

Supply Chain da Unidade Industrial de Postos de Transformação

Marco Gentil Fernandes Jorge

Dissertação de Mestrado

Orientador na FEUP: Prof. Maria Teresa Bianchi Aguiar



Mestrado Integrado em Engenharia Industrial e Gestão

2014-06-22

Resumo

A Efacec Equipos é uma unidade de produção de Postos de Transformação que opera em ambiente *assemble-to-order*, cujo principal desafio consiste em garantir a competitividade e a satisfação do cliente num mercado caracterizado, a jusante, por uma procura extremamente imprevisível e a montante por uma cadeia de abastecimento bastante complexa e de reduzida fiabilidade. Como consequência, a unidade alterna entre problemas de excesso de inventário com taxas de cobertura insustentáveis e paragens na produção devido a roturas de *stock*. Como agravante, a entropia e complexidade dos dados históricos não garantem fiabilidade suficiente para a realização de estudos de elevado grau de complexidade.

O desafio consistiu em desenvolver soluções que permitissem ultrapassar estes obstáculos e encontrar o *trade-off* ideal entre roturas e nível de serviço, soluções que consistiram em estudar e adaptar métodos estatísticos de previsão para posteriormente incorporá-los numa nova política de revisão periódica.

Apesar da escassa quantidade de informação, foi possível obter resultados bastante positivos, com melhorias de 65% ao nível da eliminação de roturas e de 45% nas existências em stock, perspetivando-se, inclusive, a possibilidade de melhorias ainda mais substanciais em trabalhos futuros.

Transformer Stations Assembly Unit Supply Chain

Abstract

Efacec Equipos is a small subsidiary of Efacec High and Medium Voltage SwitchGear, solely focused in assembling transformer stations. They compete in a particular environment, featuring highly unpredictable demand fluctuations, which, in turn, are enhanced by the severe lack of reliability of their major suppliers. This double-threat, not only causes stockouts on a weekly basis, but also forces them to raise inventory levels to unsustainable heights and is aggravated by the lack of reliable records to base a deep analysis on.

In order to overcome this odds, they'll attempt to find the optimum equilibrium between customer service and stock levels by developing new inventory control strategies consisting of periodic order review policies integrated with input from demand-driven forecasting methods.

Despite those shortcomings, the results obtained were mostly positive, thanks to a fairly accurate forecast and an adequate adaptation of the periodic order review method. Stockouts are expected to drop by 65% while inventory levels should fall by 45%. Meanwhile there's also great basis for future work.

Agradecimentos

Em primeiro lugar, gostaria de agradecer a toda a equipa da Efacec pela forma como fui recebido e por me oferecerem diariamente boas doses de humor e boa disposição.

Gostaria de agradecer ao meu orientador João Almeida que, apesar de perceber pouco de futebol, demonstrou um apoio e dedicação incessantes ao longo de todo este processo, tendo representado um papel importante na forma como encarei a entrada no mercado de trabalho.

Agradecimento especial para a minha orientadora Teresa Aguiar, que demonstrou paciência suficiente para lidar com os meus horários de trabalho pouco ortodoxos.

Por último, enorme abraço aos meus pais, os verdadeiros responsáveis pela realização deste documento pois foram eles que financiaram o curso.

Índice de Conteúdos

1	Introdução	1
1.1	A Empresa	1
1.2	O Projeto	2
1.3	Estrutura da dissertação	3
2	Enquadramento Teórico.....	5
2.1	Previsão de Vendas	5
2.2	Master Production Schedule	8
3	Exposição do Problema	12
3.1	Levantamento de Dados	12
3.2	Inventário	13
3.3	Procura.....	15
3.4	Artigos <i>Standard</i> – Situação Atual	21
3.5	Fornecedores	23
4	Descrição da Solução	30
4.1	Previsão de Vendas	Error! Bookmark not defined.
4.2	Política de Encomenda	39
5	Implementação	43
5.1	Objetivos	43
5.2	Funcionalidades	43
6	Conclusões.....	46
7	Trabalhos Futuros	47
	Referências	48
	ANEXO A – Inventário e Taxas de Cobertura – Tabelas.....	49
	ANEXO B – Inventário e Taxas de Cobertura - Gráficos	51
	ANEXO C – Vendas	52
	ANEXO D – Lista de celas com destino a Espanha	53
	ANEXO E – Agregação - Celas.....	56
	ANEXO F – Agregação - Transformadores	57
	ANEXO G – Projeto de Melhoria.....	58
	ANEXO H – Inventário de Artigos Obsoletos	59
	ANEXO I – Prazo de Entrega.....	61
	ANEXO J – Lista de transformadores com destino a Espanha	63
	ANEXO K – Lista de celas com destino a Portugal	66
	ANEXO L – Análise ABC Transformadores - Gráficos	68
	ANEXO M – Lista de transformadores com destino a Portugal	69
	ANEXO N – Artigos <i>Standard</i> – Roturas, Stock e Consumos	70
	ANEXO O – Agregação – Cálculo de Roturas.....	71
	ANEXO P – Lead Time – Efacec India	72
	ANEXO Q – Lead Time – Efacec India - Incerteza	75
	ANEXO R – Lead Time – Efacec India – Testes de Hipótese	76
	ANEXO S – Lead Time – Lista de Fornecedores	77
	ANEXO T – Catálogo – Distribuição Primária.....	78
	ANEXO U – Catálogo – Distribuição Secundária.....	80

ANEXO V – Catálogo – Alta Tensão.....	82
ANEXO W – Previsão - Gráficos.....	83
ANEXO X – Previsão – Resultados	87
ANEXO Y – Previsão – Resultados após ajuste.....	90
ANEXO Z –Artigos <i>Standard</i> – Roturas, Stock e Consumos após a implementação da nova política.	93

Índice de Gráficos

Gráfico 1 – Distribuição de probabilidades do stock no período $i+T$, segundo uma distribuição normal.....	11
Gráfico 2 - Evolução dos consumos mensais de matérias-primas e componentes na Efacec Equipos e respetivo inventário no início de cada mês.....	14
Gráfico 3 - Análise ABC das celas vendidas com destino a Espanha.....	18
Gráfico 4 - Análise ABC das celas vendidas com destino a Portugal.....	20
Gráfico 5 – Evolução do stock e do consumo mensal da cela 32210150-04.....	23
Gráfico 6 - Evolução do stock e do consumo mensal da cela 334120209-01.....	23
Gráfico 7 – Distribuição dos valores do Lead Time de fornecimento da Efacec India.....	25
Gráfico 8 - Distribuição da diferença entre o <i>lead time</i> real e o previsto.....	26
Gráfico 9 - Amortecimento Exponencial Simples.....	31
Gráfico 10 – Amortecimento Exponencial Adaptativo de Trigg & Leach.....	32
Gráfico 11 – <i>Previsão – Cella 33410101-01 FX 36kV 1IS 2EXT - 20kA - SP</i>	33
Gráfico 12 – <i>Previsão – Cella 322170010-01 IS 375 + EQUIP. + ACESSÓR</i>	34
Gráfico 13 - <i>Previsão – Cella 32210090-01 NX 24kV IS 375 - 20kA - SP</i>	37
Gráfico 14 - <i>Previsão – Cella 32210090-01 NX 24kV IS 375 - 20kA - SP</i>	37
Gráfico 15 – Relação entre o stock médio mensal e a probabilidade de rotura para o SAK Normafix 24 32211036-01.	41
Gráfico 16 – Inventário e consumos de stock de celas entre janeiro de 2016 e maio de 2017. Valores em milhares de euros.....	51
Gráfico 17 – Inventário e consumos de stock de transformadores entre janeiro de 2016 e maio de 2017. Valores em milhares de euros.....	51
Gráfico 18 - Custo das vendas de Postos de Transformação realizadas pela EE e pelo AMT para a Península Ibérica entre janeiro de 2016 e abril de 2017. Não estão incluídas vendas a parceiros internos.	52
Gráfico 19 – Evolução da procura da cela Fluofix 36kV 33410266-01 entre janeiro de 2016 e maio de 2017.	55
Gráfico 20 – Valor dos artigos em inventário, sem consumos planeados, no dia 31 Maio de 2017, distribuído pela data do último movimento de stock (entrada ou saída).	60
Gráfico 21 - Distribuição do prazo de entrega ao cliente, dos Postos de Transformação vendidos pela Efacec Equipos com destino a Espanha e Portugal, entre janeiro de 2016 e maio de 2017.	61
Gráfico 22 - Distribuição do prazo de entrega ao cliente, dos Postos de Transformação que incluíam celas e/ou transformadores <i>standard</i> vendidos pela Efacec Equipos com destino a Espanha e Portugal, entre janeiro de 2016 e maio de 2017.....	62
Gráfico 23 - Análise ABC dos transformadores vendidos com destino a Espanha entre janeiro de 2016 e abril de 2017.....	68
Gráfico 24 - Análise ABC dos transformadores vendidos com destino a Portugal entre janeiro de 2016 e abril de 2017.....	68

Gráfico 25 – Evolução do número de unidades em stock dos transformadores <i>1302150070</i> e <i>1302150102</i> , entre janeiro de 2016 e março de 2017.....	71
Gráfico 26 - Distribuição dos valores do Lead Time de fornecimento de celas Normafix da Efacec India	73
Gráfico 27 - Distribuição dos valores do Lead Time de fornecimento de celas Fluofix da Efacec India	73
Gráfico 28 - Distribuição dos valores do Lead Time de fornecimento de celas da Efacec India	74
Gráfico 29 - - Distribuição dos valores do Lead Time de fornecimento de SAKs da Efacec India	74
Gráfico 30 - Representação gráfica do teste de qualidade de ajuste da variável ‘ <i>Lead Time</i> ’ à distribuição normal.	76
Gráfico 31 – Representação gráfica do teste de qualidade de ajuste da variável ‘ <i>Atraso do Lead Time</i> ’ à distribuição normal.	76
Gráfico 32 - <i>Previsão da Cella 32210086-01 NX 24kV CD375 C/VIGIAS 20kA-SP</i>	83
Gráfico 33 – <i>Previsão – Cella 33109527-01 FX 24KV 2IS+1CIS COMP-16kA- SP</i>	83
Gráfico 34 – <i>Previsão – Cella 322170010-01 IS 375 + EQUIP. + ACESSÓR</i>	84
Gráfico 35 - <i>Previsão – Cella 32210090-01 NX 24kV IS 375 - 20kA - SP</i>	84
Gráfico 36 - <i>Previsão – Cella 32210090-01 NX 24kV IS 375 - 20kA - SP</i>	85
Gráfico 37 - <i>Previsão – Cella 32210090-01 NX 24kV IS 375 - 20kA - SP</i>	85
Gráfico 38 - <i>Previsão – Cella 32210090-01 NX 24kV IS 375 - 20kA - SP</i>	86

Índice de Figuras

Figura 1 – Posto de Transformação, em betão.	2
Figura 2 - Diagrama de Gantt.	4
Figura 3 – Representação gráfica da política de revisão periódica.	8
Figura 4 – Interface de auxílio à tomada de decisão.	45
Figura 5 – Celas de Distribuição Primária. (Esquerda) Cella QBN7. (Direita) Cella Normacel Barramento Duplo	78
Figura 6 – Cella Normacel Barramento Simples.	78
Figura 7 – Celas Normacel e QBN7 OUT.	79
Figura 8 – Solução móvel de exterior.	79
Figura 9 – Cella Fluofix.	80
Figura 10 – Cella Normafix.	80
Figura 11 – Religador Aéreo de Corte no Vácuo – REVAC- (Esquerda) e Interruptor IATS (Direita).	81
Figura 12 – Fluofix GCT (Esquerda) e DIVAC (Direita).	81
Figura 13 – Seccionadores Pantógrafo (Esquerda) e Semi-Pantógrafo(Direita).	82
Figura 14 – Seccionadores Horizontais e Verticais.	82

Índice de Tabelas

Tabela 1 – Valor médio, entre janeiro de 2016 e maio de 2017, do consumo mensal de componentes e matérias-primas na Efacec Equipos.....	13
Tabela 2 - Inventário, consumos, taxas de cobertura	14
Tabela 3 - Artigos sem movimentos planeados e parados em armazém	15
Tabela 4 - Custo das vendas de Postos de Transformação	16
Tabela 5 – Celas e transformadores vendidos com destino a Espanha	17
Tabela 6 - Análise ABC das celas vendidas com destino a Espanha	17
Tabela 7 – Transformadores definidos como artigo <i>standard</i> , com destino a Espanha.....	19
Tabela 8 - Análise ABC das celas vendidas para Portugal.....	19
Tabela 9 – Celas e transformadores vendidos com destino a Portugal	20
Tabela 10 - Transformadores definidos como artigos <i>standard</i> , com destino a Portugal.	20
Tabela 11 – Quadro-Resumo do inventário e consumos de stock.....	22
Tabela 12 – Distribuição das referências segundo os valores dos indicadores de roturas e taxas de cobertura.	22
Tabela 13 – Ordens de compra de celas e SAKs	25
Tabela 14 – Ordens de compra de celas e SAKs à Efacec SWG Portugal.....	28
Tabela 15 - Ordens de compra de transformadores	28
Tabela 16 – <i>Lead Time</i> por produto e fornecedor.	29
Tabela 17 - Distribuição do prazo de entrega ao cliente.	34
Tabela 18 - Ajuste do <i>previsão</i> pelo modelo de Abuizam e Thomopoulos	36
Tabela 19 – Quadro-Resumo dos resultados do <i>previsão</i>	38
Tabela 20 – Quadro – Resumo dos resultados do <i>previsão</i> , após ajuste com o teorema da probabilidade condicionada de Bayes.	38
Tabela 21 – MPS do SAK Normafix 24 32211036-01 para os meses de junho, julho e agosto.	40
Tabela 22 - Quadro-Resumo do inventário e consumos de stock	42
Tabela 23 - Quadro-Resumo do inventário e consumos de stock	42
Tabela 24 - Componentes e matérias-primas em inventário	49
Tabela 25 - Evolução dos consumos mensais de matérias-primas e componentes	49
Tabela 26 – Inventário. consumos e taxas de cobertura mensais	50
Tabela 27 - Inventário. consumos e taxas de cobertura mensais, discriminados por tipo de cela	50
Tabela 28 - Custo das vendas realizadas pela Efacec Equipos entre janeiro de 2016 e abril de 2017 discriminado por tipo de produto final. Valores em milhares de euros.....	52
Tabela 29 - Custo das vendas da Efacec Equipos entre janeiro de 2016 e abril de 2017 discriminado por tipo de cliente. Valores em milhares de euros.....	52
Tabela 30 – Celas vendidas com destino a Espanha entre janeiro de 2016 e abril de 2017. As colunas ‘Q’. ‘VNs’ e ‘Cls’ dizem respeito. respetivamente. ao nº de unidades vendidas. nº	

ordens de venda e nº de clientes diferentes. durante o período em questão. A coluna MTS (Make-to-Stock) diz respeito à política adotada para cada artigo.	53
Tabela 31 – Dados relativos ao inventário da Efacec Equipos, no dia 31 de maio de 2017.	59
Tabela 32 – Dados relativos aos artigos da Efacec Equipos parados em armazém, sem movimentos planeados. há pelo menos três. seis e doze meses. à data de 31 de maio de 2017.	59
Tabela 33 - Dados relativos aos artigos da Efacec Equipos parados em armazém, sem movimentos planeados. há pelo menos três. seis e doze meses. à data de 31 de maio de 2017, expressos percentagem do stock total.....	59
Tabela 34 - Distribuição do prazo de entrega ao cliente. dos Postos de Transformação vendidos pela Efacec Equipos com destino a Espanha e Portugal. entre janeiro de 2016 e maio de 2017.	61
Tabela 35 – Transformadores vendidos com destino a Espanha entre janeiro de 2016 e abril de 2017. As colunas ‘Q’. ‘VNs’ e ‘Cls’ dizem respeito. respetivamente. ao nº de unidades vendidas. nº ordens de venda e nº de clientes diferentes. durante o período em questão. A coluna MTS (Make-to-Stock) diz respeito à política adotada para cada artigo.	63
Tabela 36 - Celas vendidas com destino a Portugal entre janeiro de 2016 e abril de 2017. As colunas ‘Q’. ‘VNs’ e ‘Cls’ dizem respeito. respetivamente. ao nº de unidades vendidas. nº ordens de venda e nº de clientes diferentes. durante o período em questão. A coluna MTS (Make-to-Stock) diz respeito à política adotada para cada artigo.	66
Tabela 37 – Transformadores vendidos com destino a Portugal entre janeiro de 2016 e abril de 2017. As colunas ‘Q’. ‘VNs’ e ‘Cls’ dizem respeito. respetivamente. ao nº de unidades vendidas. nº ordens de venda e nº de clientes diferentes. durante o período em questão. A coluna MTS (Make-to-Stock) diz respeito à política adotada para cada artigo.	69
Tabela 38 – Dados relativos ao inventário e consumos de stock dos artigos <i>standard</i> para o mercado espanhol.	70
Tabela 39 – Estatísticas descritivas da distribuição do valor esperado do <i>lead time</i> de aprovisionamento de Celas e SAKs da Efacec India para Portugal. Valores expressos em dias.	72
Tabela 40 – Evolução da média e desvio padrão do <i>lead time</i> de fornecimento de Celas e SAKs da EI para Portugal, entre o primeiro trimestre de 2016 e o primeiro trimestre de 2017.....	72
Tabela 41 – Estatísticas descritivas da distribuição do atraso do <i>lead time</i> de aprovisionamento de Celas e SAKs da Efacec India para Portugal. Valores expressos em dias.....	75
Tabela 42 – Lista de fornecedores das celas <i>standard</i>	77
Tabela 43 – Previsão – Transformadores. Indicadores relacionados com a validade e performance do modelo escolhido para cada artigo e cada desfasamento.	87
Tabela 44 - Previsão – Celas. Indicadores relacionados com a validade e performance do modelo escolhido para cada artigo e cada desfasamento.	88
Tabela 45 – Previsão após ajuste – Transformadores. Indicadores relacionados com a validade e performance do modelo escolhido para cada artigo e cada desfasamento.	90
Tabela 46 - Previsão após ajuste – Celas. Indicadores relacionados com a validade e performance do modelo escolhido para cada artigo e cada desfasamento.	91
Tabela 47 – Dados relativos a roturas e stock após a implementação da nova política – Celas.	93

Tabela 48 – Dados relativos a roturas e stock após a implementação da nova política – Celas.	94
--	----

Siglas e Acrónimos

AMT – Aparelhagem de Alta e Média Tensão (Portugal)

EE – Efacec Equipos Electricos (Espanha)

EI – Efacec India

EPS – Efacec Power Solutions (Efacec Energia)

FFx 24 – Fluofix 24 kV

FFx 36 – Fluofix 36 kV

NFx 24 – Normafix 24 kV

NFx 36 – Normafix 36 kV

TRAFOS – Transformadores

PBT – Edifício Pré-Fabricado em Betão

PT – Posto de Transformação

SAK – *Standard Assembly Kit*

MTS – *Make-to-Stock*

MTO – *Make-to-Order*

ATO – *Assemble to Order*

BOM – *Bill of Materials*

IC – Intervalo de Confiança

EQM – Erro Quadrático Médio

TA – Taxa de Amortecimento

AES - Amortecimento Exponencial Simples

TS – *Tracking Signal*

HW – Holt-Winters

T&L – Trigg & Leach

KPI – *Key Performance Indicator*

1 Introdução

Esta dissertação enquadra-se no Mestrado Integrado em Engenharia Industrial e Gestão da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto e insere-se num projeto realizado em ambiente empresarial na Efacec Aparelhagem de Alta e Média Tensão (AMT).

O projeto pretende estudar estratégias de otimização da cadeia de abastecimento de uma unidade industrial de produção exclusiva de Postos de Transformação em ambiente *assemble-to-order* com variações irregulares no *lead time* de fornecimento, *lead time* de entrega e procura do cliente. A abordagem consiste na parametrização de políticas de controlo de inventário, dimensionadas com o auxílio de métodos estatísticos de *previsão*.

1.1 A Empresa

A Efacec Aparelhagem de Alta e Média Tensão (Efacec AMT) é uma das unidades do Grupo Efacec, sediada na Arroiteia, concelho da Maia, que produz e comercializa soluções de aparelhagem chave-na-mão completamente customizáveis ao cliente. Este tipo de produtos tem como principal função isolar e proteger a rede elétrica em caso de falhas de energia, sendo tipicamente utilizados em locais como subestações, unidades industriais, centrais termoelétricas ou postos de transformação. Com clientes em mais de cinquenta países, espalhados pelos cinco continentes, a Efacec AMT possui também filiais na Argentina (Buenos Aires), Índia (Nashik), República Checa (Praga) e Espanha (Tarragona).

A gama de produtos do AMT foca-se principalmente na distribuição primária e secundária de média tensão. Para a primária, fabrica quadros modulares de isolamento a ar, quadros blindados extensíveis, disjuntores tripolares e soluções móveis de exterior – Anexo T. Relativamente à distribuição secundária, as soluções vão desde interruptores e religadores aéreos de corte no vácuo até quadros compactos e modulares – Anexo U. Especial destaque para os últimos, que serão o principal objeto de estudo.

Os quadros compactos, também designados por Fluofix (Figura 9 – Anexo T), consistem em celas com isolamento a gás SF₆, de instalação e customização simples. Os quadros modulares, também designados por Normafix (Figura 10 – Anexo T), são uma solução mais versátil e económica, com isolamento a ar, que, devido ao seu carácter modular, oferecem uma maior flexibilidade ao nível da configuração e personalização. Tanto as celas Normafix como Fluofix estão disponíveis em tensões até 36 kV. O AMT também vende, em menor volume, produtos de alta tensão como seccionadores de exterior – Anexo V.

1.1.1 Efacec Equipos

A Efacec Equipos Eléctricos (EE) é a subunidade da Efacec Aparelhagem situada no Nordeste de Espanha, em Santa Bàrbara, uma pequena vila a sensivelmente noventa quilómetros de Tarragona. Nesta pequena unidade industrial, são fabricados os Postos de Transformação - Figura 1. Este produto, tipicamente encontrado nas imediações de zonas residenciais, assegura a passagem da energia elétrica, da rede de distribuição secundária para as habitações, podendo também ser utilizado em locais como instalações industriais e centrais eólicas/fotovoltaicas.

Cada posto de transformação é composto por um edifício pré-fabricado em betão, onde, no seu interior, é tipicamente instalado um transformador de potência, que faz a passagem da rede elétrica de média tensão para a de baixa tensão, e uma ou mais celas Fluofix/Normafix, responsáveis por assegurar a proteção e o isolamento da rede.

A estrutura em betão é o único componente dos postos de transformação fabricado internamente pela Efacec Equipos. Todos os restantes são comprados, sendo esta apenas responsável por fazer a montagem final e expedição. Os principais fornecedores da EE correspondem a outras subunidades do AMT - Efacec India e Efacec SWG Portugal (celas) – ou parceiros do Grupo

Efacec – Efacec Energia (transformadores). O mercado de PTs está, na sua maioria, na Península Ibérica, havendo também exportações para países da Europa Central, África e América Central.



Figura 1 – Posto de Transformação, em betão.

1.2 O Projeto

Cada posto de transformação é único e customizado de acordo com as necessidades do cliente. As celas e transformadores que o constituem, embora já existam vários modelos *standard* dada a recorrência da sua procura, são também extremamente customizáveis e personalizados para cada projeto, resultando num portefólio de produtos e de existências em inventário bastante vasto e diversificado.

A Efacec Equipos produz em ambiente *assemble-to-order*, no sentido em que, após obter encomendas do cliente, adquire os componentes necessários ao seu fabrico e faz a montagem do produto final. O grande desafio que a empresa enfrenta diariamente consiste em assegurar atempadamente a chegada de todos os constituintes de cada PT ao armazém, por forma a conseguir cumprir com os prazos de entrega. É uma tarefa de elevada complexidade devido a toda uma conjuntura desfavorável de fatores:

- Imprevisibilidade da procura;
- Incerteza no lead time de fornecimento;
- Restrições de fundo de maneio;

Por forma a manter a competitividade no mercado, é exigido à EE capacidade de resposta aos pedidos do cliente no menor espaço de tempo possível, o que, devido à heterogeneidade dos artigos, resulta em elevados montantes de existências em inventário, algo que a empresa pretende mudar. Todavia, diminuir o stock acarreta vários riscos, uma vez que o tempo de aprovisionamento de celas e transformadores é bastante longo (com frequência, consideravelmente superior ao prazo de entrega) e a sua duração apresenta também grande variabilidade, aumentando o perigo de entrar em rotura. Por outro lado, a grande diversidade de artigos torna complicada a tarefa de agregar os dados históricos e prever a procura no futuro.

1.2.1 Objetivos

De modo a contrariar todos os obstáculos, pretende-se com este projeto de dissertação analisar o panorama atual e definir as políticas de encomenda e controlo de inventário que sejam adequadas para ganhar margem de manobra ao nível do fundo de maneio, sem comprometer a satisfação do cliente. Como tal, foram definidos dois principais objetivos:

- Diminuir as existências de celas e transformadores;
- Diminuir as roturas de stock;

Estes objetivos são, como é óbvio, interdependentes, sendo que não foram definidas metas, uma vez que se pretende fazer análises de sensibilidades por forma a encontrar o *trade-off* entre stock e roturas ideal para cada cenário possível. Tenciona-se também desenvolver ferramentas que otimizem e automatizem, dentro do possível, os processos de previsão de vendas e tomada de decisão ao nível das encomendas a fornecedores.

1.2.2 Metodologia

Tal como referido anteriormente, grande parte das celas e transformadores são personalizados de acordo com as necessidades do cliente. No entanto, vários artigos, devido à recorrência da sua procura, já se encontram identificados pelos fornecedores como modelos *standard*, sendo, inclusive, produzidos para *stock*.

Numa primeira fase, foi feito um levantamento dos dados relativos às vendas e inventário da Efacec Equipos, de modo a diferenciar, tendo em conta o histórico da procura e o impacto nas existências em armazém, os artigos que devem ser encomendados para stock daqueles que devem ser geridos em ambiente *make-to-order*. De seguida, foram aplicados modelos estatísticos de *previsão* de modo a antecipar a evolução da procura desses mesmos artigos.

O passo seguinte consistiu em analisar a informação relativa às compras, por forma a perceber o comportamento do *lead time* de abastecimento de cada fornecedor. Posteriormente, estabeleceram-se novas políticas de encomenda, que consistiram em adaptações de modelos já existentes ao contexto da EE. Neste processo, a informação proveniente da previsão e da análise do *lead time* foi usado como *input* para avaliar o impacto da nova política ao nível de roturas e fundo de maneoio.

Por último, foi desenvolvida uma interface capaz de conjugar todos estes fatores a auxiliar o planeamento da produção no momento de tomada da decisão. A representação cronológica dos acontecimentos pode ser consultada no diagrama de Gantt - Figura 2.

1.3 Estrutura da dissertação

A dissertação está dividida em quatro capítulos:

2. Enquadramento Teórico;
3. Exposição do Problema;
4. Descrição da Solução;
5. Implementação.

O capítulo 2 consiste no enquadramento teórico dos conceitos e metodologias estudados e adotados durante a realização do projeto, principalmente no âmbito da gestão de *stocks* e previsão de vendas.

No capítulo 3, é feita uma descrição da situação atual da Efacec Equipos ao nível do inventário, consumos e taxas de cobertura. É também analisado o histórico das vendas e do *lead time* e são definidos os artigos críticos.

No capítulo 4 são explicitados os métodos de *previsão* utilizados na previsão da procura. Seguidamente, é feita uma descrição detalhada da metodologia seguida na elaboração da nova política de encomendas e são calculadas as melhorias que se esperam obter.

Por último, no capítulo 5, encontra-se uma breve descrição de uma das ferramentas desenvolvida para a implementação do projeto na unidade. Cada capítulo principia com um breve resumo dos conteúdos nele abordados e principais conclusões obtidas.

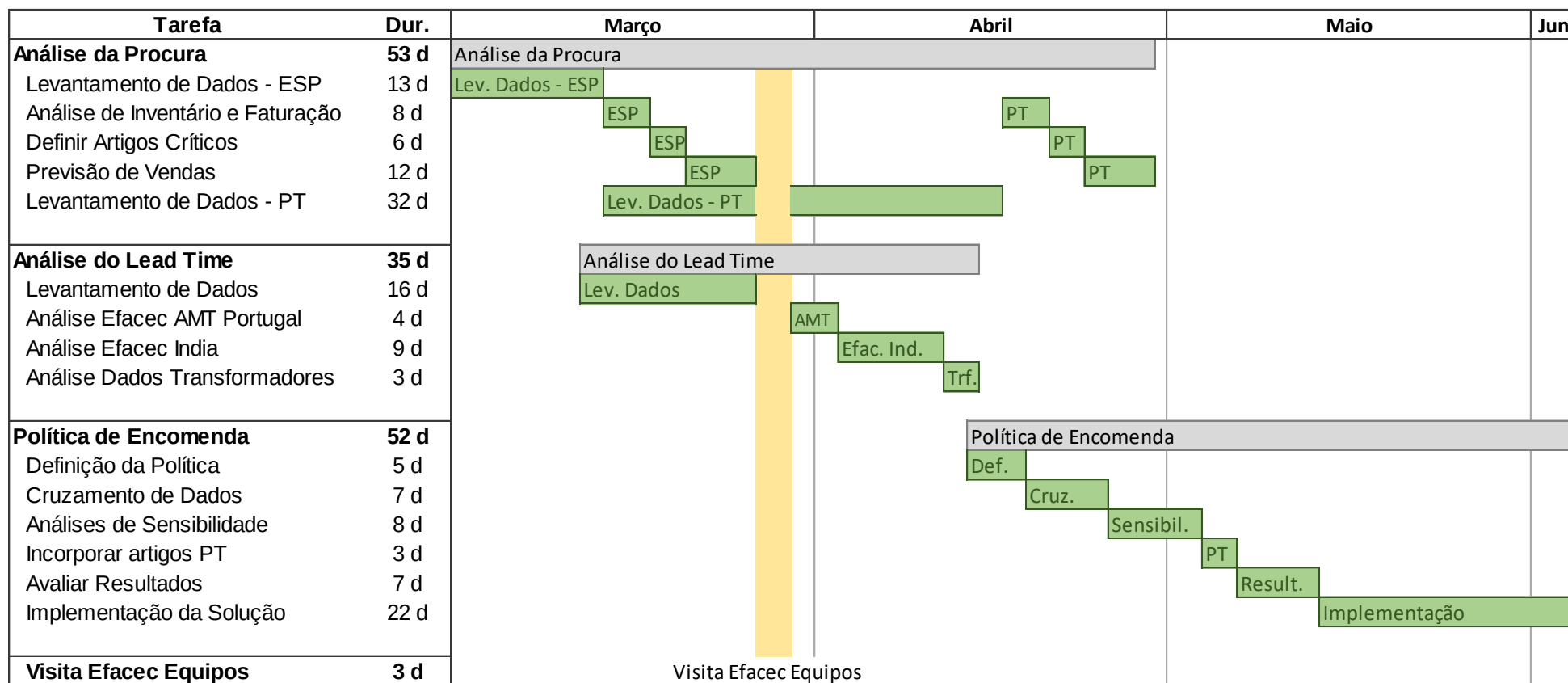


Figura 2 - Diagrama de Gantt. Representação cronológica das várias fases do projeto.

2 Enquadramento Teórico

Neste capítulo serão abordados temas e conceitos relacionados com o estudo realizado. Na secção 2.1, serão analisados os métodos de previsão aplicados no capítulo **Error! Reference source not found.**, enquanto que na secção 2.2 será abordado o método de revisão periódica adotado e explicitado no capítulo 4.2.

2.1 Métodos de Previsão

Os métodos de previsão estatísticos são uma das ferramentas mais utilizadas pela indústria e que, quando devidamente aplicados, permitem obter benefícios bastante positivos ao nível da tomada de decisão. Os métodos de amortecimento exponencial, em particular, têm a característica peculiar de adaptar os seus parâmetros de acordo com a sua *performance*, de modo a minimizar o erro, utilizando os dados históricos, não só como *input*, mas também como período de teste.

2.1.1 Amortecimento Exponencial Simples

O primeiro método – Amortecimento Exponencial Simples (AES) - consiste na forma mais básica de amortecimento exponencial, tipicamente utilizado em séries temporais localmente estacionárias (Adl and Brown 1956). Este modelo, apesar da sua simplicidade, revela-se particularmente útil nos casos em que existe escassez de informação, variações irregulares e não é possível identificar tendência e/ou sazonalidade nos dados.

O cálculo resulta da Equação (1), sendo que o modelo pode ser mais ou menos reativo às variações da procura, dependendo do valor da taxa de amortecimento (TA). Este parâmetro é otimizado com o intuito de minimizar a soma dos erros quadráticos, penalizando exponencialmente os erros de maior magnitude, que acarretam consigo maior risco de rotura de *stock*.

Caso se pretenda fazer previsões para mais do que um período, estas devem ser feitas separadamente, ou seja, no caso de dados agregados mensalmente, a previsão a dois meses pode ter uma TA diferente da previsão da mesma série a três meses. Aliás é inclusive possível que, para desfasamentos diferentes, o modelo de previsão ideal seja diferente. O desvio-padrão dos erros (utilizado no cálculo dos intervalos de confiança) de cada método será, por consequência, também diferente.

$$\hat{Z}_t(k) = \alpha \cdot Z_t + (1 - \alpha) \cdot \hat{Z}_{t-1}(k) \quad (1)$$

Onde:

Z_t → procura real registada no período t ;

α → taxa de amortecimento.

t → período atual

k → antecedência da previsão

$\hat{Z}_t(k)$ → previsão gerada no período t para o período $t+k$;

$\hat{Z}_{t-1}(k)$ → previsão gerada no período $t-1$ para o período $(t-1)+k$;

2.1.2 Modelo Adaptativo de Trigg & Leach

Este modelo, proposto por (Trigg and Leach 1967), consiste na adaptação do AES para lidar com séries estacionárias com mudanças bruscas de nível. Com este método, a taxa de amortecimento varia com o tempo, sendo mais baixa nos períodos em que a série temporal se mantém estável e mais elevada no período imediatamente a seguir a uma grande subida/descida – Equação **Error! Reference source not found.** A TA é calculada através do valor absoluto do *tracking signal*, uma variável que acompanha a evolução dos erros da previsão e identifica

a existência de uma tendência para erros sistematicamente positivos (ou negativos) nos períodos recentes, provocados por uma alteração abrupta do nível da série.

Nas Equações (2) a (6), encontram-se os passos que levam ao cálculo do *tracking signal*, utilizado no modelo de amortecimento exponencial adaptativo (Trigg and Leach 1967).

$$e_t = Z_t - \hat{Z}_{t-1} \quad (2)$$

$$EA_t = \beta \cdot e_t + (1 - \beta) \cdot EA_{t-1} \quad (3)$$

$$EAA_t = \beta \cdot |e_t| + (1 - \beta) \cdot EAA_{t-1} \quad (4)$$

$$TS_t = \frac{EA_t}{EAA_t} \quad (5)$$

$$\alpha_t = |TS_t| \quad (6)$$

$$\hat{Z}_t(k) = \alpha_t \cdot Z_t + (1 - \alpha_t) \cdot \hat{Z}_{t-1}(k) \quad (1)$$

Onde:

- $\alpha_t \rightarrow$ taxa de amortecimento no período t
- $e_t \rightarrow$ erro da previsão (diferença entre a previsão e a procura real) no período t ;
- $EA_t \rightarrow$ erro amortecido no período t ;
- $EAA_t \rightarrow$ erro amortecido absoluto no período t ;
- $\beta \rightarrow$ taxa de amortecimento do erro absoluto;
- $\alpha_t \rightarrow$ taxa de amortecimento em t .
- $\hat{Z}_t \rightarrow$ previsão gerada no período t ;
- $\hat{Z}_{t-1}(k) \rightarrow$ previsão gerada no período $t-1$
- $TS_t \rightarrow$ *Tracking Signal* em t

2.1.3 Indicadores

Nesta secção, serão abordados os indicadores e testes paramétricos mais frequentemente utilizados para validar e comparar métodos de previsão.

Em primeiro lugar, para ser estatisticamente válido, a previsão tem de passar no teste ao valor esperado dos erros. Se a média dos erros for estatisticamente superior ou inferior a zero, está comprovada a existência de *bias*, ou seja, os erros são sistemáticos e é possível, não só colmatá-los, como muito provavelmente encontrar um método de previsão mais adequado ao caso em estudo (Jacobs *et al*, 2011).

Outra questão que deve ser analisada é o teste à correlação de erros consecutivos. Se o coeficiente de correlação for significativamente diferente de zero, é possível estabelecer uma relação entre erros consecutivos, logo, se é possível prever o erro da previsão para o próximo período com base no momento atual, também é verosímil a existência de bases para elaborar um método de previsão mais preciso.

Porém, mesmos as previsões que não apresentam erros consecutivos correlacionados e/ou sistemáticos revelam-se, por vezes, desprovidas de valor acrescentado. A estatística de U proposta por Theil compara a previsão com o método *naive*, que consiste, por exemplo, em assumir que a procura futura é igual à do último período registado ou, na existência de sazonalidade, igual ao período homólogo do ciclo sazonal anterior. Este indicador assume o valor de zero quando a previsão é perfeita e valores superiores à unidade quando o modelo apresenta resultados piores que o método *naive*.

