



Universidade de Aveiro
2014

Departamento de Economia, Gestão e
Engenharia Industrial

**Vítor Hugo de
Pina Soares
Carvalho**

**Implementação de um sistema *Kanban* na
indústria metalomecânica**



**Vítor Hugo de
Pina Soares
Carvalho**

**Implementação de um sistema *Kanban* na
indústria metalomecânica**

Relatório de projeto apresentado à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial, realizada sob a orientação científica do Doutor José António de Vasconcelos Ferreira, Professor Associado do Departamento de Economia, Gestão e Engenharia Industrial da Universidade de Aveiro.

o júri

presidente

Prof. Doutora Maria João Machado Pires da Rosa
Professora Auxiliar, Universidade de Aveiro

Prof. Doutor Manuel Augusto de Pina Marques
Professor Auxiliar, Universidade do Porto - Faculdade de Engenharia

Prof. Doutor José António de Vasconcelos Ferreira
Professor Associado, Universidade de Aveiro

agradecimentos

Ao professor Doutor José Vasconcelos Ferreira, pela disponibilidade e orientação.

A todos os colaboradores do grupo HM consultores, Irbal e Leanked pela ajuda e disponibilidade demonstrada, em especial ao Eng.º José Paulo Rodrigues.

A toda a minha família, à Liliana e a todas as outras pessoas que direta ou indiretamente me ajudaram.

palavras-chave

Pull system, Just-in-Time, Kanban, Planeamento da produção

resumo

O presente trabalho tem como base o desenvolvimento e implementação de um sistema piloto de *kanban* num posto de trabalho numa indústria metalomecânica.

A Irbal é uma empresa de fabricação de máquinas para construção civil, que utilizava os tradicionais sistemas de produção com base na produção *push* e com recurso a ordens de fabrico.

Foi selecionado um posto de trabalho que produzia um elevado número de referências, para que o sistema pudesse assim ser testado, e foi aplicado o sistema de um cartão *Kanban*. Caso o projeto seja bem-sucedido, está previsto o seu posterior alargamento a outros processos produtivos da empresa.

A falta de algum material encomendado não possibilitou que o sistema *kanban* entrasse em funcionamento.

Contudo, a proposta de solução desenvolvida foi aprovada pela empresa.

Em resumo, foram analisadas as características do posto de trabalho em questão, foi dimensionado o *Kanban* e definidas todas as características inerentes à ferramenta.

keywords

Pull system, Just-in-Time, Kanban, Production planning

abstract

The aim of this Project was develop and implement the Kanban system into a metalworking industry.

The Irbal is a company that manufactures construction machinery, using traditional push systems based on production orders.

In order to the possibility of being tested, a workcenter which produced a high number of different products was chosen and it was applied the one card Kanban method. If the project is successful, its extension to other processes of the company is planned.

The lack of some equipment ordered didn't allow that the work to be completed. However, the proposed was approved by the company.

In summary, the work's characteristics were analyzed, the Kanban has been designed and it was defined all the features related to this system.

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	ENQUADRAMENTO	1
1.2	OBJETIVOS	1
1.3	ESTRUTURA DO RELATÓRIO	2
2	ENQUADRAMENTO TEÓRICO	3
2.1	O SISTEMA <i>PULL</i> DE PRODUÇÃO	3
2.2	O PRINCÍPIO <i>JUST IN TIME</i>	4
2.3	KANBAN.....	5
2.3.1	ORIGEM DO <i>KANBAN</i>	5
2.3.2	O SISTEMA <i>KANBAN</i>	6
2.3.3	BENEFÍCIOS DO SISTEMA <i>KANBAN</i>	16
2.4	GESTÃO DE PRIORIDADES E QUADRO DE PLANEAMENTO	18
3	CASO DE ESTUDO – A IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA <i>KANBAN</i> NA IRBAL.....	20
3.1	APRESENTAÇÃO DA EMPRESA	20
3.1.1	HISTÓRIA DA IRBAL.....	20
3.1.2	INFORMAÇÃO GERAL	21
3.1.3	<i>LAYOUT</i> FABRIL E FLUXO DE PRODUÇÃO	22
3.1.4	O PRODUTO.....	24
3.2	O ATUAL SISTEMA DE PLANEAMENTO DE PRODUÇÃO.....	24
3.3	OBJETIVOS	25
3.4	METODOLOGIA.....	26
4	RESULTADOS	28
4.1	SELEÇÃO DO POSTO DE TRABALHO PILOTO.....	28
4.2	DEFINIÇÃO DO CIRCUITO DOS <i>KANBANS</i>	29
4.3	RECOLHA DE DADOS.....	31

4.4	DIMENSIONAMENTO DO <i>KANBAN</i>	33
4.4.1	DEFINIÇÃO DA CAPACIDADE DO CONTENTOR.....	33
4.4.2	DETERMINAÇÃO DO INTERVALO DE REABASTECIMENTO	36
4.4.3	DETERMINAÇÃO DO <i>STOCK</i> DE SEGURANÇA	37
4.4.4	QUANTIDADE DE <i>KANBAN</i>	38
4.4.5	RESULTADOS ESPERADOS	39
4.5	CONCEÇÃO DO <i>KANBAN</i>	41
4.5.1	<i>DESIGN</i> DO <i>KANBAN</i>	42
4.5.2	RODA DE <i>SETUP</i>	43
4.6	GESTÃO DE PRIORIDADES	46
4.7	FORMAÇÃO, ENTRADA EM FUNCIONAMENTO, MONITORIZAÇÃO E EVOLUÇÃO DO SISTEMA	47
5	CONCLUSÕES.....	49
5.1	REFLEXÃO SOBRE O TRABALHO REALIZADO	49
5.2	DESENVOLVIMENTOS FUTUROS	50

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Diagrama esquemático do funcionamento de um sistema pull com pontos de estocagem entre os processos. PTj - posto de trabalho a montante, PTj+1 posto de trabalho a jusante (adaptado de (Hopp e Spearman, 2004))	3
Figura 2- Diagrama esquemático do funcionamento de um sistema Kanban com apenas um cartão, (adaptado de (Sendil Kumar and Panneerselvam, 2007))	7
Figura 3 -Diagrama esquemático de um sistema de dois cartões (Sendil Kumar and Panneerselvam, 2007	9
Figura 4 - Exemplo de um cartão Kanban (Onho, 1988)	10
Figura 5 - Diagrama esquemático do funcionamento do modelo CONWIP (Huang e Kusiak,1996).....	13
Figura 6 - Quadro de gestão de prioridades (Courtois, Martin-Bonnefois et al., 1996)	19
Figura 7 - IRBAL-Irmãos Barros Ltd.....	20
Figura 8 - Localização da Irbal.....	21
Figura 9 - Organigrama da Irbal.....	22
Figura 10 - Layout Irbal.....	23
Figura 11 - PA01.161.13F.0222 BET 160 - 700WT 60HZ 220V TP CF LARANJA - DT ...	24
Figura 12 - PA01.121.13E.3126 BET 125 - 700WT TP CP LARANJA - DT	24
Figura 13 - Posto de trabalho balancé 6	28
Figura 14 - Diagrama esquemático representativo do circuito dos <i>kanbans</i>	29
Figura 15 - Circuito físico dos materiais e cartões kanban	30
Figura 16 - Contentor A (600x500x500 mm)	33
Figura 17 - Contentor B (1000x800x800 mm)	33
Figura 18 - Caixa A (300x200x170 mm).....	34
Figura 19 - Caixa B (400x300x170 mm).....	34
Figura 20 - Caixa C (600x400x170 mm)	34
Figura 21 - Exemplo de um cartão kanban do Balancé 6 da Irbal	42
Figura 22 - Roda de Setup Balancé 6	45
Figura 23 - Exemplo de funcionamento da régua de suporte Kanban.....	46

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Dados recolhidos relativamente ao PT Balancé 6	32
Tabela 2 - Capacidade dos contentores atual e futura com a entrada em funcionamento do sistema kanban.....	35
Tabela 3 - Calculo do tempo disponível para produção	36
Tabela 4 - Calculo do tempo disponível para C/O.....	37
Tabela 5 - Quantidades a manter como stock de segurança (SS)	38
Tabela 6 - Tabela referente à quantidade de kanbans a circular para cada referência	39
Tabela 7 - Quantidades de stock na fábrica.....	40
Tabela 8 - Quantidade total de peças na fábrica.....	41
Tabela 9 - Construção da roda de setup	44

LISTA DE ACRÓNIMOS

CONWIP – Constant work in process

C/O – *Changeover*

JIT – *Just-in-time*

KP – *Kanban* de produção

KT – *kanban* de transporte

MP – Matéria-prima

MRP – *Material Requirement Planning*

OF – Ordem de fabrico

PT – Posto de trabalho

SMED – *Single Minute Exchange of Dies*

SS – *Stock* de segurança

TNP – Tempos não produtivos

TPS – *Toyota production system*

WIP – *Work in process*

1 INTRODUÇÃO

1.1 ENQUADRAMENTO

Este documento relata o projeto realizado no âmbito do curso de Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial da Universidade de Aveiro, sendo um requisito obrigatório para a obtenção do grau de mestre em Engenharia e Gestão Industrial.

O projeto é resultante de um estágio de nove meses na empresa Leanked - *Lean and Kaizen consulting*. O trabalho de campo foi realizado na empresa IRBAL - Irmãos Barros Lda. e versou a implementação do sistema *Kanban* num posto de trabalho, com vista a uma possível replicação a outros postos de trabalho e processos produtivos da empresa.

1.2 OBJETIVOS

Este trabalho tem como principal objetivo a implementação do sistema *Kanban* num posto de trabalho da IRBAL. A implementação de um sistema *Kanban* representa uma mudança de paradigma no sistema produtivo da empresa, uma vez que será o primeiro passo da transição do sistema de produção de uma lógica *push* (produção empurrada) para *pull* (produção puxada).

Com a implementação do sistema *Kanban* espera-se conseguir três benefícios principais:

- Diminuir do tamanho dos lotes de produção;
- Simplificar e otimizar o processo de planeamento da produção;
- Alinhar o ritmo da produção com a procura do (posto de trabalho) cliente.

A primeira fase do trabalho passará pela seleção de um posto de trabalho que tenha as características adequadas para a realização do projeto. Seguir-se-á uma fase de recolha de todos os dados que caracterizam o processo após a qual será feito o dimensionamento e conceção do *Kanban*. Por último serão tiradas as devidas ilações sobre o que foi ou não bem-sucedido no projeto e identificados possíveis pontos de melhoria.

2 | INTRODUÇÃO

De salientar que se espera que o sucesso deste projeto piloto sirva de motivação e aprendizagem para todas as pessoas envolvidas e dê o crédito necessário para a implementação do sistema *Kanban* noutros postos de trabalho e processos produtivos da Irbal.

1.3 ESTRUTURA DO RELATÓRIO

Este documento encontra-se dividido em 5 capítulos.

O presente capítulo pretende fazer uma pequena introdução ao trabalho proposto.

No capítulo 2, é feito o enquadramento teórico dos conceitos abordados no trabalho como é o caso do sistema *Kanban*, sistema *pull* de produção e princípio *Just in time*.

No capítulo 3, é feita a exposição do caso de estudo, onde se começa por fazer uma descrição da empresa, do seu sistema de produção e por fim se definem os objetivos e metodologia.

No capítulo 4 é apresentado o trabalho prático desenvolvido na empresa de acordo com a metodologia descrita anteriormente. São ainda referidos os principais problemas e dificuldades na aplicação da mesma.

Por fim, o capítulo 5 é reservado às conclusões, onde se faz um balanço final do trabalho desenvolvido e se aponta o caminho no que diz respeito a trabalhos futuros.

2 ENQUADRAMENTO TEÓRICO

2.1 O SISTEMA *PULL* DE PRODUÇÃO

O termo inglês *pull* significa “puxar”. Este é um método de planeamento cujo objetivo passa por manter uma quantidade limitada de *work in process* (WIP), quantidades mínimas de matérias-primas e produtos acabados. Em *pull* apenas é produzido o que o cliente requer, ou seja, a produção é “puxada” pelo cliente.

A base de funcionamento desta metodologia reside na ideia de que nada deverá ser produzido até que haja a procura desse produto. Quando um produto é vendido, o último posto de trabalho (PT) do processo produtivo puxa do posto anterior as peças necessárias para o substituir e assim sucessivamente.

Um diagrama esquemático do funcionamento do sistema *pull* de produção é mostrado na figura 1.

