



## **Nivelamento de Fluxos de Produção em Layout Funcional (*Lean Manufacturing*)**

*Luís André Ferreira de Moura*

**Relatório do Projecto Curricular do MIEIG 2008/2009**

Orientador na FEUP: Prof. José Barros Basto

Orientadores na Sunviauto, SA: Eng.º Manuel Campos/Eng.º Gilberto Lobo



**FEUP**

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

2009-01-30

*À minha mãe*

## Resumo

Este relatório enquadra-se no âmbito da realização do Projecto de Dissertação para a conclusão do Mestrado Integrado em Engenharia Industrial e Gestão, da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

O projecto, realizado na Sunviauto - Industria de Componentes Automóveis, SA, decorreu inteiramente na sua unidade de estruturas (SVE), sita em Vila Nova de Gaia. Este trabalho, centrou-se essencialmente em estudar e aplicar os conceitos do *Lean Manufacturing* a uma determinada secção da fábrica (soldadura robotizada), controlando a produção da mesma através da metodologia *Kanban*.

Explicar-se-á de um modo detalhado a situação encontrada na empresa à data de arranque do projecto, bem como as razões que levaram a empresa a sentir necessidade de melhorar a referida secção. Serão também relatados em pormenor todos os estudos, levantamento de dados e cálculos efectuados que precederam implementação das alterações. As opções tomadas serão também justificadas, explicando todas as vantagens e desvantagens das diferentes hipóteses simuladas.

Serão descritos todos os princípios inerentes à filosofia do *Lean Manufacturing*, mais concretamente da metodologia *Kanban* para controlo da produção, e serão também abordados os desperdícios mais comuns encontrados nas organizações que não se guiam por este tipo de princípios.

Por fim, serão também referidas as melhorias obtidas com a realização deste trabalho e serão dadas sugestões para trabalhos futuros a realizar na empresa.

Outros trabalhos desenvolvidos na empresa que divergiram do tema deste projecto mas que, de uma forma ou de outra, trouxeram melhorias à organização serão também alvo de uma breve análise, pois são também contribuíram positivamente para o sucesso deste estágio.

Este projecto revelou-se particularmente interessante e enriquecedor, quer a nível pessoal como profissional, tendo para isso contribuído a boa relação com os diversos colaboradores da Sunviauto, bem como o elevado *know-how* dos orientadores do estágio na área em que o mesmo incidiu.

## Production Flows Leveling in a Functional Layout (*Lean Manufacturing*)

### Abstract

This report is raised by the realization of the Dissertation Project for the conclusion of the Integrated Master in Industrial Management and Engineering of the Faculty of Engineering of Porto University.

The project, held at Sunviauto - Indústria de Componentes Automóveis, SA, occurred entirely in its structures unity (SVE), in Vila Nova de Gaia. Its main purpose was to study and apply *Lean Manufacturing* principles to the robotized welding section of the plant, leveling its production with a *Kanban* scheduling method.

It will be explained with detail the situation that the plant was found at the beginning of the project, as well as the reasons that made the company start a project like this. It will also be presented the studies, data collection and calculations made that preceded the beginning of the project itself. The choices made will also be justified, explaining the advantages and disadvantages of the different simulated options.

The main principles of the *Lean Manufacturing* philosophy will be described, focusing the *Kanban* scheduling methodology to balance the production. It will also be exposed the most common wastes detected in companies which don't use this kind of methodology.

Finally, it will be pointed all the improvements achieved in the robotized welding section with the realization of this internship and it will be discussed possible future projects to expand in the plant.

All the works developed in the company that got away from the purpose of this project but, by one way or another, brought any kind of improvement to the organization it will also be the target of a brief analyses, because these were also positive points in this internship.

This project revealed to be especially interesting and enlightening, at a professional and in a personal level, and the main reasons for this to happen came by the excellent relationship with all the Sunviauto's collaborators as well as the high know-how shared with me by the both advisors.

## **Agradecimentos**

A todos os colaboradores da Sunviauto que intervieram neste projecto, com destaque para o Eng.º Manuel Campos que sempre conseguiu disponibilizar tempo para me apoiar, orientar e ensinar, tendo assim um papel fundamental na realização deste projecto. De salientar também a importância do Eng.º Gilberto Lobo, orientador inicial deste projecto, que, apesar do pouco tempo de acompanhamento, também contribuiu de forma marcante para o sucesso do mesmo, partilhando comigo os seus vastos conhecimentos em projectos *Lean*. Gostava ainda de destacar todos os elementos do Departamento de Qualidade que foram essenciais para a minha rápida adaptação à empresa.

A todos os professores da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, pela excelente formação que me proporcionaram, e em particular ao Eng.º Barros Basto pelo acompanhamento exemplar do projecto em questão.

À minha família, com especial destaque para o meu pai e irmã, que sempre foram fontes de bons conselhos, apoio e motivação.

À Sunviauto SA, pelo financiamento do estágio em questão.

## Índice de Conteúdos

1	Introdução .....	1
1.1	Apresentação da Sunviauto, SA .....	1
1.2	Exposição do problema encontrado.....	6
1.3	Estrutura e Temas Abordados no Relatório .....	6
2	Abordagem Inicial ao Problema .....	8
2.1	Análise da situação inicial .....	8
2.2	Lean Manufacturing .....	12
2.3	Os Sete Desperdícios .....	14
2.4	Sistema Kanban de Produção.....	16
3	Estudo Realizado e Solução Proposta.....	18
3.1	Análise A.B.C. (Activity Based Costing) .....	18
3.2	Recolha de dados .....	19
3.3	Dimensionamento do Kanban .....	21
3.4	Dimensionamento dos Supermercados .....	23
3.5	Quadro e Cartões Kanban .....	25
4	Implementação e Funcionamento do Sistema.....	29
4.1	Fluxos dos Produtos .....	29
4.2	Arranque do Sistema Kanban .....	34
5	Actividades Paralelas .....	39
6	Conclusões e Perspectivas de Trabalhos Futuros .....	40
7	Referências e Bibliografias .....	42
ANEXO A:	Instruções de Funcionamento em Kanban.....	43
ANEXO B:	Ajudas Visuais .....	45
ANEXO C:	Esquema das áreas definidas para os dois Supermercados .....	48
ANEXO D:	Estudo da localização do Supermercado de alguns produtos .....	51
ANEXO E:	Mapa Resumo do Dimensionamento do Sistema Kanban.....	53
ANEXO F:	Overall Equipment Effectiveness.....	55



## 1 Introdução

Nesta primeira fase do relatório tentar-se-á inserir o leitor no tema deste projecto de estágio. Será feita uma breve apresentação da organização onde o mesmo se realizou e será também exposto o problema sobre o qual incidiu o projecto. Por fim, será também referida a estrutura utilizada na realização deste relatório.

### 1.1 Apresentação da Sunviauto, SA

A Sunviauto é uma empresa industrial, de capital nacional, dedicada ao fabrico de componentes para a indústria automóvel, nomeadamente estofos. Com vista à conquista de uma maior quota de mercado, a Sunviauto tem vindo a diversificar a sua gama de produtos, destacando-se, actualmente, os seguintes:

- Bancos completos e estofos (capas) para automóveis;
- Bancos para autocarros e comboios;
- Bancos de criança;
- Peças metálicas para bancos de automóvel;
- Mecanismos para bancos de automóvel;
- Espumas moldadas para bancos de automóvel, motociclos e mobiliário de escritório;

Devido à crescente competitividade que vem caracterizando a economia actual, a Sunviauto destaca-se pela sua filosofia de qualidade que coloca em todos os seus processos e produtos.

A Sunviauto – Indústria de Componentes de Automóveis, SA foi fundada em 1969 resultante da associação entre a Sundelete, SA e a Auto-Aliados, tornando-se assim a empresa recém-formada num dos maiores fabricantes nacionais de componentes para a indústria automóvel.

Em 1974 deu-se inauguração das novas instalações em Pedroso – Vila Nova de Gaia, juntando-se numa única unidade fabril todas as actividades até então dispersas. Estas instalações ainda se encontram activas, sendo actualmente a sede da Sunviauto, representadas na figura 1.



**Figura 1 – Vista aérea da Sunviauto**

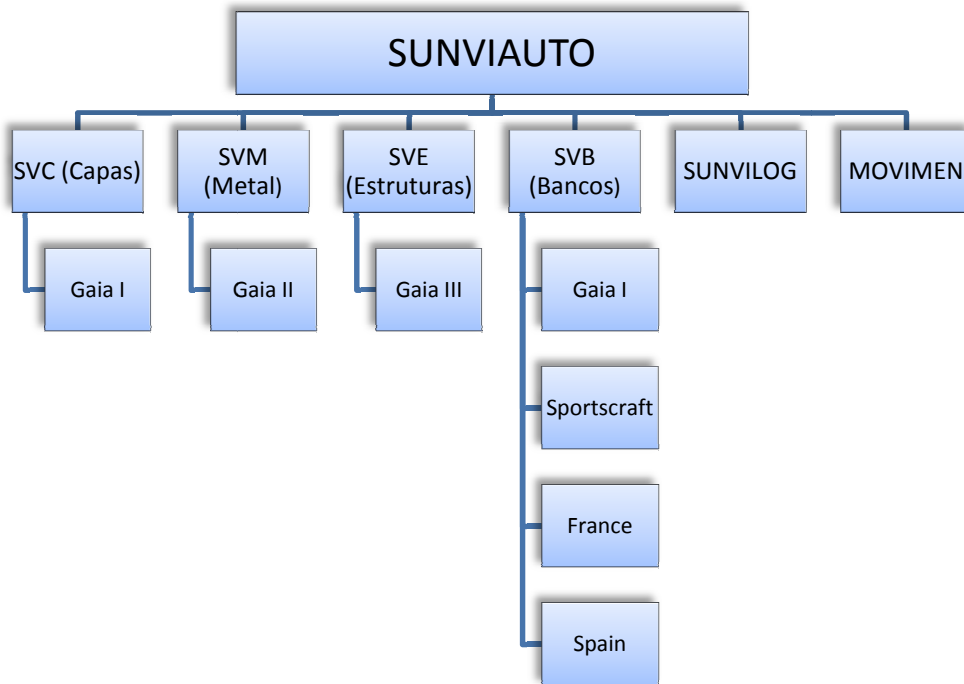
A Sunviauto conta neste momento com mais de 1500 colaboradores e tem uma facturação média anual a rondar os 65 M €. Actualmente, a empresa tem várias unidades fabris e

representações, em Portugal e no estrangeiro, mas este processo de expansão foi gradual e ocorreu essencialmente ao longo dos últimos 20 anos. De seguida apresenta-se um resumo dos pontos mais relevantes da sua evolução histórica.

- 1984 - Aumento de Capital Social de 3.000 para 70.000 contos, com a participação do Grupo Mota e Ca. S.A., uma dos maiores grupos económicos portugueses;
- 1991 - Reestruturação da empresa, com um novo aumento de Capital Social de 70.000 para 280.000 contos;  
Instalação de uma cadeia automatizada de tratamento de superfície e pintura electrostática robotizada;  
Criação da divisão de espumas de poliuretano com instalação do primeiro equipamento injeção de alta pressão;
- 1992 - Ampliação da divisão de confecção e aquisição de novas máquinas de costura;  
Instalação de novos equipamentos de estendimento e corte;
- 1993 - Instalação de novas máquinas CNC para corte e dobragem de tubos;  
Arranque do Departamento de Investigação e Desenvolvimento;
- 1994 - Aumento de Capital Social de 280.000 para 400.000 contos;  
Instalação de linhas de prensa com alimentação automática;
- 1996 - Instalação de uma máquina de corte automático de tecidos;  
Instalação de novas prensas no sector de metalomecânica;
- 1997 - Certificação de acordo com a norma NP EN ISO 9002;
- 1998 - Aquisição de 11.000 m<sup>2</sup> de terreno e construção de novo edifício para ampliação da divisão de confecção;
- 1999 - Aquisição de equipamento de soldadura robotizada;  
Aquisição de equipamento de medição por coordenadas;
- 2000 - Arranque da nova Unidade de Confecção em Vila Verde
- 2001 - Inauguração das novas instalações da Unidade de Metal em Vilar do Paraíso;  
Certificação segundo as normas ISO 9001 e QS 9000 / ISO 9002;  
Construção de um novo edifício para a Unidade de Bancos e Cantina;
- 2002 - Aquisição da empresa Sportscraft (Alemanha);  
Constituição da empresa Sunviauto Marroc.;  
Constituição da empresa Sunviauto España;
- 2003 - Aquisição da empresa “Manufactura Nacional de Alumínio – Suprema”;  
Constituição da empresa Movimen;  
Aumento de Capital Social de 2.400.000 € para 3.400.000 €;  
Certificação segundo as normas ISO 9001:2000 e ISO TS 16949:2002;  
Instalação da linha de pintura “Cataphoresse”;
- 2004 - Aquisição da empresa Vogelsize France;  
Fusão entre a MNA e a Sunviauto;
- 2005 - Fusão da Sunviauto France com a Vogelsitze France;  
Constituição da empresa Sunviauto Maghreb;  
Ampliação das instalações da SVM. Unidade de Tubos;

2006 - Construção de um novo edifício com 4000 m<sup>2</sup> em Tanger – Transferência da produção para Marrocos;

A figura seguinte apresenta a organização actual das empresas do grupo Sunviauto, e as suas respectivas unidades produtivas:



**Figura 2 – Estrutura do Grupo Sunviauto**

O projecto de estágio em causa realizou-se na sua totalidade na SVE – Sunviauto Estruturas. Esta empresa surgiu em 2004, resultante da aquisição da “Manufactura Nacional de Alumínio – Suprema” e as suas instalações são nas imediações da Unidade de Bancos do Grupo Sunviauto (antigas instalações da Suprema). A SVE dedica-se à soldadura, rebarbagem, pintura e montagem de componentes metálicos, sendo grande parte da sua produção para fornecimento à SVB. A figura 3 exemplifica o tipo de estruturas para bancos produzidas na SVE.



**Figura 3 – Estrutura de banco de automóvel**



**Figura 4 – Linha de montagem Y-Motion**

No entanto, a SVE também produz directamente para clientes externos, destacando-se a linha de montagem apresentada na figura 4 dedicada da estrutura metálica do banco traseiro do Renault Modus, a seguir exemplificada



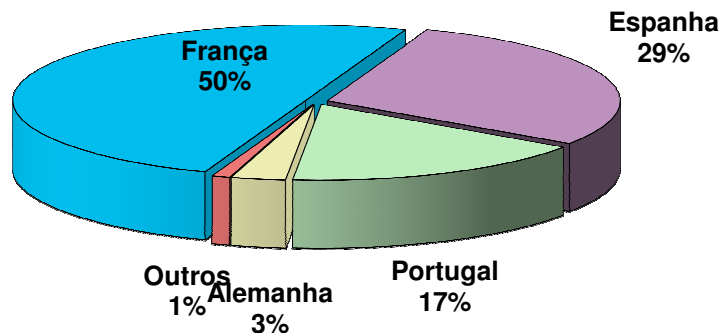
**Figura 5 – Mecanismo banco traseiro Renault Modus**

Neste momento, está também em fase de industrialização um projecto para a produção de componentes para o sistema de transmissão da Renault Master (ver figura 6), que irá alargar ainda mais o leque de produtos da Sunviauto. Este projecto destaca-se pela sua complexidade e elevado nível de automatização, demonstrando o elevado *know-how* da organização neste tipo de processos.



