

Instabilidade e Variabilidade do indicador BTS (*Build to Schedule*) em Linhas de Montagem

Pedro Daniel Gandarela de Oliveira Mendes

Dissertação de Mestrado

Orientador na FEUP: Professor Hermenegildo Pereira

Orientador na Fico Cables, Lda: Engenheiro Filipe Teixeira



FEUP

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto
Mestrado Integrado em Engenharia Industrial e Gestão

2012-06-29

“A good system shortens the road to the goal.”

Orison Swett Marden

Resumo

O presente projeto foi desenvolvido no âmbito da elaboração da dissertação para a conclusão do Mestrado Integrado em Engenharia Industrial e Gestão na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. O seu objetivo prende-se com a melhoria do cumprimento do planeamento da produção através da eliminação do ruído e entropia em linhas de montagem.

A abordagem ao problema em questão é feita através de metodologias *Lean* para a redução do desperdício e nivelamento da produção. Estas técnicas têm sido amplamente aplicadas em várias áreas de negócio, sendo que no caso da indústria se apresentam como um fator chave para o sucesso de uma empresa. Não obstante as vantagens da sua utilização, a filosofia *Lean* por vezes envolve uma mudança radical dos processos, equipamentos e cultura duma organização, condições que podem ditar o insucesso da sua aplicação.

No projeto analisou-se a flexibilização dos processos produtivos com utilização de métodos quantitativos de previsão da procura na tentativa de diminuir a dependência da empresa das previsões de compra dos clientes.

A procura da flexibilização determinou novas abordagens e observações na realização de manutenção autónoma para a diminuição de paragens forçadas e sobrecarga do departamento de manutenção e a melhoria da estrutura de *setup's* em vigor através da realização de atividades *SMED*.

As atividades em conjunto com uma definição rigorosa dos critérios a ter em conta no momento do planeamento culminam na maior capacidade da Empresa agir de acordo com o planeado devido à redução dos motivos de variabilidade.

Instability and Variability of BTS (Build to Schedule) Index in Assembly Lines

Abstract

The present project was developed in the preparation of the dissertation for the completion of the MSc in Industrial Engineering and Management at the Faculty of Engineering of the University of Porto. The prime goal relates to improving the performance of production planning by eliminating the noise and entropy on assembly lines.

The approach to the problem in question is performed through Lean methodologies to reduce wasteful and leveling the production. These techniques have been widely applied in various business areas, and in industry case are presented as a key factor for the success of a company. Despite the advantages of its use, the Lean philosophy often involves a radical change of processes, equipment and culture of an organization which may dictate the failure of its application.

In this work the flexibility of production processes is analyzed using quantitative methods of forecasting demand in an attempt to reduce the company dependence on customer purchase forecasts.

As a result of the search for flexibility, improvements were made in the production chain. New approaches and observations were determined in the application of autonomous maintenance to reduce forced shutdowns, and consequent overload of the maintenance department, and improvement of the setup's structure set was accomplished by implementing SMED activities.

The activities in conjunction with a rigorous definition of the criteria to be taken into account when planning culminate in the improvement of company's ability to act according to plan due to the reduction of variability causes.

Agradecimentos

À minha família, amigos e namorada por todo o apoio e paciência ao longo de todo o projeto.

Ao Engenheiro Hermenegildo Pereira pelo apoio quer na discussão de ideias como na orientação do relatório.

Ao Professor Bernardo Almada Lobo pela disponibilidade demonstrada.

Ao Engenheiro Filipe Teixeira pela orientação na empresa.

A todos os funcionários e chefes do módulo III pela ajuda e empenho na implementação das soluções desenvolvidas.

Índice de Conteúdos

1	Introdução	1
	Temas Abordados e sua Organização no Presente Relatório	1
2	A Empresa.....	2
2.1	Apresentação	2
2.2	Fábrica Principal	3
2.3	Clientes.....	4
3	Estado da Arte.....	5
3.1	Planeamento Integrado	5
3.1.1	SCM (<i>Supply Chain Management</i>) ou GCA (Gestão da Cadeia de Abastecimento).....	5
3.1.2	MPS (<i>Master Production Schedule</i>)	6
3.1.3	MRP e MRP II.....	6
3.1.4	ERP	7
3.1.5	APS (<i>Advanced Planning & Scheduling</i>)	8
3.1.6	Demand Planning (Planeamento da Procura)	8
3.2	TPS (<i>Toyota Production System</i>)	11
3.2.1	Lean	11
3.2.2	JIT (<i>Just-In-Time</i>)	11
3.2.3	TPM (<i>Total Productive Maintenance</i>)	11
3.2.4	“5S”	13
3.2.5	Gestão Visual	13
3.2.6	Perdas	13
3.2.7	OEE	14
3.2.8	SMED (<i>Single-Minute-Exchange-Of-Die</i>)	15
3.2.9	Tipologia do <i>gemba</i>	16
3.2.10	Estratégia Produtiva	16
4	Enquadramento do Problema	18
4.1	Indicador BTS	19
4.2	Indicador OEE	20
4.3	Gestão de <i>Stocks</i>	21
4.4	O Planeamento e Controlo da Produção	21
4.5	Replanificação	25
4.6	<i>Change-over</i> (Mudança de Ferramentas).....	26
4.7	Paragens	26
4.8	Avarias.....	27
4.9	Absentismo e/ou Deslocação de MOD	28
5	Desenvolvimento de Soluções.....	29
5.1	Planeamento.....	29
5.1.1	Planeamento no PDP	29
5.1.2	Sequenciamento e Controlo da Produção	30
5.2	Modelo Quantitativo de Previsão.....	32
5.2.1	Seleção dos Produtos	33
5.2.2	Análise das Séries.....	33
5.2.3	Seleção dos Modelos	34

5.2.4 Formulação	35
5.2.5 Stock de segurança.....	36
5.2.6 Erros.....	36
5.2.7 Análise dos Resultados	37
5.3 SMED	38
5.3.1 Análise dos Resultados	42
5.4 Gestão de peças de substituição.....	44
5.5 Manutenção Autónoma.....	45
5.5.1 Análise dos Resultados	46
5.6 Análise dos indicadores.....	46
6 Conclusões e perspetivas de trabalho futuro.....	49
Referências	50
ANEXO A: <i>Frameworks</i> da Cadeia de Abastecimento	52
ANEXO B: Documentação	52
B1: Instrução de setup.....	52
B2: Manutenção de 2º nível e paletes	53
B3: Posicionamento dos documentos nas linhas	54
ANEXO C: Indicadores <i>BTS</i> e <i>OEE</i>	55
C1: <i>Ishikawa</i> e Plano de ações	55
56	
C2: Evolução do <i>BTS</i> e causas do seu desvio	57
C3: Evolução do <i>OEE</i> por linha.....	59
ANEXO D: Exemplos das séries estudadas	61
ANEXO E: Parte da planta da fábrica principal.....	62
ANEXO F: Ajustes de material da GM Travões	63
ANEXO G: Plano de ações para o aumento do <i>OEE</i> do Módulo	64

Índice de Ilustrações

Ilustração 1: Volume de Negócios da Fico Cables, Lda. (Ficosa Internacional)	2
Ilustração 2: Organigrama do Departamento de Produção.....	4
Ilustração 3: Organigrama do Departamento de Logística.....	4
Ilustração 4: Framework do planeamento integrado (Guedes 2000).....	5
Ilustração 5: Caracterização dos modelos de previsão (Gonçalves 2000).....	9
Ilustração 6: 8 pilares da filosofia TPM (Lobo 2012)	12
Ilustração 7: Representação da relação entre os vários pilares da TPM e o ciclo de vida das máquinas (Lobo 2010).....	13
Ilustração 8: Lote Económico de Produção e o efeito das atividades <i>SMED</i> na redução dos tempos de <i>setup</i> (Coimbra 2009).....	15
Ilustração 9: Reunião para análise inicial do problema.....	18
Ilustração 10: Exemplo das exceções no cálculo do <i>BTS</i>	20
Ilustração 11: Dados do absentismo no Módulo 3 em 2012	28
Ilustração 12: Efeito da alteração do objetivo horário.....	29
Ilustração 13: <i>Interface</i> do PDP detalhado	30
Ilustração 14: <i>Interface</i> do programa com utilizador	31
Ilustração 15: Distribuição do Peso das diferentes Referências "Comunitárias" na totalidade semanal	33
Ilustração 16: Fórmulas de cálculo para o AES (Lobo 2010)	35
Ilustração 17: Fórmulas de cálculo do α (Lobo 2010).....	35
Ilustração 18: Inclusão da variável tendência (Lobo 2010).....	35
Ilustração 19: Exemplo da identificação de <i>gabarits</i> com chapas metálicas e sensores com etiquetas.....	39
Ilustração 20: Diagrama de esparguete para exemplificação da eliminação de movimentos ..	39
Ilustração 21: Caixa com as ferramentas.....	40
Ilustração 22: Bancada com <i>gabarits</i> identificados.....	40
Ilustração 23: Carrinho de transporte de caixas de cabo	40
Ilustração 24: Alteração do posicionamento dos sensores	40
Ilustração 25: Dificuldades na mudança de ferramentas do posto 2 da linha do travão manual	41
Ilustração 26: <i>MURI</i> , <i>MURA</i> e <i>MUDA</i>	42
Ilustração 27: Evolução do tempo no elétrico	43
Ilustração 28: Evolução do tempo no manual	43

Ilustração 29: Imagens do antes e depois da introdução do carro com bancada para as peças de substituição	44
Ilustração 30: Tempo de avaria/afinação na linha do travão elétrico	45
Ilustração 31: Evolução do tempo perdido em avarias e afinações	46
Ilustração 32: Evolução do <i>BTS</i>	47
Ilustração 33: Evolução do <i>OEE</i>	48

Índice de Tabelas

Tabela 1: Constituição da empresa e dos seus processos e produtos	3
Tabela 2: Análise de Erros (Lobo 2011)	10
Tabela 3: As 6 grandes perdas segundo a filosofia TPM (Lobo 2012)	14
Tabela 4: Princípios das ações SMED, adaptado de (Pinto 2009; SUZAKI 2010).....	15
Tabela 5: Técnica de sequenciamento atual da linha do travão manual.....	24
Tabela 6: Explicação do funcionamento do sequenciador	31
Tabela 7: Codificação das referências dos produtos em estudo	32
Tabela 8: Resumo dos modelos escolhidos para cada produto baseado no critério: menor EQM até à semana 9	34
Tabela 9: Resultados da aplicação simples dos métodos escolhidos às series	37
Tabela 10: <i>Stock</i> médio dos modelos	38

1 Introdução

A conjuntura económica atual e o aumento da competitividade dos mercados criam nas empresas a necessidade de reduzir o desperdício e utilizar os recursos nas atividades de valor acrescentado. Diminuir os custos é a única forma de sobreviver nos mercados e manter uma empresa rentável. Neste sentido, a utilização da filosofia *Lean* é essencial, uma vez que tem esses objetivos (Pinto 2009). Os produtores de automóveis, com a crise que ocorreu no setor em 2008, tiveram que reestruturar os seus sistemas de gestão de modo a diminuir os gastos para compensar as perdas. Grandes empresas como a GM (*General Motors*) e Ford começaram a prestar mais atenção às filosofias *Lean* e a diminuir a produção excessiva do passado (Times 2011). Assim, a indústria automóvel criou padrões de qualidade muito elevados que exigem dos seus *players*, desde o fabricante de produto final até ao do componente mais básico, sistemas produtivos altamente eficazes e eficientes.

Nesta perspetiva, considera-se que a utilização de métodos de planeamento da produção eficazes é de vital importância para as empresas desta indústria, assim como a fiabilidade dos processos e equipamentos que nela se utilizam. Talvez ainda mais importante que a sua implementação, será o seu controlo e avaliação através de indicadores robustos. Entre as várias possibilidades existentes, o *BTS (Build to Schedule ou Order)* e o *OEE (Overall Equipment Effectiveness)* são opções à medida para esta função, contemplando algumas das métricas *Lean* (Pinto 2009).

As propostas do presente documento vão de encontro à realidade imposta às empresas na atualidade e contemplam soluções com provas dadas do seu sucesso nesta indústria. São abordados, essencialmente, três conceitos: ações *SMED*, métodos quantitativos de previsão e a filosofia *TPM*. No que se refere ao primeiro tópico, este deve o seu nome e fama à sua aplicação nos processos de conformação em prensas na Toyota. Levou a uma redução do tempo de *setup* ou mudança de ferramenta entre diferentes artigos de 4 horas para 3 minutos. O resultado extraordinário determinou a extensão do *SMED* a todos os equipamentos produtivos da empresa (Coimbra 2009). Quanto à previsão, da sua aplicação podem resultar reduções significativas na quantidade de *stock* de segurança (Gardner Jr and Diaz-Saiz 2002). Por último, a o uso da *TPM* já revelou ser uma estratégia eficiente para resolver várias dificuldades de negócio (Ireland and Dale 2001).

Temas Abordados e sua Organização no Presente Relatório

O presente relatório está dividido em quatro capítulos. No capítulo 2 faz-se uma breve introdução à empresa, com referência à sua história, produtos, processos utilizados e abordam-se também os seus clientes mais importantes. Em seguida apresenta-se uma revisão dos conceitos teóricos envolvidos de modo a possibilitar ao leitor uma melhor compreensão dos capítulos seguintes e, ao mesmo tempo, identificar algumas alternativas nos assuntos chave e recomendar algumas das obras consultadas. No 4º faz-se o enquadramento da situação inicial da empresa, representando os maiores problemas identificados. O 5º capítulo apresenta as soluções pensadas e propostas de acordo com os problemas identificados no capítulo anterior e com base no que foi descrito no terceiro. Faz-se também uma análise dos resultados obtidos. Por último, o 6º capítulo compreende as principais conclusões e perspetivas de trabalho futuro.

2 A Empresa

2.1 Apresentação

A Fico Cables, Lda. iniciou a sua atividade em 1971 com três funcionários e sobre a direção do Eng.º Franco Dias. Nessa altura designava-se por Teledinâmica e situava-se em Gaia. Logo em 1972 a companhia fez-se ver pela sua excelência técnica e despertou o interesse da firma Pujol e Tarragó, admitindo-a como sócio no mesmo ano. Em 1980 começou a exportar para alguns clientes europeus, principalmente a Fiat Italiana, sendo que devido a este crescimento, no ano seguinte, mudou a sede para a maia. Hoje em dia, já com a designação adotada em 1993, a empresa é o centro de excelência operacional e base central do grupo a nível mundial para os Sistemas de Portas e Assentos, com uma unidade de produção, um Centro de I & D e um Escritório Comercial. Emprega cerca de 800 colaboradores no conjunto das suas unidades de negócio no país e a sua faturação anual ronda os 47M€. Este valor é o resultado de alguma perda de competitividade da empresa nos últimos dois anos devido a problemas de qualidade em 2009 e 2010, assim como à contração do mercado (ilustração 1). Está ainda certificada pelas normas ISO 9001 (Qualidade), ISO/TS 16949:2002 (Qualidade) e ISO 14001:2004 (Ambiente).

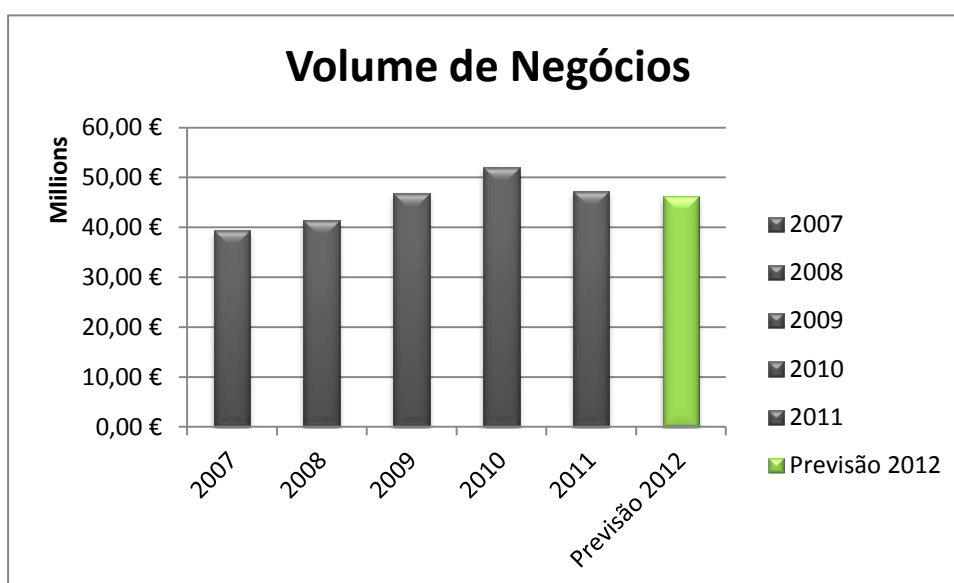


Ilustração 1: Volume de Negócios da Fico Cables, Lda. (Ficosa Internacional)

A empresa representa o primeiro investimento do grupo Ficosa Internacional no mercado português. Este grupo foi criado há mais de 50 anos pelas famílias Pujol e Tarragó e assumiu-se como um grande produtor de componentes para a indústria automóvel. Atualmente possui fábricas em 18 países, entre os quais a Europa, Ásia e América. A presença dos produtos do grupo em, praticamente, todas as marcas do mundo automóvel é uma prova da sua aposta constante na inovação e qualidade. Valores que estão também presentes na sua filial no País.

Em Portugal a Fico Cables é constituída por três unidades de negócio, duas na Maia, onde se realizou a presente dissertação e outra na Trofa. A última foi inaugurada em 2001 e resultou de um crescimento acentuado do volume de negócios, sendo que os produtos da sua atividade são os mesmos da unidade da Maia. Por seu lado, na Maia existe uma divisão estrutural em quatro partes: a unidade de cabos de acionamento que, sendo a sede da empresa, é responsável

pela maior parte do volume de negócios; uma unidade menor que é exclusivamente dedicada aos sistemas de conforto (20% do volume de negócios); uma plataforma logística a cerca de 700 metros da fábrica e um armazém de componentes que se situava dentro da anterior, mas que, por razões de otimização dos processos logísticos, foi transferido para a unidade principal. A plataforma referida resultou de um investimento da empresa para centralizar as suas operações logísticas e expandir a sua atividade. Anteriormente existiam vários armazéns para suportar a capacidade que a atividade da empresa exige. Ao longo do trabalho o foco será na unidade principal, uma vez que o seu objetivo é a análise de processos que lá se desempenham.

2.2 Fábrica Principal

O projeto foi desenvolvido na fábrica principal, cooperando com o departamento de produção e logística. O organigrama do último está representado na ilustração 3. Quanto à produção, esta tem uma estrutura bastante hierarquizada, tal como se pode ver na ilustração 2. Na tabela 1 apresenta-se a constituição, os processos e produtos da fábrica.

Tabela 1: Constituição da empresa e dos seus processos e produtos

Módulo	Processo	Produtos
I	Linhas de Montagem (FP ¹)	Banjos (Elevadores Janela)
II	Linhas de Montagem (FP)	Cabos de Capô
III	Linhas de Montagem (FP)	Cabos de Porta e Travão
IV	Linhas de Montagem (SC ²)	Sobre injeção de Plástico Sistemas Lombares e Sistemas Lombares com Acionamento
V	Subcontratados	-
VI	Fabricos (FP)	Sistemas de Conformação de Arame
VII	Fabricos (FP)	Laminagem de Arame (Fabrico de Espiral) Corte Abrasivo Revestimento da Espiral por Extrusão Extrusão de Perfis Interiores e Exteriores Emendas Planetárias (Cabo entrançado)
VIII	Linhas de Montagem (T ³)	Corte de Cabo Fundição Injetada de <i>Zamak</i> ⁴ <i>Robocops</i> ⁵ Sobre injeção de Plástico

¹ Fábrica Principal

² Sistemas de Conforto

³ Trofa

⁴ Liga de alumínio e Zinco muito usada na indústria automóvel

⁵ Nome dado a máquinas que cortam e injetam liga *Zamak* automaticamente

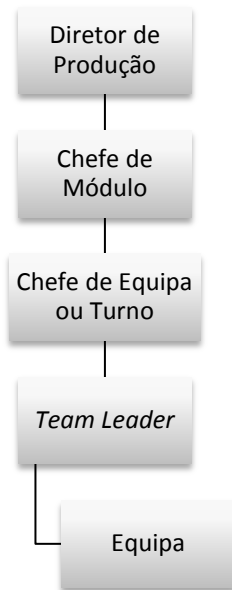


Ilustração 2: Organograma do Departamento de Produção

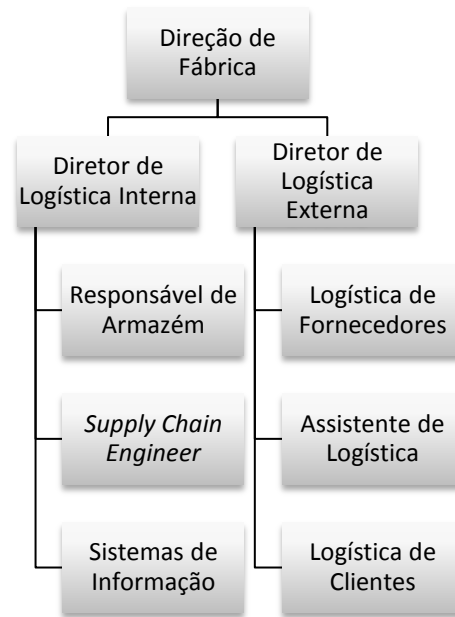


Ilustração 3: Organograma do Departamento de Logística

2.3 Clientes

A Fico Cables, Lda. é uma fornecedora *First Tier* e *Second Tier*. Enquanto que os primeiros vendem diretamente para fabricantes de produto final (por exemplo, carros), os segundos fornecem fabricantes de produtos intermédios, sendo estes os fornecedores *First Tier* (por exemplo, portas de carro) (RUTGERS 2008). Os seus maiores clientes são os últimos e entre os quais estão a Brose, que representa 33% do volume de negócios e é líder de mercado em módulos de porta (41%) e segundo maior fornecedor de sistemas de fechaduras e portas da Alemanha; a Kikert, Johnson Controls (19%) que é líder global de mercado em sistemas de escape e tecnologia de controlo da condução e a Faurecia (12%), o terceiro maior fornecedor de interiores de veículos a nível mundial e primeiro a nível europeu. Os restantes 34% estão distribuídos por outros produtores de componentes com representação menor e por alguns produtores de automóveis como a Volkswagen e a GM.

Com a diversidade de clientes, a Fico Cables, Lda. depara-se com sistemas de entrega diferenciados, o que de alguma forma dificulta o processo de planeamento. Estas variações ocorrem a vários níveis, na quantidade, frequência e antecedência com que enviam o programa de cargas.

3 Estado da Arte

3.1 Planeamento Integrado

O planeamento de produção está inserido na vertente tática da *framework* de planeamento integrado. Este, segundo a estrutura proposta na ilustração 4, é composto por três vertentes: o planeamento estratégico, o planeamento tático e o planeamento operacional. O planeamento estratégico, segundo Philip Kotler, é uma metodologia que determina a melhor direção a tomar por uma organização e fomenta a interação com o ambiente externo à mesma (Alday 2000). Aumenta assim, segundo o mesmo autor, a flexibilidade do planeamento de longo prazo, sendo que este é encarado como uma simples projeção do lucro a 10 ou mais anos com mais burocracia do que pensamento estratégico e elaborado apenas através de extrapolações do passado. Por sua vez, o planeamento tático (médio prazo) é um nível intermédio entre um planeamento mais abrangente que determina os objetivos e metas e o nível mais baixo que trata das questões operacionais. As suas funções passam por criar meios que liguem as atividades diárias aos objetivos de longo prazo. Por último, o nível operacional corresponde ao planeamento das atividades diárias que se desenvolvem desde o fornecimento até ao cliente final. É de elevada importância, pois erros a este nível podem prejudicar o planeamento feito nos níveis superiores. Algumas das suas atividades são: a análise dos objetivos propostos, a identificação das atividades a realizar para cumpri-los, a programação e calendarização do programa de trabalhos.

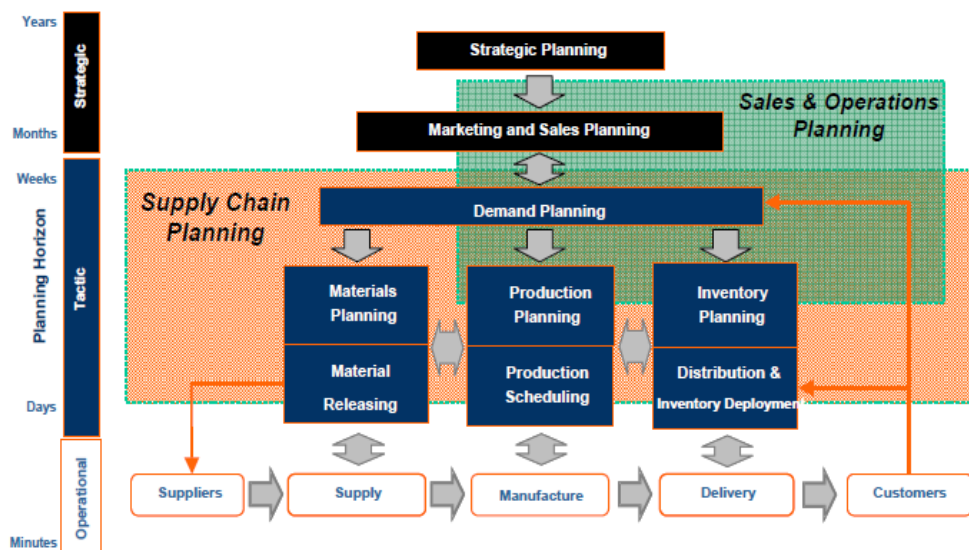


Ilustração 4: Framework do planeamento integrado (Guedes 2000)

3.1.1 SCM (Supply Chain Management) ou GCA (Gestão da Cadeia de Abastecimento)

Uma das características da gestão moderna é a sua transversalidade. Isto é, os elementos de gestão de uma empresa não podem focar-se apenas nas suas atividades internas (produtivas, logísticas, etc.), mas sim em toda a cadeia de valor, desde o fornecedor ao cliente final. Além disso, internamente, os departamentos funcionais característicos de uma empresa onde os objetivos são definidos por área de atuação e que levam a falhas comunicativas e otimizações locais, têm de dar lugar à cooperação e otimização global dos processos e recursos. Hoje em dia, a sobrevivência de uma empresa pode depender da forma como a sua gestão integra todos estes elementos (Lambert and Cooper 2000).

Introduzido no início dos anos 80, o termo GCA foi inicialmente definido por acadêmicos e investigadores como sendo uma extensão da logística, incluindo fornecedores e clientes (Ballou, Gilbert et al. 2000; Lambert and Cooper 2000). Contudo, devido às necessidades citadas acima e ao aumento da exigência dos clientes em termos de qualidade e diversidade dos produtos e serviços, tempo e frequência das entregas, as organizações foram levadas a prestar mais atenção a toda a sua cadeia de valor e o conceito foi alterado.

Ballou, Gilbert et al. separam o conceito nas suas duas vertentes, que são definidas para permitir uma melhor compreensão. Cadeia de Abastecimento é classificada como o conjunto de todas as atividades associadas à transformação e fluxo de bens e serviços, incluindo informação, desde a fonte das matérias-primas até ao consumidor final. Por seu lado, Gestão, refere-se à integração dessas atividades, tanto externas como internas à empresa (Ballou, Gilbert et al. 2000).

De modo a compreender a evolução do conceito, Lambert e Cooper descrevem a nova definição de logística utilizada pelo Conselho de Gestão Logística. Logística é a parte da cadeia de abastecimento que planeia, implementa e controla o eficiente e eficaz fluxo dos bens e serviços armazenados, assim como informação relacionada desde o ponto de origem até ao ponto de consumo, visando suprir as necessidades dos clientes (Lambert and Cooper 2000).

