



**Universidade de Aveiro**  
2013

Departamento de Economia, Gestão e Engenharia  
Industrial

**MARISA ISABEL  
ALBINO PENA**

**DESENVOLVIMENTO DE FERRAMENTAS CIP PARA  
NIVELAR E CONTROLAR A PRODUÇÃO**





**Universidade de Aveiro**  
2013

Departamento de Economia, Gestão e Engenharia  
Industrial

**MARISA ISABEL  
ALBINO PENA**

## **DESENVOLVIMENTO DE FERRAMENTAS CIP PARA NIVELAR E CONTROLAR A PRODUÇÃO**

Relatório de projeto apresentado à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial, realizado 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.



À tua memória avô porque foste um lutador incansável e me ensinaste que desistir nunca é solução...



## **o júri**

presidente

Prof<sup>a</sup>. Doutora Leonor da Conceição Teixeira  
professora auxiliar da Universidade de Aveiro

Prof. Doutor António Ernesto da Silva Carvalho Brito  
professor auxiliar da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Prof. Doutor José António de Vasconcelos Ferreira  
professor associado da Universidade de Aveiro





## **agradecimentos**

Dedico este trabalho a todos os que me apoiaram ao longo do meu percurso académico e que de alguma forma contribuíram para a concretização de mais uma etapa. Agradeço especialmente aos meus pais pela oportunidade, por todo o esforço, dedicação e apoio fundamentais à concretização deste percurso. Obrigada mano pelo teu apoio e pelos conselhos transmitidos. Obrigada Francisco pela paciência, ajuda e companheirismo. Obrigada a toda a família que sempre acreditou em mim e me apoiou incondicionalmente. Ao meu orientador científico, Prof. Doutor José António de Vasconcelos Ferreira pela disponibilidade e apoio cruciais para a concretização deste trabalho. Para finalizar, gostaria de agradecer aos meus orientadores da Bosch Termotecnologia Filipe Santos e Pedro Cruz pela integração e colaboração ao longo de todo o estágio, assim como a todos os colaboradores que me deram a oportunidade de crescer no “ mundo Bosch”.



**palavras-chave**

Sistema pull, Nivelamento, Heijunka board, Kanban.

**resumo**

O projeto apresentado decorreu na empresa Bosch Termotecnologia S.A, de Setembro de 2012 a Maio de 2013.

A crescente competitividade obriga a que as organizações desenvolvam formas de tornar os processos mais eficientes e eficazes, atribuindo-se atualmente grande ênfase ao nivelamento e controlo da produção.

O projeto propõe-se analisar a importância e aplicabilidade de ferramentas de melhoria contínua para nivelar e controlar a produção. O seu objetivo visa o estabelecimento de regras para o cálculo da qualidade do nivelamento e a uniformização das caixas de nivelamento de modo a facilitar a sua utilização e gestão visual. Propõe-se a introdução de um sistema *pull* que garante a simplificação do processo e a consequente diminuição dos níveis de *stock*.



**keywords**

Pull system, Leveling, Heijunka board, Kanban.

**abstract**

The following projects was created in the conduct of an internship in the company Bosch Termotecnologia S.A.

The increasing competitiveness has forcing organizations to develop ways to change their own processes in order to become more effective and efficient.

The current project was created in order to analyze the importance and applicability of continuous improvement process in the context of production's leveling and control.

The aim of this project consists in creating new rules for the determination of leveling and in developing several standard norms to implement in all Heijunka boards of the company.

The introduction of a pull system is the assure process simplification and level stock reduction.









## ÍNDICE

1. Introdução .....	1
1.1. Contextualização do trabalho .....	1
1.2. Relevância do Nivelamento .....	2
1.3. Estrutura do documento.....	3
2. Nivelamento e Controlo de uma Produção <i>Lean</i> .....	5
2.1. Sistemas de Produção.....	5
2.1.1. Sistemas <i>Push</i> – o MRP.....	5
2.1.2. Sistemas <i>Pull</i> – o JIT .....	6
2.1.2.1. Princípios do sistema <i>pull</i> .....	7
2.1.2.2. Elementos do sistema pull .....	8
2.1.2.3. A casa TPS.....	10
2.2. <i>Lean Production</i> .....	11
2.2.1. Os princípios.....	11
2.2.2. As ferramentas .....	12
2.3. O Nivelamento .....	14
2.3.1. Conceito .....	14
2.3.2. Modelo para a aplicação do nivelamento.....	15
2.3.3. Vantagens e dificuldades do nivelamento.....	17
2.3.4. O Quadro de nivelamento .....	19
2.3.4.1. Características essenciais do quadro de Nivelamento .....	19
2.3.4.2. Vantagens da utilização do quadro de nivelamento .....	21
3. Produção <i>Lean</i> na Bosch Termotecnologia SA.....	23
3.1. A Bosch Termotecnologia SA .....	23
3.1.1. Instalações .....	25
3.1.2. Principais produtos e marcas .....	25
3.1.3. Estrutura da empresa .....	26
3.2. Bosch Production System.....	27
3.3. Departamento de Logística.....	28
3.3.1. Estrutura e funcionamento .....	28

3.3.2.	Nivelamento e controlo da produção.....	29
3.3.3.	Levantamento da situação inicial .....	32
3.4.	O Projeto .....	34
3.4.1.	Caraterização do problema .....	34
3.4.2.	Objetivos a atingir e Metodologia adotada .....	36
4.	Resultados .....	39
4.1.	Estabelecimento de regras para o cálculo da qualidade do nivelamento .....	39
4.2.	Implementação do pull na secção A.....	41
4.2.1.	Alterações Propostas .....	41
4.2.2.	Ações implementadas .....	44
4.2.3.	Indicadores de performance das ações implementadas.....	49
4.3.	Normalização das caixas de nivelamento .....	50
4.4.	Reformulação das réguas de nivelamento .....	53
4.4.1.	Análise da situação existente .....	53
4.4.2.	Proposta de melhoria .....	58
5.	Conclusão .....	61
5.1.	Reflexão sobre o trabalho realizado .....	61
5.2.	Desenvolvimentos futuros.....	62
	Referências bibliográficas .....	63
	Anexo A - Fluxograma com as etapas para o plano de nivelamento	
	Anexo B - N° de kanbans em uso	