**Figura 6 – Protótipo do sistema de transmissão da Renault Master**

Para além da sua dimensão, a Sunviauto destaca-se também pelo seu carácter exportador. Clientes como AIXAM, FAURECIA, MICROCAR, HEULLIEZ, JONHSON CONTROLS, MICROCAR, DURISOTTI e RECARO são alguns dos principais clientes do Grupo. O gráfico seguinte representa a distribuição das vendas por país:



**Figura 7 – Distribuição das vendas por país**

Um dos objectivos estratégicos da Sunviauto é garantir um ambiente e uma cultura de trabalho que proporcionem uma realidade qualitativa de produtos e serviços capazes de superar as expectativas dos seus clientes, fundamental e determinante para uma afirmação industrial no mercado de componentes de automóveis.

A qualidade é para a Sunviauto um factor crítico de sucesso, que se desenvolve a partir de uma gestão de processos que serve de base a todo o seu modelo organizativo.

### **MISSÃO:**

Ser uma empresa competitiva e habilitada “Tier 1” e “Tier 2” junto dos clientes da indústria automóvel e transportes no fornecimento de componentes, tais como bancos completos, peças estampadas, estruturas metálicas, capas e espumas.

### **AMBICÃO:**

- Ultrapassar continuamente as crescentes expectativas dos clientes através do aperfeiçoamento contínuo da qualidade, do serviço, da produtividade e da inovação.
- Garantir elevados níveis de produtividade no intuito de tornar a empresa cada vez mais competitiva.
- Desenvolver e utilizar tecnologia avançada nos produtos, processos e serviços;
- Contribuir para o desenvolvimento e bem-estar dos funcionários e comunidade onde estamos inseridos.
- Valorizar ao máximo o investimento dos accionistas sem prejuízo do futuro.

### **VALORES E PRINCÍPIOS:**

- Clientes – A nossa primeira prioridade. Identificar e cumprir as necessidades e expectativas dos Clientes – Qualidade do produto e serviço; preço; prazo; capacidade; flexibilidade; inovação e imagem.
- Qualidade – Prosseguimento da qualidade total como forma de assegurar a nossa competitividade.
- Pessoas – Valorização dos nossos colaboradores, pois deles depende o nosso sucesso e representam o nosso recurso mais valioso.
- Liderança – Compromisso e envolvimento da Gestão de Topo. Estabelecer os objectivos e estratégia da Empresa. Criar e manter um ambiente em que as pessoas sejam envolvidas no atingir destes objectivos.
- Melhoria Contínua – Procura constante da melhoria contínua das actividades e processos, baseada na medição e monitorização; controlo das não conformidades; prevenção; eliminação dos desperdícios e aceitar as mudanças como oportunidades.
- Fornecedores – São nossos parceiros, uma extensão natural da organização. Manter relações de benefício mútuo.
- Inovação – Capacidade e rapidez para conceber soluções que satisfaçam e surpreendam os clientes e mercado. Encarar a mudança como regra e encorajar a criatividade.
- Integridade – A nossa conduta obedece a todos os princípios éticos onde quer que operemos. Fabricamos produtos seguros, protegemos o meio ambiente, praticamos a igualdade de emprego e somos socialmente responsáveis.

## **1.2 Exposição do problema encontrado**

Na Sunviauto Estruturas (SVE) existe uma secção de soldadura robotizada composta por oito Robots de soldadura MIG-MAG. Esta secção evidenciava problemas ao nível da gestão destes mesmos fluxos. A existência de vários produtos a passar por esta secção e a intenção de passar algumas operações da secção de soldadura manual para a secção em causa criou a necessidade de organizar e nivelar a produção neste ponto da fábrica.

Dos oito robots existentes, apenas um é diferente dos restantes. Este, devido às suas limitações, apenas poderia soldar peças com dimensões reduzidas. Os restantes são idênticos e, como tal, existe facilidade em passar a produção de uns para os outros. À data de arranque deste projecto, este robot (robot 1) e um outro (robot 8) encontravam-se dedicados a determinados produtos. Entretanto, estes projectos entraram em período de fim de vida e deixou de se justificar existirem robots exclusivamente dedicados a esses produtos. Assim, o projecto de nivelamento da produção incluiria todos os robots da secção.

Mais tarde, optou-se por reduzir para cinco o número de robots disponíveis para este estudo. Apesar de existirem oito robots disponíveis nesta secção já era conhecida a necessidade de, no início de 2009, dispensar três destes robots para a produção de um novo produto na SVE. Este projecto, apesar de ainda estar em fase de industrialização, é de grande dimensão, e como tal optou-se por, desde cedo, proceder à libertação dos referidos robots para não causar qualquer tipo de transtorno na evolução do mesmo. Para além disso, uma vez que tal necessidade já era conhecida, achou-se conveniente implementar uma solução que não tivesse que ser alterada poucas semanas após a sua implementação.

Assim, o objectivo deste estágio passaria por nivelar a produção desta secção da fábrica com recurso a cinco robots (sendo um dos quais o já referido robot com algumas limitações), utilizando para tal o método *Kanban*. Necessariamente seriam criados supermercados de produtos a jusante desta secção e seria esperado que, após estas alterações, se conseguisse melhorar a capacidade de resposta. Também seria esperado que se diminuísse o *lead time* interno de produção, esperando que este novo sistema de controlo da produção desse uma maior visibilidade aos problemas encobertos pelo método de sequenciamento actual.

## **1.3 Estrutura e Temas Abordados no Relatório**

Neste relatório tentar-se-á explicar todos os passos efectuados nas diferentes fases do projecto. Numa primeira fase será abordado o problema encontrado, procurando-se expor pormenorizadamente a situação em que se encontrava a secção de soldadura robotizada. Este ponto é particularmente importante uma vez que é necessário compreender correctamente o funcionamento da secção para se conseguir assimilar facilmente as vantagens deste tipo de projecto. Serão também referidos os princípios do *Lean Manufacturing*, incidindo mais concretamente na metodologia *Kanban* para controlo da produção.

Posteriormente, será apresentado todo o trabalho desenvolvido que precedeu a implementação das alterações. Serão abordados todos os estudos realizados e serão expostos os cálculos

efectuados. Serão também explicadas todas as opções tomadas durante a realização deste projecto e serão também referidas algumas das hipóteses ponderadas mas que foram rejeitadas.

Por último, será demonstrado todo o processo de implementação do sistema de nivelamento da produção. Usar-se-ão esquemas e fotografias para uma melhor percepção das alterações e explicar-se-á todo o funcionamento do sistema. Neste ponto do relatório serão também expostos todos os trabalhos realizados na empresa que, divergindo do tema deste estágio, acrescentaram valor ao mesmo.

No final, serão apresentadas as conclusões deste projecto, bem como as perspectivas para o desenvolvimento de trabalhos futuros.

## 2 Abordagem Inicial ao Problema

Nesta fase será exposta e analisada a situação em que se encontrava a secção de soldadura robotizada da Sunviauto Estruturas à data de arranque do projecto. Serão também abordados todos os temas que, de uma forma ou de outra, possam ajudar a perceber melhor a problemática em causa e o próprio funcionamento da fábrica.

Posteriormente, serão apresentados os princípios inerentes à filosofia do *Lean Manufacturing*, incidindo obviamente no método *Kanban* para o nivelamento da produção. Esta abordagem é importante para se compreender as razões que levaram à realização de um projecto deste tipo, bem como as vantagens e melhorias que se podem conseguir.

### 2.1 Análise da situação inicial

Qualquer projecto que envolva a aplicação dos princípios *Lean* requer que seja feita uma análise da situação actual. Esta fase é particularmente importante porque permite que se fique a conhecer a empresa, quer a nível organizacional bem como ao nível da gestão dos fluxos produtivos. Para além disso, este tipo de análise não só permite que se possa identificar os pontos onde a empresa apresenta mais problemas e dificuldades, mas também os seus pontos fortes. Deste modo, é possível avançar com um projecto de melhoria que, implementando um conjunto de alterações, não deixe de preservar os seus pontos fortes.

A nível organizacional, a Sunviauto encontra-se num patamar de destaque em relação à maioria das indústrias. O facto de ser uma indústria do sector automóvel propicia um nível de organização elevado na área produtiva.

Um ponto que merece destaque é a Política de Melhoria Contínua da Sunviauto. Facilmente se visualiza a existência de Cantos de Comunicação (ver Fig.8) em cada secção da fábrica, que têm como principal objectivo ser o local onde todos os operários da respectiva secção se podem reunir para ouvir e/ou debater com os seus superiores quaisquer assuntos relacionados com o funcionamento da empresa.



Figura 8 – Canto de Comunicação

Para além disso, existem dois quadros em cada C.C. (Canto de Comunicação) que contêm várias informações importantes para o funcionamento da secção, podendo-se destacar:

- Identificação dos membros da secção – Existe um mapa com o nome e fotografia de todos os membros da secção, que facilita a integração dos novos colaboradores, e com indicação da hierarquia;
- 5S – Os princípios desta metodologia estão presentes nos quadros, com diversos esquemas explicativos, instruções e incentivos à prática das diversas acções
- Auditorias – Os registos de todas as auditorias estão presentes nos C.C., existindo também gráficos onde se pode observar a evolução dos índices avaliados;
- Indicadores de desempenho: O.E.E. – A empresa utiliza o Overall Equipment Effectiveness como índice para avaliar a eficiência da fábrica, e os resultados de cada secção estão presentes nos C.C. respectivos;
- Plano de manutenção – As manutenções preventivas são planeadas, e é sempre possível saber quando se realizou e quando se realizará a próxima paragem para estas operações;
- Incentivos à melhoria contínua, mapa de férias, mapa de absentismo, indicação de dias sem acidentes de trabalho, problemas de qualidade, matriz de polivalência dos membros da secção, entre outros.

Outro facto a salientar é o elevado *know-how* e grau de formação da maioria dos colaboradores da empresa. Facilmente se nota que os administrativos da Sunviauto são pessoas com um elevado grau de conhecimentos, quer a nível técnico (conhecendo bem os processos produtivos que existem na fábrica) como a nível de gestão. As chefias incentivam a criatividade dos seus colaboradores, sendo bastante receptivos a propostas de melhorias. Este tipo de atitude facilita bastante a implementação de um projecto de melhorias em que é necessário alterar, por vezes de uma forma radical, os hábitos e os métodos de trabalho das pessoas.

De uma forma obviamente diferente, também se verifica a existência de um elevado nível de conhecimentos por parte dos membros produtivos. Todos os colaboradores recebem formação sempre que vão desempenhar uma nova operação, e maioria deles tem inclusive formação para desempenhar mais do que uma função. Desta forma torna-se mais fácil combater eventuais problemas criados pelo absentismo e minimiza a dependência da empresa de determinadas pessoas. Verifica-se, também, que existe preocupação com a qualidade do seu trabalho, sendo isto, provavelmente, um reflexo da Política de Melhoria Contínua que tem vindo a ser implementada na empresa nos últimos anos.

Por último, é importante referir o bom ambiente de trabalho que se vive na organização, estimulando o companheirismo e a solidariedade nas relações profissionais entre os colaboradores.

Ainda a nível organizacional, foram encontradas algumas lacunas no funcionamento normal da empresa. Naturalmente, foi dada mais atenção aos problemas afectos ao funcionamento da secção de soldadura robotizada, uma vez que era aí que incidia o projecto de estágio. No entanto, e sempre que possível, tentou-se propor soluções para todos os problemas, mesmo os que não afectavam a referida secção. Concretamente para o projecto de estágio detectou-se, após uma breve análise, algumas divergências na forma de trabalhar em relação ao método que se pretendia implementar.

Para simplificar a exposição do problema passo a explicar alguma da nomenclatura usada correntemente na empresa:

Produto “código 2” – Produto acabado da SVE mas que é expedido para uma outra unidade do Grupo Sunviauto (p/ ex: SVB);

Produto “código 3” – Produto em curso da SVE;

Produto “código 4” – Produto acabado da SVE mas que é expedido para um cliente externo ao Grupo Sunviauto (p/ ex: Faurecia);

Apenas nos produtos “código 4” as contentorizações definidas eram sempre obedecidas. Nos restantes produtos existiam casos em que, ou não existiam contentorizações definidas ou então não era cumprido o que estava delineado (quer os contentores utilizados bem como as quantidades por contentor). O facto de os produtos “código 3 e 4” serem produtos em curso (dentro da mesma unidade ou para uma outra unidade do Grupo) causava algum desleixo neste sentido, como se documenta na Fig.9



**Figura 9 – Contentores com os produtos amontoados e sem qualquer controlo sobre as quantidades**

Aliás, esta questão dos fluxos entre unidades está longe de estar otimizada. Sendo todas as fábricas do mesmo grupo e geridas por uma administração comum deveria existir uma

comunicação mais eficaz e um relacionamento baseado em regras pré-estabelecidas, tal como acontece com fornecedores e clientes externos. Por essas razões, surgem muitos pedidos de cariz extraordinário e com prazos de entrega curtos, causando atrasos e impossibilitando um planeamento eficaz por parte das unidades a montante. Esta questão, apesar de ser negativa como qualquer outra lacuna, realça a necessidade de um sistema *pull production* para controlar a produção, melhorando a capacidade de resposta e nivelando a produção de uma forma correcta.

Em relação aos lotes de fabrico, existe uma maior organização, havendo no entanto alguns casos em que as quantidades produzidas divergem dos valores padronizados. Isto seria aceitável em produtos com produções baixas e esporádicas, mas em produtos com encomendas frequentes é inadmissível.

Verificava-se ainda alguma desorganização e má ocupação do espaço na SVE (claramente visível na figura 10), sendo que na secção em estudo já existia alguma preocupação para melhorar neste aspecto. Este ponto também é de elevada importância, pois numa fábrica onde a falta de espaço é um problema real é necessário que exista organização para otimizar a utilização do mesmo.



**Figura 10 – Desorganização da área adjacente ao robot, com produtos pousados no chão e contentores desnecessários**

Assim, o objectivo deste estágio passaria por tentar melhorar todos estes pontos, sendo o Sistema *Kanban* a solução mais adequada, pois para além de possibilitar um nivelamento da produção eficaz, força a resolução dos problemas supracitados.

## 2.2 *Lean Manufacturing*

Existem várias definições para a filosofia *Lean Manufacturing*. Tradicionalmente, está relacionada com a melhoria dos processos e práticas, otimizando os recursos, e produzindo os melhores produtos da forma mais rápida com o menor custo. Pode ser encarada como um conjunto de princípios que engloba a T.Q.M. (Total Quality Management), melhoria contínua, ausência de defeitos, e todos os outros termos que significam fazer as coisas bem à primeira, e fazer sempre bem. Não é uma transição rápida e instantânea, nem tão pouco uma extensão das tradicionais técnicas e formas de pensar. Na verdade, é um processo revolucionário de alteração de mentalidades que requer o abandono de alguns velhos paradigmas.

*Lean Manufacturing*, muitas vezes chamado de *Just In Time* (JIT), visa maximizar a eficiência operacional através da criação de valor para o cliente final. Esta filosofia não se foca num departamento, área ou processo, mas sim na optimização de toda a cadeia de valor – todo o processo entre a encomenda do cliente e a entrega do produto acabado. Esta filosofia melhora a performance operacional impulsionando um rápido e fluxo ininterrupto de produtos e materiais ao longo da cadeia de valor. Para conseguir isto, as formas de desperdício produtivo têm que ser identificadas e eliminadas. Define-se desperdício como qualquer actividade, passo ou processo que não acrescente valor ao cliente.