Em geral, ambos os autores mencionados estão de acordo com o conceito geral de que GCA é mais abrangente de que a logística e envolve todas as atividades e processos fulcrais para acrescentar valor aos produtos e que se desenrolam interna e externamente à organização. De modo a clarificar melhor aquilo que a CA representa, apresentam-se no Anexo A as duas *frameworks* propostas por estes autores. Em ambas se divide a gestão em três componentes, contudo, existem algumas diferenças na sua conceptualização. Apesar das diferenças existentes nos dois modelos apresentados, pensa-se que as vantagens e dificuldades na gestão da cadeia de abastecimento estão bem representadas nos dois artigos.

3.1.2 MPS (*Master Production Schedule*)

O MPS é um plano agregado que especifica os produtos ou famílias de produtos que serão produzidos e o momento do seu fabrico. Existem vários fatores tidos em conta no desenvolvimento deste plano: a previsão da procura do produto, o *stock* disponível, o plano de produção da família de produtos, a capacidade existente e a disponibilidade de materiais (Guedes 2000).

3.1.3 MRP e MRPII

Os sistemas *MRP (Material Requirements Planning)* permitem determinar a quantidade de componentes ou partes necessárias para fabricar um determinado produto final. Estes detalham ainda quando é que cada um tem de ser produzido e sequência a observar. Daí que a utilização destes sistemas tenha sido amplamente generalizada em todas as empresas de produção (AQUILANO, JACOBS et al. 2009). Moustakis apresenta uma definição semelhante, acrescentando que estes sistemas são transversais e, por isso, podem ser estendidos a vários locais de fabrico, ainda que sua principal função seja a otimização do inventário (Moustakis 2000). Na última obra são ainda identificados quatro tipos de informação essencial ao funcionamento do *MRP*:

- O *MPS*;
- A Lista de Materiais ou *Bill of Materials (BOM)*, que define exatamente a quantidade e tipo de materiais necessários para produzir o produto final;

- Os tempos de ciclo (tempo necessário para produzi-los) e as necessidades em cada fase dos mesmos;
- O *lead time* dos fornecedores, isto é, o tempo que estes demoram a fornecer.

Neste sentido, o *MPS* e a *BOM* dão a indicação dos materiais a produzir; os tempos de ciclo e *lead times* quando produzi-los.

Quanto ao *MRP II (Manufacturing Resource Planning)*, este foi apenas uma evolução do *MRP* de modo a integrar outros recursos da empresa no planeamento, tal como, recursos humanos, materiais e agendamento da produção.

3.1.4 ERP

A organização interna de uma empresa tem que ser o mais eficiente possível, para que não constitua um obstáculo na obtenção dos seus objetivos. Assim, tecnologias de informação eficientes são fulcrais no desenrolar das atividades das empresas (Mabert, Soni et al. 2003). Como grande crescimento tecnológico que se observou nos últimos anos, torna-se cada vez mais fácil e barato ter acesso a tecnologias de ponta. Assim, não foi uma surpresa o facto dos sistemas *MRP* e *MRP II* terem evoluído para *ERP's*.

Existe um grande número de diferentes definições dadas para estes sistemas, por exemplo, em (Mabert, Soni et al. 2003) os sistemas ERP são classificados como uma nova classe de sistemas de software de planeamento e gestão recursos que permite integrar processos e aumentar a fiabilidade de informação. Já em (Su and Yang 2010) utiliza-se uma definição mais abrangente. Estes autores focam a importância destes sistemas para a gestão da cadeia de abastecimento.

Independentemente da definição utilizada, a maior parte dos autores (Guedes 2000; Jacobs and Bendoly 2003; Mabert, Soni et al. 2003; AQUILANO, JACOBS et al. 2009; Kjellsdotter 2009) está de acordo com o facto de a sua origem ser uma evolução natural de ferramentas anteriores, como o *MRP* e o *MRP II*, devido à crescente necessidade de integrar mais recursos numa mesma base de dados. Nas suas obras, os autores descrevem a sua função como a integração das ferramentas descritas com vista ao aumento da robustez dos sistemas de informação disponíveis nas empresas. Assim, estes sistemas permitem que a informação esteja disponível em tempo real para todos os membros da organização e facilitam a comunicação desta a todos os intervenientes na sua cadeia de valor através de uma linguagem comum, como os clientes e fornecedores, por exemplo.

Hoje em dia, existe um grande número de académicos (Hong and Kim 2002; Mabert, Soni et al. 2003; Ehie and Madsen 2005) que investigam os sistemas *ERP* e trabalham para melhorar o seu desempenho nas mais diversas vertentes. Estes estudos levaram ao aparecimento de dois temas fundamentais: um foca as capacidades dos *ERP's* como conceito estratégico e outro a sua implementação, custos e fatores de sucesso (Jacobs and Bendoly 2003).

Contudo, o mercado exige ainda mais e, por isso, estes sistemas apresentam algumas desvantagens quando o seu potencial não é explorado ao máximo. Abaixo descrevem-se algumas delas (Guedes 2000):

- Ausência de mecanismos de otimização dos recursos limitados, com critérios dependentes da opinião do utilizador;
- Impossibilidade de otimização em tempo real;
- Impossibilidade de estender planos que integrem toda a informação a todos os parceiros externos (*extended supply chain*);
- Falta de apoio à tomada de decisão.

Portanto, analisando estas desvantagens, o futuro dos *ERP's* passa pela integração dos restantes componentes da cadeia de abastecimento, tal como gestão da distribuição e *CRM (Customer Relationship Management)* ou Gestão das Relações com o Cliente. Isto está de acordo com o que foi explicitado acima, aquando da definição de GCA. O SAP R/3 já está no caminho certo. Na sua versão 4.0 foram implementadas muitas ferramentas de apoio à cadeia de abastecimento. Alguns são apresentados abaixo (Guedes 2000):

- Configuração automática do processo de ordens de produção;
- Capacidade de *lean manufacturing*;
- *DRP – Distribution Requirements Planning*
- Integração de operadores terceiros, como transportadores.

3.1.5 APS (Advanced Planning & Scheduling)

Os sistemas *APS*, que pode ser traduzido para Planeamento e Agendamento Avançado, são definidos, segundo a *APICS*, como qualquer programa de computador que utilize algoritmos matemáticos avançados para otimizar ou simular o agendamento da produção em tempo real, considerando restrições de negócio e capacidade (Kjellsdotter 2009).

A evolução tecnológica neste tipo de sistemas, que possibilita o planeamento de recursos de capacidade finita, vai ser essencial como complemento dos sistemas *ERP*. Só assim será conseguida a diminuição do desperdício causado por uma má gestão da informação.

3.1.6 Demand Planning (Planeamento da Procura)

Se uma empresa conseguisse ter sempre a certeza do consumo futuro dos seus clientes, seria possível organizar toda a cadeia de valor de modo a suprir essas necessidades e ainda as dos vários processos intermédios na quantidade e tempo exatos. Como isso não é possível, o máximo que uma organização pode fazer é tentar prever o que vai acontecer com o menor erro possível.

Existem dois tipos de procura, dependente e independente (Guedes 2000):

- **Procura Dependente**

Está relacionada com os aprovisionamentos, ou seja, a quantidade de produtos necessária para realizar atividades intermédias. Estes podem ser matérias-primas e componentes necessários para fazer o produto final ou *stocks* do último em armazéns intermédios. No primeiro caso, está diretamente ligada ao planeamento das necessidades do *MRP*, enquanto que o segundo é comandado pelas expectativas de vendas das lojas. A designação deste tipo de procura advém do facto de o consumo destes produtos estar dependente do consumo de produtos finais e não diretamente do comportamento do mercado.

- **Procura Independente**

A procura independente resulta da envolvente externa, ou seja, do consumo do mercado. Por isso, assume uma aleatoriedade que, na maioria das vezes, é difícil de reduzir. Se for conseguida uma diminuição desta variabilidade, a eficiência do planeamento de produção aumenta consideravelmente. Nesse sentido, empregam-se muitas vezes modelos de previsão da procura. Apesar destes inicialmente terem sido criados para o mercado de consumo, devido ao seu sucesso, o interesse na sua aplicação em termos industriais cresceu muito (Kerkkanen, Korpela et al. 2009). Contudo, o mesmo artigo mostra que é preciso ter cuidado na aplicação destes no contexto industrial devido a várias razões:

- Muitas vezes existem poucos ou mesmo apenas um cliente, o que aumenta a volatilidade;
- O sucesso do método pode depender do modo como ele é integrado na CA e, por isso, não deve ser avaliada apenas a sua precisão, mas também os impactos na cadeia;
- Devem ser combinados com a experiência, intuição e bom senso.

Ao longo do tempo, para além da obra referida, muitos autores focaram as suas pesquisas na aplicação dos modelos de previsão no contexto industrial. Por exemplo, a escolha de modelos e o impacto que esta tem na quantidade de *stock* de segurança numa distribuidora de peças de automóvel com procura sazonal (Gardner Jr and Diaz-Saiz 2002); o impacto que os erros de previsão podem ter na estabilidade do *MPS* e, por isso, no planeamento de produção (Xie, Lee et al. 2004); a importância da seleção do método apropriado na aplicação de previsões para a diminuição do ruído na cadeia de abastecimento (Acar and Gardner Jr ; Lawrence and Klimberg 2009). Os modelos de previsão existentes estão representados na ilustração 5. Essencialmente, existem dois grandes grupos de modelos, os qualitativos e os quantitativos. A escolha do modelo está dependente de muitos fatores como o horizonte de previsão, quantidade de dados, tipo de dados, etc. Os modelos subjetivos privilegiam a utilização de técnicas baseadas na experiência e julgamento de pessoas chave ou especialistas no produto ou mercado onde a empresa está inserida. Por outro lado, os quantitativos utilizam análises numéricas dos valores passados e removem da equação a intervenção pessoal. Pelo que foi dito acima, no contexto industrial devem ser utilizados os dois tipos.

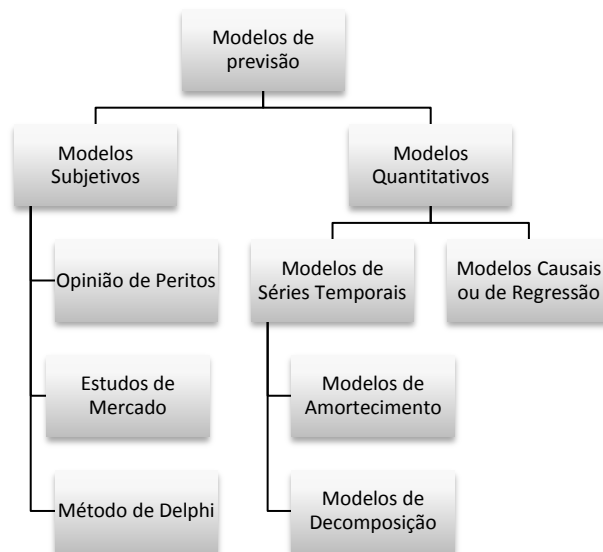


Ilustração 5: Caracterização dos modelos de previsão (Gonçalves 2000)

Séries Temporais

Existem mais de 70 técnicas de análise temporal (Kerkkanen, Korpela et al. 2009), contudo, apenas se resumem abaixo as mais utilizadas. Para uma análise mais precisa consultar (De Gooijer and Hyndman 2006).

Decomposição Clássica

Este método de previsão permite a decomposição das séries em quatro componentes (ciclo, sazonalidade, tendência e erro). É um método que exige um número de dados elevado (normalmente acima de um ano), sendo recomendado para séries com sazonalidade.

Amortecimento

Estes modelos fazem uso dos valores históricos para estimar a procura, utilizando a sua média pesada através de fatores de amortecimento que privilegiam os valores mais recentes. Dentro destes destacam-se os métodos de amortecimento exponencial devido à sua simplicidade e robustez. Existem três grandes grupos de métodos padronizados, os que não consideram tendência nem sazonalidade ou métodos de amortecimento exponencial simples (AES), baseados no trabalho de Brown. Este é superior em todos os aspetos à média móvel, que atribui o mesmo peso ao passado (Lobo 2010); aqueles que incluem o fator tendência, amortecimento exponencial duplo (AED), derivados do trabalho de Holt, Gardner e McKenzie's, Pegels e Taylor's; Winters em 1960 estendeu estes métodos para incluir o fator sazonalidade (Gardner Jr 2006). No mesmo artigo encontra-se um estudo completo sobre estes modelos. Por último, destaca-se ainda um modelo exponencial para séries intermitentes, ou seja, com um número considerável de períodos com procura nula. Este é denominado método de Croston e uma revisão pode ser encontrada no mesmo artigo.

Técnicas de Regressão

Utilizando estas técnicas prevemos procura de um produto baseado na de outra variável com o qual esteja relacionado (por exemplo, pneus e carros). Assim, usa-se uma equação de regressão do género $Y = a + bX$ em que Y é a variável independente a ser prevista, X a dependente e a e b, respetivamente, a interseção na origem e o declive da reta ajustada (Gonçalves 2000). O objetivo será diminuir a soma do quadrado dos erros das previsões. Este método é denominado Regressão Simples. Existe ainda a Regressão Múltipla, que é semelhante à simples em todos os aspetos, contudo, a variável dependente, neste caso, é função de várias outras independentes.

Análise de Erros

Como foi dito acima, ter uma previsão o mais exata possível da procura num determinado período de tempo é importante. Isso implica a utilização de medidas que avaliem essa precisão. Na tabela 2 apresentam-se algumas das métricas de erro mais utilizadas. Onde Z_t é o valor da procura no instante t, $\hat{Z}_t$ é a previsão para o mesmo período e e_t é o erro.

Tabela 2: Análise de Erros (Lobo 2011)

Fórmula	Definição	Fórmula	Definição
$e_t = Z_t - \hat{Z}_t$	Erro	$EP_t = \left(\frac{Z_t - \hat{Z}_t}{Z_t} \right) \times 100$	Erro Percentual
$EM = \frac{\sum_{t=1}^n e_t}{n}$	Erro Médio	$EPM = \frac{\sum_{t=1}^n EP_t}{n}$	Erro Percentual Médio
$EAM = \frac{\sum_{t=1}^n e_t }{n}$	Erro Absoluto Médio	$EPAM = \frac{\sum_{t=1}^n EP_t }{n}$	Erro Percentual Absoluto Médio
$EQM = \frac{\sum_{t=1}^n e_t^2}{n}$	Erro Quadrático Médio		

Alguns autores abordam métodos automáticos de seleção do melhor modelo de amortecimento exponencial (AE) a aplicar, baseado em critérios diferentes dos que têm sido amplamente utilizados como o erro quadrático médio (Hyndman, Koehler et al. 2002). Segundo o algoritmo proposto na obra anterior, os métodos linear de Holt (AED) e o AES

foram os mais recorrentes, o que vem comprovar o seu sucesso. Ainda, o uso do EQM para a escolha do modelo a utilizar provou ser muito eficiente quando comparado com os métodos defendidos inicialmente. Outros desaconselham o uso de medidas dependentes da escala, como o EQM, medidas baseadas em percentagens, como o EPAM e ainda as relativas e baseadas em erros relativos, que não serão abordadas na presente dissertação (Hyndman and Koehler 2006). Contudo, como é dito no mesmo artigo, a maior parte dos autores recomendam o EPAM. Esta medida é fácil de entender e está correlacionada com os resultados do negócio. Porém, quando usado em grupos de *SKU's (Stock Keeping Units)* apresenta alguns problemas, uma vez que faz uma distribuição uniforme do peso e, por isso, grandes erros em artigos com baixo valor podem aumentar o desvio e invalidar um método que traria benefícios à empresa (Gattorna 1998).

3.2 TPS (Toyota Production System)

Tendo a sua origem nos anos 40 pela mão de Taiichi Ohono e, mais tarde, Shigeo Shingo (Pinto 2009), este sistema de produção pode ser interpretado como um conjunto de princípios, conceitos e métodos que, se praticados em conjunto, levam a um aumento do desempenho da organização e melhoria contínua dos processos, produtos e serviços. O *TPS* é suportado por ferramentas que permitam a sua correta aplicação e os melhores resultados. Algumas dessas ferramentas são descritas em seguida.

3.2.1 Lean

Inicialmente aplicado à indústria automóvel na Toyota (*TPS*), o *Lean Thinking* (“pensamento magro”) foi criado por Taiichi Ohno em 1988 e consiste na eliminação sistemática do desperdício e na criação de valor (Pinto 2009). De acordo com esta referência bibliográfica, entende-se valor como tudo aquilo que justifica a atenção, tempo e esforço que lhe são dedicados.

O desperdício ou *muda*, designação japonesa, é caracterizado por atividades que não acrescentam valor a um produto. Isto é, se uma empresa incorre em gastos no decorrer da sua atividade que não afetam o valor do produto final, de modo a compensá-los teria que aumentar o seu preço final. Existem duas outras ferramentas de gestão que estão na base do pensamento *Lean*: a gestão da cadeia de abastecimento e o foco no cliente. Sendo a última parte integrante da GCA, como proposto no Anexo A.

3.2.2 JIT (Just-In-Time)

Apresentando-se como um pilar do *TPS*, este sistema de operações é uma das ferramentas essenciais do pensamento *Lean* associado ao conceito de fluxo *pull*, que determina que a produção tenha que ser feita apenas quando é necessária, ou seja, quando existem pedidos dos clientes: sejam estes o consumidor final ou operações intermédias. O *kanban*, que significa cartão/etiqueta é a principal ferramenta do *JIT* (Pinto 2009). *Pull* implica que a produção tenha que ser feita apenas quando é necessária. Tradicionalmente é utilizado o sistema *push* (empurrar) com o objetivo de maximizar a eficiência. Assim, produz-se sempre que haja capacidade e, dessa forma, aumenta-se o nível de *stock* existente, custos e tempo (Pinto 2009).

3.2.3 TPM (Total Productive Maintenance)

O conceito de *TPM* foi introduzido em 1971 pelo Instituto Japonês de Manutenção de Plantas (IJMP) e apresenta-se como uma estratégia para melhorar a eficácia de todo o sistema

produtivo da organização através do melhoramento da eficácia dos equipamentos (Lobo 2012).

Esta filosofia tem como principais objetivos estratégicos:

- Construir e manter a robustez da empresa, maximizando a eficiência do sistema produtivo;
- Prevenir no sistema produtivo todos os acidentes, os defeituosos e as paragens por avaria com intervenção prioritária na base;
- Envolver todas as áreas e níveis de responsabilidade da empresa;
- Alcançar “ZERO” desperdício com intervenção rápida e em equipa.

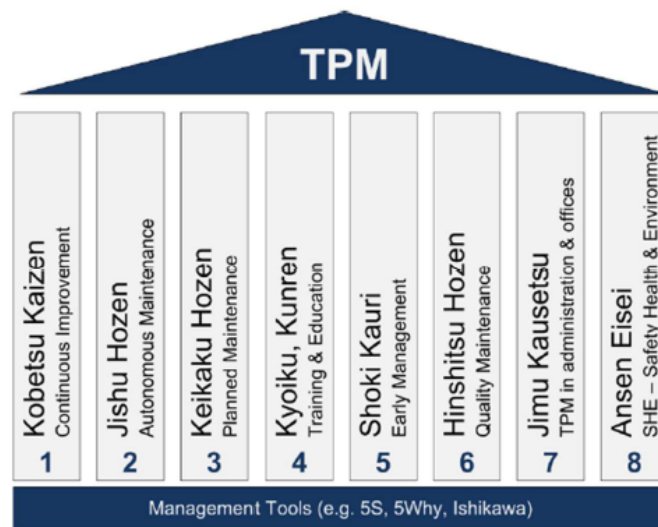


Ilustração 6: 8 pilares da filosofia TPM (Lobo 2012)

Na ilustração 6, apresentam-se os 8 pilares fundamentais do *TPM* e algumas das ferramentas que são usadas para a sua gestão.

Melhoria Contínua

Como a sua designação indica, melhoria contínua, consiste num processo prolongado de atividades. Este conceito é o oposto do de reengenharia, em que as mudanças são repentinas e envolvem grandes alterações e custos. Na filosofia *Lean* são incentivadas as pequenas mudanças feitas com grande frequência e, por vezes, sem custos associados.

Manutenção Autónoma

Consiste na eliminação das causas que levam à deterioração prematura dos equipamentos e baseia-se, principalmente, em atividades de limpeza, lubrificação e inspeção. O principal responsável por estas atividades é o indivíduo ou equipa e não um departamento específico.

Manutenção Planeada

Esta focaliza-se no prolongamento da vida dos componentes através de um plano de inspeções periódicas e de correções do equipamento. Sendo, normalmente, da responsabilidade do departamento de manutenção, uma vez que é mais técnica e profunda, aumenta a segurança e fiabilidade dos equipamentos. A ilustração 7 elucida bem o modo como estas três componentes do *TPM* se ligam para melhorar a eficácia dos equipamentos.

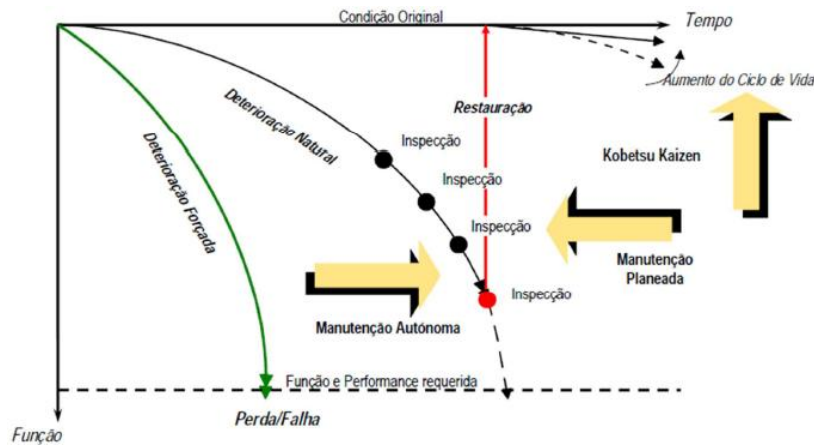


Ilustração 7: Representação da relação entre os vários pilares da TPM e o ciclo de vida das máquinas (Lobo 2010)

3.2.4 “5S”

Método fundamental de implementação prioritária do *Lean Manufacturing* para manter um ambiente produtivo organizado e com elevado desempenho. Originalmente o seu significado advém de cinco palavras japonesas *Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu* e *Shitsuke* (Patra, Tripathy et al. 2005) que podem ser traduzidas da seguinte forma:

Escolher – Organizar cada posto de trabalho apenas com o material necessário à realização da atividade, tudo o resto deverá ser segregado como desnecessário e decidido o respetivo destino de arrumação ou eliminação;

Arrumar – Deve existir um lugar específico para cada coisa ao qual deve voltar após ser utilizada. Esse lugar deve ser escolhido e sinalizado atendendo a questões de funcionalidade, ergonomia e segurança do posto de trabalho.

Limpar – Todas as áreas de trabalho devem estar limpas, quer seja no escritório ou no *gemba* (chão-de-fábrica). Manter as máquinas limpas ajuda a detetar problemas antes de ocorrerem avarias e, consequentemente, evitar paragens forçadas;

Normalizar – Definir e implementar regras baseadas na gestão visual para as atividades de organização, arrumação e limpeza e sempre que necessário adequá-las às alterações do posto;

Disciplinar – Assegurar no trabalho diário, com treino e autocontrolo, a aplicação e melhoria contínua dos primeiros 4S, para melhorar a eficiência e eliminar o desperdício.

3.2.5 Gestão Visual

Este é um conceito muito utilizado para aumentar o desempenho das linhas. Na sua essência, significa tornar a informação mais intuitiva e acessível (Pinto 2009). A aplicação deste conceito no *gemba* surge de várias formas, com cartões *kanban*, marcas no chão, sinais luminosos, etc. Dentro dos conceitos em estudo neste projeto, *Lean, JIT* e *TPM*, a aplicação deste tipo de gestão é essencial para fazer o controlo e autocontrolo dos vários sistemas e atividades.

3.2.6 Perdas

Como já foi mencionado, o objetivo de qualquer empresa é diminuir o desperdício e, por isso, tem que lutar para eliminar avarias e defeitos. Essa é a melhor maneira de aumentar a

eficiência das máquinas ou linhas de montagem. Existem 6 principais tipos de perdas que se agrupam em 3 categorias distintas (Lobo 2012):

Tabela 3: As 6 grandes perdas segundo a filosofia TPM (Lobo 2012)

Categoria	6 Grandes Perdas
Paragem (Perdas de disponibilidade)	Falhas no Equipamento
	Setup e Ajustagens
Velocidade (Perdas de desempenho)	Espera e Paragens menores
	Perda de velocidade na operação
Defeitos (Perdas de qualidade)	Sucata e Retrabalho
	Perdas na inicialização

3.2.7 OEE

Criado inicialmente para apoiar a filosofia *TPM*, este índice permite identificar a eficiência global das linhas (MUCHIRI and PINTELON 2008; Pinto 2009). Isto é, permite avaliar se o posto gargalo de uma determinada linha está a funcionar da forma ideal ou se existem ineficiências que possam perturbar esse funcionamento. Sendo este o posto que determina a cadência da linha, ou seja, o mais lento. A velocidade desse posto é avaliada pelo seu tempo de ciclo, isto é, o tempo que demora a produzir uma peça.

São considerados três indicadores na determinação deste índice. Estes podem variar ligeiramente de autor para autor, mas, na sua essência, o fundamento é o mesmo. São a disponibilidade, o desempenho e a qualidade (JÚNIOR and BARIANI 2006; MUCHIRI and PINTELON 2008). Na equação 1 apresentam-se as características das várias componentes do indicador, segundo o ponto de vista das obras referidas. O primeiro destes mede a utilização do equipamento. O desempenho está ligado ao tempo de ciclo em que o equipamento está a trabalhar e avalia o desvio deste em relação ao previsto (ideal). Por fim, a qualidade relaciona o número de peças corretamente produzidas (aquelas que não necessitam de retrabalho ou são consideradas sucata) com o número total produzido. As fórmulas utilizadas para o cálculo dos três indicadores e do índice são as abaixo apresentadas. O fator da qualidade pode não contabilizar o retrabalho (Pinto 2009).

$$\begin{aligned}
 a) \text{ Disponibilidade}(\%) &= \frac{\text{Tempo operacional disponível}}{\text{Tempo programado}} \times 100 \\
 b) \text{ Desempenho}(\%) &= \frac{\text{Tempo de ciclo ideal} \times \text{Total de peças produzidas}}{\text{Tempo operacional disponível}} \times 100 \\
 c) \text{ Qualidade}(\%) &= \frac{\text{Total de peças produzidas} - \text{Peças com defeito}}{\text{Total de peças produzidas}} \times 100 \\
 OEE(\%) &= a \times b \times c
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

Portanto, fazendo um paralelo entre a fórmula deste índice e o que foi explicitado na tabela 3, a conexão é direta: se forem diminuídas as perdas identificadas, o *OEE* sobe automaticamente. Relativamente à consideração de Pinto, não se entende o porquê de retirar o retrabalho. Uma vez que esta atividade não acrescenta valor ao produto, deve baixar a eficiência.

3.2.8 SMED (*Single-Minute-Exchange-Of-Die*)

Atividades *SMED* representam um conjunto de ações realizadas por uma equipa com o objetivo de reduzir o tempo de *setup* (Pinto 2009; SUZAKI 2010). Estas melhorias têm o objetivo de maximizar a utilização dos recursos disponíveis e a flexibilidade dos processos, para poder responder aos crescentes níveis de exigência dos clientes.