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Fluxo de material e informação no sistema <i>push</i> (Bonney et al., 1999) .....	6
Figura 2 - Fluxo de material e informação no sistema <i>pull</i> (Bonney et al., 1999).....	6
Figura 3 - Exemplo de um cartão kanban (BPS - Kanban Formula, 2011) .....	8
Figura 4- Sequenciador de produção.....	10
Figura 5 - A casa TPS (Lean Enterprise Institute, 2009) .....	11
Figura 6 - A casa das ferramentas <i>lean</i> (Manufacturing Sucess, 2011).....	13
Figura 7 - A obtenção do nivelamento da produção .....	14
Figura 8 - Nivelamento do <i>mix</i> da produção .....	15
Figura 9 - Etapas do modelo de nivelamento (adaptado de Bohnen, Maschek, & Deuse ,2011) .....	15
Figura 10 - Distribuição da produção de acordo com o EPEI (adaptado de Bosch - Production control, 2011).....	16
Figura 11 -Período e horizonte de planeamento (Bosch - Production control, 2011).....	17
Figura 12 - Caixa de nivelamento (Jones, 2006) .....	19
Figura 13 - Localização do pacemaker (Bosch - Production control, 2011) .....	20
Figura 14 - Quadro de nivelamento e supermercado d os processos anteriores (Bosch - Production control, 2011).....	21
Figura 15 - Divisões do grupo Bosch (adaptado da Bosch, 2011) .....	23
Figura 16 - Localizações das unidades da Bosch Termotecnologia TT (Bosch, 2012).....	24
Figura 17 - Instalações da unidade de produção da Bosch Termotecnologia SA (Bosch, 2011) .....	25
Figura 18 – Produtos fabricados e ano de comercialização .....	25
Figura 19 - Estrutura departamental da Bosch Termotecnologia SA (adaptado de Bosch ,2011) .....	26
Figura 20 - As novas ferramentas BPS (Bosch, 2011) .....	28
Figura 21 - Estrutura do departamento de Logística.....	28
Figura 22 - O nivelamento da produção (Bosch - Production control, 2011).....	29
Figura 23 - Circuito do cartão kanban através do nivelamento ( Bosch - Production control, 2011).....	30
Figura 24 - Explicação dos indicadores do nivelamento.....	31
Figura 25 - Levantamento da situação inicial na questão do nivelamento .....	33
Figura 26 - Layout da secção de fabrico .....	35
Figura 27 - Cronologia das fases do projeto .....	37
Figura 28 - Fluxograma com as regras da aderência .....	40
Figura 29 -VSM identificando os problemas do processo .....	42
Figura 30 -VSD identificando as melhorias .....	43
Figura 31- Caixa da sequência de produção da P.M.3.....	44
Figura 32 - Rampa FIFO introduzida na P.M.3 .....	45
Figura 33 - Horizonte anterior das ordens de produção para o P.M.3.....	46
Figura 34 - Sequenciador atual da célula C2 .....	48
Figura 35 - Supermercado do processo P.M.2 .....	49
Figura 36 - Stock do supermercado da P.M.2 .....	50
Figura 37 - Fluxo da informação a partir da caixa de nivelamento (Bosch - Production control, 2011).....	50
Figura 38 -Imagem da caixa de nivelamento na Bosch Termotecnologia SA .....	51
Figura 39 -Tipos e cores de cartões kanban existentes na Bosch Termotecnologia (Bosch, 2011) .....	52
Figura 40 - Antes e depois das caixas de nivelamento .....	52

Figura 41 - Indicação da hora actual e limites no quadro de nivelamento .....	54
Figura 42 - Limites de reacção do quadro de nivelamento da Bosch Termotecnologia SA.....	54
Figura 43 - Cenário das réguas atuais do quadro de nivelamento .....	55
Figura 44 - Colocação das réguas na situação 1.....	57
Figura 45 - Colocação das réguas na situação 2.....	58
Figura 46 - Fluxograma para controlo do milk run .....	60

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1- Caraterísticas fundamentais nos quadros de nivelamento (adaptado de Araujo (2009)	20
Tabela 2 - Nível de aderência em função do resultado .....	41
Tabela 3 - Lista de problemas e ações a implementar .....	43
Tabela 4 - Explicação das siglas e valores referentes ao cálculo <i>kanban</i> .....	47
Tabela 5 - Verificação das caraterísticas essenciais no quadro de nivelamento .....	53



## **Lista de Acrónimos e Siglas**

BPS - Bosch Producton system

CIP - *Continuous Improvement Process*

FIFO - *First In First Out*

JIT - *Just In Time*

JIS - *Just In Sequence*

LOG - Logística

LT - *Lead Time*

MOE - Departamento de Produção

MR - *Milk Run*

MRP - *Material Requirements Planning*

OEE - *Overall Equipment Eficiencie*

RE - Responsável de equipa

RT - *Replenishment Time*

SMED - *Single Minute Exchange Die*

TPM - *Total Productive Maintenance*

TPS - *Toyota Production System*

TT - *Takt -Time*

TC - Tempo de ciclo

VSD - *Value Stream Design*

VSM - *Value Stream Mapping*





## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO DO TRABALHO

O presente documento relata o projeto desenvolvido pela autora na Bosch Termotecnologia SA, no âmbito do curso de Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial da Universidade de Aveiro.

O desafio proposto passou pelo desenvolvimento de ferramentas de melhoria contínua com o intuito de nivelar e controlar a produção, uma vez que é fundamental que as organizações não transportem para dentro do processo produtivo as variações e imprevisibilidades associadas ao comportamento dos consumidores.

Foi realizada uma análise inicial de forma a clarificar em que medida a organização pode desenvolver projetos que assegurem a melhoria contínua no que diz respeito ao nivelamento, elemento fundamental para se atingir a estabilidade dos processos e consequente melhoria da utilização dos recursos. Depois de identificados os aspetos fundamentais que permitem que a empresa seja mais inovadora, competitiva e rápida a responder às exigências/alterações dos mercados, prosseguiu-se com a formulação de um conjunto de alterações.

É fundamental que a maioria dos produtos fabricados nas organizações sejam introduzidos no processo produtivo de acordo com as normas do nivelamento, de forma a promover a estabilidade dos processos. Deste modo, é importante saber a percentagem de produtos que respeita as regras de nivelamento no total dos produtos fabricados, com o intuito de avaliar o grau de abrangência do nivelamento na produção final. Assim, definiram-se regras para a realização do cálculo que permite avaliar em que medida os produtos são fabricados na ordem e quantidades previamente definidas.

Numa determinada secção da produção, alterou-se o processo que enviava a informação para as células de pré-montagem, passando as ordens a ser transmitidas com base num sistema *pull*. Esta modificação permitiu tanto o fluir da informação como a simplificação das tarefas, assim como mostrar que através da incorporação do nivelamento se diminuem os níveis de *stock*.

Implementaram-se melhorias nas caixas de nivelamento colocadas em cada célula final, no sentido de melhorar a visualização da informação que estas incluem e assegurar que a mensagem é transmitida da mesma forma a todos os colaboradores.

Foi ainda formulado um conjunto de hipóteses com o objetivo de desenvolver uma ferramenta a introduzir nas caixas de nivelamento, determinante para a sincronização do *milk run* e da produção, de forma a não existirem processos diferentes nas caixas de nivelamento das células finais.

## **1.2. RELEVÂNCIA DO NIVELAMENTO**

Em contexto organizacional, a introdução das práticas sugeridas na filosofia *Lean* nem sempre é um processo fácil, uma vez que estes sistemas visam a otimização dos processos admitindo pouca margem de erro.

Os pedidos de encomendas dos clientes chegam às empresas de forma irregular, podendo ocorrer grandes alterações de quantidade e especificação. Perante a competitividade dos mercados atuais, é fundamental que as empresas se readaptem e desenvolvam modelos que lhes permitam ter um padrão de produção estável de modo a obter processos padronizados, mesmo quando os requisitos dos clientes são muito variáveis.

A prática desenvolvida na *Toyota* denominada de nivelamento da produção, tem o objetivo de minimizar os problemas associados à imprevisibilidade do consumidor, permitindo que as encomendas sejam distribuídas uniformemente tendo em conta a capacidade de produção. Assim, minimiza-se a incerteza associada à procura e obtém-se a maximização do aproveitamento tanto dos recursos humanos como de materiais, produzindo o que se quer na quantidade pretendida e no momento certo.