Num sistema deste género, as unidades produtivas têm que ser altamente focadas no cliente, proporcionando um elevado nível de qualidade, custos produtivos baixos e uma boa capacidade de resposta ao cliente. Segundo James P. Womack e Daniel Jones, o pensamento *lean* pode ser resumido nos seguintes cinco princípios:

- Especificar precisamente o *valor* de cada produto
- Identificar a cadeia de valor para cada produto
- Promover um fluxo de valor sem interrupções
- Deixar que seja o cliente a “puxar” a produção
- Procurar a perfeição

Ainda segundo os citados, se os gestores aplicarem estes conceitos em simultâneo e de igual modo podem retirar total benefício das técnicas *lean* e melhorar significativamente a competitividade dos seus produtos. De seguida será discutido cada um dos princípios supracitados:

**Valor:** O valor é definido pelo comprador e apenas é significativo quando referido a um produto específico, que corresponde às necessidades do cliente a um determinado preço. O erro de muitas empresas é definir o valor internamente: se os clientes não responderem de uma forma positiva, estes acrescentam trabalho ao produto, podendo com isso não estar necessariamente a acrescentar-lhe valor. Se isso também não resultar optam por baixar o preço ou por utilizar diferentes estratégias de marketing quando na realidade estão a insistir

em tentar vender um produto que o cliente não quer. Tal acontece devido aos gestores estarem vocacionados para o interior da organização a que pertencem e, por muito eficiente que seja o processo produtivo, o produto não ter valor. O que estes têm que fazer é repensar o produto na perspectiva de valor para quem compra.

**Cadeia de Valor:** A cadeia de valor corresponde a todos os passos e processos necessários para levar o produto desde o estado de matéria-prima até produto acabado na posse do cliente. Analisando todo o fluxo de um produto são quase sempre descobertos grandes desperdícios e actividades que não acrescentam valor ao produto. Esta análise designa-se por reengenharia de processo. Normalmente, uma análise da cadeia de valor permite distinguir três tipos de actividades: passos que acrescentam valor ao produto; passos que não acrescentam valor mas que são inevitáveis mediante as tecnologias e processos utilizados; e passos que não acrescentam valor e são evitáveis. Estes últimos são os pontos onde se deve atacar, porque é onde se poderão conseguir melhorias imediatas sem ser necessário realizar grandes investimentos. Se uma organização se quiser tornar verdadeiramente *lean*, a cadeia de valor tem que ser analisada como um todo.

**Fluxo:** Quando o valor estiver rigorosamente especificado, a cadeia de valor para um determinado produto definida, e tudo que causa desperdício eliminado, é altura de avançar para a fase seguinte. Provavelmente este é o maior avanço rumo ao *Lean Manufacturing*. Nas empresas, tudo está organizado em funções e departamentos, uma vez que existe a convicção de que as actividades devem estar agrupadas por tipo para que possam ser executadas de uma forma mais eficiente e mais facilmente geridas. Existe também o hábito de produzir e fluir os produtos em grandes lotes. Este princípio origina tempos de espera enquanto os produtos aguardam pela próxima operação ou sequência. As empresas tradicionais acreditam que, desde que isto mantenha toda a gente ocupada, é eficiente. Mas na realidade o funcionamento é melhor se existir um foco no produto e nas suas necessidades, em vez de ser na organização e no equipamento, para que todas as operações ocorram num fluxo contínuo.

As pesquisas de Womack e Jones mostram que, em fábricas Ocidentais onde a organização foi alterada da divisão em departamentos e produção em grandes lotes para um fluxo contínuo, a produtividade duplicou e verificaram-se grandes reduções no número de erros e defeitos. Os responsáveis por reengenharia nos Estados Unidos reconheceram que a departamentalização não é o melhor caminho e começaram a orientar as suas atenções para os processos de agregação de valor. A grande dificuldade sentida é que os colaboradores das empresas tendem a regredir depois de os responsáveis pela reengenharia de operações acabarem o seu trabalho na empresa e abandonarem a mesma. Assim, mais importante do que qualquer reorganização que possa ser feita é a mudança de mentalidades das pessoas, para que as próprias passem a cultivar um espírito de melhoria contínua e continuem o trabalho desenvolvido pelos responsáveis de reengenharia.

**“Pull Production”:** Os resultados da alteração do método de departamentos e lotes para equipas de produtos e fluxos são a diminuição do tempo de concepção até ao lançamento, bem como da matéria-prima até ao cliente. Ordens que demoram dias a ser processadas são terminadas em horas; e semanas ou meses de tempo na fábrica através dos métodos convencionais são reduzidos a minutos ou horas. Os sistemas verdadeiramente *lean* têm uma grande flexibilidade, de modo que se adaptam facilmente a qualquer variação na procura. Para além disso, estes sistemas possibilitam que seja o cliente a “puxar” a produção conforme as suas necessidades, em vez de ser o produtor a “empurrar”, evitando assim produções desnecessárias. A procura por parte do cliente estabiliza muito mais facilmente se estes

souberem que podem ter o que quiserem e quando quiserem. Tradicionalmente, quando os produtores querem estabilizar a procura optam por fazer promoções e descontos, mas esta estratégia continua a não resultar se os compradores simplesmente não estiverem interessados nos produtos.

**Perfeição:** Depois de a organização especificar concretamente o valor, identificar toda a cadeia de valor, ultrapassar as fases necessárias para que a produção flua continuamente e permitir que sejam os clientes a puxar a produção, chega-se a outra fase bastante importante. As pessoas começam a aperceber-se que não existe fim no processo de reduzir esforços, tempo, espaço, custo e erros enquanto se produz e comercializa um produto. A perfeição, o quinto e último princípio do pensamento *lean*, começa a parecer atingível. Os outros princípios interagem uns com os outros; conseguir valor fluindo os produtos mais rapidamente expõe desperdícios escondidos na cadeia de valor. Quanto mais se puxar a produção, mais obstáculos surgirão, que serão os pontos a atacar para melhorar. Equipas dedicadas a um produto que estejam em contacto directo com o cliente conseguem sempre descobrir alguns pontos onde podem acrescentar mais valor ao produto. Num verdadeiro sistema *lean*, todos os *stakeholders* conseguem visualizar novas maneiras de acrescentar valor ao produto. Para além disso, tem que existir um feedback instantâneo e positivo das melhorias efectuadas pelos colaboradores, uma vez que esta é a melhor forma de se conseguir uma melhoria contínua e eficaz.

O pessoal produtivo é fundamental no sucesso da implementação da metodologia de *Lean Manufacturing*. É necessária uma participação de toda a fábrica nas actividades de melhoria contínua para que se consiga fazer a diferença. O envolvimento de todos os colaboradores é também importante para que se consiga aumentar a confiança no produto, bem como para que todos se sintam importantes neste processo.

Algumas organizações começaram a implementar esta metodologia a partir dos níveis mais baixos da mesma: os directores de 2ª e 3ª linha aderiram ao pensamento *lean* e tiveram que convencer os seus superiores que este era o caminho a seguir. Este é um verdadeiro desafio para as organizações, mas quando o negócio começa a revelar uma maior satisfação do cliente e um aumento dos lucros, os administradores chegam à conclusão que a mensagem é verdadeira: só um pensamento *lean* pode conduzir um negócio ao limite da competitividade.

### **2.3 Os Sete Desperdícios**

A eliminação de desperdícios é uma das formas mais eficientes de aumentar o lucro de uma empresa. Os Sete Desperdícios é uma ferramenta que apareceu inicialmente no Japão, onde o desperdício é conhecido por “*muda*”, e foi inicialmente desenvolvida por Taiichi Ohno, Administrador da Toyota. Para se poder eliminar o desperdício é importante perceber exactamente o que é desperdício e onde ele existe. Mesmo sendo os produtos bastante diferentes de fábrica para fábrica, os desperdícios típicos detectados em ambientes industriais são bastante similares. Para cada um deles existe uma estratégia específica para eliminar ou minimizar os seus efeitos na empresa, melhorando assim a performance global e a qualidade.

Os Sete Desperdícios consistem em:

**Excesso de Produção:** Existe um excesso produção sempre que se produz algo antes de ser realmente necessário. Este tipo de desperdício é altamente dispendioso para uma fábrica uma vez que impossibilita um fluxo suave de produtos e piora os níveis de qualidade e produtividade. O Sistema de Produção Toyota também é conhecido como JIT (*Just In Time*), uma vez que, segundo esse sistema, apenas se inicia a produção quando esse produto é necessário. Quando tal não se verifica são aumentados os *lead times*, resultantes em elevados custo de armazenagem e os defeitos tornam-se mais difíceis de detectar. A solução mais simples para evitar o excesso de produção é pura e simplesmente “*fechar a torneira*”; é necessária coragem para tomar uma medida deste tipo porque os problemas encobertos pelo excesso de produção ficarão visíveis. A solução passa por programar a produção, e produzir apenas para a altura em que for vendido ou expedido. Para tal é necessário melhorar também os tempos de setup das máquinas.

**Tempo de Espera:** Sempre que os materiais não estão a ser movidos ou a ser processados este tipo de desperdício está a ocorrer. Tipicamente, mais de 99% da vida de um produto num sistema de produção de grandes lotes é passado à espera para ser processado. A maior parte do *lead time* de um produto corresponde ao tempo de espera para a próxima operação; normalmente isto acontece porque os fluxos de materiais são incorrectos, os cursos produtivos são muito elevados e as distâncias entre postos de trabalho são muito grandes. Goldratt refere muitas vezes que, uma hora perdida num gargalo é uma hora perdida em todo o *output* da fábrica, e essa hora nunca será recuperada. É necessário agregar os processos, para que os primeiros alimentem directamente os seguintes, e assim diminuir drasticamente os tempos de espera.

**Transporte:** O transporte de produtos entre processos é uma operação que aumenta os custos, mas que não acrescenta qualquer tipo de valor. Movimentações e manuseamentos excessivos danificam os produtos e são sempre situações onde se pode perder qualidade. Por vezes, são necessários contentores para mover os produtos, que são outro custo organizacional que não acrescenta qualquer tipo de valor ao produto. É natural que seja difícil diminuir o transporte dos produtos, uma vez que a movimentação das máquinas pode ter custos elevados, e por isso é fundamental determinar que processos devem estar próximos uns dos outros. Mapas dos fluxos dos produtos podem ajudar neste tipo de análise.

**Processamento Incorrecto:** Muitas organizações utilizam equipamentos de elevada precisão e com custos elevadíssimos quando ferramentas simples seriam suficientes para realizar a operação. Isto acontece frequentemente em fábricas com um layout mal estruturado porque as operações precedentes ou subsequentes estão localizadas muito distantes. E para piorar, são encorajadas as elevadas taxas de utilização destes equipamentos (excesso de produção com o mínimo de setups) para se amortizar mais rapidamente o equipamento. A Toyota é conhecida pelo uso de automatismos de baixo custo que, combinados com uma manutenção irrepreensível, asseguram um baixíssimo nível de processamento inadequado. Tal foi possível criando células de fabrico e coordenando os passos entre estas.

**Movimento Excessivo das Pessoas:** Este tipo de desperdício está relacionado com a ergonomia dos postos de trabalho e com os movimentos desnecessários dos trabalhadores. Para além dos desperdícios deste problema, existem também os problemas de saúde que podem daí advir, pelo que também é necessário focar esta questão.

**Inventário Desnecessário:** Os produtos em curso de fabrico são uma consequência directa do excesso de produção e dos tempos de espera. Este desperdício tende a esconder problemas na

fábrica, que precisam de ser identificados e resolvidos para se poder melhorar a performance operacional. O excesso de inventário aumenta os *lead times*, ocupa espaço na fábrica, estrangula fundos-de-maneio e atrasa a identificação dos problemas. Existindo um fluxo entre postos de trabalho sem inventário desnecessário, muitos produtores conseguiram melhorar os seus serviços e diminuir os seus custos.

**Defeitos:** Este desperdício tem um impacto enormíssimo nas organizações, uma vez que a sua existência implica necessariamente retrabalho ou, se tal não for possível, os produtos vão para a sucata. Os custos associados a este desperdício incluem controlo de inventário, inspecção e perda de capacidade. Em muitas organizações, o custo total dos problemas de qualidade é uma percentagem significativa do custo total de fabrico. O envolvimento de todos os colaboradores, as políticas de melhoria contínua e a implementação de dispositivos de “*poka-yoke*” podem reduzir drasticamente este tipo de desperdícios.

Womack e Jones acrescentaram a improdutividade dos colaboradores aos Sete Desperdícios de Taiichi Ohno. As organizações empregam o pessoal por causa da sua mão-de-obra mas não utilizam a sua capacidade de raciocínio. Apenas estimulando a criatividade de todos os colaboradores é possível eliminar os Sete Desperdícios enumerados anteriormente e melhorar continuamente a sua performance.

Identificar e eliminar estes desperdícios é fundamental para as organizações uma vez que os seus clientes pagam pelo valor acrescentado e não pelo desperdício.

## **2.4 Sistema Kanban de Produção**

O Sistema *Kanban* de Produção foi desenvolvido na Toyota Motors, no Japão, e essencialmente é uma metodologia de programação e controlo de stocks. *Kanban* é um termo japonês que significa “cartão”, e que actualmente é usado em todo o mundo para designar uma ordem de reposição ou movimentação de produtos. Neste tipo de sistemas, tipicamente são usados cartões que funcionam como ordens de produção ou movimentação de produtos.

Uma grande vantagem dos sistemas kanban é que estabelece um limite para o aumento do inventário. Como os cartões kanban estão sempre agregados os produtos, se não existirem cartões no quadro não se poderá iniciar a produção, limitando-se assim o nível dos stocks. Quando se calculam as quantidades para os sistemas kanban tendo em conta o panorama actual da unidade produtiva (improdutividades, defeitos e setups), observam-se quase sempre grandes reduções de inventário. O exercício de calcular estas quantidades promove o identificar da situação actual da fábrica. E se forem usados os dados correctos, é possível quantificar, com um determinado intervalo de confiança, a probabilidade de se abastecer com sucesso os clientes.

Este tipo de sistemas também melhora o fluxo dos produtos. Tal acontece não só devido ao aumento de espaço disponível devido à redução do inventário, mas também devido aos fluxos estarem melhor especificados do que anteriormente. A existência de pontos de controlo, linhas correspondentes aos fluxos e sinais informativos fornecem informações para onde transportar os produtos.

Este sistema tem também a vantagem de a informação relativa às necessidades de produção estarem visíveis para todos, uma vez que os quadros ou os métodos que ordenam a produção estão localizados junto aos postos de trabalho, possibilitando assim que os próprios operários saibam sempre o que terão que produzir. Num sistema convencional são as pessoas encarregadas de planear a produção que têm que informar o pessoal produtivo do que é necessário produzir, sendo sempre o método utilizado de mais difícil interpretação. Para além disso, sendo o sistema a desencadear automaticamente a produção irá libertar os gestores da fábrica para tarefas mais importantes. Assim, estar-se-á a eliminar um desperdício comum nas organizações que passa pelo mau aproveitamento dos recursos humanos.