Existem dois conceitos fundamentais, segundo estas obras, a ter em conta na elaboração deste tipo de atividade de melhoria: *setup* externo e *setup* interno. O primeiro pode ser realizado com a máquina em funcionamento, já o segundo engloba todas as atividades que exigem a máquina parada. Neste sentido, as duas obras mencionadas referem um conjunto de conceitos que servem de suporte à redução destes tempos e técnicas para a sua aplicação. Alguns desses conceitos e atividades estão descritos na tabela 4:

Tabela 4: Princípios das ações *SMED*, adaptado de (Pinto 2009; SUZAKI 2010)

Conceitos	Técnicas de aplicação
Classificar atividades <i>setup</i> internas e externas	Padronizar atividades de <i>setup</i> externas
Transformar, sempre que possível, as atividades de <i>setup</i> internas em externas	Identificar os componentes ou partes necessários da máquina e padronizá-los
Reduzir a necessidade de ajustes, como calibrações	Utilizar apertos rápidos
Uniformizar e melhorar operações manuais	Realizar operações em simultâneo
Criar uma ferramenta com objetivos definidos para mensurar os resultados obtidos	Automatizar sistemas de <i>setup</i>

Além do referido considera-se como importante e ponto de partida para as ações de *SMED* a análise da situação atual. Existem várias formas de fazê-lo, como a análise do tempo perdido, gravação do processo em vídeo e um diagrama esparguete dos movimentos necessários.

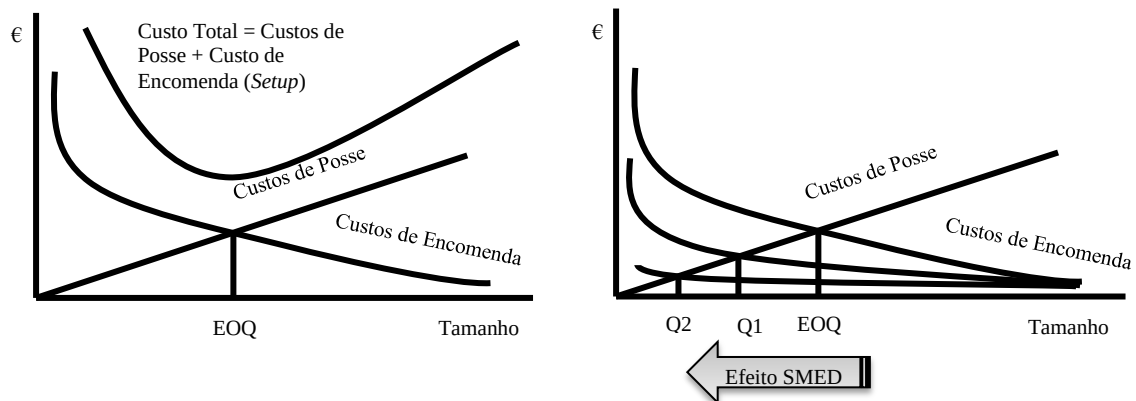


Ilustração 8: Lote Económico de Produção e o efeito das atividades *SMED* na redução dos tempos de *setup* (Coimbra 2009)

O objetivo de uma unidade produtiva é a diminuição dos custos incorridos e, frequentemente, os responsáveis deparam-se com a análise do *trade-off*: incorrer em mais custos devido ao tempo perdido na troca de ferramentas ou aproveitar ao máximo esse tempo produzindo para *stock* e aumentando os custos de posse. A relação ótima entre esses dois custos é traduzida pelo *EOQ* (*Economic Order Quantity*) ou Quantidade Ótima de Encomenda. Quando as atividades de observação referidas acima são realizadas de modo sistematizado é possível fazer uma redução do tempo de *setup* e consequentemente do tamanho dos lotes (*batch sizes*)

de produção. Isto está de acordo com as atuais exigências dos clientes e também com a redução de custos de inventário (*inventory costs*) e da própria mudança de ferramenta (*ordering costs*) (Coimbra 2009). A ilustração 8 mostra a relação entre as ações *SMED* e a redução dos custos referida.

3.2.9 Tipologia do *gemba*

A forma e fluxo como os trabalhos são realizados numa determinada empresa depende do *layout* existente. Existem três tipos diferentes de *layout*: por processo, por produto e posição fixa. Considera-se ainda um tipo híbrido denominado tecnologia de grupo ou *layout* celular (DAVIS, CHASE et al. ; AQUILANO, JACOBS et al. 2009). Ainda com base nestes autores, os tipos indicados podem ser descritos como:

1. Layout por Processo ou Job-Shop – Neste tipo de disposição as máquinas que têm a mesma função estão agrupadas no mesmo local, por exemplo, juntar todas as máquinas de corte de cabo na mesma área e as de laminagem de arame noutra.
2. Layout por Produto ou de Fluxo – O equipamento está disposto de acordo com as etapas que um determinado produto necessita.
3. Layout de Posição Fixa – Devido ao grande volume ou peso do produto, torna-se impossível a sua movimentação até às máquinas de fabrico. Daí, são estas que vão ao encontro do produto. Um exemplo é a maquinaria de construção civil.
4. Tecnologia de Grupo – É uma mistura de *layout* por processo e produto. Assemelha-se ao primeiro, no sentido em que um conjunto de máquinas é agrupado num determinado espaço da fábrica. Contudo, as características das mesmas são diferentes e afetam apenas um tipo de produtos.

Num ambiente produtivo, o *layout* por processo não se enquadra muito na filosofia *Lean*. Este tipo de disposição leva ao aumento do desperdício devido a fatores como a dificuldade de coordenação e planeamento de produção, aumento do *WIP (Work In Process)*, aumento da distância percorrida e *lead times* excessivos (SUZAKI 2010). Daí que, se possível, dispor os equipamentos por produto ou tecnologia de grupo, dependendo da realidade da empresa, leve a um aumento do fluxo de materiais, o que deve ser o objetivo de todas as empresas.

3.2.10 Estratégia Produtiva

Existem duas formas úteis de caracterização de processos: *make-to-stock* e *make-to-order* (AQUILANO, JACOBS et al. 2009). Na mesma obra o autor considera ainda um tipo híbrido ou *assemble-to-order*. Segundo os autores, este último reúne características dos dois, uma vez que mantém inventário de componentes que, por exemplo, são comuns a vários produtos, mas a montagem do produto final só é realizada quando o pedido chega. No presente documento não se vai descrever o último em pormenor.

Make-to-order (Produção por encomenda)

Um processo produtivo que funciona segundo este tipo de classificação está, naturalmente, dependente da rapidez e flexibilidade de execução. Isto é, seguindo este critério apenas quando um pedido é recebido se inicia a produção quer dos componentes individuais quer da sua montagem, se for o caso. Assegura-se a manutenção dos inventários de produto final e *WIP* a um nível mínimo, reduzindo também os custos associados. Se os processos solicitados não tiverem capacidade de resposta rápida ao pedido pode-se incorrer facilmente no aumento

de custos por atrasos na satisfação do mesmo. Como resultado poderá ocorrer a perda de vendas e clientes e/ou o pagamento de compensações previstas em contrato.

Make-to-stock (Produção para armazenar)

Uma alternativa ao processo anterior consiste em efetuar a produção por antecipação, para desse modo ter um tempo de resposta mais baixo. Ou seja, esta filosofia implica um inventário elevado de produto final. Esta perspetiva é usada, por exemplo, quando a procura tem uma componente sazonal e, assim, durante os períodos mais suaves pode ser produzida uma quantidade superior para amortecer os picos (AQUILANO, JACOBS et al. 2009). Uma das atividades em que a previsão da procura é utilizada é na gestão de *stocks*. É imediato perceber que quando se utiliza um sistema *make-to-stock*, a qualidade destas previsões tem um impacto superior (Gonçalves 2000).

4 Enquadramento do Problema

O presente projeto foi proposto com o objetivo principal de melhorar o cumprimento do processo de planeamento da produção no módulo III da fábrica principal que, por sua vez, é avaliado pelo resultado do indicador *BTS*. Como objetivos secundários encontram-se o aumento do *OEE* e a diminuição do *stock* de produto final. Este módulo é constituído por 6 linhas de montagem: 4 linhas de produção de cabos de porta (Manual, Automática I, Automática II e Automática III ou *Seri*) e 2 linhas de produção de cabos de travão, uma de travão manual e outra de travão elétrico (Manual e Elétrica). Estas linhas estão agrupadas em dois centros de trabalho (CT): um é constituído pelas linhas de travões e o outro pelas das portas. Contudo, devido a problemas de rendimento das automáticas I e II, no momento estão a trabalhar em alternância, ou seja, o CT fica a contar com apenas três linhas.

Pela análise da situação inicial verificou-se que, ao nível da fábrica, este índice estava constantemente desviado do objetivo (60%) e, consequentemente, do da corporação (75%). Outro dos problemas é a sua grande variabilidade. Em 2010 os objetivos foram mal definidos, isto é, foi definido um patamar que dificilmente poderia ser alcançado, o que foi prejudicial para a empresa. Posteriormente, em 2011, modificou-se o método e foram definidos objetivos crescentes. Esta metodologia mostrou-se eficaz, o *BTS* subiu bastante, mas continua insuficiente para cumprir os objetivos. No Anexo C2 está representada esta evolução. Analisando a questão para as linhas em estudo, verifica-se que no primeiro trimestre deste ano a situação se mantém. Além de estar desviado do objetivo, tem uma grande variabilidade.

Para avaliar as várias causas do desvio, em conjunto com o chefe do módulo em estudo, o orientador da empresa (*supply chain engineer*), os chefes de equipa, um responsável da manutenção e da engenharia de processos foi feita uma reunião (ilustração 9) para a análise das principais causas do grande desvio do *BTS*. Desta resultou o diagrama *ishikawa* (ou causa-efeito) e o plano de ações representados no Anexo C1.

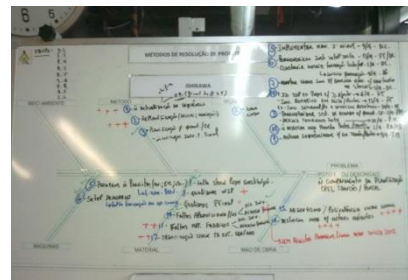


Ilustração 9: Reunião para análise inicial do problema

Foi ainda consultado um estudo criado em 2011 com o objetivo de identificar diariamente os problemas que levam ao desvio do *BTS*. Neste, os chefes de módulo quando têm o indicador abaixo dos 75% preenchem o motivo desse desvio para cada *SKU*. Após isso a informação é aglutinada e é possível determinar os fatores que têm mais influência no indicador por módulo ou centro de trabalho. No Anexo C2 apresentam-se alguns dos resultados referentes ao Módulo 3. Apesar de se diferenciarem os dois CT, é feita uma análise global porque os principais problemas são comuns. O CT das portas (240408) tem um volume de produção muito superior, daí a diferença percentual acentuada em comparação com o CT dos travões (240320): uma falha ao nível do primeiro causa mais impacto no indicador.

Como se esperava, em 2011 os principais problemas surgem da má gestão dos recursos humanos (24%), variações do pedido dos clientes (21%), avarias (19%) e erros de gestão do

módulo (16%). Os últimos estão diretamente relacionados com o controlo da produção após planificação. Outros problemas são erros na planificação, no reporte e falta de materiais internos: os fabricos têm muitos problemas em suprir as necessidades das linhas.

No primeiro trimestre de 2012 existem algumas modificações. As avarias assumem-se como o problema principal (36,51%), o que representa um aumento de 100% face aos últimos 4 meses de 2011. A gestão dos recursos humanos deixa de ser significativa (2%) e os erros de gestão do módulo e variações dos pedidos mantêm-se bastante relevantes, respetivamente, 17,7 e 17,6% das causas do desvio do indicador. Os erros de planificação aumentam cerca de 80%, o que, a par com as avarias, representa um problema a tratar com urgência. Pensa-se ser importante referir ainda uma redução de aproximadamente 50% na falta de materiais internos, o que advém da recente preocupação da empresa em adotar um *layout* por produto e integrar as principais máquinas de fabrico nos módulos “cliente” (linhas de montagem). O módulo III já tem uma boa parte desta alteração feita, como pode ser observado no Anexo E.

Perspetivando toda esta análise foi decidido incidir sobre a variabilidade da procura, a redução do número de avarias e tempo de correção das mesmas, os critérios usados no momento da planificação e métodos de controlo da mesma. Estudou-se ainda um fator não tido em consideração nas análises anteriores: tempos de *setup*. Em seguida faz-se uma introdução aos indicadores utilizados e detalham-se os principais problemas identificados.

4.1 Indicador BTS

Para a tomada de decisão têm que existir medidas concretas que permitam avaliar o desempenho dos equipamentos. Esses dados são obtidos através da utilização de *KPI(s)* (*Key Performance Indicators*). Alguns dos mais utilizados são a Eficiência, Disponibilidade, Ocupação, *OEE*, *Lead time*, *Cycle Time*, Rotação de *stocks*, *BTS*, *FTT*, Velocidade e *Process cycle efficiency* (Pinto 2009).

O *BTS* é expresso percentualmente e a sua função é medir a produção que foi realizada segundo o planificado. Tem em conta o volume, *mix* de produtos e a sequência pela qual foram produzidos (JÚNIOR and BARIANI 2006), tal como está representado na equação 2.

$$\begin{aligned}
 a) \text{ Volume} &= \frac{\text{Volume produzido}}{\text{Volume planeado}} \times 100 \\
 b) \text{ Mix} &= \frac{\sum \text{Unidades produzidas dentro do mix}}{\text{Menor valor entre volume planeado e produzido}} \times 100 \\
 c) \text{ Sequência} &= \frac{\sum \text{Unidades produzidas na frequência e sequência correta}}{\sum \text{Unidades produzidas dentro do mix}} \times 100 \\
 \text{BTS} &= a \times b \times c
 \end{aligned} \tag{2}$$

A fórmula que a empresa utiliza para o cálculo é diferente. Como se pode ver na equação 3, esta apenas considera o volume e *mix*. Isto porque o *BPCS* (*ERP* da empresa) tem em consideração o facto de a referência estar planeada ou não. O cumprimento dos objetivos deste indicador é fundamental para empresa, pois a existência de falhas a este nível pode provocar a paragem das linhas (Ficosa Internacional). É relevante clarificar alguns aspetos que a empresa tem em conta no seu cálculo. Assim, restringe-se a dupla penalização do centro de trabalho quando este está a recuperar produção por defeito de um período anterior ou quando antecede a procura de um período posterior. Estes conceitos estão representados na

ilustração 10. Por período entende-se o horizonte entre sexta-feira da semana N-1 e quinta-feira da semana N. Ou seja, o período de cálculo do *BTS* semanal.

$$BTS_{empresa} = 1 - \frac{\text{Unidades produzidas fora de tempo}}{\text{Unidades planeadas}} \quad (3)$$

Article	Date order	Date Production	Qty Order	Qty Produced	Out of Date	BTS
A	01/02/2009	01/02/2009	100	100	0	
A	02/02/2009	02/02/2009	100	50	50	
A	03/02/2009	03/02/2009	0	50	0	
Total BTS Article			200	200	50	75%
B	01/02/2009	01/02/2009	75	75	0	
B	02/02/2009	02/02/2009	200	200	0	
B	03/02/2009	03/02/2009	0	50	50	
Total BTS Article			275	325	50	82%
C	01/02/2009	01/02/2009	150	150	0	
C	02/02/2009	02/02/2009	0	50	50	
C	03/02/2009	03/02/2009	50	0	0	
Total BTS Article			200	200	50	75%
Total BTS Work Center			675	725	150	78%

Ilustração 10: Exemplo das exceções no cálculo do *BTS*

Pela forma como está definido, este índice permite dar uma informação bastante completa do sistema produtivo e/ou de planeamento. Se analisados os três fatores mencionados, será mais fácil detetar a origem dos problemas que podem surgir. Durante a pesquisa efetuada, pouco material académico foi encontrado sobre este indicador, contudo, a sua importância para uma gestão eficiente da cadeia de abastecimento é clara. Após o planeamento da produção os produtos finais têm que ser decompostos nos vários componentes necessários para que os fabricantes/compras possuam informação fiável para tomar decisões de quando e quanto fabricar/comprar. Dado isso, se o seu valor for baixo, pode implicar paragens longas nas linhas por falta de material. Outros benefícios que decorrem da manutenção de um índice *BTS* elevado são (Ficosa Internacional):

- Aumento da percentagem de pedidos entregues na data certa;
- Diminuição de *stocks* intermédios, devido à diminuição da variabilidade da produção;
- Aumento do fluxo de material em toda a empresa com redução do *WIP*.

A principal desvantagem desta forma de calcular o *BTS* é não ter em conta a sequência pela qual os produtos são feitos: esse fator pode ter implicações ao nível da cadeia de abastecimento, tal como já foi referido. Ainda assim, é um indicador muito interessante devido à sua sensibilidade. Consegue avaliar muito bem a variabilidade do cumprimento da planificação, uma vez que é afetado por quase todos os tipos de ruído que possam existir: diferença no número de pessoas na linha, avarias, faltas de material, problemas de qualidade, etc. Torna-se, assim, difícil estabilizá-lo numa gama de valores aceitáveis.

4.2 Indicador OEE

A Fico Cables, Lda. utiliza uma ferramenta desenvolvida pelo grupo Ficosa, o CP (Controlo de Produção), para calcular a eficiência dos equipamentos. Esta é determinada de acordo com a definição adotada na literatura (JÚNIOR and BARIANI 2006; MUCHIRI and PINTELON 2008). Contudo, P. MUCHIRI e L. PINTELON fazem uma ressalva muito importante à precisão deste indicador. Tal como foi mencionado acima, só aquilo que é medido pode ser quantificado e servir de base para a tomada de decisões. O problema é a forma como a informação é obtida e, no caso do *OEE*, é fulcral que esta seja consistente. Os autores identificam duas dificuldades importantes na obtenção desta informação: a complexidade dos

dados e o grau de automatismo com que estes são recolhidos. No caso da Empresa em estudo, é relevante analisar a segunda dificuldade. O *BPCS* existe e guarda esta informação, mas o registo de dados no sistema informático não é automático e, por isso, 100% fiável. Assim, o objetivo de longo prazo será diminuir ao máximo a intervenção humana na recolha de informação. Este tópico será discutido mais à frente a propósito da introdução do sequenciador automático.

Os fatores que estão a influenciar este indicador são exatamente os mesmos que reduzem o *BTS* e serão apresentados no próximo capítulo. Em termos gerais, o indicador podia ser melhorado. Isto é, o objetivo da empresa é estar acima dos 90% e, de momento, este valor não está a ser atingido. As linhas Automática I e II de produção de cabos de porta são as mais críticas.

4.3 Gestão de *Stocks*

Existem dois tipos de sistemas de controlo de *stocks*: sistemas de revisão contínua e de revisão periódica. O primeiro implica um controlo contínuo do nível de *stock*, o que na prática se faz apenas aquando de uma movimentação. Quanto ao último, o controlo ocorre em períodos previamente determinados, por exemplo, num determinado dia da semana (Gonçalves 2000). O autor descreve ainda variáveis destes dois modelos.

Os *stocks* intermédios da Fico Cables funcionam segundo um sistema de revisão periódica, apenas quando corre o *MRP* à quinta-feira se revêm as quantidades de material necessárias. Contudo, uma vez que a cada movimentação de produto dentro da empresa é gerado um reporte no sistema (*BPCS*), é feito um controlo contínuo das movimentações para diminuir erros. O rigor já mencionado da indústria automóvel assim o exige e, ao violar esta regra, incorre-se numa não conformidade grave.

Relativamente ao *stock* de segurança (*SS*), este também é controlado segundo o mesmo sistema, uma vez que o *MPS* também só corre semanalmente. É representado em dias por uma questão de controlo ao nível da fábrica. A sua determinação é feita da mesma forma para todas as referências de produto final e tem em conta a quantidade e frequência dos pedidos do cliente. Assim, a empresa não recorre a nenhuma das formas de cálculo existentes para apurá-lo, é baseado apenas na experiência que tem da indústria e dos clientes. Verifica-se que com o passar do tempo se foi reduzindo os níveis existentes para a categorização dos clientes: inicialmente existiam 8 e agora apenas 2. Na equação 4 representa-se a forma de calcular as unidades de *stock* mínimo recomendado de um qualquer produto final exigidas no instante em que corre o *MPS*.

$$SS = \frac{\sum \text{Pedidos dos próximos 29 dias}}{29 \text{ dias}} \times \text{Dias de stock exigidos} \quad (4)$$

Uma restrição deste tipo de determinação é o facto de não considerar a variabilidade real da procura de um determinado produto. Se esta for estável, mas o seu pedido mensal tiver um volume considerável, como se verificará mais à frente, por vezes resulta em excesso de produto em armazém. Isto porque o único fator de amortecimento é a determinação dos dias exigidos, baseado em métodos qualitativos.

4.4 O Planeamento e Controlo da Produção

O planeamento da produção na Empresa é realizado semanalmente à quinta-feira. Até 2004 este processo era inteiramente realizado pelo departamento de logística, devido à maior

experiência e conhecimento na área. Contudo, atualmente esta tarefa é efetuada tanto pelos chefes de módulo como pelos responsáveis da logística interna. Esta alteração foi provocada pela implementação de ferramentas de apoio à planificação (PIC e PDP) que foram criadas a nível corporativo. Tudo isto está englobado num projeto do grupo Ficosa Internacional, para implementar um sistema de entendimento global entre as suas várias filiais e, assim, assegurar a qualidade dos seus produtos e processos. O grupo criou 4 Princípios/Pilares, 19 Conceitos e 47 Ferramentas no denominado *Ficosa Manufacturing System (FMS)* (Ficosa Internacional). Em seguida descreve-se, de forma genérica, o processo de planificação que a empresa poderia ter de acordo com o que dispõe no *FMS* e os problemas existentes.

- **Controlo da Produção**

No que concerne ao controlo da produção, como já foi referido, este é feito utilizando o CP. Neste programa são inseridos todos os dados produtivos diariamente, assim como presenças, paragens, tipos de avarias, etc. Assim, os chefes de módulo podem consultar estes dados e utilizá-los para a tomada de decisão. Contudo, existem alguns problemas na introdução dos dados por restrições do programa: as causas de paragem são muito genéricas, o que dificulta a análise. Outro método de controlo usado e com vasta aplicação na indústria automóvel é o quadro de produção. Este representa uma forma de gestão visual onde é imposto um objetivo (peças/hora) pelo chefe de equipa e caso este se verifique, a quantidade produzida é escrita a verde, caso contrário, utiliza-se a cor vermelha. Assim, a simples passagem do chefe de módulo ou outro interessado perto das linhas permite a verificação do seu estado. Além disso, existem campos para assinalar os motivos de paragem, tempos e lições aprendidas. Um exemplo deste quadro está representado mais à frente aquando da discussão de soluções.

- **BPCS AS400**

O grupo Ficosa e, portanto, também a Fico Cables, Lda. integram a informação através do *BPCS AS400 (Business Planning & Control System)*. Neste é gerado o *MPS* e o *MRP*.

Como é típico da indústria automóvel e será explicitado mais à frente, os clientes da Fico Cables, Lda. enviam à empresa uma previsão de compras com um horizonte temporal alargado, firmando os pedidos apenas a poucos dias da expedição. Aproveitando esse facto, a empresa não gera ordens de produção no *MPS*, utiliza outro programa para o fazer, o PDP. Este recebe *inputs* (entradas) do *BPCS* e, posteriormente, transfere para este as ordens planificadas.

- **PDP (Plano Diretor de Produção)**

Em (Bastos and Guedes 2000) são caracterizados dois tipos de PDP, o global, que tem um período de planeamento mais alargado e faz a determinação das quantidades por família de produtos e o detalhado, em que o planeamento é feito no curto prazo e ao nível da referência. Pois, na Fico Cables, Lda. o PDP corresponde exatamente a essa definição.

A realização do PDP geral compreende uma reunião com a duração média de 1h e serve para avaliar a capacidade global de cada centro de trabalho para responder à procura no período em análise. Assim, pode-se avaliar se terá que ser ajustada a mão-de-obra, períodos de férias, etc. Contudo, atualmente, não é efetuada: os responsáveis pelo planeamento pensam ser uma atividade que acrescenta pouco valor e, por isso, aplicam esse tempo noutras tarefas.

O PDP detalhado recebe como *inputs* do *BPCS (MPS)* a procura dos diferentes produtos, *lead times* parametrizados e *stock* de segurança e mostra tudo isso ao planeador de forma a este fazer a alocação e sequenciamento manualmente. A única informação disponível é a procura a

cumprir ao longo do horizonte escolhido, sendo feitos acertos manuais de acordo com a experiência e instinto dos intervenientes. Isto demonstra que não existe na empresa uma metodologia rigorosa de planificação: os critérios utilizados nesta função variam de utilizador para utilizador. Ainda, não são considerados custos de inventário na tomada de decisão. É indiferente para o utilizador o custo de guardar as várias *SKU's*. Isto justifica-se pelo baixo valor do produto final. Os custos de *setup* são tidos em consideração, mas de uma forma pouco precisa.

Durante este processo foram identificados alguns problemas simples que, se tidos em consideração, poderiam ser importantes para uma diminuição do desvio do indicador. Nomeadamente, o facto de a planificação ser feita ignorando a quantidade de produto por caixa, levando a que por vezes as quantidades tenham que ser posteriormente ajustadas pelo chefe de equipa na linha, o que prejudica o *BTS*. Outro fator está relacionado com a cultura do planificador, isto é, quando deparados com atrasos, os chefes de módulo têm de optar entre: 1-Trabalhar para não diminuir o *BTS*, ignorando as referências em atraso e cumprindo o planeado; 2-Baixar o nível de *BTS*, mas terminar a produção em atraso. Posto isto, constatou-se que apenas quando o *stock* disponível do produto cuja procura sofreu alteração é elevado os chefes de módulo optam pela solução 1. Logo, é usual este tipo de situações contribuírem para um aumento do desvio negativo do *BTS* em relação ao valor esperado.

- **PIC (Plano Industrial e Comercial)**

O PIC é uma plataforma para efetuar o planeamento de longo prazo, utilizada numa reunião mensal onde intervêm os chefes de módulo e o responsável pela *supply chain*. O seu principal objetivo é analisar a procura do cliente num horizonte que pode variar entre 0 e 12 meses e fazer simulações da capacidade disponível em termos de mão-de-obra direta, máquinas e ferramentas. Assim, possibilita-se uma alocação eficiente dos recursos e determina-se se existe a necessidade de subcontratar. A grande vantagem do *software* é que permite simular vários cenários.

- **Supplyweb**

Este *EDI* (*Electronic Data Interchange*) facilita o contato da empresa com os vários pequenos fornecedores que, devido à dimensão do seu negócio não têm instalado um sistema *ERP*. Assim, os responsáveis pelas compras transferem a informação para esta plataforma informática e esta fica acessível para o utilizador. Então, o utilizador interno pode ver a informação dos diversos clientes, confirmar as entregas, imprimir as etiquetas para colar nas caixas após receção, etc. Quanto ao externo, tem acesso imediato à informação relativa aos pedidos.

- **Sequenciamento**

No PDP existe uma ferramenta chamada Sequenciador Logístico que, uma vez concluído o planeamento do PDP detalhado permite gerar automaticamente uma sequência de acordo com o critério *EDD* (*Earliest Due Date*). Este dá prioridade aos produtos cuja expedição está mais próxima. Enquanto este critério minimiza o tempo de atraso, o *SPT* (*Shortest Processing Time*) podia ser utilizado caso o objetivo fosse a minimização do tempo de fluxo (AQUILANO, JACOBS et al. 2009), uma vez que prioriza os produtos com menor tempo de processamento.

Se bem configurado, o sequenciador tem grandes vantagens porque permite passar diretamente para a linha de montagem a sequência. Para isso tem que existir suporte eletrónico para o efeito, um *PLC* e o sequenciador eletrónico. Estas são outras das ferramentas

disponíveis que não estão a ter utilidade, apesar de as linhas estarem preparadas para a sua instalação e já terem dado provas de eficiência noutras fábricas do grupo.