A gestão visual é uma característica fundamental nos sistemas de nivelamento. Foram desenvolvidas ferramentas ao nível do *shop floor* que permitem tomar decisões imediatas, por forma a minimizar os eventuais erros que possam advir. Neste âmbito, surgem os quadros de nivelamento (*heijunka boards*), elemento crucial para controlar todo o processo de produção.

### 1.3. ESTRUTURA DO DOCUMENTO

O presente trabalho encontra-se dividido em mais 4 capítulos que se sucedem a este introdutório.

O segundo capítulo apresenta o enquadramento teórico sobre o tema Nivelamento e Controlo de uma produção *Lean* de forma a uma melhor compreensão do projeto. São descritos os dois sistemas de produção *Push* e *Pull*, abordando-se também a casa Toyota Production System (TPS). Dentro deste capítulo apresenta-se o surgimento do *Lean Production* e do *Lean Thinking*, assim como as ferramentas *Lean* que contribuem para a minimização do desperdício. Caracteriza-se o nivelamento, tema central do projeto, aborda-se um exemplo de um modelo para a sua aplicação, suas vantagens e dificuldades. Apresenta-se o quadro de nivelamento (*heijunka board*) elemento fundamental para a implementação do nivelamento nas organizações, assim como as características essenciais que o quadro deve conter e as vantagens da sua utilização

A caracterização da empresa onde foi desenvolvido o projeto encontra-se no capítulo três, referindo os princípios da filosofia Bosch Production System. É apresentada a estrutura e funcionamento do departamento de Logística e o nivelamento e controlo da produção na organização. É elaborado um levantamento da situação inicial, caracteriza-se o problema a resolver e são estabelecidos os objetivos e a metodologia adotados.

O quarto capítulo apresenta as regras utilizadas no cálculo da aderência. Explicam-se os benefícios implementadas nos processos através do *pull*, melhoram-se as caixas de nivelamento assim como a análise da introdução de uma régua padrão.

Finalmente, são apresentadas as reflexões finais e os possíveis projetos a serem desenvolvidos futuramente.



## **2. NIVELAMENTO E CONTROLO DE UMA PRODUÇÃO *LEAN***

Ao longo deste capítulo serão apresentados os conceitos teóricos que servem de base ao desenvolvimento do projeto de forma a facilitar a compreensão do mesmo.

### **2.1. SISTEMAS DE PRODUÇÃO**

Os dois conceitos utilizados no que diz respeito aos sistemas de produção referem-se aos princípios *push* e *pull*. Estes sistemas de produção, segundo Nicholas (1998) diferenciam-se na filosofia que determina a sequência de operações.

#### **2.1.1. SISTEMAS *PUSH* – O MRP**

O sistema de produção MRP (*Material Requirements Planning*) teve a sua origem no início dos anos 60, nos EUA, numa abordagem computadorizada para a aquisição e planeamento de materiais.

Segundo Aghazadeh (2003), o MRP é um sistema de planeamento de materiais que determina as necessidades, assim como a informação sobre quando é que cada um desses materiais deve ser pedido e produzido.

A figura 1 apresenta o fluxo de informação e material que é realizado na implementação do sistema *push*. Este sistema incorpora uma lista de materiais necessários para a fabricação de determinado número de produtos. A partir da procura final, com base na estrutura/composição do produto e seus componentes, e conhecidos os *stocks* disponíveis e o *lead time* dos fornecedores, agendam-se as colocações de encomendas de componentes e materiais. Apesar do sistema efetuar os cálculos para assegurar que tudo está disponível na data certa, os resultados desses cálculos acabam por empurrar a produção para diante, independentemente do que se passa a jusante de cada posto de trabalho.

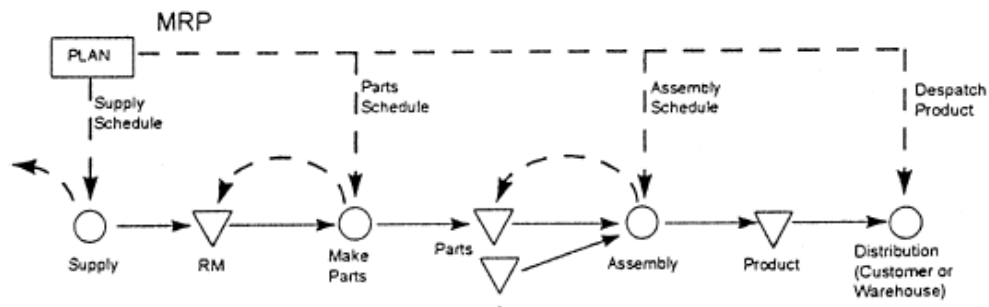


Figura 1 - Fluxo de material e informação no sistema *push* (Bonney et al., 1999)

### 2.1.2. SISTEMAS *PULL* – O JIT

O sistema de produção JIT (*Just In Time*) é apresentado como a base da filosofia proposta pela Toyota Production System, na qual os componentes são requeridos tendo em conta as ordens dos clientes, no preciso momento e nas devidas quantidades, de forma a diminuir o desperdício (Benton & Shin, 1998).

Segundo Nicholas (1998), o sistema de produção *pull* é uma forma de controlar os processos e reagir rapidamente a mudanças. Neste sistema, cada passo do processo produz exatamente o que os postos a jusante necessitam, ou seja, o material é “puxado” ao longo de cada etapa, produzindo-se apenas o que é requerido no passo seguinte, como pode ser visto na figura 2.

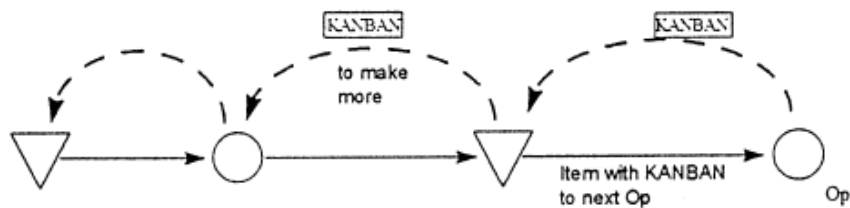


Figura 2 - Fluxo de material e informação no sistema *pull* (Bonney et al., 1999)

Segundo Benton & Shin (1998), os sistemas de produção JIT são muitas vezes denominados de sistemas de produção *lean* porque asseguram níveis de *stock* menores comparados com os sistemas tradicionais de produção em massa.

#### 2.1.2.1. PRINCÍPIOS DO SISTEMA *PULL*

Os princípios do sistema pull englobam a interação produção-logística, o *takt-time* e o nivelamento da produção, que será abordado posteriormente.

- Interação produção-logística

Parceria entre as áreas de logística e produção que permite determinar o que produzir no devido momento, de modo a que a área da logística possa assegurar atempadamente o fornecimento de todo o material em tempo útil.

- *Takt-time*

O *takt-time* é um elemento fundamental, uma vez que define a cadência da produção, tendo por base a relação entre o tempo disponível de produção e as quantidades encomendadas pelos clientes. O seu objetivo é alinhar a produção à procura do consumidor, atribuindo um ritmo ao sistema de produção.