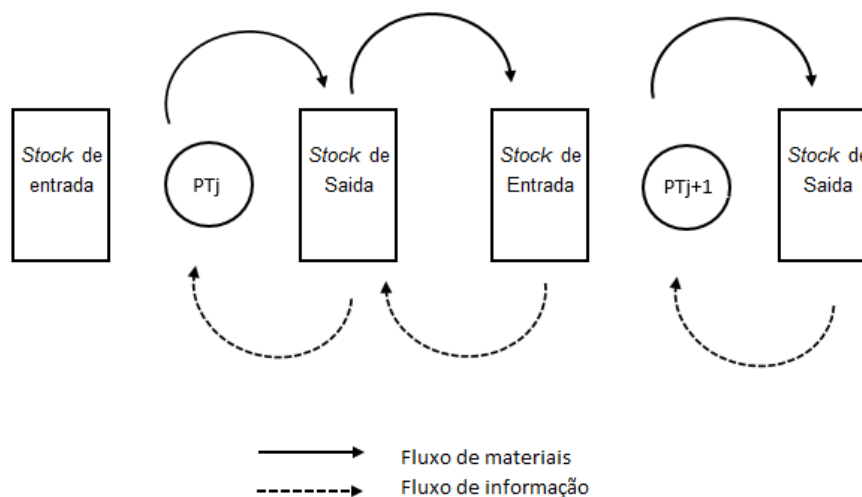


Figura 1 - Diagrama esquemático do funcionamento de um sistema *pull* com pontos de estocagem entre os processos. PTj - posto de trabalho a montante, PTj+1 posto de trabalho a jusante (adaptado de (Hopp e Spearman, 2004))

De acordo com Spearman, o *pull* pode ser aplicado quer a um nível estratégico, quer a um nível tático. Estabelecer o ritmo de produção com o *takt time* (ritmo da procura do cliente)

é implementar o *pull* a um nível estratégico, em que o ritmo de produção está alinhado com a cadência da procura do cliente. Já o *pull* a nível tático está muitas vezes associado ao *Kanban*. Assim, o *pull* tático pode ser definido como um sistema de produção que limita a quantidade de *WIP* que se encontra no sistema (Hopp e Spearman, 2004)

É ainda defendido por Spearman que, no mundo real, não é possível termos sistemas puramente *pull* ou puramente *push*. Ainda que o *Kanban* defina explicitamente o limite de *WIP* haverá sempre circunstâncias em que esse limite não será respeitado (Hopp e Spearman, 2004)

2.2 O PRINCÍPIO *JUST IN TIME*

Os sistemas tradicionais de controlo de produção baseiam-se na premissa de manter inventário de *WIP* ao longo de todos os processos de forma a absorver possíveis problemas e também alterações na procura. No entanto, estes sistemas criam, muitas vezes, falta de balanceamento entre os processos, o que, por sua vez, leva a *stocks* desnecessários. De forma a contrabalançar este fenómeno surgiu o princípio *just-in-time* (JIT). Princípio este que tem como objetivo a eliminação de todos as fontes de desperdícios, obtendo a quantidade certa de matérias e produzindo a quantidade certa de produtos no local certo à hora certa, tendo como principal motor o método *Kanban* (Mukhopadhyay e Shanker, 2005)

O princípio de produção JIT é um método onde o *Lead time* (prazo de entrega) da produção é reduzido, todos os processos estão prontos para produzir as partes necessárias, na hora necessária, mantendo apenas níveis mínimos de inventário essenciais ao funcionamento do processo (Sugimori, Kusunoki et al, 1977). Assim, tendo os níveis de inventário e *lead time* controlados, este sistema garante que não haverá excesso de equipamentos e trabalhadores.

Modo de funcionamento:

- Retirar do processo anterior: todos os processos têm que estar capacitados para rapidamente poderem “puxar” as partes necessárias do processo anterior, de acordo com o *timing* e quantidades requeridas;
- one piece production e transporte: todos os processos têm que ter a capacidade de, no limite, produzir apenas uma peça e transportá-la. Isto significa que não é permitido o

excesso de produção e excesso de inventário entre processos, todos os postos estão limitados a um lote de produção e a um lote de transporte.

- Nivelamento da produção: tendo em conta que todos os processos produzem pequenos lotes de produção e transporte, se a quantidade a ser “puxada” pelos processos subsequentes varia consideravelmente, quer os processos dentro empresa quer os processos subcontratados estão sujeitos a terem que produzir tanto ao ritmo máximo, quer a estarem completamente parados. Daí, para que a produção em JIT resulte, surge a necessidade de nivelar a produção na linha de montagem final (linha mais importante que dá as instruções de produção a todos os outros processos). O nivelamento da produção da linha de montagem final vai permitir que a *one piece production* e transporte estejam também nivelados
- Eliminação do desperdício da sobreprodução: O conceito básico da produção em JIT é que a existência de inventário não tem qualquer valor. Nos sistemas de produção mais convencionais, a existência de inventário é tida como um meio para absorver possíveis problemas e flutuações na procura, sendo por isso apreciada. Contrariamente, em JIT a existência de inventário é tida apenas como um conjunto de problemas e maus princípios. É considerado que a existência da maioria do inventário de *WIP* é o resultado da sobreprodução, que é por muitos visto como a pior forma de desperdício. A razão para isto é que este esconde as causas de outros desperdícios que de outra forma seriam rapidamente remediados, como a falta de balanceamento entre trabalhadores e entre processos, problemas entre processos, excesso de trabalhadores e equipamentos insuficientes (Sugimori, Kusunoki et al., 1977)

2.3 KANBAN

2.3.1 ORIGEM DO KANBAN

A palavra *Kanban* é de origem Japonesa e traduz-se por cartão de aviso. Tem vindo a ser sinónimo do planeamento com base na procura (Gross e Mcnnis, 2003)

O método foi desenvolvido no Japão depois da segunda Guerra Mundial por Taiichi Ohno na Toyota Motor Company (Courtois, Martin-Bonnefois et al., 1996).

Nos finais da década de 1940, inícios da década de 1950, Onho desenvolveu o método *Kanban* para controlar a produção e para implementar o JIT. Através do uso do *Kanban*, Onho conseguiu minimizar o WIP entre os processos e reduzir o custo associado à posse de inventário. No entanto, estas ideias não tiveram aceitação à escala mundial até a grande recessão dos anos 1970s (Gross e Mcnnis, 2003)

Originalmente, a Toyota usou o *Kanban* como forma de reduzir custos e gerir a utilização das máquinas. Hoje em dia, a Toyota continua a usar o sistema, não apenas para gerir custos e o fluxo, mas também para identificar impedimentos ao fluxo de produção e identificar oportunidades de melhoria (Gross e Mcnnis, 2003)

2.3.2 O SISTEMA KANBAN

O método ou sistema *Kanban* é um mecanismo de controlo de gestão da produção e dos fluxos de informação que utiliza cartões de aviso (*cartões Kanban*), por forma a nivelar a produção com base no ritmo da procura do cliente (Naufal, Jaffar et al, 2012). O sistema *Kanban* enfatiza níveis mínimos de inventário, assegura o fornecimento da peça certa, na quantidade certa no momento exato, ou seja em *just in time*, e ainda o melhoramento e nivelamento do fluxo de produção sendo assim um dos pilares do JIT e sistema de produção Toyota (TPS).

O método *Kanban* é assim um dos mais simples, eficazes e baratos, comparativamente a outros sistemas de controlo de inventários e provando-se muito útil na redução de inventário e eliminação de ruturas (Mukhopadhyay e Shanker, 2005)

Gross e Mcnnis caracterizam o *Kanban scheduling* como um planeamento com base na procura. Em processos controlados por *Kanban* os operadores produzem com base no consumo real em vez de previsões da procura. Assim para o planeamento ser considerado um “verdadeiro” *Kanban* deve obedecer a algumas regras (Gross e Mcnnis, 2003)

- Apenas produzir para repor um produto consumido pelo seu processo cliente
- Apenas produzir após receber o sinal enviado pelo seu processo cliente

O *Kanban* substitui o tradicional planeamento semanal ou diário. Este planeamento é substituído por sinais e regras predefinidas que permitem que a produção seja programada pelos operadores. O *Kanban* utiliza a informação do MRP para criar e dimensionar as suas

quantidades. O *Kanban* deve ser visto mais como uma ferramenta de execução do que de planeamento, pode ter várias formas e controla o processo produtivo numa base diária.

2.3.2.1 DIFERENTES TIPO DE *KANBAN*

Atualmente, o sistema *Kanban* pode ser dividido em dois tipos: o sistema de um cartão, ou *Kanban* de produção; e o sistema que funciona com dois cartões, o *Kanban* de produção e o *Kanban* de transporte.

- **Sistema de um cartão**

Um sistema *Kanban* que opera apenas com um cartão é denominado de *Kanban* de produção (KP) e nenhuma operação de fabrico é realizada sem que haja um KP a autorizar.

Se a distância entre postos de trabalhos for pequena, apenas um *buffer* é criado. Este *buffer* serve de *buffer* de saída para o (PT) a montante (j) e de *buffer* de entrada para o PT seguinte (j+1), como mostra a figura 2.

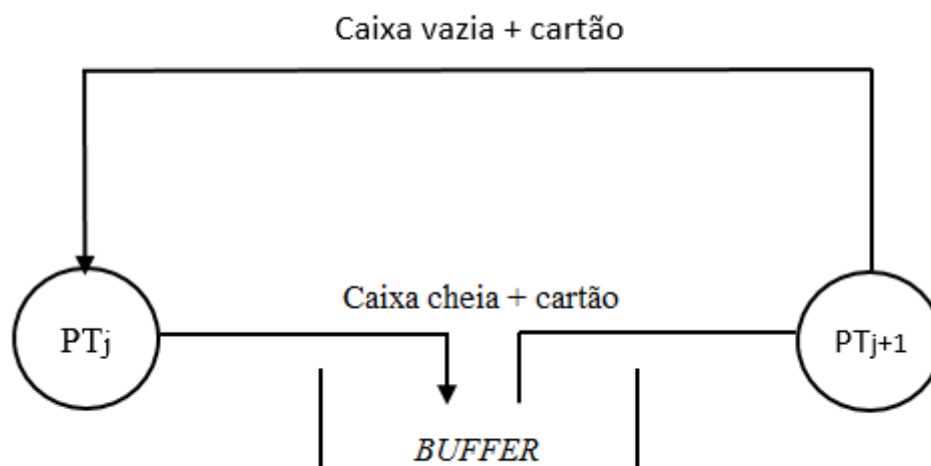


Figura 2- Diagrama esquemático do funcionamento de um sistema *Kanban* com apenas um cartão, (adaptado de (Sendil Kumar and Panneerselvam, 2007))

- **Sistema de dois cartões**

Um sistema *Kanban* pode também operar com dois cartões, *Kanban* de produção (KP) e *Kanban* de transporte (KT). O KP é uma ordem de produção que transmite ao posto anterior a necessidade de produzir um certo número de unidades. Enquanto o KT dá a mensagem ao processo seguinte de quantas unidades deve retirar.

Modo de funcionamento do sistema:

- 1) O contentor do PT_{j+1} é movido para o posto j juntamente com o KT e é colocado no *buffer* de saída.
- 2)
 - a) Consequentemente o PT_{j+1} puxa as partes do *buffer* de saída do PT j, separa o KP junto a essas partes e coloca o KP no *Kanban Post* do posto de trabalho j.
 - b) O posto de trabalho j inicia a produção de acordo com a ordem de produção no *Kanban Post*.
- 3) O contentor juntamente com as partes e o KT é enviado para o PT_{j+1}. Entrega as partes no *buffer* de entrada do posto e coloca o KT no *Kanban Post* do posto j+1.

Um diagrama esquemático do funcionamento de um sistema de dois cartões, *Kanban* de produção e *Kanban* de transporte, é mostrado na figura 3.

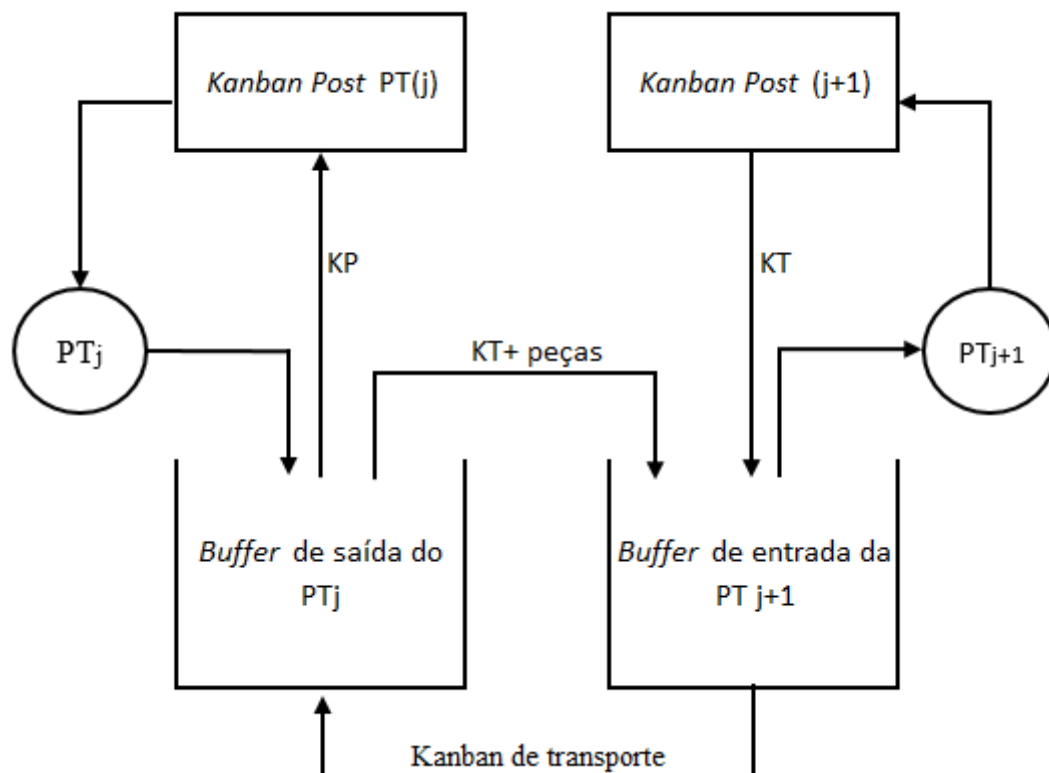


Figura 3 -Diagrama esquemático de um sistema de dois cartões (Sendil Kumar and Panneerselvam, 2007)

2.3.2.2 DIFERENTES FORMAS QUE O *KANBAN* PODE ADOTAR

Como sistema de gestão visual os sinais podem variar: desde a forma mais clássica, como o cartão, até ao *Kanban* eletrónico.

O essencial é que o *Kanban* transmita a informação de forma simples e clara de modo a manter em funcionamento o sistema de produção. Abaixo estão identificadas as principais formas que o *Kanban* pode adotar de acordo com Pinto (2009) e Mennis e Gross (2003):

- **Cartão**

O cartão é a forma mais tradicional e a mais usada de apresentação do *Kanban*, uma vez que é uma maneira simples e barata de controlar a produção. O cartão pode dividir-se em dois tipos: *Kanban* de produção e *Kanban* de transporte.

Time of Delivery 10:30	Storage Area A 1-1	Toyota Motors Headquarters
 Ohashi Iron Works Store Shelf no: I - BOTTOM	Item No. 53018-60011	Identification
	Item Name RDD 5/ANY RADIATOR PRESS LH	Used in #? Car Type (S)
21	Box Type SPECIAL	50
	Box Capacity 30	
Parts-ordering Kanban		

Figura 4 - Exemplo de um cartão *Kanban* (Onho, 1988)

A figura acima mostra um exemplo típico de um cartão *Kanban*. O cartão deve ser o mais simples possível mas contendo toda a informação necessária para o sistema funcionar corretamente.