Partindo do princípio que ambos os modelos passam nos testes, o principal critério de comparação é o erro quadrático médio.

Por último, a previsão deve também ser complementado com a identificação e análise de *outliers*. Há muitos fatores que podem causar a existência de valores extremos, desde picos súbitos na procura, encomendas de grande volume concentradas num único mês, ou, em casos raros, até mesmo erros no registo. Foram utilizados intervalos de confiança bilaterais a 90% para encontrar *outliers*, sendo estes, quando devidamente explicados por fatores externos, substituídos pelo limite superior (ou inferior) do intervalo e o modelo recalculado.

2.1.4 Procura Antecipada

Quando se realizam previsões em ambientes, para as quais são conhecidos por antecipação fatores que influenciam diretamente a variável em análise (ex.: encomendas antecipadas na previsão de vendas), é possível tirar partido dessa informação.

O modelo proposto por (Abuizam and Thomopoulos 2011) faz uso do conhecimento prévio da procura para ajustar a previsão estatística através da aplicação do conceito de probabilidade condicionada. Segue-se uma breve síntese teórica do modelo. Por questões de simplificação, foram omitidos alguns passos e adaptados alguns pressupostos, de forma a que o modelo se adequasse ao caso concreto do objeto de estudo desta dissertação.

Tomando como:

$X_t \rightarrow$ procura (desconhecida) para o período t

$\hat{X}_t \rightarrow$ previsão para o período t

$X_{at} \rightarrow$ procura conhecida, antecipadamente, para o período t

$\theta \rightarrow$ probabilidade de uma ordem, para o período t , ser conhecida antecipadamente

$\hat{n}_t \rightarrow$ previsão ajustado para o período t

$\sigma_x \rightarrow$ desvio-padrão dos erros da previsão

A variável X_t pode ser aproximada pela distribuição normal com valor esperado $\hat{X}_t$ e desvio-padrão σ_x para valores de $\hat{X}_t$ iguais ou superiores a 10 (para valores inferiores, os autores sugerem a distribuição de Poisson – Eq. (7) e (8)). Em ambos os casos, convém realçar que a distribuição está truncada com limite inferior em X_{at} , uma vez que se assume que, uma vez adquiridas, as encomendas não são perdidas – Eq. (9)

$$X_t \sim \text{Poisson}(\lambda = \hat{X}_t) \quad , \quad \hat{X}_t < 10 \quad (7)$$

$$X_t \sim N(\mu = \hat{X}_t, \sigma = \sigma_x) \quad , \quad \hat{X}_t \geq 10 \quad (8)$$

$$\hat{X}_t = \sum_j^N X_j \cdot P(X_j) : \sum P(X_j) = 1 \quad X_j \geq X_{at} \quad (9)$$

A distribuição da procura conhecida antecipadamente X_{at} pode ser aproximada pela distribuição binomial com o número de ensaios igual à procura total X_t e a probabilidade de sucesso igual a θ – Eq. (9). Relativamente à probabilidade θ , Abuizam e Thomopoulos não especificam nenhum estimador específico. Neste caso concreto, tendo em conta a carência de informação, optou-se por simplificar e utilizar a média do quociente entre a procura conhecida e a procura efetiva nos períodos anteriores – Eq. (11). Deste modo, de acordo com o teorema de Bayes, a probabilidade da procura X_t assumir um determinado valor X_j é dada pela expressão da probabilidade condicionada do valor de X_t , sabendo a procura antecipada X_{at} – Eq. (12) – onde $P(X_j)$ e $P(X_{at} | X_j)$ são dados, respetivamente, pela distribuição de probabilidades de X_t – Eq. (7) e (8) – e de X_{at} , sabendo o valor de X_t (Binomial – Eq. (9)). O valor de $P(X_{at})$ é dado

pela Eq. (13). O nova previsão ajustado $\hat{n}_t$, que corresponde ao valor esperado de X_t , sabendo X_{at} é dado pela Eq. (14).

$$X_{at} \sim B(n = X_t, p = \theta) \quad , \quad \hat{X}_t \geq 10 \quad (10)$$

$$\hat{\theta} = \frac{\sum_t^N X_{at} / X_t}{N} \quad (11)$$

$$P(X_t = X_j | X_{at}) = \frac{P(X_{at} | X_t = X_j) \cdot P(X_t = X_j)}{P(X_{at})} \quad (12)$$

$$P(X_{at}) = \sum_j P(X_{at} | X_t = X_j) \cdot P(X_t = X_j) \quad (13)$$

$$\hat{n}_t = E(X_t | X_{at}) = \sum_j X_j \cdot P(X_j | X_{at}) \quad (14)$$

2.2 Master Production Schedule

Neste capítulo, será feita uma breve descrição teórica do modelo de gestão de inventário aplicado ao caso em estudo, no capítulo 4.2.

2.2.1 Revisão Periódica

O método de revisão periódica, representado graficamente na Figura 3, consiste em fazer encomendas espaçadas no tempo, com intervalos fixos. O período de risco de rotura depende, não só do tempo entre encomendas, como também do *lead time* de fornecimento do artigo em questão – Eq (1). O *stock de segurança* permite colmatar a variabilidade durante o período de revisão.

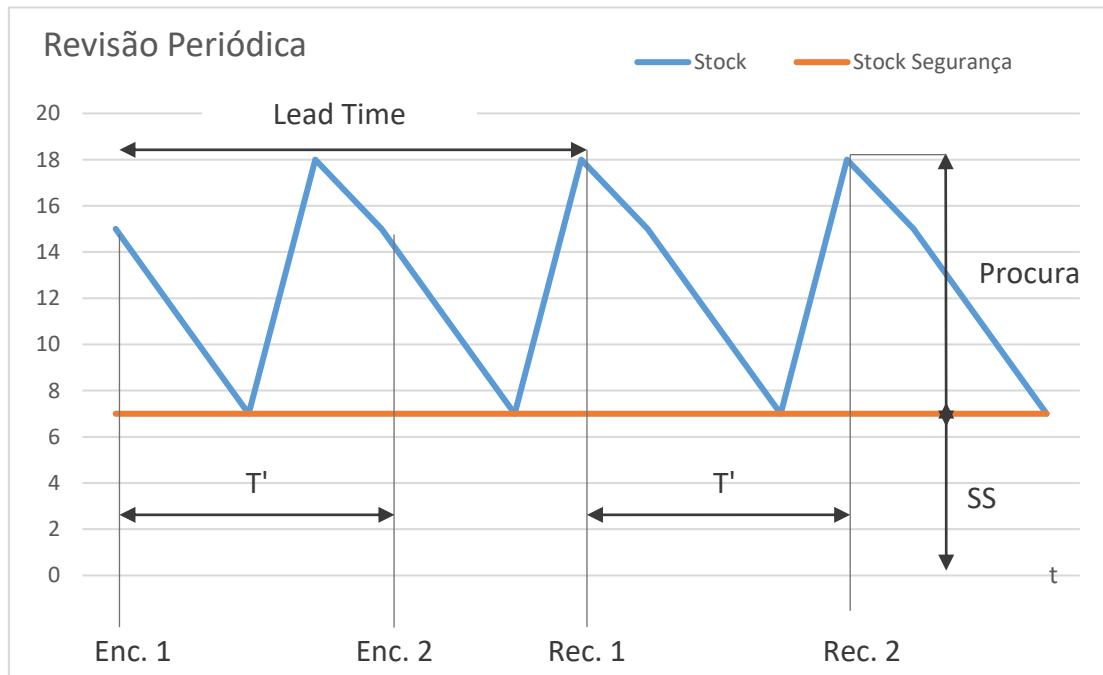


Figura 3 – Representação gráfica da política de revisão periódica.

Ao realizar uma encomenda no período i , pretende-se que esta tenha o volume suficiente X_i para que o *stock* durante o tempo de revisão nunca chegue a zero, sendo o período crítico $(i+T)$ aquele que precede a chegada da encomenda seguinte. O *stock* no período $i+T$ depende do *stock*

atual, da quantidade encomendada X_i , das unidades que se prevê rececionar (devido a encomendas anteriores) e da procura durante o tempo de revisão - Eq (2). Os valores de S_i e R_j são conhecidos (assumindo que as encomendas não se atrasam) ao passo que X_i é uma variável de decisão, colocando a incerteza quanto ao valor de S_{i+T} apenas dependente da variação da procura – Eq (3).

O valor da procura, estimado pelos métodos de previsão analisados no capítulo anterior, pode ser aproximado por uma distribuição normal, com valor esperado igual à previsão para cada período e desvio-padrão correspondente ao desvio-padrão dos erros da previsão para o artigo em questão - Eq (4).

Considere-se um caso em que, na elaboração da previsão, a procura foi agregada mensalmente e, no planeamento da produção, se utilizou um *time bucket* semanal, estando, por questões de simplificação, cada mês dividido em quatro períodos, sendo a procura distribuída igualmente por cada um deles. O desvio-padrão da previsão semanal pode ser estimado a partir do desvio-padrão da previsão mensal, através da aproximação estatística existente entre a variância da soma de variáveis que seguem a mesma distribuição¹ - Eq. (5) a (7).

$$T = LT + T' \quad (2)$$

$$S_{i+T} = S_i + X_i + \sum_{j=i+1}^T R_j - \sum_{j=i+1}^T D_j \quad (3)$$

$$Var(S_{i+T}) = Var\left(\sum_{j=i+1}^T D_j\right) \quad (4)$$

$$D_j \sim N(f_j, \sigma_j) \quad (5)$$

Onde:

LT : *Lead Time* de fornecimento

T' : Tempo entre encomendas

T : Tempo de revisão

X_i : Unidades encomendadas no final do período i

S_i : Unidades em stock no final do período i

SS_i : Stock de segurança no final do período i

R_i : Unidades rececionadas no início período i

D_i : Procura durante o período i

σ_j : Desvio-Padrão dos erros da previsão para o período j

f_i : *Previsão* para o período i

Deste modo, partindo do mesmo pressuposto, é possível estimar os parâmetros da distribuição da procura entre os períodos i e $i+T$ – Eq. (8) e (9).

O valor esperado é dado pelo somatório da previsão para cada período entre i e $i+T$ e o desvio-padrão é dado pela raiz quadrada da soma das variâncias – Eq. (10). Uma vez que $D_{(i.T)}$ é o único parâmetro variável na expressão do cálculo do valor de S_{i+T} – Eq (2) e (3) – é verosímil

1

$Var(A) = \sum Var(a_i)^2 \quad : \quad A = \sum a_i$

assumir que S_{i+T} segue uma distribuição idêntica a $D_{(i,T)}$, com o mesmo desvio-padrão e valor esperado igual ao stock de segurança – Eq (11) e Gráfico 1. O stock de segurança vai permitir assegurar, com um nível de confiança α , que o stock não vai entrar em rotura ($S_{i+T} < 0$).

Deste modo, por forma a prevenir roturas de stock ($S_{i+T} < 0$) com um nível de serviço α , o valor do stock de segurança deve corresponder ao valor esperado da distribuição normal, para a qual, $P(X < 0) = \alpha$ (Gráfico 1), podendo ser estimado pelo produto do desvio-padrão pelo respetivo valor crítico de α na distribuição normal padronizada – Eq (12).

$$Var(F_j) = 4 \cdot Var(f_j)^2 \quad : \quad f_j = \frac{1}{4} F_j \quad (6)$$

$$Var(f_j) = \frac{Var(F_j)}{4} \quad (7)$$

$$\sigma_j = \sqrt{Var(f_j)} \quad (8)$$

$$D_{(i,T)} = \sum_{j=i}^T D_j \quad (9)$$

$$D_{(i,T)} \sim N(\mu_{iT}, \sigma_{iT}) \quad (10)$$

$$\mu_{iT} = \sum_{j=i}^T f_j \quad , \quad \sigma_{iT} = \sqrt{\sum_{j=i}^T Var(f_j)} \quad (11)$$

$$S_{i+T} \sim N(SS_{i+T}, \sigma_{iT}) \quad (12)$$

$$SS_{i+t} = |z(\alpha)| \cdot \sigma_{iT} \quad (13)$$

Onde:

F_j : Previsão para o mês que inclui a semana j

$D_{(i,T)}$: Somatório da procura para todos períodos entre i e T

$F_{(i,T)}$: Somatório da previsão para todos os períodos entre i e T

X_i : Unidades encomendadas no final do período i

Existe, no entanto, mais uma variável a ter em conta. No raciocínio anterior, assumiu-se por questões de simplificação, que as encomendas não se atrasavam e, por consequência, que a procura era o único parâmetro desconhecido na equação (2). No entanto, o *lead time* por vezes é bastante incerto, pelo que o somatório das unidades rececionadas $\sum_{j=i+1}^T R_j$ não apresenta um valor fixo. Por consequência, é necessário acrescentar à Eq. (3) uma nova variável, associada à variância das unidades rececionadas – Eq. (13).

Por forma a colmatar possíveis variações no *lead time* que atrasem a chegada da encomenda seguinte (prevista para o início do período $i+T+1$) em A períodos, adiciona-se à variância de S_{i+T} uma nova componente, resultante do produto entre a variância do *lead time* e a procura média nos períodos $i+T+1$ a $i+T+A$ estimada pelo respetiva previsão - Eq. (14). O valor de A depende do limite superior admitido para o *lead time* (que pode ser estimado pelo desvio-padrão). Deste modo, a distribuição de S_{i+T} terá um novo desvio-padrão σ'_{iT} dado pela raiz quadrada da variância – Eq (15) – que deverá substituir, no cálculo do stock de segurança, o valor de σ_{iT} – Eq (16).

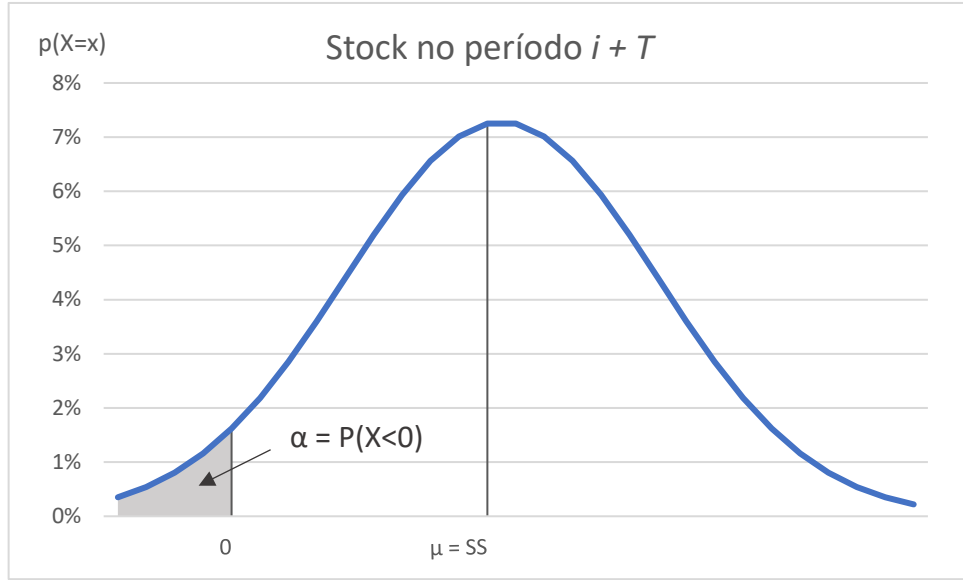


Gráfico 1 – Distribuição de probabilidades do stock no período $i+T$, segundo uma distribuição normal.

$$Var(S_{i+T}) = Var\left(\sum_{j=i+1}^T D_j\right) + Var\left(\sum_{j=i+1}^T R_j\right) \quad (14)$$

$$Var(S_{i+T}) = Var\left(\sum_{j=i+1}^T D_j\right) + \sigma_{LT}^2 \cdot \sum_{j=i+T+1}^A \frac{f_j}{A} \quad (15)$$

$$S_{i+T} \sim N(SS_{i+T}, \sigma'_{iT}) \quad : \quad \sigma'_{iT} = \sqrt{Var(S_{i+T})} \quad (16)$$

$$SS_{i+t} = |z(\alpha)| \cdot \sigma'_{iT} \quad (17)$$

3 Exposição do Problema

Neste capítulo, é feita a exposição da situação atual da unidade industrial em estudo – Efacec Equipos – no que diz respeito ao inventário dos principais componentes do produto final – Celas e Transformadores. Posteriormente, serão analisados com mais detalhe os fatores causadores do problema, nomeadamente a variabilidade na procura e o lead time dos fornecedores.

A irregularidade da procura e imprevisibilidade do *lead time* adquirem papel de destaque como as principais causas de níveis de stock ligeiramente sobredimensionados para o volume de vendas atual.

3.1 Levantamento de Dados

Antes de avançar para a análise concreta dos dados, é relevante fazer uma breve síntese do processo de recolha de informação que a antecedeu, tendo em conta que este absorveu mais de 50% do tempo despendido no projeto. Por outro lado, para uma correta interpretação dos pressupostos assumidos e ilações retiradas a partir da informação presente nas restantes secções deste capítulo, é indispensável para o leitor ter uma ideia prévia da complexidade e limitações do procedimento de recolha de dados e tratamento dos mesmos.

A informação foi proveniente de três fontes: os ERP da Efacec Equipos, Efacec SWG Portugal (AMT) e Efacec Índia (EI). A principal limitação consistiu na inexistência, salvo raras exceções, de registos anteriores a janeiro de 2016, devido ao facto de o sistema de informação ter sido implementado muito recentemente nas unidades de Espanha e da Índia. Uma vez que o projeto de dissertação terminou na primeira semana de junho de 2017, a análise ficou restringida a um horizonte temporal de dezassete meses. Tendo em conta que, devido à natureza da informação, os dados foram agregados mensalmente, dezassete meses é manifestamente pouco, estando longe de representar uma amostra significativa.

Os dados relativos ao inventário, presentes na secção 3.2, dizem respeito apenas à Efacec Equipos. Na secção 3.3, os dados relativos às vendas também dizem respeito à EE, com exceção dos artigos vendidos para Portugal, pois, até setembro de 2016, a produção e expedição de parte dos Postos de Transformação (PTs) destinados ao mercado português eram feitas pelo AMT. Apenas a partir de outubro do mesmo ano, todas as encomendas de Postos de Transformação passaram a ser absorvidas, em exclusivo, pela unidade espanhola. Deste modo, na análise da procura, presente na secção 3.3.1, foram agregados os registos de ambas as unidades.

A agregação trazia, à partida, grandes vantagens, pois em Portugal existem dados desde 2014, o que permitiria alargar significativamente o espaço temporal da análise. Porém, o comportamento da procura no mercado português de PTs modificou-se significativamente entre 2014 e 2016, tornando os dados anteriores a janeiro de 2016 pouco relevantes, com exceção de alguns artigos cuja procura não foi significativamente afetada.

Por outro lado, o processo de agregação foi complexo e exaustivo, sendo que, em grande parte das celas, não existia compatibilidade de referências, ou seja, os artigos eram registados com códigos diferentes em cada unidade, não havendo inclusive correspondências mutuamente exclusivas. Para contornar esta situação, em março de 2017 foram criadas referências *standard*, comuns às duas unidades, de forma a uniformizar processos. No caso dos transformadores, subsistiu o mesmo problema, mas com duas agravantes. Em primeiro lugar, várias referências do AMT mudaram entre 2015 e 2017, passando, também na ótica de simplificação de registos, para códigos numéricos *standard* – processo de transição que ainda está em curso. No entanto, na EE ainda persistem os códigos alfanuméricos, que nem sequer correspondem aos antigos códigos do AMT. Em segundo lugar, vários transformadores foram, nos últimos três anos, substituídos por modelos novos com um *design* mais ecológico, não havendo no entanto correspondência direta com os modelos antigos em grande parte dos casos.

Na secção 3.4, vários artigos são analisados ao nível das roturas de stock, embora não existam dados relativos a atrasos de encomendas ou ordens de produção do produto final, causadas explicitamente pela inexistência dos respetivos componentes em inventário. Por conseguinte, admitiu-se que um artigo esteve em rotura sempre que o seu stock físico baixou a zero, mesmo que não tenham existido necessidades durante esse período (informação que não se encontra disponível). Por outro lado, tendo em conta o registo desfavorável da EE neste capítulo, é expectável que, seguindo esta metodologia, diversas roturas tenham sido omitidas, nomeadamente nos casos em que o artigo, apesar de ter stock físico não nulo, estivesse associado a várias ordens de produção paradas devido a roturas de outros componentes. No entanto, apenas foi possível fazer este exercício para o mercado espanhol, uma vez que os dados foram obtidos pela análise de movimentos de stock, artigo a artigo, o que no caso de Portugal, devido à entropia gerada pelas recentes alterações nos registos mencionadas anteriormente, se revelou inviável.

Por último, é de relevo mencionar que, embora os dados das vendas expostos na secção 3.3 tenham sido obtidos através da análise da faturação da EE e AMT, os valores monetários não correspondem ao valor cobrado ao cliente, mas sim ao custo material dos consumos de stock associados a cada venda. Porém, os dados relativos ao inventário presentes nas secções 3.2 e 3.4, não resultam da análise de faturas, mas sim de movimentos de stock, podendo existir alguma disparidade (pouco significativa) entre o valor dos consumos em ambos os casos, pois, apesar de quase nunca existir stock de produto acabado (os Postos de Transformação são quase sempre expedidos no mesmo dia em que são produzidos), a data de faturação é, por vezes, posterior à data de expedição.

3.2 Inventário

Tal como referido no capítulo 1.2, o principal problema atual da Efacec Equipos prende-se com dificuldades ao nível do fundo de maneo, resultantes do elevado valor de artigos em stock. Na Tabela 1, encontra-se um pequeno quadro-resumo do inventário e consumos de componentes e matérias-primas na unidade, no qual, é possível verificar que as existências totais em stock cobrem, em média, mais do dobro dos consumos do mês seguinte.

Tabela 1 – Valor médio, entre janeiro de 2016 e maio de 2017, do consumo mensal de componentes e matérias-primas na Efacec Equipos e respetivo inventário no primeiro dia de cada mês. Valores em milhares de euros.

Família de Artigos	Inventário ²	Consumos ³	Tax de Cob ⁴ .
Celas	667	242	2.8
Transform.	488	239	2.0
PBTs	151	97	1.6
Outros	627	152	-
TOTAL	1 931	730	2.6

Analisando a evolução dos stocks, período a período (Gráfico 2), verifica-se ainda a persistência de valores da taxa de cobertura superiores a 2.0 ao longo de todos os meses de 2016 e 2017, com exceção de janeiro, fevereiro e abril do ano transato (Tabela 25 do Anexo A e Gráfico 17 do Anexo B), períodos em que os consumos foram inflacionados por vendas de elevado

² Média do valor em stock no primeiro dia de cada mês, entre janeiro de 2016 e maio de 2017.

³ Consumo médio mensal entre janeiro de 2016 e maio de 2017.

⁴ Calculada através do quociente entre o stock inicial e os consumos em cada mês. Os valores apresentados correspondem à média das taxas de cobertura de cada mês entre janeiro de 2016 e maio de 2017.

montante de postos de transformação específicos para a *Efacec Engenharia e Sistemas* (Anexo C - Tabela 28). Tratando-se de um cliente pertencente ao Grupo Efacec, e devido à natureza esporádica da encomenda e especificidade do produto, as respectivas celas e transformadores estiveram pouco tempo em armazém, tendo pouco impacto no stock, mas muito impacto nos consumos, deflacionando a taxa de cobertura nesses períodos. Com o objetivo de inverter esta situação, a estratégia da Efacec passa por, numa primeira fase, diminuir o stock de celas e transformadores, que representam, em média, 60% das existências e que serão o foco exclusivo deste estudo.

No caso das celas, é possível ainda desagregar a informação pelos quatro tipos de produto (Tabela 2) e verificar que os artigos Fluofix englobam 86% do stock total de celas, devido ao elevado custo unitário e taxas de cobertura das mesmas – o mesmo se sucede com os Transformadores. Por outro lado, as referências do tipo Normafix 24, tratando-se de um produto mais barato, apesar de serem consumidas em maior quantidade (mas em menor valor) têm um impacto menos significativo no montante em inventário. As celas Normafix 36 apresentam consumos e stocks desprezáveis e não serão alvo de análise.

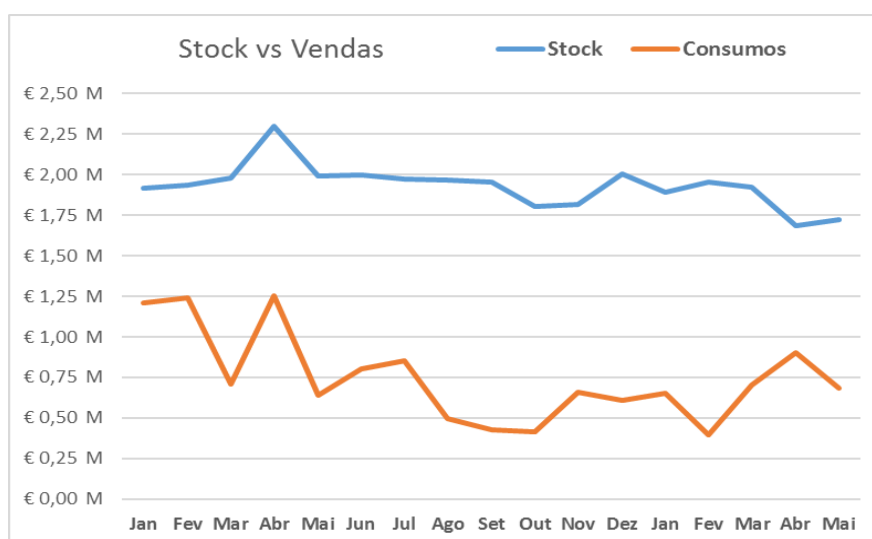


Gráfico 2 - Evolução dos consumos mensais de matérias-primas e componentes na Efacec Equipos e respetivo inventário no início de cada mês.

Tabela 2 - Inventário, consumos, taxas de cobertura e custo unitário médio de celas e transformadores.

Família de Artigos		Nº Ref.	Custo Unit ⁵	Inventário ⁶	Consumos ⁷	Tax. de Cob
Celas	Fluofix 24	44	3 464 €	247 751 €	57 076 €	5.0
	Fluofix 36	44	4 155 €	327 545 €	123 549 €	3.8
	Normafix 24	41	1 240 €	86 123 €	53 600 €	1.8
	Normafix 36	10	1 492 €	4 689 €	7 716 €	-
Transformadores		156	5 232 €	487 737 €	239 455 €	2.0

⁵ Média do custo unitário de cada referência. Montante em euros.

⁶ Média do montante em inventário, no primeiro dia de cada mês, entre janeiro de 2016 e maio de 2017.

⁷ Consumo médio mensal entre janeiro de 2016 e maio de 2017.

3.2.1 Artigos Obsoletos

As elevadas taxas de cobertura devem-se principalmente ao elevado tempo que grande parte dos produtos fica parado em armazém. Os dados da Tabela 3, referentes ao final de Maio de 2017, mostram que dos 1,644 milhares de euros em stock, cerca de 284 (17%) se encontra armazenado, sem ser consumido e sem movimentos futuros planeados, há pelo menos seis meses. Esta situação é consequência de fatores como encomendas em atraso por incumprimento do cliente, artigos que, entretanto, foram substituídos por novos modelos e se tornaram obsoletos, ou simplesmente devido a uma gestão ineficiente. Este problema afeta especialmente os transformadores, cujo stock parado há seis meses ascende aos 158 milhares de euros (36% do total), dos quais, pelo menos 73 mil (17%) se podem assumir como obsoletos, pois estão parados em armazém há mais de um ano. No Anexo H, é possível consultar os indicadores presentes na Tabela 3 em maior detalhe, discriminados por tipo de cela e por número de meses em armazém.

Tabela 3 - Artigos sem movimentos planeados e parados em armazém, na Efacec Equipos, há pelo menos seis e doze meses, à data de 31 de Maio de 2017.

Tempo em stock	12 Meses			6 Meses			Stock Total		
Família de Artigos	Nº Ref	Q	Valor ⁸	Nº Ref	Q	Valor	Nº Ref	Q	Valor
Celas	2	3	19	7	8	44	59	210	459
TRAFOS	11	12	73	25	34	158	61	85	438
Outros	-	-	9	-	-	82	-	-	748
TOTAL	-	-	102	-	-	284	-	-	1 644

3.3 Procura

Por forma a diminuir as taxas de cobertura e evitar que o número de artigos obsoletos em inventário aumente, pretende-se adotar novas políticas de gestão de stock de celas e transformadores. A estratégia passa por categorizá-los em artigos *standard* ou *não standard*. Os últimos consistem em celas/transformadores com requisitos muito específicos, procura reduzida (por vezes fabricados apenas para uma única encomenda) e que, devido à sua complexidade, são normalmente encomendados com prazos de entrega relativamente longos. Nestes casos, será adotada uma política *make-to-order*. Pelo contrário, os artigos *standard* serão aqueles com maior volume e frequência de encomendas, com prazos de entrega curtos, por vezes, inferiores a uma semana. Pretende-se, portanto, que sejam alvo de uma gestão do tipo *make-to-stock*. Uma vez que, tanto as celas como os transformadores não são produzidos na EE, mas sim adquiridos externamente, o seu aprovisionamento será dimensionado com base na previsão da procura.

Isto não significa, porém, que vá passar a existir efetivamente stock do produto final, pois cada Posto de Transformação é um artigo único, com dimensões, componentes e configuração elétrica singulares e específicas de cada encomenda. Simplesmente vão estar em armazém todos os componentes necessários para a sua montagem, nomeadamente as celas e transformadores (que constituem 60% do valor material do produto - Tabela 24 do Anexo A) mais procurados. O *assemble* final demora, em média, dois dias (podendo, se necessário, ser inferior a um dia), o que representa uma fração pouco significativa do prazo de entrega ao cliente, cuja distribuição pode ser consultada na Tabela 34 e Gráfico 21 do Anexo I.

A análise do histórico da procura neste capítulo não terá como foco prever a futura evolução da mesma (esse assunto será posteriormente dissecado na secção **Error! Reference source not**

⁸ Milhares de euros.

found.). O objetivo consiste em classificar criteriosamente cada artigo como *standard* ou *não standard*, tendo como base o (curto) histórico da sua procura. Convém, contudo, alertar para a escassez de dados resultante dos fatores mencionados anteriormente no capítulo 3.1. Esta condicionante, em muitos casos, restringiu a análise a amostras com grau de significância reduzido, sendo que (como se vai observar de seguida), na categorização de vários artigos, houve fatores externos relativamente subjetivos que tiveram um peso maior do que os registos concretos. Este último ponto não deve ser interpretado como uma total descredibilização dos dados históricos, aliás, seria extremamente imprudente ignorá-los. Todavia, é importante compreender que estes foram usados meramente como auxílio para a tomada de decisão, na qual foi tido em conta, não só a sua relevância, como também as suas limitações.

“If we have data, let’s look at data. If all we have are opinions, let’s go with mine.”

(Jim Barksdale, antigo CEO da Netscape)

Analisando a distribuição geográfica do destino das vendas de PTs - Tabela 4 - percebe-se que, embora a Efaced Equipos exporte para onze países diferentes, a procura está essencialmente concentrada em Portugal e Espanha, que englobam 88% do montante total. Deste modo, não foram tidas em consideração exportações para fora da Península Ibérica, uma vez que se tratam de encomendas isoladas de produtos específicos para cada país, que não se enquadram no conceito de artigo *standard* definido previamente. Pelos mesmos motivos, foram também excluídas vendas a parceiros do Grupo Efaced. Os mercados Português e Espanhol, por sua vez, foram analisados separadamente, pois cada país, devido aos requisitos da rede de distribuição elétrica, tem referências próprias. A análise foi também subdividida em celas e transformadores.

Tabela 4 - Custo das vendas de Postos de Transformação realizadas pela EE e pelo AMT agrupados por trimestre e país de destino, entre janeiro de 2016 e abril de 2017. Não estão incluídas vendas a parceiros internos.

Destino	2016				2017		TOTAL ⁹	Perc.	Clientes	Ordens de Venda
	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2 ¹⁰				
Espanha	1 327	1 179	1 520	1 053	1 032	322	6 433	60%	128	427
Portugal	361	452	213	387	1 429	148	2 989	28%	108	175
Reino Unido	61	171	60	2	189	5	489	5%	7	35
Namíbia	0	0	0	0	0	342	342	3%	1	5
Países Baixos	0	0	0	170	98	0	268	2%	1	3
Itália	0	177	69	0	0	0	246	2%	2	13
Outros ¹¹	2	0	0	8	9	0	19	0%	5	12
Grand Total	1 751	1 978	1 863	1 620	2 758	818	10 787	100%	252	670

3.3.1 Procura - Mercado Espanhol

Entre janeiro de 2016 e abril de 2017 (à data não estavam ainda disponíveis os dados relativos à faturação de maio) foram vendidos, em Postos de Transformação para Espanha, cerca de mil celas e duzentos e setenta transformadores - Tabela 5.

Em relação às celas, cerca de 50% do total de unidades comercializadas foram do tipo Normafix 24. Porém, os artigos Fluofix 24 e Fluofix 36 englobam quase 70% do montante vendido, devido ao seu maior custo unitário. Fazendo uma análise ABC, tendo como critério o número de unidades vendidas, verifica-se que a procura segue a regra 80-20, pois 79% das vendas

⁹ Valores em milhares de euros.

¹⁰ Os dados relativos ao 2º trimestre de 2017 correspondem apenas ao mês de abril.

¹¹ Vendas para México, França, Equador, Ilhas Canárias e Barbados.

referem-se a apenas 21% dos artigos - Tabela 6 e Gráfico 3. Considerou-se como artigo *standard* todas as referências *A*, com exceção da cela 33410266-01, pois embora tenham sido vendidas 26 unidades, tal deveu-se a encomendas isoladas, referentes a apenas dois clientes (como sugere a distribuição temporal das mesmas - Gráfico 19 do Anexo D), não sendo expectável que esta seja comercializada no futuro em quantidades significativas. Em relação às referências *B*, apenas foram selecionadas as celas com procura média mensal superior a uma unidade.

As restantes celas foram categorizadas como *não standard* e serão geridas segundo uma metodologia *make-to-order* – na ausência de encomendas por parte do cliente, o seu stock será nulo. Foram, no entanto, identificadas sete referências *B* e três referências *C não standard*, para as quais, por motivos comerciais, se definiu stock de segurança de uma ou duas unidades - Tabela 30 do Anexo D. Os stocks de segurança dos artigos *standard* e todos os detalhes associados à nova política de encomenda serão posteriormente analisados no capítulo 4.2.

Tabela 5 – Celas e transformadores vendidos com destino a Espanha entre janeiro de 2016 e abril de 2017, agrupados por trimestre, e o respetivo montante em milhares de euros.

Ano	2016				2017		TOTAL	Montante	Nº Ref.	Média¹²
Trimestre	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2				
Fluofix 24	26	39	29	34	25	9	162	€ 445 k	22	7.4
Fluofix 36	42	53	62	64	61	19	301	€ 1 247 k	32	9.4
Normafix 24	69	116	135	84	80	29	513	€ 579 k	14	36.6
Normafix 36	5	4	10	0	2	0	21	€ 64 k	5	4.2
Celas	142	212	236	182	168	57	997	€ 2 355 k	73	13.7
TRAFOS	53	52	63	37	51	13	269	€ 4 113 k	102	2.6

Tabela 6 - Análise ABC das celas vendidas com destino a Espanha entre janeiro de 2016 e abril de 2017.

Tipo	Nº Ref.	Cum %	Q	Cum %
A	15	21%	788	79%
B	21	49%	156	95%
C	37	100%	53	100%
TOTAL	73	-	997	-

¹² Rácio: TOTAL / Nº de Referências

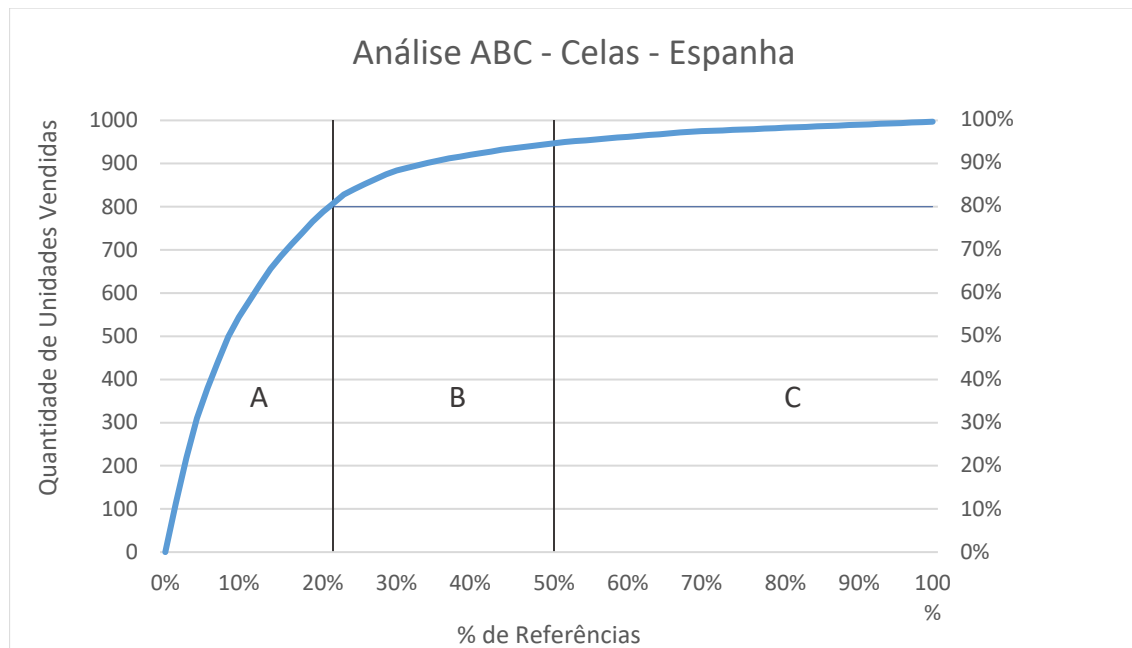


Gráfico 3 - Análise ABC das celas vendidas com destino a Espanha entre janeiro de 2016 e abril de 2017.