Considerando como exemplo um tempo planeado de produção de 16 horas ( tendo-se retirado os tempos de paragem, alterações, manutenção, formações) e uma encomenda de 1200 unidades, o cálculo do *takt-time* é obtido através da seguinte fórmula:

$$\begin{aligned} \textbf{Takt - time} \text{ (min/unid)} &= \frac{\textit{tempo de produção disponível}}{\textit{quantidade de encomenda dos clientes}} = \frac{960}{1200} \\ &= 0,8 \text{ minutos/unidade} \end{aligned}$$

Este resultado de 0,8 minutos/unidade significa que a cadência mínima de produção é de uma unidade a cada 48 segundos.

- Tempo de ciclo

O conceito de *takt-time* não pode ser interpretado isoladamente. É necessário definir o tempo de ciclo dos produtos, ou seja, o tempo mínimo que decorre entre a saída de uma peça e a saída da seguinte.

Se o tempo de ciclo é maior que o *takt-time*, então a organização não vai conseguir satisfazer o pedido de encomenda do cliente no devido momento. Por outro lado se o tempo de ciclo é menor que o *takt-time*, significa que a empresa pode produzir mais do que aquilo que é solicitado pelos clientes, o que pode significar desperdício de recursos.

▪ Intervalo *pitch*

É importante definir os intervalos de produção classificado de *pitch*. Supondo que uma embalagem é constituída por 50 unidades, o intervalo *pitch* é calculado através da fórmula:

$$\begin{aligned} \text{Intervalo de pitch (seg/emb)} &= 48 \text{ segundos} * 50 \text{ unidades} \\ &= 2400 \text{ segundos/ embalagem} \end{aligned}$$

Deste modo, ao fim de 40 minutos, no máximo, deverá estar pronta uma embalagem de 50 unidades. Assim, o intervalo *pitch* pode ser considerado como o primeiro passo para o estabelecimento de uma produção constante ao longo do tempo (nivelada), uma vez que permite que a organização desenvolva um ritmo de produção.

#### 2.1.2.2. ELEMENTOS DO SISTEMA PULL

Os elementos do sistema *pull* incluem o cartão *kanban*, o supermercado, o *milk run*, o sequenciador de produção e a caixa de nivelamento, também denominada de *heijunka board*, elemento que será abordado em pormenor posteriormente.

- Cartão *kanban*

O *kanban* foi desenvolvido no âmbito do TPS com o objetivo de obter um controlo e visualização dos níveis de inventário internos, produção, componentes de fornecedores e em alguns casos matérias-primas (Lage Junior & Godinho Filho, 2010). A figura 3 apresenta um exemplo de cartão *kanban* utilizado na empresa Bosch.

O diagrama mostra um cartão *kanban* da Bosch, dividido em duas seções idênticas. Os campos são numerados da seguinte forma:

- 1: Part number (Número da peça)
- 2: Description of the part (Descrição da peça)
- 3: Supplier (Fornecedor)
- 4: Customer (Cliente)
- 5: Quantity (Quantidade)
- 6: Unit (Unidade)
- 7: Type of packaging (Tipo de embalagem)
- 8: Kanban no. (Número do cartão)
- 9: Kanban position (Posição do cartão)
- 10: Supplier data / Local use (Dados do fornecedor / Uso local)
- 11: MRP code (Código MRP)
- 12: Symbol (Símbolo)
- 13: Issuer (Emissor)
- 14: Date of issue (Data de emissão)

Além dos campos numerados, há uma barra de código de barras no topo e uma barra de código de barras no fundo.

Figura 3 - Exemplo de um cartão *kanban* (BPS - Kanban Formula, 2011)



Este cartão é utilizado para indicar a fabricação e/ou a entrega de uma determinada quantidade (*quantity*) de uma referência de material, designada de *part number*. Quando as peças são consumidas, o cartão *kanban* acompanha a caixa vazia no sentido de enviar a informação necessária para abastecer aquele tipo de material.

A informação que consta em cada cartão *kanban* varia em função da organização. No entanto existem determinados critérios que devem ser tidos em consideração para assegurar o correto funcionamento deste sistema entre os quais: existir a referência do material a abastecer/produzir (*part number*); a quantidade a requerer (*quantity*); a indicação do posto de trabalho que fornece (*supplier*) e a indicação do posto de trabalho que requer (*customer*).

- Supermercado

Os supermercados são estantes colocadas junto das secções de consumo que servem de fonte de abastecimento para a secção. Estes supermercados têm limites máximos e mínimos de componentes, devidamente identificados, estando apenas presente nas estantes aquilo que o cliente necessita, quando solicita nas quantidades requeridas. Quando o material é consumido é novamente repostado através do pedido por um cartão *kanban* dentro de uma caixa vazia.

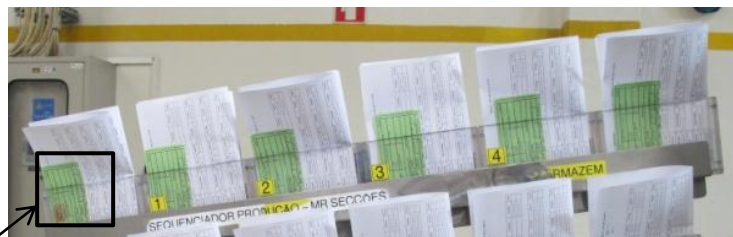
- *Milk run*

O termo *milk run* é utilizado para referir o abastecimento. Normalmente, traduz-se num operador que conduz um veículo motorizado ao qual são atrelados carros logísticos onde se encontra o material a abastecer. O *milk run* segue uma rota normalizada para o abastecimento das células, sabendo exatamente onde parar, que material recolher e onde entregar, através da consulta das listas de *picking* obtidas pela picagem dos cartões *kanban* de produção.

Dentro da organização, existem diferentes classificações de *milk run* tendo em conta a rota que realizam. O *milk run* de armazém é responsável pelo transporte dos materiais desde o armazém até aos supermercados colocados junto às células de produção. O *milk run* interno, assegura a distribuição dos componentes entre as células de pré-montagem e a sua colocação nos *boards* linha das células finais.

- Sequenciador de produção

O sequenciador de produção permite a colocação dos cartões *kanban* e respetivas listas de *picking*, obtidas pela leitura do código 3D<sup>1</sup> que está impresso no cartão *kanban*. Este sequenciador, apresentado na figura 4, é constituído por uma calha que apresenta compartimentos numerados que asseguram a sequência em FIFO (First In First Out), ou seja, o primeiro cartão a ser picado é o primeiro a ser consumido.



Primeiro cartão a ser colocado, primeiro a ser retirado.

**Figura 4- Sequenciador de produção**

### 2.1.2.3. A CASA TPS

O contínuo fluxo de produção e sistemas *pull* são apresentados como um dos pilares da casa TPS proposta pela Toyota Production System e apresentada na figura 5. O sistema JIT permite assegurar que é produzido apenas o que é preciso na quantidade pretendida. O segundo pilar da casa é o *jidoka*, um sistema de controlo de defeitos que permite impedir que estes passem para as etapas seguintes.

No centro de todos os sistemas estão as pessoas, um recurso chave de todo o processo. Na base da casa é apresentado o nivelamento da produção, fundamental para traduzir a imprevisibilidade das encomendas dos clientes em processos estáveis e contínuos.