De acordo com Development Team (2002) a informação típica que deve constar num cartão *Kanban* é a seguinte:

- Número do material ou peça
- Descrição
- Processo anterior
- Processo seguinte
- Origem do abastecimento
- O quê, quando e que quantidade retirar.
- O quê, quando e que quantidade produzir.
- **Look-see**

Esta forma de *Kanban* consiste em sinais visuais, como marcas pintadas no chão ou sinais visuais que dizem quando um item tem que ser reabastecido. São reservados espaços á armazenagem do produto, quando um produto é retirado o operador tem permissão para produzir. Assim que o local de armazenagem estiver preenchido a produção deve parar.

- **Sistema de duas caixas**

O sistema de duas caixas é também conhecido como o sistema de *Kanbans* fixos. Neste modelo são colocados pelo menos dois contentores para cada material no bordo de linha tendo fixado em cada um deles a etiqueta *Kanban*. O contentor é recolhido quando fica vazio e devolvido ao bordo de linha reabastecido com o mesmo material, na quantidade indicada na etiqueta.

- **Indicação luminosa**

O operador aciona um comando luminoso no seu posto de trabalho cada vez que consome um produto. Este sinal é transmitido á célula de produção daquele artigo, onde será acesa uma luz por cada unidade a ser produzida. O operário na estação fornecedora aciona um comando por cada unidade que produz o que faz com que as luzes se vão apagando.

- **Quadro *kanban***

O quadro *Kanban* é uma variação do cartão *Kanban* na medida que ao invés de cartões o quadro utiliza etiquetas com ímanes. O movimento das etiquetas corresponde à produção e consumo dos contentores que contêm as peças produzidas, ou seja cada vez que o contentor de um produto é cheio e movido para o inventário, uma etiqueta correspondente a esse produto é movido para a secção de inventário do quadro. Quando um contentor é consumido, uma etiqueta representando o produto, é movido para a fila de espera da produção do quadro *Kanban*.

- ***Kanban* eletrónico (*e-kanban*)**

O sinal é transmitido através do sistema de informação da empresa. Este sistema é ideal para a transmissão entre fábricas.

- **Modelo gravitacional**

Neste modelo, sempre que o *stock* de um artigo chega ao fim, o operário coloca uma bola colorida numa calha que rola por gravidade até à central de reabastecimento. De acordo como a cor da bola e da calha usada, o operador do armazém sabe qual o material que deve ser entregue num determinado posto de trabalho.

2.3.2.3 KANBANS ESPECIAIS

O sistema *Kanban* é difícil de usar em certas situações, nomeadamente:

- Existência de *setups* elevados;
- Existência de desperdício;
- Grande variação e imprevisibilidade da procura;
- Ordens de trabalho com produções muito curtas.

Foram desenvolvidos alguns modelos para ultrapassar estes problemas, como é o caso do CONWIP e do *Kanban* genérico (Huang e Kusiak, 1996).

- **Modelo CONWIP** (CONSTANT WORK IN PROCESS)

O CONWIP é um modelo em que o *WIP* é mantido constante através da fixação dos cartões *Kanban* no sistema. O objetivo é apresentar um modelo que possui os benefícios do *pull system* e pode ser usado em diferentes situações.

No CONWIP é colocado um cartão no contentor no início do processo produtivo e quando o contentor chega ao fim do processo produtivo o cartão é removido e enviado de volta para o início onde aguarda na fila até se iniciar novamente o ciclo. A figura 5 mostra o funcionamento do modelo CONWIP (Huang e Kusiak, 1996).

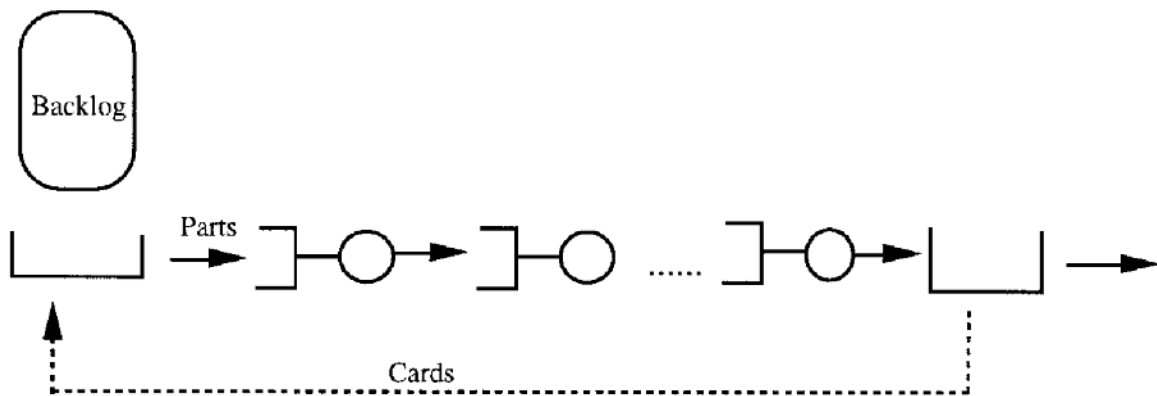


Figura 5 - Diagrama esquemático do funcionamento do modelo CONWIP (Huang e Kusiak, 1996).

Diferentemente dos sistemas *Kanban* tradicionais, o CONWIP:

1. Usa a informação do sistema para fazer a sequenciação da produção;
2. Os cartões são associados com todas as peças produzidas numa linha e não às diferentes peças produzidas;
3. As tarefas são empurradas entre os postos de trabalho.

Muitos dos benefícios do CONWIP são atribuídos ao facto de ser um sistema *pull* de produção. Contudo o CONWIP oferece algumas vantagens relativamente aos sistemas *Kanban* tradicionais: pode ser usado em ambientes produtivos onde o sistema *Kanban* não é de prática utilização devido aos elevados tempos de *setup*; e uma vez que permite que o WIP seja coletado no posto gargalo, o CONWIP pode funcionar com níveis de WIP mais baixos e requer menos pessoas para o controlo da produção (Huang e Kusiak, 1996).

- **Kanban Genérico**

Com a procura e tempos de processamento variáveis, é difícil a implementação de sistemas *Kanban* mais tradicionais. O *Kanban* genérico apareceu para fazer face a este problema uma vez que combina o CONWIP com o *Kanban* tradicional. A produção num sistema de *Kanban* genérico comporta duas fases: *Kanban acquisition phase* e *production phase* (Chang e Yih, 1994)

Kanban acquisition phase: Num sistema *Kanban* genérico a procura é desconhecida devido às características dinâmicas do sistema. Quando a procura entra no sistema, os *Kanbans* têm que ser emitidos para todos os postos de trabalho pois nenhuma peça são

feitas de antemão. Apenas quando as matérias-primas chegam ao posto de trabalho inicial é que a produção é iniciada. Contudo, nem todos os *Kanbans* podem ser emitidos imediatamente pois o número de *Kanbans* em cada posto é limitado.

Actual production phase: quando uma tarefa termina em determinado posto, o contentor é movido para o próximo posto e o *Kanban* adjacente é retirado. Este *Kanban* é adquirido pelo próximo pedido. O *Kanban genérico* é diferente dos sistemas *Kanban* tradicionais, na medida em que nestes o *Kanban* despoleta o início da produção imediatamente pois os produtos nestes ambientes são repetitivos (Huang e Kusiak, 1996).

A performance do *Kanban* genérico é preferida em relação aos sistemas *Kanban* tradicionais, uma vez que este garante um sistema de controlo da produção mais simples uma performance superior, por exemplo requer menor WIP. É também preferível ao CONWIP pois tem uma maior flexibilidade e permite que mais tarefas possam entrar no sistema.

2.3.2.4 DIMENSIONAMENTO DO KANBAN

De acordo com Gross e Mcnris (2003) o dimensionamento do *kanban* engloba 4 etapas: a definição da capacidade do contentor; a determinação do intervalo de reabastecimento; determinação do *stock* de segurança (SS) e finalmente a determinação das quantidades de *kanban*, ou número de *kanbans*. Toda a metodologia de cálculo do ciclo de reabastecimento, *stock* de segurança e quantidades de *Kanban* usada é a sugerida por Gross e Mcnris (2003) no livro *kanban Made Simple*.

- **Definição da capacidade do contentor**

Para a definição da capacidade do contentor é necessário definir o tipo de recipiente e as quantidades de peças que serão aprovisionadas em cada contentor. Esta determinação deve ser feita tendo em conta diversos fatores como a procura real desse artigo, o tamanho dos contentores, tempos de reposição de *stock*, etc.

- **Determinação do intervalo de reabastecimento**

O intervalo de reabastecimento é uma função do tempo disponível para produção que basicamente nos diz quanto tempo nos leva a produzir as necessidades de produção tendo em conta os seguintes parâmetros:

- Ritmo da procura
- Tempo para *setup* (*changeover*, *C/O*)
- Tempos não produtivos
- Tempos de processamento

O Intervalo de reabastecimento é calculado pela seguinte fórmula:

$$\text{Intervalo de Reabastecimento} = \frac{\text{Tempo total necessário para C/O}}{\text{Tempo disponível para C/O}}$$

Em que o tempo total necessário para C/O corresponde ao tempo total de *setup* se iniciarmos todas referências uma vez por dia

$$\text{Tempo necessário para C/O} = \sum \text{Tempos de C/O}$$

O tempo disponível para C/O corresponde ao tempo disponível num turno de trabalho após subtrairmos a tempo necessário para produção, isto é somados os tempos de processamento para produzir as necessidades média diárias (procura diária).

$$T. \text{ disponível para C/O} = T. \text{ disponível para produção} - T. \text{ necessário para produção}$$

Em que o tempo disponível para produção é dado por:

$$\text{Tempo disponível para produção} = \text{Tempo total do turno} - T. \text{ Não produtivos}$$

E o tempo necessário para produção é dado por:

$$\text{Tempo necessário para produção} = \sum \text{Procura ajustada} \times \text{tempo de ciclo}$$

Por fim a procura ajustada é dada por:

$$\text{Procura ajustada} = \frac{\text{Procura diária}}{(1 - \% \text{ desperdício})}$$

- **Stock de segurança**

A quantidade de *stock* de segurança obtém-se multiplicando a procura ajustada pelo número de dias de *stock* de segurança. Este deve ser o menor número de dias possível.

- **Quantidade de *kanban***

A quantidade de *kanban*, ou número de *Kanbans* calcula-se pela seguinte fórmula:

$$\text{Quantidade de kanban} = \frac{(\text{SS} + \text{Intervalo de Reabastecimento}) \times \text{procura ajustada}}{\text{Capacidade do contentor}}$$

2.3.3 BENEFÍCIOS DO SISTEMA KANBAN

Segundo Gross e Mcnnis (2003) e *Development Team* (2002) os principais benefícios associados à implementação do sistema *Kanban* são:

Redução do inventário

Quando são calculadas as quantidades de *Kanban*, mesmo baseadas nas condições atuais do processo, ainda sem a implementação de outras melhorias, é frequente obter-se uma redução de inventário que pode variar entre 25% a 75% (Gross e Mcnnis, 2003).

Do ponto de vista financeiro a redução de inventário é muito importante, além de permitir uma redução no custo de capital empatado, ou seja, o capital investido em inventário, permite uma redução de espaço que pode muitas vezes ser aproveitado para novas oportunidades de negócio.

Melhora o fluxo de produção

Uma vez que apenas se produz aquilo que o *Kanban* permite, isto é, o sistema dá todos os sinais do que produzir, quando produzir e que quantidade produzir, aleado a isto a produção de lotes mais pequenos vai permitir uma melhoria no fluxo de produção pois nada é produzido em excesso nem em grandes quantidades. Todos estes novos pontos de controlo servem como mecanismo de controlar um dos grandes desperdícios que é o excesso de inventário.

Previne o excesso de produção

O *Kanban* previne o excesso de produção pois especifica claramente o que produzir, mais especificamente, o tamanho do contentor, o número de peças por contentor e o número máximo de contentores, não deixando assim qualquer margem para que o excesso de produção ocorra.

Coloca o controlo nos operadores

Com regras simples e claras, o operador pode controlar a linha de produção, o *Kanban* diz-lhe tudo o que precisa saber. Adicionalmente funciona como mecanismo de controlo visual e alerta imediatamente quando o processo está em risco e a precisar de correções.

Assim uma vez mais, o *Kanban* reduz um dos sete desperdícios, nomeadamente a utilização inapropriada de recursos humanos.

Cria mecanismos de gestão visual e gestão do processo

Com o uso de mecanismos de gestão visual, o sistema *Kanban* elimina a necessidade de planeamento em papel.

Os mecanismos de gestão visual do *Kanban* (cartões, contentores, marcas no chão, etc.) dizem ao operador que itens produzir e a sequência de produção, eliminando assim a necessidade do planeamento em papel como é o caso das Ordens de Fabrico.

Melhora a capacidade de resposta a mudanças na procura.

O sistema *Kanban* define níveis mínimos e máximos de inventário. Estes níveis dão-nos a informação de quando produzir e de quando parar. Assim, quando a procura diminui, o *Kanban* dá a informação para parar de produzir, da mesma maneira quando a procura aumenta este também sinaliza que a produção deve ser iniciada.

Este mecanismo ataca um dos principais motivos que leva as empresas a acumularem inventário: o receio de não reconhecer o momento em que é necessário voltar a iniciar a produção.

Minimiza o risco de inventário obsoleto

Ao prevenir o excesso de produção, o *Kanban* previne também a produção de inventário obsoleto. O *Kanban* sinaliza o início da produção com base na procura real e não em *previsões*. Apenas é produzido aquilo que realmente é necessário. Assim, ao produzir apenas aquilo que é puxado pelo cliente, o risco de obsolescência do inventário é minimizado.