No caso dos transformadores, a análise complica-se um pouco devido à escassez de dados uma vez que a procura se encontra dispersa por um número muito maior de artigos. Recuando à Tabela 5, observa-se que a média de unidades vendidas por referência é muito inferior à das celas, diferença explicada por vários fatores. Em primeiro lugar, nem todos os postos de transformação incluem transformadores da Efacec, nomeadamente nos casos em que as propostas vão a concurso separadamente.

Por outro lado, enquanto que cada PT inclui, em média, cerca de três celas, raramente leva mais do que um transformador. Por último, mas não menos importante, a divisão do território espanhol em regiões autónomas e consequentes diferenças na rede de distribuição elétrica, resultam num conjunto de artigos extremamente heterogéneo. Analisando o *pareto chart* (Gráfico 23 – Anexo L), verifica-se que, ao contrário das celas, os transformadores não seguem a regra 80-20, uma vez que 20% dos artigos correspondem apenas a 56% das vendas, sendo necessário agregar as cinquenta referências mais vendidas (49%) para absorver 80% da procura.

Neste caso, o critério adotado para identificar os artigos *standard* foi um pouco mais ambíguo, tendo-se privilegiado fatores como a cobertura da maior área geográfica possível, as relações comerciais com os clientes compradores de cada artigo e perspectivas meramente especulatórias da evolução da procura relacionadas com avanços tecnológicos de desenvolvimento do produto, temas que fogem ao âmbito da dissertação e não serão aqui analisados. Os transformadores escolhidos estão listados na Tabela 7. Um exemplo da ambiguidade destes critérios é o artigo 1302150168, pois, tratando-se de uma referência nova, embora apenas tenha sido vendido uma única vez, foi selecionado devido à especulação sobre futuras vendas, apesar de ainda não existirem encomendas nem previsões concretas. Da mesma forma, foram ignorados artigos vendidos em maior volume no passado, mas para os quais não são expectáveis vendas futuras (o catálogo completo de transformadores pode ser consultado na Tabela 35 do Anexo J).

Tabela 7 – Transformadores definidos como artigo *standard*, com destino a Espanha.

Referência	Custo Unitário	Descrição	VNs		
			Q ¹³	¹⁴	Cls ¹⁵
1302150038	5 848 €	TFA 630 KVA 25/B2 END	24	20	8
1302150157	4 877 €	TFA 400 KVA20/B2 UNE	14	14	9
1302150156	3 829 €	TFA 250 KVA20/B2 UNE	11	9	9
1302150069	5 531 €	TFA 400 KVA20/B2 IB	9	7	5
1302150037	4 930 €	TFA 400 KVA 25/B2 END	7	7	4
1302150158	6 318 €	TFA 630 KVA20/B2 UNE	7	7	5
1302150102	7 119 €	TFA 630 KVA15-20/B2 IB	7	6	4
1302150036	4 111 €	TFA 250 KVA 25/B2 END	6	6	4
1302150070	6 171 €	TFA 630 KVA20/B2 IB	6	6	5
1302150068	3 992 €	TFA 250 KVA20/B2 IB	4	4	4
1302150168	8 252 €	TFA 1000 KVA25/B2 UNE	1	1	1

3.3.2 Procura - Mercado Português

Para o mercado português, seguiu-se uma metodologia idêntica. Analisando a Tabela 8, verifica-se que a procura em Portugal apresenta características semelhantes ao país vizinho. A única diferença reside no facto de ainda se comprarem mais celas Normafix (mais barato) do que Fluofix (mais caro), o que se explica pelo menor poder de compra dos lusitanos.

Para auxiliar a categorização de celas fez-se uma análise ABC (Gráfico 4), tendo em conta que a distribuição da procura, à semelhança das celas para Espanha, se aproxima da regra de *pareto* – neste caso, 22% das referências englobam 73% das vendas (Tabela 8). Foram definidas como *standard* todas as referências A, exceto as celas Normafix 36 32807169-01 e 32807169-01, pois embora tenham sido vendidas em quantidades consideráveis recentemente, o produto Normafix 36, tal como referido previamente na secção 3.2, representa uma porção desprezável dos consumos, sendo também expectável que a sua procura desapareça no futuro próximo. A lista de referências pode ser consultada, na íntegra, na Tabela 36 - Anexo K.

Tabela 8 - Análise ABC das celas vendidas para Portugal entre janeiro de 2016 e abril de 2017.

Tipo	Nº Ref.	Cum %	Q	Cum %
A	10	22%	254	73%
B	14	52%	66	91%
C	22	100%	30	100%
TOTAL	46	0	350	0

¹³ Número de unidades vendidas.

¹⁴ Número de ordens de venda.

¹⁵ Número de clientes que adquiriram o produto.

Tabela 9 – Celas e transformadores vendidos com destino a Portugal entre janeiro de 2016 e abril de 2017, agrupados por trimestre, e o respetivo montante em milhares de euros.

<i>Ano</i>	<i>2016</i>				<i>2017</i>		<i>TOTAL</i>	<i>Montante</i>	<i>Nº Ref.</i>	<i>Média¹⁶</i>
<i>Trimestre</i>	<i>Q1</i>	<i>Q2</i>	<i>Q3</i>	<i>Q4</i>	<i>Q1</i>	<i>Q2</i>				
Fluofix 24	4	5	1	13	9	1	33	€ 82 k	8	4.1
Fluofix 36	16	9	10	8	0	5	48	€ 104 k	18	2.7
Normafix 24	32	57	29	55	29	19	221	€ 195 k	14	15.8
Normafix 36	9	15	4	11	0	9	48	€ 52 k	6	8.0
Celas	61	86	44	87	38	34	350	€ 433 k	46	7.6
TRAFOS	13	20	7	15	13	6	74	€ 463 k	36	2.1

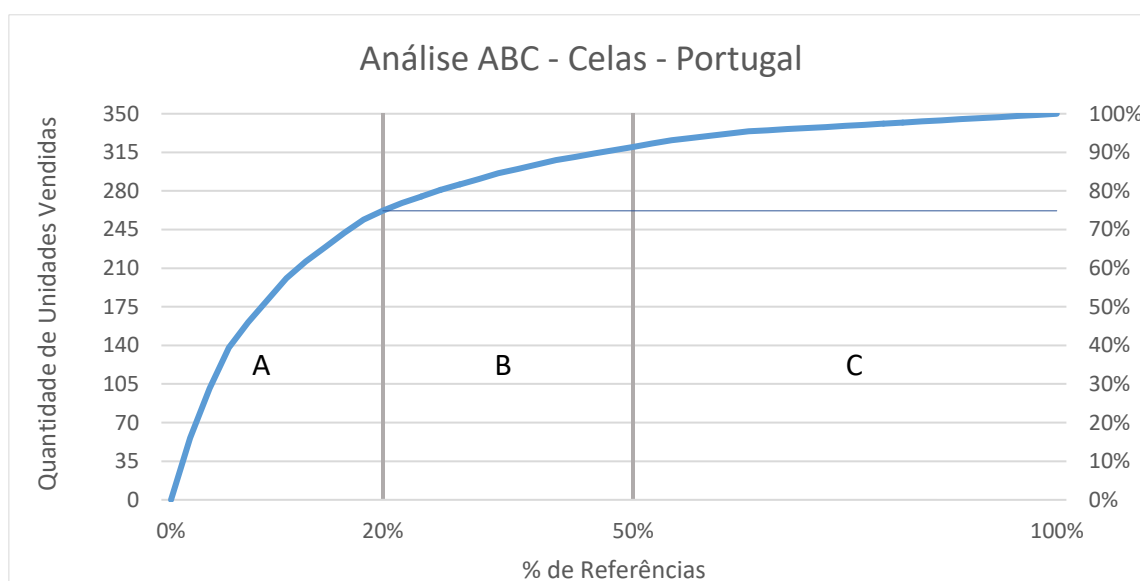


Gráfico 4 - Análise ABC das celas vendidas com destino a Portugal entre janeiro de 2016 e abril de 2017.

No caso dos transformadores, à semelhança do mercado espanhol, a análise ficou igualmente condicionada pela insuficiência de informação, não só pela reduzida dimensão da amostra, como também pelas dificuldades associadas ao levantamento de dados já discutidas no capítulo 3.1. Os setenta e quatro transformadores vendidos encontram-se desaglomerados por trinta e seis referências (Gráfico 24 – Anexo L), não sendo possível identificar inequivocamente quais os artigos A, B, C somente pela análise do histórico. No sentido de cobrir a maior área geográfica possível e privilegiar a satisfação de determinados clientes estratégicos, foram definidos como *standard* os artigos presentes na Tabela 10 (para a lista completa de referências, ver Anexo M).

Tabela 10 - Transformadores definidos como artigos *standard*, com destino a Portugal.

Referência	Custo Unit	Descrição	Q¹³	VNs¹⁴	Cl¹⁵
ECO025015420T	4 416 €	TFA 250 kVA's 15/0,42KV PT	9	9	8
ECO040015420T	5 364 €	TFA 400 kVA, 15/0,42 KV PT	8	8	8
130212147	4 398 €	TFA 250 kVA, 15/0,42 KV PT	7	7	2
EDP025015420ECOT	4 386 €	TFA 250 kVA's 15/420- 242V EDP	4	4	4
ECO063015420TLI	6 826 €	TFA 630 kVA's 15/0,42kV PT	4	4	3

¹⁶ Rácio: TOTAL / N° de Referências

3.4 Artigos *Standard* - Situação Atual

Depois de determinar quais os artigos que se pretendem produzir (ou, neste caso, comprar) para stock, fez-se um ponto de situação relativamente ao histórico do inventário desses mesmos artigos, nomeadamente os indicadores relacionados com roturas e taxas de cobertura. Esta análise teve como objetivo, não só avaliar a eficiência da gestão destes produtos no passado, como também obter um *benchmark* que permitisse, posteriormente, quantificar as melhorias obtidas com a nova política de encomenda. Infelizmente, pelos motivos mencionados no capítulo 3.1, apenas foi possível fazer esta análise para o mercado espanhol. Convém também relembrar que os dados da procura referentes a alguns destes artigos resultam da agregação de mais do que uma referência (Anexo E). Nestes casos, apenas se considerou que o artigo entrou em rotura nos períodos em que os stocks de todas as referências que este engloba baixaram a zero.

No Anexo N, estão disponíveis os dados relativos ao inventário, roturas, consumos e taxas de cobertura dos vinte e seis artigos *standard* com destino a Espanha. Alternativamente, pode consultar-se o quadro-resumo na Tabela 11. O indicador em maior destaque é a taxa de cobertura, fixada nos 2.8 para as celas e 4.5 para os transformadores, valores elevados, que fogem um pouco ao padrão geral do inventário analisado previamente (Tabela 1 e Tabela 2), especialmente no caso dos transformadores, cuja taxa de cobertura nos artigos *standard* é bastante superior à média. Outro *KPI* que merece atenção são os dias em rotura, pois, tanto nas celas como nos transformadores, cada referência *standard* passa, em média, mais de vinte dias em rotura por ano. Atentar também na duração média das roturas, pois, embora ocorram pouco frequentemente (média de 1.4 ocorrências anuais por artigo), estas demoram, em média, dezasseis dias a ser retificadas, o que, em muitos casos, é quase sinónimo de incumprimento do prazo de entrega pedido pelo cliente.

Porém, os três indicadores de roturas expostos na Tabela 11 não proporcionam a visibilidade completa do problema, pois carecem de uma limitação – são apenas médias. Uma análise mais detalhada da Tabela 38 (Anexo N), permite perceber que há dois tipos de artigos com comportamentos irregulares: aqueles que apresentam elevada ocorrência de roturas e, em grande parte dos períodos, taxas de cobertura aceitáveis (ex.: cela NFx 24 32210150-04 - Gráfico 5) e, no oposto, aqueles que quase nunca entram em rotura, mas devem-no a taxas de cobertura elevadíssimas (ex.: cela FFx 36 334120209-01 - Gráfico 6). Aliás, o artigo 32210150-04 acaba por cair nos dois extremos em momentos diferentes – roturas nos inícios de 2016 e 2017 e stock elevadíssimo entre maio e agosto de 2016, sem que os consumos mensais o justificassem. A Tabela 12 apresenta a distribuição dos artigos *standard* pelos vários valores de cada indicador referente às roturas, de modo a complementar os dados da Tabela 11.

Este tipo de problemas é típico de produtos com procura muito imprevisível e fornecedores com *lead time* muito incerto. Nestes casos, é extremamente difícil diminuir stocks sem arriscar entrar em rotura. No capítulo 4.2, foram feitas análises de sensibilidade por forma a encontrar o *trade-off* que mais se adequa a esta unidade industrial.

Tabela 11 – Quadro-Resumo do inventário e consumos de stock dos artigos *standard* para o mercado espanhol, agregados por família de produto.

Família	N Ref	Roturas			Stock ¹⁷		Consumos ¹⁸		Tax Cob
		Freq. ¹⁹	Dias ²⁰	Dur. ²¹	Valor	Q	Valor	Q	
Fluofix 24	3	2.1	14d	7d	€ 63 k	24	€ 20 k	7	3.1
Fluofix 36	6	0.8	18d	22d	€ 152 k	45	€ 43 k	12	3.5
Normafix 24	7	2.6	35d	13d	€ 75 k	59	€ 40 k	31	1.9
TRAFOS	10	0.8	21d	27d	€ 146 k	29	€ 33 k	6	4.5
Celas	16	1.9	25d	13d	€ 291 k	128	€ 103 k	50	2.8
TOTAL	26	1.4	22d	16d	€ 438 k	-	€ 137 k	-	3.2

Tabela 12 – Distribuição das referências segundo os valores dos indicadores de roturas e taxas de cobertura.

Família	Nº Ref.	Freq. De Roturas				Dias em Rotura				Taxa de Cobertura			
		<1	[1-2]	[3-4]	>4	<15	[15-30]	[31-60]	>60	<1	[1-2]	[2-4]	>4
Fluofix 24	3	2	0	0	1	2	0	1	0	1	0	0	2
Fluofix 36	6	5	1	0	0	4	1	2	0	1	1	1	4
Normafix 24	7	2	0	2	1	3	1	1	2	4	2	1	0
TRAFOS	10	6	2	0	0	6	0	2	1	1	1	5	3
Celas	16	9	1	2	2	9	2	4	2	6	3	2	6
TOTAL	26	24	4	4	4	24	4	10	5	13	7	9	15

¹⁷ Média no stock no final de cada dia, entre 1 de janeiro de 2016 e 31 de maio de 2017.¹⁸ Consumo Médio Mensal, entre janeiro de 2016 de maio de 2017.¹⁹ Número de roturas, por ano, por referência.²⁰ Número total de dias em rotura, por ano, por referência.²¹ Duração média (em dias) de cada rotura, calculada através do quociente $\rightarrow \text{Dur} = \text{Dias} / \text{Freq.}$

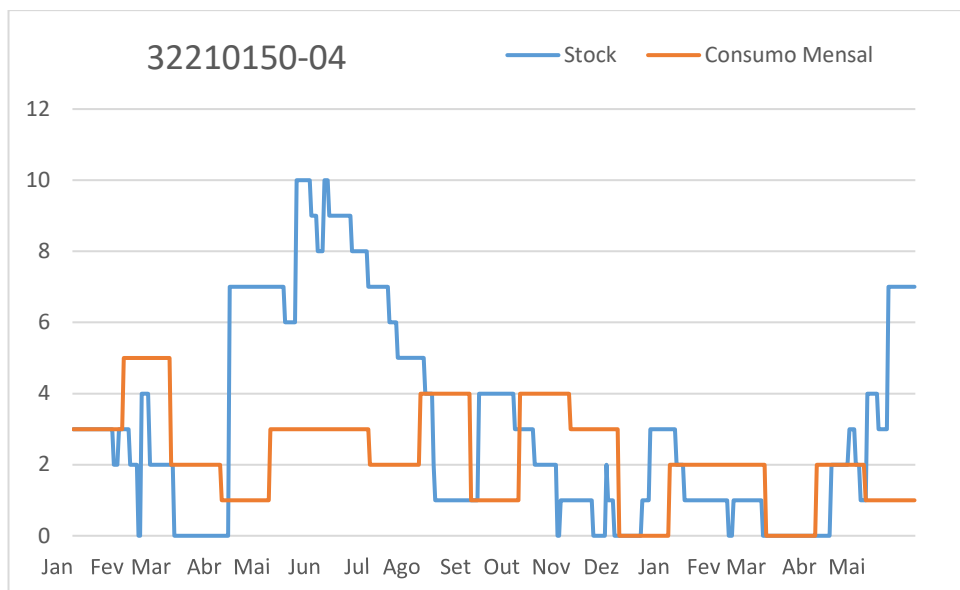


Gráfico 5 – Evolução do stock e do consumo mensal da cela 32210150-04 - NX 24kV M750 EI/SI s/V 20kA-SP.

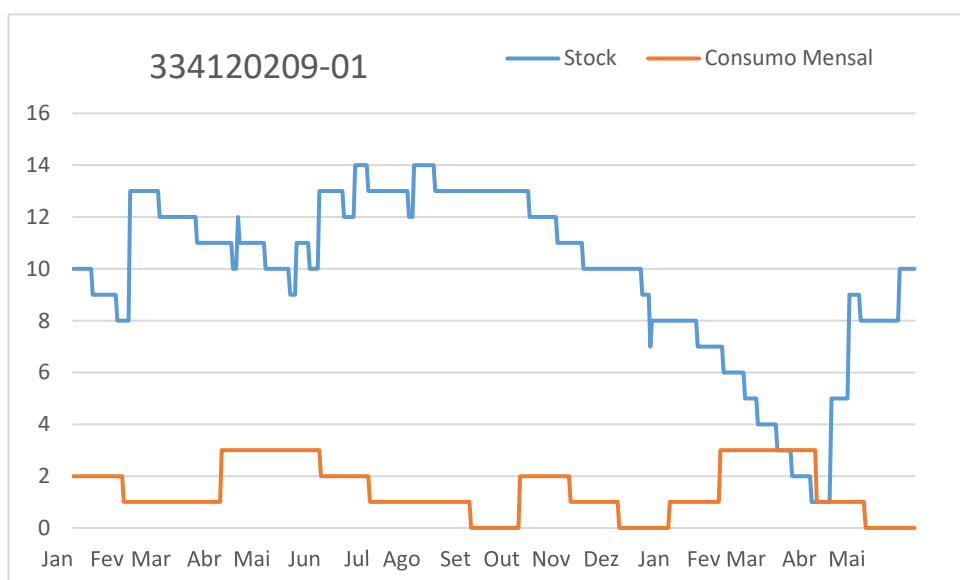


Gráfico 6 - Evolução do stock e do consumo mensal da cela 334120209-01 - FX 36kV 1CD+1IS - 20kA-SP.

3.5 Fornecedores

Na Efacec Equipos a única parte constituinte dos Postos de Transformação efetivamente fabricada internamente são os edifícios em betão (PBT). Todos os restantes componentes são comprados externamente. No caso dos produtos em estudo – celas e transformadores – há essencialmente três grandes fornecedores:

- Efacec India (EI);
- Efacec SWG Portugal (AMT);
- Efacec Energia (EPS);

As celas Normafix e Fluofix são fornecidas, quase na totalidade, pelo AMT. A Efacec India, até junho de 2016, operava exclusivamente como fornecedor do AMT, mas, com o recente crescimento da EE ao nível de volume de vendas e operacionalização de processos, alguns artigos começaram a ser importados diretamente do país asiático. A Efacec Energia é

responsável pelo abastecimento de transformadores para o mercado nacional, enquanto que os transformadores com destino a Espanha são comprados a fornecedores locais.

Neste capítulo será feita uma breve análise à duração e variabilidade do *lead time* de cada um destes parceiros, por forma a ter o *input* necessário para a parametrização da nova política de encomendas. Porém, os três parceiros listados em cima encontram-se, à data de término desta dissertação, no epicentro de uma reestruturação operacional interna, que se perspetiva resultar, no futuro próximo, em melhorias significativas ao nível do *lead time* de entrega ao cliente (para mais detalhes relacionados com este tema, consultar o Anexo G). Desta forma, os dados históricos de compras a fornecedores, adquirem apenas uma relevância relativa, uma vez que os padrões identificados e indicadores calculados a partir do passado serão, à partida, consideravelmente diferentes da realidade futura. No entanto, à semelhança dos princípios seguidos na análise da procura, seria descuidado ignorar os dados disponíveis e não tentar extrair o máximo de informação dos mesmos. Serve esta pequena nota apenas para alertar antecipadamente para o facto de os valores utilizados posteriormente no capítulo 4.2 serem, invariavelmente, diferentes.

3.5.1 Efacec India

A Efacec India começou a abastecer a Efacec Equipos há relativamente pouco tempo, não existindo ainda amostras significativas de dados. Para colmatar esta lacuna, analisou-se a informação relativa às ordens de compra efetuadas pela Efacec SWG Portugal à EI, tendo em conta que os produtos são semelhantes, sendo expectável *lead times* idênticos.

Entre janeiro de 2016 e abril de 2017 foram rececionadas em Portugal mais de quatro mil unidades de celas e *standard assembly kits (SAK)*²² (Tabela 13). O *lead time* médio de fornecimento é de 59 dias, com um desvio-padrão de 23, baseado numa amostra de 343 ordens de compra (para um estudo mais pormenorizado, consultar a Tabela 39 - Anexo P). Ao analisar separadamente as encomendas de artigos Normafix e Fluofix, verifica-se que os primeiros demoram, em média, cerca de menos uma semana a ser entregues do que os últimos – realizando um teste de hipóteses à diferença entre o valor esperado de ambas as variáveis, resulta que o *lead time* de celas Normafix é estatisticamente inferior ao das celas Fluofix em nove dias, com um nível de significância de 5%. Para além de terem um valor esperado ligeiramente superior, os valores do desvio-padrão indiciam que os artigos Fluofix apresentam maior variabilidade no prazo de entrega, quando comparadas com os Normafix – comprovado por um teste de hipóteses à razão de variâncias. O mesmo sucede quando se compara a distribuição do *lead time* das celas com os SAKs – os últimos apresentam valor esperado e desvio-padrão ligeiramente mais elevados. Estas duas desigualdades encontram-se, muito provavelmente, correlacionadas, uma vez que 95% das compras de Fluofix corresponderam a SAKs.

Esta diferença é um pouco invulgar, pois não há motivos concretos que justifiquem que a produção de Fluofix seja mais demorada que a de Normafix. Por outro lado, aconselha-se cautela nas conclusões retiradas dos testes de hipótese mencionados anteriormente, uma vez que estes pressupõem que as variáveis seguem uma distribuição normal, algo que não se verifica. A variável chumba, de resto, no teste Kolmogorov - Smirnov de qualidade de ajuste à normal (Anexo R), apresentando assimetria à direita do valor esperado, devido, em grande parte, à existência de outliers na cauda direita da distribuição (Gráfico 7). Um indicador que corrobora a influência dos outliers na assimetria da distribuição são os intervalos de confiança. Consultando a Tabela 39 do Anexo P, verifica-se que o há muitas ocorrências acima do limite superior, ao contrário do limite inferior, que é respeitado.

²² Celas com apenas 90% dos componentes montados, faltando apenas fazer a customização em Portugal ou Espanha. Trazem imensas vantagens em termos logísticos, pois cada SAK é comum a várias celas diferentes.

Repetindo esta análise separadamente para Celas, SAKs, Fluofix e Normafix o resultado é idêntico (Gráficos 17 a 20 – Anexo P), com exceção, talvez, da variável *Fluofix*, que apresenta valores de curtose e assimetria mais reduzidos, sendo inclusive a que ficou mais próxima de passar no teste K-S.

Tabela 13 – Ordens de compra de celas e SAKs à Efacec Índia entre janeiro de 2016 e abril de 2017.

Família	Tipo	Ordens de Compra	Quantidade	Montante	Lead Time	
					Média	Desv. Pad.
Fluofix	Cela	6	34	€ 112 k	68 d	27 d
	SAK	110	681	€ 1 025 k		
Normafix ²³	Cela	106	1741	€ 1 360 k	54 d	18 d
	SAK	121	1759	€ 1 395 k		
TOTAL		343	4215	€ 3 893 k	59 d	23 d

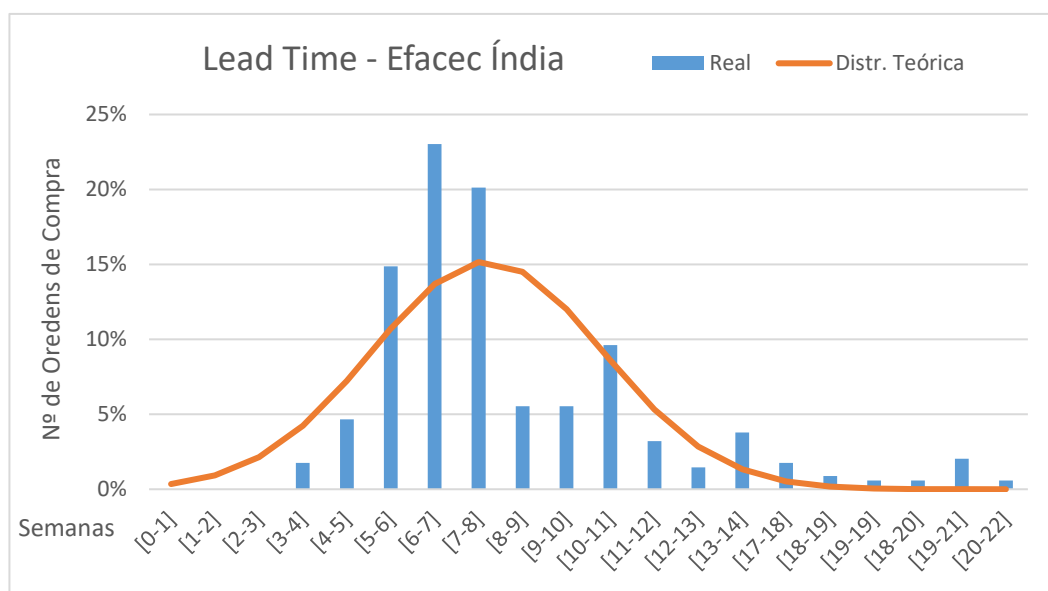


Gráfico 7 – Distribuição dos valores do Lead Time de fornecimento da Efacec Índia, entre janeiro de 2016 e fevereiro de 2017.

Por forma a fazer uma avaliação mais exata da incerteza associada ao *lead time*, estudou-se também a relação entre o *lead time previsto* e o *lead time real*. Sempre que é requisitada uma ordem de compra, o fornecedor (neste caso a EI), no ato da validação, indica uma data prevista de entrega ao cliente (AMT ou Efacec Equipos), data essa que pode ser diferente da que foi solicitada pelo mesmo (caso não seja possível cumprir com o pedido), pois, como se constatou anteriormente, o *lead time* varia imenso. No entanto, a data prevista de receção nem sempre corresponde à realidade. Isto representa um problema, pois, por vezes, a previsão inicial é apenas atualizada em alturas muito próximas da data limite, deixando o AMT desprevenido. Esta situação, na grande maioria dos casos, nem é da responsabilidade da Efacec Índia, uma vez que uma parte substancial do *lead time* consiste no tempo de transporte, que é feito por via marítima e tem normalmente uma duração de quatro a seis semanas, não existindo *tracking* com grande exatidão.

²³ Apenas celas Normafix 24.

No Gráfico 8, está representada graficamente a distribuição do valor correspondente à diferença entre o *lead time* real e o esperado. Embora a variável também chumbe no teste K-S (Anexo R) a distribuição é simétrica, com valor médio amostral de 2 dias de atraso, que, todavia, não é significativamente diferente de zero. Isto significa que nas encomendas feitas à Efacec India, é igualmente provável a encomenda chegar antes ou depois da data prevista, algo que se verifica mesmo analisando separadamente Celas, SAKs, Normafix ou Fluofix (Tabela 41 – Anexo Q). Apesar da simetria da distribuição, esta apresenta um desvio-padrão consideravelmente elevado (16 dias) e, conseqüentemente, um intervalo de confiança bastante alargado (mais ou menos quatro semanas), que coloca algumas dificuldades na perspetiva do comprador, uma vez que existe um período de incerteza de dois meses sobre a chegada de cada encomenda.

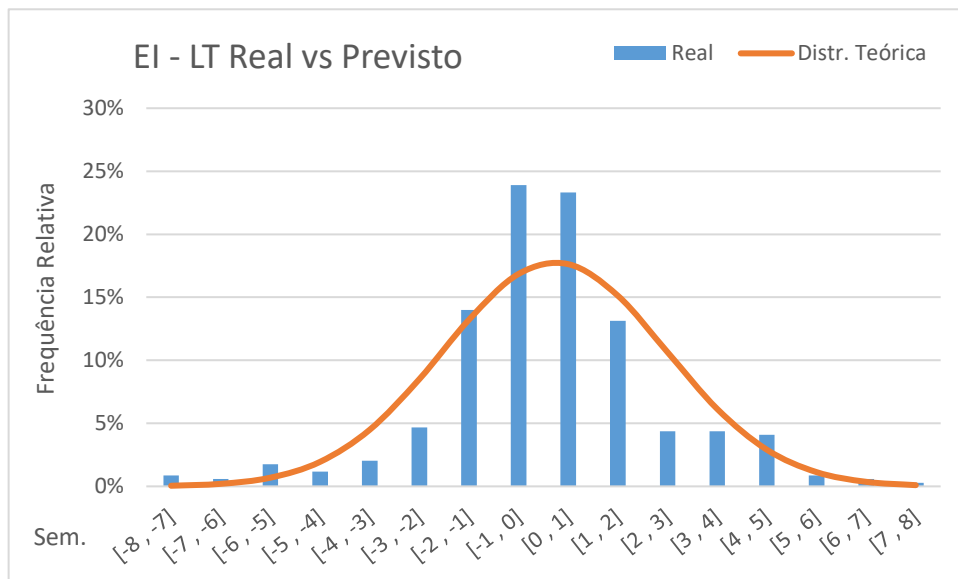


Gráfico 8 - Distribuição da diferença entre o *lead time* real e o previsto. Valores positivos signifcam que houve atraso.

No futuro próximo, espera-se, no entanto, que estes valores se alterem positivamente. Neste momento, a cadeia de abastecimento da Efacec India está a atravessar um processo de reestruturação, que se perspetiva ter efeitos bastante benéficos ao nível do tempo de resposta à procura. Este processo consiste, em parte, em negociações de contratualização com os fornecedores locais, cujos atrasos no aprovisionamento de componentes e matérias-primas constituem a grande causa da existência de muitas encomendas com *lead time* elevadíssimo (os

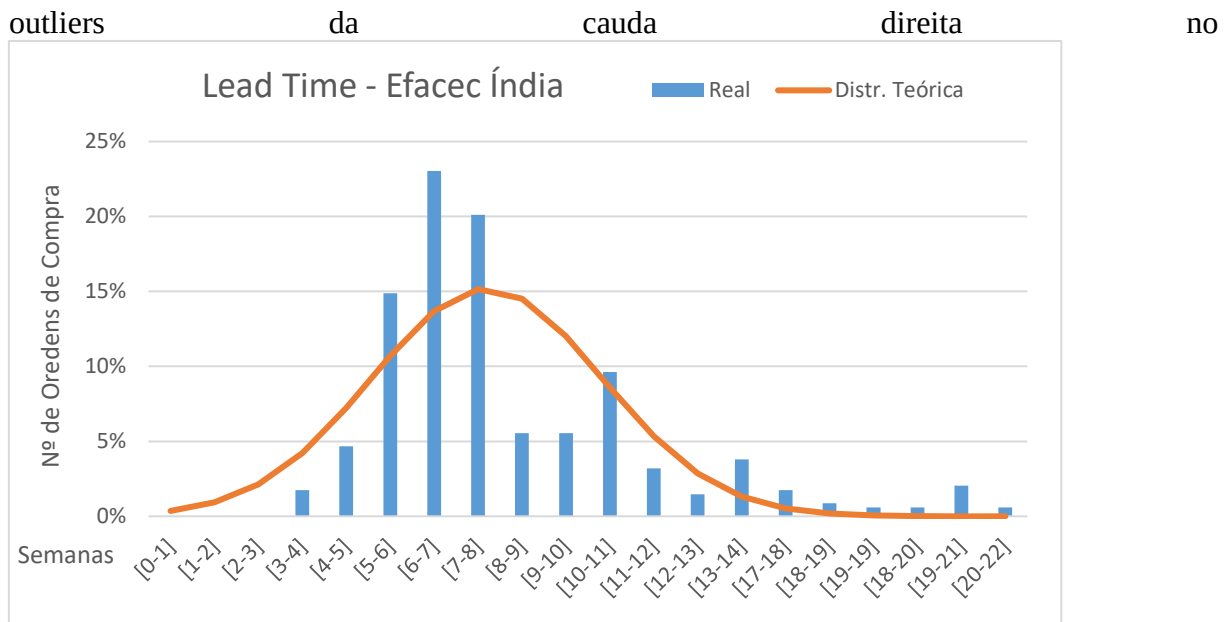


Gráfico 7). Em paralelo, decorre também a implementação de várias medidas de controlo de inventário que, juntamente com os avanços na relação com os fornecedores, deverão diminuir radicalmente a incerteza associada à data prevista de entrega (excluindo, como é óbvio, o tempo de transporte que está fora do controlo da fábrica).

Por último, é importante realçar que, embora ainda não exista uma amostra significativa de ordens de compra efetuadas pela Efacec Equipos, é possível estabelecer, com alguma aproximação, uma relação com o *lead time* praticado para o AMT, uma vez que a única diferença reside no transporte por via marítima. As mercadorias com destino a Portugal têm o inconveniente de ter obrigatoriamente de passar por uma transferência intermédia no porto de Gibraltar, ao passo que os produtos com destino à EE seguem diretamente para a Catalunha, o que retira uma a duas semanas ao tempo de transporte. Sendo assim, estima-se que, já no final de 2017, o *lead time* de fornecimento da Efacec India para Espanha tenha um valor esperado de 6 semanas (menos duas do valor atual para Portugal), com uma incerteza de mais ou menos 2 semanas (metade da incerteza atual).

3.5.2 Efacec SWG Portugal

A Efacec SWG Portugal atravessa, neste momento, um processo de reestruturação interna operacional a vários níveis (Anexo G), pelo que todo o histórico de compras a este fornecedor adquire uma importância bastante relativa. Deste modo, não se justifica fazer um estudo detalhado dos registos como foi feito para a Efacec India. Pode parecer um pouco paradoxal ignorar o histórico do parceiro que, há menos de um ano atrás, estava encarregue de abastecer 100% das celas da Efacec e, em simultâneo, estudar minuciosamente a EI, cujo volume de vendas à EE, em 2016, representou menos de 5% do total. No entanto, esta discrepância é explicada por dois pontos. Em primeiro lugar, no caso da Efacec India, apesar de neste fornecedor também se desenrolar um processo de mudança, foi possível olhar para o passado e transpô-lo para o futuro através da combinação do histórico com a influência de fatores, cuja mudança no comportamento foi possível prever e interpretar – para o AMT, tal não é possível. Para além disso, embora a EI ainda abasteça apenas uma pequena parte das necessidades da Efacec Equipos, o objetivo é que esta se torne, a curto prazo, no seu principal fornecedor.

Perspetiva-se, tendo em conta as metas delineadas internamente, que no final de 2017, que o AMT será capaz de praticar prazos de entrega com duração de quatro a seis semanas, valores completamente desfasados do passado recente, como mostra a Tabela 14.

Tabela 14 – Ordens de compra de células e SAKs à Efacec SWG Portugal entre janeiro de 2016 e dezembro de 2016.

Família	Ordens de Compra	Quantidade	Montante	Lead Time	
				Média	Desv. Pad.
Fluofix	291	641	€ 2 989 k	109 d	60 d
Normafix	156	533	€ 896 k	76 d	40 d
TOTAL	447	1174	€ 3 886 k	97 d	56 d

3.5.3 Transformadores

Relativamente aos transformadores, há dois tipos de produto distintos: os artigos com destino a Portugal, fornecidos pela Efacec Energia e os artigos com destino a Espanha, adquiridos a fornecedores locais. Entre janeiro de 2016 e abril de 2017, foram comprados pela Efacec Equipos 266 transformadores – 72 para o mercado português e 194 para o mercado espanhol (Tabela 15).