A gestão visual, que permite que os processos sejam organizados de forma a que a sequência e informação transmitida seja de fácil entendimento, é fundamental em

<sup>1</sup> Código que pode ser lido por uma pistola laser e transmite um conjunto de informações.

todas as fases, uma vez que permite que o sistema comunique tanto com os trabalhadores, como com os gestores, de forma a diminuir possíveis erros que interrompam o normal fluxo.

A melhoria contínua, denominada de *kaizen*, termo de origem japonesa significa mudança para melhor, algo que deve estar sempre presente em todos os processos no sentido de eliminar os desperdícios.

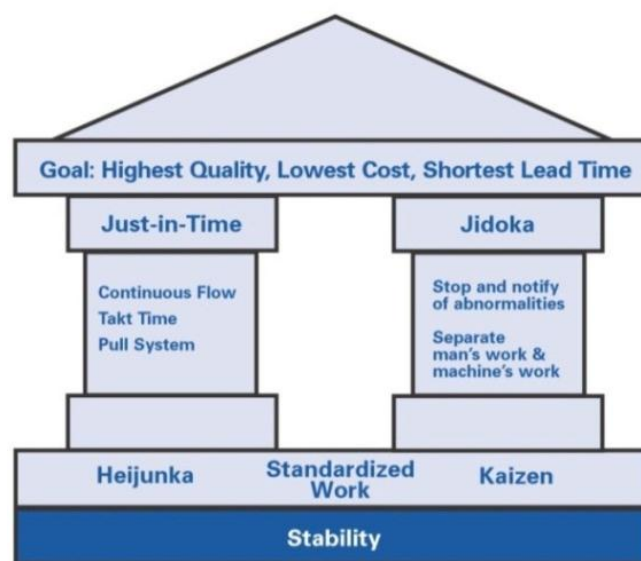


Figura 5 - A casa TPS (Lean Enterprise Institute, 2009)

## 2.2. LEAN PRODUCTION

As mudanças nos mercados, organizações e fatores de competitividade levam a que as empresas se adaptem e que sejam introduzidos novos conceitos e técnicas que permitem não só a minimização do desperdício nos processos produtivos, mas também a criação de valor em toda a cadeia de abastecimento.

### 2.2.1. OS PRINCÍPIOS

O *Lean Production*, também denominado de *Lean Manufacturing*, desenvolveu-se nos anos 90, tendo sido o resultado de numa evolução do sistema de produção Toyota Production System surgido nos anos 50 (Stone, 2012).

A generalização das práticas e ferramentas TPS deu origem à filosofia JIT, sendo que em 1996 é introduzida a designação de Lean Thinking por Womack et al. (citados por Shamah (2013)).

A filosofia *Lean Thinking* assenta em cinco conceitos chave, segundo a IBM Corporation (2007):

Valor: Ponto crítico uma vez que dependendo deste está a sobrevivência da organização. Este valor deve ser analisado tendo em consideração tanto as especificações do produto como o verdadeiro preço que o cliente está disposto a pagar.

Cadeia de Valor: Diz respeito à identificação, análise e melhoria de todas as questões desde a chegada da encomenda por parte do cliente até ao produto final. É necessário em qualquer negócio ter em consideração três aspetos críticos: as atividades que criam valor, as atividades que por si só não permitem a criação de valor mas são inevitáveis e as atividades que não acrescentam valor e que devem ser retiradas do processo.

Fluxo: Em vez de ter atividades executadas por departamentos distintos, todas as atividades devem ser organizadas num único fluxo evitando assim interrupções.

Pull: Produzir apenas quando existe a encomenda do cliente. Assim, minimizam-se os desperdícios, uma vez que se produz o que o cliente quer, na quantidade que pretende e quando solicita, evitando-se o acumular de *stocks* e a desvalorização dos mesmos.

Perfeição: Novas etapas devem ser implementadas no sentido de promover constantemente a melhoria contínua, também conhecida como “kaizen”. Esta melhoria permite tanto a redução de custo como a maior satisfação do cliente.

### **2.2.2. AS FERRAMENTAS**

De acordo com Melton (2005), os desperdícios podem ser classificados em excesso de produção, espera, transporte, *stocks*, excesso de processamento, movimentação e defeitos.

Liker, citado por Araujo (2009), apresenta uma nova categoria de desperdício, a criatividade dos empregados. Este desperdício envolve perda de tempo, ideias e

oportunidades de melhoria que não são implementadas pelo facto de as organizações não envolverem os seus colaboradores.

Na tentativa de eliminar estes tipos de desperdício foi desenvolvido um conjunto de ferramentas que, segundo Abdulmalek & Rajgopal (2007), auxiliam as empresas a coordenar o fluxo de produção, gerar valor e tornar os processos mais eficazes.

A figura 6 apresenta um conjunto de ferramentas que podem ser implementadas pelas organizações com vista à redução do desperdício. As escadas dizem respeito ao *Value Stream Mapping*, ou seja, garantem a visualização da cadeia de valor como um todo e não como partes isoladas, facilitando a identificação das fontes de desperdício.

Os 5'S, a gestão visual e o *layout*, que surgem no primeiro patamar, são ferramentas de simples implementação, mas determinantes para as organizações no sentido de alcançarem os níveis seguintes.

Desenvolver um trabalho normalizado, em equipa, e a redução de lotes deve constituir um processo solidamente implementado, de modo a que posteriormente se consiga alcançar a qualidade, a facilidade para o trabalhador e a implementação de mudanças rápidas. Trabalhar em células com sistemas *pull/kanban* maximizando a performance global dos equipamentos, ajuda no alcançar da melhoria contínua e na obtenção de processos mais eficientes.

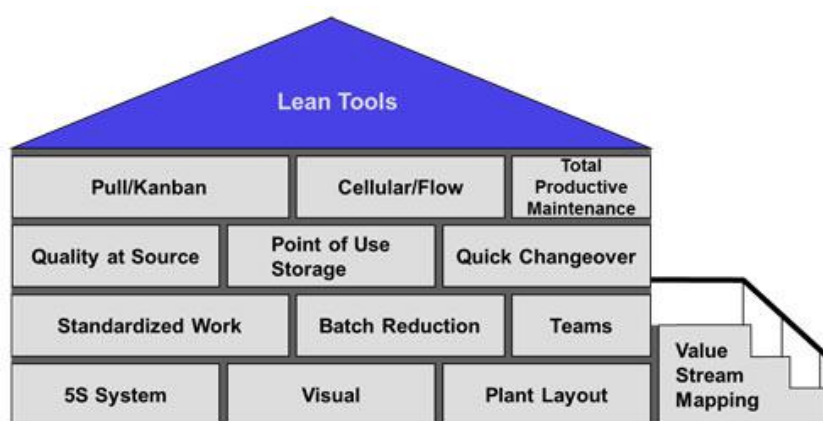


Figura 6 - A casa das ferramentas *lean* (Manufacturing Sucess, 2011)

A implementação de ferramentas *Lean* tem por base o conceito da gestão visual, ou seja, apresentar a informação de forma clara e fácil de interpretar de modo a permitir

uma deteção rápida de possíveis anomalias, ajudando os operadores na realização das tarefas e na normalização dos processos.