2.4 GESTÃO DE PRIORIDADES E QUADRO DE PLANEAMENTO

O quadro de planeamento e gestão de prioridades deve encontrar-se junto do posto de trabalho a que é referente, o que facilita o planeamento da produção do posto de trabalho e serve também de mecanismo de gestão visual e de prioridades.

O quadro de gestão de prioridades deve ter um aspeto parecido com o da figura:

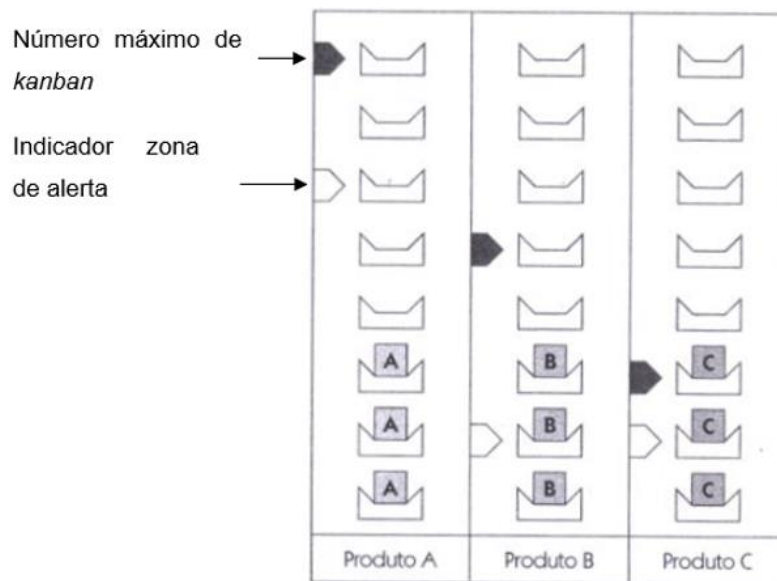


Figura 6 - Quadro de gestão de prioridades (Courtois, Martin-Bonnefois et al., 1996)

Cada produto tem um conjunto de ranhuras, onde serão colocados os respectivos cartões *Kanban*. Cada etiqueta (cartão) no quadro significa que foi consumido outro contentor referente a esse produto. Quando as ranhuras estão todas preenchidas significa que foram consumidos todos os contentores que haviam em armazém. Estas ranhuras têm dois níveis de alerta: o primeiro dá o alerta da necessidade de iniciar a produção; o segundo dá alerta da urgência em iniciar a produção daquele produto sobre o risco deste entrar em rutura, ou seja já não existe nenhum contentor cheio com peças desse produto.

A gestão de prioridades será feita da seguinte forma:

1. Produzir as referências relativas aos cartões *Kanban* que atingiram o indicador de urgência de iniciar a produção (segundo nível de alerta);
2. Produzir as referências relativas aos cartões *Kanban* que atingiram o indicador de zona de alerta para iniciar a produção (primeiro nível de alerta);
3. Produzir as restantes referências.

3 CASO DE ESTUDO – A IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA KANBAN NA IRBAL

3.1 APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

3.1.1 HISTÓRIA DA IRBAL

A empresa Irbal-irmãos Barros Lda (figura 7) foi criada em 1978 por três irmãos com experiência no ramo da metalomecânica. Inicialmente, produziam-se alfaias agrícolas e estruturas metálicas para pavilhões.



Figura 7 - IRBAL-Irmãos Barros Ltd.

Com o crescimento da construção civil no país, a procura de fornecedores de máquinas de construção civil aumentou também. A Irbal viu isto como uma oportunidade de negócio e iniciou a produção de betoneiras, passando rapidamente este a ser o produto com maior procura da empresa. Mais tarde, este fenómeno levou a que a Irbal abandonasse a fabricação dos outros artigos especializando-se somente na produção de betoneiras.

A especialização da produção permitiu à Irbal crescer de tal modo que se tornou, em 2001, a terceira maior fabricante de betoneiras da Europa. Por esta altura, 66% da empresa foi comprada pelo Grupo Altrad, ficando este com opção de compra dos restantes 34% e passando assim a Irbal a pertencer ao maior fabricante de betoneiras do mundo.

Atualmente, a Irbal encontra-se cotada dentro do grupo Altrad como a empresa com menores custos associados e maior flexibilidade na produção, servindo isto de alavanca para o crescimento das encomendas e captação de novos negócios.

3.1.2 INFORMAÇÃO GERAL

A Irbal está localizada na zona industrial de Nariz (figura 8), a cerca de 20 km de Aveiro. Tem cerca de 50 colaboradores, com uma média de idades a rondar os 41 anos, dos quais cerca de 20% são do sexo feminino. Os colaboradores são oriundos maioritariamente de Nariz e localidades circundantes.

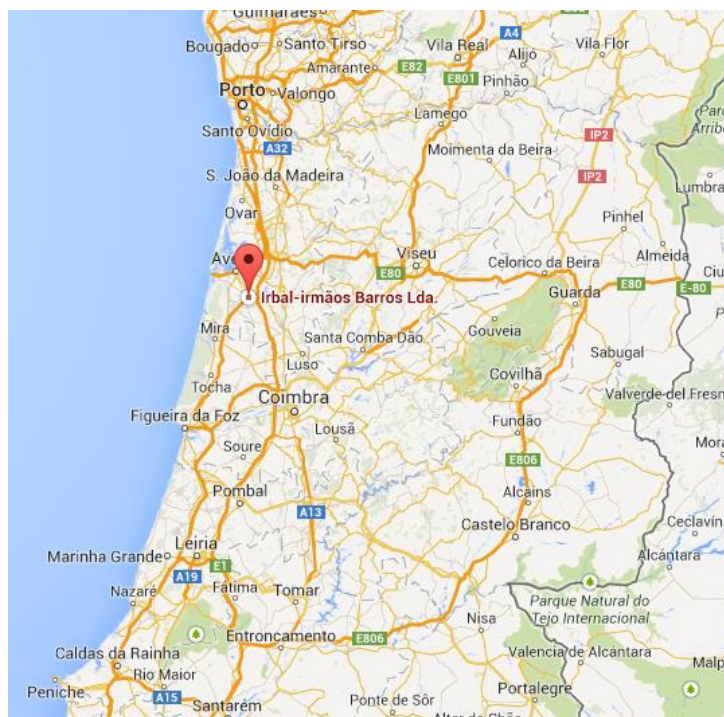


Figura 8 - Localização da Irbal

A Irbal possui uma estrutura organizacional onde se destacam cinco grandes departamentos: Departamento Comercial, Departamento Financeiro, Departamento de planeamento, Departamento de compras e Departamento Industrial, que respondem todos à administração, como se pode ver na figura 9

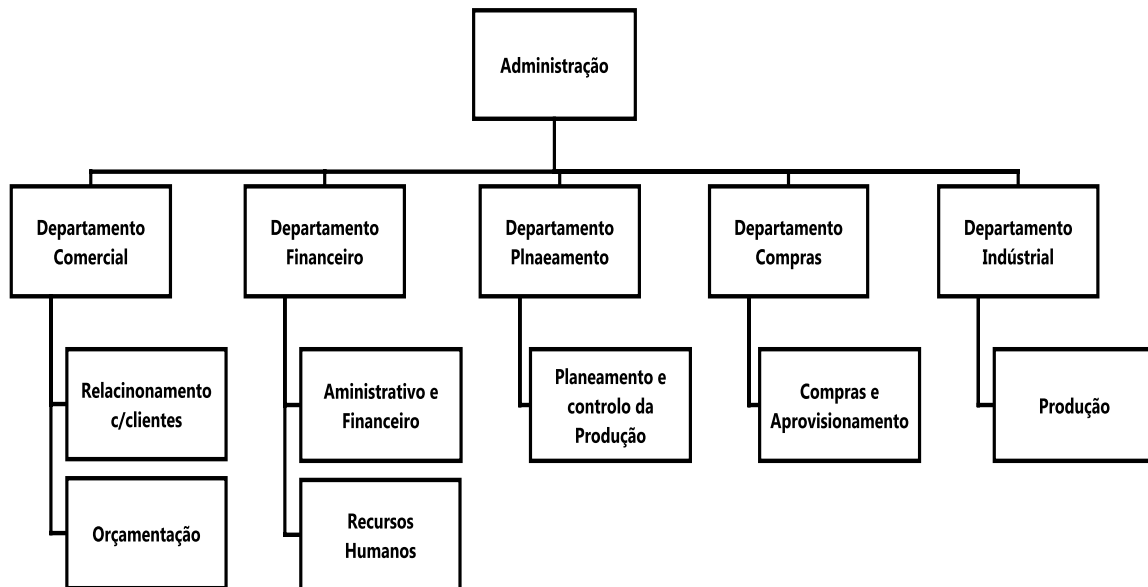


Figura 9 - Organograma da Irbal

A grande fonte de vantagem competitiva advém do facto da Irbal construir produtos de elevada qualidade a preços muito competitivos, separando-se assim da concorrência que com a mesma qualidade não consegue produzir com os mesmos custos reduzidos.

3.1.3 LAYOUT FABRIL E FLUXO DE PRODUÇÃO

A Irbal está dividida por processos, distinguindo-se sete secções principais (figura 10).

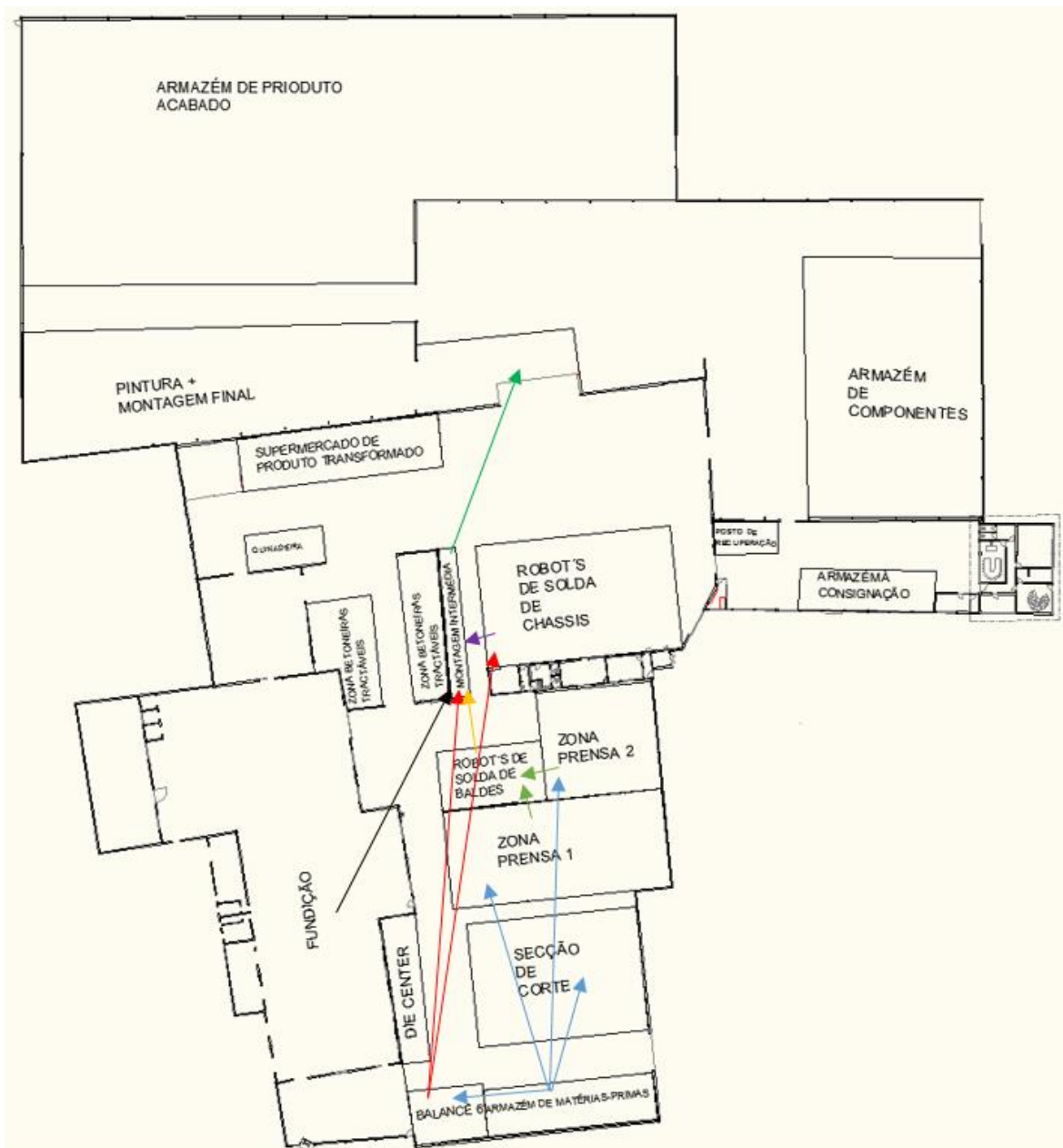


Figura 10 - Layout Irbal

Como se pode ver pela figura, a Irbal apresenta os processos em fluxo. O armazém de matéria-prima (MP) fornece a secção de corte, prensas e Balancé 6. De seguida as prensas fornecem a zona de solda de baldes. A secção de corte e balancé 6 fornecem artigos para a solda de chassis. Artigos da fundição, solda de baldes e solda de chassis convergem para a montagem intermédia e desta para a pintura e montagem final.

3.1.4 O PRODUTO

A Irbal especializou-se na fabricação de máquinas para construção civil. O seu portfólio de produtos bastante variado, indo desde modelos mais pequenos, com capacidade para 125 litros até aos chamados modelos profissionais, com capacidade até 360 litros. Ao todo são produzidas cerca de 331 referências diferentes de produto acabado.

Nas figuras 11 e 12 podem ver-se dois exemplos.