Todo o método visual deste sistema é útil. Quando se implementam estes sistemas, aproveita-se sempre para colocar nos quadros ou nos cartões informação relevante e que convém que os operários tenham sempre em mente. Assim, qualquer dúvida (por exemplo, quantidade a produzir ou contentor a utilizar) é facilmente respondida sem se perder muito tempo com isso. Para além disso, este sistema permite, se for o caso, visualizar facilmente em que níveis se encontram os supermercados ou buffers a jusante do posto de trabalho. Assim, poder-se-á também optar para que produto iniciar a produção de forma a garantir que os buffers não entram em ruptura.

Sendo este um sistema que define níveis máximos e mínimos de stock, consegue adaptar-se mais facilmente às variações da procura. Se a procura de um determinado produto abrandar, menos produtos vão ser vendidos e assim menos cartões irão ser libertados para os quadros de produção. Não é necessário prever quando a procura voltará aos valores habituais uma vez que, quando tal acontecer, o próprio sistema se encarregará de dar mais ordens de produção.

Por fim, outra grande vantagem deste sistema é que minimiza o risco de se ficar com material ou produtos obsoletos. Uma vez que apenas se produz aquilo que se necessita, quando a vida de determinado produto terminar a produção do mesmo também deixará de existir. No caso de existirem buffers ou supermercados a jusante do posto de trabalho a obsolescência estará limitada à quantidade que lá exista. Uma forma de minimizar estes valores é diminuir as quantidades existentes nos buffers à medida que o produto se aproxime do final de vida.

Os Sistema Kanban de Produção não são a única razão do sucesso operacional da Toyota, tratando-se apenas de mais uma ferramenta. Todos os princípios inerentes à filosofia do *Lean Manufacturing* foram fundamentais para tal sucesso. Por isso, para uma implementação correcta e com sucesso de um sistema de produção deste género é necessário ter um pensamento *lean*, uma vez que o kanban dá visibilidade a uma grande parte dos problemas e desperdícios encobertos pelos métodos de sequenciamento da produção tradicionais. E apenas quando tais desperdícios estiverem eliminados será possível implementar este sistema e atingir as melhorias que são esperadas.

### 3 Estudo Realizado e Solução Proposta

Nesta fase do relatório serão apresentados todos os estudos efectuados que sustentam a solução que foi proposta. Tentar-se-á explicar pormenorizadamente todo o suporte científico deste trabalho e justificar-se-ão todas as decisões que foram tomadas.

#### 3.1 *Análise A.B.C. (Activity Based Costing)*

Efectuada uma primeira análise à situação da fábrica, e conhecendo os diversos fluxos existentes, avançou-se para a fase de estudo da solução a implementar. Após ter sido feito um levantamento do histórico de encomendas de todos os produtos cujos fluxos passavam pela soldadura robotizada, procedeu-se à realização de uma análise A.B.C. Esta análise está profundamente relacionada com o *princípio de Pareto*.

Vilfredo Pareto, economista italiano do século XIX, descobriu durante um estudo sobre a distribuição de riquezas em Milão que 80% da riqueza pertencia a apenas 20% das pessoas. Este princípio, denominado *princípio de Pareto*, aplica-se a muitas situações do nosso quotidiano e serve de base para a análise A.B.C. Esta análise classifica e divide os produtos em três grupos: produtos com quantidades de produção elevadas (A), quantidades de produção moderadas (B) e quantidades de produção baixas (C). Assim, e aplicando o *princípio de Pareto* a esta análise, os produtos A correspondem a 75% da produção e representam 5% da totalidade dos produtos, os produtos B correspondem a 20% da produção e representam 15% da totalidade dos produtos e por fim os produtos C que correspondem a apenas 5 % da produção e representam 80% da totalidade dos produtos.

Para o projecto em causa este tipo de análise é fundamental, uma vez que na secção de soldadura robotizada existem mais de uma centena de fluxos produtivos. Dado que para o nivelamento da produção serão criados supermercados de produtos a jusante da secção em causa, não interessa de todo incluir nos mesmos produtos cuja produção seja esporádica ou cuja quantidade não é significativa. Para além disso, e uma vez que os produtos em causa são peças metálicas, colocar em supermercado peças com fluxos baixos causaria problemas de corrosão. Assim, a análise efectuada agrupou os produtos nas seguintes categorias:

**Tabela 1 – Análise ABC por Quantidades**

	Nº Referências	% Referências	% Referências Acumulado	Quantidades	% Quantidades
<b>A</b>	9	6,16%	6,16%	329317	74,60%
<b>B</b>	17	11,64	17,81%	84616	19,17%
<b>C</b>	120	82,19%	100,00%	27489	6,23%
<b>TOTAL</b>	<b>146</b>	<b>100,00%</b>		<b>441422</b>	<b>100%</b>

Estes dados correspondem ao histórico de encomendas das primeiras 30 semanas de 2008. Numa leitura superficial desta análise concluir-se-ia que o mais indicado seria incluir no sistema kanban apenas os produtos A e B, pois representam aproximadamente 18% dos produtos e correspondem a 94% da produção. No entanto é necessário analisar estes dados com prudência.

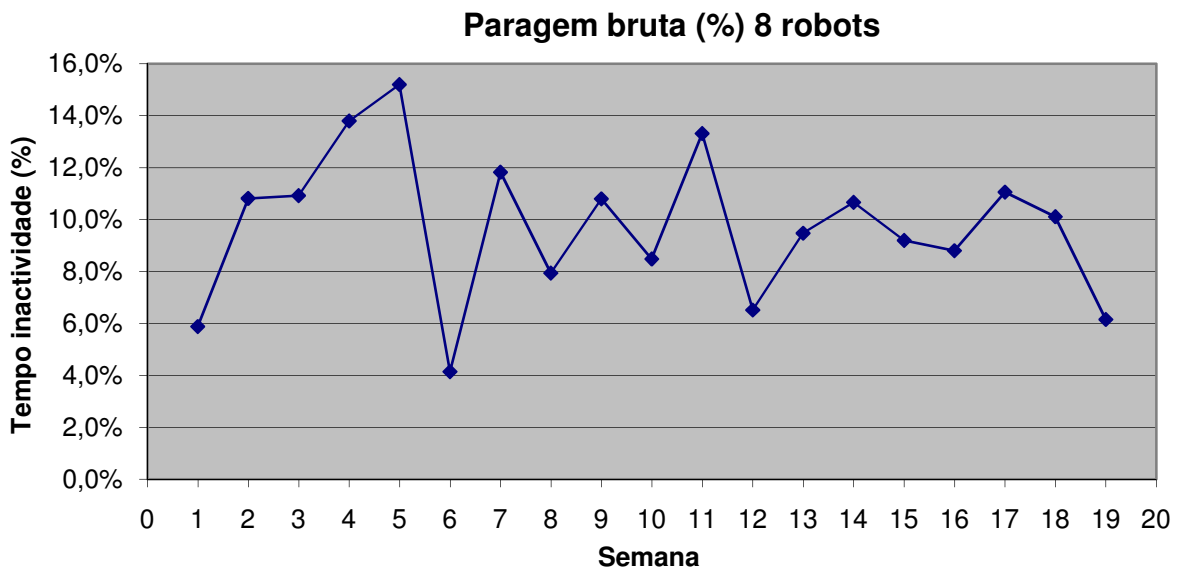
Como já foi referido, não é recomendável que os produtos permaneçam muito tempo em supermercado; pior do que qualquer improdutividade ou desperdício seria se, quando os produtos fossem necessários para a expedição ou para uma fase seguinte dos seus processos, estivessem oxidados e não reunissem as condições mínimas para serem processados. Para além disso, certos produtos que ficaram englobados no grupo C representavam uma taxa considerável de utilização semanal dos robots. Tal aconteceu por serem produzidas poucas unidades semanalmente, mas em quase todas as semanas, e a sua operação ter um tempo de ciclo elevado. Assim, para contornar uma potencial exclusão de um produto relevante, definiu-se que os produtos B com um tempo médio entre encomendas inferior a 3 semanas e os produtos C com um tempo médio entre encomendas inferior a 2,5 semanas seriam incluídos, a par de todos os produtos A, no Sistema Kanban a implementar. Definiu-se ainda que, qualquer produto sem encomendas nas últimas 6 semanas seria excluído deste grupo.

Este análise revelou-se extremamente importante, pois permitiu reduzir drasticamente o número de produtos a estudar, assegurando no entanto aproximadamente 95% da produção da secção de soldadura robotizada.

### **3.2 Recolha de dados**

Antes de se iniciar o processo de cálculo de um sistema kanban é necessário recolher todo um conjunto de informações necessárias para um correcto dimensionamento do mesmo. Inicialmente optou-se por analisar a improdutividade dos robots. Este ponto é particularmente importante pois é necessário ter uma noção do tempo real disponível por turno. Assim, para efeitos de cálculos, é necessário contabilizar todos as paragens programadas e não programadas. Foi considerado como tempo de abertura por turno 460 minutos (retira-se 10 minutos para pausas mais 10 minutos para reuniões de cantos de comunicação). Foram analisados todos os motivos de paragem dos robots e, obviamente, descontadas as paragens

devido a falta de encomendas. Este estudo revelou uma improdutividade média semanal de 10,10%. Assim, o tempo de produção real por turno é de 413,5 minutos.



**Figura 11 – Evolução das Paragens da Soldadura Robotizada**

De seguida, foram analisados os índices de qualidade da secção em causa. Idealmente, este estudo deveria ser feito para cada produto, para que se pudesse ajustar a necessidades de produção consoante os índices de qualidade para cada produto. No entanto, o controlo individual deste parâmetro não era realizado para todos os produtos. Assim, utilizaram-se os dados existentes para os referidos produtos, e para os restantes utilizou-se um valor estimado.

Por último, os tempos de setup de cada referência também são necessários para o dimensionamento deste sistema. Neste caso, existem alguns factores que impedem o apuramento de um valor preciso para cada produto. Por vezes, quando se inicia a produção de uma determinada referência, o tempo de setup é bastante reduzido devido ao gabarito já estar montado na mesa de soldadura. Neste caso, a única operação necessária é a alteração do programa do robot, que demora apenas uns minutos. Por oposição, quando é necessário alterar as duas mesas de soldadura do robot, a operação torna-se bastante mais demorada. Como tal, definiu-se um tempo médio de setup de 30 minutos por referência.

Uma vez que os desperdícios produtivos (improdutividades e problemas de qualidade) foram contabilizados, torna-se necessário utilizar o tempo de ciclo standard de produção de cada peça. Considera-se tempo de ciclo standard o tempo de ciclo óptimo de produção de cada referência. Se fosse utilizado o tempo real estariam a ser contabilizados os desperdícios em duplicado, pois estes condicionam a quantidade produzida por dia.

$$\text{Tempo ciclo real} = \frac{\text{Quantidade produzida por turno}}{\text{Tempo disponível por turno}}$$

Como tal, foram efectuadas medições dos tempos de ciclo standard de todas as operações para evitar este tipo de erro.

De referir que, muitos dos dados necessários já se encontravam informatizados, o que facilitou o tratamento da informação.

### 3.3 Dimensionamento do Kanban

Estando toda a informação reunida e organizada, é possível avançar para o cálculo da solução a propor. De referir que o horizonte temporal usado neste cálculos foi sempre de uma semana.

Nesta fase começou-se por calcular as necessidades ajustadas de produção tendo em conta a taxa de defeituosos. Na secção em causa e empresa apresentava padrões de qualidade elevados por isso este ajuste não se revelou muito significativo.

$$Necessidades\ Ajustadas\ de\ Produção = \frac{Média\ de\ Encomendas}{(1 - Taxa\ de\ Defeituosos)}$$

Assim, ajusta-se as quantidades que são necessárias produzir de cada referência tendo em conta as peças e a taxa de sucata de cada produto. É possível então determinar o tempo médio real necessário para responder às encomendas semanais.

$$Tempo\ Necessário\ de\ Produção = \sum (Necessidades\ Ajustadas\ de\ Produção \times Tempo\ de\ Ciclo\ por\ peça)$$

Tal como já foi referido em cima, também foi calculado o tempo real disponível por turno. Estão incluídas nos tempos de paragem as paragens planeadas e não planeadas.

$$Tempo\ Disponível\ por\ Turno = Tempo\ Total\ por\ Turno - Paragens$$

Uma vez que era conhecida a necessidade de se libertar alguns robots para ensaios industriais, esse facto foi inicialmente tido em conta na implementação deste projecto. Na tabela seguinte podemos observar que são necessários no mínimo 4 robots para se ter a capacidade produtiva correspondente à procura média semanal.

**Tabela 2 – Variação do número de robots**

Nº Robots	8	7	6	5	4	3
Tempo disponível (min)	33083,2	28947,8	24812,4	20677,0	16541,6	12406,2
Semanas p/ percorrer ciclo	0,47	0,53	0,62	0,74	0,93	1,24
Máx setup's p/ refª p/ sem	2,14	1,88	1,61	1,34	1,07	0,80

No entanto, tal como foi referido no início deste capítulo, existem diversos produtos que, apesar de não corresponderem a uma parte significativa da produção, são produzidos nesta secção e, como tal, se fossem utilizados apenas 4 robots a folga para os mesmos seria muito pequena. Assim, optou-se por utilizar 5 robots para a produção normal da secção, dispensando os restantes 3 para ensaios industriais, eventuais manutenções preventivas e, como já foi referido, para processos de industrialização de novos projectos que se encontrem em desenvolvimento.

Na segunda linha da tabela podemos então observar que, para 5 robots, é necessário aproximadamente 74% da semana para responder à procura média. Este será o equivalente ao tempo mínimo, uma vez que neste cenário realizar-se-ia apenas um setup por referência. Interessa, no entanto, calcular o pior cenário e para tal é necessário definir também os lotes de produção de cada referência. Para tal, tentou-se que, sempre que possível, o lote de produção de cada referência correspondesse a um turno de produção, para que fossem sempre o(s) mesmo(s) operador(es) a produzir determinado lote. Assim, no pior cenário, o sistema teria ainda uma folga de 22,07%. Este valor é bastante aceitável e, na prática, corresponde a 1 dia (2 turnos) por semana de folga do sistema.

Outro ponto de particular importância é a contentorização a ser utilizada. Foi feito um levantamento de todas as unidades de contentorização existentes na fábrica e analisou-se quais eram utilizadas para os produtos a incluir no sistema kanban. Na maioria dos casos já existia uma contentorização definida e, nesses casos, concluiu-se que a mesma era adequada (figura 12).



**Figura 12 – Unidade de Contentorização das Estruturas Aixam**

De salientar que, no capítulo 2.1 referiu-se que, na maioria dos casos não existia uma contentorização definida. No entanto, e uma vez que se efectuou uma análise A.B.C., os produtos em estudo são os que representam a maior parte da produção, existindo por isso uma maior organização nestes produtos. Importa no entanto ressaltar que, apesar de estes produtos terem unidades de contentorização associadas, nem sempre eram cumpridas as suas quantidades por contentor.

Nos casos em que a contentorização não estava definida tentou-se utilizar um contentor cuja quantidade correspondesse ao critério de um turno de produção ou que fosse um múltiplo inferior. De referir que todas as unidades de contentorização sugeridas já existiam na fábrica, não existindo assim a necessidade de se investir em novos contentores.

Por fim, foi também tido em conta eventuais lotes de entrega acordados com os clientes. Nos casos em que a soldadura robotizada era a última ou única fase do processo dos produtos era importante que as quantidades por contentor correspondessem a esses mesmos lotes ou então fossem seus múltiplos.