## 2.3. O NIVELAMENTO

### 2.3.1. CONCEITO

O conceito de nivelamento da produção não é recente, estando desde os anos 60 no seio da comunidade industrial (Marksberry, Badurdeen & Maginnis, 2010).

A abordagem TPS começou inicialmente por determinar a produção de pequenos lotes tendo em consideração as quantidades que o cliente pretendia. No entanto, se as ordens de produção não fossem alinhadas iriam surgir grandes picos de produção e tempos mortos (Liker, 2005).

Surge então o termo *heijunka*, de origem japonesa, que significa nivelar ou tornar uniforme. Este processo permite que as empresas produzam mais frequentemente e em menores quantidades de cada vez. O objetivo é manter constante ao longo do tempo o volume e o *mix* de produtos.

Para que se consiga o nivelamento do *mix* de produtos é necessário assegurar que existe uma estabilidade na produção. Assim, para nivelar a produção distribuem-se as quantidades a produzir pelos períodos de trabalho (semanas, dias ou turnos). Este processo permite agrupar os pedidos dos clientes e colocá-los na produção de forma estável ao longo do tempo, como apresentado na figura 7.

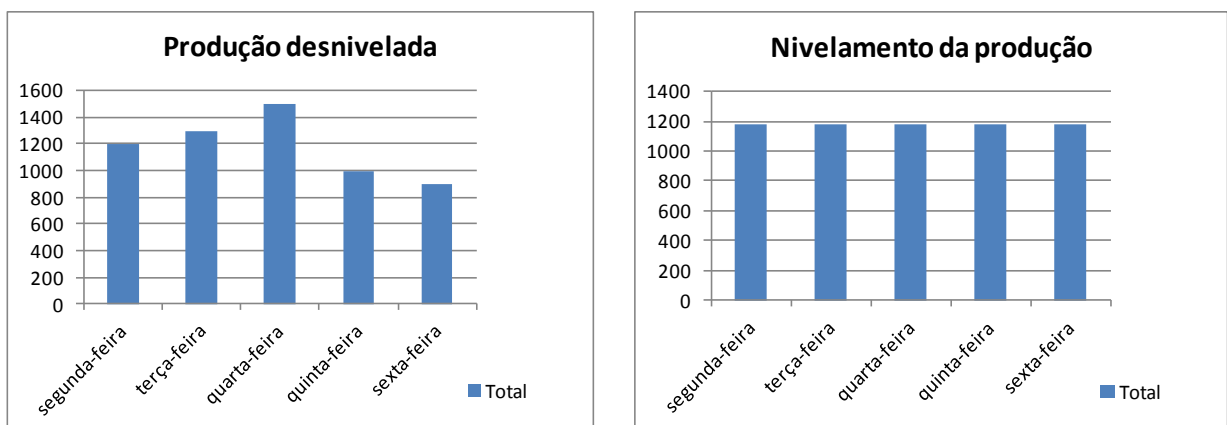


Figura 7 - A obtenção do nivelamento da produção

Analisando a figura 8, observa-se que as quantidades de produção planejadas para um período de trabalho de 5 dias são de 6000 unidades. Esta quantidade distribui-se por três produtos diferentes, X, Y e Z. Através do *mix* de produção distribui-se a produção dos diferentes produtos por todos os dias de trabalho, ao invés de se preencher um dia de trabalho com a produção de um só produto. Por exemplo, tendo em consideração a produção de 3000 unidades do produto X, este passa a ser produzido ao longo dos 5 dias de trabalho.

Este processo garante que os diferentes produtos são produzidos diariamente em pequenos lotes e não em quantidades exageradas de apenas um lote.

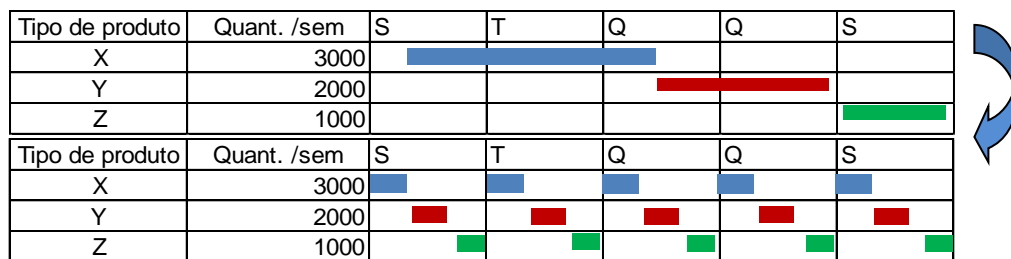


Figura 8 - Nivelamento do *mix* da produção

### 2.3.2. MODELO PARA A APLICAÇÃO DO NIVELAMENTO

Segundo Bohnen, Maschek & Deuse (2011), o nivelamento pode ser implementado nas organizações tendo por base o modelo em quatro etapas descrito na figura 9.



Figura 9 - Etapas do modelo de nivelamento (adaptado de Bohnen, Maschek, & Deuse , 2011)

#### 1- Análise e constituição do modelo de nivelamento

Este procedimento inicia-se com uma intensa e detalhada análise do mapa da cadeia de valor da organização. Nesta etapa é elaborado o levantamento da situação inicial

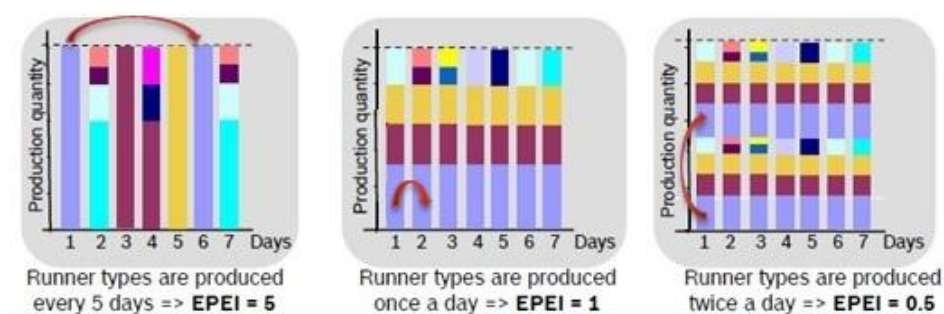
de forma a obter-se a caracterização dos processos, das melhorias a implementar e das dificuldades que podem surgir. É fundamental a identificação dos elementos chave assim como dos recursos *bottleneck*<sup>2</sup>.

## 2- Formação das famílias de produtos

Dentro das organizações existe uma grande diversidade de produtos. Deste modo, para uma melhor simplificação dos processos, utilização dos recursos e diminuição de *lead times*, estes produtos são reunidos tendo em conta alguns atributos comuns. Assim, agrupam-se produtos com especificações semelhantes atribuindo-se um nome à família. Por exemplo, é comum juntar na mesma família produtos que sejam constituídos pelo mesmo tipo de componentes para que depois sejam produzidos nas mesmas células finais.

## 3- Criação e realização do padrão de nivelamento

O padrão de nivelamento é expresso no valor de EPEI (*Every Part Every Interval*). O EPEI é o valor que significa de quantos em quantos dias se produz uma família de produto. Se EPEI=1 significa que a família de produtos é produzida todos os dias, se EPEI=0,5 significa que a família de produtos é produzida duas vezes por dia, como pode ser verificado na figura 10.