Figura 11 - PA01.161.13F.0222 BET 160 - 700WT 60HZ 220V TP CF LARANJA - DT



Figura 12 - PA01.121.13E.3126 BET 125 - 700WT TP CP LARANJA - DT

Em 2013, a empresa produziu cerca de 33.000 artigos, sendo cerca de 90% para exportação, e apresentou um volume de faturação de cerca de 7.000.000 €. Os seus dois principais clientes a Brico Depôt (França) e grupo Altrad (França) são responsáveis pela esmagadora maioria das encomendas. A Irbal tem como principais fornecedores são a SLEM, a Ferpinta a Altrad Asia e a Sidertubo.

3.2 O ATUAL SISTEMA DE PLANEAMENTO DE PRODUÇÃO

O atual sistema de produção funciona numa lógica de *push* com base no *Materials Requirements Planning* (MRP). O responsável pelo planeamento imprime ordens de fabrico (OF) com base nos dados definidos no MRP, estas ordens são depois entregues na produção.

Uma OF contém toda a informação necessária á produção de uma peça, como o posto de trabalho, referência a ser produzida, quantidade e data.

Existem grandes problemas com o atual sistema de produção. Primeiro, os lotes de produção não estão otimizados, são muitas vezes produzidas quantidades em exagero de uma determinada referência, e quantidades que não são suficientes de outra. Isto leva a que haja por um lado falhas ou rutura de *stock*, e por outro excesso de stock de outras referências. Segundo, não há nem um sequenciamento nem um nivelamento da produção uma vez que normalmente são entregues várias OF em simultâneo sem que haja um planeamento do que produzir primeiro (e porquê). Isto resulta num conjunto de problemas adjacentes, como por exemplo, a empresa está muitas vezes a produzir um componente em quantidades excessivas ou na sequência errada, levando a que um posto de trabalho mais á frente tenha que parar pois não tem os componentes necessários para continuar a produção. Terceiros, os sinais não são muitas vezes respeitados, muitas vezes os artigos atingem os pontos de reabastecimento, no entanto não existe nenhum mecanismo de alerta e assim não é dada a ordem para iniciar a produção de determinado artigo, levando mais tarde a uma rutura do *stock*.

Outro problema que muitas vezes surge prende-se com o facto de a produção ser empurrada ao invés de puxada. Muitas vezes, está a produzir-se referências que não seriam necessárias, e ainda algumas vezes a produzir só para manter os operadores ocupados. Consequentemente há um desperdício de excesso de produção que é muitas vezes a origem de outras formas de desperdício.

Por último, como a Irbal não possui neste momento nem operadores de logística, nem rotas de abastecimento, os operadores são responsáveis por fazer o trabalho de movimentação dos materiais, fazendo-o normalmente ao final de cada turno de trabalho.

3.3 OBJETIVOS

O objetivo fundamental deste projeto é a implementação do sistema *kanban* num posto de trabalho da Irbal.

Em conjunto com a empresa, foram definidos três objetivos principais a conseguir com a implementação do sistema *kanban*:

- Diminuir o tamanho dos lotes e conseqüentemente o inventário;
- Simplificar e otimizar o processo de planeamento da produção;
- Alinhar o ritmo da produção com a procura do (posto de trabalho) cliente

É assim expectável conseguir melhorar o fluxo de informação e o controlo sobre o que é produzido. Apenas será produzido aquilo que o *kanban* determinar e as quantidades têm que ser escrupulosamente respeitadas. O fluxo dos cartões servirá como mecanismo de controlo do que é produzido bem como do fluxo de informação entre os processos.

Pretende-se ainda que a implementação bem-sucedida deste projeto sirva como exemplo para que a implementação do sistema *kanban* possa ser alargada a outros processos produtivos. Trata-se não só da adoção de um novo sistema produtivo, mas também da adoção de uma nova metodologia de planeamento da produção.

3.4 METODOLOGIA

Para a introdução do sistema *kanban* na Irbal, adotou-se a metodologia defendida por Mcnnis e Gross (2003).

1. **Seleção do posto de trabalho piloto** - O primeiro passo na implementação do sistema é a seleção do posto de trabalho piloto, ou área modelo que sirva como teste ao sistema *kanban*.
2. **Definição do circuito dos *kanbans*** - Assim que as características do processo sejam conhecidas, será definido o circuito que os *kanbans* irão efetuar.
3. **Recolha de dados** - Nesta fase serão recolhidos todos os dados relevantes para a compreensão do processo produtivo. Estes dados servirão para o dimensionamento do *kanban*.
4. **Dimensionamento do *kanban*** - Depois de bem conhecido o processo, começa-se por definir as quantidades por contentor, ciclos de reabastecimento e por fim a

quantidade de *kanban*. Estas quantidades serão calculadas com base no estado inicial do processo e poderão no futuro ser ajustadas.

5. **Concepção do *kanban*** - Esta etapa engloba três tarefas principais: seleção de um mecanismo de sinalização, definição das regras básicas de funcionamento do sistema e criação de mecanismos de gestão visual e de gestão de prioridades.

6. **Formação de todos os intervenientes** - Antes de iniciar o funcionamento do sistema *Kanban*, é necessário treinar todos os intervenientes. A formação dos funcionários tem como objetivo dar a conhecer como o sistema irá funcionar e quais os seus papéis a desempenhar. Será desenvolvida uma apresentação simples e clara para explicar o processo, os mecanismos de gestão visual e as regras que foram definidas para o correto funcionamento do sistema.

7. **Entrada em funcionamento** - Uma vez tudo definido e preparado, define-se uma data e inicia-se o funcionamento do sistema *kanban*.

8. **Monitorização e evolução do sistema** - Uma vez que o sistema esteja a funcionar, é necessário definir um responsável (auditor) para observar e analisar o seu funcionamento. O auditor será responsável por garantir que todas as regras de funcionamento são cumpridas e corrigir de imediato algum problema que possa surgir. Este processo é feito de uma forma contínua, sendo um dos principais fatores para o sucesso do sistema *kanban*

4 RESULTADOS

4.1 SELEÇÃO DO POSTO DE TRABALHO PILOTO

De acordo com a metodologia definida, começou-se o projeto por definir PT para servir como piloto ao sistema *kanban* na Irbal. Para tal, em reunião com a administração ficou definido que o PT piloto seria uma prensa-balancé que internamente é denominada Balancé 6 (figura 13).



Figura 13 - Posto de trabalho balancé 6

Apesar da implementação de um sistema *kanban* numa fábrica normalmente começar por o processo mais a jusante, o que não é o caso do Balancé 6, este foi escolhido pois produz um elevado número de referências, podendo-se testar como o sistema reage á diminuição do tamanho dos lotes de produção e ao conseqüente aumento da frequência da troca de ferramentas. O facto deste PT se situar junto ao *Die center* é também uma clara vantagem para a sua escolha como processo piloto, uma vez que se espera que haja um aumento na frequência com que a ferramenta é mudada.

O PT Balancé 6 foi também escolhido pelo facto de este produzir cerca de 40% dos componentes que entram num produto acabado. Após o que se espera ser uma implementação bem-sucedida, esta dará o crédito necessário para servir de rampa de lançamento para a implementação de *kanban* noutros processos da fábrica.

Importa referir, que para um máximo aproveitamento das potencialidades do sistema *Kanban* este requer tempos de *setup* reduzidos. Para tal, em paralelo à equipa que trabalhou na implementação do sistema *Kanban*, formou-se uma equipa que ficou responsável pela redução dos tempos de *setup* através da ferramenta *Single Minute Exchange of Dies* (SMED). Uma vez que este trabalho seja concluído, as quantidades de *kanban* serão devidamente reajustadas, o que é de acordo à metodologia do sistema *kanban* que requer contínua evolução e melhoramento.

4.2 DEFINIÇÃO DO CIRCUITO DOS *KANBANS*

Uma vez que o posto de trabalho produz um elevado número de referências, cerca de 36, foi adotado o sistema de um cartão, pois este tem uma grande simplicidade e é de fácil aprendizagem por parte dos operadores.

Como a empresa não possui operadores de logística nem rotas de abastecimento definidas, optou-se por, nesta fase inicial fazer “rodar” os cartões *kanban* e materiais produzidos uma vez por turno. Isto é, no final de cada turno são transportados os materiais produzidos para o supermercado de produto transformado e são transportadas as caixas e os cartões *kanban* já consumidos para o PT Balancé 6 (figura 14).

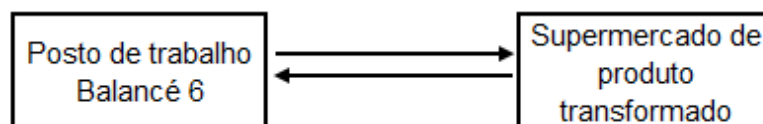


Figura 14 - Diagrama esquemático representativo do circuito dos *kanbans*

Importa salientar que embora esta solução esteja ainda longe do ideal, contudo é um primeiro passo e já estão a ser feitos esforços no sentido de a Irbal começar a ter quer

operadores dedicados à logística, quer rotas de abastecimentos. Uma vez que este processo esteja concluído o sistema *kanban* poderá ser melhorado passando a funcionar de um modo mais contínua.

A figura 15 mostra o circuito físico que os cartões e os materiais irão realizar.

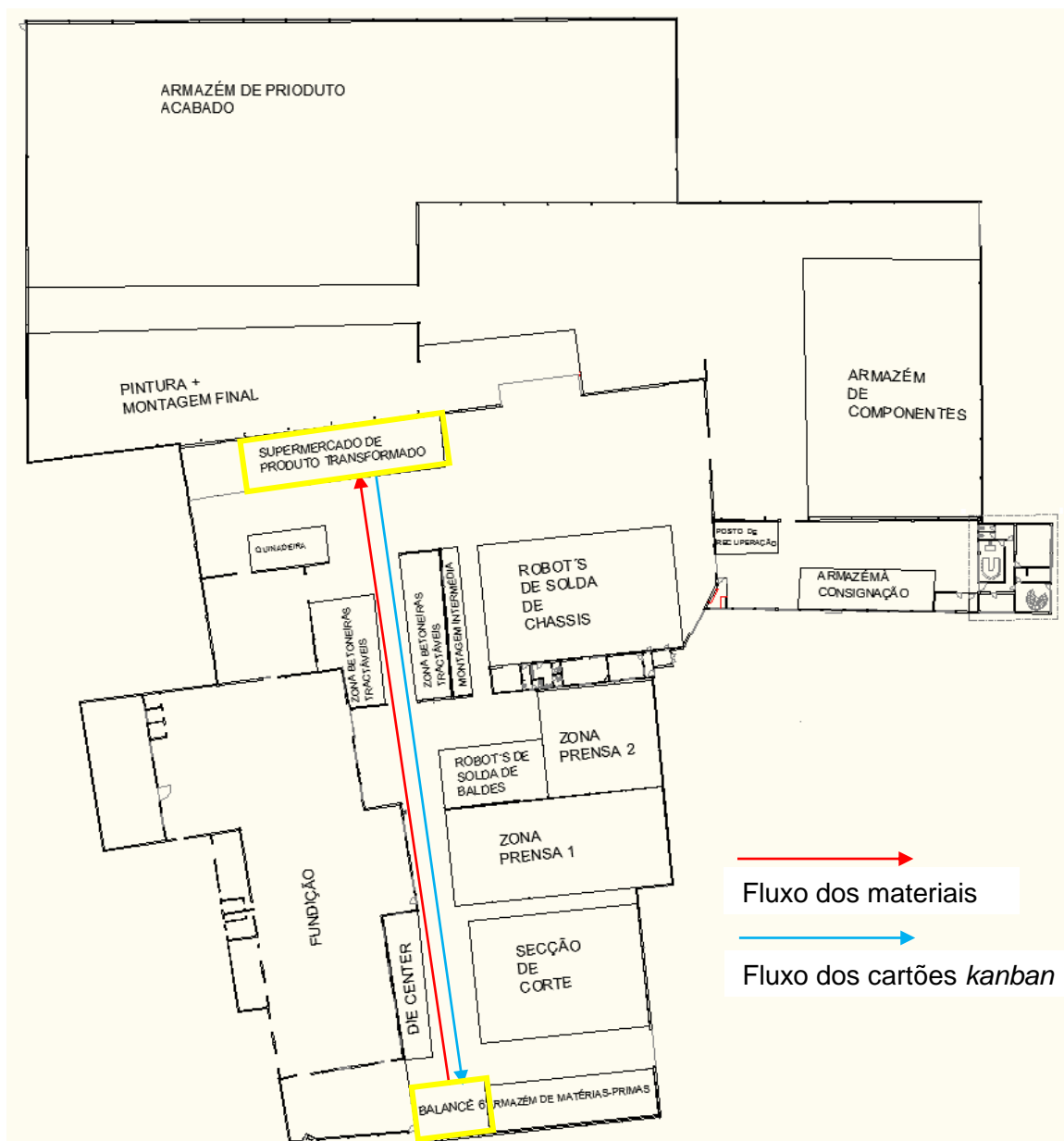


Figura 15 - Circuito físico dos materiais e cartões *kanban*

Podemos verificar que o PT Balancé 6 e o supermercado de produto transformado estão separados por uma distância ainda considerável. Esta foi também uma das razões porque nesta fase inicial se optou por fazer a transferência de *kanbans* e materiais apenas no final de cada turno.

4.3 RECOLHA DE DADOS

Findada a primeira etapa é agora necessário obter a informação que permitirá ter conhecimento sobre o processo escolhido e calcular as quantidades de *kanban*.

Para isso foi criada uma equipa que ficaria responsável por recolher as diversas informações do processo, tais como os tempos de ciclo e de *setup*, a procura diária, desperdício associado, o tipo de contentor em que são aprovisionadas as peças produzidas e a sua capacidade. Os dados recolhidos estão apresentados tabela 1.

A tabela 1 mostra para cada referência o respetivo tempo de *setup* (também denominado por *changeover* (C/O)); tempo de ciclo; procura diária e capacidade do contentor.

Os tempos de ciclo e de *setup* foram medidos diretamente à medida que as referências eram produzidas e a trocas de ferramentas realizadas. Como podemos verificar os tempos de *setup* são muito elevados, o que vai um pouco contra á filosofia do sistema *Kanban*. Contudo, como já foi referido, existe já uma equipa em paralelo, a trabalhar na redução destes tempos de *setup*, através da utilização da ferramenta SMED. Logo que o seu trabalho esteja concluído, as quantidades *kanban* serão reajustadas e o sistema melhorado.