À semelhança da Efacec SWG, os dados não permitem fazer análises muito aprofundadas, por razões várias. No caso da Efacec Energia, a questão prende-se, tal como com a EI e o AMT, com o processo de mudança que atravessa neste momento. Para além disso, tendo em conta os pontos discutidos no capítulo 3.1 relativamente à entropia existente nos registos devido às alterações dos últimos anos, não seria exequível fazer um estudo por tipo de artigo. As novas políticas de melhoria têm como meta um *lead time* de seis semanas, por oposição à média atual de oito semanas (63 dias), tendo como intervalo de confiança um limite superior de oito semanas.

Em relação aos fornecedores de transformadores espanhóis a situação é ainda mais complicada, uma vez que são parceiros externos ao Grupo Efacec, o que aumenta ainda mais a entropia e diminui a fiabilidade dos dados. Olhando para a coluna do desvio-padrão do lead time na Tabela 15, é possível ter uma ideia do quão disperso é o espaço amostral. Os dois maiores fornecedores (que juntos englobam quase 70% do montante total em compras) apresentam registos com desvios-padrão de 51 e 35 dias, que correspondem a intervalos de confiança (bilaterais com 5% de significância) de amplitude igual a 200 e 140 dias, respetivamente, o que não nos permite tirar ilações conclusivas dos dados.

Tabela 15 - Ordens de compra de transformadores entre janeiro de 2016 e abril de 2017.

Destino	Fornecedor	Ordens de Compra	Quantidade	Montante		Lead Time	
				Valor	%	Média	Desv. Pad.
PT	Efacec Energia	58	72	€ 498 k	100%	63 d	40 d
ESP	IMEFY	51	67	€ 423 k	43%	63 d	51 d
	JARA	35	42	€ 252 k	26%	34 d	35 d
	TESAR S.R.L.	8	9	€ 97 k	10%	27 d	8 d
	TRANSFORM.	25	26	€ 96 k	10%	31 d	25 d
	LAYBOX,S.L.	5	6	€ 68 k	7%	19 d	5 d
	Outros	23	44	€ 37 k	4%	51 d	23 d
	TOTAL - ESP	147	194	€ 973 k	100%	54 d	147 d
TOTAL		205	266	€ 1 471 k	100%	73 d	50 d

Definiu-se, portanto, baseado no *feedback* da Efacec Equipos, que o *lead time* de fornecimento de transformadores, em Espanha, é, no mínimo, igual a cinco semanas, podendo, por vezes chegar às sete.

Na Tabela 16, está o resumo dos parâmetros assumidos referentes ao *lead time*, por artigo e fornecedor. Tendo em conta o grau de incerteza associado a estes valores, para efeitos de cálculo, no capítulo 4.2, partiu-se do pressuposto que estes seguem uma distribuição aproximadamente normal. Por exemplo, no caso da Efacec SWG Portugal, espera-se que o *lead time* tenha valores entre quatro a seis semanas. Como tal, assumiu-se que a variável *lead time* segue uma distribuição normal com valor esperado igual a cinco e desvio-padrão igual a 0,5, por forma a que os limites máximo e mínimo de seis e quatro semanas, sejam aproximados pela adição ou subtração à média do dobro do desvio-padrão.

Por último, é importante relembrar que todos os valores de *lead time* estimados neste capítulo, servirão apenas como *input* à previsão do impacto que a nova política de encomendas terá no inventário – uma espécie de benchmark – pois, no processo de implementação da política de encomendas (capítulo 5), a interface desenvolvida permite ao utilizador ter flexibilidade neste aspeto.

Tabela 16 – *Lead Time* por produto e fornecedor.

Produto	Fornecedor	Lead Time			
		Média	Desv Pad.	Máximo	Mínimo
Celas	Efacec India	6 sem.	1,0	8 sem.	4 sem.
	Efacec SWG PT	5 sem.	0,5	6 sem.	4 sem.
Trafos	Efacec Energia	7 sem.	0,5	8 sem.	6 sem.
	Espanha	6 sem.	0,5	7 sem.	5 sem.

4 Descrição da Solução

Neste capítulo serão abordadas as medidas adotadas para fazer face aos problemas mencionados anteriormente. Inicialmente foram desenvolvidos, testados e aplicados métodos estatísticos de previsão de forma a fazer face à incerteza na procura. Posteriormente, os resultados obtidos serviram de *input* ao dimensionamento dos *stocks* de segurança da nova política de encomenda com revisão periódica.

Ao longo deste capítulo, serão referenciados diversos conceitos relacionados com gestão de stocks e métodos de previsão que, por motivos de síntese, serão introduzidos de uma forma breve e generalizada (para uma descrição mais detalhada, consultar os anexos ou a respetiva secção 2).

4.1 Previsão de Vendas

Atualmente, nas várias unidades do AMT, o tempo investido a desenvolver métodos de previsão de vendas é relativamente reduzido, pois, na maior parte dos casos, a relação custo-benefício é bastante desfavorável. É fundamental compreender que grande parte da produção é feita em ambiente *make-to-order*, ou mesmo *engineer-to-order*, sendo que, no passado recente, cada proposta do cliente resultava na criação de uma nova referência na base de dados, tornando complexo e exaustivo o processo de agregação de dados, e consequentemente inviável a aplicação de métodos estatísticos de previsão. Esta política era, em parte, estratégica, uma vez que as competências *core* da empresa sempre estiveram centradas na engenharia e desenvolvimento do produto, áreas nas quais a Efacec prima pela excelência e se diferencia junto do cliente.

Contudo, com a recente introdução de modelos *standard* (deixaram de ser criados artigos singulares para cada projeto, sendo identificados produtos com características semelhantes e guardados em base de dados com a mesma referência) e uniformização de processos ao nível do registo e armazenamento da informação, começa a ser possível tirar partido da (pouca) informação existente para prever a evolução da procura de certos produtos, ainda que numa fase relativamente embrionária. No caso das celas e transformadores de Espanha, por exemplo, cujo horizonte temporal do histórico se encontra limitado a dezassete meses, a análise ficou restringida a apenas dezassete *data points*, insuficientes para identificar padrões como tendência e sazonalidade.

Serviu este ponto prévio apenas para alertar para o facto de, apesar de ter sido feito um estudo relativamente aprofundado e minucioso para cada artigo, na maioria dos casos verifica-se que a instabilidade da procura e incerteza associada à previsão são tão elevadas, que este pouco ou nada acrescenta quando comparado com uma previsão *naive*. Por outras palavras, é vantajoso ter em mãos previsões estaticamente precisas, mas não devemos interpretá-las como uma falsa almofada de segurança, pois todos os testes de correlação e interdependência acabam por se revelar impotentes num mercado em que, semanalmente, encomendas são antecipadas, compras são adiadas, prazos são encurtados e artigos são descontinuados. Posto isto, convém também relembrar que qualquer informação, desde que devidamente escrutinada, é sempre melhor que a ausência de informação e, como vai ser perceptível, houve inclusive casos onde a previsão trouxe ganhos significativos.

“Errors using inadequate data are much less than those using no data at all.”

(Charles Babbage, matemático e filósofo inglês do séc. XIX)

Neste capítulo, é feito, na secção 4.1.1, um apanhado dos modelos de previsão utilizados seguido da metodologia adotada para os avaliar (secção 4.1.2), assim como estratégias para os incorporar com a informação conhecida relativamente à procura em períodos futuros (secção

4.1.3). Por último, são expostos os resultados, que incluem as previsões para cada artigo e os respetivos indicadores para avaliar o seu grau de incerteza (secção 4.1.4).

4.1.1 Métodos Utilizados

Foram testados e analisados dois métodos de amortecimento exponencial:

- Amortecimento Exponencial Simples;
- Amortecimento Exponencial Adaptativo de Trigg & Leach;

Selecionaram-se estes dois modelos, relativamente simples, pois a ausência de dados inviabilizou a exploração de métodos mais complexos, devido à dificuldade em identificar padrões como sazonalidade e tendência. O AES foi o modelo que apresentou melhores resultados na maior parte dos artigos de Espanha, principalmente, nos transformadores, que possuem amostras mais dispersas e de quantidades reduzidas.

No Gráfico 9 está representado como exemplo a previsão da celda FFX 36 33410005-01 calculado no final de abril, para os meses de maio e junho. Como se pode verificar, o AES exclui parcialmente o ruído associado à aleatoriedade da procura, gerando uma previsão relativamente mais estável. Os pontos da série 'Previsão' referem-se à previsão feita com um mês de antecedência, com exceção do último ponto (*previsão* para junho, calculado em abril), como se pode constatar pela diferente amplitude do IC.

Tendo em conta os *lead times* analisados no capítulo 3.5 e o facto de se ter estabelecido uma política de encomendas com revisão periódica mensal (abordada no capítulo 4.2), teve que se enfrentar, dependendo do fornecedor, períodos de revisão iguais ou inferiores a noventa dias. Deste modo, foram calculados modelos de previsão a um, dois e três meses.

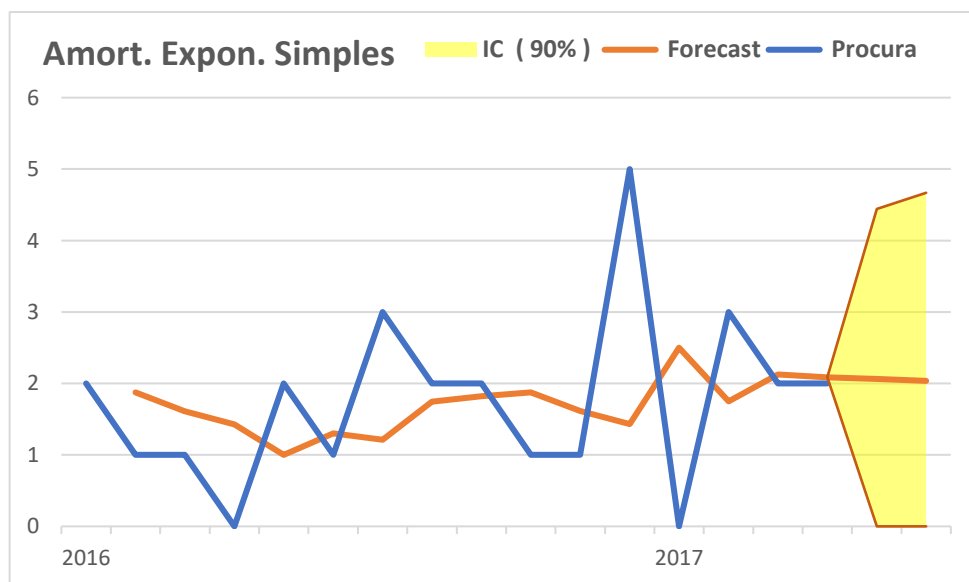


Gráfico 9 - Amortecimento Exponencial Simples. Evolução cronológica da procura e respetiva previsão da celda 33410005-01 FX 36KV 2IS+1CIS-48Vcc-20kA-SP.

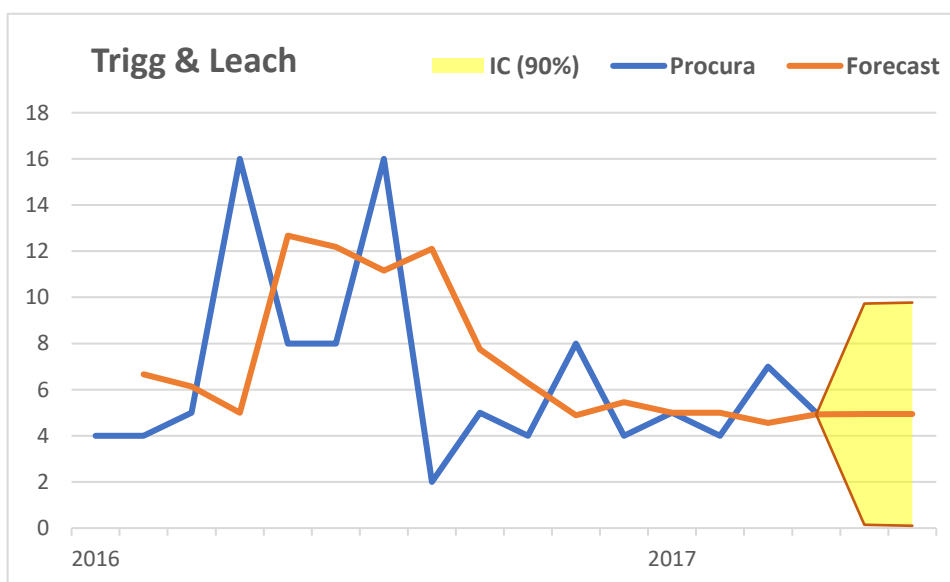
Normalmente, é também definido uma espécie de *período de adaptação* do modelo no início da série temporal, cujos erros são ignorados na parametrização da taxa de amortecimento. No entanto, dada a reduzida dimensão do espaço amostral, apenas foi possível fazê-lo para os produtos com destino a Portugal, para os quais existem dados anteriores a 2015.

O aspeto que ficou mais latente com a aplicação deste método nos produtos da EE foi a elevada irregularidade da procura de celas e transformadores. Para a generalidade dos artigos, o valor ótimo da taxa de amortecimento encontrado foi próximo de zero, o que, em termos práticos,

significa que a variação é tão aleatória, que a melhor forma de minimizar os erros é assumir a procura no mês seguinte como igual ao valor previsto para o período atual, adotando o comportamento menos reativo possível, como foi o caso, por exemplo, dos artigos 33109527 e 32210086-01 – Anexo W.

O outro modelo de previsão testado foi o proposto por Trigg e Leach (Trigg and Leach 1967), semelhante ao modelo anterior, mas com a particularidade de a taxa de amortecimento não ser fixa, adaptando o modelo para que este consiga fazer face a alterações súbitas na procura. Tomando como exemplo a cela 32210794-01 (Gráfico 10) é perceptível a persistência de valores reduzidos da TA a partir do final de 2016, ao invés do primeiro semestre do mesmo ano onde a previsão é consideravelmente mais reativo.

Este modelo, no entanto, como se conclui posteriormente na secção 4.1.4, obteve, em quase todos os casos, resultados menos otimistas que o AES. Embora os artigos em análise apresentem subidas e descidas repentinas na procura, estas duram no máximo dois meses, alterando no sentido inverso quase imediatamente a seguir. Estas condições não favorecem a *performance* do método Trigg & Leach, que se comporta melhor com séries que alternam entre mudanças bruscas e períodos estáveis. No Gráfico 11, encontra-se um exemplo de um artigo para o qual o modelo T&L resulta numa previsão disfuncional, com erros de grande magnitude nos períodos 7, 8, 11 e 12.



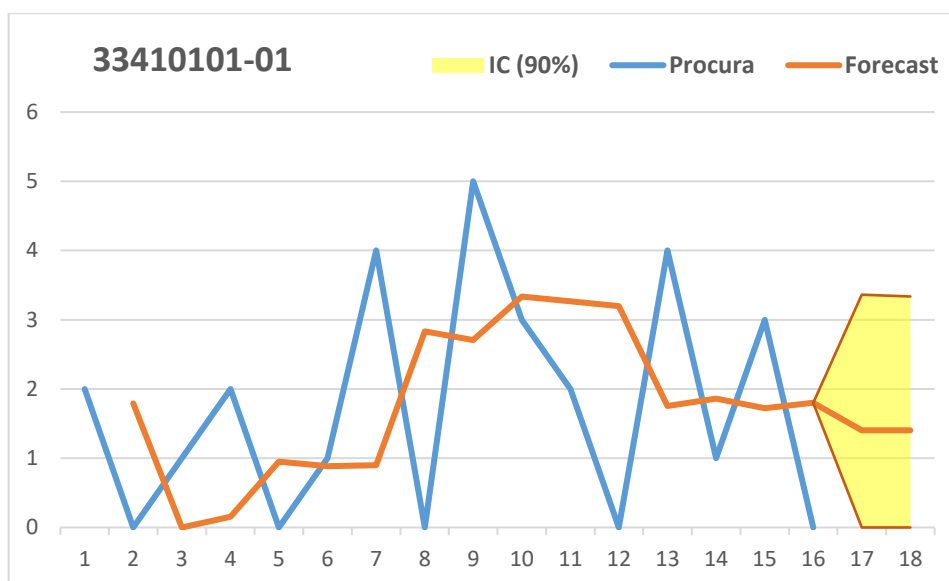


Gráfico 11 – Previsão – Cella 33410101-01 FX 36kV 1IS 2EXT - 20kA - SP com amortecimento exponencial adaptativo de Trigg & Leach.

4.1.2 Critérios de Validação

Na secção anterior, foram feitas algumas considerações (meramente qualitativas) relativamente à *performance* dos modelos analisados. De seguida, serão expostos os indicadores quantitativos (introduzidos previamente no Enquadramento Teórico – secção 2.1.3) usados, não só para efeitos de validação, como também, para comparar e escolher criteriosamente o modelo indicado para cada artigo. Foram tidos em conta quatro indicadores:

- Erro Quadrático Médio;
- Estatística de U de Theil;
- Erro Médio;
- Índice de Correlação de Erros Consecutivos;

O erro quadrático médio serviu como principal critério de comparação entre modelos diferentes, ao passo que a estatística de U permitiu avaliar, em termos absolutos, a utilidade da melhor *previsão* obtida, por comparação com o método *naive*. O erro médio e o índice de correlação, ao contrário dos anteriores, não foram analisados diretamente, servindo apenas de estimadores nos testes de hipóteses ao valor esperado e à correlação dos erros consecutivos.

Como referido anteriormente, para os artigos de Portugal que possuem amostras de maior dimensão, não foram contabilizados os erros referentes ao primeiro semestre de 2014, interpretando esses meses como o período de ajuste do modelo à série temporal. Indicadores como o erro percentual médio e o erro percentual absoluto médio, adquirem, na maioria dos casos, menor relevância, dada a existência na maior parte dos artigos de muitos *data points* com valores próximos de (ou iguais) a zero, pelo que não foram tidos em consideração.

Relativamente à análise de *outliers* exigiu-se alguma cautela para o caso concreto da EE. Por um lado, o mercado opera de um modo já de si imprevisível, tornando a existência de *outliers* de certa forma esperada. Para além disso, o horizonte temporal é tão curto que não é verosímil afirmar, com grau elevado de certeza, que os valores extremos fogem efetivamente ao comportamento típico da procura e não são o resultado de padrões (como a sazonalidade) ainda não identificados devido à escassez de informação. Deste modo, para os artigos de Espanha, definiu-se como critério eliminar apenas registos extremamente díspares, que divergissem da previsão por um valor superior ao triplo do desvio-padrão dos erros. No Gráfico 12, está um exemplo de um artigo para Portugal para o qual foram identificados e substituídos *outliers* e, posteriormente, se gerou uma nova previsão - Gráfico 34 do Anexo W. De notar que o desvio-

padrão baixa e, conseqüentemente, a amplitude do IC diminui, o que pode levar ao aparecimento de novos *outliers*. No entanto, estes devem permanecer intocados, pois a sua substituição já entraria no campo do *overfitting*.

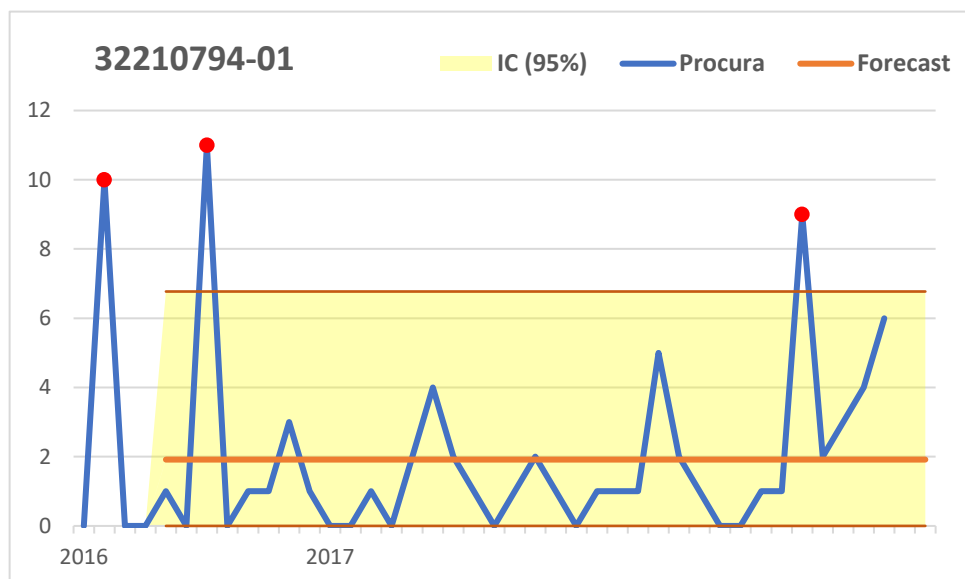


Gráfico 12 – Previsão – Cella 322170010-01 IS 375 + EQUIP. + ACESSÓR com amortecimento exponencial simples.

4.1.3 Procura Conhecida

De forma a complementar os métodos estatísticos, foi tido em consideração outro fator relevante – as encomendas feitas com elevada antecedência. O *lead time* de entrega ao cliente, brevemente mencionado no capítulo 3.3, apresenta uma média de 6.3 semanas - Tabela 34 do Anexo I. Restringindo a análise apenas aos produtos *standard*, verifica-se que, apesar de serem produtos de alta rotação de *stock*, o seu prazo de entrega tem uma distribuição idêntica ao dos restantes artigos, com valores de média e desvio-padrão quase iguais – comparar valores da Tabela 34 do Anexo I com os da Tabela 17.

Em alternativa, é igualmente perceptível a semelhança entre ambas as distribuições pela comparação do Gráfico 21 com o Gráfico 22 do Anexo I. Cerca de 15% das encomendas têm um prazo superior a 12 semanas (3 meses), estando fora do horizonte temporal da previsão. Esta percentagem aumenta para 23% para prazos superiores a 2 meses e 44% para previsões a 1 mês - Tabela 18. Existe, portanto, matéria-prima para aumentar a precisão das previsões. A metodologia adotada para fazer uso desta informação baseou-se, com algumas adaptações, no modelo proposto por (Abuizam and Thomopoulos 2011), introduzido na secção 2.1.4. Segue um exemplo empírico do modelo de ajuste da previsão pela procura conhecida.

Tabela 17 - Distribuição do prazo de entrega ao cliente, dos Postos de Transformação vendidos pela Efacec Equipos Transformação que incluíam celas e/ou transformadores *standard* com destino a Espanha e Portugal, entre janeiro de 2016 e maio de 2017.

LT - Semanas	[0-1]	[1-2]	[2-4]	[4-8]	[8-12]	>12
Nº de Encomendas	60	49	76	79	27	52
% Acumulada	17%	32%	54%	77%	85%	100%
Média	6.6 semanas					
Desvio-Padrão	9.5 semanas					

Este exemplo corresponde ao ajuste da previsão (no final de maio) da procura para o mês de junho, da cela NFX 24 32210090-01. A previsão inicial de 4.4 unidades foi ajustada segundo encomendas conhecidas de 7 unidades, a partir de uma estimativa da probabilidade de antecipação de uma encomenda de 64% - Equações (1) a (3). Sendo $\hat{X}_t < 10$, a função densidade de probabilidade de X_j foi dada pela distribuição de Poisson, truncada para $X_j \geq 7$. Na Tabela 18, encontram-se os valores que conduziram ao cálculo da nova previsão $\hat{n}_t = 8.585$. As expressões de cálculo dos parâmetros da tabela podem ser consultadas nas Equações (4) a (11).

Convém sublinhar que, para além da estimativa de θ , foram feitas outras simplificações ao modelo. A metodologia original calculava separadamente o número de encomendas previsto, alinhando posteriormente essa variável com a dimensão média de cada encomenda. Optou-se por calcular diretamente a quantidade total da procura uma vez que a dimensão das encomendas na Efacec Equipos é bastante regular. Raramente são vendidos dois Postos de Transformação iguais e, as celas normalmente entram nos PTs em quantidades fixas. Referir também que, embora os valores de *previsão* sejam aqui exibidos com precisão à casa decimal, a procura consiste em valores inteiros.

$$\hat{X}_t = 4.4 \quad (1)$$

$$X_{at} = 7 \quad (2)$$

$$\hat{\theta} = 0.64 \quad (3)$$

$$\hat{P}(X_j) = \int_{j-1}^j p(x_t) \quad : \quad X_t \sim \text{Poisson}(\lambda = \hat{X}_t) \quad (4)$$

$$P(X_j) = \begin{cases} 0, & X_j < X_{at} \\ \hat{P}(X_j) / \int_0^{X_{at}} \hat{p}(X_j), & X_j \geq X_{at} \end{cases} \quad (5)$$

$$\int_0^{X_{at}} \hat{p}(X_j) = \sum_{j=0}^{X_{at}} \hat{P}(X_j) = \hat{P}(0) + \hat{P}(1) + \hat{P}(2) + \dots + \hat{P}(6) \quad (6)$$

$$\int_0^{X_{at}} \hat{p}(X_j) = \sum_{j=0}^{X_{at}} \hat{P}(X_j) = 0.012 + 0.053 + \dots + 0.125 = 0.161 \quad (7)$$

$$P(X_{at} | X_j) = \begin{cases} 0, & X_j < X_{at} \\ P(X_{at}) : X_{at} \sim B(X_j, \theta) \end{cases} \quad (8)$$

$$P(X_{at}) = \sum_j P(X_{at} | X_t) \cdot P(X_j) = 0.045 * 0.494 + 0.129 * 0.274 + \dots = 0.109 \quad (9)$$

$$P(X_j | X_{at}) = \frac{P(X_{at} | X_j) \cdot P(X_j)}{P(X_{at})} \quad (10)$$

$$\hat{n}_t = E(X_t | X_{at}) = \sum_j X_j \cdot P(X_j | X_{at}) = 7 * 0.205 + 8 * 0.325 + \dots = 8.585 \quad (11)$$

Tabela 18 - Ajuste da previsão pelo modelo de Abuizam e Thomopoulos

X_j	$\hat{P}(X_j)$	$P(X_j)$	$P(X_{at} X_j)$	$P(X_j X_{at})$	$X_j \cdot P(X_j X_{at})$
0	0,012	-	-	-	-
1	0,053	-	-	-	-
2	0,117	-	-	-	-
3	0,172	-	-	-	-
4	0,191	-	-	-	-
5	0,169	-	-	-	-
6	0,125	-	-	-	-
7	0,079	0,494	0,045	0,205	1,435
8	0,044	0,274	0,129	0,325	2,599
9	0,022	0,135	0,208	0,257	2,317
10	0,010	0,060	0,248	0,136	1,360
11	0,004	0,024	0,244	0,054	0,593
12	0,001	0,009	0,209	0,017	0,205
13	0,000	0,003	0,162	0,005	0,059
14	0,000	0,001	0,116	0,001	0,014
15	0,000	0,000	0,078	0,000	0,003
16	0,000	0,000	0,049	0,000	0,001
17	0,000	0,000	0,030	0,000	0,000
18	0,000	0,000	0,018	0,000	0,000
19	0,000	0,000	0,010	0,000	0,000
20	0,000	0,000	0,005	0,000	0,000
21	0,000	0,000	0,003	0,000	0,000
22	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000
Σ	1,000	1,000		1,000	$\hat{n}_t = 8,585$

No Gráfico 14, encontra-se a representação gráfica da previsão a um mês da cela mencionada anteriormente, após o ajuste com a probabilidade condicionada de Bayes, por oposição à previsão antes do ajuste, presente no Gráfico 13. Como é facilmente perceptível, o *lead time* de entrega ao cliente na EE permite gerar previsões quase perfeitas para o mês seguinte. Como se vai verificar de seguida, no capítulo 4.1.4, este caso trata-se de um exemplo representativo do comportamento do modelo na grande maioria dos artigos. Para a previsão com antecedência de dois e três meses, as melhorias são também significativas, embora não tão gritantes.

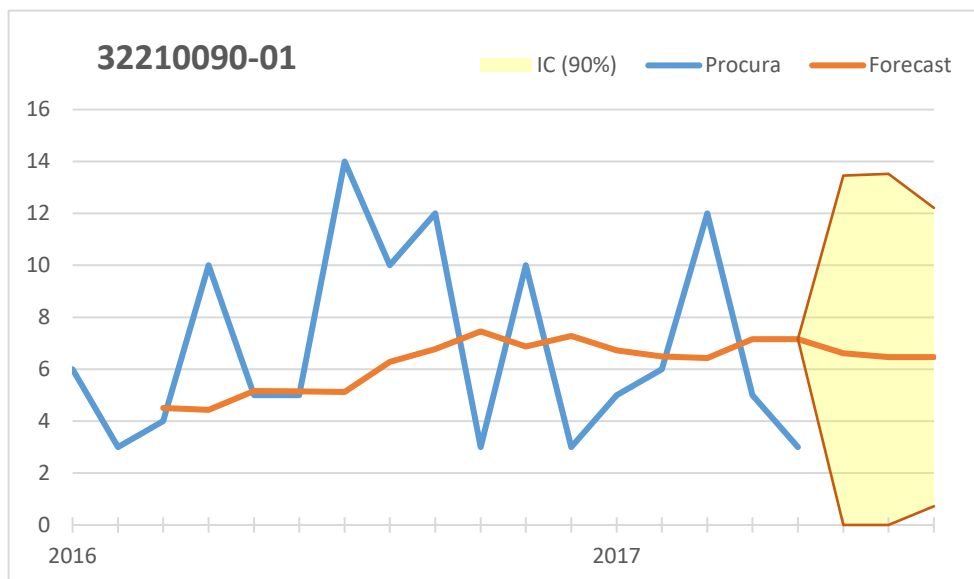


Gráfico 13 - *Previsão – Cella 32210090-01 NX 24kV IS 375 - 20kA - SP com amortecimento exponencial simples.*

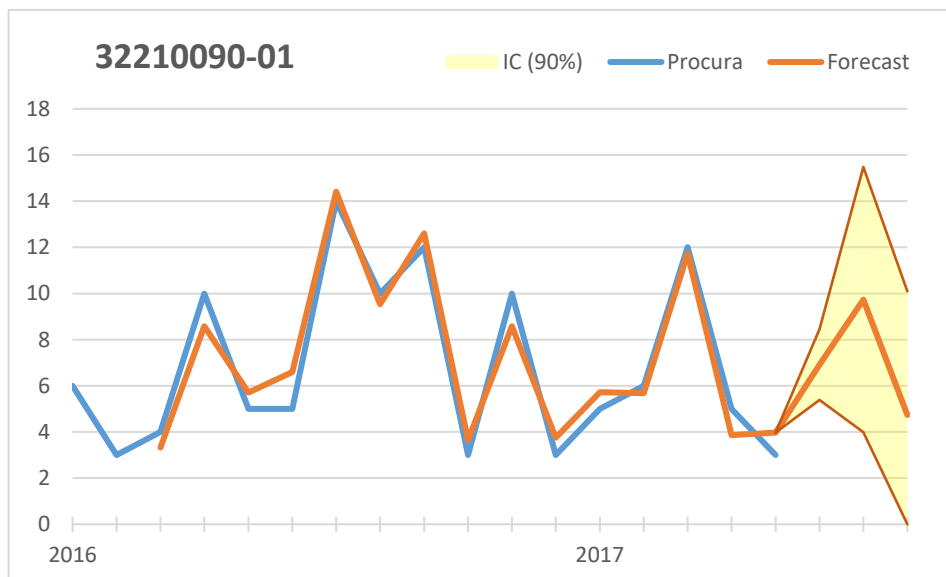


Gráfico 14 - *Previsão – Cella 32210090-01 NX 24kV IS 375 - 20kA - SP com amortecimento exponencial simples e ajuste à procura conhecida.*

4.1.4 Resultados

No Anexo X (Tabela 43 e Tabela 44) encontram-se os dados detalhados da *performance* da previsão (antes do ajuste com a probabilidade de Bayes) para todas as celas e transformadores *standard*, estando a informação sintetizada na Tabela 19. Tal como esperado, o amortecimento exponencial simples foi aquele que apresentou melhores resultados para a esmagadora maioria dos artigos. De notar também que o desvio-padrão e os erros quadráticos médios apresentam valores idênticos para previsões a um, dois e três meses, característica típica de *previsões* pouco reativas, com taxas de amortecimento reduzidas (normalmente, os erros a três meses não apresentam valores inferiores do EQM). Cerca de 7% das séries apresentaram valores da estatística de U superiores à unidade, o que vem comprovar que, dada a escassez de dados, em alguns casos a previsão tem pouca utilidade. Por outro lado, o curto horizonte temporal acaba por, de certa forma, amenizar o facto de algumas séries terem também chumbado nos testes ao valor esperado dos erros, pois ainda é cedo para prever se o *bias* e a correlação implicam, de facto, causalidade (apenas falharam no teste artigos de Espanha).

O mais interessante, porém, é analisar o impacto que a aplicação do modelo de Abuizam e Thomopoulos teve em todos estes indicadores - Tabela 20. O ajuste da procura com as encomendas antecipadas teve um impacto positivo em todas as *previsões* a um mês e na esmagadora maioria das previsões a dois e três meses. Tal melhoria resultou em descidas significativas dos desvios-padrão dos erros, que, como vai ser perceptível na parametrização da política de encomenda na secção 4.2, permitem reduzir consideravelmente os stocks de segurança. Esta melhoria vai, de resto, de encontro ao esperado, tendo em conta a distribuição do *lead time* de entrega ao cliente analisado previamente.

Tabela 19 – Quadro-Resumo dos resultados da previsão.

Tipo	Séries ²⁴	Método		EQM			Desvio-Padrão ²⁵			Testes ²⁶		
		AES	T&L	1 ²⁷	2	3	1	2	3	VE	Correl	U
Celas	57	54	3	7,0	7,3	6,9	2,3	2,4	2,4	2	5	6
Trafos	45	43	2	0,2	0,5	0,5	0,3	0,6	0,6	0	1	0
TOTAL	102	97	5	4,2	4,6	4,3	1,5	1,7	1,7	3	6	6

Tabela 20 – Quadro – Resumo dos resultados da previsão, após ajuste com o teorema da probabilidade condicionada de Bayes.

Tipo	Séries	Bayes ²⁸			EQM			Desvio-Padrão			Testes		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	VE	Correl	U
Celas	57	100%	86%	71%	0,7	4,5	4,1	0,7	1,8	1,8	0	0	2
Trafos	45	100%	100%	86%	0,2	0,5	0,5	0,3	0,6	0,6	0	0	0
TOTAL	99	100%	91%	77%	0,5	2,9	2,7	0,6	1,3	1,3	0	0	2

²⁴ N° de séries temporais estudadas. Para cada referência, foram geradas três *previsões* (a um, dois e três meses).

²⁵ Desvio-Padrão dos erros do *previsão*.

²⁶ N°. de séries que falharam em cada teste. No caso da coluna estatística da U, apesar de não se tratar propriamente de um teste (é mais um indicador), os valores representam o número de vezes que esta foi superior a 1.

²⁷ Meses de antecedência do *previsão*.

²⁸ Percentagem de séries que apresentaram erro quadrático médio inferior com o ajuste pela procura antecipada.

O número de artigos com estatística de U superior à unidade também baixou, sendo que as séries que chumbam no teste pertencem ao grupo cujo ajuste da previsão não trouxe benefícios – consultar a lista completa na Tabela 45 e Tabela 46 do Anexo Y . Há séries que não apresentam valores de prova nos testes aos erros, pois correspondem a *previsões* quase perfeitas, com erros muito próximos de zero e, nesses casos, os valores de prova não são indicadores fiáveis.

4.2 Política de Encomenda

Para a gestão dos artigos *standard*, optou-se por seguir uma política de revisão periódica mensal, decisão condicionada por vários fatores.

Em primeiro lugar, a EE está limitada às restrições impostas pelos fornecedores, nomeadamente a Efacec India, cujos artigos são transportados por via marítima, sendo as compras, por questões de economias de escala, aglomeradas numa única encomenda mensal, faturada e transportada em conjunto com os produtos destinados à Efacec SWG Portugal, impossibilitando, à partida, a viabilidade de métodos de revisão periódica com tempo entre encomendas inferiores a trinta dias para celas oriundas deste fornecedor. Para além disso, a parametrização de métodos de revisão contínua requer um estudo mais complexo e aprofundado, baseado numa análise a um número maior de variáveis para a qual não existe, pelo menos ainda, volume de informação e grau de fiabilidade suficientes.

Por outro lado, a EE está ainda numa fase prematura no que diz respeito às encomendas para *stock*, sendo que a implementação deste novo método vai resultar em alterações no processo de planeamento da empresa. A estratégia passa, portanto, por fazer uma gestão da mudança faseada e não excessivamente disruptiva, optando, pelo menos a curto prazo, por métodos mais simples para, no futuro, quando existirem dados suficientes e os processos já estiverem bem implementados, existir uma base sustentada para explorar outras opções. Seguindo a mesma ótica, optou-se por utilizar *time buckets* semanais, uma vez que a complexidade de fazer uma análise ao dia não traria benefícios significativos.