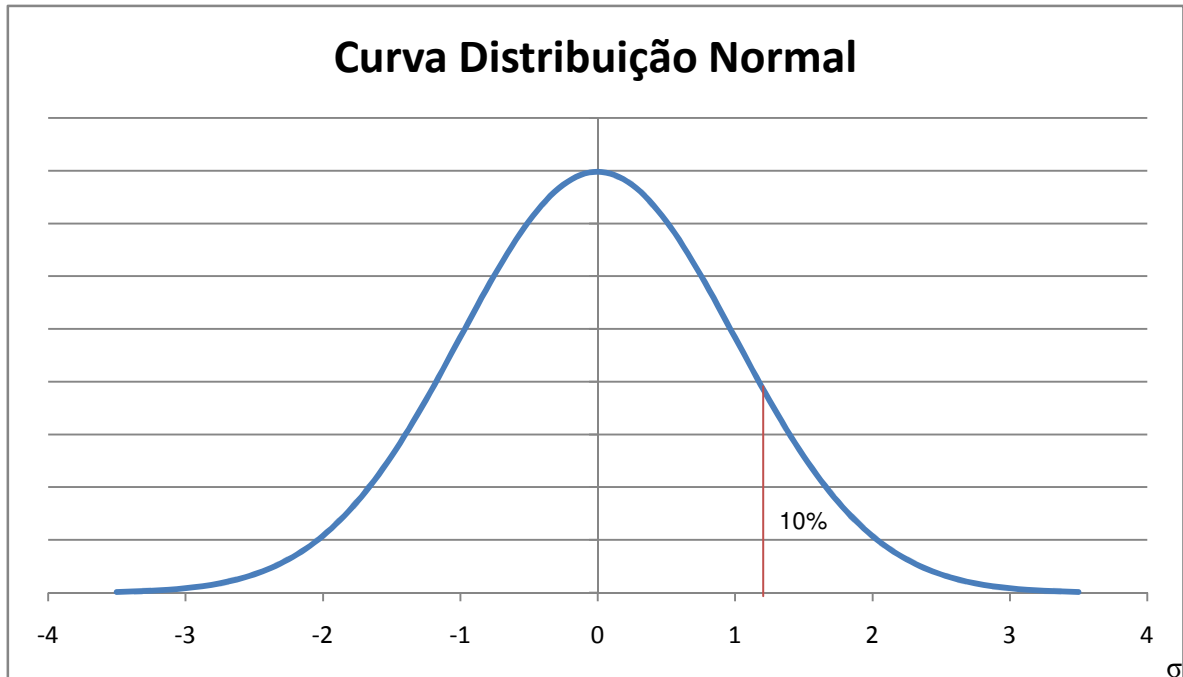
### **3.4 Dimensionamento dos Supermercados**

Um dos pressupostos para a implementação de um Sistema Kanban é a estabilidade na procura. Quando tal não se verifica, utilizam-se supermercados de produtos para absorver a variabilidade da procura. Assim, quanto maior for esta variabilidade, maior terão que as quantidades a incluir no supermercado.

O dimensionamento dos supermercados é de extrema importância neste trabalho. Um dos objectivos deste projecto é o de aumentar a capacidade de resposta e, como tal, torna-se importante que as quantidades sejam suficientemente altas para que o supermercado não entre constantemente em ruptura. No entanto, em qualquer projecto lean deste género também não é desejável ter excesso de stock porque, tal como já foi referido no capítulo 2.3, este é um dos desperdícios mais comuns nas organizações.

Encontrar o ponto óptimo entre dar capacidade de resposta e minimizar o stock é difícil e até um pouco subjectivo. Este ponto depende muito do risco de ruptura que se aceita correr e depende também das consequências desta ruptura. Para um produto de baixo custo e em que existam compensações acordadas com o cliente no caso de se falhar uma encomenda, obviamente que é aconselhável dimensionar por excesso a quantidade em supermercado. Ao contrário disso, um produto de elevado valor e que para o qual não existam grandes problemas no caso de não se responder a tempo a uma encomenda, a quantidade em supermercado poderá ser reduzida e poder-se-á correr um risco de ruptura mais alto sem grandes consequências.

Para o estudo dos supermercados em causa tentou-se quantificar este risco para fundamentar o dimensionamento dos mesmos. Visto que para a análise A.B.C. já tinha sido analisado o histórico de encomendas semanais de todos os produtos, foi utilizada essa mesma amostra para estudar a variabilidade da procura. Conhecida a média e o desvio padrão, e assumindo que a procura dos diversos produtos segue uma distribuição normal, é possível calcular as quantidades em supermercado para termos, por exemplo, um risco de ruptura de 15%, tal como se ilustra na figura 13.



**Figura 13 – Curva da Distribuição Normal**

Quanto maior for a variabilidade da procura, maior será o seu desvio padrão, e consequentemente, maior será o supermercado.

Para o dimensionamento dos supermercados utilizou-se 10% de risco de ruptura como valor de referência (correspondente à média + 1,28  $\sigma$ ). Assim, e tendo em conta as contentorizações anteriormente definidas, dimensionou-se o supermercado para o número de contentores que mais se aproximassem por defeito a este risco. Para calcular este risco por inferência estatística é necessário dividir a quantidade de cada produto pelo tempo que se demora a produzir a procura média (ver tabela 2). Desta forma é também contabilizado o excesso de capacidade que obviamente diminui o risco de ruptura.

Estando as quantidades de cada referência e as respectivas contentorizações definidas, calculou-se a área necessária na fábrica para criar os supermercados. Este ponto revelou-se problemático, pois os valores determinados não eram de todo compatíveis com o espaço disponível na fábrica para estes efeitos.

Para resolver a situação optou-se por criar o supermercado de alguns produtos no final do seu processo. A contentorização final de alguns produtos não é a mesma que é utilizada para os deslocar entre secções (na maioria dos casos são usados carros). Estes carros, para além de terem uma pior relação de quantidade/área ocupada, têm a grande desvantagem de não

poderem ser empilhados (pelo menos enquanto estão carregados). Assim sendo, para 3 produtos optou-se por esta solução. Mesmo sabendo que não é a solução mais desejável, uma vez que entre o supermercado e a secção a nivelar existirão outros processos, esta foi a única solução encontrada. No entanto, esta solução tem também a vantagem de eliminar por completo eventuais problemas de oxidação nas peças, uma vez que assim as peças estão em supermercado já pintadas. Curiosamente, os produtos para os quais se decidiu tomar esta opção são os que têm os critérios de qualidade mais apertados e portanto existia todo o interesse em não correr qualquer risco de oxidação.

Por fim, criar-se-ia ainda uma outra zona de supermercado. Este supermercado seria apenas para dois produtos para os quais já se criava um stock de produto intermédio. Tratam-se de peças que podem ser aplicadas em vários produtos, inclusive em produtos que regressarão novamente à soldadura robotizada. Resolveu-se criar o supermercado destes produtos na zona que anteriormente estava destinada ao armazenamento dos mesmos porque era a zona mais adequada para não criar fluxos desnecessários.

Concluindo, foram propostas 3 zonas distintas de supermercado:

- Supermercado Armazém: produtos que a seguir à soldadura robotizada fossem produto acabado, e para as 3 excepções supracitadas para diminuir a área necessária na fábrica
- Supermercado Fábrica: produtos em curso a seguir à soldadura robotizada
- Supermercado Armazém 23: produtos intermédios com várias aplicações

### **3.5 Quadro e Cartões Kanban**

Toda a programação da produção da soldadura robotizada passaria a estar indicada no quadro de produção e, como tal, houve uma preocupação para que o mesmo fosse visualmente apelativo, sem no entanto deixar de ser funcional e perceptível. Aproveitar-se-ia também para colocar todas as informações relativas ao Sistema Kanban no mesmo, por isso era necessário fazer-se um aproveitamento racional do espaço.

Em vez de se colocar um quadro junto a cada robot, optou-se por criar um único quadro para toda a secção de soldadura robotizada. Este sistema tem a vantagem de, para além de serem necessários menos quadros, reunir toda a informação num único quadro. Assim, poder-se-á analisar mais facilmente a carga de cada um dos robots e decidir, por exemplo, para que robot se encaminha a produção de um produto que não esteja incluído no sistema kanban. Para além disso, desta forma é possível colocar o quadro junto do Canto de Comunicação da secção, preservando assim a homogeneidade da fábrica neste aspecto.

Foram consideradas várias possibilidades para o tipo de quadro a adoptar. A hipótese escolhida foi a que nos garantia uma melhor percepção dos níveis do supermercado, e que ao mesmo tempo possibilitava dar prioridade aos produtos em que o perigo de ruptura fosse maior.

Como é possível observar na figura 14, a fila de espera de cada referência varia de cor consoante o seu afastamento da primeira posição. Uma vez que os cartões são colocados de cima para baixo e retirados na ordem inversa, este sistema de cores permite alertar para o



<b>Robot</b> ____		Quantidade
Referência	Designação	
	Supermercado -	Tempo Produção

**Figura 15 – Exemplo de cartão para produtos não incluídos no Sistema Kanban**

Excepcionalmente, esta coluna dos cartões “Especiais” poderá ter ainda uma outra utilização. No caso de um dos robots estar com uma carga excepcionalmente elevada, poder-se-á passar alguns cartões para um outro robot que esteja parado. Esta situação não deve acontecer muitas vezes uma vez que a distribuição das referências pelos respectivos robots foi feita de forma a balancear a produção dos mesmos, tentando-se distribuir equitativamente a produção. No entanto, e uma vez que o sistema o permite, é sempre uma vantagem estar-se preparado para eventuais semanas atípicas ou encomendas de última hora. Para prevenir eventuais abusos desta situação, apenas um responsável do Departamento de Logística terá permissão para efectuar este tipo de alterações, garantindo-se assim o cumprimento de todas as regras.

De referir ainda que os cartões especiais apenas serão produzidos quando, para esse robot, nenhum outro produto reunir o número mínimo de cartões para iniciar a produção. Esta é uma medida para garantir que nenhuma das excepções ao sistema poderá perturbar o normal funcionamento dos produtos que nele estão inseridos.

Outra regra importante do funcionamento deste sistema é a número mínimo de cartões para iniciar a produção. Para tal, existe um tracejado em todas as colunas de cada referência que indica a quantidade mínima de produção. Uma vez que cada contentor tem que ter um cartão associado, existem produtos cujos cartões representam uma quantidade muito baixa. Desta forma, garantir-se-á que apenas se iniciará a produção de uma determinada referência quando as suas necessidades atingirem uma quantidade aceitável. Desta forma limitam-se o número de setups por semana, garantindo-se assim, para uma procura idêntica à do histórico, a folga do sistema é de 22,07%.

Todas as referências têm pelo menos espaço para dois cartões, uma vez que este é número mínimo para que o sistema funcione convenientemente. No entanto há dois casos onde apenas existe um espaço, e conseqüentemente, um cartão. Tal justifica-se com o facto de a procura média semanal destes produtos ser aproximadamente metade da quantidade por contentor. Esta opção poderia ser problemática não fosse o facto de a variabilidade da procura deste produtos ser muito baixa. Por análise do histórico de encomendas conclui-se que é usual o cliente encomendar sempre a mesma quantidade (uma palete) de duas em duas semanas. Daí a procura média ser metade do valor da palete. Nesta situação, o risco de se criar apenas um cartão para essas referências é reduzido, justificando-se assim esta adaptação.

<b>Robot #1</b>		Quantidade <b>320</b> <small>1/2</small>
<small>Referência</small> <b>2000000720</b>	<small>Designação</small> <b>Est Metal Enc Cab  </b>	
Caixa Metálica 100cm x 80cm x 40cm	<small>Supermercado</small> <b>Armazém</b>	<small>Tempo Produção</small> <b>5h40m</b>

**Figura 16 – Exemplo de Cartão Kanban**

Para ajudar a determinar a carga de cada robot optou-se por incluir nos cartões a informação do tempo necessário à produção do mesmo (ver figura 16). Para além do carácter informativo, é esperado que esta informação seja um incentivo ao aumento da produtividade. Apesar de no dimensionamento do sistema serem tidas em conta as improdutividades, o tempo inserido no sistema foi o tempo standard (tempo óptimo para as respectivas quantidades). Desta forma, os operadores têm uma melhor percepção da improdutividade latente à produção de determinados produtos. Esta informação pode também funcionar para os mais ambiciosos como um objectivo a alcançar. De referir que estes tempos não são utópicos, e como tal, não serão desvalorizados. As informações contidas no cartão são apenas as essenciais para que o mesmo não se torne muito confuso, relegando para o quadro todas as outras informações úteis.

## **4 Implementação e Funcionamento do Sistema**

Esta parte do relatório irá focar essencialmente os aspectos relacionados com a implementação deste sistema, tentando explicar o seu funcionamento e realçando os pormenores que se consideram mais importantes. Recorrer-se-á sempre que possível a fotografias e esquemas para uma melhor compreensão de todo o processo de implementação deste sistema.

### **4.1 Fluxos dos Produtos**

Idealmente, os supermercados devem estar sempre situados imediatamente a jusante das secções que se pretendem nivelar. Neste caso, e como já foi referido no ponto 3.4, tal não foi possível para alguns produtos. Esta alteração modificou o fluxo de alguns produtos entre a secção de soldadura robotizada e os respectivos supermercados. É importante os diferentes fluxos estarem bem definidos e que todos os que vão trabalhar com o sistema os conheçam bem para surgirem o menor número de erros possível.

A figura 17 ilustra esses diferentes fluxos, enumerando os diferentes pontos do circuito kanban. Os números representados no esquema correspondem aos cinco tipos de fluxos existentes no sistema.