No momento, o sequenciamento da produção é feito manualmente e colocado num quadro perto das linhas, o que implica a existência de deslocações constantes do chefe de módulo para a sua atualização. Este sistema não é muito robusto, daí ser um dos fatores identificados na análise do problema em estudo. Frequentemente o responsável (chefe de equipa e/ou módulo) esquece-se de atualizar a sequência e quantidades produzidas, o que leva a:

- Excesso de produção;
- Perdas de tempo na tentativa de perceber a próxima referência a produzir;
- Produção da referência errada.

Além disso, a implementação inconsistente desta ferramenta não ajuda na solução de outros problemas como:

- Fiabilidade do *OEE*;
- Reporte a originar diferenças de inventário (fator identificado no diagrama).

A categorização das referências da linha de travão manual para efeitos de sequenciamento é feita da forma resumida na tabela 5. As referências que têm os mesmos nove algarismos iniciais iguais pertencem ao mesmo produto, o que diferencia é a embalagem. Logo, os tempos de preparação para troca de referência entre estes são inexistentes. Quanto às restantes, existem três categorias que são diferenciadas por terem um tempo de *setup* entre as *SKU's* bastante reduzido quando comparado com as restantes. Estes são os únicos tempos fiáveis do módulo. A troca de ferramentas entre referências do mesmo tipo, de produtos diferentes, é sempre 10 minutos. Isto deve-se à semelhança estrutural: é alterado simplesmente o posicionamento de um componente. Por outro lado, entre outros produtos altera-se o tamanho, a quantidade de material necessário, componentes, etc. Neste caso, os tempos de *setup* são muito variáveis, como já foi explicado. Por isso, o planeamento é realizado aproveitando esta semelhança estrutural e as referências do mesmo tipo planificadas sequencialmente.

Tabela 5: Técnica de sequenciamento atual da linha do travão manual

GM Travão Manual			
Referência	Tipo	Referência	Tipo
111911957M02B00	a	111911959	b
111911957M04B00	a	111911960	b
111911958M02B00	a	111911961	c
111911958M04B00	a	111911962	c

No que se refere às linhas do travão elétrico e portas, não existe diferenciação entre as diversas referências. O tempo de *setup* é considerado o mesmo para todas, exceto naquelas em que apenas muda a embalagem, obviamente. Trata-se assim de um caso de sequenciamento independente da sequência, ao contrário do observado no caso do travão manual.

4.5 Replanificação

Ao efetuar o controlo da produção, devido aos vários problemas que vão aparecendo, pode surgir a necessidade de se replanear alguns dos produtos. Ora, o *BPCS* não tem em conta estas alterações. Para o programa, o planeamento é firme e tem de ser cumprido dessa forma para que o *BTS* apresente um valor elevado. Os responsáveis da produção só querem cumprir o pedido e criam planos de ação que prejudicam seriamente o índice. Outro motivo que leva a estas alterações é a modificação do pedido do cliente, tópico discutido ao pormenor em seguida.

Variabilidade da Procura

No momento a empresa não realiza qualquer atividade de previsão de vendas. Então, o planeamento da produção é efetuado de acordo com a previsão de compras dos seus clientes. O período entre a data do pedido e a da entrega varia de cliente para cliente, mas é suficientemente extenso para permitir fazer o planeamento no horizonte pretendido: três semanas.

Como foi referido acima, a indústria automóvel tem um sistema de procura muito particular, isto é, os clientes disponibilizam sempre uma previsão das compras que vão efetuar a longo prazo, mas só num horizonte mais reduzido fazem a confirmação desses pedidos. No caso do cliente GM existem dois tipos de produtos: os que são vendidos para a Europa⁶ e os extracomunitários (para outros continentes). Os primeiros funcionam da forma descrita, contudo, devido ao elevado tempo perdido em transportes, os últimos são firmados com maior antecedência. Portanto, a análise feita concentra-se apenas nos pedidos que utilizam o primeiro sistema referido. Independentemente do produto, para este cliente utiliza-se um sistema *make-to-order*.

Ainda, existe em grande parte das referências, incerteza quanto à quantidade por dia. Por isso, o pedido semanal, por segurança, é agrupado para a segunda-feira. Isto tem dois objetivos: assegurar que o pedido é cumprido no dia certo e amortecer as flutuações na procura.

No caso dos comunitários, só na terça-feira da semana N se recebe a confirmação dos *pickup's* (quantidades diárias exatas que o cliente vai recolher) da semana N+1. Ou seja, no momento da planificação, quinta-feira, apenas se tem certeza do pedido da semana seguinte. Isto é um problema porque nessa mesma semana já se produzem quantidades da semana N+2, sendo a planificação feita com base na previsão e, desse modo, contendo uma variabilidade significativa.

Existe ainda outro fator que influencia o *BTS*, uma vez que o planeamento é feito para a previsão dos pedidos. Se o pedido baixar, os chefes de módulo para responder à procura e constatando que existe folga na capacidade, fazem alterações de modo a cumprir apenas o novo pedido e nessas circunstâncias cedem MOD (Mão-de-obra direta) a outros módulos.

Analisando a situação atual, facilmente se verifica que, apesar do método utilizado estar de acordo com o sistema de produção por encomenda, a variabilidade da procura acrescenta muito ruído na cadeia de valor. Na tentativa de amortecer isso, incorre-se em mais custos de posse. O problema é típico deste tipo de sistemas. O decisor depara-se com a opção de acumular inventário de modo a estar preparado para qualquer variação e suprir sempre as

⁶ A partir deste ponto serão definidos como Comunitários

necessidades dos clientes, ou reduzi-lo criando a possibilidade de não ter capacidade de responder a uma variação positiva do pedido (Lawrence and Klimberg 2009).

4.6 Change-over (Mudança de Ferramentas)

Nas linhas da GM, os *setup's* ou mudanças de ferramenta são feitos, normalmente, pelos afinadores. Estes são pessoas com treino específico para esse efeito, mas também para afinar as máquinas e resolver avarias. Algumas operadoras das máquinas também o fazem, quando os anteriores estão ocupados, mas não consideram que isso faça parte da sua função e, por isso, não acontece com muita frequência.

A determinação do tempo despendido nestas operações obtém-se através da diferença entre a hora de arranque da última máquina após a troca de todas as ferramentas e validação dos postos (obtenção de três peças com a qualidade requerida). Apesar de se fazer sempre um *ok* à 1ª peça, condição necessária para a validação dos lotes de produção, esse tempo é contabilizado à parte, pois a linha já está em funcionamento quando a operação termina e, os cabos produzidos até aí, marcados com uma fita amarela (material suspeito).

O grande problema da empresa é que não existe o registo das tarefas em tempo real e, por isso, os problemas que surgem não são identificados e, conseqüentemente permanecem por corrigir. A melhoria deste processo nas linhas é feita muito esporadicamente. Assim, encontram-se muitas situações nas linhas de montagem que vão contra a filosofia *Lean*, apesar das iniciativas da Empresa para as implementar. Foram avaliadas as dificuldades do processo após uma cuidada observação da realização do mesmo e da discussão dos problemas com todas as partes envolvidas: o chefe de módulo para perceber a sua gestão, os afinadores por serem conhecedores da vertente técnica e os operadores para perceber as dificuldades operacionais.

Listam-se em seguida os principais problemas identificados:

- Ferramentas mal identificadas;
- Ferramentas guardadas longe das linhas;
- Locais de difícil acessibilidade, visual e física;
- Tarefas de montagem/desmontagem de ferramentas demoradas;
 - Grande número de apertos por parafuso;
 - Ferramentas com peso excessivo;
- Grande variabilidade do processo dependente da disponibilidade e saber fazer de um pequeno número de pessoas (2 afinadores para as 6 linhas);
- Falta de treino dos operadores;
- Procedimento feito sequencialmente (por passos ou postos) e não simultaneamente para obter tempos menores;

4.7 Paragens

- **Por erros de inventário e falta de material**

Para que o planeamento das necessidades seja feito de forma precisa e a cadeia de abastecimento funcione corretamente, é necessário ter uma boa contabilização das quantidades de material existente na empresa, quer nos armazéns, quer em locais intermédios, como no caso dos *stocks* de fabricos. A unidade principal da Fico Cables sempre esteve organizada por processo. As máquinas que têm a mesma função estão agrupadas num mesmo local. Isto leva a um aumento da complexidade de gestão do fluxo de materiais, responsável

pela falta de material que se assiste ao longo de toda a fábrica. Frequentemente acontecem erros a este nível, o que afeta o *BTS* na medida em que, por vezes, tem que se produzir uma referência diferente da que está planeada ou não produzir a totalidade da mesma, uma vez que não há material suficiente para cumprir o planeamento. Contudo, e em resposta aos problemas recorrentes deste tipo de disposição, há uma crescente preocupação da empresa em passar para um *layout* por produto. O módulo em estudo é o que está mais próximo dessa alteração com a integração das principais máquinas de fabrico, resultando numa produção dedicada.

No Anexo F estão representados os ajustes de inventário referidos acima para o caso dos travões. Como se pode ver, maior parte deles está relacionada com o cabo cortado. A integração da máquina no módulo elimina a necessidade de reporte, associando um ou dois cabos a cada unidade de produto final produzida (dependendo da *SKU*). Assim, elimina-se a necessidade de ajustes. O mesmo aconteceu para a espiral e cabo injetado do CT das portas.

- **Por falta de peças de substituição**

Considera-se que tem que haver fiabilidade na existência de, pelo menos, *stock* suficiente de peças de elevado desgaste para que o tempo de substituição das mesmas seja igual à operação em si. O controlo deste *stock* é precário, por vezes não existem as peças necessárias no tempo certo. Para além disso, o modo como este material é guardado leva à dificuldade de avaliação das quantidades em falta: está dentro de um armário com má visibilidade de maior parte dos pontos das linhas. Existem também dúvidas quanto às pessoas responsáveis por este *stock*, afinadores ou pessoal da manutenção. Pela análise feita essa questão depende do tipo de peça e, por isso, torna-se necessário um sistema de gestão que permita uma maior coordenação entre estes dois intervenientes.

4.8 Avarias

A fiabilidade dos equipamentos do módulo em estudo não é a melhor, principalmente a das linhas Automática I e II. Pela análise feita, esta é uma das principais causas da paragem das linhas, com avarias que implicam grandes períodos de correção e micro avarias ou afinações que, apesar de serem mais fáceis de resolver acontecem com elevada frequência. Para evitar este tipo de paragem a empresa tem três tipos de manutenção:

Manutenção de 1º nível – feita pelos operadores, no início do turno, onde se verifica se existem fugas, folgas nas peças, parafusos moídos, etc. O objetivo será validar a linha para iniciar a produção. Contudo, existem alguns problemas de comunicação entre estes intervenientes e outros como os afinadores, chefes de módulo ou responsáveis da manutenção. Caso os problemas identificados possam ser corrigidos pelo operador, este guarda para si o ocorrido e não o documenta. Dada a falta de treino dos mesmos, por vezes podem ter mascarado um problema maior que, futuramente, levará à paragem da linha.

Manutenção de 2º nível – realizada pelos afinadores semanalmente e/ou quando os operadores detetam algum erro na de 1º nível. Atualmente este tipo de manutenção não está a ser efetuado.

Manutenção de 3º nível – atividade trimestral, semestral ou anual, dependendo da linha e da máquina em questão, realizada pelo departamento de manutenção. Esta é mais rigorosa, isto é, faz a verificação e/ou substituição de mecanismos mais complexos como sistemas pneumáticos, mecânicos, válvulas ou outros. Este departamento tem um plano de manutenção desenvolvido para todas as linhas da empresa que tem em consideração a sensibilidade do equipamento e, além disso, faz um levantamento semanal das linhas ou máquinas mais

críticas de modo a intervir e arranjar soluções para os problemas. O plano referido é elaborado pelos departamentos de engenharia de processos e manutenção aquando do desenvolvimento das linhas de montagem e máquinas. Estes têm em conta o histórico dos equipamentos e a utilização futura dos mesmos.

Fazendo a contextualização histórica deste tema na empresa, inicialmente apenas se realizava manutenção corretiva ou curativa e só se substituíam equipamentos quando estes partiam. Presentemente, os planos mencionados visam uma revisão periódica dos equipamentos em períodos pré-definidos de modo a evitar que existam paragens forçadas. Nesta inspeção são verificados pontos ou componentes específicos de cada equipamento e caso exista um desgaste significativo são substituídos ou corrigidos. No início de cada ano o plano é revisto de acordo com os pressupostos e ações seguintes:

1º Caso tenha ocorrido, entre revisões, alguma incidência num dos pontos referidos acima e esta tenha sido provocada pelo desgaste normal de trabalho, o período de revisão deve ser reduzido a metade;

2º Se, nas condições descritas acima, exista mais que uma incidência devem ser realizadas ações de melhoria no equipamento em questão;

3º O período é alargado para o dobro se neste horizonte de revisão não tiver ocorrido qualquer problema ou falha.

O problema deste tipo de abordagem é o custo incorrido, tempo perdido e recursos necessários. Isto porque, além deste trabalho, o departamento de manutenção tem que corrigir diversas ocorrências e caso nenhum problema se identifique no período determinado, então todos os contratempos listados serão em vão.

4.9 Absentismo e/ou Deslocação de MOD

É um fator crítico para o desvio do *BTS*. Como se pode observar na ilustração 11, o absentismo está muito longe do objetivo pretendido de 3,4%. Isto causa atrasos relevantes na produção. Uma vez que o cumprimento do pedido tem a prioridade máxima, a falta de pessoas numa determinada linha causa ruído em todo o módulo porque os operadores são polivalentes e compensam lacunas para nivelar os atrasos. Contudo, nunca será plenamente cumprida a planificação se existir esta falta de planeamento da MOD, uma vez que a cadência da linha é determinada tendo em consideração este parâmetro. Além disso, não são apenas polivalentes no seu módulo. Ou seja, por vezes as pessoas são deslocadas para outros módulos da fábrica para o mesmo efeito.

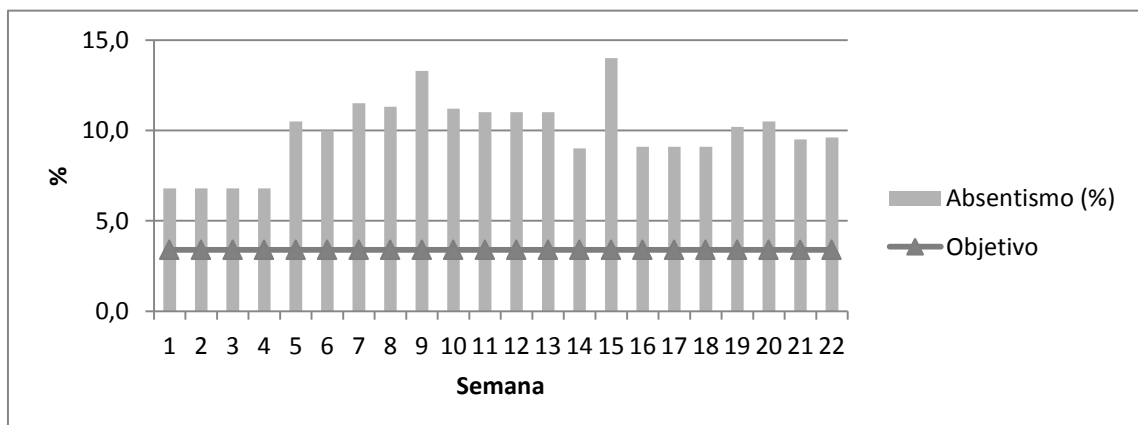


Ilustração 11: Dados do absentismo no Módulo 3 em 2012

- Multiplicação desta capacidade pela média do *OEE* das últimas 5 semanas, para amortecer avarias e afinações;
- Planificação segundo a quantidade por caixa, ou seja, o lote de produção tem que ser múltiplo do contentor ou caixa do produto. Para facilitar isso, tal como foi proposto no plano de ações realizado, estas quantidades foram parametrizado no *BPCS* para aparecer no PDP detalhado como está representado na ilustração 13;

TL	T.RUTA	STOCK	C.M.D.	STK.CONST	POL.	SUM.REQ	06-jun	07-jun	08-jun	09-jun	10-jun	11-jun	12-jun	13-jun	14-jun	15-jun
									1,760			160	6,030	1,630	1,960	
							880		880			2,203	2,203	2,203	2,203	2,205
							163.04	.00	108.7	.00	.00	126.81	131.34	131.34	117.75	198.37
							3,600		2,400			2,800	2,900	2,900	2,600	4,380
	200.00	24.00	200.00	494.12	0.00	8,400.00			600			1,600	2,400			
							2,200					1,900	1,500			
							2,400	2,400	2,400	2,400	2,400	2,400	2,700	1,800	1,800	1,800
	40.00	24.00	1,960.00	731.76	0.00	12,440.00			1,160			440	1,960	280	960	
							1,400		1,400					1,400	1,800	
							2,450	1,750	3,150	3,150	3,150	2,730	770	1,890	2,710	2,710
	200.00	24.00	2,000.00	366.24	0.00	6,600.00			1,000				1,000		800	2,000
							2,000	2,000	3,000	3,000	3,000	3,000	2,200		800	2,800
	40.00	24.00	3,950.00	647.06	0.00	11,000.00						120	1,840	400	1,000	
												2,800				700
							2,900	1,850	1,850	1,850	1,850	4,230	2,410	1,990	1,010	1,710
	200.00	24.00	400.00	70.59	0.00	1,200.00									200	
																600
							400	400	400	400	400	200	200			600
	200.00	24.00	548.00	70.59	0.00	1,200.00									200	
																600
							548	548	548	548	548	348	348	148	148	748

Quantidades por caixa parametrizadas

Stock diário da referência

Produção diária da referência

Ilustração 13: Interface do PDP detalhado

- Contabilização do tempo de *setup* médio da referência tendo em conta a anterior. Isto foi feito considerando uma média dos valores históricos encontrados;
- Sempre que possível, planificar no máximo até dois dias antes da expedição, de forma a não acumular muito inventário;
- Introdução do absentismo e movimentação de MOD como variável. Isto é, criou-se uma folha onde os chefes de equipa de cada turno preenchiam as faltas previstas para a semana a planificar. Esta folha tem que ser entregue até quinta-feira de manhã. Além disso, foi pedido ao Diretor de Produção que fizesse o mesmo para as deslocações para outros módulos. A folha criada está representada no Anexo B3.

5.1.2 Sequenciamento e Controlo da Produção

Existindo uma ferramenta disponibilizada pelo grupo, não se percebe bem o porquê de esta não estar em uso. Assim, propôs-se a alteração do processo de planificação de modo a incluí-la. Este sequenciador tem duas componentes que implicam a utilização de duas ferramentas diferentes: geração da sequência de produção no PDP (sequenciador logístico) e importação da mesma para outro programa que funciona tanto como *interface* para o operador da máquina como de controlo para o chefe de módulo (sequenciador eletrónico). A última está representada na ilustração 14. Apesar de parecer confuso, a sua utilização é bastante simples, tal como pode ser consultado na tabela 6.

Numa primeira fase pretendia-se apenas aplicar o sequenciador na sua forma mais simples, isto é, apenas um computador na linha de montagem com uma impressora dedicada para testar a capacidade dos operadores o utilizarem. A sequência seria introduzida manualmente pelo planificador e atualizada diariamente. Este passo permite ganhar a confiança de toda a organização para a implementação completa da ferramenta. Portanto, o operador tem que fazer apenas o reporte de caixas completas e, caso aconteça algum problema como falta de material, colocar o produto no estado pendente.

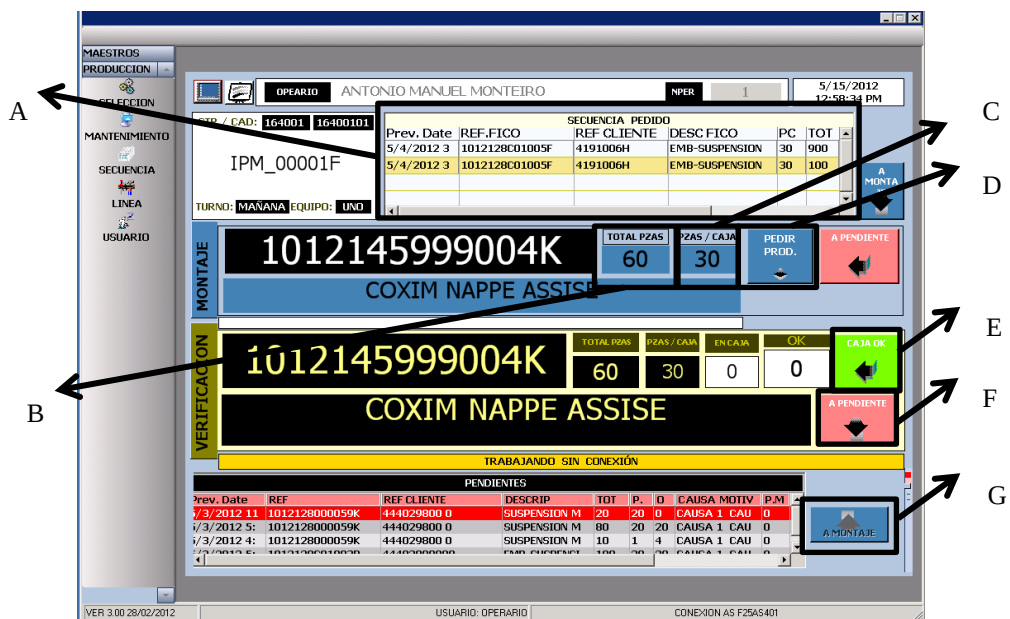


Ilustração 14: Interface do programa com utilizador

Tabela 6: Explicação do funcionamento do sequenciador

Campo	Tipo	Função
A	Informativo	Sequência imposta pelo planificador
B	Informativo	Quantidade a produzir da referência atual
C	Informativo	Quantidade por caixa do produto
D	Botão	Produção da próxima referência
E	Botão	Imprimir a etiqueta da caixa completa
F	Botão	Coloca o produto atual em estado pendente
G	Botão	Retoma a produção de uma referência pendente

Assim, eliminam-se os riscos de falta de atualização de sequência no quadro, incapacidade de perceber a letra da pessoa que a registou e o excesso de movimentos para fazê-lo. O planificador pode sequenciar a partir do seu gabinete, informaticamente. Para o operador

acaba-se a utilização de pistolas para leitura do código de barras que por vezes dão problemas, movimentação até à impressora que, sendo comum a várias linhas, pode causar erros.

Foram efetuadas várias tentativas para colocar esta ferramenta em funcionamento, nomeadamente várias reuniões com diferentes interessados numa fase de testes: departamento de informática, logística interna e chefes do módulo III e IV. Nestas foram apresentadas as vantagens e desvantagens do sistema, possíveis entraves e formas de resolvê-los.

Devido à maior complexidade e exigência das linhas do módulo III, foi decidido iniciar a fase de testes nos sistemas de conforto. Esta opção foi também impulsionada por uma crescente preocupação dos responsáveis em eliminar os problemas de reporte. Após um longo período de insistência e várias tentativas falhadas, foram reunidas as condições necessárias para a sua implementação. Contudo, problemas maiores surgiram e isso levou ao abandono do projeto.

Posteriormente, devido ao aparecimento de uma falha de reporte no módulo III, foi solicitada uma sugestão para a diminuição do risco de falha neste processo e, novamente, o sequenciador apresentou-se como a melhor solução. Dado o estado avançado do projeto no módulo anterior, preparar uma fase de testes provou-se relativamente fácil. Contudo, surgiu um problema no que concerne o reporte automático das caixas completas no sistema. De forma a resolvê-lo, existiu uma discussão com um especialista no programa e com os responsáveis do departamento de informática da Empresa e do grupo Ficosa. No entanto, a falta de conhecimento técnico do *BPCS* e de apoio interno levou à impossibilidade de correção de uma das principais vantagens da implementação deste sistema. Por isso, a plena execução deste projeto está dependente do suporte e foco de alguns elementos chave da organização.

5.2 Modelo Quantitativo de Previsão

Após alguma investigação e baseado principalmente nos trabalhos de Lawrence e Klimberg (Lawrence and Klimberg 2009) e Kerkkänen, Korpela et al. (Kerkkänen, Korpela et al. 2009), foi decidida a utilização de métodos quantitativos de previsão na tentativa de diminuir o erro da procura semanal das diversas referências. De modo a simplificar a análise do leitor, as referências em questão serão substituídas por letras. Os primeiros nove números de cada uma identificam o produto final, os três números seguintes indicam o tipo de embalagem e, portanto, não são necessários.

Tabela 7: Codificação das referências dos produtos em estudo

A	111911957M02	B	111911957M04	C	111911958M02
D	111911958M04	E	1119111959	F	111911960
G	111911961	H	1119111962	I	111911874
J	111911862	K	111911632	L	111911953
M	111911992				
N	121911506	O	121911507	P	121911559
Q	121911560	R	121911851	V	121911810
S	121911811				

Na tabela 7 estes estão presentes em quatro referências para distinguir os dois tipos: este foi o único caso em que tal separação foi necessária. As referências a cinzento escuro correspondem a cabos de travão e a claro, cabos de porta.

5.2.1 Seleção dos Produtos

Tal como explicado anteriormente, na indústria, o número de clientes é reduzido e isso acontece para os produtos da GM. O máximo de clientes existentes para a mesma referência são quatro e, a maior parte, tem apenas um. Por isso, o erro da previsão será sempre relativamente elevado. Assim, foi feita uma análise ABC (com os registos de 20 semanas) de modo a determinar as referências cuja variabilidade da procura causa mais impacto na cadeia de valor. O resultado pode ser visto na ilustração 15. Como já seria de prever, devido à grande diferença no volume de produção, quase todas as referências de cabo de porta têm mais impacto. No que se refere aos travões, as cinco últimas referências (E, F, G, H e K) não foram consideradas. Uma vez que representam em conjunto apenas 5% do volume semanal e têm apenas um cliente cada, uma determinação rigorosa do *stock* de segurança amortece as variações da procura e não afeta significativamente os custos incorridos. Restringida a análise, avaliou-se a precisão do método utilizado pela empresa. Visto que se baseia na previsão do cliente, se o erro for pequeno, não tem sentido tentar diminuí-lo através da utilização destes métodos.

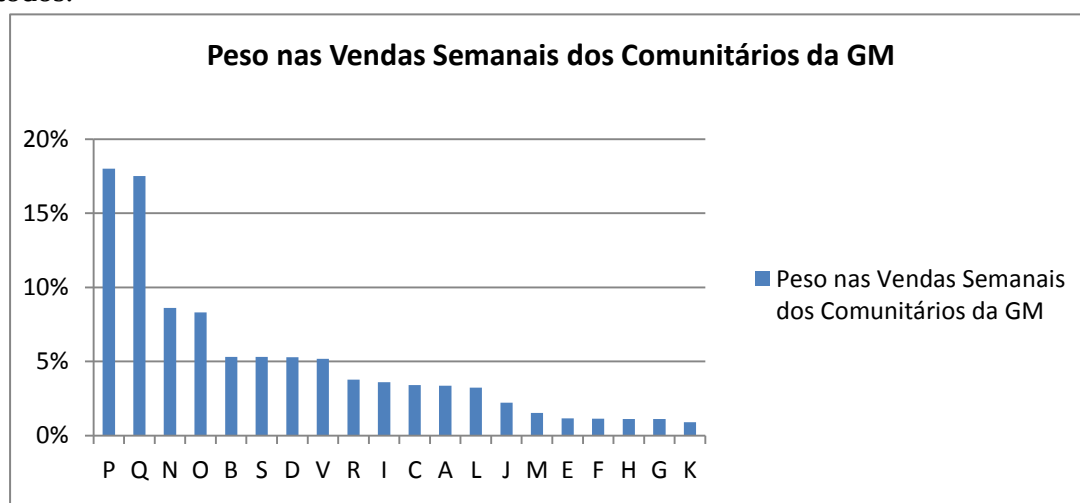


Ilustração 15: Distribuição do Peso das diferentes Referências "Comunitárias" na totalidade semanal

Para avaliar a precisão de um determinado modelo utilizou-se o EPAM, pelas vantagens já mencionadas. Considera-se que um EPAM abaixo dos 15% é muito bom, dado o pouco número de clientes e a elevada variabilidade das séries. Assim, eliminaram-se dos travões as referências I e M e das portas a N, O e V. Contudo, havia um baixo número de registos da empresa para fazer esta comparação, apenas 15 semanas. O produto L também foi retirado da análise, pois recentemente a sua procura estabilizou.