A procura média diária foi obtida através do sistema de *software* de gestão da empresa o PHC e é calculada dividindo o número total de peças produzidas de uma determinada referencia no último ano por o número de dias uteis desse ano.

Relativamente ao desperdício associado à produção, como não existia histórico de desperdício no posto de trabalho, foi tida em conta a sensibilidade e experiência dos operadores nesta matéria e foi considerado um desperdício de 3% para todas as referências.

Tabela 1 - Dados recolhidos relativamente ao PT Balancé 6

ID da peça	Ferramenta Número	Procura diária (peças/dia)	Tempo de ciclo (segundos)	Tempo de <i>setup</i> (segundos)	Capacidade do contentor (nº de peças)
PT.0.019.0.08.0	1	78	2,4	3600	400
PT.1.019.0.14.0	1	115	2,5	3600	400
PT.1.038.2.01.0	2	26	1,7	3600	800
PT.1.038.2.07.0	2	134	1,9	3600	800
PT.1.041.0.05.0	2	51	5,5	3600	2000
PT.1.039.2.02.0	3	49	2	3600	2500
PT.1.039.2.04.0	3	32	2	3600	2500
PT.1.039.2.05.0	3	98	2	3600	2500
PT.1.014.1.05.0	4	109	2,6	3600	1500
PT.1.014.1.08.0	4	52	2,6	3600	1500
PT.1.014.1.09.0	4	132	2,6	3600	1500
PT.2.016.0.05.0	5	591	1,8	3600	2000
PT.1.005.1.03.0	6	256	1,4	3600	4000
PT.1.005.1.09.0	6A	87	1,4	3600	4000
PT.1.050.0.22.1	7A	258	1,6	3600	2800
PT.1.034.1.02.0	8	128	1,6	3600	2500
PT.1.100.1.41.0	9	57	2,3	3600	2000
PT.1.100.1.42.0	9	105	2,3	3600	2000
PT.1.034.1.01.0	10	49	1,9	3600	3000
PT.1.049.0.16.0	11	119	1,6	3600	2000
PT.1.041.0.03.0	12	54	2	3600	4000
PT.1.033.0.04.8	14	87	1,9	3600	2500
PT.1.049.2.05.0	15	156	2,8	3600	2500
PT.1.039.2.06.0	16	93	1,7	3600	2000
PT.1.049.2.01.0	17	128	2,8	3600	1500
PT.1.045.3.01.0	18	59	1,8	3600	4000
PT.1.045.3.06.0	19	50	1,8	3600	4000
PT.1.045.3.02.0	20	28	1,8	3600	4000
PT.2.033.0.02.0	21	54	2,3	3600	800
PT.1.034.1.04.0	22	25	2,6	3600	2500
PT.1.045.3.04.0	23	132	1,5	3600	4000
PT.1.028.0.02.0	24	312	5	3600	2000
PT.1.028.0.03.0	25	438	5	3600	2000
PT.1.049.2.04.0	26	50	2,8	3600	1500
PT.1.034.1.05.0	27	20	1,2	3600	2500
PT.1.100.1.23.0	28	50	3,1	3600	2000

4.4 DIMENSIONAMENTO DO *KANBAN*

Após se conhecer todos os parâmetros do sistema é altura de fazer o dimensionamento do *Kanban*. Como já mencionado em 2.3.2.4, esta fase engloba quatro etapas; definição da capacidade do contentor, determinação do intervalo de reabastecimento, determinação do *stock* de segurança e por último a determinação das quantidades de *Kanban*.

4.4.1 DEFINIÇÃO DA CAPACIDADE DO CONTENTOR

Uma vez que não existe qualquer procedimento para o aprovisionamento das peças produzidas, por norma produz-se até encher o maior contentor. Para a implementação bem-sucedida do *Kanban*, achou-se indispensável definir claramente: em que tipo de recipiente devem as diferentes referências ser aprovisionadas e qual a quantidade que cada recipiente levará.

A empresa só possuía dois tipos de contentores, contentor A e contentor B, como mostram as figuras 16 e 17:



Figura 16 - Contentor A (600x500x500 mm) Figura 17 - Contentor B (1000x800x800 mm)

Sendo que os contentores de grandes dimensões não são práticos para o aprovisionamento de pequenos lotes, e são de difícil manuseamento, decidiu-se adquirir caixas do tipo KLT (caixas padronizadas e próprias para o armazenamento em paletes – figuras 18, 19, e 20).

Após alguns testes com diferentes tipos de caixas optou-se por escolher as seguintes:



Figura 18 - Caixa A (300x200x170 mm) Figura 19 - Caixa B (400x300x170 mm)



Figura 20 - Caixa C (600x400x170 mm)

As diferentes peças foram alocadas às diferentes caixas tendo em conta dois critérios: O tamanho das peças e o seu peso. De notar que devido ao seu tamanho e peso algumas peças não poderão ser aprovisionadas em caixas terão portanto que continuar a ser aprovisionadas em contentores.

A tabela 2 mostra a diferença entre o aprovisionamento atual e aquele que se pretende com a entrada em funcionamento do sistema *kanban*. As quantidades da coluna “Atualmente” referem-se à capacidade máxima do contentor B.

Tabela 2 - Capacidade dos contentores atual e futura com a entrada em funcionamento do sistema *kanban*

ID da peça	Atualmente (nº peças/ contentor)	Sistema <i>kanban</i> (nº peças/contentor)	Aprovisionamento (tipo de contentor)	Ajustado à palete (nº peças / palete)
PT.0.019.0.08.0	400	400	Contentor B	400
PT.1.019.0.14.0	400	400	Contentor B	400
PT.1.038.2.01.0	800	260	Contentor B	260
PT.1.038.2.07.0	800	26	Caixa B	676
PT.1.041.0.05.0	2000	500	Contentor B	500
PT.1.039.2.02.0	2500	500	Contentor B	500
PT.1.039.2.04.0	2500	320	Contentor B	320
PT.1.039.2.05.0	2500	500	Contentor B	500
PT.1.014.1.05.0	1500	1100	Contentor A	1100
PT.1.014.1.08.0	1500	260	Contentor B	260
PT.1.014.1.09.0	1500	1350	Contentor A	1350
PT.2.016.0.05.0	2000	1500	Contentor A	1500
PT.1.005.1.03.0	4000	26	Caixa A	1300
PT.1.005.1.09.0	4000	26	Caixa A	910
PT.1.050.0.22.1	2800	26	Caixa A	1248
PT.1.034.1.02.0	2500	640	Contentor B	640
PT.1.100.1.41.0	2000	12	Caixa A	564
PT.1.100.1.42.0	2000	26	Caixa A	1066
PT.1.034.1.01.0	3000	500	Contentor B	500
PT.1.049.0.16.0	2000	26	Caixa A	1196
PT.1.041.0.03.0	4000	540	Contentor B	540
PT.1.033.0.04.8	2500	26	Caixa C	520
PT.1.049.2.05.0	2500	26	Caixa C	520
PT.1.039.2.06.0	2000	930	Contentor A	930
PT.1.049.2.01.0	1500	640	Contentor A	640
PT.1.045.3.01.0	4000	300	Caixa C	300
PT.1.045.3.06.0	4000	250	Caixa C	250
PT.1.045.3.02.0	4000	300	Caixa C	300
PT.2.033.0.02.0	800	300	Caixa A	300
PT.1.034.1.04.0	2500	26	Caixa A	260
PT.1.045.3.04.0	4000	280	Caixa C	280
PT.1.028.0.02.0	2000	1600	Contentor A	1600
PT.1.028.0.03.0	2000	1100	Contentor A	1100
PT.1.049.2.04.0	1500	26	Caixa C	520
PT.1.034.1.05.0	2500	26	Caixa A	260
PT.1.100.1.23.0	2000	26	Caixa A	520

Como se pode verificar, com a entrada em funcionamento do sistema *Kanban* espera-se que haja uma redução muito significativa no tamanho dos lotes produzidos. No entanto, como já foi referido, a empresa não possui rotas de abastecimento definidas, nem tem, neste momento, meios para transportar as caixas KLT, decidiu-se então que nesta fase inicial as caixas serão transportadas em paletes. Deste modo, as quantidades de *Kanban* serão adaptadas à quantidade da paleta (última coluna) e não à da caixa. Ainda assim, haverá uma redução no tamanho dos recipientes em que as peças são aprovisionadas, o que permitirá um mais fácil manuseamento e transporte dos materiais.

4.4.2 DETERMINAÇÃO DO INTERVALO DE REABASTECIMENTO

Como mencionado em 2.3.2.4, o intervalo de reabastecimento é uma função do tempo disponível para produção que basicamente nos diz quanto tempo nos leva a produzir as necessidades de produção. E para o cálculo do mesmo é necessário primeiro conhecer outros fatores:

- **Tempo disponível para produção**

O tempo disponível para produção é calculado na tabela 3.

Tabela 3 - Cálculo do tempo disponível para produção

Tempo disponível para produção	(segundos)
Tempo total de um turno	28800
TNP planeado	-300
TNP não planeado	-1440
	27060

O TNP planeado corresponde ao um intervalo de 5 minutos que os operadores têm todas as manhãs. Não existe neste momento outros TNP planeados, como manutenções preventivas, nem reuniões planeados.

No que respeita a TNP não planeados a questão é um pouco mais complicada pois neste momento a Irbal não possui qualquer registo histórico das paragens inesperadas.

Após reuniões com os vários departamentos, decidiu-se considerar, nesta fase inicial, como TNP não planeados 5% do tempo total de um turno, o número resulta da sensibilidade das pessoas. Houve uma preocupação em definir um valor por excesso, pois o fundamental é assegurar que posteriormente não haverão ruturas de material provocadas por um mau dimensionamento das quantidades de *Kanban*.

Tempo disponível para setup (*changeover*, C/O)

Para obtermos o tempo disponível para C/O, subtraímos o tempo necessário para a produção ao tempo disponível para a produção. O tempo disponível para C/O é dado pela tabela 4.

Tabela 4 - Calculo do tempo disponível para C/O

Tempo disponível para C/O	(segundos)
Tempo disponível para produção	27060
Tempo necessário para produção	-11259
	15811

Intervalo de Reabastecimento

De acordo com a tabela 1, somando todos os tempos de C/O temos um total de 129600 segundos, e sabendo que o tempo disponível para C/O é de 15811 segundos, como calculado na tabela 4, o intervalo de reabastecimento será:

$$\text{Intervalo de Reabastecimento} = \frac{129600}{15811} = 8,2$$

4.4.3 DETERMINAÇÃO DO STOCK DE SEGURANÇA

Uma vez que este é o primeiro projeto de implementação de um sistema *kanban* que a empresa realiza, ficou definido em reunião a existência nesta fase inicial de um *stock* de

segurança (SS) de uma semana (5 dias úteis). Esta escolha foi determinada tendo em conta a preocupação por parte da empresa em não falhar no abastecimento dos seus processos internos e conseqüentemente ao seu cliente final, até porque o PT Balancé 6 é uma máquina única na empresa.

A tabela abaixo mostra para o SS definido quais as quantidades de peças que devem ser mantidas. Para tal multiplicou-se o número de dias de SS pela procura ajustada.

Tabela 5 - Quantidades a manter como *stock* de segurança (SS)

ID da peça	SS	ID da peça	SS
PT.0.019.0.08.0	402	PT.1.034.1.01.0	253
PT.1.019.0.14.0	593	PT.1.049.0.16.0	613
PT.1.038.2.01.0	134	PT.1.041.0.03.0	278
PT.1.038.2.07.0	691	PT.1.033.0.04.8	448
PT.1.041.0.05.0	263	PT.1.049.2.05.0	804
PT.1.039.2.02.0	253	PT.1.039.2.06.0	479
PT.1.039.2.04.0	165	PT.1.049.2.01.0	660
PT.1.039.2.05.0	505	PT.1.045.3.01.0	304
PT.1.014.1.05.0	562	PT.1.045.3.06.0	258
PT.1.014.1.08.0	268	PT.1.045.3.02.0	144
PT.1.014.1.09.0	680	PT.2.033.0.02.0	278
PT.2.016.0.05.0	3046	PT.1.034.1.04.0	129
PT.1.005.1.03.0	1320	PT.1.045.3.04.0	680
PT.1.005.1.09.0	448	PT.1.028.0.02.0	1608
PT.1.050.0.22.1	1330	PT.1.028.0.03.0	2258
PT.1.034.1.02.0	660	PT.1.049.2.04.0	258
PT.1.100.1.41.0	294	PT.1.034.1.05.0	103
PT.1.100.1.42.0	541	PT.1.100.1.23.0	258

4.4.4 QUANTIDADE DE KANBAN

De acordo com o Intervalo de reabastecimento, *stock* de segurança e tamanho dos contentores definidos, podemos agora calcular a quantidade inicial de *kanban* de cada referência (tabela 6). Importa referir que o número de *kanban* correspondentes ao SS é um valor arredondado e o número total de *kanban* é um valor arredondado por excesso.