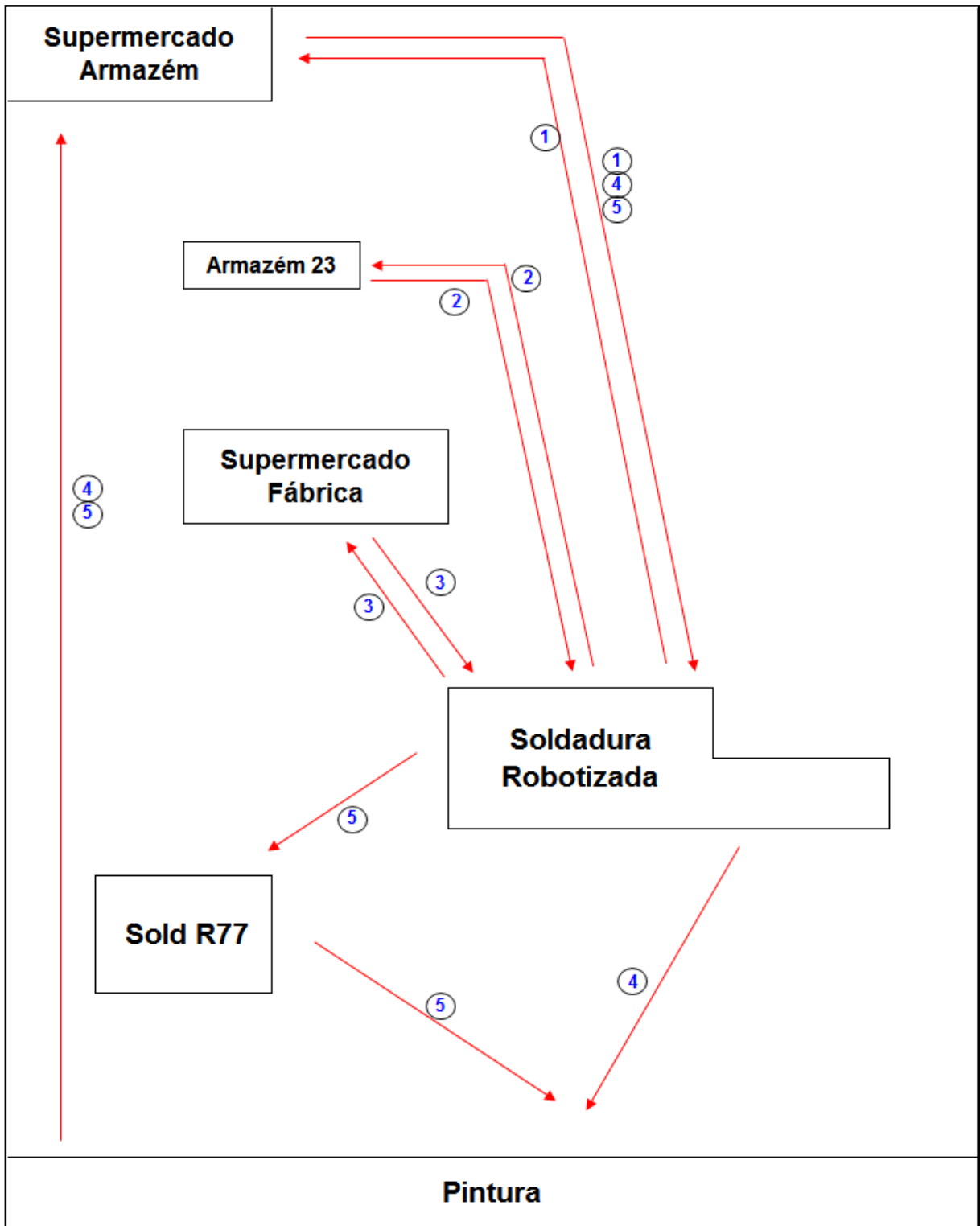


Figura 17 – Esquema dos diferentes fluxos dos cartões

O número 1 corresponde aos produtos em que a soldadura robotizada é a última ou a única operação dos seus processos. Assim sendo, no final desta secção estes são produto acabado e, como tal, teriam necessariamente de ser armazenados no armazém de expedição (ver figura 18).



**Figura 18 – Área do Supermercado “Armazém”**

Estando o supermercado totalmente preenchido, quando surgirem as encomendas destas referências os produtos são expedidos a partir deste ponto. Quando tal acontecer, os cartões correspondentes a esses contentores são libertados para o quadro, funcionando como uma ordem de reposição dos produtos no respectivo supermercado. Este princípio teoricamente é bastante simples mas na prática é comum surgirem complicações. O problema mais comum é o contentor ser expedido sem se retirar o cartão do mesmo. É necessário formar cuidadosamente todas as pessoas que vão lidar directamente com o sistema e sensibiliza-las para o impacto que um erro destes pode causar. Para minimizar a ocorrência destas falhas existem instruções distribuídas por todos os intervenientes, e zonas onde as mesmas estão afixadas, para que qualquer dúvida que surja numa fase inicial do projecto possa ser rapidamente dissipada. Para além disso, este tipo de instruções afixadas em sítios com grande visibilidade tem a vantagem de sensibilizar as pessoas acerca da importância de cumprir todas as regras do sistema.

Os números 2 e 3 têm um fluxo idêntico ao número 1, sendo a principal diferença a localização do supermercado. As referências do tipo 2 são produtos para os quais já existia um stock intermédio. Como tal, utilizou-se a área anteriormente utilizada, procedendo-se apenas a uma reorganização da mesma. Adoptou-se também a designação anteriormente

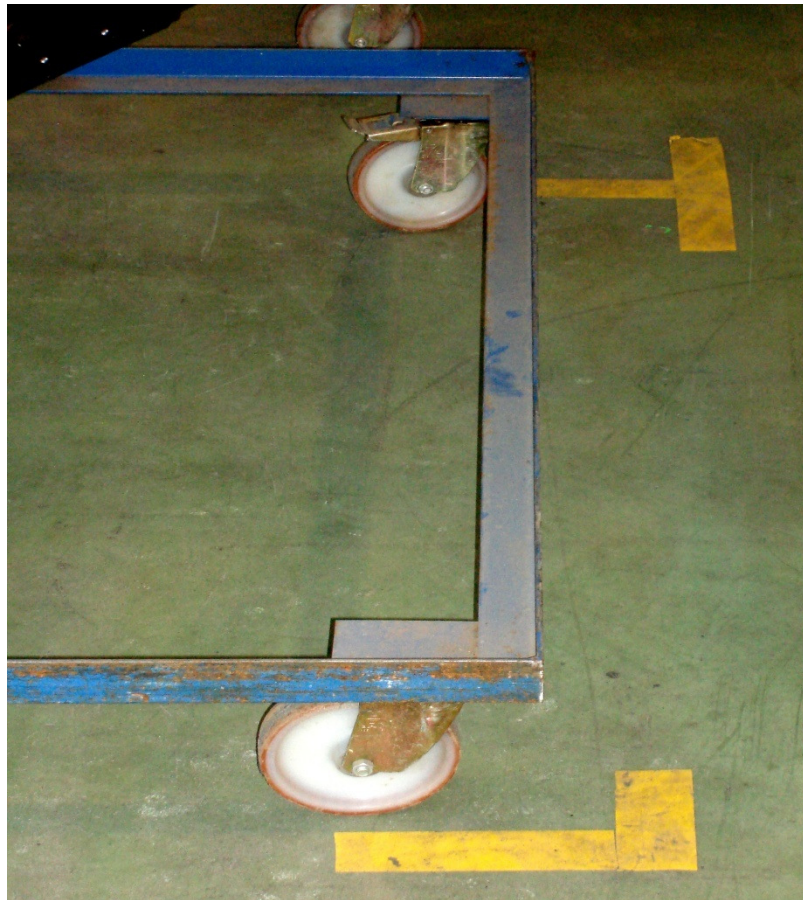
utilizada para o local, denominando-se assim “Supermercado Armazém 23”. A figura seguinte ilustra essa área.



**Figura 19 – Supermercado “Armazém 23”**

Apesar de estas referências serem produto intermédio, considera-se que o fluxo é idêntico aos produtos do tipo 1 uma vez que, para efeitos sistema kanban, os fluxos dos cartões são idênticos: quando um contentor for consumido é libertado cartão correspondente que dará uma ordem de reposição. O facto de ser para consumo interno ou externo é irrelevante para o funcionamento do sistema, desde que as regras sejam igualmente cumpridas.

Os produtos do tipo 3 foram o caso em que houve mais dificuldade para criar a área do supermercado. Para evitar fluxos desnecessários dos produtos, o supermercado destes teria que ficar necessariamente na fábrica, e não no armazém. Foi possível criar uma zona para o efeito precisamente entre a soldadura robotizada e secção seguinte dos seus processos (soldadura manual) para que, mesmo dentro da fábrica, não se criassem fluxos desnecessários. Esta área foi marcada - provisoriamente com fita (tal como se pode ver na figura 20) para posteriormente ser pintada - para que a mesma não fosse ocupada com outros contentores e também para garantir que a organização dos carros optimizasse o espaço disponível.



**Figura 20 – Área marcada provisoriamente para o Supermercado “Fábrika”**

Os produtos do tipo 4 e 5 são os casos em que, essencialmente por uma questão de falta de espaço, se optou por criar o supermercado com produto acabado. O esquema demonstra o fluxo dos produtos quando saem da secção de soldadura robotizada e, conseqüentemente, o fluxo que os cartões percorrem até chegarem ao supermercado. Esta situação foi cuidadosamente analisada por duas razões: existe uma troca das unidades de contentorização após a pintura e, conseqüentemente, uma alteração das quantidades por contentor. O primeiro problema foi resolvido criando uma zona onde os cartões são colocados provisoriamente enquanto as peças são pintadas. Depois de estarem pintadas, são colocadas no contentor final e os cartões são anexados a este. Para resolver o segundo problema criaram-se cartões com uma quantidade de produção múltipla das quantidades das duas contentorizações. Assim, numa primeira fase o contentor teria dois cartões sendo que após a pintura passaria a ter três.

Por fim, importa referir que, sempre que algum produto é consumido dos supermercados, os cartões são enviados para o Departamento de Logística. Desta forma é possível garantir alguns pontos que se consideram fundamentais para um funcionamento correcto do sistema:

- Será sempre a mesma pessoa a colocar os cartões no quadro. Apesar de esta tarefa ser bastante simples, desta forma garante-se que, pelo menos numa fase inicial, não serão cometidos erros na inserção dos cartões.

- Será também essa pessoa que terá a autonomia de gerir, quer a produção de produtos especiais bem como a passagem de produtos de um robot para outro.
- Sendo a Logística o Departamento responsável por garantir o abastecimento adequado aos robots, é importante que tenham conhecimento do que se irá produzir. Uma vez que o planeamento dos robots que até então existia deixará de acontecer, esta é forma mais simples de continuarem a saber o que e quando abastecer.

#### 4.2 Arranque do Sistema Kanban

Para facilitar a implementação deste sistema optou-se por arrancar inicialmente com apenas um robot. Este robot serviria de exemplo para todos os intervenientes e assim poder-se-ia concentrar as atenções na formação das pessoas e eventuais correcções de pormenores que não tivessem sido detectados na fase de estudo. Foi escolhido o robot 3 pois é o que tem os produtos com os fluxos mais simples e também pela proximidade dos supermercado destes à soldadura robotizada. Para além disso, nestes produtos era de esperar que se visualizassem algumas melhorias imediatas em relação ao método de sequenciamento anterior, o que proporcionaria que os mais cépticos comesçassem a acreditar no sistema. Sendo a soldadura robotizada uma operação mais lenta que a manual, a criação de um supermercado de produtos iria reduzir ou eliminar a ociosidade muitas vezes existente no processo mais rápido.

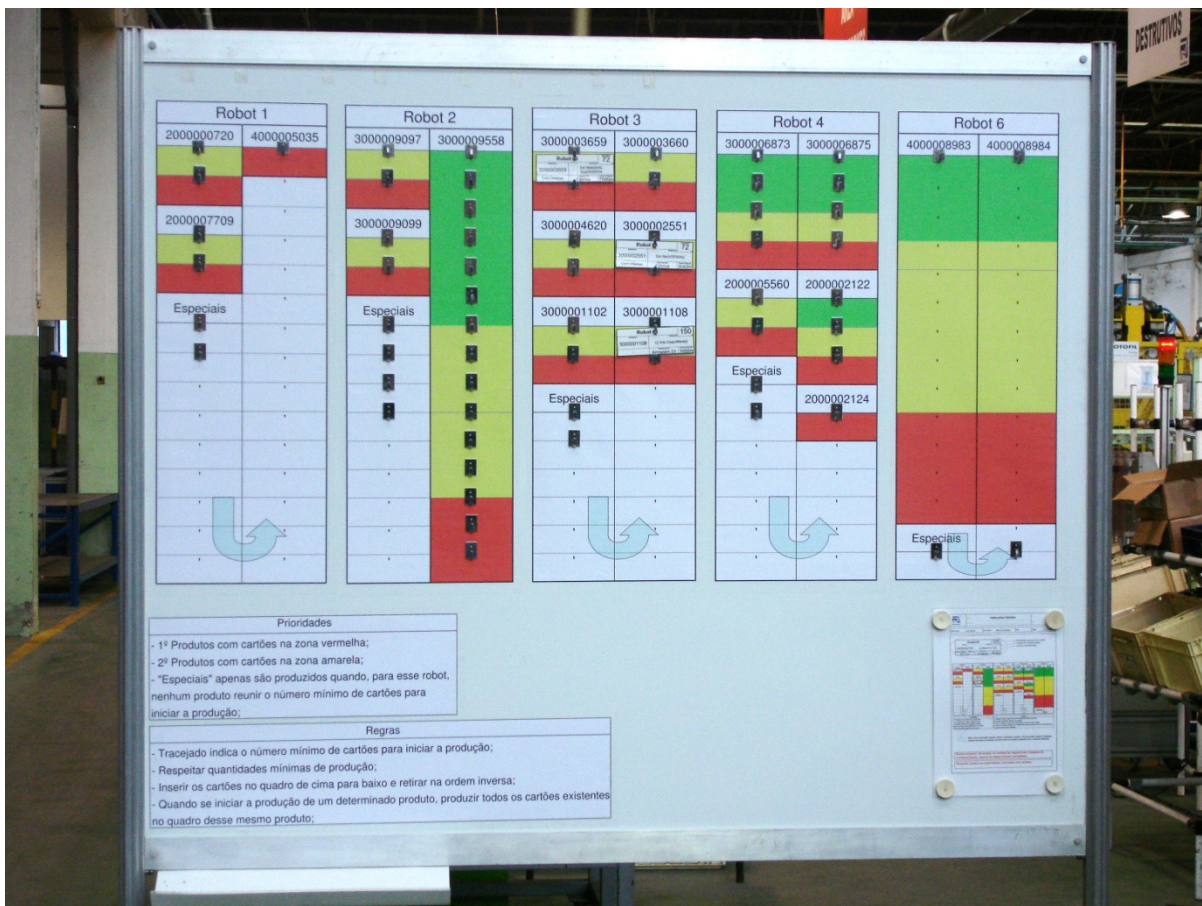


Figura 21 – Quadro de Ordenação Kanban a funcionar apenas com o robot 3

O quadro foi colocado na secção (tal como se apresenta na figura 21), e uns dias antes começou-se a utilizá-lo em paralelo com a folha de planeamento (folha utilizada até então para indicar as ordens de produção). Durante esses dias foi dada formação aos intervenientes e quando estes se começaram a sentir mais familiarizados com o sistema retirou-se a folha do planeamento.

As referências produzidas neste robot são dirigidas para dois supermercados: “Armazém 23” e Supermercado “Fábrica”. Foram afixadas em diversos locais instruções e ajudas visuais para minimizar a ocorrência de erros e criaram-se contentores só para funcionar com o sistema kanban.



**Figura 22 – Contentor destinado à referência 3000001108**

Neste caso específico do “Armazém 23” os contentores permanecem sempre no supermercado. Como estas referências têm aplicações em diversos produtos, quando são necessárias é feita a recolha das mesmas nas quantidades exactas e abastecido o posto de trabalho.

Existem dois contentores por referência, cada um com o respectivo cartão. Estando os dois contentores preenchidos, um encontra-se sempre fechado, sendo o consumo feito sempre do outro. Quando este ficar vazio, pode-se abrir o segundo, e envia-se o cartão correspondente ao primeiro para o quadro kanban para dar a ordem de reposição. Quando as referências estiverem produzidas são colocadas novamente nestes contentores.

A personalização de contentores dedicados exclusivamente aos produtos do sistema kanban já está a ser feita para todos os casos. Apesar de os outros robots ainda não estarem a funcionar neste sistema, achou-se conveniente avançar já neste aspecto para que as pessoas vão ficando sensibilizadas para a uniformização dos contentores. Só sendo rígido neste aspecto se poderá garantir que se obedecerá às quantidades indicadas nos cartões, e uma vez que se prevê que este seja um dos aspectos problemáticos da implementação, quanto mais cedo se definir as regras, mais rápida será a adaptação.