5.2.2 Análise das Séries

Ao contrário de Kerkkänen, Korpela et al., foram analisadas as séries de modo a conseguir determinar a existência de *outliers*⁷ e retirá-los. Estes são causados por fatores como férias dos clientes ou feriados que causam baixas significativas e, em períodos posteriores, aumenta

⁷ Ocorrências anormais, por exemplo, numa semana em que o cliente fecha a procura é 0

bruscamente os pedidos. Assim, a quantidade de dados de cada um dos produtos varia com o número de *outliers* encontrados. Algumas das séries não tinham muito histórico disponível, por serem projetos relativamente recentes. No entanto, uma quantidade elevada de dados não é necessária para os modelos pensados.

5.2.3 Seleção dos Modelos

Pela observação dos gráficos das séries e troca de ideias com os operadores da logística externa, concluiu-se que nenhum produto tem procura sazonal. A maior parte não apresenta tendência e, quando tem, é quase impercetível. O mais comum é a existência de um nível relativamente constante e grandes variâncias. Contudo, também existem séries nas quais o nível muda ao longo do horizonte de estudo. Exemplos destas séries estão representados no Anexo D. Dado o explicitado e a análise dos artigos mencionados, optou-se por testar os métodos AES, AED (método linear de Holt) e AEA (Amortecimento Exponencial Adaptativo) de TRIGG&LEACH. Este último é uma variante do AES porque exige dois fatores de amortecimento: um fixo, β , e o α que se vai adaptando variações de nível da série.

Foram testados os três modelos de previsão e comparados pelo EQM, para determinar aquele que melhor se ajustava a cada uma das séries em estudo. A estimação dos parâmetros foi feita recorrendo ao *solver* do *Excel* com o objetivo de minimizar este erro. Uma vez que este utiliza o método dos mínimos quadrados, existe o risco de ficar preso num mínimo local, logo, foram feitas várias alterações dos valores iniciais dos parâmetros para evitar essa situação. Foi escolhido como período de observação o intervalo entre a semana 34 de 2011 e a 9 de 2012. No caso das referências A e C estendeu-se até à 10 de 2012.

Algumas das séries têm semanas com procura nula, mas apesar disso nunca se testou o modelo de Croston, porque não se consideram as séries como intermitentes: apenas estes valores como *outliers*. No presente trabalho, adotou-se a definição proposta por Smart e pelo Representative US Navy (Varghese and Rossetti 2008). O primeiro autor classifica como procura intermitente as amostras em que pelo menos 30% dos valores sejam nulos e o último acredita que para ter essa classificação tem de existir um número de valores não nulos menor ou igual a um intervalo que varia entre 60 e 70%.

Tabela 8: Resumo dos modelos escolhidos para cada produto baseado no critério: menor EQM até à semana 9

Referência	Método Escolhido					
	AES		AEA		AED	
	EQM	EPAM	EQM	EPAM	EQM	EPAM
A	599082	46	690568	50	550085	44
B	711843	23	701790	22	-	-
C	474041	39	593134	43	466517	38
D	706444	23	701790	22	-	-
J	200249	32	205219	32	-	-
P	14607636	35	14428804	34	-	-
Q	15258677	42	16014292	36	15031637	41
R	917424	44	945242	46	-	-
S	853961	27	891771	26	-	-

Na tabela 8 representa-se a azul o método escolhido para cada referência. Apesar de terem sido escolhidos o mesmo número de vezes, apenas três das séries escolhidas foi detetada a

existência de tendência e o AED aplicado. Facto é que em todas elas mostrou melhor resultado que os outros.

5.2.4 Formulação

Neste subcapítulo apresentam-se as fórmulas de cálculo de cada um dos modelos referidos. Todos são modelos de amortecimento, sendo que o AES é a base de todos os outros. Tal como foi referido acima, t é o período em análise, Z_t é a previsão para o mesmo período e ε_t é o erro do modelo. A previsão para o período t obtém-se a partir das variáveis do $t-1$. A variável k serve apenas para prever a mais de um passo, ou seja, do período N para o $N+2$ ou superior. A aplicação destes modelos foi realizada da mesma forma utilizada para a escolha dos mesmos: a cada iteração corre-se o *solver* novamente acrescentando o valor mais recente da procura, isto é, o pedido da semana anterior.

Amortecimento Exponencial Simples

$$Z_t = v_t + \varepsilon_t$$

$$n_t = \alpha \cdot Z_t + (1 - \alpha) \cdot n_{t-1} \quad (0 \leq \alpha \leq 1)$$

$$\hat{Z}_t(1) = n_t$$

α : taxa de amortecimento

$n_t = \hat{v}_t$: estimativa do nível da série no instante t .

ε_t : erro de previsão no instante t

$$E(\varepsilon_t) = 0 \text{ e } \text{Var}(\varepsilon_t) = \sigma^2$$

Ilustração 16: Fórmulas de cálculo para o AES (Lobo 2010)

Amortecimento Exponencial Adaptativo

$$TS_t = \frac{EA_t}{EAA_t}$$

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

$$EAA_t = \beta \cdot |e_t| + (1 - \beta) \cdot EAA_{t-1} \quad (\text{Erro Absoluto Amortecido})$$

$$e_t = Z_t - \hat{Z}_{t-1}(1) \quad (\text{Erro de Previsão})$$

β : taxa (constante) de amortecimento do erro de previsão
e do erro absoluto de previsão

$$\alpha_t = |TS_t|$$

Ilustração 17: Fórmulas de cálculo do α (Lobo 2010)

Amortecimento Exponencial Duplo

$$v_t = v_{t-1} + \tau_{t-1}$$

$$n_t = \alpha \cdot Z_t + (1 - \alpha) \cdot (n_{t-1} + b_{t-1}) \quad 0 \leq \alpha \leq 1$$

$$b_t = \beta \cdot (n_t - n_{t-1}) + (1 - \beta) \cdot b_{t-1} \quad 0 \leq \beta \leq 1$$

$$\hat{Z}_t(k) = n_t + b_t \cdot k$$

$b_t = \hat{\tau}_t$: estimativa da tendência da série

Ilustração 18: Inclusão da variável tendência (Lobo 2010)

5.2.5 Stock de segurança

Analisando o problema em questão, verifica-se que o excesso de *stock* de segurança é prejudicial em duas vertentes: além de aumentar os custos de posse obriga à utilização de mais recursos do que o necessário. Nesse sentido, procurou-se diminuir esse valor com os métodos de previsão escolhidos. Para isso utilizou-se a equação 5 (Guedes 2000), em que K

$$SS = K \times \sigma_{PR} \quad (5)$$

representa o número de desvios padrões utilizados (parâmetro de segurança) e σ o desvio padrão da procura do produto. Este parâmetro de segurança pode ser determinado pelo nível de serviço desejado. Isto é, considerando uma distribuição normal, o K depende do risco que a empresa está disposta a correr.

Quanto menor o nível de serviço, menor o K , mas o risco de o pedido do cliente não ser coberto pelo SS aumenta. Chatfield defende a utilização de intervalos de confiança ao invés de estimações pontuais como resultado da previsão (Chatfield 1998). A fórmula de cálculo do SS utilizada, se somada à previsão da procura, permite calcular o limite superior desse intervalo, se subtraída, o inferior. Como já foi focado, o objetivo é diminuir a necessidade de acertos positivos, por isso, o limite inferior não é considerado. Por exemplo, utilizando um nível de serviço ou intervalo de confiança a 95% significa que existe uma probabilidade de 5% de a procura ser superior ao limite máximo ou inferior ao mínimo. Ou seja, 2,5% de não conseguir satisfazer todas as necessidades dos clientes. Por isso, tem que ser feita uma boa ponderação de todos os fatores envolvidos de modo a fazer o melhor *trade-off*. Uma vez que este estudo é apenas demonstrativo, o nível de serviço de cada série foi escolhido de forma a não resultar num aumento relativamente ao método utilizado pela empresa e ao mesmo tempo cobrir as variações.

Foi ainda proposta a redução do *stock* de produto final através da análise da média de *pickup's* por dia da semana. Isso aumentava a margem de planificação, pois os pedidos já não seriam concentrados apenas à segunda-feira e reduzia a quantidade de produto final em armazém nesse mesmo dia. Contudo, o risco não foi aceite e a solução rejeitada.

5.2.6 Erros

Quando se utilizam métodos de previsão é essencial analisar constantemente os erros. É importante verificar se estes correspondem a uma predisposição da série para estar sistematicamente acima ou abaixo da procura e, portanto, corresponde a um erro na escolha do modelo ou apenas a variações imprevisíveis da mesma (Lobo 2011). A equação 6 confirma se o valor esperado do erro é aproximadamente zero e a sua variância constante. Assim, este pode ser retirado das equações dos modelos apresentadas acima. Isto é, em todos os modelos e durante todos os períodos a estatística de teste (ET) esteve sempre dentro dos limites definidos pela distribuição *t* de *student*, com um intervalo confiança de 95%, ou seja, $\alpha = 5\%$.

Além disso, foi também garantido que não existe correlação entre os erros a um passo, vendo sempre se estes valores estão dentro do intervalo representado na equação 7. Nesta, o n corresponde ao número de dados.

$$\begin{aligned}
 &H_0 : \mu = 0 \\
 &H_1 : \mu \neq 0 \\
 &ET = \frac{\hat{\mu}_{Et} - 0}{\hat{\sigma}_{\hat{\mu}_{Et}}} \quad (6) \quad \pm 1.96 \times \frac{1}{\sqrt{n}} \rightarrow \text{valor crítico} \quad (7)
 \end{aligned}$$

Se H_0 verd. $\Rightarrow ET \rightarrow t_{N-1}(\alpha)$

5.2.7 Análise dos Resultados

A implementação desta solução não foi possível devido a restrições impostas pelo departamento de logística externa. Contudo, a proposta foi feita e os modelos idealizados comparados com o método atualmente utilizado. Uma vez que os elementos referidos não quiseram ter participação neste assunto, os resultados obtidos não foram os melhores, sendo apenas aplicações diretas dos métodos referidos à realidade.

Como era de esperar, os produtos com apenas um cliente apresentam uma variabilidade superior e os resultados foram menos positivos. Mas de uma maneira geral, percebe-se que se existir a cooperação dos operadores de mercado é possível reduzir significativamente a imprevisibilidade da procura e criar melhores condições para o planeamento da produção.

Na prática o que se pretende é diminuir a necessidade de replanificar a produção durante a semana. Como a prioridade da produção é cumprir os pedidos na data acordada, o maior problema surge quando a procura aumenta. Assim, o objetivo principal é, sem aumentar substancialmente a quantidade de produto final não vendido, diminuir a necessidade de corrigir positivamente o planeamento da produção.

Tabela 9: Resultados da aplicação simples dos métodos escolhidos às series

Produção									
Referência	Proc. Satisfeita (%)		Desvio Positivo Médio (%)		Desvio Negativo Médio (%)		EPAM		NPPN ⁸
	E ⁹	M ¹⁰	E	M	E	M	E	M	
A	58%	33%	36%	62%	-50%	-45%	∞	∞	2
B	53%	60%	20%	79%	-38%	-13%	29%	52%	0
C	58%	33%	36%	75%	-39%	-40%	∞	∞	2
D	47%	53%	18%	87%	-27%	-13%	23%	53%	0
J	43%	53%	47%	31%	-39%	-30%	42%	26%	0
P	36%	50%	16%	131%	-33%	-19%	33%	61%	0
Q	60%	47%	35%	104%	-29%	-24%	∞	∞	1
R	43%	64%	39%	29%	-34%	-16%	∞	∞	1
S	33%	60%	2%	66%	-52%	-12%	35%	44%	0

Na tabela 9 são apresentados os principais resultados obtidos da semana 9 até à 23 (previsões da semana 10 até à 24). Mais uma vez, para as referências A e C será da 10 à 23. Como se pode ver, em seis das nove séries testadas as estimações pontuais dos modelos escolhidos tiveram um resultado superior ao método atual da empresa. Isto é, existiu um número menor de períodos em que a procura superou a previsão. É ainda possível identificar outro resultado bastante positivo: quando se subestima a procura incorre-se num erro menor utilizando os

⁸ Número de períodos com procura nula

⁹ Empresa

¹⁰ Modelo

modelos propostos. A grande desvantagem deste método apresenta-se quando o desvio é positivo, sendo constantemente superior ao modelo da empresa. Isto deve-se, principalmente, aos períodos em que a procura é considerada um *outlier*, fazendo com que este desvio seja bastante inflacionado. Esta é a justificação para a diferença no EPAM dos dois modelos. Ainda assim, na referência J o método proposto foi superior. Os campos com o símbolo ∞ resultam da existência de períodos com procura nula, onde o EPAM não pode ser calculado.

Para tentar diminuir o erro da previsão, analisou-se a correlação dos pedidos em semanas consecutivas por cliente e referência. Esta é uma medida do relacionamento linear entre duas variáveis e está compreendida entre 1 e -1 (Guimarães and Cabral). O objetivo era tentar perceber se existia uma correlação negativa, ou seja, se em consequência de um aumento do volume numa determinada semana os clientes baixavam o pedido da seguinte. Contudo, os resultados mostraram-se pouco esclarecedores e não foram utilizados.

Relativamente aos resultados menos positivos referidos, quanto às referências A e C já era de esperar: uma vez que só têm um cliente, seria difícil reduzir a variabilidade e, portanto, obter previsões aceitáveis. Além disso, não tem grande representatividade nas vendas semanais (6%). Contudo, a Q é uma das mais representativas e uma melhoria a este nível tem mais impacto na diminuição do ruído na cadeia de valor e, consequentemente, no *BTS*.

Tabela 10: *Stock médio dos modelos*

Referência	Produção + SS			
	SS (médio)		Proc. Satisfeita (%)	K
	Empresa	Método	Método	Método
A	750	1467	86%	1,96
B	1500	541	93%	0,84
C	750	1346	86%	1,96
D	1500	669	87%	0,84
J	500	558	93%	1,28
P	4600	4788	93%	1,28
Q	4600	4687	93%	1,28
R	430	451	100%	0,52
S	900	743	100%	0,84

Relativamente ao *stock* de segurança, visto que todas as séries cumprem os requisitos no que se refere ao erro explicado acima, assume-se que todas seguem uma distribuição normal com média igual a zero e variância constante. Assim, na tabela 10 apresentam-se os resultados obtidos.

Apesar de haver uma pequena diminuição da quantidade, essa não é a principal vantagem, mas sim o aumento das quantidades nas séries com maior variabilidade. Um exemplo disso é o caso das referências A, B, C e D. Enquanto a empresa obriga a uma quantidade maior porque utiliza como critério a quantidade pedida, o método proposto tem em conta a variabilidade da procura e aumenta o nível na A e C. As falhas na satisfação da procura estão relacionadas com aumentos muito acentuados e impossíveis de prever com a informação disponibilizada.

5.3 SMED

A solução para a questão da elevada variabilidade e tempo para a mudança de ferramenta foi a realização de ações *SMED*. Numa fase inicial, incidiu-se sobre as linhas de montagem de travões: críticas em questões de *BTS*. O sucesso destas atividades permitirá diminuir tempos

de paragem e o tamanho dos lotes de produção. Isto beneficia o *OEE*, aumenta a flexibilidade das linhas a alterações internas ou do cliente e melhora o controlo de *stocks* intermédios: problema que preocupa a fábrica. Se bem sucedidas, as ações também permitirão analisar se o tempo é realmente independente da sequência.

Primeiramente, não foi conseguida a aplicação destas atividades às linhas das portas. A aplicação nos travões demorou mais tempo do que se pensou inicialmente. Por isso, só serão apresentados resultados relativamente às duas linhas deste CT.

Relativamente ao travão elétrico, consideram-se seis postos de trabalho em que os mais críticos ou complexos na troca de ferramentas são três: o 1º, o 3º e o 5º. No caso do manual, existe um posto crítico, o 2º. Não se considerou necessária uma representação esquemática da disposição dos postos, pois a numeração é meramente distintiva. Deste modo, apesar de se terem realizado atividades gerais, existiu um foco maior nestes. Estas ações estabeleciam três passos essenciais na implementação.

Primeiro

Criar as condições necessárias para os operadores realizarem o *setup* sem a intervenção do afinador, passando a acontecer em simultâneo em todos os postos com o tempo total igual ao maior tempo e não à soma das partes. Nesta nova abordagem foram realizadas as seguintes ações:

a) Identificação de todas as ferramentas, sensores e tubos de ar a utilizar, assim como as posições e encaixes com chapas metálicas, marcadores, gravação na própria ferramenta e etiquetas. Constatou-se nesta ação que algumas etiquetas cravadas tinham referências que já não existiam.



Ilustração 19: Exemplo da identificação de *gabarits* com chapas metálicas e sensores com etiquetas

b) Eliminação de atividades sem valor, como movimentos desnecessários para alcançar as ferramentas. A ilustração 20 demonstra, através de um diagrama de esparguete, as deslocações eliminadas em dois postos da linha de travão elétrico (1º e 3º). Sendo que as figuras verdes representam os postos em questão e a preta o local onde estão guardadas as ferramentas. Anteriormente, estas estavam colocadas em caixas (ilustração 21) na parte de

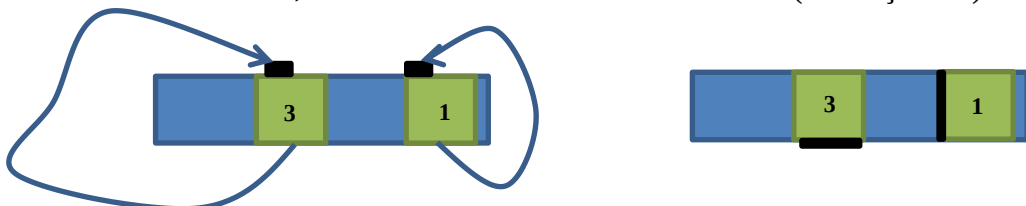


Ilustração 20: Diagrama de esparguete para exemplificação da eliminação de movimentos

trás da linha, o que levava à deslocação representada no diagrama. As soluções implementadas foram: para o posto 3, a colocação de uma bancada em baixo da linha com

capacidade para todos os *gabarits*¹¹ necessários e uma altura ergonômica para o operador (ilustração 22); no caso do 1, foi colocado um carro ao lado da linha (imagem central da ilustração 19).



Ilustração 21: Caixa com as ferramentas



Ilustração 22: Bancada com *gabarits* identificados

c) Pintura dos parafusos a desapertar em cada posto, um sistema de gestão visual muito útil ao operador;

d) Aumento da mobilidade dos materiais a transportar: implementação de rodas nas estantes de apoio e introdução de carrinhos para transporte dos materiais aquando da troca de referência. O carrinho apresentado na ilustração 23 satisfaz duas necessidades: facilita o transporte das pesadas caixas de cabo cortado e o manuseamento do mesmo para abastecimento da linha. A última também é proporcionada pelo carrinho representado na ilustração 19;



Ilustração 23: Carrinho de transporte de caixas de cabo



e) Aquisição de ferramentas para todos os operadores. Uma vez que o objetivo é a realização do *setup* em simultâneo, a antiga política de um jogo de ferramentas para toda a linha já não é aplicável;

f) Melhoria do posicionamento de ferramentas de validação para facilitar o acesso e visualização por parte do operador. Como se pode observar na imagem direita da ilustração 24, a visualização dos sensores do posto 2 da linha do manual implicava a deslocação do operador ao outro lado da linha ou uma inclinação pouco ergonômica. O mesmo acontecia no

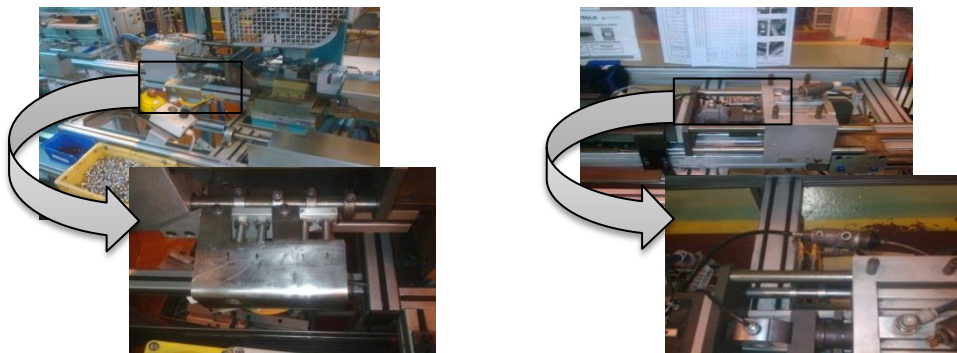


Ilustração 24: Alteração do posicionamento dos sensores

¹¹ Objeto de aço usado para posicionar os cabos e respetivos componentes nas diferentes máquinas

caso do posto 4 do manual e 5 do elétrico. Além disso, estes não estavam identificados, o que tornava as validações difíceis para pessoas inexperientes. As melhorias no posto 5 do elétrico na imagem esquerda da ilustração são óbvias, além da eliminação da deslocação, a identificação dos sensores funciona como instrução de validação e facilita o trabalho do operador. A mesma ação foi implementada no posto 4 do manual. No posto 2 está dependente de outra alteração necessária que será explicada mais à frente;

g) Criação de instruções pormenorizadas de *setup* para orientar e evitar erros por parte do operador. Estas também servem de controlo porque têm uma coluna para inserção do tempo de cada atividade por posto, em comparação com um tempo padrão que foi definido em conjunto com os afinadores. Assim, os chefes de equipa podem analisar melhor o trabalho dos operadores e identificar oportunidades de melhoria. Um exemplo destas pode ser visto no Anexo B1;

h) Eliminações das dificuldades de alguns postos que impossibilitavam o acesso dos operadores aos parafusos que estão fora do seu alcance ou que têm apertos muito difíceis. Esta solução tem particular interesse no posto 2 da linha do travão manual. Na ilustração 25 os círculos indicam parafusos a desapertar quando se faz a troca de ferramentas. Atualmente existem sete (lado esquerdo da imagem) e isso despertou o interesse na possibilidade de redução.

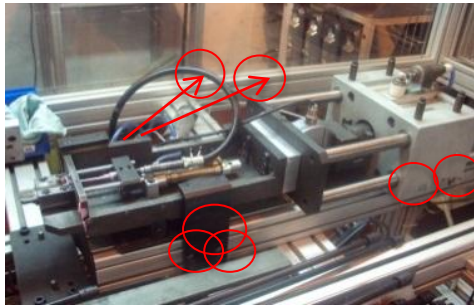


Ilustração 25: Dificuldades na mudança de ferramentas do posto 2 da linha do travão manual

A solução seria a criação de uma peça que ligasse as três estruturas em questão, o que reduziria o número de parafusos para dois. Contudo, devido à indisponibilidade dos departamentos de manutenção e processos para a criação da peça referida, a alteração não foi conseguida. Outra dificuldade do posto era a existência de um parafuso atrás de uma das prensas (imagem direita da ilustração). Devido ao difícil acesso, uma vez que a sua função era apenas garantir o posicionamento da mesma, este foi substituído por um pino.

Segundo

Mentalizar os operadores que este é o caminho a seguir para melhorar o desempenho do seu centro de trabalho. Esta parte foi muito difícil, principalmente porque envolve a mudança de mentalidades. O Diretor de Produção anteriormente proibia os operadores de tocarem nas ferramentas. Ou seja, estes interiorizaram que a troca de ferramentas não seria parte da sua função e, portanto, não deviam fazê-la.

Foi difícil convencê-los das vantagens desta mudança. Enfatizou-se o tempo perdido à espera que os afinadores tivessem disponibilidade para ajudá-los, para que percebessem que a nova solução seria benéfica para eles: ninguém gosta de depender dos outros. Além disso, para que a solução seja duradoura e não se desvaneça à primeira dificuldade, é importante fazer com que todos os intervenientes acreditem no seu fundamento.

A nova abordagem permite libertar os afinadores para a sua função principal: afinações e resolução de pequenas avarias. É claro que nem todos foram tão resistentes à mudança. Pode-se enquadrar isto na teoria do X e Y de McGregor (Patrício), enquanto as pessoas X são acomodadas, apologistas do conforto e segurança e evitam assumir responsabilidades, as Y são ambiciosas e fazem parte dos seus objetivos o crescimento profissional e a contribuição ativa na procura de soluções.

"Motivation is the art of getting people to do what you want them to do because they want to do it." (Dwight D. Eisenhower)

Terceiro

Após ter os dois primeiros passos plenamente cumpridos, com todos os trabalhadores dedicados à sua função, é possível identificar, mais uma vez, os postos críticos de cada linha e procurar soluções para diminuir o seu tempo.

A ordem dos passos não pode ser alterada de modo a atingir os objetivos. A ilustração 26 e a sua explicação justificam este facto:

Muda, como já foi referido, significa desperdício, ou seja, o que deve ser eliminado por não acrescentar valor. *Mura* engloba tudo o que é variável ou irregular. *Muri* manifesta-se pelo excesso ou defeito, caracteriza-se pela instabilidade e pode ser eliminado pela uniformização do trabalho (Pinto 2009). Neste sentido, de modo a tornar o *setup* mais eficiente tem que se começar por eliminar o *MURI*, em seguida, já com um processo estável e uniforme, tentar diminuir o *MURA* e, deste modo, reduzir o *MUDA* a um nível mínimo.

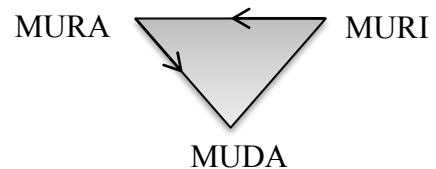


Ilustração 26: *MURI, MURA e MUDA*

A estabilidade do processo de mudança de ferramentas é atingida pela coordenação de todos os operadores na sua elaboração. Deixando assim de depender da dissipabilidade de um grupo restrito de pessoas. Seguindo as instruções de *setup* criadas, os operadores realizam sempre as tarefas da mesma forma e, assim, normaliza-se o processo. Isto leva à diminuição da variabilidade dos tempos a que se assiste. Por fim, com as diversas atividades estabilizadas, é possível melhorar o processo através da eliminação de passos desnecessários. Consegue-se, assim, o objetivo pretendido: a redução dos lotes de produção e aumento de flexibilidade. Requisitos para uma produção nivelada (*heidjunka*) (Pinto 2009).

5.3.1 Análise dos Resultados

Apesar de todas as dificuldades que foram surgindo, pensa-se que a solução proposta está a começar a dar frutos. Isto é, retirando o posto 1 na linha do elétrico e o 2 na do manual, todos os operadores já fazem o *setup*, devido às melhorias realizadas e formação dada pelos afinadores. Este foi um passo muito importante porque permitiu avaliar melhor os próximos passos a dar para atingir um tempo de troca de ferramentas inferior a 10 minutos. Numa primeira fase, o objetivo seria encontrar tempos de *setup* que no máximo seriam iguais ao tempo de mudança do posto mais demorado, ou seja, no caso da linha do elétrico do posto 5 e no manual do 2. Deste modo, pequenas melhorias nestes postos resultariam na diminuição do tempo necessário. Visto que a sua alteração é igual para todas as referências, não se estuda aqui a validade do pressuposto de que, à exceção das referências “pares” já referidas, os

tempos são independentes da sequência. Contudo, depois da estabilização do processo e da diminuição dos tempos para o nível desejado, é um estudo que pode ter algum interesse.