Tabela 6 - Tabela referente à quantidade de *kanbans* a circular para cada referência

ID da peça	Número de <i>kanbans</i> correspondentes ao SS	Número de <i>kanbans</i> total	ID da peça	Número de <i>kanbans</i> correspondentes ao SS	Número de <i>kanbans</i> total
PT.0.019.0.08.0	1	3	PT.1.034.1.01.0	1	2
PT.1.019.0.14.0	1	4	PT.1.049.0.16.0	1	2
PT.1.038.2.01.0	1	2	PT.1.041.0.03.0	1	2
PT.1.038.2.07.0	1	3	PT.1.033.0.04.8	1	3
PT.1.041.0.05.0	1	2	PT.1.049.2.05.0	2	5
PT.1.039.2.02.0	1	2	PT.1.039.2.06.0	1	2
PT.1.039.2.04.0	1	2	PT.1.049.2.01.0	1	3
PT.1.039.2.05.0	1	3	PT.1.045.3.01.0	1	3
PT.1.014.1.05.0	1	2	PT.1.045.3.06.0	1	3
PT.1.014.1.08.0	1	3	PT.1.045.3.02.0	1	2
PT.1.014.1.09.0	1	2	PT.2.033.0.02.0	1	3
PT.2.016.0.05.0	2	6	PT.1.034.1.04.0	1	2
PT.1.005.1.03.0	1	3	PT.1.045.3.04.0	2	7
PT.1.005.1.09.0	1	2	PT.1.028.0.02.0	1	3
PT.1.050.0.22.1	1	3	PT.1.028.0.03.0	2	6
PT.1.034.1.02.0	1	3	PT.1.049.2.04.0	1	2
PT.1.100.1.41.0	1	2	PT.1.034.1.05.0	1	2
PT.1.100.1.42.0	1	2	PT.1.100.1.23.0	1	2

De uma maneira geral, através da análise da tabela, pode ver-se que o número de *Kanbans* por referência é reduzido. Isto deve-se sobretudo ao facto de as quantidades por contentor serem elevadas em alguns casos, por as quantidades serem ajustadas à palete e não à caixa, noutros, porque as quantidades definidas nos contentores são elevadas. Como oportunidade de melhoria, no futuro, deve estudar-se a possibilidade de reduzir as quantidades por contentor ou até mesmo reduzir o tamanho dos contentores utilizados.

4.4.5 RESULTADOS ESPERADOS

Uma vez calculadas as quantidades de *Kanban*, é altura de projetar os resultados esperados para que possamos perceber as diferenças entre o sistema atual e o sistema *Kanban* e os ganhos que daí podem advir.

Se multiplicarmos a quantidade de *Kanbans* de uma determinada referência pela capacidade do seu contentor obtemos o número máximo de unidades que essa referência

pode atingir. De forma similar, se somarmos o *stock* de segurança ao *stock* máximo e dividirmos por dois obtemos aquilo que se espera que seja o nosso *stock* médio

Tabela 7 - Quantidades de *stock* na fábrica

ID da peça	Stock Atual	Sistema <i>kanban</i>		
		Stock Máximo	Stock Médio	Redução Esperada
PT.0.019.0.08.0	1258	1200	802	36%
PT.1.019.0.14.0	1743	1600	1097	37%
PT.1.038.2.01.0	746	520	328	56%
PT.1.038.2.07.0	3513	2028	1360	61%
PT.1.041.0.05.0	786	1000	632	20%
PT.1.039.2.02.0	544	1000	627	-15%
PT.1.039.2.04.0	1334	640	403	70%
PT.1.039.2.05.0	969	1500	1003	-4%
PT.1.014.1.05.0	2079	2200	1381	34%
PT.1.014.1.08.0	690	780	525	24%
PT.1.014.1.09.0	2883	2700	1691	41%
PT.2.016.0.05.0	6450	9000	6024	7%
PT.1.005.1.03.0	2621	3900	2610	0%
PT.1.005.1.09.0	3162	1820	1135	64%
PT.1.050.0.22.1	8485	3744	2537	70%
PT.1.034.1.02.0	1206	1920	1290	-7%
PT.1.100.1.41.0	1478	1128	711	52%
PT.1.100.1.42.0	2679	2132	1337	50%
PT.1.034.1.01.0	1562	1000	627	60%
PT.1.049.0.16.0	1918	2392	1503	22%
PT.1.041.0.03.0	2159	1080	680	69%
PT.1.033.0.04.8	2581	1560	1005	61%
PT.1.049.2.05.0	2243	2600	1703	24%
PT.1.039.2.06.0	3074	1860	1170	62%
PT.1.049.2.01.0	975	1920	1290	-32%
PT.1.045.3.01.0	3056	900	603	80%
PT.1.045.3.06.0	2730	750	504	82%
PT.1.045.3.02.0	1471	600	373	75%
PT.2.033.0.02.0	223	900	590	-165%
PT.1.034.1.04.0	946	520	325	66%
PT.1.045.3.04.0	4744	1960	1321	72%
PT.1.028.0.02.0	2156	4800	3205	-49%
PT.1.028.0.03.0	1189	6600	4429	-272%
PT.1.049.2.04.0	1022	1040	649	37%
PT.1.034.1.05.0	1767	520	312	82%
PT.1.100.1.23.0	593	1040	649	-9%

Na tabela 7, pode observar-se para cada referência, qual é o *stock* atual existente em fábrica, qual será o seu máximo após a entrada em funcionamento do sistema *kanban* e qual é aquele que se espera que seja o *stock* médio. O *stock* atual corresponde á media do *stock* obtido através do PHC em três momentos distintos.

A última coluna diz respeito á redução que se espera obter com a entrada em funcionamento do sistema *kanban*. De referir que se espera conseguir uma redução do *stock* na grande maioria das referências, em média na ordem dos 24%. No entanto, nem todas as referências serão alvo de uma redução de *stock*, pois pela análise da tabela 7 pode ver-se que, embora sejam uma minoria, existem referências para as quais o seu *stock* irá aumentar.

Tabela 8 - Quantidade total de peças na fábrica.

	Sistema <i>kanban</i>	
Stock atual	Stock máximo	Stock médio
77037	70854	46431

A tabela 8 é referente às quantidades totais de *stock* associadas ao Balancé 6, isto é a soma de todas as peças em circulação que são produzidas pelo PT Balancé 6.

Atualmente existem ao todo 77037 peças em *stock*. Mas com a entrada do sistema *Kanban* em funcionamento teremos no máximo um total de 70854 peças, o que desde logo representa um decréscimo de aproximadamente 9%, esperando-se que o decréscimo médio chegue aos 40%. Deste modo, o número total de peças em circulação do Balancé 6 irá diminuir desde 77037 até aproximadamente 46431.

4.5 CONCEÇÃO DO KANBAN

Calculadas as quantidades de *Kanban*, entra-se agora na última etapa da implementação do sistema, a conceção do *Kanban*. Esta é composta por três fases: a forma ou *design* do *Kanban*, o plano de gestão visual/ gestão de prioridades e por último, a formação, e entrada em funcionamento, monitorização e evolução do sistema.

4.5.1 DESIGN DO KANBAN

Desde início ficou assente que os *Kanbans* iriam funcionar na sua forma mais tradicional, o cartão. Trata-se de uma forma bastante simples, barata e que já mostrou os seus méritos em muitas outras ocasiões.

Nesta fase, o objetivo passou por criar um cartão o mais simples possível mas que comporte toda a informação necessária para o seu correto funcionamento (figura 21).

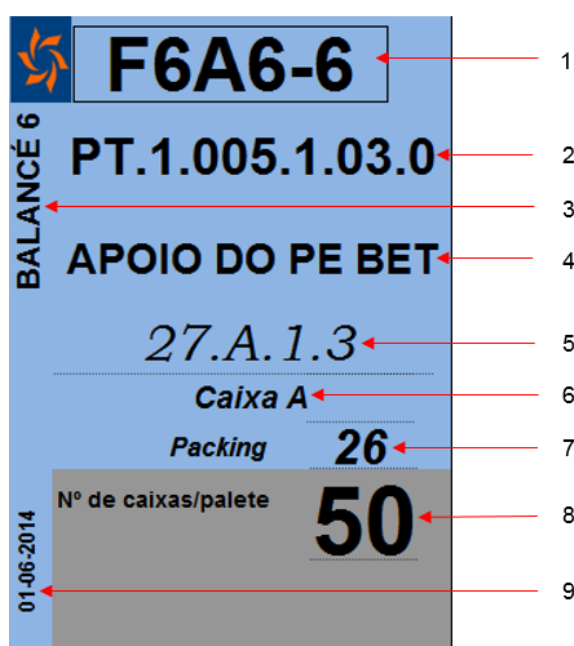


Figura 21 - Exemplo de um cartão kanban do Balancé 6 da Irbal

A informação contida no cartão é a seguinte:

1. Ferramenta a utilizar e grupo de matéria-prima
2. Referência da peça a produzir
3. Nome do posto de trabalho a que o cartão *kanban* pertence
4. Designação da peça
5. Endereço onde devem ser aprovisionadas as peças produzidas
6. Tipo de contentor/caixa onde devem ser aprovisionadas

7. Número de peças por caixa/contentor
8. Número de caixas por palete
9. Data de emissão do cartão

A cor azul foi escolhida para todos os cartões *kanban* pertencentes ao Balancé 6. Posteriormente, será implementado o sistema noutros postos de trabalho e serão adotadas outras cores, funcionando assim as cores como mecanismo de gestão visual, para que não haja trocas nem misturas dos cartões *Kanban*.

4.5.2 RODA DE *SETUP*

Por forma a diminuir os tempos de preparação ao mínimo, foi decidido implementar o conceito de roda de *setup*. A roda de *setup* não é mais que um mecanismo de gestão visual que nos indica quais as mudanças de ferramenta e de matérias-primas que minimizam o tempo gasto para fazer o *setup*.

O princípio assenta no seguinte: para a realização de um *setup* é necessário mudar dois *inputs*, a ferramenta e a matéria-prima utilizadas; com a roda de *setup*, tentamos minimizar o tempo gasto nestas operações, produzindo primeiro as referências que utilizam a ferramenta já montada e que utilizam a mesma matéria-prima ou, pelo menos, matéria-prima com a mesma espessura, pois isto diminui o tempo necessário para ajustes.

- **Construção da roda de *setup***

Para a construção da roda de *setup* foram tidas em conta todas as referências que o PT Balancé 6 produz, as ferramentas que utiliza e as matérias-primas que estão associadas a cada ferramenta. A cada matéria-prima, foi atribuído um código único que contém uma letra e um número. As matérias-primas foram também agrupadas consoante a sua espessura.

A atribuição de ferramentas e grupos de matérias-primas foram feitas de acordo com a tabela 9.

Tabela 9 - Construção da roda de *setup*

ID da peça	Ferram. N.º	ID MP	Designação da MP	Grupo de Espessura	Código Final
PT.0.019.0.08.0	1	MP.01.2.1.15	CHAPA DC01 ROLO 333,3 X 1	1	F1B3-1
PT.1.019.0.14.0	1	MP.01.2.1.15	CHAPA DC01 ROLO 333,3 X 1	1	F1B3-1
PT.1.039.2.02.0	3	MP.01.2.1.03	CHAPA DC01 ROLO 287 X 1	1	F3A1-1
PT.1.039.2.04.0	3	MP.01.2.1.03	CHAPA DC01 ROLO 287 X 1	1	F3A1-1
PT.1.039.2.05.0	3	MP.01.2.1.03	CHAPA DC01 ROLO 287 X 1	1	F3A1-1
PT.1.039.2.06.0	16	MP.01.2.1.03	CHAPA DC01 ROLO 287 X 1	1	F16A1-1
PT.1.045.3.01.0	18	MP.01.2.1.21	CHAPA DC01 ROLO 123 X 1	1	F18B9-1
PT.1.045.3.02.0	20	MP.01.2.1.20	CHAPA DC01 ROLO 135 X 1	1	F20B8-1
PT.1.045.3.04.0	23	MP.01.2.1.17	CHAPA DC01 ROLO 86 X 1	1	F23B5-1
PT.1.045.3.06.0	19	MP.01.2.1.19	CHAPA DC01 ROLO 119 X 1,2	2	F19B7-2
PT.1.038.2.07.0	2	MP.01.2.1.14	CHAPA DC01 ROLO 224 X 2	3	F2B2-3
PT.1.014.1.09.0	4	MP.01.2.1.18	CHAPA DECAPADA ROLO 339 X 2	3	F4B6-3
PT.1.049.0.16.0	11	MP.01.2.1.13	CHAPA DECAPADA ROLO 73,5 X 2	3	F11B1-3
PT.1.038.2.01.0	2	MP.01.2.1.05	CHAPA DC01 ROLO 224 X 2,5	4	F2A3-4
PT.1.014.1.05.0	4	MP.01.2.1.06	CHAPA DECAPADA ROLO 339 X 2,5	4	F4A4-4
PT.1.100.1.41.0	9	MP.01.2.1.04	CHAPA DC01 ROLO 208 X 2,5	4	F9A2-4
PT.1.100.1.42.0	9	MP.01.2.1.04	CHAPA DC01 ROLO 208 X 2,5	4	F9A2-4
PT.1.034.1.01.0	10	MP.01.2.1.11	CHAPA DECAPADA ROLO 128 X 2,5	4	F10A9-4
PT.1.041.0.03.0	12	MP.01.2.1.10	CHAPA DECAPADA ROLO 160 X 2,5	4	F12A8-4
PT.1.034.1.04.0	22	MP.01.2.1.24	CHAPA DECAPADA ROLO 119 X 2,5	4	F22C2-4
PT.1.034.1.05.0	27	MP.01.2.1.25	CHAPA DECAPADA ROLO 99 X 2,5	4	F27C3-4
PT.1.041.0.05.0	2	MP.01.2.1.33	CHAPA DECAPADA ROLO 224 X 3	5	F2C9-5
PT.1.014.1.08.0	4	MP.01.2.1.07	CHAPA DECAPADA ROLO 339 X 3	5	F4A5-5
PT.2.016.0.05.0	5	MP.01.2.1.01	CHAPA DECAPADA ROLO 415 X 3	5	F5A0-5
PT.1.005.1.03.0	6	MP.01.2.1.08	CHAPA DECAPADA ROLO 174 X 3	5	F6A6-5
PT.1.034.1.02.0	8	MP.01.2.1.12	CHAPA DECAPADA ROLO 160 X 3	5	F8B0-5
PT.1.033.0.04.8	14	MP.01.2.1.16	CHAPA DECAPADA ROLO 77 X 3	5	F14B4-5
PT.2.033.0.02.0	21	MP.01.2.1.23	CHAPA DECAPADA ROLO 172 X 3	5	F21C1-5
PT.1.005.1.09.0	6A	MP.01.2.1.08	CHAPA DECAPADA ROLO 174 X 3	5	F6AA6-5
PT.1.050.0.22.1	7A	MP.01.2.1.09	CHAPA DECAPADA ROLO 100 X 3	5	F7AA7-5
PT.1.049.2.05.0	15	MP.03.1.1.18	BARRA FR CHATA 50x5	6	F15D2-6
PT.1.049.2.04.0	26	MP.03.1.1.18	BARRA FR CHATA 50x5	6	F26D2-6
PT.1.100.1.23.0	28	MP.01.2.1.26	CHAPA DECAPADA ROLO 178,5 X 5	6	F28C4-6
PT.1.028.0.02.0	24	MP.03.1.1.06	BARRA FR CHATA 25x6	7	F24D0-7
PT.1.049.2.01.0	17	MP.03.1.1.21	BARRA FR CHATA 50x8	8	F17D3-8
PT.1.028.0.03.0	25	MP.03.1.1.09	BARRA FR CHATA 25x8	8	F25D1-8

Cada código final é obtido juntando a ferramenta utilizada, o código de matéria-prima e o grupo de espessura.

