1573,6	3491,6	0,0		498,1
8	1731,9	1682,0	3579,1	0,0		49,8
9	14,6	290,3	2133,7	0,0		275,8
10	576,2	998,3	2807,7	0,0		422,1
11	768,0	1478,4	3266,4	0,0		710,5
12	1597,3	634,3	2422,1	0,0		963,0
13	663,8	1128,7	2933,4	0,0		464,8