**Figura 23 – Produtos do robot 1 já a utilizar o contentor definido**

Na figura 23 podemos ver uma ajuda visual, que está exemplificada com mais detalhe em anexo, que dará a indicação que estes contentores só poderão ser utilizados para dois produtos, garantindo-se assim que nunca faltarão contentores quando na altura de produzir.


À data de elaboração deste relatório ainda faltava personalizar alguns contentores. Esta personalização, para além da garantia de existirem sempre contentores para o sistema, criará nos mesmos locais próprios para colocar os cartões, garantindo-se assim que menos cartões serão perdidos devido a fixações inadequadas.

Para além disso, a personalização de vários contentores na fábrica só dará mais visibilidade ao sistema, gerando curiosidade por parte daqueles que não estão envolvidos no mesmo. Este facto poderá ser positivo, principalmente numa perspectiva de implementação futura de sistemas idênticos noutras secções. Se tal acontecer, os princípios, as regras e o funcionamento do sistema já não será novidade, o que facilitará a tarefa para quem estiver a dirigir o projecto.

A escolha do robot 3 para implementar o projecto foi feita baseada também no facto de ser o robot que tem mais carga. Isso é positivo pois existe um fluxo maior de cartões, mas por outro lado torna-se mais difícil de encher o supermercado. Como tal, algumas das regras tiveram que ser um pouco flexíveis durante os primeiros dias para não perturbar a produção normal da fábrica. Quando a soldadura manual ficava ociosa, permitia-se que se fosse abastecer do contentor que ainda estava em produção no robot. No entanto, isto serviu para que as pessoas pudessem compreender as vantagens do sistema, chegando à conclusão que, quanto mais rápido se enchesse o supermercado, mais depressa se eliminaria o problema da ociosidade da soldadura manual. Este ponto foi fundamental para que, começando a acreditar e perceber o sistema, as pessoas comesçassem a dar sugestões que se revelaram bastante enriquecedoras.

Aliás, durante toda a fase deste projecto houve uma preocupação em ouvir a opinião de todos. Sendo estas as pessoas que lidam directamente com a produção, são os que necessariamente conhecem melhor os processos, as suas principais dificuldades e até alguns dos desperdícios. Estas opiniões, em alguns casos, podem mesmo significar melhorias significativas no sistema.

Foi também criada uma check-list para auxiliar as auditorias a efectuar aos cartões. A perda de cartões, tal como já foi explicado, é uma questão problemática, e por muita sensibilização que exista neste sentido, não deixará de acontecer.

 Título: <b>CHECK LIST - Controlo Cartões Kanban</b>		N.º: ---								
Subtítulo: _____		Pag.: ---								
Responsável: _____		Turno: _____								
		Data: _____								
Código	Designação	Nº Cartões	Spm Armazém	Armazém 23	Spm Fábrica	Soldadura Robotizada	Sold R77	Pintura	Total Contagem	Diferença
200000720	Est Metal Enc Cab	2								
2000002122	Est Metal Eco 040/440 2pto	3								
2000002124	Est Metal Eco 040/400 2pto	1								
2000005560	Encosto Kinder	2								
2000007709	Est Ap Cab Aligeirado	2								
3000001102	Conj artic Dirt c/manipulo	2								
3000001108	Conj artic Esq c/ manipulo	2								
3000002551	Est Alm VSP Artic	2								
3000003659	Est Metal Artic Esq 2005  Pint	2								
3000003660	Aixam Artic. Dto	2								
3000004620	Ligier JS28 Artic. Esq.	2								
3000006873	TBB+Support Antiburst Sold Mig-Mag	4								
3000006875	TBB+Support Antiburst Sold Mig-Mag	4								
3000009097	Est Enc Dto Microcar P60	2								
3000009097	Est Enc Esq Microcar P60	2								
3000009558	Podium Sub-Assembly B9   s/ pint	15								
4000005035	Bar-Drive-S/Ensemble Tilt/Chape	1								
4000008983	K95 ET 1-3	13								
4000008984	K95 ET 2-3	13								


 -- Não existem cartões do produto nesse local

Figura 24 – Check-List para controlo dos cartões kanban

Como tal, para antecipar este problema foi criada esta check-list que auxiliará as auditorias a efectuar aos cartões. Com o apoio deste documento, o responsável poderá rapidamente começar numa ponta da fábrica até à outra e procurar nos sítios onde poderão estar cartões.

Para além disso, com esta lista o responsável saberá mais facilmente que cartões poderão existir em determinadas zonas. Numa fase inicial, esta auditoria será realizada semanalmente e, no caso de não se verificarem grandes anomalias, poderá ser alargado o prazo entre as mesmas. Este documento será guardado junto das restantes auditorias que se efectuam na secção. O facto de o mesmo ser assinado por quem efectuou a auditoria e ser arquivado junto dos restantes documentos da secção poderá transmitir à pessoa que as irá realizar uma maior importância à tarefa. Desta forma garantir-se-á que a tarefa será concretizada nas datas estipuladas.

No fundo, estas auditorias não evitarão a perda de cartões mas proporcionarão que as mesmas sejam detectadas mais cedo. Desta forma, o cartão poderá ser mais rapidamente repostado, voltando o sistema mais depressa à normalidade.

Nas próximas semanas está planeado avançar com os restantes robots, sendo que apenas ficará pendente o robot 6, visto que os esses produtos ainda estão em fase de industrialização.



Figura 25 – Cartão anexado ao respectivo contentor

## 5 Actividades Paralelas

No período de 6 meses em que decorreu este estágio realizaram-se algumas actividades paralelas que, por divergirem do tema deste projecto, não foram incluídas no corpo do relatório.

O trabalho mais relevante desta série de actividades foi a reorganização de uma determinada zona da secção de pintura. Foi pedido ao estagiário que estudasse e avaliasse as operações de inspecção e embalagem de um determinado produto, concluindo se seria possível alcançar os tempos por peça que tinham sido orçados.

O estudo efectuado revelou que os valores orçados estavam claramente longe dos valores reais e, como tal, estudou-se uma solução para tentar inverter esta situação.

Procedeu-se à medição exaustiva dos tempos de todas operações do processo e foi sugerida uma alteração com vista a reduzir significativamente este tempo.

Inicialmente, a referida operação necessitava de três pessoas para ter capacidade de para responder à procura média semanal de 11200 unidades. Após as alterações, conseguiu-se manter essa capacidade, reduzindo no entanto para duas o número de pessoas necessárias no processo.

Esta redução corresponde a uma melhoria substancial de produtividade apenas recorrendo a uma reorganização do processo. De referir ainda que os índices de qualidade desse produto não foram afectadas com a alteração.

Apesar de se ter efectuado uma melhoria significativa no processo, não se conseguiu baixar os tempos por peça para os tempos que tinham sido orçados, apesar de os valores terem ficado muito próximos. Conclui-se assim que os tempos que tinham sido orçados foram demasiado optimistas.

## 6 Conclusões e Perspectivas de Trabalhos Futuros

Os objectivos inicialmente delineados para este projecto foram atingidos na totalidade, estando previsto que no final dos seis meses de estágio que o sistema kanban esteja aplicado a toda a secção de soldadura robotizada.

A realização deste projecto possuiu uma base académica forte, existindo sempre a intenção de, sempre que possível, fundamentar cientificamente todas as opções tomadas. De facto, existiu sempre um grande apoio dos orientadores na Sunviauto neste sentido, encarando este projecto como “uma ponte entre o mundo académico e o mundo empresarial”.

Importa salientar que o projecto ainda se encontra na fase final da sua implementação, fazendo com que as análises finais e as melhorias introduzidas não sejam ainda totalmente mensuráveis e visíveis. Existiram alguns atrasos relativamente ao planeado devido a algumas incompatibilidades, e apenas se iniciou a fase de implementação no início de 2008. Como tal, houve necessidade de adaptar alguns dos estudos efectuados anteriormente, ajustando a dimensão dos supermercados de acordo com as mais recentes previsões. No entanto, e apesar de o projecto ainda não estar totalmente implementado, é de esperar que as principais melhorias pretendidas sejam alcançadas.

Os primeiros tempos da implementação serviram essencialmente formar convenientemente todas as pessoas que lidariam com o projecto. A opção de se arrancar com o sistema apenas com um robot foi tomada precisamente para facilitar esta formação. Mais importante do que compreender as regras é compreender o conceito. Apenas dessa forma é possível tomar as melhores decisões quando surgirem imprevistos ou questões para as quais o sistema não está preparado. Para além disso, o funcionamento de apenas 1 robot permitiria ao estagiário concentrar as atenções num menor número de produtos, promovendo com isso uma melhor percepção de eventuais desacertos existentes ou pormenores em que o sistema pudesse ser melhorado.

Mesmo o sistema estando ainda em fase de implementação é já possível evidenciar algumas melhorias. Para além da óbvia vantagem de deixar de existir a necessidade de se efectuar um planeamento diário dos robots, este sistema vai limitar necessariamente o inventário dos produtos em causa. Para alguns destes produtos detectou-se que o stock tinha flutuações altíssimas. Por vezes numa semana não se conseguia responder às encomendas, e nas três seguintes o stock atingia valores demasiado altos. Estando este sistema a trabalhar a 100%, tanto uma como outra situação deixarão de acontecer.

Outro problema existente na SVE passava pelos elevados níveis de encomendas em atraso. Este sistema, através dos supermercados de produto acabado, dará uma maior capacidade de resposta à fábrica, melhorando a sua performance neste sentido. E mesmo nas referências em que os supermercados são de produto em curso, esta capacidade de resposta será aumentada.

Nos produtos em causa a soldadura robotizada é o *bottleneck* do processo. Criando *buffers* a jusante da referida secção, o *lead time* de entrega diminuirá consideravelmente.

A empresa utiliza como índice de avaliação de desempenho o O.E.E (que é calculado como *Disponibilidade x Eficiência x Qualidade*). Este índice é calculado para as unidades industriais e especificamente para todas as secções. No entanto verificou-se que o mesmo deixou de ser calculado (ou no mínimo divulgado nos Cantos de Comunicação) especificamente para cada secção. Considera-se de extrema importância que se retome tal prática porque, para além das vantagens conhecidas destas informações, uma melhoria deste indicador ajudaria a fortalecer a importância dos Sistema Kanban.

Considera-se também oportuno que, após a implementação do Sistema Kanban estar concluída e o processo estar estabilizado, este sirva de exemplo na fábrica e se avance para projectos idênticos em diferentes secções da fábrica.

Outra questão que será necessária melhorar no futuro passa pelo aprovisionamento de matéria-prima. Um sistema deste género perde muitas das suas vantagens se na altura de produzir não existir matéria-prima para tal. Voltando à ideia referida no parágrafo anterior, considera-se que esta seria a área ideal onde se poderia aplicar o mesmo princípio.

Durante este projecto observou-se na prática um dos princípios do *Lean Manufacturing*: cerca de 30% do tempo gasto numa máquina em produção não tem explicação. Este é gasto em improdutividades, ritmos de trabalho inadequados e que não seguem linhas orientadoras, ruptura de aprovisionamentos, conflitos de prioridades ou em falta de informação. A abordagem Kanban efectuou-se também a este nível, tentando-se aplicar e implementar metodologias de combate a estas mesmas perdas.

A filosofia de melhoria contínua que definiu a orientação das actividades do estágio tem uma particularidade especial e extremamente importante que é o inconformismo perante qualquer desperdício ou ineficiência. Este ponto é fundamental para se conseguir detectar e eliminar quaisquer improdutividades latentes nos processos.

A maior parte dos custos associados a desperdícios produtivos nem sequer são realmente entendidos e sentidos pelas organizações. As preocupações com o “produzir a tempo e horas” de forma a não falhar entregas aos clientes desviam as atenções destes problemas importantíssimos. De facto, pode ser muito mais penalizador para uma organização os desperdícios existentes do que uma eventual indemnização a um cliente por se ter falhado uma entrega.

Por fim, em termos pessoais, este projecto revelou-se uma experiência muito gratificante, especialmente pelo equilíbrio entre a parte académica e o mundo profissional. Os problemas e as dificuldades encontradas foram claramente compensados com a motivação com que se encarou este projecto, tornando-se assim um trabalho bastante enriquecedor a todos os níveis. A possibilidade de finalmente poder aplicar os conceitos adquiridos ao longo do Mestrado Integrado também foi uma fonte de satisfação.

## 7 Referências e Bibliografias

Chase, R.B., Jacobs, F.R. e Aquilano, N.J. (2004). *Operations Management for Competitive Advantage*. McGraw-Hill/Irwin;

Guimarães, Rui Campos e Cabral, José A. Sarsfield. (1997). *Estatística*. McGraw-Hill;

Womack, James P. e Jones, Daniel T. (2003). *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*;

Imai, Masaaki (1997). *Gemba Kaizen – Estratégias e Técnicas do Kaizen no Piso de Fábrica*. IMAM;

Gross, John M. e McInnis, Kenneth R. (2003). *Kanban Made Simple: Demystifying and Applying Toyota's Legendary Manufacturing Process*. AMACOM

## **ANEXO A: Instruções de Funcionamento em Kanban**



## **ANEXO B: Ajudas Visuais**

	Título: <b>Supermercado Kanban</b>	N.º: _____
	Subtítulo: <b>Armazém 23</b>	Pag.: _____

# 3000001102

## Cj Artic Dto c/ Manipulo

<b>Robot #3</b>		Quantidade
		<b>300</b>
Referência	Designação	1/2
<b>3000001102</b>	Cj Artic Dto c/Manip	
-	Supermercado	Tempo Produção
	<b>Armazém 23</b>	<b>3h40m</b>

- Apenas consumir do contentor quando estiver aberto
- Quando o contentor ficar vazio entregar cartão kanban na logística
- Quando chegarem peças, coloca-las no contentor vazio e anexar o cartão
- Cumprir as quantidades por contentor