Será atribuída a mesma cor às matérias-primas pertencente ao mesmo grupo, o que servirá como mecanismo de controlo visual.

O código final é uma das informações que irá constar em cada cartão *Kanban*, para que o operador não tenha qualquer dúvida onde se situar.

Por fim, a roda de *setup* é construída colocando as matérias-primas com a mesma espessura (e a mesma cor) juntas, respeitando as ferramentas associadas a cada MP e referência como mostra a figura 22.

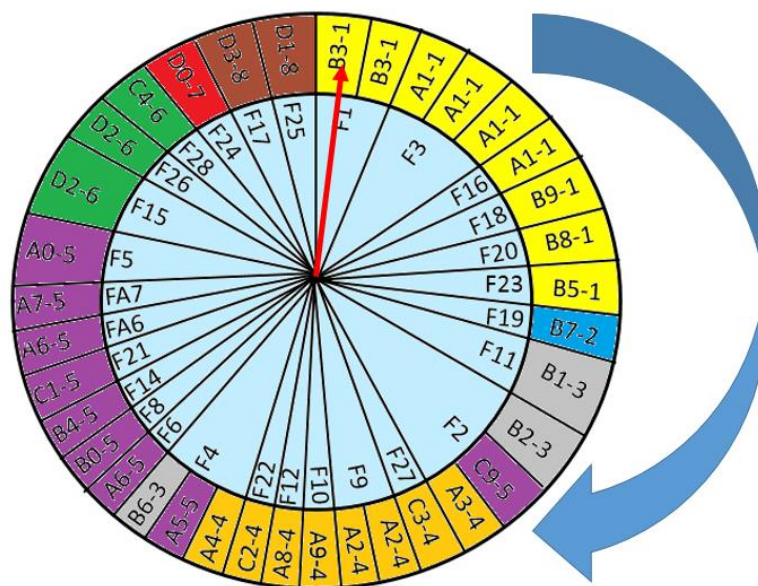


Figura 22 - Roda de Setup Balancé 6

Princípio de funcionamento:

1. Em primeiro lugar, o operador deve situar-se na roda de *setup* e rodar o ponteiro no sentido dos ponteiros do relógio até ao próximo grupo que contenha a mesma ferramenta. Essa deverá ser a próxima referência a produzir. Repetir até que não seja possível produzir utilizando a mesma ferramenta.
2. O operador deve rodar o ponteiro novamente no sentido dos ponteiros do relógio até ao próximo grupo que contenha a mesma cor, pois esta é indicativa que a matéria-prima tem a mesma espessura.

3. O operador deve novamente rodar o ponteiro no sentido dos ponteiros do relógio até encontrar o próximo grupo que seja para produzir.

4.6 GESTÃO DE PRIORIDADES

A gestão da produção será feita através da utilização de um quadro de planeamento de prioridades, materializado em réguas de suporte *Kanban* como exemplificado na figura 23.



Figura 23 - Exemplo de funcionamento da régua de suporte *Kanban*

Cada referência terá uma destas réguas, que por sua vez terá dois níveis, ou sinais. O primeiro nível, amarelo, sinalizará a necessidade de produzir e o segundo nível, vermelho, sinalizará a obrigatoriedade de produzir aquela referência com a máxima prioridade, sob risco de se entrar em rutura, pois o nível vermelho significa que a referência baixou do *stock* de segurança.

Serão necessárias ao todo 36 destas réguas de suporte *kanban*, uma para cada referência a produzir no Balancé 6.

Modo de funcionamento:

- 1) Cada vez que retira uma caixa/contentor ou palete do supermercado de produto transformado, o operador coloca o respetivo cartão *kanban* nas caixas que se encontram no supermercado para o devido efeito.

- 2) No final de cada turno, o chefe de equipa transporta os cartões que estão nas caixas para o quadro de planeamento *kanban* e coloca cada um na ranhura correspondente à sua respetiva referencia, de acordo com a figura 21.
- 3) No início de cada turno, o operador do Balancé 6 examina o quadro *kanban*, primeiro atento às referências que se encontram no nível vermelho, ou seja perto da rutura, pois estas são as que terá de produzir primeiro, e sequencia estas de acordo com a roda de setup.
- 4) Uma vez concluído o passo 3, faz o mesmo para o nível amarelo.
- 5) Por fim, e uma vez produzidas todas as referências em nível vermelho e amarelo, o operador deve produzir as restantes referências, sequenciando-as sempre respeitando a roda de *setup*.

4.7 FORMAÇÃO, ENTRADA EM FUNCIONAMENTO, MONITORIZAÇÃO E EVOLUÇÃO DO SISTEMA

- **Formação de todos os intervenientes**

A formação de todos os intervenientes fará sentido logo que o sistema esteja pronto a funcionar. Só nesta altura será possível complementar uma formação mais teórica, em sala, com uma formação mais prática, no chão de fábrica, mostrando a todos os intervenientes como o *kanban* irá efetivamente funcionar. Para o efeito foi já desenvolvida uma apresentação prévia com o intuito de elucidar certos aspetos: como o sistema *kanban* irá funcionar e qual o papel a desempenhar por cada um dos intervenientes.

- **Entrada em funcionamento**

Até a data de entrega deste documento, o sistema *kanban* não se encontra totalmente pronto para ser iniciado. Para tal faltam os quadros de planeamento da produção. Apesar de já terem sido encomendados, ainda não foram entregues. Logo que isso aconteça, o sistema estará pronto para ser iniciado.

Para que a transição se dê sem qualquer problema é necessário ter em atenção alguns fatores:

- Confirmar que a conceção do *kanban* está devidamente implementada: verificar se os sinais *kanban* estão prontos, se as regras são claras e estão afixadas, e se a informação visual está pronta.
- Confirmar que o treino está completo: garantir que todos os intervenientes tenham assistido ao treino necessário e que já não existem quaisquer dúvidas acerca do funcionamento do sistema.
- Verificar os inventários: antes de iniciar o sistema, é fundamental verificar se os níveis de inventário vão permitir que o sistema funcione sozinho uma vez iniciado o *Kanban*.

- **Monotorização e evolução do sistema**

Assim que o *kanban* entrar em funcionamento, a próxima tarefa passa por garantir que o sistema se mantém a funcionar. Para tal, definir-se-á uma pessoa responsável pelo processo de auditar e fazer correções aos problemas descobertos.

Como já foi mencionado, o sistema *Kanban*, deve estar sujeito a uma constante evolução e melhoramento, e as suas quantidades devem ser constantemente revistas.

5 CONCLUSÕES

5.1 REFLEXÃO SOBRE O TRABALHO REALIZADO

Originalmente desenvolvido na Toyota, o sistema *Kanban* ajudou empresas e fornecedores a atingirem uma maior eficiência nos abastecimentos às linhas de montagem.

De uma maneira simplista, o *Kanban* é usado para controlar os *stocks*, a produção e o abastecimento às linhas. O *kanban* é uma ferramenta com crescente popularidade junto das empresas, pois este é um dos sistemas mais simples, eficazes e baratos de gestão e controlo da produção.

No caso do trabalho prático realizado, o abastecimento de um posto de trabalho é feito através da impressão de uma ordem de fabrico que dá autorização ao posto fornecedor para produzir os componentes necessários. Os lotes de produção não estão otimizados, o que leva a que haja muitas vezes excesso de *stocks* de determinado componente e ao mesmo tempo pode ocorrer uma rutura de stock de outro componente diferente. Com a implementação do sistema *Kanban* no posto de trabalho Balancé 6 pretende-se combater estes problemas, uma vez que com o *Kanban* deixa de haver a necessidade de recorrer a ordens de fabrico. O planeamento da produção passa a ser feito através do quadro *Kanban*, estando os lotes de produção otimizados e as regras de funcionamento bem definidas.

De referir que este sistema de controlo e planeamento da produção é feito pelo próprio operador do posto de trabalho, e não requer um planeamento centralizado por parte do departamento de planeamento. Tendo ainda o benefício de libertar recursos deste departamento para outras tarefas.

O projeto tinha como objetivos principais diminuir o tamanho dos lotes de produção e consequentemente os *stocks*, simplificar e otimizar o processo de planeamento da produção e alinhar o ritmo da produção com a procura do posto de trabalho cliente.

Infelizmente, uma vez que até ao momento de entrega deste documento o trabalho não foi concluído, não foi possível ver o sistema a funcionar e tirar ilações sobre se os objetivos propostos foram ou não alcançados. Contudo, todos os passos para a implementação bem-

sucedida do sistema já foram efetuados, ficando a faltar apenas a receção de alguns materiais que já foram devidamente encomendados.

Da análise que foi feita e do que se prevê que sejam os resultados obtidos, é de esperar que haja uma redução de lotes de produção e respetiva redução de *stocks*, como foi demonstrada no capítulo 4. Importa salientar que esta redução deve-se sobretudo à transição de um planeamento da produção onde os lotes não estavam otimizados, nem havia um nivelamento da produção, para um sistema em que os lotes foram devidamente calculados e em que a produção será alvo de um nivelamento e sequenciação. Contudo, o sistema *Kanban* implementado está ainda longe do pretendido. Isto deve-se sobretudo a dois fatores: primeiro, os tempos de *setup* ainda se encontram elevados, sendo contrário à filosofia *Kanban* que requer tempos de *setup* baixos; segundo, como a empresa não possui operadores de logística nem rotas de abastecimentos definidas, as quantidades de *Kanban* estão ajustadas à palete e não à caixa, e o transporte dos materiais e cartões *kanban* apenas será feito no final de cada turno, o que faz com que o tamanho dos lotes seja superior e não haja tanta fluidez na produção e abastecimento.

No que diz respeito ao alinhamento da produção com o processo cliente, é de esperar que este se efetive, pois com o sistema em funcionamento apenas será produzido aquilo que o processo cliente sinalize e com quantidades definidas.

Apesar do projeto de implementação de um sistema *Kanban* não ter sido concluído, é de esperar que os principais objetivos definidos nesta fase inicial sejam alcançados. Todas as tarefas que seriam da esfera de responsabilidade do autor foram concluídas com sucesso.

A realização deste projeto enriqueceu fortemente os meus conhecimentos, não só no que concerne ao sistema *Kanban*, mas também a uma série de outros conhecimentos transversais numa organização.

5.2 DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

Este projeto tratou da implementação do sistema *Kanban* num posto de trabalho. Na medida em que este não ficou concluído o desenvolvimento mais premente prende-se com a conclusão do mesmo. Ou seja, iniciação do sistema, monitorização e evolução do mesmo, de acordo com a metodologia definida.

Estão em curso dois trabalhos de melhoria do sistema *Kanban* no Balancé 6. Um projeto melhoria através da ferramenta SMED, que está a ser realizado com vista a diminuir os tempos de *setup*, e um projeto de abastecimento logístico, que passa por se começarem a efetuar rotas de abastecimento periódicas (*milk runs*), por forma a poder adaptar as quantidades de *Kanban* às caixas e não à palete. Pretende-se também, gradualmente diminuir as quantidades de peças por contentor e passar algumas referências que atualmente são aprovisionadas em contentores para caixas KLT.

Todas estas alterações levarão à redução do tamanho dos lotes de produção e por sua vez a uma maior fluidez do sistema. Pretende-se também com a flexibilidade adquirida reduzir o tamanho do *stock* de segurança que a empresa mantém.

Por último, um dos objetivos iniciais deste projeto seria servir de projeto-piloto para a implementação do sistema ao resto da fábrica, pelo que é apenas natural que um futuro trabalho passe pelo alargamento do sistema *Kanban* a outros processos produtivos da fábrica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Chang, T. M. and Y. Yih (1994). "Determining the number of kanbans and lotsizes in a generic kanban system: a simulated annealing approach." *International Journal of Production Research* 32(8): 1991.

Courtois; A., et al. (1996). *Gestão da Produção*, LIDEL - Edições técnicas.

Gross, J. M. and K. R. Mcnris (2003). *Kanban made simple: demystifying and applying Toyota's legendary manufacturing process*. New York, AMACON.

Hopp, W. J. and M. L. Spearman (2004). "To Pull or Not to Pull: What Is the Question?" *Manufacturing & Service Operations Management* 6(2): 133-148.

Huang, C.-C. and A. Kusiak (1996). "Overview of Kanban systems." *International Journal of Computer Integrated Manufacturing* 9(3): 169-189.

Mukhopadhyay, S. K. and S. Shanker (2005). "Kanban implementation at a tyre manufacturing plant: a case study." *Production Planning & Control* 16(5): 488-499.

Naufal, A., et al. (2012). "Development of Kanban System at Local Manufacturing Company in Malaysia—Case Study." *Procedia Engineering* 41(0): 1721-1726.

Onho, T. (1988). *Toyota Production Sistem*. Nava York, Productivity Press.

Pinto, J. P. (2009). *Pensamento Lean*. Lisboa, Lidel.

Sendil Kumar, C. and R. Panneerselvam (2007). "Literature review of JIT-KANBAN system." *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 32(3-4): 393-408.

Sugimori, Y., et al. (1977). "Toyota production system and Kanban system Materialization of just-in-time and respect-for-human system." *International Journal of Production Research* 15(6): 553-564.

Team, D. (2002). *Kanban for the Shopfloor*. New York, Productivity Press.