4.2.1 Definição dos Stock de Segurança

Segue-se um exemplo prático do cálculo da encomenda do SAK Normafix 24 32211036-01, efetuada no final da última semana de maio com chegada prevista para o início da terceira semana de julho. É conhecido o *stock on-hand* (21 unidades), assim como a média e o desvio-padrão do *lead time* da Efacec India. Foram também calculadas as previsões da procura para os meses de Junho, Julho e Agosto e o respetivo desvio-padrão dos erros. É esperada a chegada de uma encomenda de quatro unidades no início da terceira semana de Junho, sendo que, tal como estabelecido anteriormente, o tempo entre encomendas está fixado nas quatro semanas. Os dados estão listados em baixo. Por questões de notação, considerou-se a última semana de Maio como o período $j = 0$:

$$S_0 = 21 \text{ unidades}; \quad R_3 = 4 \text{ unidades}$$

$$LT = 6 \text{ semanas}; \quad \sigma_{LT}^2 = 1 \text{ semana} \quad T' = 4 \text{ semanas}$$

$$F_{Junho} = 8,7 \quad F_{Julho} = 28,2 \quad F_{Agosto} = 13,5$$

$$\sigma_{Junho} = 1,91 \quad \sigma_{Julho} = 6,22 \quad \sigma_{Agosto} = 5,46$$

Pretende-se, portanto, decidir a quantidade ótima a encomendar na última semana de maio (X_0), que chegará, em princípio, no início da terceira semana de julho ($j = 6$). O desvio-padrão da procura durante o período de revisão $\sigma_{0,10}$ é calculado pela expressão deduzida na Eq. (10) (cap. 2.2.1) e, posteriormente complementado com a incerteza no *lead time*, através das expressões das Equações (14) e (15) do capítulo 2.2.1:

$$\sigma_{iT} = \sqrt{\sum_{j=1}^T \text{Var}(f_j)} = \sqrt{1,91^2 + 6,22^2 + \frac{1}{2} \cdot 5,46^2} = 7,05 \quad (18)$$

$$\text{Var}(S_{i+T}) = 7,05^2 + \sum_{j=11}^2 \frac{f_j}{A} = 1 \cdot \frac{3,4 + 3,4}{2} = 86,65 \quad (19)$$

$$\sigma'_{iT} = \sqrt{86,65} = 9,31 \quad (20)$$

Neste caso, considerou-se $A = 2$, uma vez que, para o fornecedor deste artigo – Efacec India – definiu-se um *lead time* com valor esperado de 6 semanas, com intervalo de confiança de mais ou menos 2 semanas. O valor de f_j para as semanas 11 e 12 é de 3,4 (igual ao das duas primeiras semanas de agosto). O stock de segurança SS_{10} , para é dado pela expressão da Eq. (16) (cap. 2.2.1):

$$SS_{10} = 1,64 \cdot 9,31 = 15,31 \quad (21)$$

A quantidade a encomendar obtém-se pela Eq. (2) - cap. 2.2.1 - substituindo o valor do *stock* no período crítico S_{i+T} pelo respetivo *stock* de segurança $SS_{10} = 15,31$ e os valores da procura D_j pela respetiva previsão. O resultado, arredondado às unidades, resulta numa encomenda de trinta e quatro SAKs. O *master production schedule* associado a estes cálculos está exposto na Tabela 21.

$$X_0 = SS_{10} - S_0 - \sum_{j=1}^{10} R_j + \sum_{j=1}^{10} f_j \quad (22)$$

$$X_0 = 15,31 - 21 - (4) + (8,7 + 28,2 + 3,4 + 3,4) = 33,7 \quad (23)$$

Tabela 21 – MPS do SAK Normafix 24 32211036-01 para os meses de junho, julho e agosto.

Mês	Maio	Junho				Julho				Agosto	
Semana (j)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Previsão Mês (F_j)		8,7				28,2				13,5	
Previsão Sem. (f_j)		2,2	2,2	2,2	2,2	7,0	7,0	7,0	7,0	3,4	3,4
Receções (R_j)		0	0	4	0	0	0	34	0	0	0
Stock (S_j)	21	18	16	18	16	9	2	29	22	18	15
Encomendas (X_j)	34	0	0	0	13	0	0	0	14	0	0

4.2.2 Resultados Esperados

Depois de definidos os métodos de previsão e estabelecida a política de encomenda, o passo seguinte consistiu em estimar o impacto que estes poderão ter ao nível das roturas e do fundo de maneio, usando como *benchmark* os indicadores calculados a partir dos registos atuais de inventário, analisados previamente na Tabela 11 do capítulo 3.4.

Tal como tinha sido referido no capítulo 1.2.1, não foram estabelecidas metas quantitativas, pois o que pretendia era fazer uma análise custo-benefício entre nível de serviço ao cliente e necessidades de fundo de maneio. Esta análise foi possível, embora talvez não ao nível de detalhe desejado. A informação disponível não permitia aferir, com grau de relevância aceitável, parâmetros como o custo de capital, custo de rotura e custo de armazenamento, pelo que se optou por critérios um pouco mais rudimentares, mas, em contrapartida, mais adequados à situação em estudo.

Para estimar indicadores como o *stock* médio e frequência e duração de roturas, optou-se por um modelo de simulação, no qual, para cada artigo, através da geração de números aleatórios entre zero e um, se fez variar a procura segundo uma distribuição normal com desvio-padrão estimado pelos erros da previsão e valor esperado estimado pela média da procura, tendo em conta os registos desde janeiro de 2016 (uma vez que nenhuma das *previsões* é influenciado pela sazonalidade, é verosímil fazer uma aproximação pela procura média). Fez-se variar a procura ao longo de 4000 iterações (cada iteração correspondente a um mês) e registou-se a performance da nova política de encomenda, caso esta tivesse sido aplicada ao longo desse período.

Foi, feito para cada caso, uma análise do *trade-off* entre a probabilidade de rotura e o *stock* médio. No Gráfico 15, encontra-se o exemplo do o SAK Normafix 24 32211036-01. Na ausência de informação relativa a custos de capital, armazém e de rotura, optou-se pela regra do cotovelo, que, neste caso, deu como ótimo o ponto que corresponde a um *stock* médio mensal de 13 mil euros e uma probabilidade de roturas de 4%.

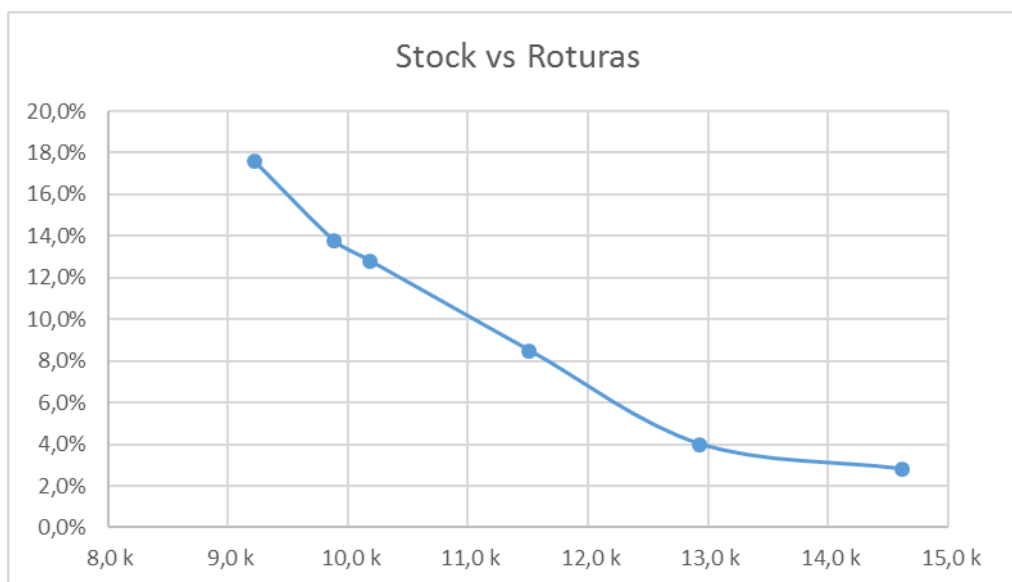


Gráfico 15 – Relação entre o *stock* médio mensal e a probabilidade de rotura para o SAK Normafix 24 32211036-01.

Na Tabela 47 e Tabela 48 do Anexo Z, encontram-se o valor de roturas e *stock* médio associado ao ponto ótimo encontrado para cada artigo, assim como outros indicadores estimados como a dimensão (em número de unidades) a duração média (em dias) e o número médio de roturas por ano. Para a maioria das celas e transformadores, o ponto ótimo encontrado pela regra do cotovelo rondou os 5%, com exceção de parte dos artigos com consumo médio mensal inferior

a uma unidade, que, por questões de arredondamentos, apresentaram valores ótimos um pouco mais díspares.

A informação relativa aos artigos com destino a Espanha, encontra-se sintetizada no quadro-resumo da Tabela 22. Os transformadores, em grande parte devido à desagregação da sua procura em múltiplas referências com poucos consumos, continuam com uma taxa de cobertura elevada. Este dado sugere que o modelo demonstra ter menos utilidade ao lidar com artigos que consomem em baixas quantidades – houve inclusive um transformador, cuja procura era tão baixa que, para uma probabilidade de rotura de 6%, apresentou *stock* de segurança nulo.

Fazendo a comparação com os valores anteriores à implementação do modelo - Tabela 23 – é possível constatar a existência de melhorias significativas, não só ao nível da redução de stocks, como também na ocorrência e duração de roturas. Estima-se ser possível diminuir o número de dias em rotura para um terço e, em simultâneo, reduzir o *stock* dos artigos *standard* em 200 mil euros (45%), o que, no inventário total de celas e transformadores (Tabela 1) significa uma diminuição de 18%.

Convém, contudo, não olhar para os dados com um otimismo exagerado. É necessário estar ciente de todas as simplificações efetuadas e pressupostos assumidos, desde as melhorias no *lead time* devido a projetos paralelos (que podem não acontecer no imediato) até às aproximações efetuadas no cálculo do *lead time* forçadas pela escassez de informação com a qual se trabalhou.

Tabela 22 - Quadro-Resumo do inventário e consumos de stock dos artigos *standard* para o mercado espanhol, agregados por família de produto, após a nova política de encomenda

Tipo	Dias em Rotura	Nº de Roturas	Dim. Média	Dur. Média	St. Médio	St. Médio €	Consumo Méd. Mens.	Taxa Cob.
FFx 24	3,6 d	0,3	1,3	12	12	€ 28k	€ 16k	1,8
FFx 36	7,4 d	0,6	1,2	13	18	€ 63k	€ 43k	1,5
NFx 24	5,2 d	0,5	1,6	10	46	€ 52k	€ 33k	1,6
Cela	5,8 d	0,5	1,4	11	76	€ 143k	€ 91k	1,6
Trafo	6,4 d	0,5	0,9	14	18	€ 97k	€ 33k	3,0
Total	5,5 d	0,5	1,2	12	94	€ 240k	€ 124k	1,9

Tabela 23 - Quadro-Resumo do inventário e consumos de stock dos artigos *standard* para o mercado espanhol, agregados por família de produto, após a nova política de encomenda, representado em melhorias percentuais, por comparação dos dados da Tabela 22 com os da Tabela 11.

Tipo	Dias em Rotura	Nº de Roturas	Dim. Média	Dur. Média	St. Médio	St. Médio €	Consumo Méd. Mens.	Taxa Cob.
FFx 24	-75%	-86%	-	82%	-	-56%	-23%	-43%
FFx 36	-58%	-30%	-	-41%	-	-59%	-2%	-58%
NFx 24	-85%	-80%	-	-25%	-	-31%	-17%	-17%
Cela	-76%	-73%	-	-14%	-	-51%	-12%	-44%
Trafo	-70%	-40%	-	-47%	-	-33%	0%	-33%
Total	-67%	-50%	-	-26%	-	-45%	-9%	-40%

5 Implementação

5.1 Objetivos

Neste capítulo vão ser brevemente descritas algumas das funcionalidades das ferramentas desenvolvidas para incorporar a política de encomenda e os métodos de *previsão* no processo de gestão de inventário da Efacec Equipos.

A ferramenta consiste essencialmente numa interface de auxílio à tomada de decisão que permite gerar automaticamente, no momento de revisão periódica, a previsão de vendas de cada artigo para os meses seguintes e, com base nesse *input*, calcular a quantidade a encomendar. Foi definido como principal requisito para esta ferramenta a simplicidade de execução, de modo a ser um elemento, acima de tudo, facilitador (e não complicador) que seja capaz de sistematizar processos e maximizar a poupança de tempo.

No entanto, exigiu-se também que a aplicação, apesar de ser capaz de fazer a extração, tratamento e exposição de dados de modo 100% automático, possua também a capacidade de dar ao utilizador, caso este o pretenda, flexibilidade para parametrizar o modelo.

5.2 Funcionalidades

A principal funcionalidade desta ferramenta é o cálculo automático, não só da previsão, como também dos *stocks* de segurança e da quantidade a encomendar, sugerindo, ao utilizador, valores por defeito. No entanto, este pode, se considerar relevante, analisar cada artigo mais detalhadamente. Na Figura 4, está um exemplo da interface para o artigo Normafix 24 32210090-01.

A encomenda sugerida, de dezoito unidades, feita no início da primeira semana de junho (ou final da primeira semana de maio) tem chegada prevista para o início da terceira semana de julho. Deste modo, o *stock* previsto para o final da segunda semana de agosto (fim do período de revisão T) coincide com o *stock* de segurança calculado – treze unidades. No entanto, o espaço de tempo entre o período atual e a chegada desta encomenda está, de certa forma, fora do controlo do gestor, pois, independentemente da quantidade encomendada agora, uma vez que o *lead time* é igual a seis semanas, só é possível tomar ações que influenciem períodos com distância temporal superior a seis semanas.

A interface dá ao utilizador visibilidade sobre o estado do inventário previsto para estes períodos e atribui graus de criticidade ao stock previsto para cada um deles. A fronteira entre a zona amarela e a zona verde coincide, no período mais distante, com o stock de segurança (neste caso, de treze unidades) calculado para um nível de serviço de 95% (5% de probabilidade de rotura). Porém, à medida que a distância temporal diminui, o mesmo sucede com a incerteza, pelo que, para a mesma probabilidade de rotura, dependendo da distância temporal, o stock previsto correspondente será menor.

Por exemplo, para o final da primeira semana de junho, está previsto um stock de cinco unidades com probabilidade de rotura inferior a 5% (dentro da zona verde). Por outro lado, para a primeira semana de julho está previsto um *stock* de seis unidades, que, devido ao maior distanciamento temporal (e consequente incerteza associada à procura) possui uma probabilidade de rotura superior ao stock da primeira semana de junho, adquirindo um nível de criticidade maior (amarelo). Esta comparação entre períodos é particularmente importante no caso da Efacec, pois é comum as suas unidades enfrentarem contextos de escassez de recursos, nos quais é necessário estabelecer critérios de priorização para uma alocação mais eficiente desses mesmos recursos.

Por exemplo, as unidades rececionadas provenientes da encomenda efetuada no período atual aparecem sinalizadas a vermelho, pois, prestando alguma atenção ao detalhe, percebe-se que o

stock no período imediatamente anterior se encontra num nível crítico, bastando um atraso de apenas uma semana para que, tendo em conta a procura real já existente para a semana seguinte, o artigo entre em rotura.

O fornecedor do artigo (neste caso a Efacec SWG PT), apresenta frequentemente atrasos nas entregas (pelo menos enquanto as novas medidas ainda tiverem sido completamente estabelecidas), muito por causa de falta de componentes para produzir, não possuindo, por vezes em stock, artigos suficientes para servir todas as necessidades dos seus clientes. Deste modo, a encomenda da Efacec Equipos para o período em questão seria dada como prioritária. Por outro lado, a encomenda de três unidades prevista para a última semana de junho, pode ser adiada por uma semana, sem consequências.

Se o gestor prever, ou for informado que, para determinada encomenda, o *lead time* será particularmente superior (ou inferior) ao estabelecido por defeito, pode alterar esse parâmetro e o modelo recalcula o stock de segurança, a quantidade a encomendar e a previsão do *stock*. A mesma flexibilidade existe para o tempo entre encomendas, pois embora, pelo menos numa fase inicial, a estratégia passe, na ótica da simplificação de processos, por manter este parâmetro inalterado, pode ser interessante modificá-lo meramente por questões de análise de sensibilidade.

O utilizador possui também a possibilidade de alterar a previsão, caso tenha motivos que o levem a crer ser capaz de fazer uma previsão mais precisa que o modelo. No caso de se registarem *outliers*, a interface requisita ao gestor que adicione um comentário ao período em questão, caso exista um fator externo que explica o aparecimento desse valor.

Esta é uma ferramenta ainda em fase experimental, com margem de progressão considerável, que se espera que vá melhorando à medida que o volume de informação e o nível de sistematização da nova política vá evoluindo.

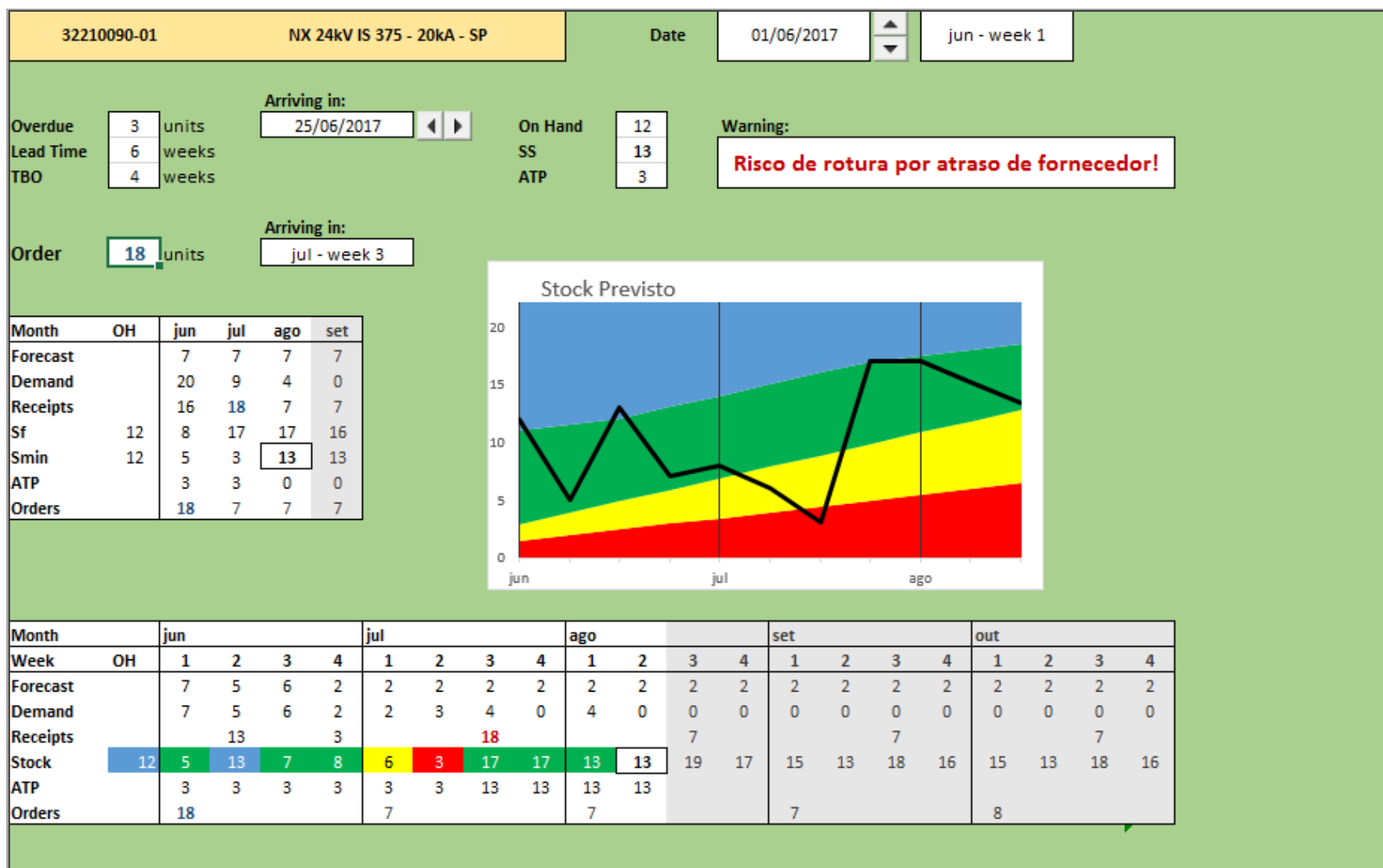


Figura 4 – Interface de auxílio à tomada de decisão.

6 Conclusões

Ao longo desta dissertação, foi analisada, a vários níveis, uma unidade de Postos de Transformação que, apesar das suas excelentes valências ao nível do desenvolvimento de produto e capacidade de prospeção de mercado, enfrenta dificuldades ao nível da gestão de inventário e do controlo da cadeia de abastecimento que lhe retiram, até certo ponto, margem de manobra para atingir o seu potencial em termos de quota de mercado.

Este estudo permitiu perceber a maneira como a imprevisibilidade da procura por parte do cliente, ao coincidir com tempos de aprovisionamento incertos por parte do fornecedor pode ter consequências danosas no fundo de maneo de uma empresa. Os malefícios do cruzamento destes dois fatores ficaram bem latentes com a persistência de taxas de cobertura elevadíssimas, grande diversidade de produtos com baixa rotação de *stock*, existências de um volume considerável de artigos obsoletos em armazém e, por último, inúmeras roturas de *stock*, inclusive nos artigos mais vendidos.

Porém, a principal ilação a retirar deste projeto é a magnitude dos efeitos positivos que advêm da utilização de métodos de previsão e de gestão de inventário, por mais rudimentares que estes possam parecer, mesmo num contexto adverso ao nível das condições de recolha e tratamento da informação. Apesar de todas as dificuldades associadas a este processo e das restrições impostas pelo contexto comercial e condicionantes da cadeia de abastecimento, prevê-se, para os artigos em estudo, redução de dias em rotura na ordem dos 65% e diminuição do *stock* médio mensal de 45% o que, de certa forma, superou as expectativas iniciais.

Embora seja prudente gerir estes resultados com cautela, uma vez que foram assumidos muitos pressupostos que podem não corresponder à realidade, não é de todo descabido formular o raciocínio inverso e constatar que, uma vez que se conseguiram resultados bastante animadores com poucos recursos, é evidente a existência de potencial para, quando, a curto prazo existir informação em maiores quantidades e maior grau de fiabilidade, ambicionar atingir resultados bastante mais positivos.

7 Trabalhos Futuros

O ponto forte deste estudo consiste, sem sombra de dúvida, na margem de progressão que apresenta, como, de resto, ficou vincado nas conclusões.

O aspeto que suscita mais perspetivas de melhoria é a previsão, uma vez que, dentro de apenas 18 meses vai ser possível analisar dados com o dobro da informação que este estudo utilizou. Este fator será fundamental no sentido em que permite explorar a existência de padrões como tendência e sazonalidade e, posteriormente, estudar a aplicação de modelos mais complexos, como por exemplo, o Holt-Winters.

Por outro lado, assim que o processo de transformação que decorre nos parceiros do Grupo Efacec terminar, vai ser possível estimar os parâmetros do *lead time* um grau de certeza muito maior. Pretende-se também, com o aumento do espaço amostral, analisar o contributo marginal de cada fator para a variação do *lead time*, nomeadamente elaborar uma análise individual por artigo, encontrar correlação nas encomendas, por fornecedor, ou inclusive analisar a distribuição do *Lead Time* ao longo do ano civil (estudar, por exemplo, se o *LT* da Índia é afetado sistematicamente pelas monções).

Outra questão, também relacionada com a previsão, mas um pouco mais específica, diz respeito ao ajuste da previsão pela procura conhecida. O modelo adotado apresentou resultados bastante animadores, mas pode ser ainda mais refinado, nomeadamente na estimativa da probabilidade de antecipação das encomendas (θ) que foi, até agora, simplificada. Seria também relevante, ainda neste âmbito, fazer uma análise mais cuidada dos casos em que se regista um desvio-padrão da previsão a três meses inferior ao da previsão a dois meses. Este fenómeno, embora por vezes explicado pela aleatoriedade natural deste tipo de variáveis, pode significar que, em determinados casos, é preferível a utilização do desvio-padrão associado ao *lead time* mais longo.

Noutro tema, a análise à procura no capítulo 3.3, realizou-se de modo semi-manual, pois exigiu o cruzamento de informação de várias unidades e tipos de codificação diferentes. Seria interessante, principalmente agora que está cada vez mais estabelecida a partilha e uniformização de informação entre os vários parceiros Efacec, desenvolver um algoritmo, que, através de critérios estatísticos previamente definidos, permitisse identificar automaticamente o surgimento de um novo *artigo standard*. A evolução tecnológica neste tipo de mercado resulta no constante aparecimento de novos produtos, que, por sua vez, vão aos poucos (ou, por vezes, repentinamente) absorvendo a procura dos mais antigos. Logo, é necessário atualizar periodicamente a lista de artigos *standard*, sendo pouco eficiente fazê-lo de modo sistemático e manual.

No capítulo 4.2.2, a análise custo-benefício entre roturas e *stock* foi feita de um modo relativamente superficial. Seria relevante, no futuro, arranjar meios para estimar os custos de capital, armazenagem e de rotura de modo a fazer uma análise mais aprofundada.

Por último, a *interface* brevemente descrita no capítulo 5 é um projeto ainda numa fase inicial mas que se espera, a curto prazo, que incorpore outras funcionalidades, como por exemplo, em caso de risco de rotura mencionar automaticamente qual a encomenda/cliente em risco, ou detetar casos em que o utilizador substitui constantemente a previsão sugerido e, caso apresente melhores resultados, substituir, no cálculo do *stock* de segurança, o desvio-padrão da previsão estatístico pelo desvio-padrão da previsão manual. Apesar destas melhorias a curto prazo, o objetivo passa por, a médio prazo, que esta deixe de ser uma interface em Excel e se torne numa aplicação integrada no ERP da Efacec.

Referências

- Abuizam, Raida, and Nick T. Thomopoulos. 2011. "Adjusting An Existing Forecasting Model When Some Future Demands Are Known In Advance: A Bayesian Technique." 2011 4 (7). doi: 10.19030/jber.v4i7.2689.
- Adl, A. D. Little, and R. G. Brown. 1956. Exponential Smoothing For Predicting Demand. Philip Morris Records 2017.
- Trigg, D. W., and A. G. Leach. 1967. "Exponential Smoothing with an Adaptive Response Rate." Journal of the Operational Research Society 18 (1):53-59. doi: 10.1057/jors.1967.5.
- F. Robert Jacobs, William L. Berry, D. Clay Whybark, Thomas E. Vollmann. 2011. Manufacturing Planning & Control for Supply Chain Management. 6 ed. New York: McGraw-Hill/Irwin.

ANEXO A - Inventário e Taxas de Cobertura - Tabelas

Tabela 24 - Componentes e matérias-primas em inventário, na Efaced Equipos, no primeiro dia de cada mês. Valores em milhares de euros.

Ano	2016												2017					Média	Perc.
Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai		
Celas	577	679	688	884	781	772	750	714	679	624	639	724	630	613	587	488	494	666	34%
Transform.	563	495	500	561	418	466	453	458	491	422	428	522	515	555	526	457	461	488	25%
PBT	145	134	139	156	121	122	138	136	119	143	128	151	143	162	199	200	224	151	8%
Outros	633	626	655	698	672	641	635	659	666	617	624	609	602	624	613	540	544	627	32%
TOTAL	1 917	1 934	1 982	2 299	1 992	2 001	1 976	1 968	1 955	1 806	1 820	2 006	1 891	1 953	1 925	1 686	1 724	1 931	-

Tabela 25 - Evolução dos consumos mensais de matérias-primas e componentes na Efaced Equipos e respetivo inventário no início de cada mês. Valores em milhares de euros.

Ano	2016												2017					Média
Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	
Inventário	1 917	1 934	1 982	2 299	1 992	2 001	1 976	1 968	1 955	1 806	1 820	2 006	1 891	1 953	1 925	1 686	1 724	1 931
Consumos	1 207	1 240	708	1 254	642	805	850	497	430	412	656	610	653	395	703	903	682	744
Tx. de Cob.	1.6	1.6	2.8	1.8	3.1	2.5	2.3	4.0	4.6	4.4	2.8	3.3	2.9	4.9	2.7	1.9	2.5	2.9

Tabela 26 – Inventário, consumos e taxas de cobertura mensais de celas e transformadores entre janeiro de 2016 e maio de 2017. Valores em milhares de euros.

<i>Família de Artigos</i>	<i>Ano</i>	<i>2016</i>												<i>2017</i>					<i>Média</i>
	<i>Mês</i>	<i>Jan</i>	<i>Fev</i>	<i>Mar</i>	<i>Abr</i>	<i>Mai</i>	<i>Jun</i>	<i>Jul</i>	<i>Ago</i>	<i>Set</i>	<i>Out</i>	<i>Nov</i>	<i>Dez</i>	<i>Jan</i>	<i>Fev</i>	<i>Mar</i>	<i>Abr</i>	<i>Mai</i>	
Celas	Inventário	577	679	688	884	781	772	750	714	679	624	639	724	630	613	587	488	494	666
	Consumos	302	319	187	337	261	221	217	148	135	226	305	184	159	167	263	275	407	242
	Tx. de Cob.	1.9	2.1	3.7	2.6	3.0	3.5	3.5	4.8	5.0	2.8	2.1	3.9	4.0	3.7	2.2	1.8	1.2	3.0
Transform.	Inventário	563	495	500	561	418	466	453	458	491	422	428	522	515	555	526	457	461	488
	Consumos	568	587	270	562	352	216	186	77	145	54	123	127	151	138	182	164	168	239
	Tx. de Cob.	1.0	0.8	1.9	1.0	1.2	2.2	2.4	5.9	3.4	7.9	3.5	4.1	3.4	4.0	2.9	2.8	2.7	3.0

Tabela 27 - Inventário, consumos e taxas de cobertura mensais, discriminados por tipo de cela, entre janeiro de 2016 e maio de 2017. Valores em milhares de euros.

<i>Família de Artigos</i>	<i>Ano</i>	<i>2016</i>												<i>2017</i>					<i>Média</i>
	<i>Mês</i>	<i>Jan</i>	<i>Fev</i>	<i>Mar</i>	<i>Abr</i>	<i>Mai</i>	<i>Jun</i>	<i>Jul</i>	<i>Ago</i>	<i>Set</i>	<i>Out</i>	<i>Nov</i>	<i>Dez</i>	<i>Jan</i>	<i>Fev</i>	<i>Mar</i>	<i>Abr</i>	<i>Mai</i>	
Fluofix 36	Inventário	320	385	370	440	350	383	421	367	366	323	301	333	315	282	278	167	167	328
	Consumos	223	210	105	186	86	52	110	52	45	145	177	43	54	90	136	154	235	124
	Tx. de Cob.	1.4	1.8	3.5	2.4	4.1	7.4	3.8	7.1	8.2	2.2	1.7	7.8	5.8	3.1	2.0	1.1	0.7	3.8
Fluofix 24	Inventário	194	220	207	283	291	302	274	256	247	257	249	275	236	240	218	211	252	248
	Consumos	25	87	40	88	70	104	44	30	28	41	58	68	58	47	73	40	70	57
	Tx. de Cob.	7.9	2.5	5.1	3.2	4.1	2.9	6.3	8.4	8.8	6.2	4.3	4.0	4.1	5.1	3.0	5.3	3.6	5.0
Normafix 24	Inventário	58	70	107	131	111	87	55	91	67	44	89	110	80	91	91	108	76	86
	Consumos	55	22	31	64	75	51	63	59	62	37	71	67	42	30	54	64	62	54
	Tx. de Cob.	1.1	3.1	3.4	2.1	1.5	1.7	0.9	1.5	1.1	1.2	1.3	1.6	1.9	3.0	1.7	1.7	1.2	1.8
Normafix 36	Inventário	4	4	4	29	29	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	3	0	5
	Consumos	0	0	10	0	29	14	0	7	0	3	0	6	4	0	0	18	40	8
	Tx. de Cob.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

ANEXO B - Inventário e Taxas de Cobertura - Gráficos

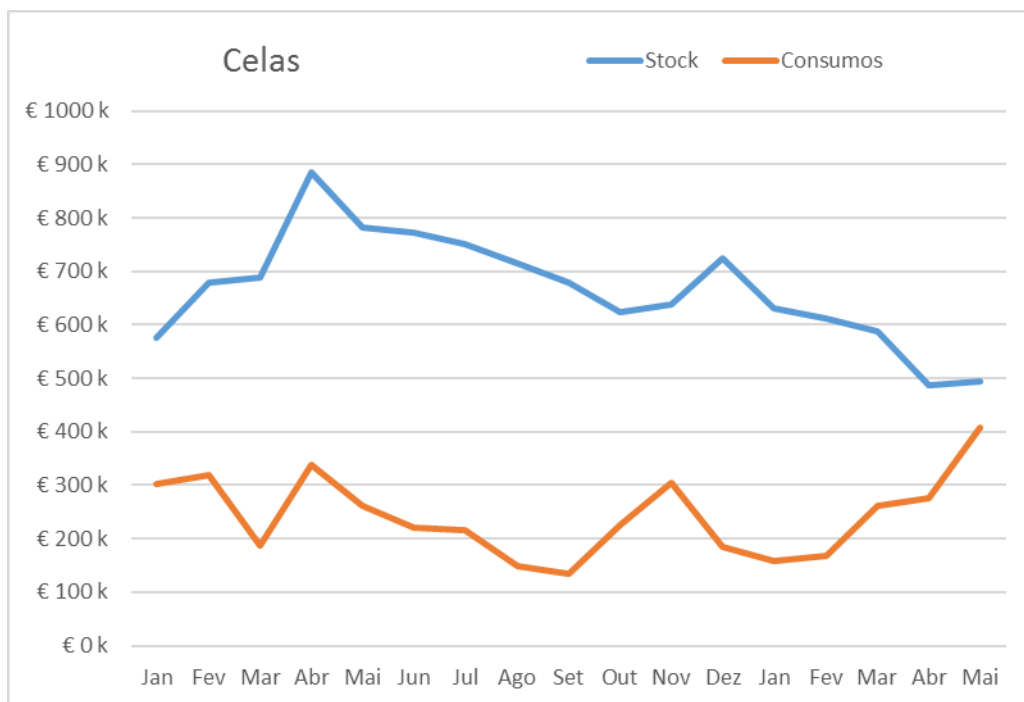


Gráfico 16 – Inventário e consumos de stock de celas entre janeiro de 2016 e maio de 2017. Valores em milhares de euros.

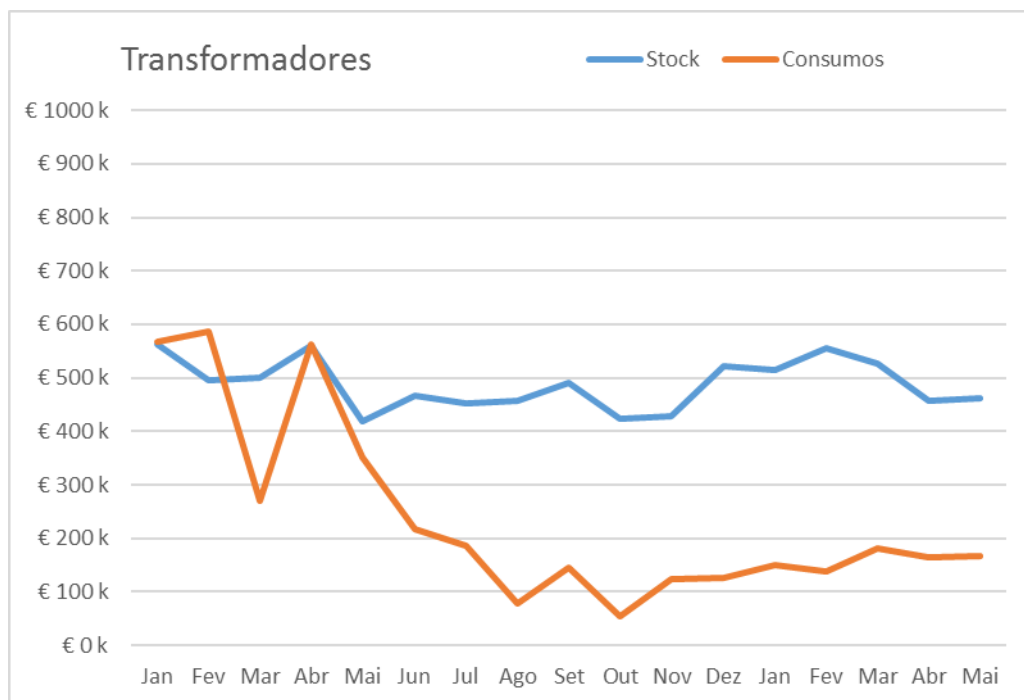


Gráfico 17 – Inventário e consumos de stock de transformadores entre janeiro de 2016 e maio de 2017. Valores em milhares de euros.

ANEXO C - Vendas

Tabela 28 - Custo das vendas realizadas pela Efacec Equipos entre janeiro de 2016 e abril de 2017 discriminado por tipo de produto final. Valores em milhares de euros.

<i>Ano</i>	<i>2016</i>				<i>2017</i>		<i>TOTAL</i>
<i>Trimestre</i>	<i>Q1</i>	<i>Q2</i>	<i>Q3</i>	<i>Q4</i>	<i>Q1</i>	<i>Q2</i>	
Postos de Transformação	2 590	2 580	1 545	1 460	1 641	810	10 626
Outros	90	34	156	31	19	8	338
TOTAL	2 681	2 614	1 701	1 491	1 660	818	10 964

Tabela 29 - Custo das vendas da Efacec Equipos entre janeiro de 2016 e abril de 2017 discriminado por tipo de cliente. Valores em milhares de euros.