Figura 26 – Exemplo de uma ajuda visual presente num contentor

## **ANEXO C: Esquema das áreas definidas para os dois Supermercados**

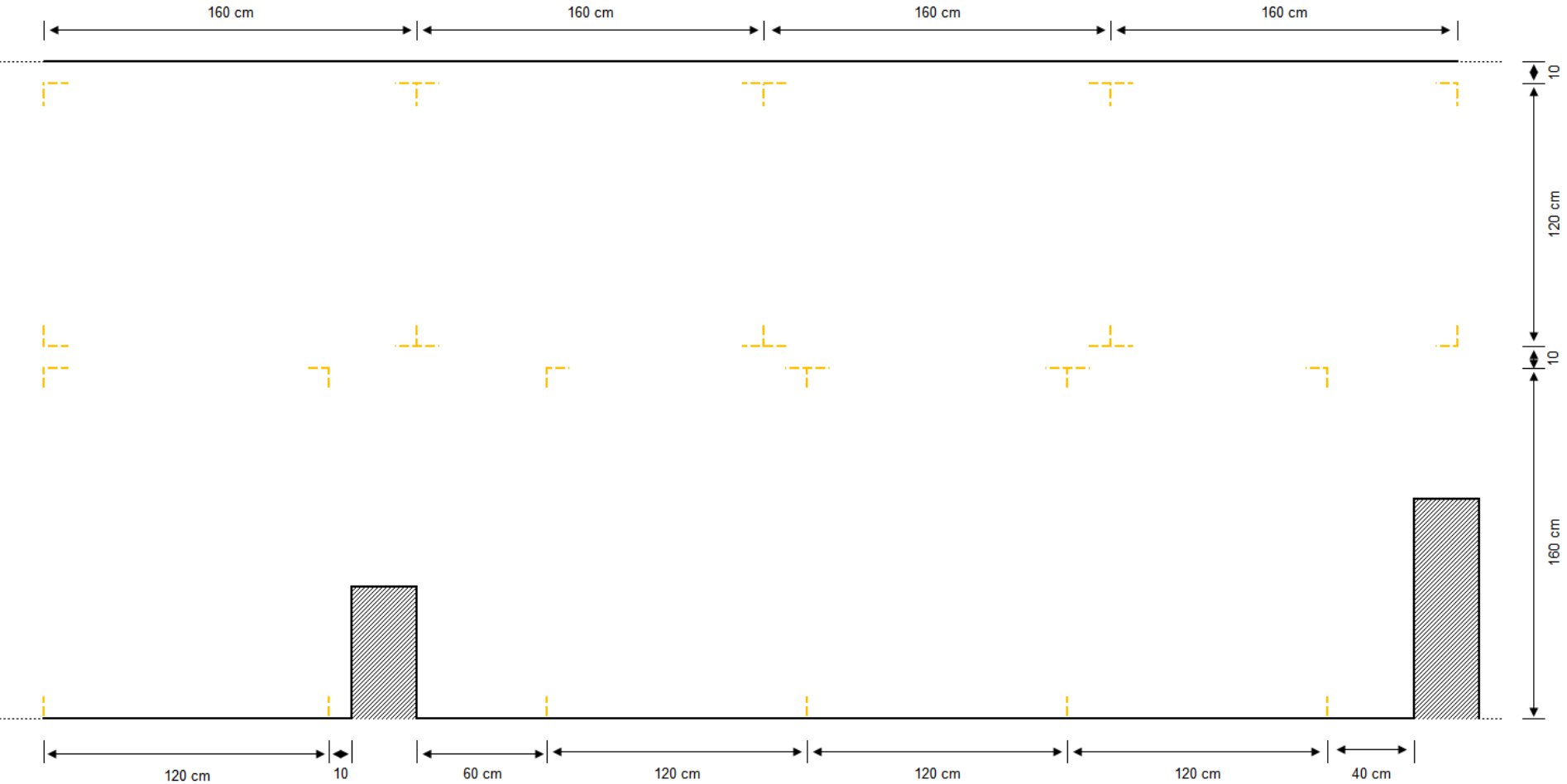


Figura 27 – Supermercado “Fábrica”

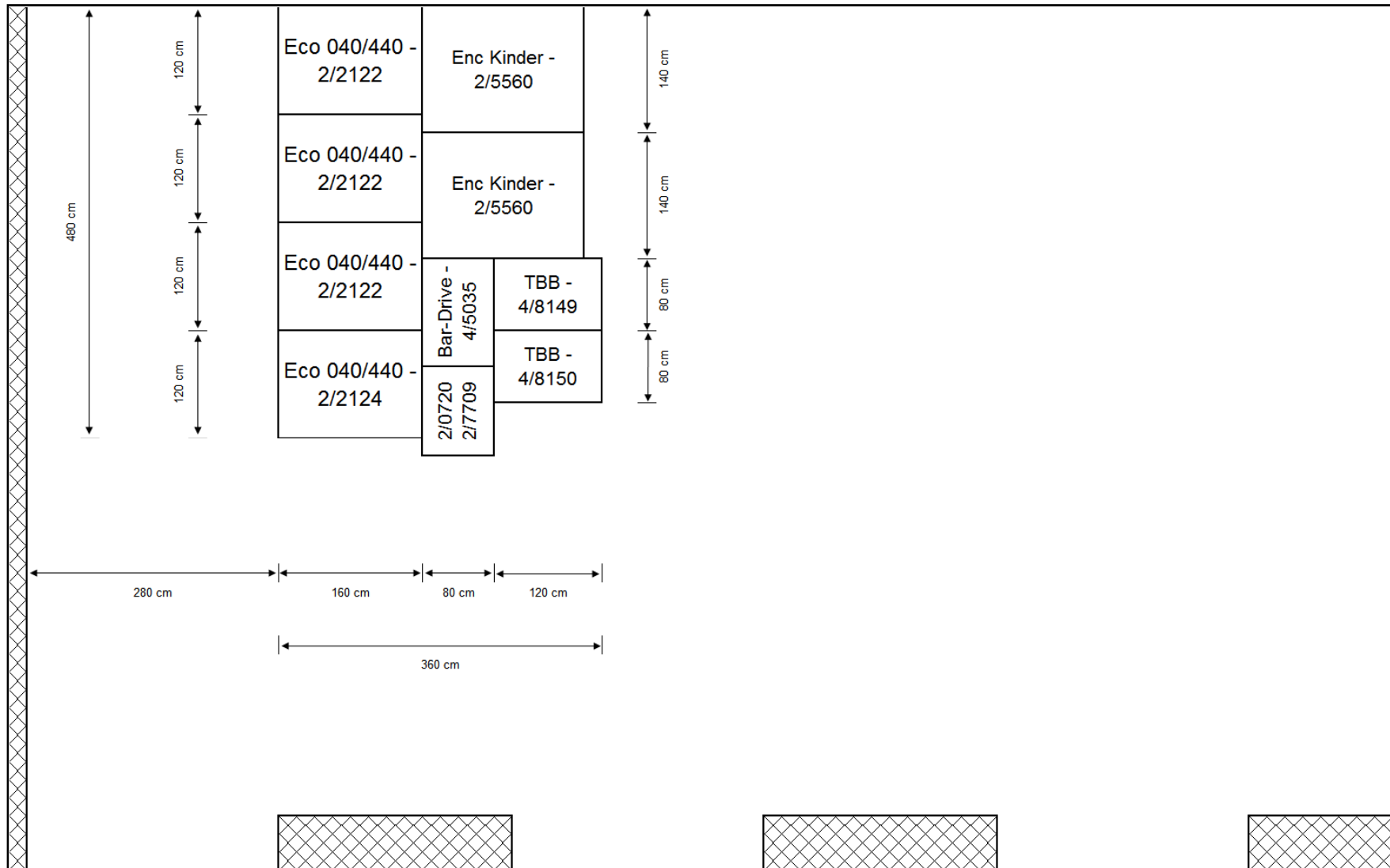


Figura 28 – Supermercado “Armazém”

## **ANEXO D: Estudo da localização do Supermercado de alguns produtos**

		Supermercado produto acabado					Supermercado produto intermédio				
Código	Designação	Qty	Preço Unit	Investimento	Nº Carros	Área (m <sup>2</sup> )	Qty	Preço Unit	Investimento	Nº Carros	Área (m <sup>2</sup> )
3000002551	Est Alm VSP Artic	72	20,82 €	1.499,04 €	3	5,76	144	2,81 €	404,64 €	2	3,84
3000003659	Est MetallArtic Esq 2005  Pint	72	28,28 €	2.036,16 €	3	5,76	144	19,63 €	2.826,72 €	2	3,84
3000003660	Aixam Artic. Dto	72	28,28 €	2.036,16 €	3	5,76	144	19,63 €	2.826,72 €	2	3,84
3000004620	Ligier JS28 Artic. Esq.	72	30,56 €	2.200,32 €	3	5,76	144	19,74 €	2.842,56 €	2	3,84
3000009097	Est Enc Dto Microcar P60	96	24,24 €	2.327,04 €	4	7,68	144	4,08 €	587,52 €	2	3,84
3000009099	Est Enc Esq Microcar P60	96	24,44 €	2.346,24 €	4	7,68	144	4,08 €	587,52 €	2	3,84
<b>TOTAL</b>		<b>480</b>		<b>12.444,96 €</b>	<b>20</b>	<b>38,4</b>	<b>864</b>		<b>10.075,68 €</b>	<b>12</b>	<b>23,04</b>

Área necessária p/ carro (m <sup>2</sup> )	1,920
Lote de produção	72

Spm produto acabado

Sendo o lote de produção de 72 unid. será necessário reunir no quadro 3 cartões para iniciar a produção. Qdo tal acontecer o spm ficará completamente vazio.

Se houver uma encomenda de 48 estruturas o supermercado ficará com apenas 24 estruturas, e não se poderá reabastecer o mesmo pois não teremos o nº mín de cartões para iniciar a produção

Vantagens "Spm produto intermédio"

Menor fluxo dos cartões

Maior facilidade em gerir a produção e os lotes de produção

Menor área necessária, investimento e nº de carros

Risco de ruptura menor

Elimina a ociosidade da soldadura manual


## **ANEXO E: Mapa Resumo do Dimensionamento do Sistema Kanban**

Nivelamento de Fluxos de Produção em Layout Funcional (Lean Manufacturing)

	8 Robots	7 Robots	6 Robots	5 Robots	4 Robots	3 Robots	2 Robots	1 Robot		Tempo ciclo produtivo	15388,59
Tempo abertura	33083,2	28947,8	24812,4	20677	16541,6	12406,2	8270,8	4135,4		Tempo Produção (min)	14818,59
Smns p/ percorrer ciclo	0,465148	0,5316	0,620197	0,7442369	0,930296	1,2403948	1,86059218	3,7211844		Tempo Setup (min)	570
Máx setup's p/ peça p/ smn	2,1498532	1,88112	1,61239	1,3436582	1,074927	0,8061949	0,537463293	0,2687316		Tempo p/ turno (min)	413,54

Código	Designação	Histórico		Previsões		Tempo Ciclo	Tempo Produção	Produção máx p/ turno	5 Robots							
		Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão				Qtd Spm	Risco Ruptura	Investmto em Spm	Área Spm (m <sup>2</sup> )	Qtd mín produção	Lote produção	Tempo Ciclo Produtivo	Nº Cartões
200000720	Est Metal Enc Cab	1204,04	638,61	-	-	1,06	1273,27	391	1600	6,68%	2.016,00 €	0,80	320	320	1386,15	5
2000002122	Est Metal Eco 040/440 2pto	257,58	188,11	-	-	3,19	822,10	130	400	6,62%	1.832,00 €	9,60	160	80	870,39	5
2000002124	Est Metal Eco 040/400 2pto	48,48	62,42	-	-	2,66	128,73	156	80	16,85%	355,20 €	1,92	80	80	146,91	1
2000005560	Encosto Kinder	41,41	36,79	-	-	20,12	833,11	21	72	6,39%	2.642,40 €	9,41	24	12	884,88	6
2000007709	Est Ap Cab Aligeirado	489,60	88,83	-	-	1,06	518,98	390	640	0,00%	812,80 €	0,48	320	320	564,88	4
3000001102	Conj artic Dirt c/manipulo	622,22	351,01	-	-	0,72	446,96	576	900	4,46%	4.824,00 €	-	300	300	509,19	3
3000001108	Conj artic Esq c/ manipulo	170,71	139,31	-	-	0,72	122,91	574	300	4,55%	1.608,00 €	-	150	150	157,05	2
3000002551	Est Alm VSP Artic	162,63	82,06	-	-	3,00	487,88	138	216	5,64%	606,96 €	5,76	72	24	555,64	9
3000003659	Est MetallArtic Esq 2005  Pint	177,78	81,32	-	-	5,67	1007,58	73	216	7,22%	4.229,28 €	5,76	72	24	1081,66	9
3000003660	Aixam Artic. Dto	150,06	117,64	-	-	5,62	843,73	74	216	10,48%	4.229,28 €	5,76	72	24	906,25	9
3000004620	Ligier JS28 Artic. Esq.	168,13	88,41	-	-	5,52	927,54	75	216	7,28%	4.302,72 €	5,76	72	24	997,60	9
3000006873	TBB+Support Antiburst Sold Mik	936,36	736,62	930,10	83,25	0,52	483,23	801	1536	6,14%	3.517,44 €	1,92	768	192	519,81	8
3000006875	TBB+Support Antiburst Sold Mik	930,30	702,42	930,10	83,25	0,52	480,10	801	1536	5,18%	3.517,44 €	1,92	768	192	516,44	8
3000009097	Est Enc Dto Microcar P60	151,52	50,00	-	-	3,17	480,30	130	216	0,25%	881,28 €	5,76	72	24	543,43	9
3000009099	Est Enc Esq Microcar P60	151,52	50,00	-	-	3,17	480,30	130	216	0,25%	881,28 €	5,76	72	24	543,43	9
3000009558	Podium Sub-Assembly B9   s/ p	757,58	75,00	-	-	1,00	757,58	414	640	7,13%	3.321,60 €	4,80	360	120	820,71	16
4000005035	Bar-Drive-S/Ensemble Tilt/Chap	312,33	449,19	-	-	1,24	387,80	333	800	4,29%	1.032,00 €	0,96	800	800	399,52	1
4000008983	K95 ET 1-3	1767,68	175,00	-	-	1,23	2165,40	338	1400	22,68%	11.648,00 €	-	280	70	2354,80	20
4000008984	K95 ET 2-3	1767,68	175,00	-	-	1,23	2165,40	338	1400	22,68%	9.772,00 €	-	280	70	2354,80	20
									<b>Total</b>		<b>62.029,68 €</b>	<b>66,37</b>		<b>Total</b>	<b>16113,53</b>	
														<b>Folga</b>	<b>22,07%</b>	

Código	Designação	Observações
200000720	Est Metal Enc Cab	Spm Armazém expedição. Fluxo: Robots - Spm
2000002122	Est Metal Eco 040/440 2pto	Spm Armazém expedição. Fluxo: Robots - Spm
2000002124	Est Metal Eco 040/400 2pto	Spm Armazém expedição. Fluxo: Robots - Spm
2000005560	Encosto Kinder	Spm Armazém expedição. Fluxo: Robots - Spm
2000007709	Est Ap Cab Aligeirado	Spm Armazém expedição. Fluxo: Robots - Spm
3000001102	Conj artic Dirt c/manipulo	Spm Armazém 23. Fluxo: Robots - Spm
3000001108	Conj artic Esq c/ manipulo	Spm Armazém 23. Fluxo: Robots - Spm
3000003659	Est MetallArtic Esq 2005  Pint	Spm fábrica. Fluxo: Robots - Spm
3000003660	Aixam Artic. Dto	Spm fábrica. Fluxo: Robots - Spm
3000004620	Ligier JS28 Artic. Esq.	Spm fábrica. Fluxo: Robots - Spm
3000006873	TBB+Support Antiburst Sold Mik	Spm Armazém expedição. Fluxo: Robots - Sold R77 - Pintura - Spm
3000006875	TBB+Support Antiburst Sold Mik	Spm Armazém expedição. Fluxo: Robots - Sold R77 - Pintura - Spm
3000009558	Podium Sub-Assembly B9   s/ p	Spm Armazém expedição. Fluxo: Robots - Pintura - Spm
4000005035	Bar-Drive-S/Ensemble Tilt/Chap	Spm Armazém expedição. Fluxo: Robots - Spm
4000008983	K95 ET 1-3	Spm Armazém expedição. Fluxo: Robots - Pintura - Spm
4000008984	K95 ET 2-3	Spm Armazém expedição. Fluxo: Robots - Pintura - Spm

 Produto em processo de industrialização

## **ANEXO F: Overall Equipment Effectiveness**