Outra medida que se tomou está relacionada com a separação entre o tempo que realmente se perde em *setup* e o tempo contabilizado pelos operadores segundo o critério já mencionado. Isto é, se surge uma avaria durante esta atividade, como ainda não saíram as primeiras três peças boas, o tempo registado contempla o perdido na correção. Ou seja, isto não permite o seguimento correto do tempo real de troca de ferramentas. As instruções criadas e indicações dadas aos operadores permitem essa análise. Isto é importante porque as avarias, principalmente no elétrico, começam a ser recorrentes e “contaminam” os dados recolhidos. É difícil encontrar um *setup* em que não surja um problema que afete o resultado. Estes problemas variam desde operadores inexperientes (recém-contratados devido aos problemas de absentismo referidos), avarias no equipamento, falta de operadores, etc.

Da análise dos tempos desde o início do ano até abril resulta uma média de 33 minutos no caso do travão manual e 44 no elétrico. No primeiro foram retirados os *setups* entre as referências “pares”, que são sempre 10 minutos.

A ilustração 27 mostra a diferença entre a média do tempo necessário para a troca de ferramentas antes da aplicação das atividades na linha do elétrico e dois tempos recentemente medidos, sendo que estes foram iguais. Observa-se uma redução de 44 minutos para 23, o que representa cerca de 50%. Relativamente à linha do travão manual, a evolução do tempo de *setup* não foi tão grande, como se pode ver na ilustração 28. Este valor de 20 minutos corresponde a uma redução de 38% relativamente à média dos tempos até abril. Contudo, o valor apresentado é uma média de duas observações em que o tempo mais baixo foi 18 minutos, o que corresponde a uma diminuição de 45%.

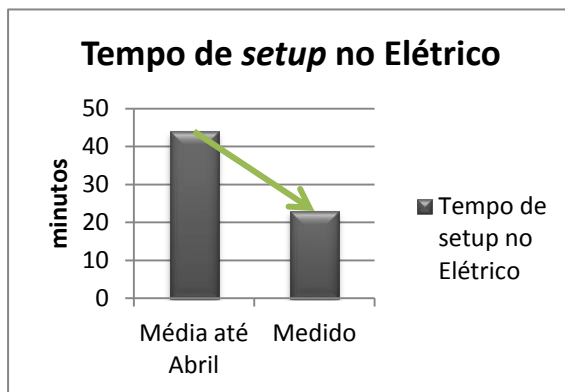


Ilustração 27: Evolução do tempo no elétrico

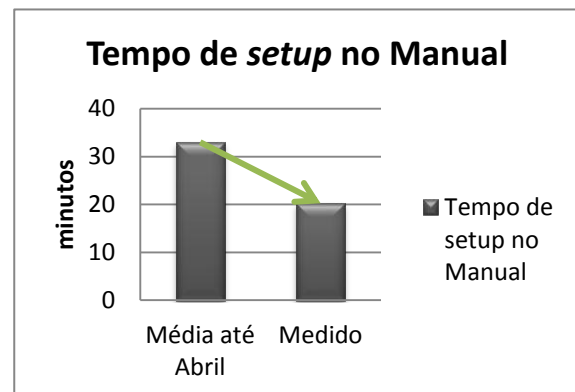


Ilustração 28: Evolução do tempo no manual

Apresentam-se casos de sucesso como prova de que o objetivo é possível, contudo ainda há muito para fazer relativamente a este tema. Principalmente na forma como o tempo da atividade é medido e inserido nos sistemas de informação (CP) para posterior análise. Por isso, os tempos ainda se apresentam bastante variáveis, dependendo das circunstâncias já referidas acima.

Pela análise dos tempos específicos das mudanças de ferramenta de cada máquina verifica-se que já existem progressos relacionados com a experiência ganha pela realização constante da atividade, principalmente a nível de validações. No caso do manual, através de uma discussão dos problemas que ainda existem com a chefe de equipa da manhã concluiu-se que quando se atingem tempos superiores aos explicitados é porque o afinador demorou a chegar para a mudança do posto. Além disso, ela afirma que com a peça proposta o tempo reduziria para um

valor inferior a 15 minutos, o que mostra as vantagens da mesma. No elétrico acontece a mesma coisa com as dificuldades do primeiro posto que exigem a presença do afinador. Contudo, este caso é mais complicado devido ao investimento necessário para alterar o sistema.

O maior problema agora surge na gestão da equipa para a realização das tarefas e uma evolução a esse nível só pode ser atingida com um maior foco e incentivo por parte das chefias, o que de momento não está a acontecer. De qualquer forma, com este resultado mostra-se que é possível atingir um bom nível de tempos de *setup* e este deve ser perseguido através de uma análise constante do processo e dos problemas que vão surgindo.

5.4 Gestão de peças de substituição

O fluxo do *gemba* é muito importante, como tem sido referido ao longo do trabalho, quer seja de materiais, pessoas ou informação. Assim, outra das propostas feitas foi a alteração do anterior método de armazenamento de peças de substituição por um carro, com uma organização que permite uma fácil identificação das ferramentas e peças existentes. Este está representado na ilustração 29. O objetivo é a diminuição do tempo perdido na correção de problemas como avarias ou afinações e o aumento da fiabilidade do processo de requisição de material. Outra vantagem é a existência de uma bancada na parte superior do carro que permite pequenos ajustes que podem ser necessários nas peças.

A sua nova localização é muito mais acessível a todas as linhas: está colocado no centro do módulo e não numa extremidade. Definiu-se, neste carro, a localização específica de cada um dos materiais:

- Separação de peças de substituição de desgaste e outras peças de maior dimensão, que não são substituídas com tanta frequência;
- Dentro das peças de desgaste, separação das mesmas por malas que correspondem à linha correspondente;
- Identificação visível dos locais e das malas;



Ilustração 29: Imagens do antes e depois da introdução do carro com bancada para as peças de substituição

Outra medida implementada para a resolução deste problema foi a normalização de um sistema de requisição de peças. Tradicionalmente este era feito boca a boca, em que as ordens de compra de peças em falta não eram registadas e, por isso, a responsabilidade pela demora na sua reposição não podia ser rastreada.

Foi, então, criado o documento apresentado no Anexo B3. O preenchimento desta folha permite um controlo eficaz desta operação. Também se determinou que no início de cada turno os afinadores são responsáveis pelo material presente na mala. Isto é, compete-lhes fazer uma inspeção rigorosa do que foi deixado pelo turno anterior e, caso exista falta de

peças ou algumas danificadas e não exista um registo de requisição, chamar o chefe de equipa para tomar medidas. Desta forma, tenta-se inculcar responsabilidades a todos os níveis da organização para que exista um controlo contínuo dos processos.

5.5 Manutenção Autónoma

Colocando em perspetiva o que foi descrito quanto ao plano de manutenção existente na empresa, conclui-se que ainda há um longo caminho a percorrer. Pensa-se que o futuro passa por encurtar os períodos de revisão de semanas e meses para horas e minutos. Obviamente que, nesta teoria, os responsáveis por estas verificações não seriam técnicos da manutenção, mas sim os afinadores e operadores. Ninguém conhece melhor os equipamentos do que as pessoas que os operam todos os dias. Esta estratégia requer um esforço conjunto e coordenação dos vários intervenientes, para que os pequenos problemas sejam detetados atempadamente e a manutenção consiga intervir apenas quando necessário, mas antes de se originarem paragens.

Por isso, a proposta foi um maior investimento na manutenção autónoma. Mais especificamente, uma vez que os “5S” já estavam implementados na empresa, a implementação da manutenção de 2º nível pelos afinadores e o esclarecimento dos operadores para a importância do seu papel. Foram desenvolvidos dois planos: um com o horário da manutenção de 2º nível às linhas de montagem e equipamentos integrados e outro para a limpeza das paletes da *seri*. Estes objetos são muito importantes para o transporte dos cabos durante todo o processo e encontravam-se constantemente sujos. Assim, algumas das avarias e afinações da máquina em questão podem ser fruto deste desleixo. O documento referido pode ser consultado no do Anexo B2.

Além disso, foi proposta a identificação de problemas recorrentes para prevenir a sua ocorrência. Isto foi realizado através do detalhe, no CP, dos possíveis problemas que podem ocorrer nas linhas, para que seja efetuada uma análise diária dos mesmos. O objetivo é a apresentação semanal e mensal dos resultados às partes interessadas para que sejam desenvolvidos planos de ação eficientes para eliminá-las.

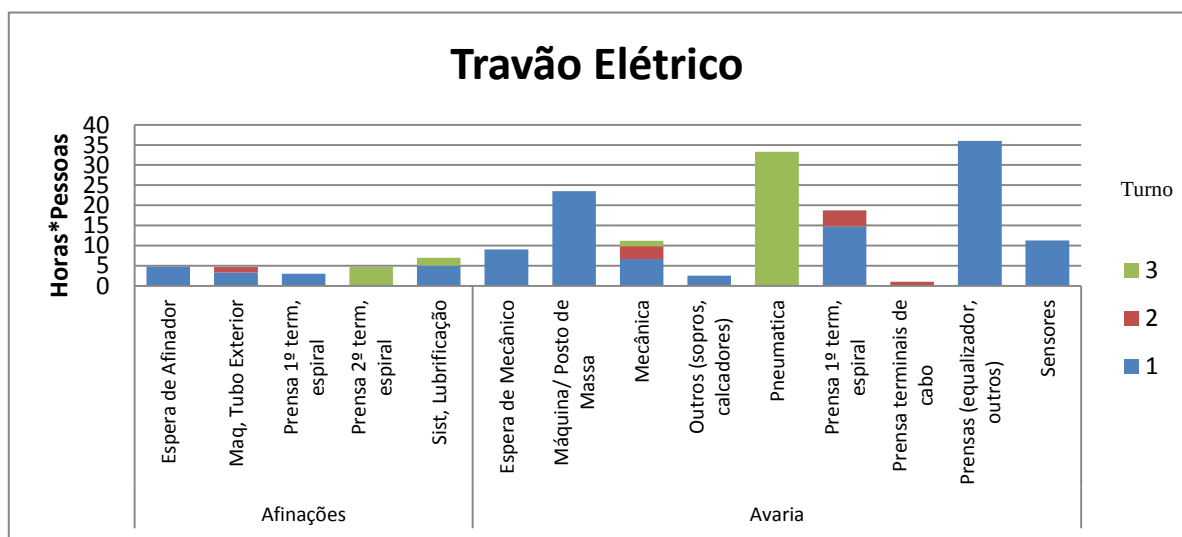


Ilustração 30: Tempo de avaria/afinação na linha do travão elétrico

As avarias eram muito genéricas, como por exemplo, mecânica (mas em que equipamento?) e ferramenta de prensar (qual delas?). Assim, foi feito um levantamento das avarias mecânicas mais relevantes junto dos operadores e esta categoria ficou apenas para agrupar as que, de

momento, são menos relevantes. As prensas foram individualizadas para se conseguir perceber onde existem mais incidências. Na ilustração 30 mostra-se o resultado para a primeira semana de aplicação. Como se pode ver, está dividido entre avarias e afinações. No Anexo G mostra-se a análise dos problemas feita junto da linha e o respetivo plano de ações resultante. Nesse plano também estão incluídas as linhas Automática I e II do CT das Portas.

5.5.1 Análise dos Resultados

As ações impostas a este nível em conjunto com o sistema de gestão de peças de substituição tinham como principal objetivo diminuir não só o número de avarias, mas também o tempo perdido na correção das mesmas. Portanto, foi escolhido como indicador o número de horas perdido semanalmente em avarias e afinações. Estas horas estão multiplicadas pelo número de pessoas que estão a trabalhar no momento da ocorrência de modo a conseguir perceber o custo envolvido. Uma vez que as condições se mantiveram ao longo do tempo, considera-se que a validade da análise não é afetada.

Como se pode observar na ilustração 31, a média semanal de tempo de avaria desde o início do ano até ao início da aplicação das melhorias propostas é de 275 horas. Nesta, existem apenas 6 dados com valores inferiores à média apresentada e um máximo de três semanas consecutivas nesse nível, o que demonstra instabilidade.

Após as implementações, este nível foi atingido apenas uma vez, na semana 16: existiram alguns problemas pontuais, principalmente na linha do travão manual e automática I. Contudo, a partir dessa semana nota-se uma tendência decrescente a estabilizar à volta das 180 horas. Fazendo uma comparação entre a média até à semana 15 e a obtida desta até à 23 (não contabilizando a 22 devido a um problema no programa, não se conseguiram obter os dados), observa-se uma redução de, aproximadamente, 24%. Análises e discussões efetuadas com os vários elementos da empresa revelaram que existem problemas nos equipamentos e no modo como as linhas foram concebidas que restringem uma melhoria superior.

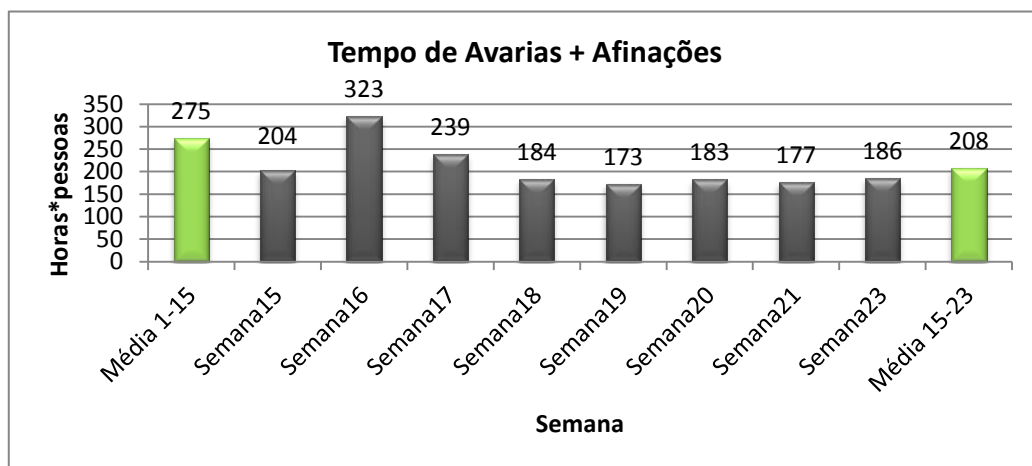


Ilustração 31: Evolução do tempo perdido em avarias e afinações

5.6 Análise dos indicadores

Neste capítulo faz-se a análise dos resultados obtidos relativamente aos principais indicadores: *BTS* e *OEE*. O *stock* de produto final referido anteriormente não é analisado, pois as soluções propostas para reduzi-lo não foram implementadas. O controlo de todos os fatores que afetam o *BTS* é muito difícil e, como foi mencionado, este indicador é muito sensível à

variação de qualquer um destes. As soluções apresentadas acima começaram a ser introduzidas na semana 15, ou seja, no mês de Abril. Contudo, era esperado que a planificação do módulo ficasse completamente ao critério do autor, o que não aconteceu. Quando se reuniram as condições para essa delegação, o chefe de módulo foi substituído e o novo teve que se habituar ao processo, ficando a aplicação dos critérios definidos dependentes da sua aprovação e isso nem sempre aconteceu. Esta questão também prejudicou o indicador no que se refere ao controlo de produção. Devido à sua experiência limitada, quando alguma alteração à planificação foi necessária, nem sempre o fez da melhor maneira.

Apresenta-se na ilustração 32 a evolução deste indicador desde Março até Maio. Como se pode ver partiu-se de um valor muito baixo e a tendência tem sido crescente, representando cerca de 11% em dois meses. Se os métodos determinados tiverem continuidade, prevê-se que até ao fim do ano se consiga atingir o objetivo corporativo de 75%. O mês de maio foi particularmente positivo. Como se pode observar na mesma ilustração, apesar de ter iniciado com um valor bastante baixo evoluiu muito ao longo do mês, ficando as restantes quatro semanas acima do objetivo da fábrica e, nas duas últimas, muito próximo do corporativo. Isto aconteceu porque neste mês conseguiu-se aplicar todos os critérios definidos e o controlo também se fez tendo em conta os objetivos para este indicador. Outra grande contribuição para este resultado foi a diminuição do tempo de avaria neste mês referido: esta é mais uma prova da relação entre estas duas variáveis.

Resultados de Junho não são apresentados porque existiu um aumento de pedidos anormal e os critérios definidos deixaram de ser aplicados. Além disso recorreu-se muito ao trabalho no fim de semana, o que prejudica muito o *BTS*, uma vez que considera toda esta produção fora de data.

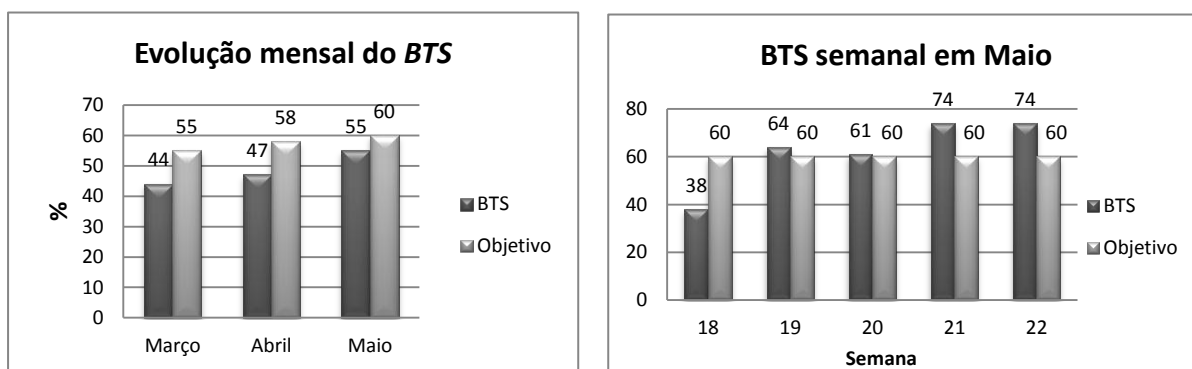


Ilustração 32: Evolução do *BTS*

De modo a fazer um paralelo entre o estudo dos últimos meses de 2011, o primeiro trimestre de 2012 e o que aconteceu após o início da aplicação das propostas, consultou-se o estudo das causas do desvio. Mais uma vez recorrendo ao Anexo C2 é de notar que os erros de planificação e de gestão do módulo atingiram níveis muito baixos, não representando agora uma causa significativa. Pensa-se que os critérios de planificação e controlo definidos tiveram algum peso nestes resultados. Além disso, também é de evidenciar a redução de aproximadamente 35% do peso das avarias, apesar de continuar a ser muito significativo (21,7%). É também importante focar o aumento para o valor máximo desde Agosto de 2011 do efeito da má gestão dos recursos humanos (32%). Pela proximidade do autor quer na planificação como no controlo da produção, verificou-se que grande parte deste problema está no absentismo e na troca de MOD para tentar combatê-lo. Por fim, a variação de pedidos do cliente volta a ter uma elevada representatividade (22%).

Dadas as implementações realizadas é de prever um aumento do *OEE*, pois todas vão de encontro à resolução dos problemas que causam um desvio negativo deste. Contudo, como já foi mencionado, as ações de *SMED* não estão terminadas e a variabilidade dos tempos de *setup* não foi completamente eliminada. Além disso, as avarias e afinações continuam relevantes e isso afeta muito este indicador.

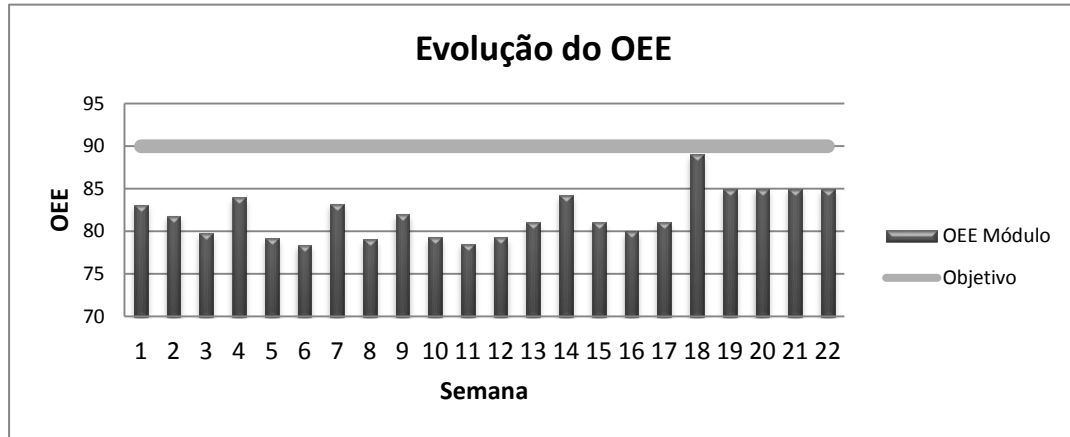


Ilustração 33: Evolução do *OEE*

Através da observação da ilustração 33 percebe-se que, apesar de não se ter conseguido atingir o objetivo de 90%, o indicador revela uma clara melhoria no mês de Maio. Isto coincide com a evolução do *BTS*, o que prova que, tal como previsto, as ações implementadas se aplicam aos dois indicadores. A principal restrição à obtenção do objetivo são as avarias da automática II e linha do travão elétrico, como pode ser visto nos gráficos respetivos a estas linhas no Anexo C3. A linha de travão manual e a manual e automática III das portas têm uma evolução bastante positiva do indicador, com uma tendência crescente. Contudo, as restantes automáticas são críticas e, avaliando as causas raiz do problema, verificou-se que está na fiabilidade do equipamento e não foi possível criar ações de resolução imediata. Estas linhas foram mal concebidas e têm problemas constantes, principalmente quando há troca de ferramentas. A questão da evolução negativa das avarias do elétrico e, consequentemente, do seu *OEE* é um problema recente. No entanto, uma vez que é a linha que tem mais trabalhadores alocados, prejudica muito o indicador. Isto porque o *OEE* global do módulo é uma média pesada dos individuais das linhas e, com mais MOD alocada o seu peso aumenta.

O sistema de análise diária referido acima permite determinar os equipamentos mais críticos destas linhas para eliminar as causas da variabilidade e diminuir o desvio do indicador em relação ao objetivo. Assume-se desta forma que a curto prazo vai haver um crescimento acentuado do indicador.

6 Conclusões e perspectivas de trabalho futuro

A competitividade de uma empresa é determinada pelo modo como esta capitaliza as suas capacidades internas para satisfazer as necessidades dos mercados. Com a contração da procura que se observa é fundamental e urgente obter excelentes níveis de eficiência. Contudo, isto só é possível com uma definição clara dos objetivos e transmissão eficiente dos mesmos a todos os níveis da organização.

Fazendo uma ponderação global dos resultados do projeto pensa-se que, apesar dos objetivos propostos não terem sido plenamente cumpridos e o desvio dos indicadores em estudo em relação ao objetivo ainda existir, conseguiu-se demonstrar que a empresa pode melhorar o seu processo de planeamento e controlo da produção. No entanto, para isso tem que romper com alguns dos métodos tradicionais de trabalho e com a resistência à mudança. Isto tem que partir das chefias, uma vez que o seu interesse e integração nas atividades de melhoria são vitais para que os níveis mais baixos se motivem e contribuam para o sucesso da empresa. Existiram muitas dificuldades na implementação das propostas devido a este facto. Ainda assim, considera-se que houve um bom contributo para a melhoria do cumprimento da planificação, através da redução de atividades sem valor acrescentado e sistematização de procedimentos. Uma prova é a inclusão destes em muitos dos A3 e A4's (formatos de melhorias de "5S" e processo) do módulo em estudo durante o período do projeto.

Os indicadores *BTS* e *OEE* ainda estão desviados do objetivo, essencialmente, por dois fatores: falta de fiabilidade dos equipamentos e elevada taxa de absentismo e troca de MOD. Estes problemas são recorrentes e têm um impacto muito grande na produção. Apesar da redução de 24% nas horas semanais perdidas devido a avarias, uma vez que ficou esclarecido que algumas das máquinas foram mal concebidas para a utilização que estão a ter, as ações propostas não são suficientes para combater todos os problemas. É também urgente a criação de ações para reduzir o absentismo, o que automaticamente reduz a necessidade de ajuste da MOD. As variações do cliente são outra das causas do desvio do indicador e, por isso, justifica-se a aposta em atividades *SMED* e métodos de previsão da procura: é fundamental ter uma estrutura flexível para continuar a responder aos pedidos através de um sistema *make-to-order*. A sua eficácia já foi comprovada, com reduções de 50% no tempo perdido na troca de ferramentas. Mas, por exemplo, a troca dos parafusos por manípulos de aperto rápido, pode ser uma solução à medida para diminuir ainda mais.

Como trabalho futuro é importante continuar com as atividades e expandi-las a toda a fábrica. Mais uma vez se ressalva que sem o comprometimento de toda a organização, os resultados desejados nunca serão atingidos, principalmente no que toca ao indicador *BTS*. Era também interessante aprofundar o estudo das previsões efetuadas e tentar diminuir o erro usando novos métodos: aplicação de redes neurais (Lawrence and Klimberg 2009) e/ou utilizar métodos compostos com a introdução de uma componente subjetiva com a cooperação da logística externa.

Uma vez eliminada a variabilidade dos tempos de *setup*, seria de grande interesse a determinação dos custos de posse e a reprogramação do PDP detalhado para ter em conta estes dois *inputs* (*setup* + custos de posse) e planificar/sequenciar automaticamente. Uma vez determinadas, rigorosamente, as diferenças de tempo entre as diversas referências, este critério diminuirá o tempo perdido relativamente ao que o programa tem no momento: *EDD*. Ainda, um maior investimento nas linhas de montagem pode-se revelar vantajoso face à diminuição dos custos de paragem. Além de que isso levava a uma grande redução do desvio negativo tanto do *BTS* como do *OEE* e eliminava a principal causa da sua variabilidade.

Referências

- Acar, Y. and E. S. Gardner Jr "Forecasting method selection in a global supply chain." International Journal of Forecasting(0).
- Alday, H. E. C. (2000). O Planejamento Estratégico dentro do Conceito de Administração Estratégica. FAE. Curitiba. **3**: 9-16.
- AQUILANO, N., R. JACOBS, et al. (2009). Operations & Supply Management.
- Ballou, R. H., S. M. Gilbert, et al. (2000). "New Managerial Challenges from Supply Chain Opportunities." Industrial Marketing Management **29**(1): 7-18.
- Bastos, J. A. and J. M. Guedes (2000). Planejamento e Controle da Produção.
- Chatfield, C. (1998). "Prediction Intervals."
- Coimbra, E. A. (2009). Total Flow Management: Achieving Excellence with Kaizen and Lean Supply Chains, Kaizen Institute.
- DAVIS, M., R. B. CHASE, et al. FUNDAMENTOS DA ADMINISTRAÇÃO DA PRODUÇÃO, BOOKMAN COMPANHIA ED.
- De Gooijer, J. G. and R. J. Hyndman (2006). "25 years of time series forecasting." International Journal of Forecasting **22**(3): 443-473.
- Ehie, I. C. and M. Madsen (2005). "Identifying critical issues in enterprise resource planning (ERP) implementation." Computers in Industry **56**(6): 545-557.
- Ficosa Internacional, S. A. "Documentação Interna."
- Gardner Jr, E. S. (2006). "Exponential smoothing: The state of the art—Part II." International Journal of Forecasting **22**(4): 637-666.
- Gardner Jr, E. S. and J. Diaz-Saiz (2002). "Seasonal adjustment of inventory demand series: a case study." International Journal of Forecasting **18**(1): 117-123.
- Gattorna, J. (1998). Strategic Supply Chain Alignment: Best Practice in Supply Chain Management, Gower.
- Gonçalves, J. F. (2000). Gestão de Aprovisionamentos.
- Guedes, A. P. (2000). Planejamento Integrado & Gestão de Stocks, FEUP EGP.
- Guimarães, R. C. and J. A. S. Cabral Estatística, MCGRAW-HILL INTERAME.
- Hong, K.-K. and Y.-G. Kim (2002). "The critical success factors for ERP implementation: an organizational fit perspective." Information & Management **40**(1): 25-40.
- Hyndman, R. J. and A. B. Koehler (2006). "Another look at measures of forecast accuracy." International Journal of Forecasting **22**(4): 679-688.
- Hyndman, R. J., A. B. Koehler, et al. (2002). "A state space framework for automatic forecasting using exponential smoothing methods." International Journal of Forecasting **18**(3): 439-454.
- Ireland, F. and B. G. Dale (2001). "A study of total productive maintenance implementation." Journal of Quality in Maintenance Engineering **7**(3): 183 - 192.
- Jacobs, F. R. and E. Bendoly (2003). "Enterprise resource planning: Developments and directions for operations management research." European Journal of Operational Research **146**(2): 233-240.
- JÚNIOR, D. A. P. D. A. and M. L. BARIANI (2006) "USAGE OF THE INFORMATION TECHNOLOGY BY INTEGRATED MANUFACTURING TEAMS TO CONTROL LEAN PRODUCTION INDICATOR."
- Kerkkanen, A., J. Korpela, et al. (2009). "Demand forecasting errors in industrial context: Measurement and impacts." International journal of production economics **118**(1): 43-48.