<i>Ano</i>	<i>2016</i>				<i>2017</i>		<i>TOTAL</i>
<i>Trimestre</i>	<i>Q1</i>	<i>Q2</i>	<i>Q3</i>	<i>Q4</i>	<i>Q1</i>	<i>Q2</i>	
Cientes Externos	1 390	1 526	1 655	1 455	1 573	818	8 417
Grupo Efacec	1 291	1 089	46	35	87	0	2 548
Efacec Energia-Maq.Eq. Ele	50	42	46	34	0	0	172
Efacec Engenharia e Sistemas	1 241	1 047	0	1	87	0	2 376
Grupo Efacec (%)	48%	42%	3%	2%	5%	0%	23%
Cientes Externos (%)	52%	58%	97%	98%	95%	100%	77%
TOTAL	2 681	2 614	1 701	1 491	1 660	818	10 964

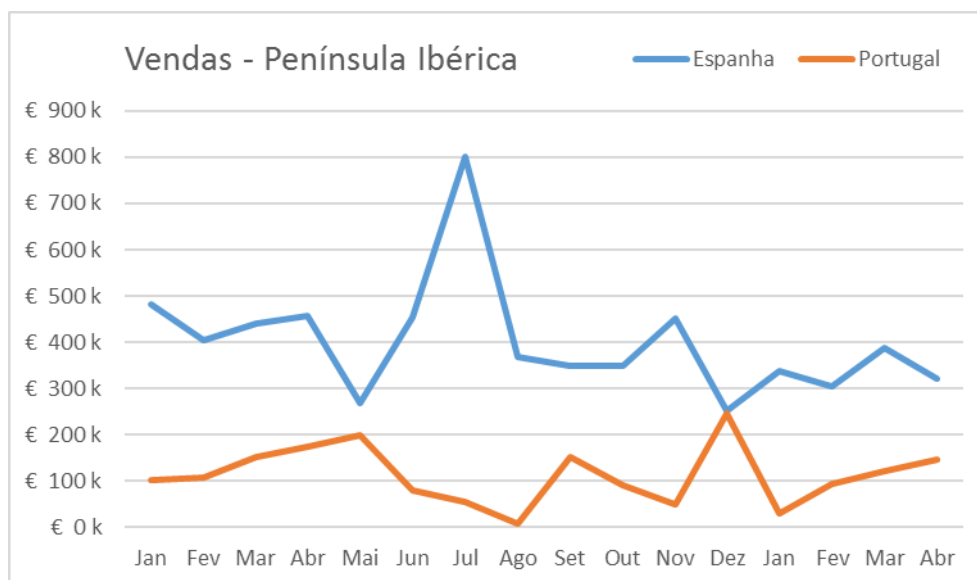


Gráfico 18 - Custo das vendas de Postos de Transformação realizadas pela EE e pelo AMT para a Península Ibérica entre janeiro de 2016 e abril de 2017. Não estão incluídas vendas a parceiros internos.

ANEXO D - Lista de celas com destino a Espanha

Tabela 30 – Celas vendidas com destino a Espanha entre janeiro de 2016 e abril de 2017. As colunas ‘Q’, ‘VNs’ e ‘Cls’ dizem respeito, respetivamente, ao nº de unidades vendidas, nº ordens de venda e nº de clientes diferentes, durante o período em questão. A coluna MTS (Make-to-Stock) diz respeito à política adotada para cada artigo.

ABC	Referência	Tipo	Descrição	Q	VNs	Cls	MTS / SS ²⁹
A	32210090-01	Normafix 24	NX 24kV IS 375 - 20kA - SP	113	85	47	MTS
A	32210794-01	Normafix 24	NX 24kV CIS SL-20kA 230Vca-SP	105	94	42	MTS
A	32210071-02	Normafix 24	NX 24kV M750 EL/SI s/V 20kA-SP	92	91	42	MTS
A	33109527-01	Fluofix 24	FX 24KV 2IS+1CIS COMP-16kA- SP	70	61	31	MTS
A	32210086-01	Normafix 24	NX 24kV CD375 C/VIGIAS 20kA-SP	60	60	35	MTS
A	32210098-01	Normafix 24	NX 24kV CIS375 SI-20kA230VcaSP	59	42	29	MTS
A	334120434-01	Fluofix 36	FX 36kV M1000 Porta 36-20kA-SP	45	43	20	MTS
A	33410008-01	Fluofix 36	FX 36KV 3IS COMP.48Vcc-20kA-SP	38	32	14	MTS
A	32210150-04	Normafix 24	NX 24kV M750 EI/SI s/V 20kA-SP	38	33	22	MTS
A	334120093-01	Fluofix 36	FX 36kV 1CD+1DC-FANOX-20kA-SP	36	35	16	MTS
A	33410005-01	Fluofix 36	FX 36KV 2IS+1CIS-48Vcc-20kA-SP	29	27	12	MTS
A	33410101-01	Fluofix 36	FX 36kV 1IS 2EXT - 20kA -SP	28	22	16	MTS
A	32210210-01	Normafix 24	NX 24kV DC750 DIVAC SEG16kA SP	26	18	15	MTS
A	33410266-01	Fluofix 36	FX 36KV 2IS+1CIS-COMP-20kA-SP	26	6	2	-
A	334120209-01	Fluofix 36	FX 36kV 1CD+1IS - 20kA-SP	23	22	9	MTS
B	33110299-01	Fluofix 24	FX 24KV 3IS COMP - 16kA - SP	20	20	16	MTS
B	33111608-01	Fluofix 24	FX 24kV 1IS 2EXT - 20kA - SP	20	11	8	MTS
B	33410007-01	Fluofix 36	FX 36KV 2IS+2CIS-48Vcc-20kA-SP	13	10	7	2
B	32210121-01	Normafix 24	NX 24kV DC750 DIVAC FANOX 20kA	12	11	9	2
B	33110015-01	Fluofix 24	FX 24KV 2IS+2CIS COMP-16kA-SP	11	11	8	2
B	33410099-01	Fluofix 36	FX 36kV 1CIS 2EXT - 20kA -SP	11	11	9	2
B	32810060-01	Normafix 36	NX 36kV CIS 600 - 16kA - SP	9	4	3	-
B	334120075-01	Fluofix 36	FX 36kV GC 1CD+1CIS 20KA SP	6	6	5	-
B	331120247-01	Fluofix 24	FX 24kV 1IS+1CIS 20kA	6	5	4	1
B	33110397-01	Fluofix 24	FX 24KV 3IS Ext Esq 400A 16ka	6	6	6	1
B	334120355-01	Fluofix 36	FX 36KV 1DC2Ex bob220Vcc relAU	5	5	5	-
B	32810057-01	Normafix 36	NX 36kV IS 600 - 16kA - SP	5	2	2	-
B	33411283-01	Fluofix 36	FX 36KV 2IS+1CIS BASTIDOR-20kA	4	2	1	-
B	33411163-01	Fluofix 36	FX 36KV 2IS+2CIS Ext. Izq 16ka	4	4	2	-
B	334150125-01	Fluofix 36	FX 36kV 1CD+1CIS EXT 20KA SP	4	4	3	-
B	33110440-01	Fluofix 24	FX 24kV 2IS+1CIS EXT ESQ-16kA	4	4	4	-
B	AP1501382A1	Fluofix 36	FX 36kV 2IS + DC	4	1	1	-
B	3001150104	Normafix 36	NX 36 DC1000 c/Disj DIVAC+moto	3	1	1	-
B	33511497-01	Fluofix 24	FX 24KV 1DC 2Ext 220Vcc y WIC	3	2	2	1
B	334140054-01	Fluofix 36	FX 36KV 3IS 20ka Ext. Izq	3	3	3	-
B	32809809-04	Normafix 36	NX 36 M 1000 EI/SI 16ka	3	2	2	-

²⁹ A sigla MTS refere-se aos artigos *standard* geridos em ambiente *make-to-stock*. Os restantes serão geridos em *make-to-order*. Os números representam o stock de segurança.

ABC	Referência	Tipo	Descrição	Q	VNs	Cls	MTS / SS
C	33111508-01	Fluofix 24	FX 24KV 1CIS 2EXT - 20kA - SP	3	3	3	1
C	334120267-01	Fluofix 36	FX 36KV 1SBD 2EXT-48Vcc-20kASP	3	3	3	-
C	334150011-01	Fluofix 36	FX 36KV 2IS+1CIS-COMP-20kA-UK	2	2	2	-
C	33110611-01	Fluofix 24	FX 24kv 1SB 2EXT - 16kA - SP	2	2	2	-
C	3001150102	Fluofix 24	FX 24kv 2IS+DC 16kA p/UK	2	2	2	-
C	32209342-01	Normafix 24	NX 24kv SB 400 A	2	2	2	-
C	33110481-01	Fluofix 24	FX 24KV 2IS+2CIS ext izq. 16ka	2	2	2	-
C	32210210-02	Normafix 24	NX 24kv DC750 DIVAC FANOX 16SP	2	1	1	-
C	FX363LEXDE	Fluofix 36	FX 36 3IS Comp 630A 20ka ext.D	2	2	2	-
C	334120344-01	Fluofix 36	FX 36KV CD+IS E/S BAR-CAB	2	2	2	-
C	33411571-01	Fluofix 36	FX 36KV DC 20ka 2ext mot 48VVC	2	1	1	-
C	331140161-01	Fluofix 24	FX 24KV M EI/SI	2	2	2	-
C	33109542-01	Fluofix 24	FX 24KV 1CIS 2EXT - 16kA - SP	2	2	2	-
C	331140381-01	Fluofix 24	FX 24kv CD+DC 16kA-SEG C/VIGIA	2	2	2	-
C	AP1601515	Fluofix 36	FX 36KV M EI/SL Extens. derech	1	1	1	-
C	322160143-01	Normafix 24	NX 24 CIS 230Vca+ Relé-30+CBT	1	1	1	-
C	32210211-04	Normafix 24	NX 24kv M750 EI/SI s/V 16kA-SP	1	1	1	-
C	33110059-01	Fluofix 24	FX 24KV 3IS+1CIS COMP-16kA-SP	1	1	1	1
C	AP1600532INT001	Normafix 36	NX 36KV DB relé+toros	1	1	1	-
C	334120331-01	Fluofix 36	FX 36KV 3IS+2CIS EX-48Vcc-20kA	1	1	1	-
C	CAP1601615A1	Fluofix 36	FX 36KV 1CD+1DC Ext. Derecha	1	1	1	-
C	33110167-01	Fluofix 24	FX 24kv 2IS+1SB EXT DIR-20kA	1	1	1	-
C	AP1501864A1	Fluofix 36	FFX 2IS+CIS. 36KV 20KA	1	1	1	-
C	331120242-01	Fluofix 24	FX 24KV 1IS+1CIS COMP-16kA-SP	1	1	1	-
C	33107504-01	Fluofix 24	FX 24KV DC* 400A	1	1	1	-
C	33410166-01	Fluofix 36	FX 36KV 3IS+1CIS - 48Vcc-20kA	1	1	1	-
C	AP1600987MOD.	Fluofix 36	FX 36kv DC 2ext S181215421-Mod	1	1	1	-
C	334130363-01	Fluofix 36	FX 36KV DC+CD FANOX	1	1	1	-
C	CAP1600603A1	Fluofix 36	FX 36 2IS+2DC	1	1	1	-
C	32811056-01	Normafix 24	NX 36kv DC 400A Motorizada	1	1	1	-
C	32210250-01	Normafix 24	NX 24kv TT 20ka 630 A	1	1	1	-
C	334140357-01	Fluofix 36	FX 36KV 1IS+1CIS-EXT ESQ-20kA	1	1	1	-
C	AP1501382A1	Fluofix 36	FX 36kv 3IS + DC	1	1	1	-
C	33411152-01	Fluofix 36	FX 36KV 2IS+1CIS Ext Izq 20ka	1	1	1	1
C	FX24M+DCE	Fluofix 24	FX 24KV M+DC 16ka Ext.	1	1	1	-
C	33110337-01	Fluofix 24	FX 24kv 1CIS EXT ESQ-20kA -SP	1	1	1	-
C	33510114-01	Fluofix 24	FX 24KV 3IS+2CIS COMP-16kA -SP	1	1	1	-

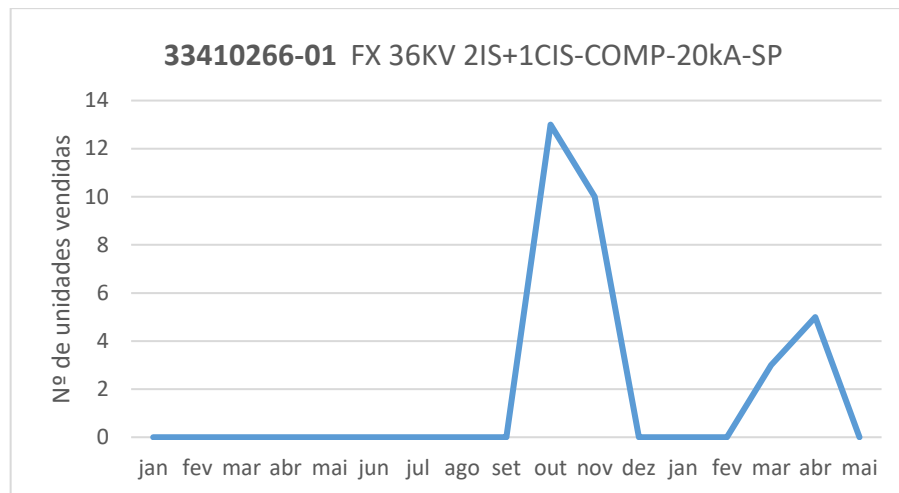


Gráfico 19 – Evolução da procura da cela Fluofix 36kV 33410266-01 entre janeiro de 2016 e maio de 2017.

ANEXO E - Agregação - Celas

Como é possível verificar pela leitura da Tabela 38, existem dois pares de células Fluofix 24 kV, cujos dados de inventário se encontram agregados, mas apenas uma das referências aparece na análise da procura no capítulo 3.3, sendo esse o artigo que absorveu recentemente, a procura do seu par.

Outra questão prende-se com a célula com destino a Portugal FFX 334130219-01. Anteriormente, era comum a EDP comprar para os seus postos de transformação um conjunto Normafix, que consistia em duas células IS375 - 32211057-02 – e numa célula SBM - 32210331-02 ou 32210335-02. No entanto, desde finais de 2016, a EDP deixou de comprar este conjunto Normafix, substituindo-o pela célula compacta FFX 334130219-01. Deste modo, apenas foi feita previsão para a célula FFX 334130219-01, para o qual se utilizou a procura agregada de ambas as opções.

Por último, as células NFX 24 kV 32210794-01, 32210098-01 e 322170011-01 partilham o mesmo SAK, pelo que se vai fazer stock apenas de um único artigo – o SAK NFX 24 kv 32211036-01.

ANEXO F - Agregação - Transformadores

No caso dos transformadores com destino a Espanha, alguns modelos foram recentemente substituídos por versões mais recentes com *design* ecológico. Na análise da procura, apenas aparece a versão mais recente com a procura agregada de ambas. Nos anexos referentes ao inventário, aparecem as duas referências, sendo alguns indicadores como as roturas calculados em conjunto.

ANEXO G - Projeto de Melhoria

O projeto de melhoria operacional, transversal a várias unidades de Efacec decorre neste momento com o objetivo de melhorar a performance operacional, o que terá impacto no tempo de fornecimento à Efacec Equipos de celas e transformadores.

O grande fator causador do elevado *lead time* de fornecimento à Efacec Equipos consiste na falta de componentes em stock que atrasam as ordens de produção. Estas roturas de stock não têm origem em falhas de organização internas, estando quase na íntegra relacionadas com atrasos de entrega por parte dos fornecedores.

Uma das componentes do projeto de melhoria consiste em dar aos fornecedores visibilidade sobre a procura futura e estabelecer acordos anuais de contratualização de encomendas de artigos, por forma a prevenir atrasos.

Decorre um processo semelhante na Efacec India, vocacionado também para o redimensionamento da política de gestão de armazém.

ANEXO H - Inventário de Artigos Obsoletos

Tabela 31 – Dados relativos ao inventário da Efacec Equipos, no dia 31 de maio de 2017.

Família de Artigos	Nº Ref	Q	Valor ³⁰
Fluofix 24	25	76	231
Fluofix 36	23	46	143
Normafix 24	11	88	85
Celas	59	210	459
TRAFOS	61	85	438
Outros	-	-	748
TOTAL	-	-	1 644

Tabela 32 – Dados relativos aos artigos da Efacec Equipos parados em armazém, sem movimentos planeados, há pelo menos três, seis e doze meses, à data de 31 de maio de 2017.

Família de Artigos	Nº de Referências			Quantidade			Valor ³⁰		
	12 ³¹	6	3	12	6	3	12	6	3
Fluofix 24	1	3	15	1	3	28	5	21	98
Fluofix 36	1	3	4	2	4	6	15	23	34
Normafix 24	0	1	2	0	1	2	0	0	1
Celas	2	7	21	3	8	36	19	44	133
TRAFOS	11	25	29	12	34	38	73	158	149
Outros	-	-	-	-	-	-	9	82	158
TOTAL	-	-	-	-	-	-	102	284	440

Tabela 33 - Dados relativos aos artigos da Efacec Equipos parados em armazém, sem movimentos planeados, há pelo menos três, seis e doze meses, à data de 31 de maio de 2017, expressos percentagem do stock total.

Família de Artigos	Nº de Referências			Quantidade			Valor		
	12 ³²	6	3	12	6	3	12	6	3
Fluofix 24	4%	12%	60%	1%	4%	37%	2%	9%	43%
Fluofix 36	4%	13%	17%	4%	9% ³³	13%	10%	16%	23%
Normafix 24	0%	9%	18%	0%	1%	2%	0%	0%	1%
Celas	3%	12%	36%	1%	4%	17%	4%	9%	29%
TRAFOS	18%	41%	48%	14%	40%	45%	17%	36%	34%
Outros	-	-	-	-	-	-	1%	11%	21%
TOTAL	-	-	-	-	-	-	6%	17%	27%

³⁰ Montante em milhares de euros.³¹ Número mínimo de meses que o artigo se encontra parado em armazém sem movimentos de stock.³² Número mínimo de meses que o artigo se encontra parado em armazém sem movimentos de stock.³³ Exemplo: 9% = 4 / 46



Gráfico 20 – Valor dos artigos em inventário, sem consumos planeados, no dia 31 Maio de 2017, distribuído pela data do último movimento de stock (entrada ou saída).

ANEXO I - Prazo de Entrega

Tabela 34 - Distribuição do prazo de entrega ao cliente, dos Postos de Transformação vendidos pela Efacec Equipos com destino a Espanha e Portugal, entre janeiro de 2016 e maio de 2017.

LT - Semanas	[0-1]	[1-2]	[2-4]	[4-8]	[8-12]	>12
Nº de Encomendas	68	65	94	131	47	110
% Acumulada	13%	26%	44%	70%	79%	100%
Média	6.3 semanas					
Desvio-Padrão	9.5 semanas					

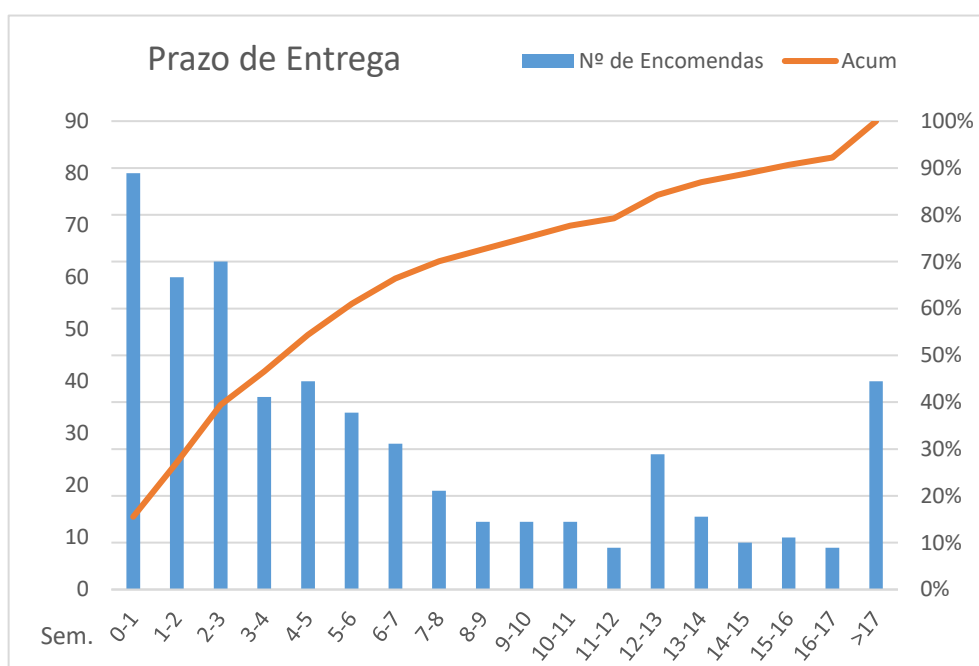


Gráfico 21 - Distribuição do prazo de entrega ao cliente, dos Postos de Transformação vendidos pela Efacec Equipos com destino a Espanha e Portugal, entre janeiro de 2016 e maio de 2017.

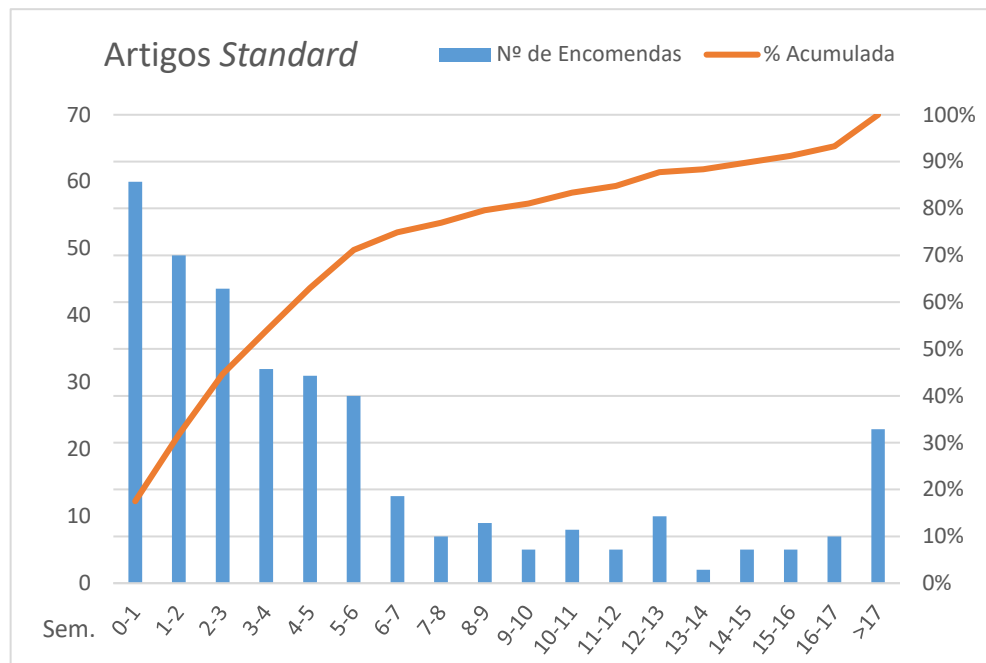


Gráfico 22 - Distribuição do prazo de entrega ao cliente, dos Postos de Transformação que incluíam celas e/ou transformadores *standard* vendidos pela Efacec Equipos com destino a Espanha e Portugal, entre janeiro de 2016 e maio de 2017.

ANEXO J - Lista de transformadores com destino a Espanha

Tabela 35 – Transformadores vendidos com destino a Espanha entre janeiro de 2016 e abril de 2017. As colunas ‘Q’, ‘VNs’ e ‘Cls’ dizem respeito, respetivamente, ao nº de unidades vendidas, nº ordens de venda e nº de clientes diferentes, durante o período em questão. A coluna MTS (Make-to-Stock) diz respeito à política adotada para cada artigo.

Referência	Custo Unit	Descrição	Q	VNs	Cls	MTS / SS ³⁴
1302150038	5 848 €	TFA 630 KVA 25/B2 END	24	20	8	Sim
1302150157	4 877 €	TFA 400 KVA20/B2 UNE	14	14	9	Sim
1302150156	3 829 €	TFA 250 KVA20/B2 UNE	11	9	9	Sim
1302150069	5 531 €	TFA 400 KVA20/B2 IB	9	7	5	Sim
1302150040	8 461 €	TFA 1000 KVA 25/B2 END	9	8	6	-
1302150037	4 930 €	TFA 400 KVA 25/B2 END	7	7	4	Sim
1302150158	6 318 €	TFA 630 KVA20/B2 UNE	7	7	5	Sim
1302150102	7 119 €	TFA 630 KVA15-20/B2 IB	7	6	4	Sim
1302150036	4 111 €	TFA 250 KVA 25/B2 END	6	6	4	Sim
1302150315	2 485 €	TFA DEP 400 KVA 25/B2 END	6	3	3	-
1302150314	2 795 €	TFA DEP 630 KVA 25/B2 END	6	2	2	-
1302150070	6 171 €	TFA 630 KVA20/B2 IB	6	6	5	Sim
1302150455	13 450 €	TFA 1500KVA 33KV DGPT2 EcoDis	6	2	1	-
1302150432	12 000 €	TFE 1250 KVA's 25/B2 UNE	5	3	3	-
1302150454	13 760 €	TFA 1600KVA 33KV DGPT2 EcoDis	5	1	1	-
1302150444	14 990 €	TFA 2000kVA 24.9KV DGPT2PT100	5	1	1	-
1302150449	3 133 €	TFA 160 KVA 25/B2 END	4	3	2	-
1302150035	2 651 €	TFA 100 KVA 25/B2 END	4	2	2	-
1302150068	3 992 €	TFA 250 KVA20/B2 IB	4	4	4	Sim
1302150029	5 000 €	TFA 400 KVA 20/B2 END	3	3	3	-
1302150229	7 333 €	TFS 400 KVA20/B2 UNE	3	3	3	-
1302160036	3 200 €	TFA 160KVA 23KV/B2 IB	3	1	1	-
1302150308	4 350 €	TFA DEP 630 KVA 20/B2 UNE	3	2	2	-
1302150270	8 800 €	TFS 630 KVA15-20/B2 UNE	3	3	1	-
1302150094	7 119 €	TFA 630 KVA13.2-20/B2 IB	3	3	3	-
1302150054	6 171 €	TFA 630 KVA13.2/B2 IB	3	2	2	-
1302160029	10 490 €	TFE 1000KVA 13.2/B2 END	3	1	1	-
1302150155	2 667 €	TFA 100 KVA20/B2 UNE	3	2	2	-
1302150167	7 800 €	TFA 800 KVA25/B2 UNE	3	2	2	-
1302160012	3 200 €	TFA 160KVA 12/B2 IB	2	1	1	-
1302150231	10 800 €	TFS 800 KVA20/B2 UNE	2	1	1	-
1302150272	11 900 €	TFS 1000 KVA15-20/B2 UNE	2	1	1	-
1302150280	5 325 €	TFA no EC 630 KVA 16/B2 END	2	2	2	-
1302150468	3 200 €	TFA 160KVA's 20/B2 420 UNE	2	2	2	-
1302150290	6 500 €	TFA no EC 630 KVA 20/B2 IB 9º	2	2	1	-
1302150016	8 943 €	TFA 1000 KVA 16/B2 END	2	1	1	-

³⁴ A sigla MTS refere-se aos artigos *standard* geridos em ambiente *make-to-stock*. Os restantes serão geridos em *make-to-order*. Os números representam o stock de segurança.

Referência	Custo Unit	Descrição	Q	VNs	Cls	MTS / SS ³⁵
1302150034	2 360 €	TFA 50 KVA 25/B2 END	2	2	2	-
1302150148	4 330 €	TFA 250 KVA16/B2 UNE	2	1	1	-
1302150020	3 532 €	TFA 250 KVA 15.4/B2 GESA	2	2	2	-
1302150462	7 224 €	TFA 630kvas 25kv B1/B2	2	2	2	-
1302150046	6 923 €	TFA 630 KVA 9.5-16.4/B2 END	2	2	2	-
1302150493	22 440 €	TFA 3200KVA's 25KVA/690V	2	1	1	-
1302150318	3 000 €	TFA DEP 1000 KVA 25/B2	2	1	1	-
1302160025	7 448 €	TFE 630KVA 25/B2 END	2	2	1	-
1302160031	14 400 €	TFS 1250KVA 20/B2 UNE	2	1	1	-
1302160030	9 800 €	TFA 1000KVA 16KV 690V UNE	2	1	1	-
1302150022	6 893 €	TFA 630 KVA 15.4/B2 GESA	2	2	2	-
1302150197	5 180 €	TFA 400 KVA15-20/B2 UNE	2	2	2	-
1302150174	6 218 €	TFA 630 KVA30/B2 UNE	2	2	1	-
1302150012	3 864 €	TFA 250 KVA 16/B2 END	2	2	2	-
1302160007	5 435 €	TFA 400KVA 15.4-20/B2 END	1	1	1	-
1302160057	17 482 €	TFA 2000 KVA 20/B2 UNE	1	1	1	-
1302150066	2 517 €	TFA 50 KVA 20/B2 IB	1	1	1	-
1302150239	12 000 €	TFS 800 KVA25/B2 UNE	1	1	1	-
1302150181	5 550 €	TFA 400 KVA11-20/B2 UNE	1	1	1	-
1302150261	7 200 €	TFS 400 KVA13.2-20/B2 UNE	1	1	1	-
1302160019	11 400 €	TFS 1000KVA 20/B2 IB	1	1	1	-
1302150146	2 400 €	TFA 50 KVA 16/B2 END	1	1	1	-
1302160037	4 610 €	TFA 250KVA 11/B2 END	1	1	1	-
1302150067	2 963 €	TFA 100 KVA20/B2 IB	1	1	1	-
1302170002	6 776 €	TFA 630 KVA 20/B2 HC	1	1	1	-
1302150149	5 147 €	TFA 400 KVA16/B2 UNE	1	1	1	-
1302150476	14 350 €	TFS 1250kVA 20kv 690V UE	1	1	1	-
1302150282	5 450 €	TFA no EC 630 KVA 25/B1-B2 END	1	1	1	-
1302150196	4 002 €	TFA 250 KVA15-20/B2 UNE	1	1	1	-
1302150153	1 930 €	TFA 25 KVA 20/B2 UNE	1	1	1	-
1302150213	6 600 €	TFS 400 KVA15/B2 UNE	1	1	1	-
1302150293	2 250 €	TFA no EC 100 KVA 15-20/B2 UNE	1	1	1	-
1302160033	5 170 €	TFA 400KVA 25/B1-B2 END	1	1	1	-
1302150303	3 190 €	TFS NoEC 250KVA 15-20/B2UN	1	1	1	-
1302160039	13 900 €	TFS 1600KVA 13.2/B2 END	1	1	1	-
1302150154	2 290 €	TFA 50 KVA 20/B2 UNE	1	1	1	-

³⁵ A sigla MTS refere-se aos artigos *standard* geridos em ambiente *make-to-stock*. Os restantes serão geridos em *make-to-order*. Os números representam o stock de segurança.

Referência	Custo Unit	Descrição	Q	VNs	Cls	MTS / SS ³⁶
1302160064	15 450 €	TFE 1600KVA's 25/B2 END	1	1	1	-
1302150311	2 000 €	TFA DEP EC 630 KVA 15/B2 UNE	1	1	1	-
1302150030	6 893 €	TFA 630 KVA 20/B2 END	1	1	1	-
1302150044	4 485 €	TFA 250 KVA 9.5-16.4/B2 END	1	1	1	-
1302150188	4 281 €	TFA 250 KVA13.2-20/B2 UNE	1	1	1	-
1302150013	5 259 €	TFA 400 KVA 16/B2 END	1	1	1	-
1302150190	6 916 €	TFA 630 KVA13.2-20/B2 UNE	1	1	1	-
1302150316	1 717 €	TFA DEP 400 KVA 25/B1-B2 END	1	1	1	-
1302160008	6 550 €	TFA 630KVA bloqueado	1	1	1	-
1302150047	3 500 €	TFA 160 KVA 9.5-16.4/B2 END	1	1	1	-
1302160018	8 800 €	TFA 1000kva 15.4-20/B2 END	1	1	1	-
1302150319	3 500 €	TFA DEP 1000 KVA 25/B1-B2	1	1	1	-
1302150101	5 348 €	TFA 400 KVA15-20/B2 IB	1	1	1	-
1302150077	5 650 €	TFA 400 KVA30/B2 IB	1	1	1	-
1302150224	10 800 €	TFS 1000 KVA16/B2 UNE	1	1	1	-
1302150433	4 330 €	TFA abon No Eco 400kva15-20/B2	1	1	1	-
1302160032	2 900 €	TFA 100KVA 16KV 400V UNE	1	1	1	-
1302150437	11 910 €	TFA 1250KVA's 25/B2 Endesa	1	1	1	-
1302150136	9 300 €	TFA 1000 KVA13.2/B2 UNE	1	1	1	-
1302150438	10 020 €	TFA 800kvas 11kv+-2.5+-5 B1B2	1	1	1	-
1302160038	7 480 €	TFA 630 KVA 11/B1-B2 END	1	1	1	-
1302150163	3 140 €	TFA 100 KVA25/B2 UNE	1	1	1	-
1302160055	7 730 €	TFE 800 KVA25/B2 UNE	1	1	1	-
1302150093	5 738 €	TFA 400 KVA13.2-20/B2 IB	1	1	1	-
1302160058	3 600 €	TFA 160KVA's 16/B2 END	1	1	1	-
1302150452	11 631 €	TFA TRIF1000 kVA 25KV/6KV	1	1	1	-
1302170001	5 650 €	TFA 400 KVA 20/B2 HC	1	1	1	-
1302150453	20 000 €	TFA 2150kVA. 34500/420V Dyn11	1	1	1	-
1302150168	8 252 €	TFA 1000 KVA25/B2 UNE	1	1	1	Sim
1302150238	7 681 €	TF Sil 630 KVA25/B2 UNE	1	1	1	-

³⁶ A sigla MTS refere-se aos artigos *standard* geridos em ambiente *make-to-stock*. Os restantes serão geridos em *make-to-order*. Os números representam o stock de segurança.

ANEXO K - Lista de celas com destino a Portugal

Tabela 36 - Celas vendidas com destino a Portugal entre janeiro de 2016 e abril de 2017. As colunas 'Q', 'VNs' e 'Cls' dizem respeito, respetivamente, ao nº de unidades vendidas, nº ordens de venda e nº de clientes diferentes, durante o período em questão. A coluna MTS (Make-to-Stock) diz respeito à política adotada para cada artigo.

ABC	Referência	Tipo	Descrição	Q	VNs	Cls	MTS / SS ³⁷
A	322170011-01	Normafix 24	CELA CIS 375 + EQUIP + ACESS.	56	48	36	Sim
A	32211057-02	Normafix 24	IS375 (630A-17.5kV) 48Vcc -EMB	45	22	18	Sim
A	322170010-01	Normafix 24	CELA IS 375 + EQUIP. + ACESSÓR	37	31	28	Sim
A	322170012-01	Normafix 24	CELA SBM-SD750+EQUIP.+ACESSÓRI	23	20	19	Sim
A	331161047-01	Fluofix 24	EDP FX GC 2ISmot48Vcc+1IS	20	20	15	Sim
A	32807169-01	Normafix 36	CELA IS 600 (2G)	20	13	11	-
A	32807170-01	Normafix 36	CELA CIS 600 (2G)	15	14	12	-
A	32210104-01	Normafix 24	CELA DC 750 DISJ. FIXO (2G)	13	10	10	Sim
A	32210331-02	Normafix 24	SBM750 SD (630A-17.5kV) - EMB.	13	13	12	Sim
A	32210335-02	Normafix 24	SBM750 SE (630A-17.5kV) - EMB.	12	11	9	Sim
B	334130219-01	Fluofix 36	FLUOFIX GC 36 KV 3IS COMPACTO	8	8	7	-
B	32809106-01	Normafix 36	CELA SBM 1200 SD (2G)	7	7	5	-
B	33411370-01	Fluofix 36	FFX GC36 1M - 2 EXT.	6	6	4	-
B	32210227-01	Normafix 24	CELA ISC 375 (2G)	6	6	4	-
B	33411613-01	Fluofix 36	FX GC36 2IS+1CIS M 30kV (EMB)	5	1	1	-
B	33410002-01	Fluofix 36	FFX GC36 1IS - 2 EXT.	5	5	3	-
B	32209474-01	Normafix 24	CIS375 (200A-17.5kV) -EMB.(2G)	5	5	3	-
B	33108059-01	Fluofix 24	FFX GC24 2IS+1CIS - COMP.	4	4	4	-
B	322170013-01	Normafix 24	CELA SBM-SE750+EQUIP.+ACESSÓRI	4	4	4	-
B	32809128-01	Normafix 36	CELA SBM 1200 SE (2G)	4	4	4	-
B	33410001-01	Fluofix 36	FFX GC36 1CIS - 2 EXT.	3	3	2	-
B	33411194-01	Fluofix 36	FX GC 36 1CIS EXT Á ESQ.	3	3	3	-
B	334150236-01	Fluofix 36	FLUOFIX GC 36 1ISC 2EXT	3	3	2	-
C	33411316-01	Fluofix 36	FFX GC36 1IS+1CIS - COMP.	3	3	3	-
C	32209458-01	Normafix 24	CELA CD 375 (2G)	3	3	3	-
C	33109625-01	Fluofix 24	FFX GC24 3IS+1CIS - COMP.	3	3	3	-
C	334120232-01	Fluofix 36	FFX GC36 1DC - EXT ESQ	2	2	1	-
C	33410004-01	Fluofix 36	FFX GC36 2IS+1CIS - COMP.	2	2	2	-
C	32810105-01	Normafix 24	CELA DC1200 c/ DIVAC (2G)	2	2	2	-
C	33511536-01	Fluofix 24	FX GC24 2IS+1CIS M 15kV (EMB)	2	2	2	-
C	334140072-01	Fluofix 36	FLUOFIX GC 1SB 2EXT. SD	1	1	1	-
C	32210071-02	Normafix 24	NX 24kV M750 EL/SI s/V 20kA-SP	1	1	1	-
C	32809048-01	Normafix 36	CELA CD 600 (2G)	1	1	1	-
C	334130161-01	Fluofix 36	FFIX GC 36 KV 3IS EXT Á ESQ	1	1	1	-
C	334130103-01	Fluofix 36	FLUOFIX GC 36kV 1 CD+1 CIS	1	1	1	-
C	334130252-01	Fluofix 36	CELA (M) 1000 C/FLUOFIX	1	1	1	-

³⁷ A sigla MTS refere-se aos artigos *standard* geridos em ambiente *make-to-stock*. Os restantes serão geridos em *make-to-order*. Os números representam o stock de segurança.