**Figura 10 - Distribuição da produção de acordo com o EPEI (adaptado de Bosch - Production control, 2011)**

<sup>2</sup> Recursos *bottleneck* são definidos como os recurso que estão sujeitos a alguma restrição e que têm menos capacidade ao longo do sistema, podendo limitar o desempenho do processo.



#### 4- Melhoria contínua

Quando se implementa o nivelamento deve ser tido em consideração o horizonte de planeamento e o período de nivelamento. Assim, um grande horizonte de planeamento permite que a organização tenha a visão do que irá ser produzido a longo prazo podendo antecipar possíveis interrupções no fluxo, como atrasos no fornecimento, falta de recursos humanos, ou seja, adequar antecipadamente as quantidades de encomenda às capacidades da organização. Por outro lado, o período de nivelamento dever ser cada vez menor, de forma a que a organização responda mais rapidamente às mudanças que possam surgir. Através da figura 11, analisa-se que em determinadas semanas podem ocorrer maiores níveis de encomendas, em outras a quantidade de produção está abaixo do esperado, deste modo é fundamental construir um período estável que nunca ultrapasse a capacidade de produção da empresa.

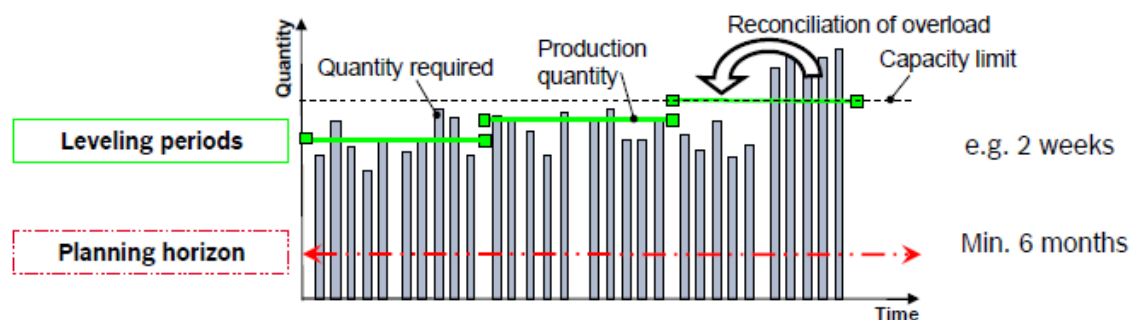


Figura 11 -Período e horizonte de planeamento (Bosch - Production control, 2011)

O resultado final do nivelamento é a obtenção de uma sequência de fluxo contínuo ajustado à procura do consumidor, permitindo assim uma maior flexibilidade (Marksberry et al., 2010).

#### 2.3.3. VANTAGENS E DIFICULDADES DO NIVELAMENTO

Liker (2005) apresenta três grandes benefícios que podem ser alcançados através da introdução do nivelamento:

- Equilíbrios tanto nos recursos materiais como humanos ao nível do *shop floor*, uma vez que a existência de um padrão de produção permite prever

atempadamente tanto os recursos materiais como humanos, necessários para a fabricação de determinados componentes. Este padrão de produção é previamente definido de forma a maximizar tanto a utilização dos equipamentos como a capacidade dos operadores, evitando assim o aparecimento de tempos mortos.

- Maior flexibilidade por parte da organização para responder às alterações da procura do mercado, pois em vez de se produzirem grandes volumes de cada produto, produzem-se menores quantidades repartidas ao longo do período de produção.
- Diminuição dos níveis de *stock* das matérias-primas necessárias à fabricação de cada produto, uma vez que ao invés do fornecedor entregar grandes volumes de uma só vez, consegue-se agendar a entrega de pequenos volumes várias vezes ao longo do período de produção.

Deste modo, consegue-se o desenvolvimento de um fluxo constante ao longo de toda a cadeia de valor, que permite tornar os desvios transparentes e aumentar constantemente a flexibilidade, para lidar com mudanças e interrupções nas encomendas.

As dificuldades da aplicação do nivelamento na produção resultam de:

- Dificuldades na construção do padrão de nivelamento (*EPEI*), devido à imprevisibilidade do consumidor tanto na requisição do tipo de componentes como das quantidades;
- Complicações por parte da organização em entregar um grande volume de componentes num curto período de tempo, uma vez que estes são produzidos em menores volumes ao longo de um maior período temporal;
- Dificuldades de adaptação por parte dos colaboradores à introdução de novos conceitos e modificações ao nível do *shop floor* e da estrutura da organização, com vista à implementação das ferramentas associadas ao nivelamento.

### 2.3.4. O QUADRO DE NIVELAMENTO

#### 2.3.4.1. CARACTERÍSTICAS ESSENCIAIS DO QUADRO DE NIVELAMENTO

O elemento físico fundamental para a aplicação do nivelamento nas organizações é o quadro de nivelamento, também denominado de *heijunka board*, representado na figura 12.

O quadro de nivelamento apresenta verticalmente a classificação das diferentes famílias de produtos. Em cada linha da respectiva família, existem diversas células (espaços) onde são colocados os cartões *kanban* que determinam as ordens de produção. A linha horizontal de cima apresenta um horário com determinados intervalos de produção. (Jones, 2006).

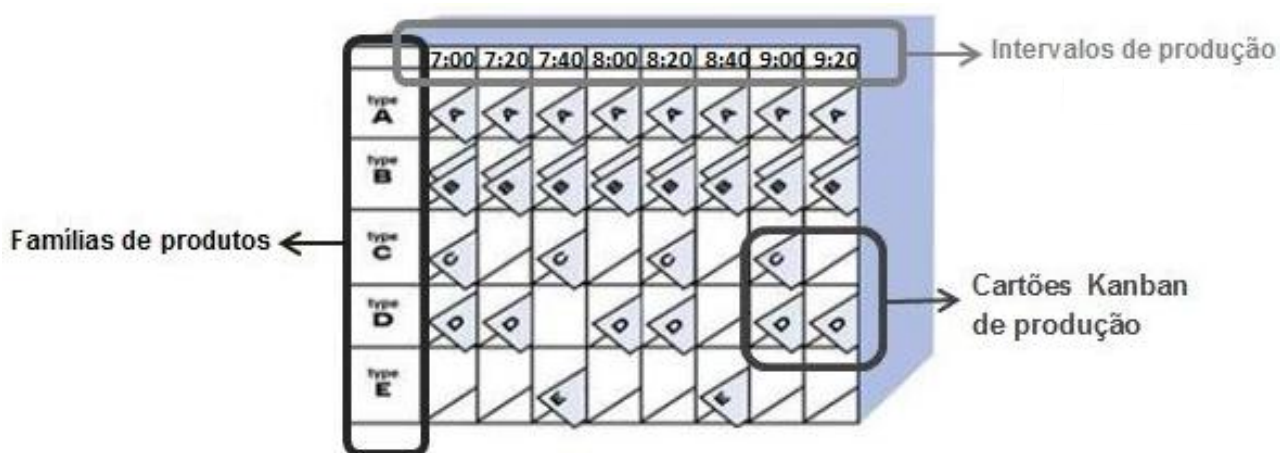


Figura 12 - Caixa de nivelamento (Jones, 2006)

Cada célula do quadro de nivelamento, ou seja, os compartimentos onde são colocados os cartões *kanban*, representa um *pitch* de produção, que como referido anteriormente é obtido pela multiplicação do *takt time* (a cadência de produção) pela quantidade de peças por embalagem.