- Kerkkänen, A., J. Korpela, et al. (2009). "Demand forecasting errors in industrial context: Measurement and impacts." International journal of production economics **118**(1): 43-48.
- Kjellsdotter, L. (2009). "User experiences of Advanced Planning and Scheduling (APS) systems in production scheduling."
- Lambert, D. M. and M. C. Cooper (2000). "Issues in Supply Chain Management." Industrial Marketing Management **29**(1): 65-83.
- Lawrence, K. D. and R. K. Klimberg (2009). Advances in Business and Management Forecasting, Emerald Group Publishing Limited.
- Lobo, B. A. (2010). Amortecimento Exponencial, FEUP.
- Lobo, B. A. (2010). Planned Maintenance, FEUP.
- Lobo, B. A. (2011). Análise de Erros, FEUP.
- Lobo, B. A. (2012). TPM - Total Productive Maintenance, FEUP.
- Mabert, V. A., A. Soni, et al. (2003). "Enterprise resource planning: Managing the implementation process." European Journal of Operational Research **146**(2): 302-314.
- Mabert, V. A., A. Soni, et al. (2003). "The impact of organization size on enterprise resource planning (ERP) implementations in the US manufacturing sector." Omega **31**(3): 235-246.
- Moustakis, D. V. (2000). MATERIALS REQUIREMENTS PLANNING-MANUFACTURING RESOURCE PLANNING.
- MUCHIRI, P. and L. PINTELOON (2008). "Performance measurement using overall equipment effectiveness (OEE): literature review and practical application discussion." International Journal of Production Research **Vol. 46**.
- Patra, N. K., J. K. Tripathy, et al. (2005). "Implementing the office total productive maintenance ('office TPM') program: a library case study science direct." Library Review **54**(7): 415 - 424.
- Patrício, L. Liderança e Motivação, FEUP.
- Pinto, J. P. (2009). PENSAMENTO LEAN - A filosofia das organizações vencedoras.
- RUTGERS, T. S. U. o. N. J. (2008). "Second Tier." from purchasing.rutgers.edu/stdp.html.
- Su, Y.-f. and C. Yang (2010). "Why are enterprise resource planning systems indispensable to supply chain management?" European Journal of Operational Research **203**(1): 81-94.
- SUZAKI, K. (2010). Gestão de Operações LEAN - METEDELÓGIAS KAIZEN PARA A MELHORIA CONTÍNUA.
- Times, T. N. Y. (2011). Automotive Industry Crisis. The New York Times. United States of America.
- Varghese, V. and M. Rossetti (2008). A Classification Approach for Selecting Forecasting Techniques for Intermittent Demand. Proceedings of the 2008 Industrial Engineering Research Conference. University of Arkansas, Fayetteville, AR 72701, USA.
- Xie, J., T. S. Lee, et al. (2004). "Impact of forecasting error on the performance of capacitated multi-item production systems." Computers & Industrial Engineering **46**(2): 205-219.

ANEXO A: Frameworks da Cadeia de Abastecimento**Adaptado de (Ballou, Gilbert et al. 2000)**

Dimensão	Intervenientes	Objetivo
Coordenação Intrafuncional	Logística	- Controlo dos custos associados às diferentes atividades. - Por exemplo, <i>trade-off</i> entre transporte e armazenamento.
Coordenação Interfuncional	Áreas Funcionais da Empresa	- Cooperação entre áreas funcionais. - Por exemplo, pedindo à produção que produza lotes reduzidos, mas frequentes. <i>Trade-off</i> entre custo de armazenagem e custo de produção.
Coordenação Interorganizacional	Empresa e Intervenientes Externos (ex: fornecedores)	- Análises referidas na interfuncional elaboradas entre a empresa e os intervenientes externos. - Otimização de custos de toda a cadeia. - Por exemplo, determinar a melhor quantidade de encomenda através da ponderação do custo para empresa (cliente) e para fornecedor.

Adaptado de (Lambert and Cooper 2000)

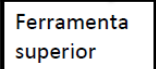
Dimensão	Intervenientes	Principais componentes
Estrutura de Rede	Empresa e Intervenientes Externos (ex: fornecedores)	- Identificar os membros da cadeia - Analisar a dimensão estrutural da rede - Identificar as ligações entre os membros
Processos de Negócio		- Gestão da Relação com os Clientes - Gestão do Serviço aos Clientes - Gestão da Procura - Cumprimento das Ordens de Produção - Gestão do Fluxo de Produção - Aquisições - Desenvolvimento e Comercialização de Produtos - Retomas
Componentes de Gestão		- Planeamento e Controlo; - Estrutura de Trabalho; - Estrutura organizativa; - Estrutura da Fábrica no fluxo de produtos; - Estrutura da Fábrica no fluxo de informação; - Gestão de Métodos; - Estrutura de Poder e Liderança; - Estrutura de Risco e Retorno; - Atitude e Cultura

ANEXO B: Documentação**B1: Instrução de setup**

 FICOSA Ficocables, Lda		Delta ELétrico - EPB Instruções de Setup - Posto 3		LOG - REG01/10 Pág: 1 de 1 Edição: 1 de 04/05/2012 Elaborado por: Pedro Mendes	
Passo	Ferramenta	Tarefa	T.Prev	T.Real	Validação
1	Botoneira	Acionar emergência	1seg		
2	Painel	Mudar para a referência a produzir	10seg		
3	Ferramenta De Prensar	SE A REFERÊNCIA ANTERIOR OU NOVA FOR O 874 (MERIVA)	5min		
		1-Retirar 2 parafusos da ferramenta inferior traseira			
		2-Retirar 2 parafusos da ferramenta superior traseira			
		3-Trocar peças pelas específicas da referência			
		4-Voltar a apertar os parafusos			
4	Tram Pequeno	1-Desapertar 2 parafusos do braço de prensagem	6/3min		
		2-Retirar o braço de prensagem			
		SE A REFERÊNCIA ANTERIOR OU NOVA FOR O 874 (MERIVA)			
		3-Trocar o encaixe do 1º terminal espiral			
		4-Colocar o novo braço e apertar os parafusos			
5	Tram Grande	1-Desapertar 2 parafusos do braço de prensagem	8/10min		
		2-Retirar o braço de prensagem			
		4-Colocar o novo braço e apertar os parafusos			
		5-Remover o parafuso de cada suporte de espiral e removê-los			
		6-Colocar os suportes da nova referência e apertar parafusos			
		SE A REFERÊNCIA ANTERIOR/NOVA FOR O 953			
		7-Retirar ou colocar o postigo da tampa			
6	Botoneira	Desclipar emergência	1seg		
7	Validação	Se 874 (MERIVA) mover sensor do tubo exteio extra para trás	1min		
		Validar comprimentos de espiral para o máx e min. e sensores	2min		
8	Material	1-Mudar ficha de posto	30seg		
		2-Se 874 (MERIVA) mudar terminal do tram pequeno	30seg		



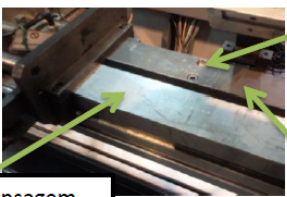
Ferramenta inferior



Ferramenta superior



Braço de Prensagem Tram Grande



Parafusos de Fixação

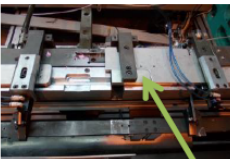
Braços de Prensagem Tram Pequeno



Encaixe de 2º Terminal de Espiral



Suportes espiral



Postigo tampa

Data: ____/____/____	Chefe Equipa: _____	Operador: _____
----------------------	---------------------	-----------------

B2: Manutenção de 2º nível e paletes



Automotive systems and components

ESCALA DE LIMPEZA e MANUTENÇÃO 2º NÍVEL - MÓDULO 3

		Semanas a Executar: 1 ; 4 ; 7 ; 10 ; 13 ; 16 ; 19 ; 22 ; 25 ; 28 ; 31 ; 34 ; 37 ; 40 ; 43 ; 46 ; 49 ; 52					Semanas a Executar: 2 ; 5 ; 8 ; 11 ; 14 ; 17 ; 20 ; 23 ; 26 ; 29 ; 32 ; 35 ; 38 ; 41 ; 44 ; 47 ; 50					Semanas a Executar: 3 ; 6 ; 9 ; 12 ; 15 ; 18 ; 21 ; 24 ; 27 ; 30 ; 33 ; 36 ; 39 ; 42 ; 45 ; 48 ; 51				
LINHAS MONTAGEM	Tempo Previsto	2ª Feira	3ª Feira	4ª Feira	5ª Feira	6ª Feira	2ª Feira	3ª Feira	4ª Feira	5ª Feira	6ª Feira	2ª Feira	3ª Feira	4ª Feira	5ª Feira	6ª Feira
Travão Eléctrico	30 mins	1ª T					2ª T					3ª T				
Travão Manual	30 mins	3ª T					1ª T					2ª T				
Posto Kanban	30 mins		1ª T					3ª T					2ª T			
Portas GM Auto I	30 mins		3ª T					2ª T					1ª T			
Portas GM Auto II	30 mins			3ª T					2ª T					1ª T		
Portas GM Auto III	30 mins			1ª T					3ª T					2ª T		
Portas GM Manual	30 mins				1ª T					3ª T					2ª T	
Máq. Inj. Zamak GM	30 mins				2ª T					1ª T					3ª T	
Máquina Corte Abrasivo	30 mins					1ª T					2ª T					3ª T

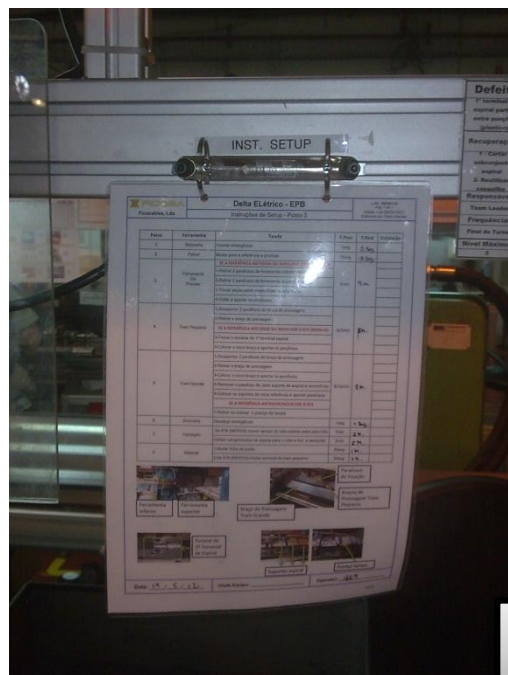
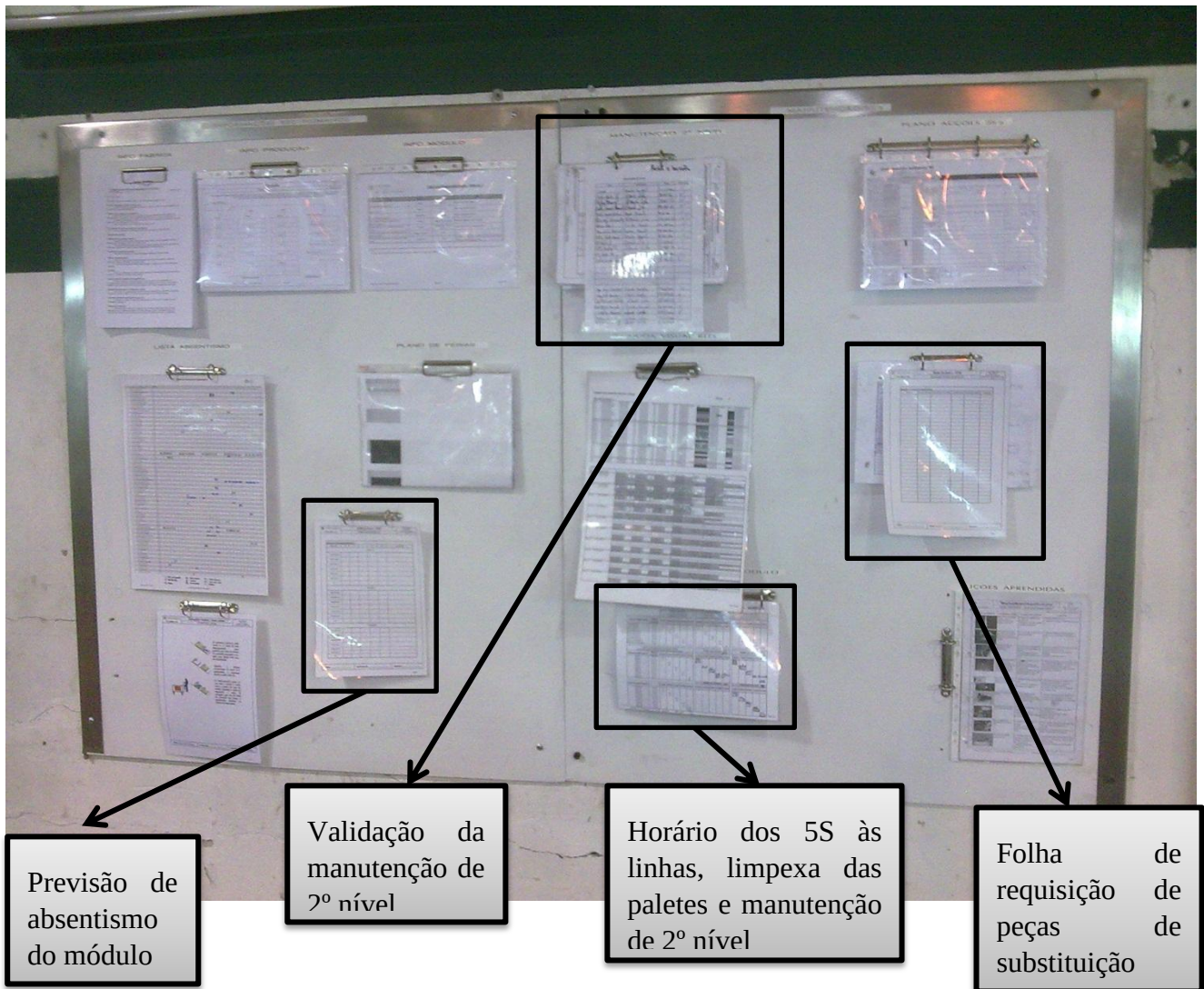
Depois da realização colocar um visto no horário! Se não fizer, deixar a indicação ao turno seguinte para terminar!							Validar por Semana:					Validar por Semana:				
Paletes da GM Auto III	Tempo Previsto	2ª Feira	3ª Feira	4ª Feira	5ª Feira	6ª Feira	2ª Feira	3ª Feira	4ª Feira	5ª Feira	6ª Feira	2ª Feira	3ª Feira	4ª Feira	5ª Feira	6ª Feira
Paleta 1	30 mins	1ª T														
Paleta 2	30 mins	2ª T														
Paleta 3	30 mins		3ª T													
Paleta 4	30 mins		2ª T													
Paleta 5	30 mins			1ª T												
Paleta 6	30 mins			2ª T												
Paleta 7	30 mins				1ª T											
Paleta 8	30 mins				2ª T											
Paleta 9	30 mins					1ª T										
Paleta 10	30 mins					3ª T										

Paletes da GM Auto III		2ª Feira	3ª Feira	4ª Feira	5ª Feira	6ª Feira	Validar por Semana:					Validar por Semana:				
Paletes da GM Auto III		2ª Feira	3ª Feira	4ª Feira	5ª Feira	6ª Feira	2ª Feira	3ª Feira	4ª Feira	5ª Feira	6ª Feira	2ª Feira	3ª Feira	4ª Feira	5ª Feira	6ª Feira
Paleta 11	30 mins	3ª T														
Paleta 12	30 mins	2ª T														
Paleta 13	30 mins		1ª T													
Paleta 14	30 mins		2ª T													
Paleta 15	30 mins			1ª T												
Paleta 16	30 mins			2ª T												
Paleta 17	30 mins				1ª T											
Paleta 18	30 mins				3ª T											
Paleta 19	30 mins					1ª T										
Paleta 20	30 mins					2ª T										

10-06-2012

Tiago Cruz
P. Mendes

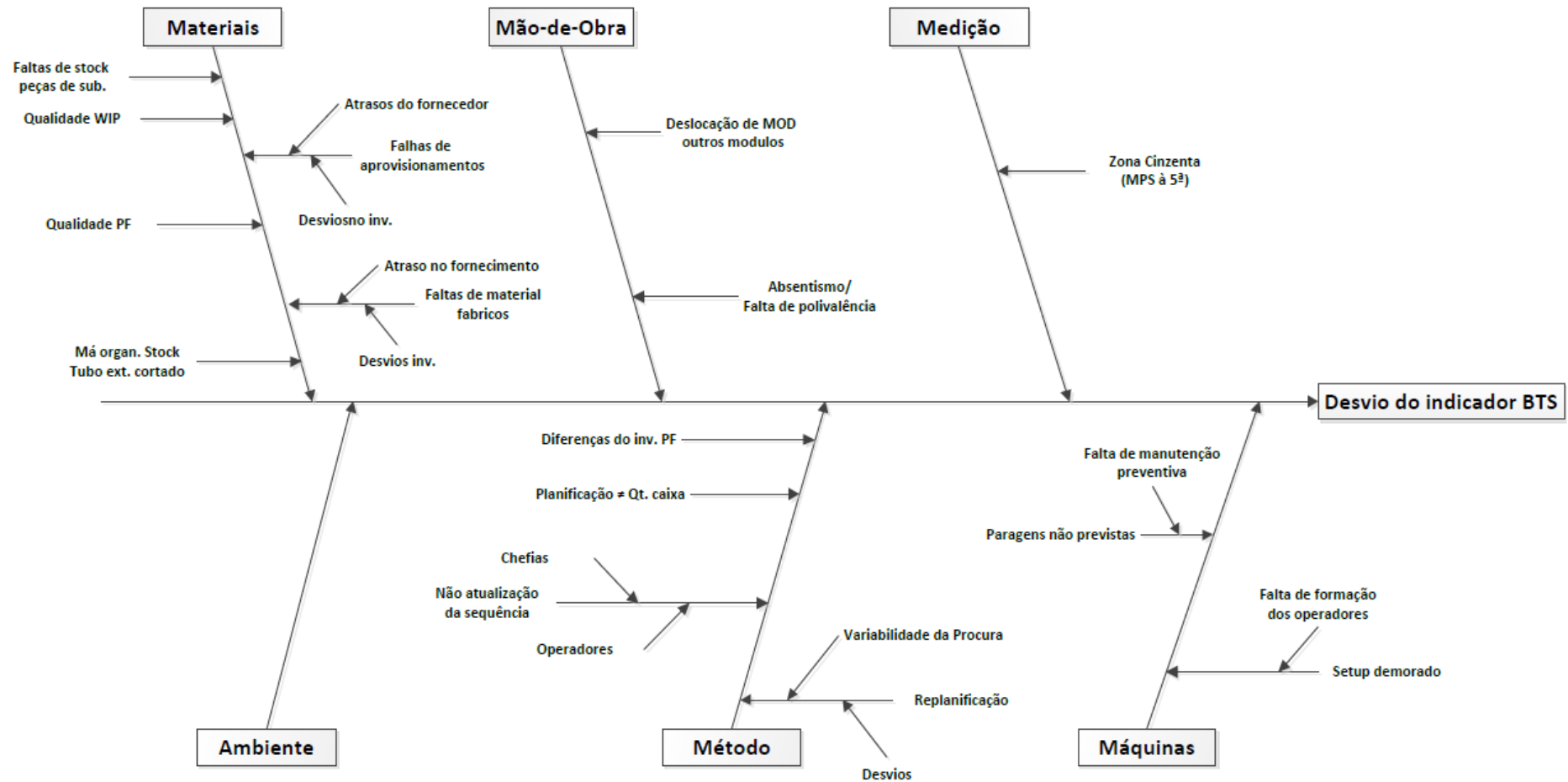
B3: Posicionamento dos documentos nas linhas



Instrução de setup na linha

ANEXO C: Indicadores *BTS* e *OEE*

C1: *Ishikawa* e Plano de ações



2 - Summary - Open Issues List - OIL (Do)								
Link to OIL								
Nº	Ponto	PROBLEMA	ACÇÃO	RESP	DATA		Status	Check
					Prevista	Real		
1	P	Paragens não previstas	Implementar manutenção de 2º nível	DL	9-4-12	9-4-12	100%	100%
2		Elevado tempo de Setup	Pormenorizar as instruções de setup nas linhas	PM	13-4-12	1-5-12	100%	100%
2			Definir e implementar procedimentos de <i>setup</i>	PM	5-4-12	14-5-12	100%	100%
3		Falhas no stock de peças de substituição	Adaptar carro móvel com bancada de manutenção e controlo de stocks	DL	5-4-12	5-4-12	100%	100%
4		Falhas nos aprovisionamentos	Identificar o Top 10 de peças com maiores ajustes de inventário	FT	5-4-12	25-4-12	100%	100%
4			Inventário rotativo nas linhas Delta/Portas	SP	13-4-12	28-5-12	100%	100%
4			Verificar inventários semanalmente e divulgar resultados	DL	30-4-12	28-5-12	0%	0%
5		Planificação ≠ Quantidade/caixa	Parametrizar sistema de acordo com a quantidade/caixa	PM	2-4-12	2-4-12	100%	100%
6		Deslocação de MOD para outros módulos	Evitar deslocações da MOD prevista nas linhas GM Portas e Travões	RB;PA	5-4-12		0%	0%
7		Falha na atualização da sequência	Ativar sequenciador eletrónico	PM/FT	9-4-12	15-6-12	50%	50%

Equipa

Elementos:

- P Mendes
 - F Teixeira *
 - D Lagoa
 - P Alexandre
 - R Baptista
 - S Pintinho

* líder

Resultados

Status PDCA

70%

Eficácia PDCA

Eficácia (grupo)

75%

Eficiência (grupo)

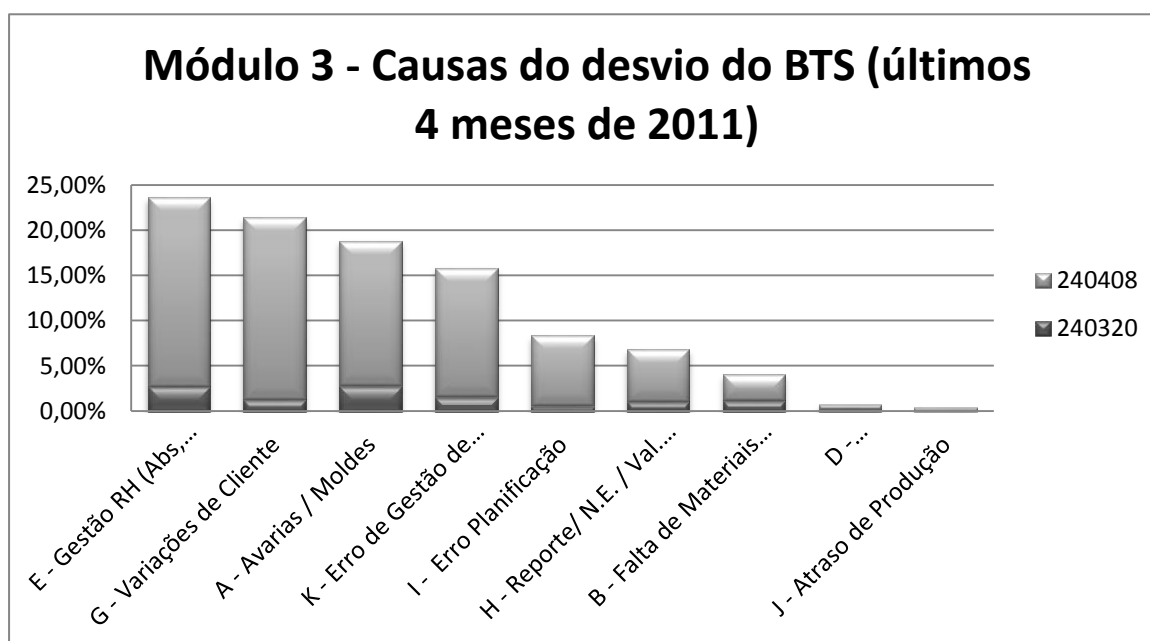
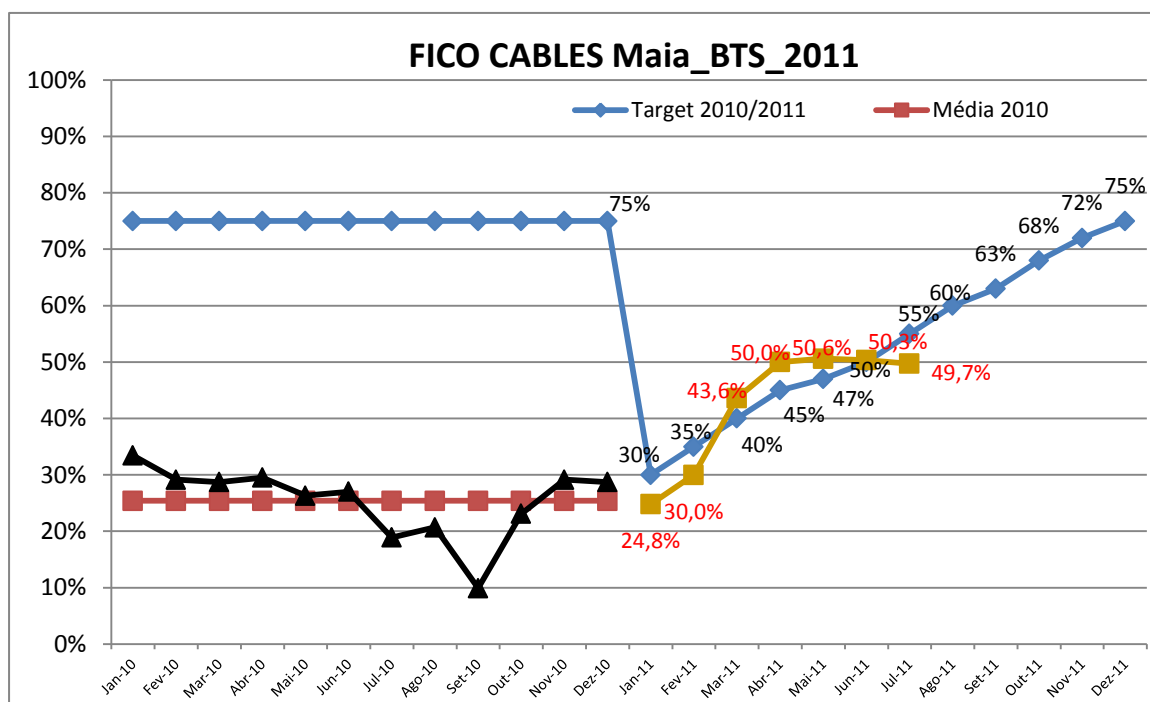
Total de Acções