ABC	Referência	Tipo	Descrição	Q	VNs	Cls	MTS / SS ³⁸
C	33110318-01	Fluofix 24	FFX GC24 1CIS - EXT. À ESQ.	1	1	1	-
C	33511538-01	Fluofix 24	FX GC24 2IS+2CIS M 15kV (EMB)	1	1	1	-
C	334140064-01	Fluofix 36	FX GC36 2IS+1CIS EXT Á ESQ M 3	1	1	1	-
C	33411571-01	Fluofix 36	FFX GC36 1DC - 2 EXT.	1	1	1	-
C	334150024-01	Fluofix 36	FLUOFIX GC 36KV 2IS 2EXT	1	1	1	-
C	33110301-01	Fluofix 24	FFX GC24 2IS+1SBD+PBA -EXT DIR	1	1	1	-
C	32809298-01	Normafix 36	CELA ISC 600 (2G)	1	1	1	-
C	33411615-01	Fluofix 36	FX GC36 3IS+1CIS M 30kV (EMB)	1	1	1	-
C	32209314-02	Normafix 24	IS375 (630A-17.5kV) -EMB. (2G)	1	1	1	-
C	33109659-01	Fluofix 24	FFX GC24 2IS+2CIS - COMP.	1	1	1	-
C	33110318-01	Fluofix 24	FFX GC24 1CIS - EXT. À ESQ.	1	1	1	-
C	33511538-01	Fluofix 24	FX GC24 2IS+2CIS M 15kV (EMB)	1	1	1	-
C	334140064-01	Fluofix 36	FX GC36 2IS+1CIS EXT Á ESQ M 3	1	1	1	-
C	33411571-01	Fluofix 36	FFX GC36 1DC - 2 EXT.	1	1	1	-
C	334150024-01	Fluofix 36	FLUOFIX GC 36KV 2IS 2EXT	1	1	1	-
C	33110301-01	Fluofix 24	FFX GC24 2IS+1SBD+PBA -EXT DIR	1	1	1	-
C	32809298-01	Normafix 36	CELA ISC 600 (2G)	1	1	1	-
C	33411615-01	Fluofix 36	FX GC36 3IS+1CIS M 30kV (EMB)	1	1	1	-
C	32209314-02	Normafix 24	IS375 (630A-17.5kV) -EMB. (2G)	1	1	1	-
C	33109659-01	Fluofix 24	FFX GC24 2IS+2CIS - COMP.	1	1	1	-

³⁸ A sigla MTS refere-se aos artigos *standard* geridos em ambiente *make-to-stock*. Os restantes serão geridos em *make-to-order*. Os números representam o stock de segurança.

ANEXO L - Análise ABC Transformadores - Gráficos

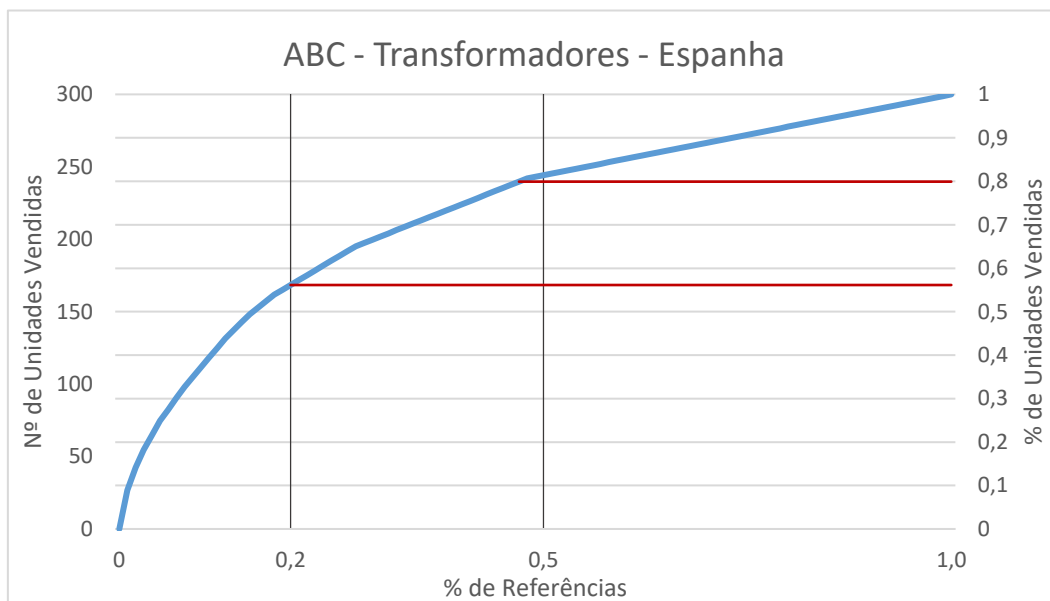


Gráfico 23 - Análise ABC dos transformadores vendidos com destino a Espanha entre janeiro de 2016 e abril de 2017.

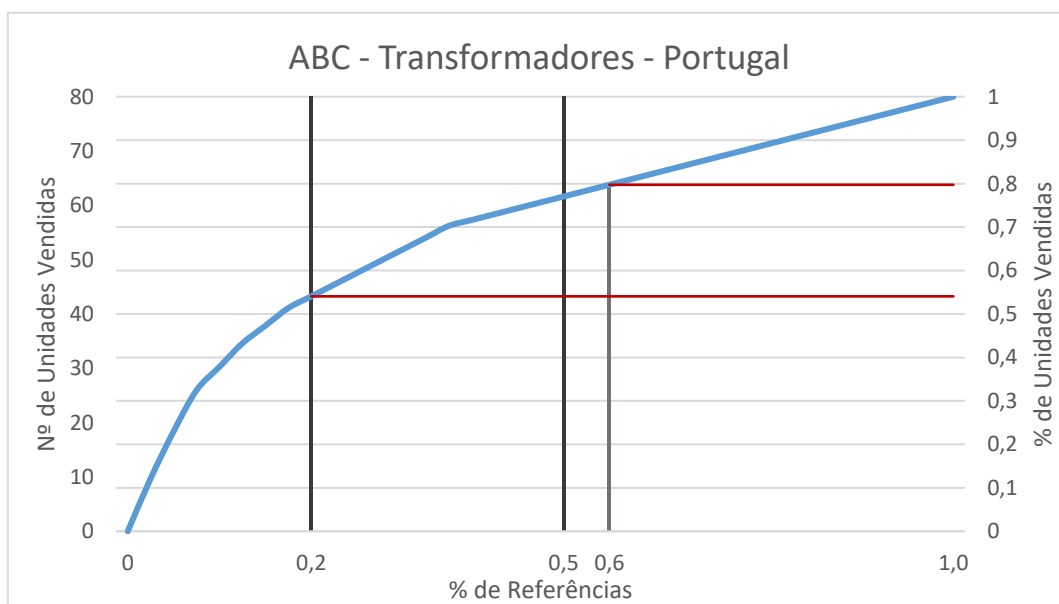


Gráfico 24 - Análise ABC dos transformadores vendidos com destino a Portugal entre janeiro de 2016 e abril de 2017.

ANEXO M - Lista de transformadores com destino a Portugal

Tabela 37 – Transformadores vendidos com destino a Portugal entre janeiro de 2016 e abril de 2017. As colunas ‘Q’, ‘VNs’ e ‘Cls’ dizem respeito, respetivamente, ao nº de unidades vendidas, nº ordens de venda e nº de clientes diferentes, durante o período em questão. A coluna MTS (Make-to-Stock) diz respeito à política adotada para cada artigo.

Referência	Custo Unit	Descrição	Q	VNs	Cls	MTS / SS ³⁹
ECO025015420T	4 416 €	TFA 250 KVA's 15/0.42KV PT	9	9	8	Sim
ECO040015420T	5 364 €	TFA 400 KVA. 15/0.42 KV PT	8	8	8	Sim
130212147	4 398 €	NED025015420D	7	7	2	Sim
EDP025015420ECOT	4 386 €	TFA 250KVA's 15/420- 242V EDP	4	4	4	-
ECO063015420TLI	6 826 €	TFA 630kVA's 15/0.42kV PT	4	4	3	Sim
130212151	5 790 €	NED040030420D	3	3	3	-
ECO063015420DLI	7 072 €	TFA 630 kVA 15/0.42 DGPT2 lig	3	3	3	-
ECO040030420T	5 533 €	TFA 400 kVA 30/0.42 kV c/Term	2	2	2	-
130212157	6 344 €	NED063015420T	2	2	2	-
ECO063030420TLI	6 774 €	TFA 630 kVA 30/0.42 c/Term lig	2	2	2	-
130212148	7 646 €	CED063015PC420MT200	2	2	2	-
130212169	12 969 €	CED125010PC420MT200-E0C1F1	2	1	1	-
130212173	11 322 €	DMA063015PC420MSF220SE	2	1	1	-
EDP063010420ECOTLI	6 847 €	TFA 630KVA's 10/B2 Dyn5 EDP	2	1	1	-
ECO063015PC420	8 521 €	TFS 630kVA 15/420-242V PT	1	1	1	-
130212160	3 597 €	NED016015420T	1	1	1	-
130212175	9 114 €	CED025030PC420MT300	1	1	1	-
130212180	5 774 €	NED040030400D	1	1	1	-
130212138	6 891 €	NED063015420D	1	1	1	-
130212139	8 597 €	NED100015420D	1	1	1	-
ECO125015420D	12 583 €	TFA 1250KVA's 0.15/420 DGPT	1	1	1	-
EDP063015420ECOTLI	6 888 €	TFA 630KVA's 15/420-242V Term	1	1	1	-
ECO040015420D	5 770 €	TFA 400KVA's 15/B2 Portugal	1	1	1	-
130212192	4 057 €	TFA 160kVA 15/0.42kV PT	1	1	1	-
130212168	3 892 €	NED016010420D	1	1	1	-
1302170015	7 245 €	TFS 400KVA15/0.420-0.242V Dyn5	1	1	1	-
130212171	2 510 €	ECO005015420TR	1	1	1	-
CAP1601599A1_TRF	5 163 €	TRF ECO 250 30/420 Socém	1	1	1	-
130212156	12 410 €	NED125015420D	1	1	1	-
130212159	5 564 €	ECO040015420T	1	1	1	-
ECO200015420D	16 510 €	TFA 2000KVA 15/0.42kV DGPT2	1	1	1	-
ECO025030420D	4 932 €	TFA 250 kVA 30/0.42 kV c/DGPT2	1	1	1	-
ECO025030420T	4 748 €	TFA 250 kVA 30/0.42 kV c/Term	1	1	1	-
130212181	5 250 €	ECO040030420T	1	1	1	-
1302120003	7 039 €	NAG063030400T	1	1	1	-
130212185	4 664 €	NED025010420D	1	1	1	-

³⁹ A sigla MTS refere-se aos artigos *standard* geridos em ambiente *make-to-order*. Os restantes serão geridos em *make-to-order*. Os números representam o stock de segurança.

ANEXO N - Artigos *Standard* - Roturas, Stock e Consumos

Tabela 38 – Dados relativos ao inventário e consumos de stock dos artigos *standard* para o mercado espanhol.

Família	Artigo	Custo Unitário	Roturas		Duração		Stock		Consumos		Taxa Cob.
			Freq	Dias	Méd	Máx	Valor	Q	Valor	Q	
FFx 24	33109527-01	3 498 €	9	61d	7d	25d	18 831 €	5,4	14 816 €	4,2	1,3
	33110299-01 ⁴⁰	2 921 €	0	0d	-	-	28 004 €	9,6	3 093 €	1,1	8,8
	33110285-01	2 963 €					7 066 €	2,4	871 €	0,3	
	33111608-01	1 462 €	0	0d	-	-	5 676 €	3,9	946 €	0,6	6,6
	33109540-01	1 442 €					3 910 €	2,7	509 €	0,4	
FFx 36	33410005-01	5 444 €	0	0d	-	-	67 818 €	12,5	11 529 €	2,1	5,9
	33410008-01	4 469 €	1	32d	32d	32d	30 286 €	6,8	9 988 €	2,2	3,0
	33410101-01	1 831 €	0	0d	-	-	15 166 €	8,3	2 907 €	1,6	5,2
	334120093-01	6 224 €	4	54d	14d	33d	15 494 €	2,5	12 815 €	2,1	1,2
	334120209-01	1 631 €	0	0d	-	-	16 019 €	9,8	2 398 €	1,5	6,7
	334120434-01	1 466 €	2	66d	33d	34d	8 021 €	5,5	3 967 €	2,7	2,0
NFx 24	32210071-02	854 €	1	4d	4d	4d	11 186 €	13,1	5 222 €	6,1	2,1
	32210086-01	579 €	1	15d	15d	15d	6 870 €	11,9	2 180 €	3,8	3,2
	32210090-01	1 117 €	3	18d	6d	7d	12 418 €	11,1	8 017 €	7,2	1,5
	32210098-01	1 439 €	5	66d	13d	31d	6 991 €	4,9	5 078 €	3,5	1,4
	32210150-04	837 €	8	108d	14d	42d	2 566 €	3,1	1 870 €	2,2	1,4
	32210210-01	4 900 €	5	102d	20d	42d	20 425 €	4,2	8 071 €	1,6	2,5
	32210794-01	1 420 €	3	31d	10d	24d	14 711 €	10,4	9 689 €	6,8	1,5
TRAFOS	1302150068	3 992 €	0	0d	-	-	6 903 €	1,7	939 €	0,2	7,3
	1302150069	5 355 €	3	80d	27d	69d	9 157 €	1,7	2 835 €	0,5	3,2
	1302150070	6 530 €	2	55d	28d	28d	8 235 €	1,3	2 689 €	0,4	3,1
	1302150102	6 624 €	4	142d	36d	76d	5 445 €	0,8	2 728 €	0,4	2,0
	1302150156	4 123 €	0	0d	-	-	11 731 €	2,8	2 910 €	0,7	4,0
	1302150158	6 782 €	1	7d	7d	7d	16 908 €	2,5	3 590 €	0,5	4,7
	1302150038	6 220 €	0	0d	-	-	20 886 €	3,4	7 318 €	1,2	3,3
	1302150281	4 900 €					8 852 €	1,8	1 729 €	0,4	
	1302150157	5 102 €	0	0d	-	-	15 207 €	3,0	3 301 €	0,6	5,6
	1302150299	4 150 €					8 870 €	2,1	976 €	0,2	
	1302150037	5 118 €	0	14d	14d	14d	11 780 €	2,3	1 806 €	0,4	6,2
	1302150279	4 000 €					805 €	0,2	235 €	0,1	
	1302150036	4 111 €	0	0d	-	-	11 935 €	2,9	1 209 €	0,3	13,3
	1302150277	3 450 €					9 482 €	2,7	406 €	0,1	

⁴⁰ No caso dos artigos em que os dados da procura foram agregados, as roturas e taxas de cobertura foram analisadas em conjunto.

ANEXO O - Agregação - Cálculo de Roturas

Na avaliação de inventário dos artigos *standard*, nomeadamente no cálculo de indicadores relacionados com roturas de stock, teve-se um cuidado especial ao lidar com referências cuja procura foi agregada.

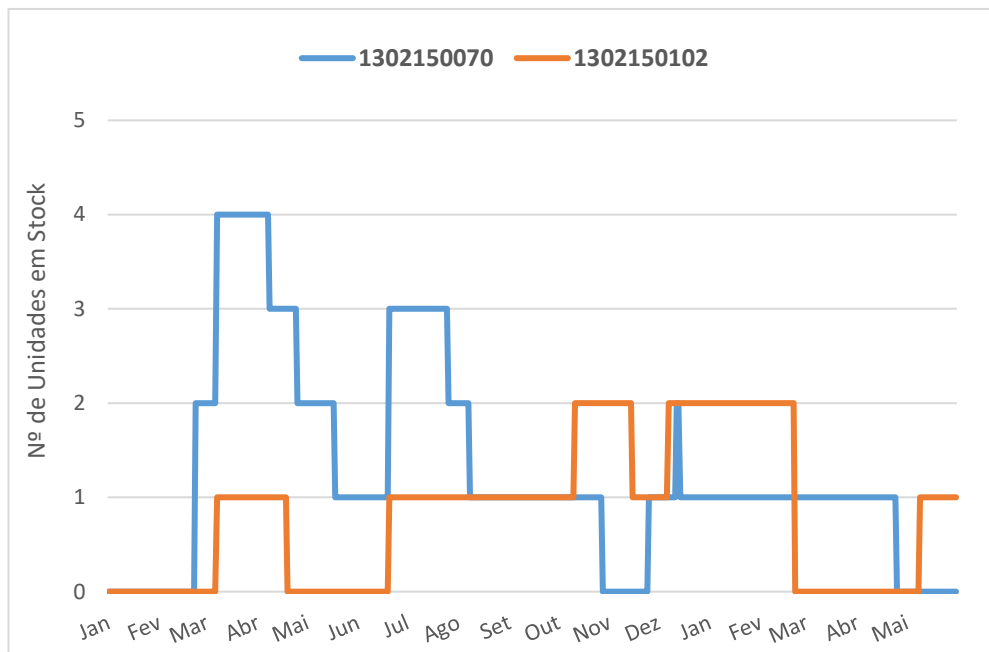


Gráfico 25 – Evolução do número de unidades em stock dos transformadores 1302150070 e 1302150102, entre janeiro de 2016 e março de 2017.

ANEXO P - Lead Time - Efacec India

Tabela 39 – Estatísticas descritivas da distribuição do valor esperado do *lead time* de aprovisionamento de Celas e SAKs da Efacec India para Portugal. Valores expressos em dias.

Indicador		SAK	Cela	NFx	FFx	Total
Estatísticas Descritivas	N	231	112	227	116	343
	Média	62	51	54	68	59
	Mediana	53	48	50	64	51
	Moda	50	48	48	38	48
	Amplitude	126	77	123	108	126
Distribuição Normal	Erro Padrão	1,7	1,3	1,2	2,5	1,2
	Desvio-Padrão	25,2	13,9	18,3	27,3	22,7
	Variância	634	192	333	746	516
	Curtose	1,1	3,0	6,9	-0,4	2,2
	Assimetria	1,2	1,5	2,2	0,7	1,5
Intervalo de Confiança a 90% (Bilateral)	Limite Superior	104	74	84	113	96
	Limite Inferior	21	28	24	23	21
	Mínimo	25	28	28	25	25
	Máximo	151	105	151	133	151
Teste K-S ($\alpha = 5\%$)	Estatíst. Teste	0,158	0,197	0,199	0,134	0,192
	Valor Crítico ⁴¹	0,058	0,084	0,059	0,082	0,048

Tabela 40 – Evolução da média e desvio padrão do *lead time* de fornecimento de Celas e SAKs da EI para Portugal, entre o primeiro trimestre de 2016 e o primeiro trimestre de 2017.

Indicador	Família	2016				2017	Total
		Q1	Q2	Q3	Q4	Q1 ⁴²	
Média	Fluofix	46	54	78	66	70	67
	Normafix	55	53	47	54	62	54
	TOTAL	54	53	66	58	65	58
Desvio-Padrão	Fluofix	4	25	32	22	17	27
	Normafix	15	11	15	24	19	18
	TOTAL	15	17	31	24	19	22
Número de Encomendas	Fluofix	3	27	39	40	13	122
	Normafix	60	57	24	67	22	230
	TOTAL	63	84	63	107	35	352
% Encomendas ⁴³ Rececionadas	Fluofix	100%	100%	97%	95%	77%	95%
	Normafix	100%	100%	100%	100%	86%	99%
	TOTAL	100%	100%	98%	98%	83%	97%

⁴¹ Os valores críticos correspondem aos do teste K-S com correção Liliefors, uma vez que os parâmetros da distribuição (valor esperado e desvio-padrão) não são conhecidos, sendo estimados pela média e variância amostral.

⁴² Engloba apenas os meses de janeiro e fevereiro de 2017. Uma vez que os dados foram recolhidos em maio, parte das encomendas feitas em março e abril ainda não tinham, à data sido rececionadas.

⁴³ Representa a percentagem de encomendas, efetuadas em cada período, já rececionadas. Para as restantes encomendas, usou-se, para efeitos de cálculo de *lead time*, a data planeada de entrega. Para os meses de março e abril, este valor ainda era relativamente elevado, optando-se por não os incluir.

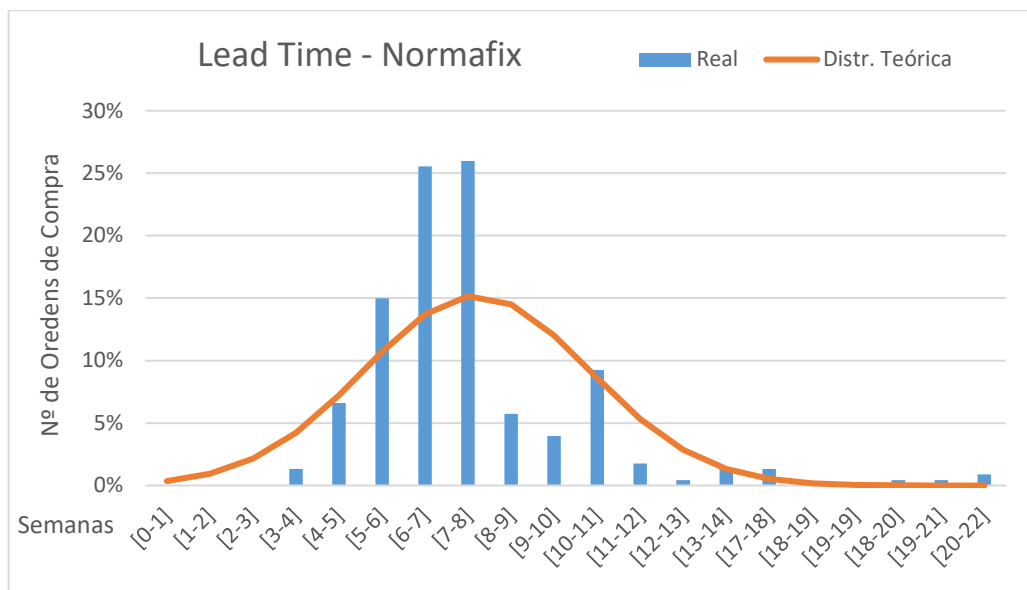


Gráfico 26 - Distribuição dos valores do Lead Time de fornecimento de celas Normafix da Efacec India , entre janeiro de 2016 e fevereiro de 2017.

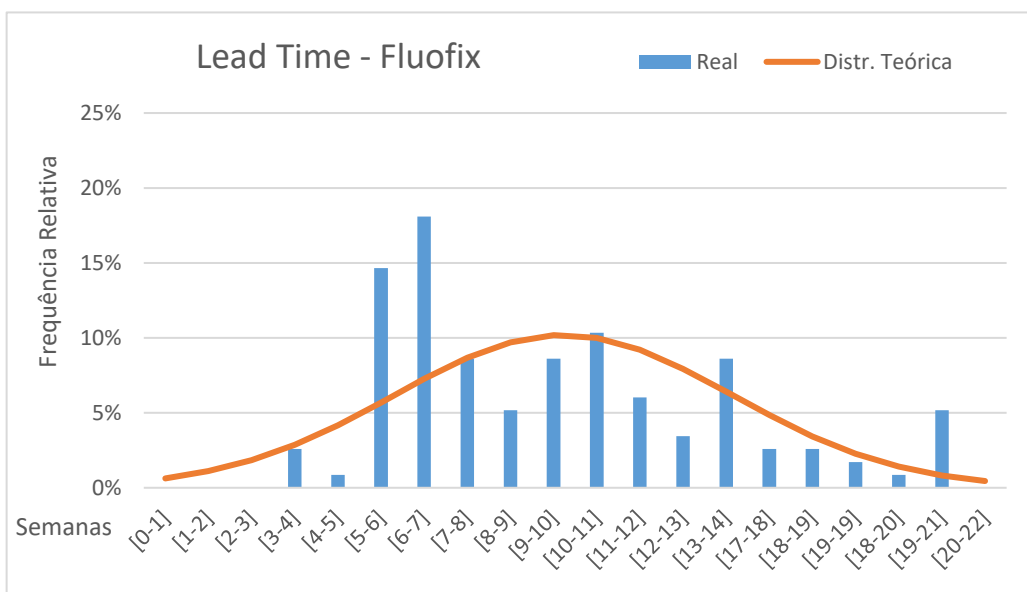


Gráfico 27 - Distribuição dos valores do Lead Time de fornecimento de celas Fluofix da Efacec India , entre janeiro de 2016 e fevereiro de 2017.

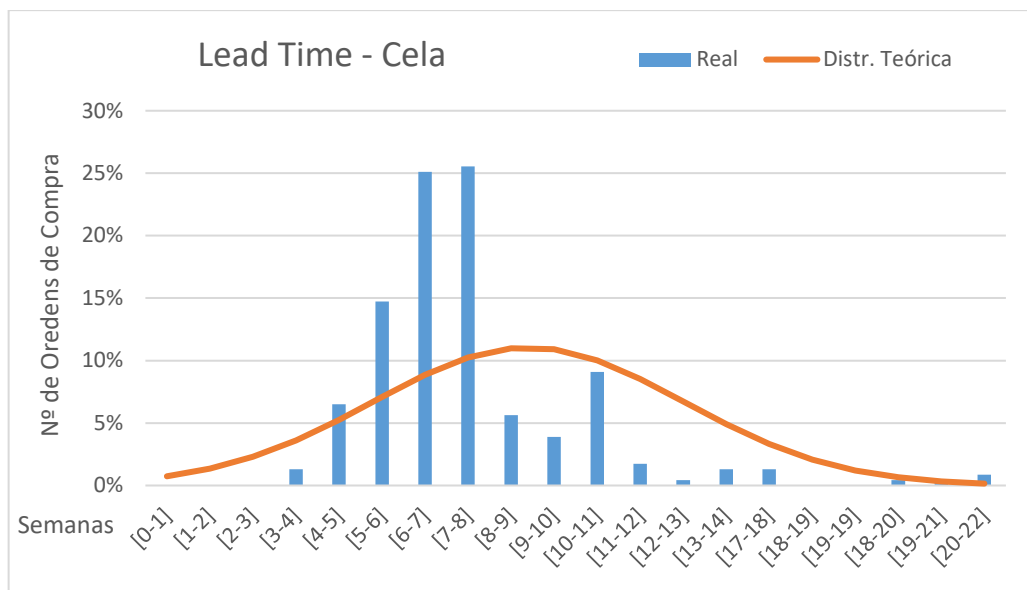


Gráfico 28 - Distribuição dos valores do Lead Time de fornecimento de celas da Efacec India , entre janeiro de 2016 e fevereiro de 2017.

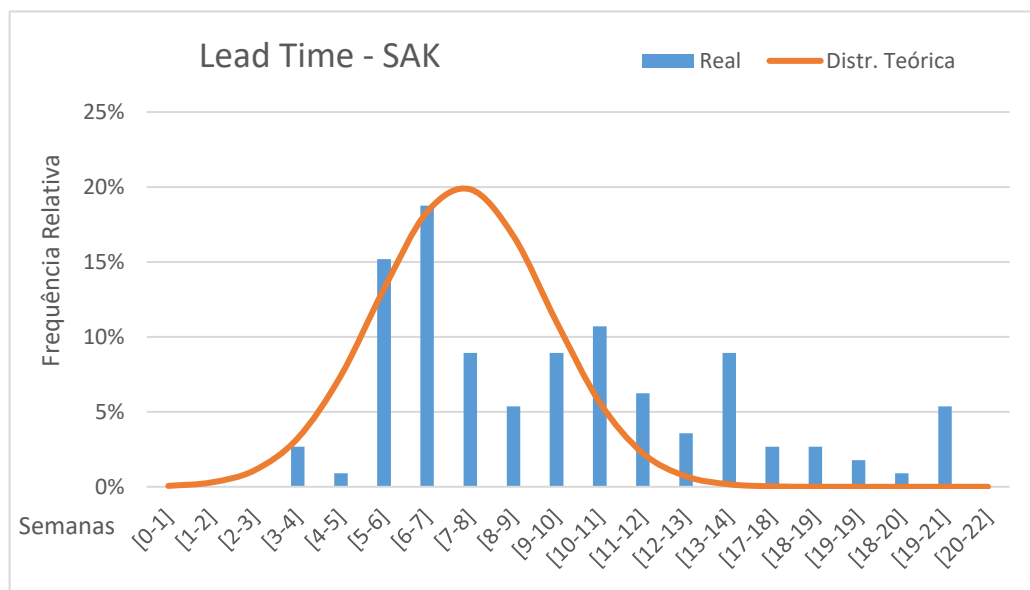


Gráfico 29 - - Distribuição dos valores do Lead Time de fornecimento de SAKs da Efacec India , entre janeiro de 2016 e fevereiro de 2017.

ANEXO Q - Lead Time - Efacec India - Incerteza

Tabela 41 – Estatísticas descritivas da distribuição do atraso do *lead time* de aprovisionamento de Celas e SAKs da Efacec India para Portugal. Valores expressos em dias.

Indicador	Família	SAK	Cela	NFx	FFx	Total
Estatísticas Descritivas	Dimensão	231	112	227	116	343
	Média	1,4	1,9	2,2	0,4	1,6
	Mediana	0	3	3	0	2
	Moda	3	-2	-4	3	3
	Amplitude	106	89	106	102	106
Distribuição Normal	Erro Padrão	1,0	1,5	1,1	1,3	0,8
	Desvio-Padrão	15,7	15,5	16,5	13,7	15,6
	Variância	246	240	272	186	243
	Curtose	1,8	2,5	1,5	3,3	1,9
	Assimetria	0,1	-0,7	-0,2	0,0	-0,2
Intervalo de Confiança a 90% (Bilateral)	Limite Superior	27	27	29	23	27
	Limite Inferior	-24	-24	-25	-22	-24
	Mínimo	-54	-53	-54	-53	-54
	Máximo	52	36	52	49	52
Teste K-S ($\alpha = 5\%$)	Estatíst. Teste	0,140	0,184	0,144	0,135	0,142
	Valor Crítico	0,058	0,084	0,059	0,082	0,048

ANEXO R - Lead Time - Efacec India - Testes de Hipótese

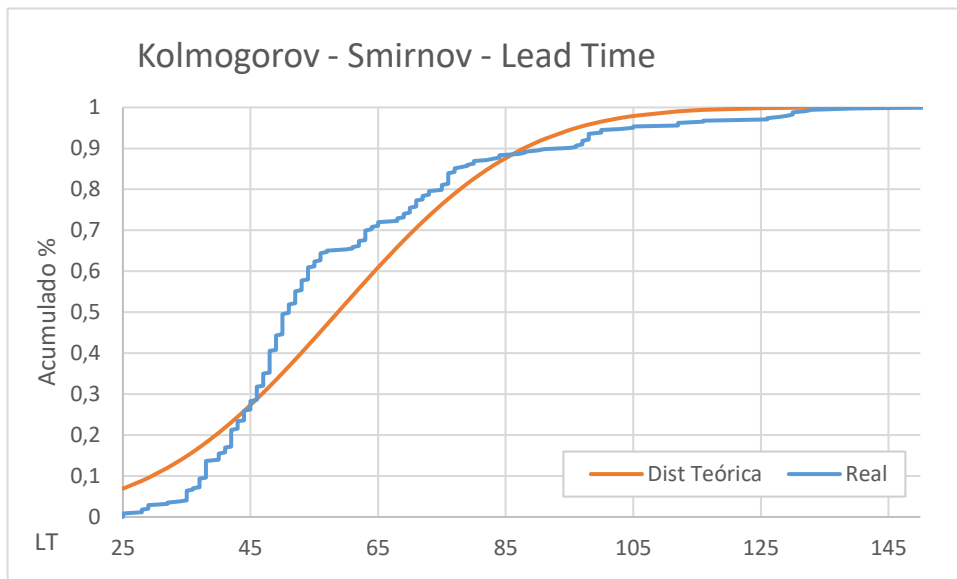


Gráfico 30 - Representação gráfica do teste de qualidade de ajuste da variável 'Lead Time' à distribuição normal.

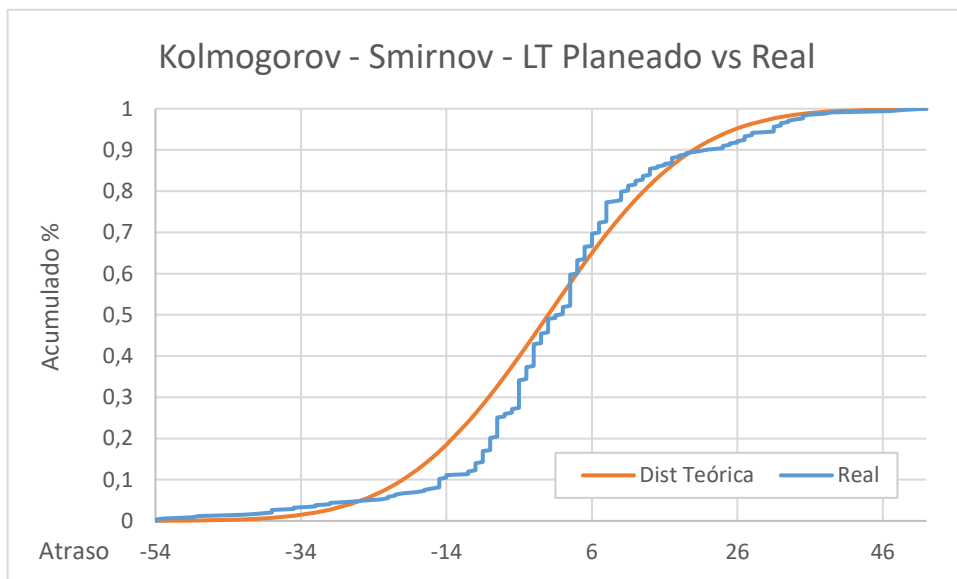


Gráfico 31 – Representação gráfica do teste de qualidade de ajuste da variável 'Atraso do Lead Time' à distribuição normal.

ANEXO S - Lead Time - Lista de Fornecedores

Tabela 42 – Lista de fornecedores das celas *standard*.

ABC	Referência	Tipo	Descrição	Fornecedor
PT	322170011-01	Normafix 24	CELA CIS 375 + EQUIP + ACESS.	EI
	32211057-02	Normafix 24	IS375 (630A-17.5kV) 48Vcc -EMB	AMT
	322170010-01	Normafix 24	CELA IS 375 + EQUIP. + ACESSÓRI	AMT
	322170012-01	Normafix 24	CELA SBM-SD750+EQUIP.+ACESSÓRI	AMT
	331161047-01	Fluofix 24	EDP FX GC 2ISmot48Vcc+1IS	AMT
	32210104-01	Normafix 24	CELA DC 750 DISJ. FIXO (2G)	AMT
	32210331-02	Normafix 24	SBM750 SD (630A-17.5kV) - EMB.	AMT
	32210335-02	Normafix 24	SBM750 SE (630A-17.5kV) - EMB.	AMT
SP	32210090-01	Normafix 24	NX 24kV IS 375 - 20kA - SP	AMT
	32210794-01	Normafix 24	NX 24kV CIS SL-20kA 230Vca-SP	EI
	32210071-02	Normafix 24	NX 24kV M750 EL/SI s/V 20kA-SP	AMT
	33109527-01	Fluofix 24	FX 24KV 2IS+1CIS COMP-16kA- SP	EI
	32210086-01	Normafix 24	NX 24kV CD375 C/VIGIAS 20kA-SP	AMT
	32210098-01	Normafix 24	NX 24kV CIS375 SI-20kA230VcaSP	EI
	334120434-01	Fluofix 36	FX 36kV M1000 Porta 36-20kA-SP	EI
	33410008-01	Fluofix 36	FX 36KV 3IS COMP.48Vcc-20kA-SP	EI
	32210150-04	Normafix 24	NX 24kV M750 EI/SI s/V 20kA-SP	EI
	334120093-01	Fluofix 36	FX 36kV 1CD+1DC-FANOX-20kA-SP	EI
	33410005-01	Fluofix 36	FX 36KV 2IS+1CIS-48Vcc-20kA-SP	EI
	33410101-01	Fluofix 36	FX 36kV 1IS 2EXT - 20kA -SP	EI
	32210210-01	Normafix 24	NX 24kV DC750 DIVAC SEG16kA SP	EI
	33410266-01	Fluofix 36	FX 36KV 2IS+1CIS-COMP-20kA-SP	EI
	334120209-01	Fluofix 36	FX 36kV 1CD+1IS - 20kA-SP	EI

ANEXO T - Catálogo - Distribuição Primária



Figura 5 – Celas de Distribuição Primária. (Esquerda) Cella QBN7. (Direita) Cella Normacel Barramento Duplo



Figura 6 – Cella Normacel Barramento Simples.



Figura 7 – Celas Normacel e QBN7 OUT.



Figura 8 – Solução móvel de exterior.

ANEXO U - Catálogo - Distribuição Secundária



Figura 9 – Cella Fluofix.



Figura 10 – Cella Normafix



Figura 11 – Religador Aéreo de Corte no Vácuo – REVAC- (Esquerda) e Interrutor IATS (Direita).



Figura 12 – Fluofix GCT (Esquerda) e DIVAC (Direita).

ANEXO V - Catálogo - Alta Tensão



Figura 13 – Seccionadores Pantógrafo (Esquerda) e Semi-Pantógrafo(Direita). .



Figura 14 – Seccionadores Horizontais e Verticais.

ANEXO W - Previsão - Gráficos

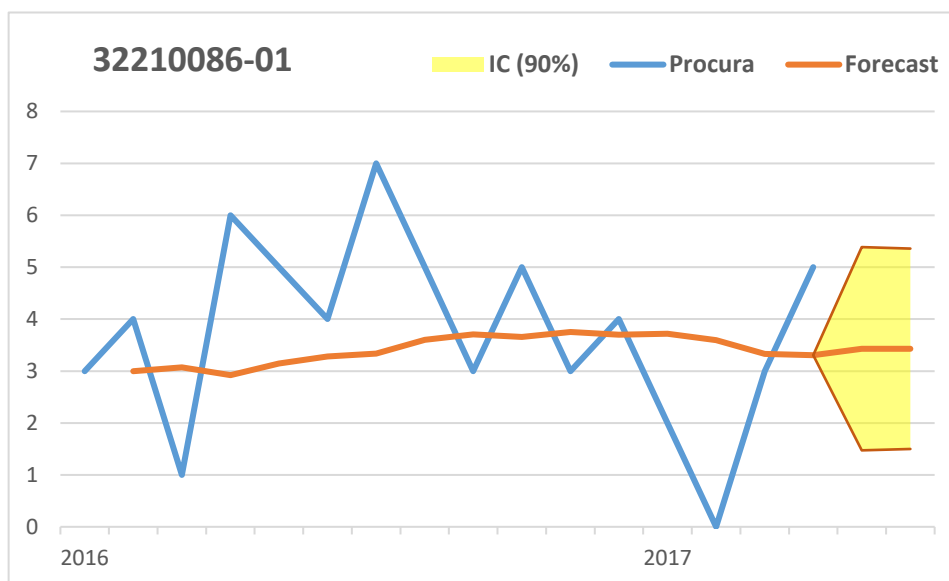


Gráfico 32 - Previsão da Cella 32210086-01 NX 24kV CD375 C/VIGIAS 20kA-SP com amortecimento exponencial simples.

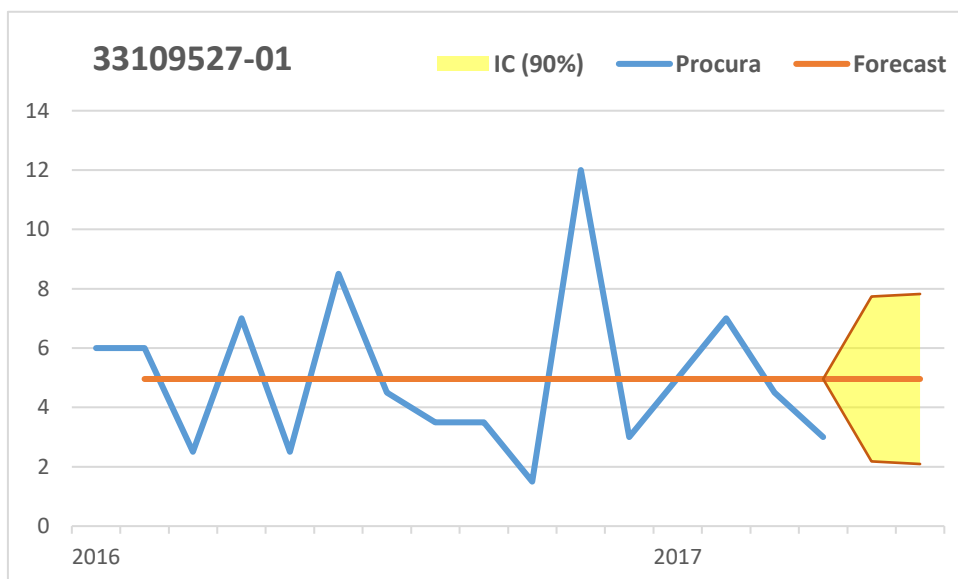


Gráfico 33 – Previsão – Cella 33109527-01 FX 24KV 2IS+1CIS COMP-16kA- SP com amortecimento exponencial simples.

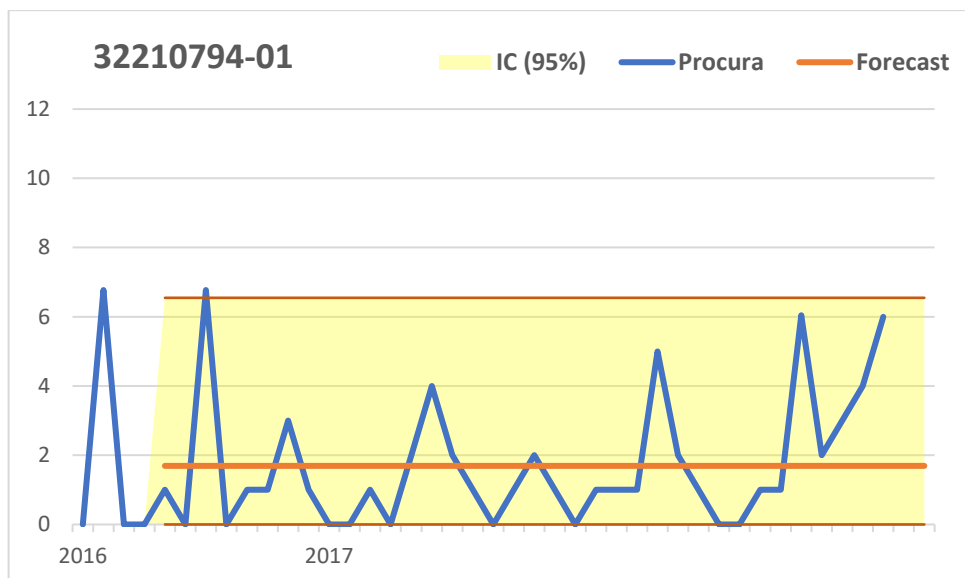


Gráfico 34 – Previsão – Cella 322170010-01 IS 375 + EQUIP. + ACESSÓR com amortecimento exponencial simples, após substituição de outliers.

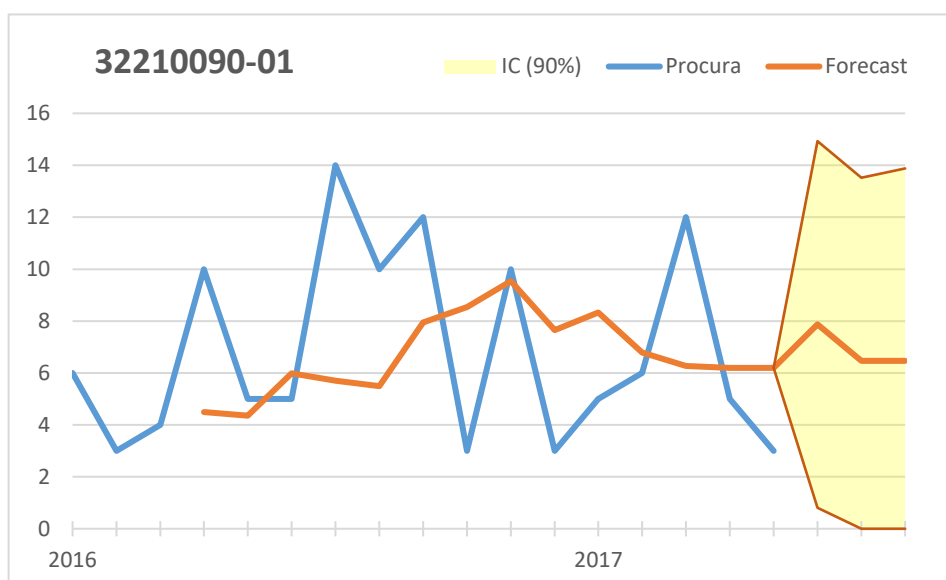


Gráfico 35 - Previsão – Cella 32210090-01 NX 24kV IS 375 - 20kA - SP , a dois meses, com amortecimento exponencial simples.

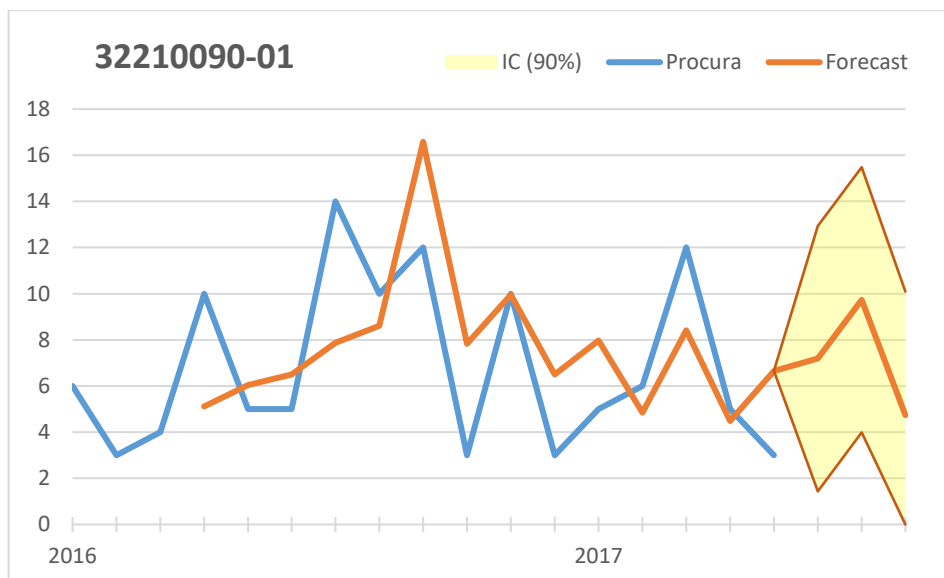


Gráfico 36 - Previsão – Cella 32210090-01 NX 24kV IS 375 - 20kA - SP , a dois meses, com amortecimento exponencial simples e ajuste à procura conhecida.

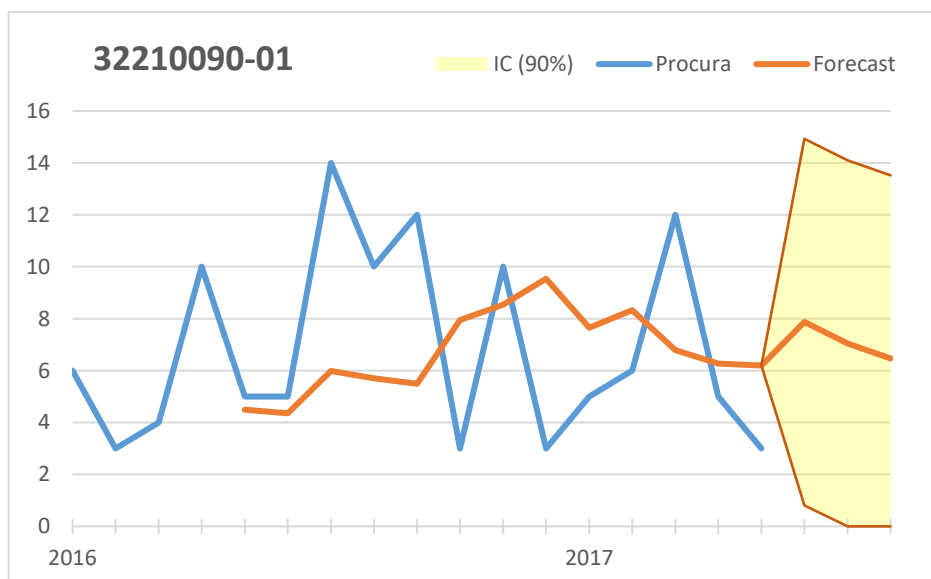


Gráfico 37 - Previsão – Cella 32210090-01 NX 24kV IS 375 - 20kA - SP , a três meses, com amortecimento exponencial simples.

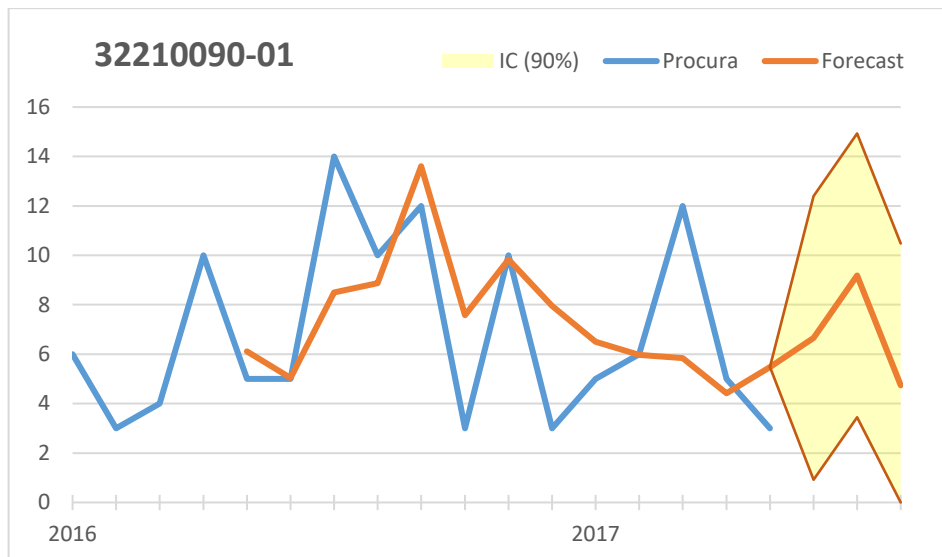


Gráfico 38 - Previsão – Cella 32210090-01 NX 24kV IS 375 - 20kA - SP , a três meses, com amortecimento exponencial simples e ajuste à procura conhecida.

ANEXO X - Previsão - Resultados

Tabela 43 – Previsão – Transformadores. Indicadores relacionados com a validade e performance do modelo escolhido para cada artigo e cada desfasamento.

País	Artigo	Previsão	Desf.	EQM	U	Testes aos Erros ⁴⁴		Desvio Padrão
						Val. Esp	Correl	
ESP	1302150038	SES	1	2,6	0,87	40%	35%	1,61
	1302150038	SES	2	2,7	0,92	38%	48%	1,62
	1302150038	SES	3	2,6	0,80	40%	50%	1,62
	1302150157	SES	1	0,7	0,77	39%	6%	0,8
	1302150157	TL	2	0,6	0,72	54%	9%	0,8
	1302150157	SES	3	0,7	0,91	45%	11%	0,9
	1302150156	SES	1	0,9	0,92	61%	68%	0,9
	1302150156	SES	2	0,9	0,79	60%	73%	1,0
	1302150156	SES	3	1,0	0,91	61%	74%	1,0
	1302150069	SES	1	0,8	0,83	62%	31%	0,9
	1302150069	SES	2	0,7	0,85	63%	80%	0,8
	1302150069	SES	3	0,9	0,86	60%	43%	0,9
	1302150037	SES	1	0,8	0,88	40%	21%	0,9
	1302150037	SES	2	0,8	0,82	40%	33%	0,9
	1302150037	SES	3	0,8	0,83	41%	23%	0,9
	1302150158	SES	1	0,9	0,85	39%	4%	0,9
	1302150158	SES	2	0,9	1,00	41%	49%	0,9
	1302150158	SES	3	1,6	0,91	43%	9%	1,3
	1302150102	SES	1	0,7	0,90	39%	39%	0,8
	1302150102	SES	2	0,6	0,74	41%	20%	0,8
	1302150102	SES	3	0,4	0,88	45%	16%	0,6
	1302150036	SES	1	0,6	0,85	40%	58%	0,7
	1302150036	SES	2	0,7	0,87	34%	76%	0,8
	1302150036	SES	3	0,7	0,95	33%	80%	0,8
	1302150070	SES	1	0,5	0,85	48%	66%	0,7
	1302150070	SES	2	0,5	0,82	39%	94%	0,7
	1302150070	SES	3	0,3	0,74	43%	74%	0,5
	1302150068	SES	1	0,4	0,80	39%	20%	0,6
	1302150068	SES	2	0,4	0,75	39%	30%	0,6
	1302150068	SES	3	0,3	0,81	42%	31%	0,6
PT	ECO025015420T	SES	1	0,6	0,91	47%	42%	0,8
	ECO025015420T	SES	2	0,6	1,01	53%	92%	0,8
	ECO025015420T	TL	3	1,1	0,99	49%	88%	1,1
	ECO040015420T	SES	1	0,3	0,87	55%	58%	0,6
	ECO040015420T	SES	2	0,4	0,83	50%	84%	0,6
	ECO040015420T	SES	3	0,4	0,89	46%	90%	0,6

⁴⁴ Valor de prova obtido no teste.

Tabela 43 – (Continuação)

País	Artigo	Previsão	Desf.	EQM	U	Testes aos Erros ⁴⁵		Desvio Padrão
						Val. Esp	Correl	
PT	130212147	SES	1	0,5	0,91	55%	33%	0,7
	130212147	SES	2	0,4	0,74	63%	43%	0,6
	130212147	SES	3	0,4	0,82	62%	50%	0,6
	EDP025015420ECOT	SES	1	0,4	0,79	39%	18%	0,6
	EDP025015420ECOT	SES	2	0,4	0,74	39%	24%	0,6
	EDP025015420ECOT	SES	3	0,4	0,88	37%	19%	0,6
	ECO063015420TLI	SES	1	0,4	1,1	40%	82%	0,6
	ECO063015420TLI	SES	2	0,4	0,8	40%	87%	0,6
	ECO063015420TLI	SES	3	0,4	0,8	39%	86%	0,6

Tabela 44 - Previsão – Celas. Indicadores relacionados com a validade e performance do modelo escolhido para cada artigo e cada desfasamento.

País	Artigo	Previsão	Desf	MSE	U	Teste aos Erros		Desvio Padrão
						Val. Esp	Correl	
FFx 24	33109527-01	SES	1	10,6	0,55	62%	2%	3,2
	33109527-01	SES	2	9,5	0,67	54%	7%	3,2
	33109527-01	SES	3	10,7	0,54	55%	4%	3,4
	33110299-01	SES	1	1,5	0,82	44%	20%	1,3
	33110299-01	SES	2	1,7	1,06	54%	43%	1,3
	33110299-01	SES	3	2,0	1,05	56%	21%	1,5
	33111608-01	SES	1	2,6	0,96	41%	74%	1,6
	33111608-01	SES	2	2,9	0,79	35%	72%	1,6
	33111608-01	SES	3	3,1	0,86	33%	80%	1,7
	331161047-01	SES	1	6,0	0,90	39%	7%	2,4
	331161047-01	SES	2	5,4	0,92	46%	48%	2,4
	331161047-01	SES	3	8,9	0,96	45%	19%	3,1
FFx 36	334120434-01	SES	1	3,9	0,79	39%	46%	2,0
	334120434-01	SES	2	4,2	0,79	37%	68%	2,0
	334120434-01	SES	3	4,1	0,79	38%	69%	2,0
	33410008-01	SES	1	2,0	0,73	58%	84%	1,4
	33410008-01	SES	2	2,0	0,85	56%	82%	1,4
	33410008-01	SES	3	2,1	0,64	55%	83%	1,5
	334120093-01	SES	1	2,2	0,69	41%	27%	1,5
	334120093-01	SES	2	2,4	0,77	38%	34%	1,5
	334120093-01	SES	3	2,5	0,82	38%	37%	1,6
	33410005-01	SES	1	2,0	0,77	44%	7%	1,4
	33410005-01	SES	2	2,1	0,84	43%	5%	1,5
	33410005-01	SES	3	2,1	0,70	39%	4%	1,5
	33410101-01	SES	1	3,1	0,74	40%	4%	1,7
	33410101-01	TL	2	2,6	0,71	50%	28%	1,7
	33410101-01	SES	3	3,6	0,83	44%	9%	2,0

⁴⁵ Valor de prova obtido no teste.

Tabela 44 – (Continuação)

País	Artigo	Previsão	Desf	MSE	U	Teste aos Erros		Desvio Padrão
						Val. Esp	Correl	
FFx 36	334120209-01	SES	1	0,8	0,80	57%	48%	0,9
	334120209-01	SES	2	0,8	0,82	56%	52%	0,9
	334120209-01	SES	3	0,9	0,69	58%	36%	0,9
NFx 24	32210090-01	SES	1	17,0	0,74	41%	37%	4,2
	32210090-01	SES	2	17,6	0,91	44%	69%	4,3
	32210090-01	SES	3	19,0	0,73	46%	64%	4,5
	32210071-02	SES	1	8,6	0,76	42%	37%	3,0
	32210071-02	SES	2	9,3	0,93	42%	67%	3,1
	32210071-02	SES	3	7,9	0,54	46%	41%	2,9
	32210086-01	SES	1	3,5	0,56	47%	65%	1,9
	32210086-01	SES	2	3,3	0,44	42%	84%	1,8
	32210086-01	SES	3	3,0	0,55	46%	78%	1,8
	32210150-04	SES	1	2,1	0,57	66%	20%	1,4
	32210150-04	SES	2	2,0	0,53	64%	32%	1,4
	32210150-04	TL	3	1,6	0,63	58%	10%	1,3
	32210210-01	SES	1	4,3	1,13	59%	72%	2,1
	32210210-01	SES	2	4,6	1,07	58%	70%	2,2
	32210210-01	SES	3	4,8	0,91	57%	69%	2,3
	32211036-01	SES	1	38,2	0,86	41%	25%	6,2
	32211036-01	SES	2	40,1	0,82	40%	62%	6,3
	32211036-01	SES	3	31,1	0,78	43%	48%	5,7
	322170010-01	SES	1	6,7	1,03	38%	31%	2,5
	322170010-01	SES	2	7,6	1,02	35%	58%	2,6
	322170010-01	SES	3	8,6	0,94	32%	58%	2,7
	322170012-01	SES	1	3,1	0,96	37%	27%	1,7
	322170012-01	SES	2	3,4	0,92	33%	42%	1,7
	322170012-01	TL	3	2,6	0,98	33%	73%	1,5
	32210104-01	SES	1	1,5	0,82	36%	10%	1,2
	32210104-01	SES	2	1,5	0,85	37%	18%	1,2
	32210104-01	SES	3	1,5	0,92	34%	11%	1,2

ANEXO Y - Previsão - Resultados após ajuste

Tabela 45 – Previsão após ajuste – Transformadores. Indicadores relacionados com a validade e performance do modelo escolhido para cada artigo e cada desfasamento.

País	Artigo	Previsão	Desf.	EQM	U	Testes aos Erros ⁴⁶		Desvio Padrão	Bayes ⁴⁷
						Val. Esp	Correl		
ESP	1302150038	SES	1	0,9	0,49	34%	19%	0,91	Sim
	1302150038	SES	2	2,1	0,83	42%	41%	1,47	Sim
	1302150038	SES	3	2,4	0,87	38%	44%	1,55	Sim
	1302150157	SES	1	0,0	0,13	-	-	0,1	Sim
	1302150157	TL	2	0,6	0,72	54%	9%	0,8	-
	1302150157	SES	3	0,5	0,76	44%	17%	0,7	Sim
	1302150156	SES	1	0,1	0,37	65%	22%	0,4	Sim
	1302150156	SES	2	0,5	0,59	72%	45%	0,6	Sim
	1302150156	SES	3	0,5	0,73	67%	32%	0,6	Sim
	1302150069	SES	1	0,0	0,14	-	-	0,1	Sim
	1302150069	SES	2	0,5	0,82	57%	67%	0,7	Sim
	1302150069	SES	3	0,4	0,78	52%	17%	0,6	Sim
	1302150037	SES	1	0,0	0,06	-	-	0,1	Sim
	1302150037	SES	2	0,2	0,40	50%	10%	0,5	Sim
	1302150037	SES	3	0,3	0,52	44%	40%	0,6	Sim
	1302150158	SES	1	0,1	0,30	46%	18%	0,4	Sim
	1302150158	SES	2	0,9	1,00	41%	49%	0,9	-
	1302150158	SES	3	1,4	0,86	45%	19%	1,2	Sim
	1302150102	SES	1	0,3	0,61	42%	33%	0,6	Sim
	1302150102	SES	2	0,4	0,57	44%	17%	0,6	Sim
	1302150102	SES	3	0,4	0,88	45%	16%	0,6	-
	1302150036	SES	1	0,5	0,74	40%	88%	0,7	Sim
	1302150036	SES	2	0,7	0,87	34%	76%	0,8	-
	1302150036	SES	3	0,6	0,90	35%	84%	0,8	Sim
	1302150070	SES	1	0,2	0,49	47%	61%	0,4	Sim
	1302150070	SES	2	0,2	0,56	44%	63%	0,5	Sim
	1302150070	SES	3	0,2	0,60	48%	78%	0,5	Sim
	1302150068	SES	1	0,1	0,34	49%	40%	0,3	Sim
	1302150068	SES	2	0,4	0,77	47%	36%	0,6	Sim
	1302150068	SES	3	0,3	0,81	42%	31%	0,6	-
PT	ECO025015420T	SES	1	0,0	0,01	85%	99%	0,0	Sim
	ECO025015420T	SES	2	0,1	0,42	47%	38%	0,4	Sim
	ECO025015420T	TL	3	0,2	0,72	52%	47%	0,5	Sim
	ECO040015420T	SES	1	0,0	0,01	-	-	0,0	Sim
	ECO040015420T	SES	2	0,0	0,05	-	-	0,0	Sim
	ECO040015420T	SES	3	0,0	0,05	-	-	0,0	Sim

⁴⁶ Valor de prova obtido no teste.

⁴⁷ Série apresenta erro quadrático médio inferior com o ajuste pela procura antecipada

Tabela 43 – (Continuação)

País	Artigo	Previsão	Desf.	EQM	U	Testes aos Erros ⁴⁸		Desvio Padrão	Bayes
						Val. Esp	Correl		
PT	130212147	SES	1	0,0	0,0	-	-	0,0	Sim
	130212147	SES	2	0,1	0,3	52%	47%	0,3	Sim
	130212147	SES	3	0,1	0,2	51%	48%	0,3	Sim
	EDP025015420ECOT	SES	1	0,0	0,00	-	-	0,0	Sim
	EDP025015420ECOT	SES	2	0,1	0,33	43%	39%	0,3	Sim
	EDP025015420ECOT	SES	3	0,1	0,37	42%	35%	0,3	Sim
	ECO063015420TLI	SES	1	0,0	0,0	-	-	0,0	Sim
	ECO063015420TLI	SES	2	0,1	0,4	41%	42%	0,3	Sim
	ECO063015420TLI	SES	3	0,1	0,4	41%	41%	0,3	Sim

Tabela 46 - Previsão após ajuste – Celas. Indicadores relacionados com a validade e performance do modelo escolhido para cada artigo e cada desfasamento.

País	Artigo	Previsão	Desf	MSE	U	Teste aos Erros		Desvio Padrão	Bayes
						Val. Esp	Correl		
FFx 24	33109527-01	SES	1	2,9	0,33	9%	22%	0,99	Sim
	33109527-01	SES	2	7,0	0,51	55%	11%	2,72	Sim
	33109527-01	SES	3	10,7	0,54	55%	4%	3,38	
	33110299-01	SES	1	1,5	0,82	44%	20%	1,3	Sim
	33110299-01	SES	2	1,7	1,06	54%	43%	1,3	
	33110299-01	SES	3	2,0	1,05	56%	21%	1,5	
	33111608-01	SES	1	0,0	0,01	97%	98%	0,0	Sim
	33111608-01	SES	2	0,4	0,36	48%	20%	0,6	Sim
	33111608-01	SES	3	0,4	0,30	42%	13%	0,6	Sim
	331161047-01	SES	1	0,0	0,02	-	-	0,1	Sim
	331161047-01	SES	2	1,1	0,73	57%	66%	1,1	Sim
	331161047-01	SES	3	0,7	0,26	51%	39%	0,9	Sim
FFx 36	334120434-01	SES	1	0,9	0,33	44%	9%	0,9	Sim
	334120434-01	SES	2	2,5	0,42	47%	56%	1,6	Sim
	334120434-01	SES	3	3,3	0,89	37%	71%	1,8	Sim
	33410008-01	SES	1	0,2	0,34	48%	6%	0,5	Sim
	33410008-01	SES	2	2,0	0,85	56%	82%	1,4	
	33410008-01	SES	3	2,1	0,64	55%	83%	1,5	
	334120093-01	SES	1	0,4	0,31	47%	6%	0,7	Sim
	334120093-01	SES	2	1,1	0,57	50%	76%	1,1	Sim
	334120093-01	SES	3	1,4	0,79	43%	93%	1,2	Sim
	33410005-01	SES	1	0,8	0,47	35%	15%	0,9	Sim
	33410005-01	SES	2	1,6	0,74	46%	3%	1,3	Sim
	33410005-01	SES	3	1,6	0,61	37%	6%	1,2	Sim
	33410101-01	SES	1	0,2	0,18	57%	20%	0,4	Sim
	33410101-01	TL	2	2,2	0,73	50%	56%	1,5	Sim
	33410101-01	SES	3	2,5	0,76	40%	19%	1,6	Sim

⁴⁸ Valor de prova obtido no teste.

Tabela 44 – (Continuação)

País	Artigo	Previsão	Desf	MSE	U	Teste aos Erros		Desvio Padrão	Bayes
						Val. Esp	Correl		
FFx 36	334120209-01	SES	1	0,2	0,42	56%	5%	0,5	Sim
	334120209-01	SES	2	0,5	0,66	63%	91%	0,7	Sim
	334120209-01	SES	3	0,8	0,79	55%	97%	0,9	Sim
NFx 24	32210090-01	SES	1	0,8	0,21	52%	40%	0,9	Sim
	32210090-01	SES	2	11,4	0,69	53%	72%	3,5	Sim
	32210090-01	SES	3	9,8	0,61	53%	71%	3,3	Sim
	32210071-02	SES	1	0,8	0,28	45%	19%	0,9	Sim
	32210071-02	SES	2	7,2	0,91	45%	95%	2,8	Sim
	32210071-02	SES	3	5,4	0,41	39%	67%	2,3	Sim
	32210086-01	SES	1	1,8	0,57	40%	29%	1,4	Sim
	32210086-01	SES	2	3,3	0,44	42%	84%	1,8	
	32210086-01	SES	3	3,0	0,55	46%	78%	1,8	
	32210150-04	SES	1	0,6	0,34	53%	60%	0,8	Sim
	32210150-04	SES	2	1,5	0,44	59%	51%	1,2	Sim
	32210150-04	TL	3	1,6	0,63	58%	10%	1,3	
	32210210-01	SES	1	1,1	0,37	45%	66%	1,1	Sim
	32210210-01	SES	2	3,3	0,60	50%	44%	1,9	Sim
	32210210-01	SES	3	4,2	0,87	43%	58%	2,1	Sim
	32211036-01	SES	1	3,9	0,26	35%	9%	1,9	Sim
	32211036-01	SES	2	36,9	0,67	44%	55%	6,2	Sim
	32211036-01	SES	3	31,1	0,78	43%	48%	5,7	
	322170010-01	SES	1	0,0	0,08	-	-	0,2	Sim
	322170010-01	SES	2	1,8	0,39	33%	58%	1,3	Sim
	322170010-01	SES	3	3,2	0,52	25%	59%	1,5	Sim
	322170012-01	SES	1	0,0	0,03	-	-	0,1	Sim
	322170012-01	SES	2	1,2	0,47	35%	68%	1,0	Sim
	322170012-01	TL	3	1,0	0,87	29%	68%	0,9	Sim
	32210104-01	SES	1	0,0	0,04	-	-	0,1	Sim
	32210104-01	SES	2	0,4	0,47	52%	77%	0,7	Sim
	32210104-01	SES	3	0,6	0,58	35%	62%	0,7	Sim

ANEXO Z -Artigos *Standard* - Roturas, Stock e Consumos após a implementação da nova política.

Tabela 47 – Dados relativos a roturas e stock após a implementação da nova política – Celas.

Tipo	Item	SS	Sm ⁴⁹	Sm (€)	Dias em Rot ⁵⁰	Nº Rot ⁵¹	Dim Méd.	Dur.	P(Rot)
FFx 24	331161047-01	2	2,4	5 300 €	2,4d	0,3	1,0	1,1	2,5%
NFx 24	322170010-01	2	2,7	2 007 €	7,8d	0,8	1,1	1,3	7,1%
NFx 24	322170012-01	0	2,2	2 797 €	4,5d	0,5	1,1	1,3	4,3%
NFx 24	32210104-01	2	2,2	2 295 €	0,5d	0,1	1,0	1,2	0,5%
FFx 24	33109527-01	5	6,7	16 739 €	7,1d	0,6	1,7	1,7	5,1%
FFx 24	33110299-01	3	3,2	9 318 €	3,3d	0,2	1,1	1,9	2,0%
FFx 24	33111608-01	2	2,1	1 724 €	0,5d	0,1	1,1	1,4	0,5%
FFx 36	334120434-01	3	4,0	5 874 €	9,2d	0,8	1,3	1,7	6,4%
FFx 36	33410008-01	2	3,0	13 226 €	10,1d	0,8	1,3	1,8	6,8%
FFx 36	334120093-01	2	3,2	18 778 €	4,0d	0,3	1,2	1,7	2,8%
FFx 36	33410005-01	2	3,1	16 644 €	6,0d	0,4	1,2	2,0	3,6%
FFx 36	33410101-01	3	3,2	5 926 €	7,7d	0,6	1,2	2,0	4,7%
FFx 36	334120209-01	1	1,8	2 891 €	7,6d	0,6	1,1	1,9	4,6%
NFx 24	32210090-01	6	8,7	6 640 €	3,9d	0,5	1,7	1,2	3,9%
NFx 24	32210071-02	5	7,1	5 993 €	4,1d	0,5	1,5	1,2	4,0%
NFx 24	32210086-01	4	4,9	2 832 €	7,5d	0,8	1,4	1,4	6,5%
NFx 24	32210150-04	2	3,0	2 447 €	6,6d	0,6	1,1	1,6	4,9%
NFx 24	32210210-01	4	4,0	19 232 €	6,0d	0,5	1,3	1,7	4,3%
NFx 24	32211036-01	11	16,2	14 618 €	7,0d	0,8	2,5	1,3	4,0%

⁴⁹ Stock Médio Mensal.

⁵⁰ Nº de ocorrências por ano.

⁵¹ Nº de ocorrências por ano.

Tabela 48 – Dados relativos a roturas e stock após a implementação da nova política – Celas.

Tipo	Item	SS	Sm ⁵²	Sm (€)	Dias em Rot ⁵³	Nº Rot ⁵⁴	Dim. Méd	Dur.	P(Rot)
Trafo	ECO025015420T	1	1,4	5 489 €	3,7d	0,9	1,1	1,7	7,6%
Trafo	ECO040015420T	0	0,3	1 524 €	4,1d	0,7	1,1	2,2	5,8%
Trafo	130212147	1	1,0	3 445 €	5,5d	0,5	1,3	2,2	4,2%
Trafo	EDP025015420ECOT	1	0,9	3 739 €	4,4d	0,4	1,3	1,1	3,6%
Trafo	ECO063015420TLI	1	0,9	5 912 €	4,5d	0,8	1,3	1,3	6,9%
Trafo	1302150038	3	3,7	22 814 €	3,8d	0,3	1,2	2,1	2,2%
Trafo	1302150157	2	2,5	13 157 €	4,5d	0,8	-0,8	1,3	7,1%
Trafo	1302150156	1	1,3	5 049 €	5,4d	0,4	1,1	2,1	3,1%
Trafo	1302150069	2	1,6	8 841 €	4,1d	0,3	1,1	2,0	2,4%
Trafo	1302150037	1	0,9	4 822 €	14,7d	1,0	1,0	2,0	8,7%
Trafo	1302150158	2	1,7	10 928 €	5,8d	0,4	1,0	2,0	3,4%
Trafo	1302150102	2	1,8	12 688 €	2,1d	0,1	1,0	2,1	1,2%
Trafo	1302150036	2	1,8	7 815 €	3,7d	0,3	1,0	2,0	2,2%
Trafo	1302150070	1	1,0	6 270 €	12,4d	0,8	1,0	2,2	6,7%
Trafo	1302150068	1	1,2	4 844 €	7,0d	0,5	1,0	2,2	3,8%

⁵² Stock Médio Mensal.⁵³ Nº de ocorrências por ano.⁵⁴ Nº de ocorrências por ano.