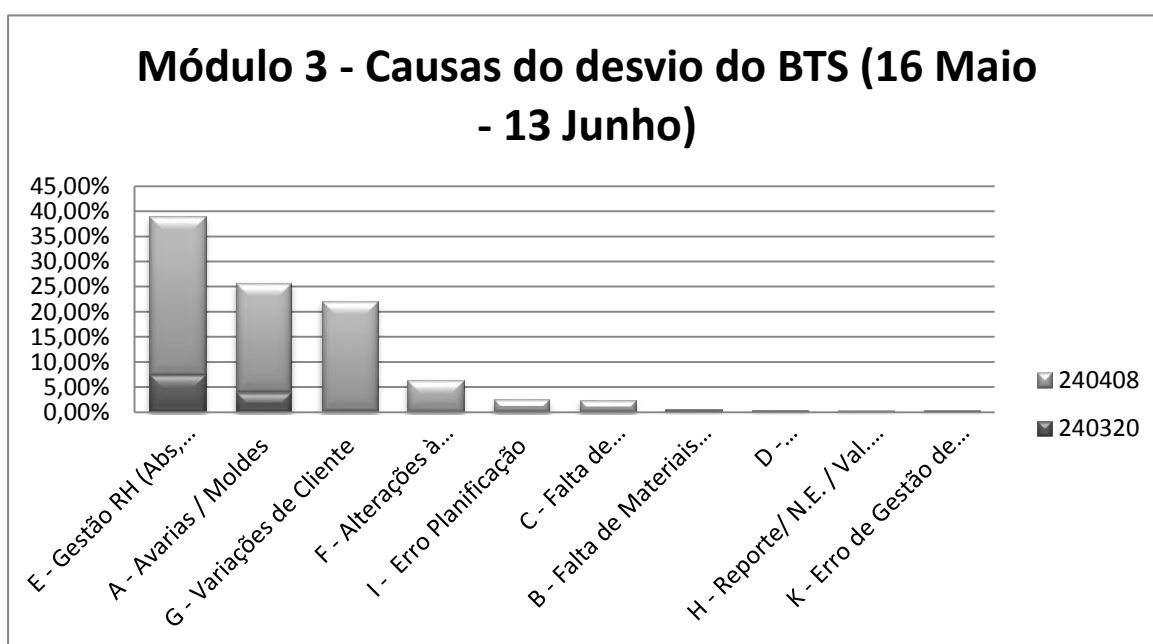
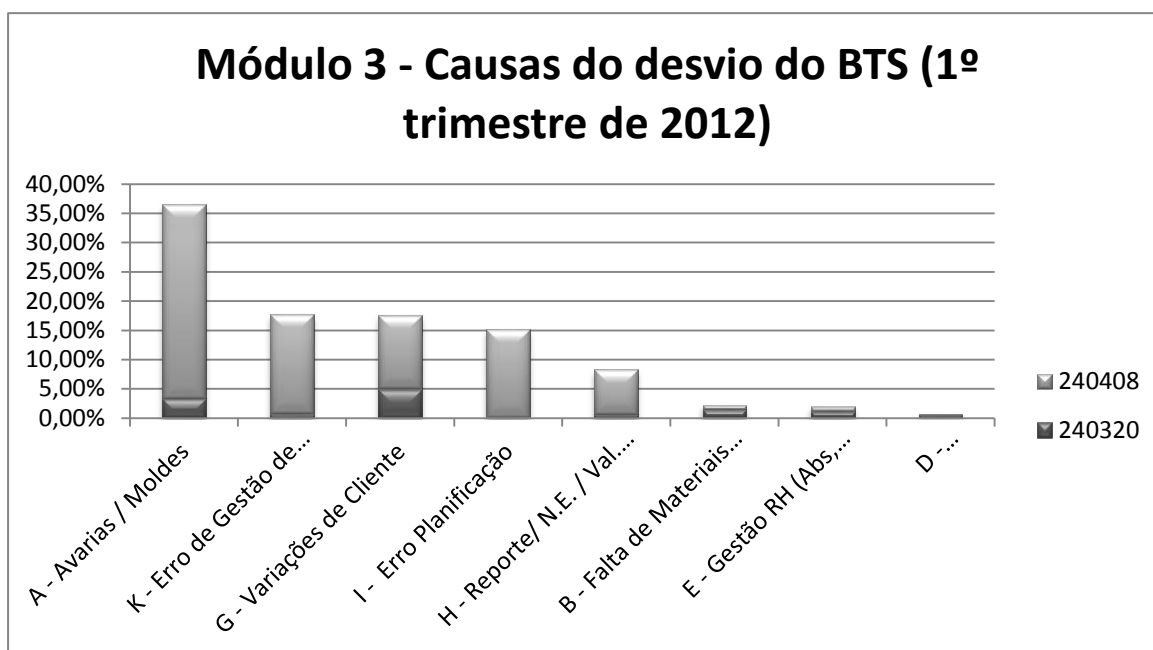
10

Acções Fechadas

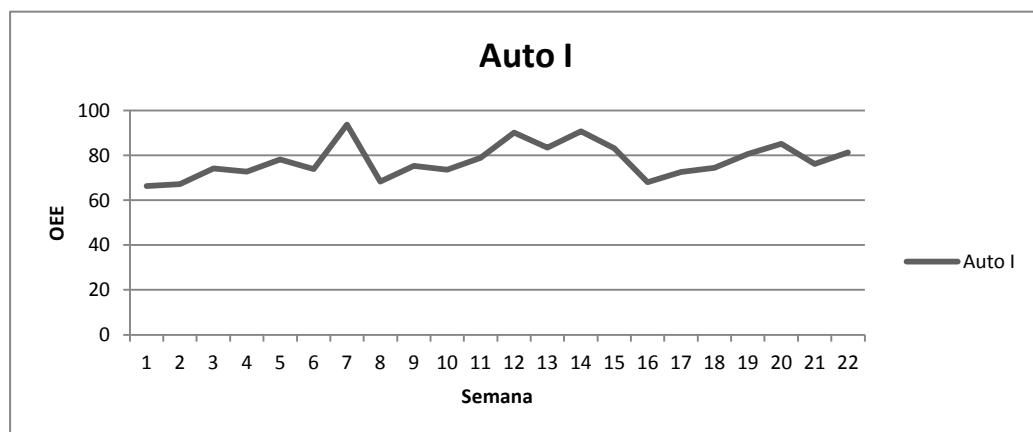
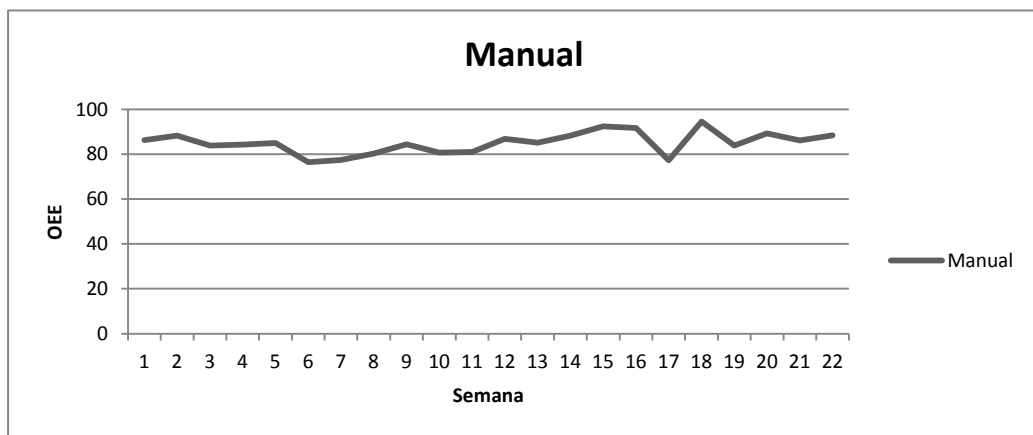
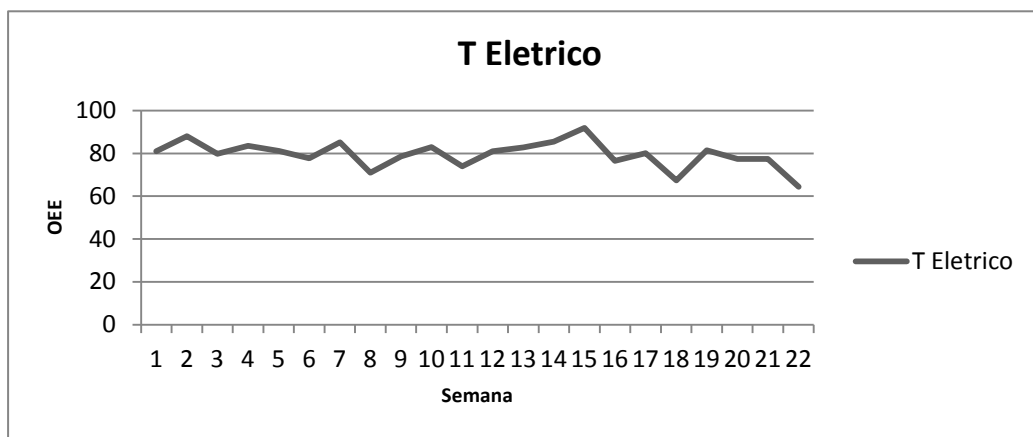
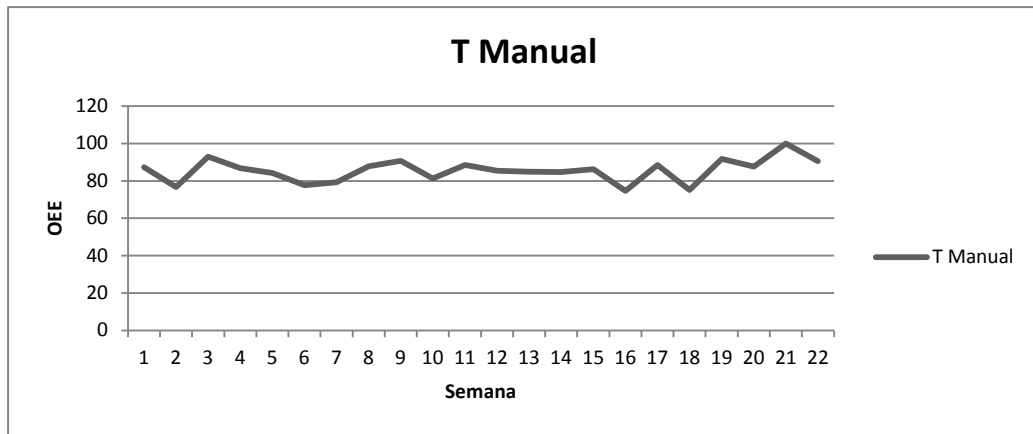
7

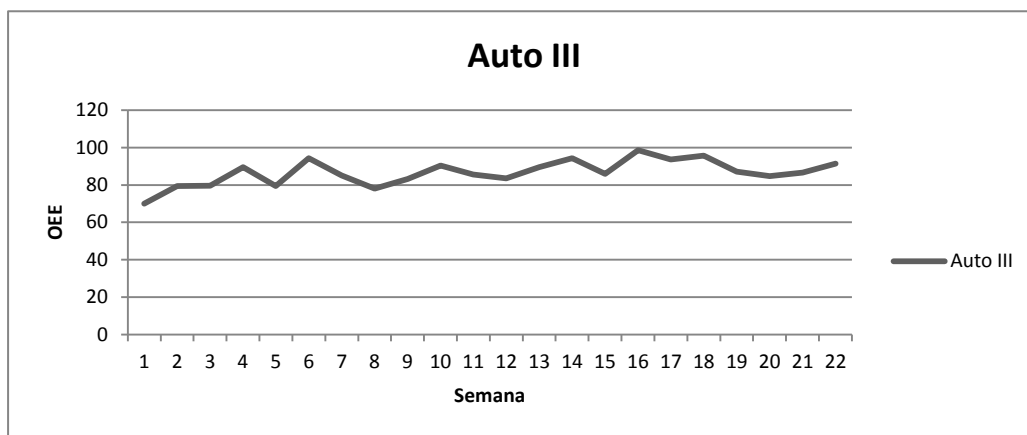
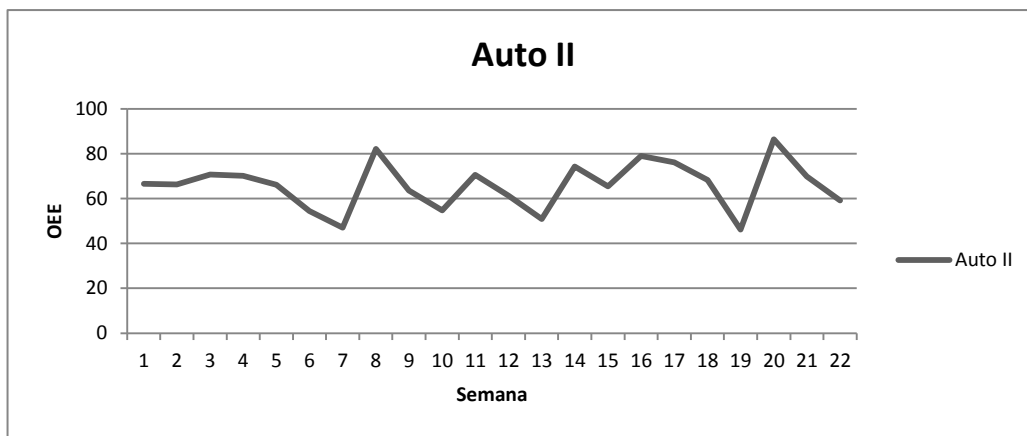
C2: Evolução do *BTS* e causas do seu desvio



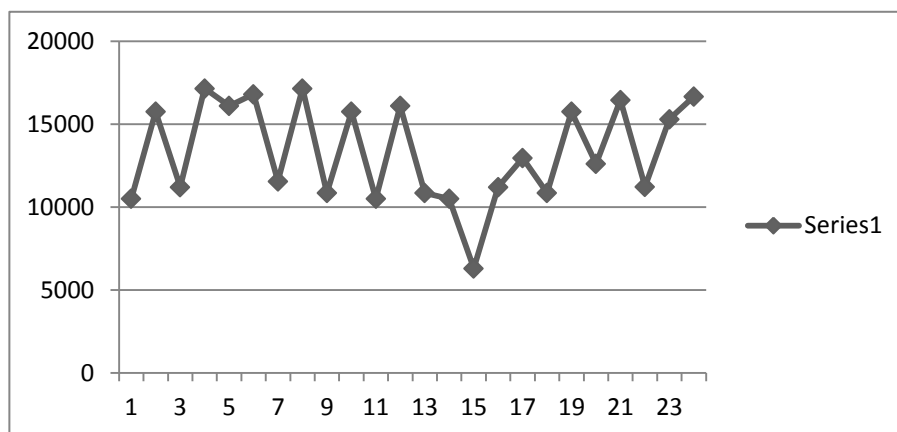


C3: Evolução do OEE por linha

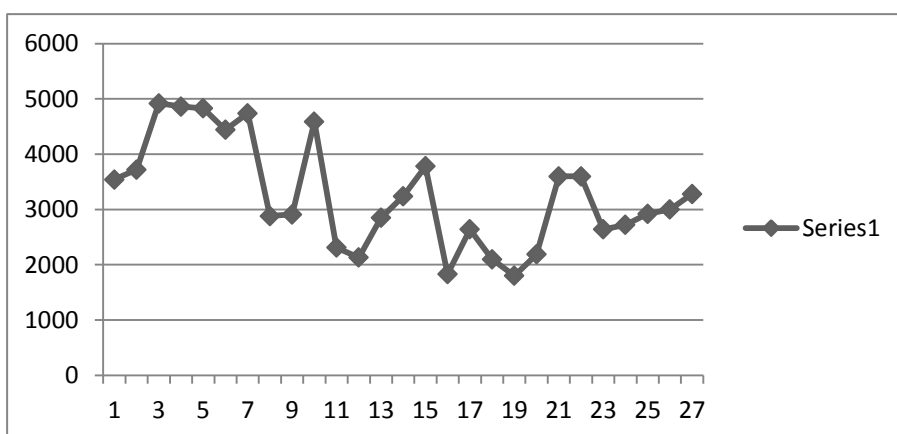




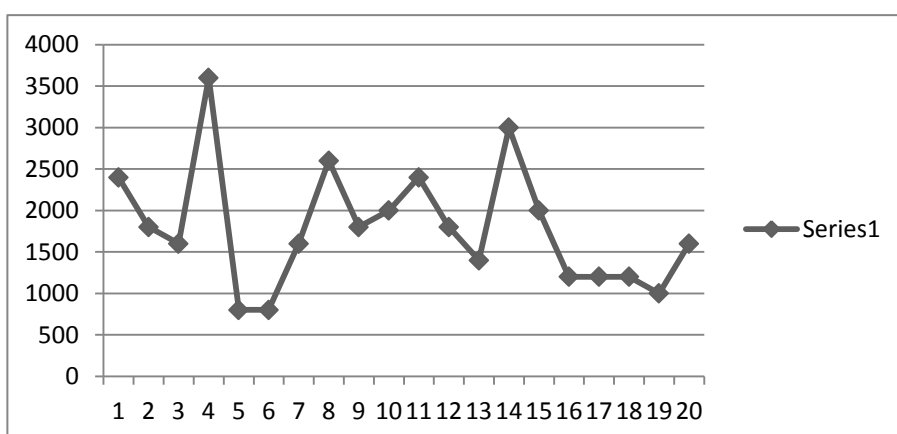
ANEXO D: Exemplos das séries estudadas



Exemplo de série com nível constante e variância.

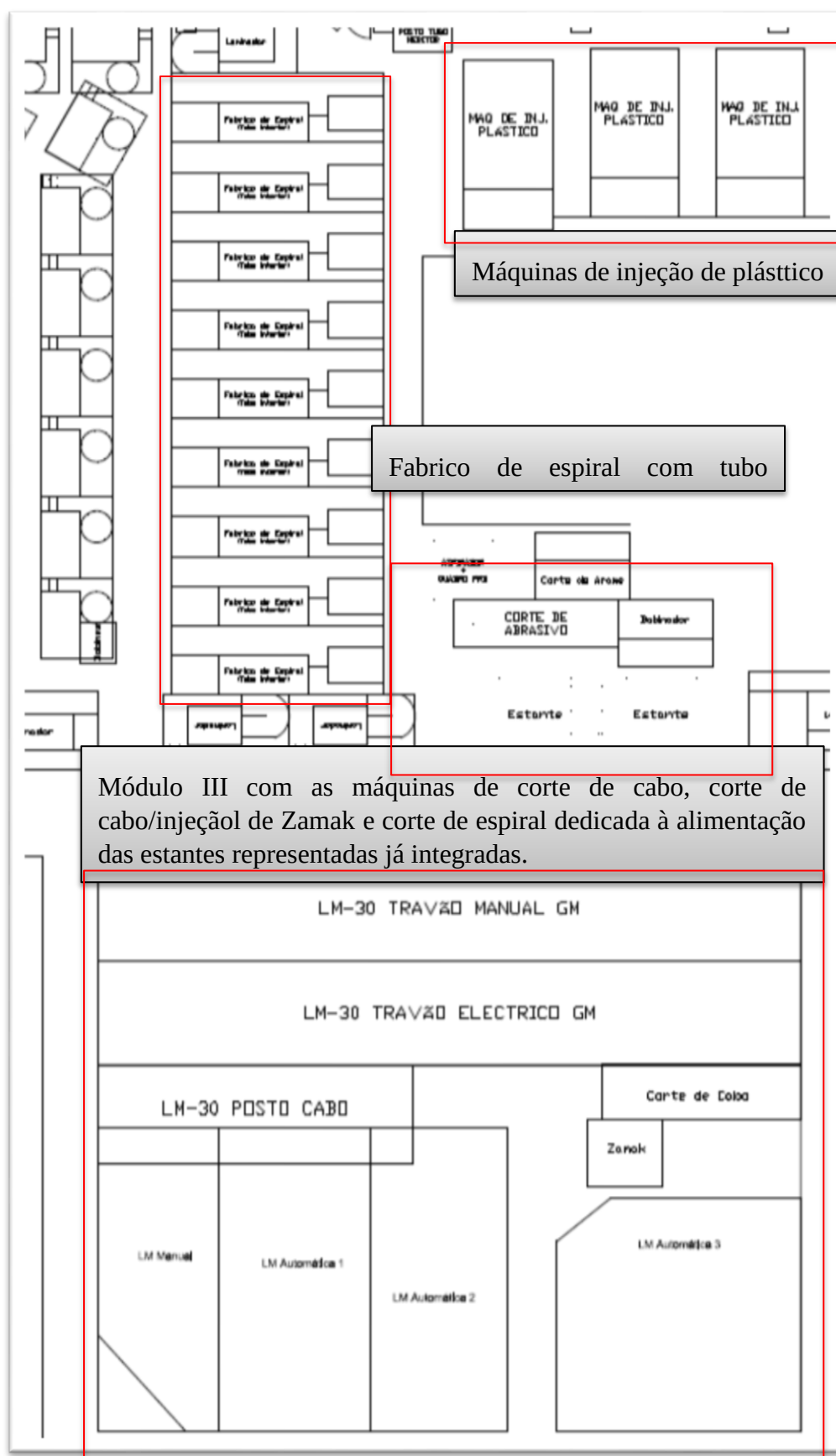


Exemplo de série com alteração de nível.



Exemplo de série com tendência.

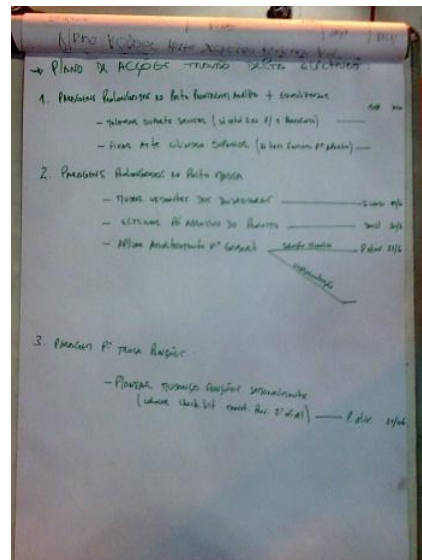
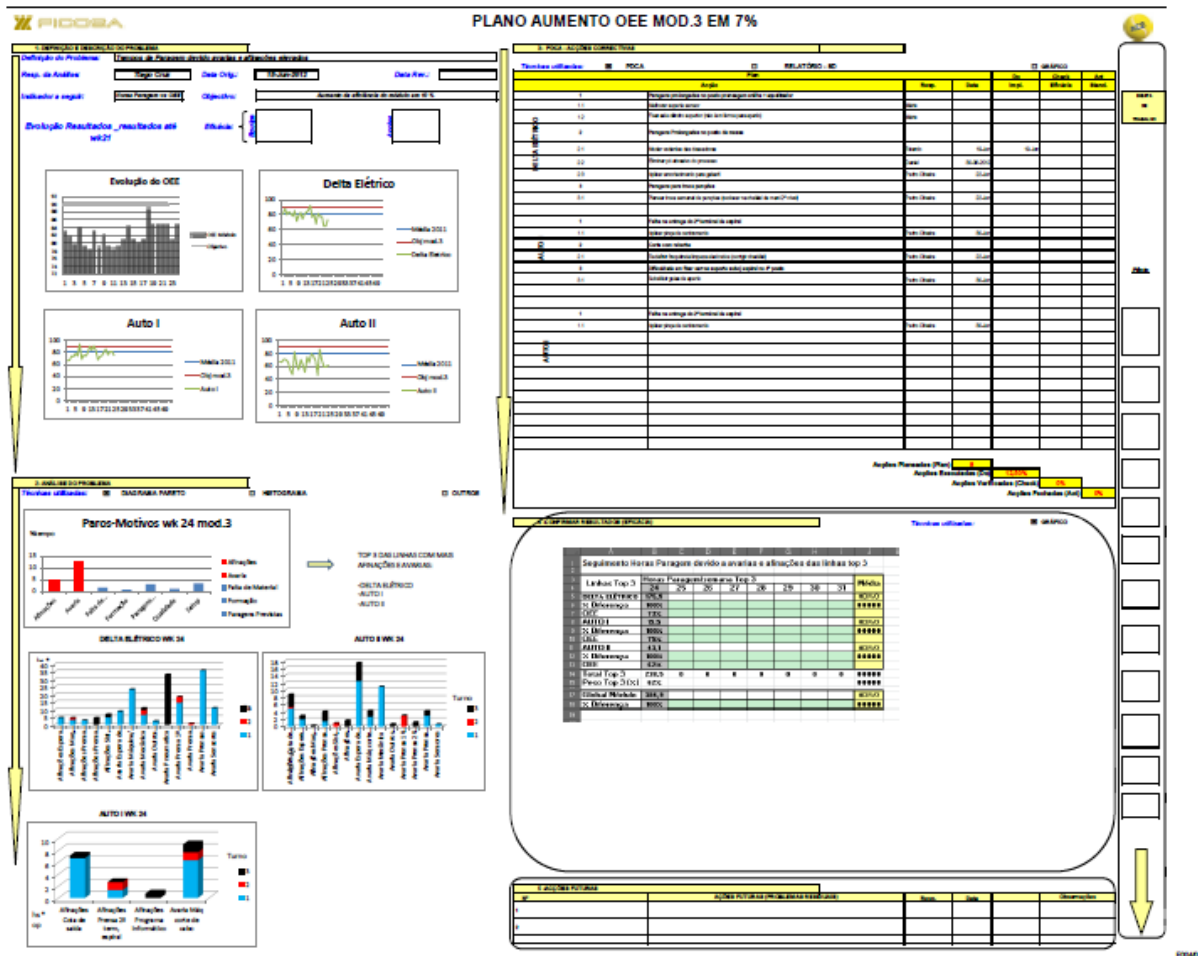
ANEXO E: Parte da planta da fábrica principal



ANEXO F: Ajustes de material da GM Travões

GM TRAVÕES (2011)				
Refª	Descrição	Ajuste	Absoluto	%
11628999A00	CABO CORTADO	-2136	2136	8
11630363A00	CABO CORTADO	-1933	1933	7
11629861A00	ESPIRAL CORTADA	-1884	1884	7
11629024A00	CABO CORTADO	-1762	1762	7
11628572A00	ESPIRAL CORTADA	-1435	1435	5
05107123A00	LUBRIF.BESLUX BESSIL L80-PORT	1281	1281	5
11630329A00	CABO CORTADO	-1206	1206	4
11629862A00	CABO CORTADO	-915	915	3
11629033A00	ESPIRAL CORTADA	-905	905	3
11629004A00	ESPIRAL CORTADA	-901	901	3
11629026A00	CABO CORTADO	-717	717	3
11629035A00	ESPIRAL CORTADA	-695	695	3
11629045A00	CABO CORTADO	-672	672	2
11630232A00	CABO CORTADO	-596	596	2
11629037A00	ESPIRAL CORTADA	-567	567	2
GM TRAVÕES (1º Trimestre 2012)				
Refª	Descrição	Ajuste	Absoluto	%
11629024A00	CABO CORTADO	-2432	2432	29
11630363A00	CABO CORTADO	-886	886	10
11629026A00	CABO CORTADO	-713	713	8
11630329A00	CABO CORTADO	-709	709	8
05107123A00	LUBRIF.BESLUX BESSIL L80-PORT	589	589	7
11630232A00	CABO CORTADO	-446	446	5
11329679A00	TERMINAL ESPIRAL DIAM 25 DELTA	-298	298	3
11628999A00	CABO CORTADO	-217	217	3
11329553A02	TERMINAL CABO DELTA II	-197	197	2
11629862A00	CABO CORTADO	-178	178	2
11630011A00	TUBO EXTERIOR CORTADO	-162	162	2
11630364A00	CABO CORTADO	-126	126	1
11230222A01	TERMINAL ESPIRAL	-115	115	1
11629010A00	TUBO EXTERIOR CORTADO	-109	109	1
11329806C01	Bracket LHD Delta2	108	108	1

ANEXO G: Plano de ações para o aumento do *OEE* do Módulo



Fotografias da reunião para análise dos problemas identificados