Assim um produto que tenha um *pitch* de 20 minutos deverá ser representado por um cartão *kanban* colocado numa célula do quadro de nivelamento. Quando se consumirem os cartões *kanban* existentes no quadro significa que o que foi planeado produzir para determinado turno/dia já se encontra produzido.

São inúmeros os modelos de quadros de nivelamento, adaptáveis em função da realidade de cada organização com vista à obtenção de um melhor sincronismo de toda a produção (Jones, 2006). O objetivo da sua implementação é evitar as flutuações no planeamento da produção permitindo a distribuição das ordens de fabrico de uma forma constante (Hüttmeir et al., 2009).

Assim, os quadros de nivelamento são colocadas junto ao *pacemaker*, como pode ser analisado na figura 13. O *pacemaker* é o elemento denominado de “coração” que marca o ritmo de produção e permite acionar todos os processos para trás, muitas vezes é o elemento *bottleneck*, ou seja o estrangulamento do processo, que limita o desempenho ou capacidade de todo o sistema.

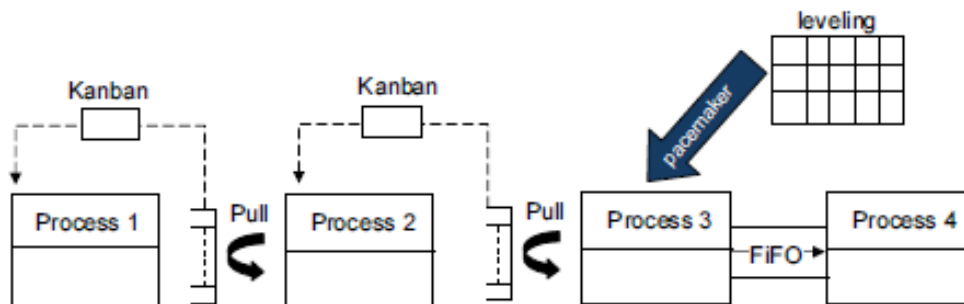


Figura 13 - Localização do pacemaker (Bosch - Production control, 2011)

Na filosofia proposta pelo Toyota Production System, a gestão visual sempre foi um aspeto de grande importância, ao qual as organizações devem ter especial atenção. Greif, citado por Araujo (2009), refere que existem características fundamentais nos quadros de nivelamento que devem ser tidas em consideração, sendo apresentadas na tabela 1.

Tabela 1- Características fundamentais nos quadros de nivelamento (adaptado de Araujo (2009))

Questão	Conjunto de características
1	Os quadros de nivelamento devem ser colocados junto às células finais de produção.
2	As mensagens devem ser apresentadas de forma clara para não existirem dúvidas.
3	Um <i>layout</i> pré determinado deve ser tido em consideração para uma

	melhor organização da informação que deve constar no quadro.
4	A aparência e as cores devem ser cuidadosamente selecionadas.
5	Participação dos colaboradores na elaboração do quadro, uma vez que são as pessoas do <i>shop floor</i> que o usam mais regularmente.

A implementação destas recomendações facilita uma interpretação clara que potencia os benefícios do quadro.

#### 2.3.4.2. VANTAGENS DA UTILIZAÇÃO DO QUADRO DE NIVELAMENTO

Tardin, citado por Araujo (2009), refere que uma grande vantagem da utilização do quadro de nivelamento surge do facto de este ser implementado e controlado pelos próprios operadores no chão da fábrica. Exemplos como o quadro apresentado na figura 14 apresentam a informação fundamental de uma forma simples. Pela sua análise, evidencia-se que no supermercado dos processos anteriores existe o necessário para o posto a seguir, uma vez que as ordens de produção são enviadas pelo *picking* dos cartões colocados nos quadros das células finais. Deste modo, os componentes são retirados do supermercado de produto acabado quando é dada a ordem de produção pela picagem do cartão *kanban*, os componentes são consumidos e são de novo abastecidos.

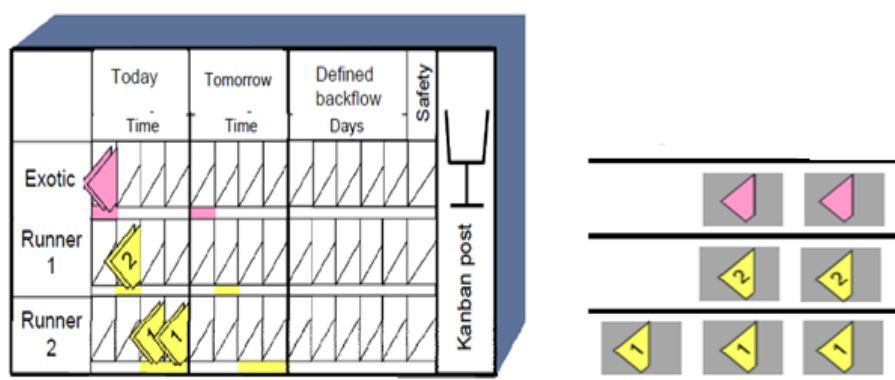


Figura 14 - Quadro de nivelamento e supermercado dos processos anteriores (Bosch - Production control, 2011)

Assim, através da sua visualização, podem ser obtidas diversas informações fundamentais para a coordenação de toda a produção. São descritas algumas das vantagens da sua utilização:

- Verificar a quantidade de produção total para cada turno ou dia de trabalho, uma vez que os cartões *kanban* colocados no quadro representam as unidades de produto acabado;
- Obter a clara visualização do estado da produção, uma vez que, através da análise da colocação dos cartões no respetivo horário do quadro consegue-se determinar se a produção está em atraso, adiantada ou na hora correta;
- Requisitar o material dos processos a montante apenas quando é necessário para consumo, pois só pelo *picking* dos cartões *kanban* de produto acabado colocados no quadro de nivelamento é que são impressas as listas de componentes associadas;
- Facilitar a deteção dos motivos de atraso ocorrentes na produção já que é mais fácil detetar se o atraso foi devido a problemas na produção ou na entrega de componentes por parte do *milk run*;
- Antecipar a falta de componentes, uma vez que tanto os operadores do *board linha*, como os operadores de abastecimento, *milk run*, sabem quais os componentes necessários para a produção dos produtos seguintes.

### 3. PRODUÇÃO *LEAN* NA BOSCH TERMOTECNOLOGIA SA

#### 3.1. A BOSCH TERMOTECNOLOGIA SA

Tendo surgido na Alemanha em 1886, o grupo Robert Bosch sempre se caracterizou pela construção de um espírito empreendedor, apresentando-se como uma das empresas mais inovadoras na área tecnológica. Essa inovação permite que a organização proporcione às pessoas uma vida mais segura mais confortável e ambientalmente mais responsável, pois o próprio *slogan* da empresa é: *Bosch invented for life*.

A estrutura organizacional da Robert Bosch GmbH é subdividida em três grandes setores como apresentado na figura 15. Do setor bens de consumo e tecnologias de construção faz parte a divisão Termotecnologia.

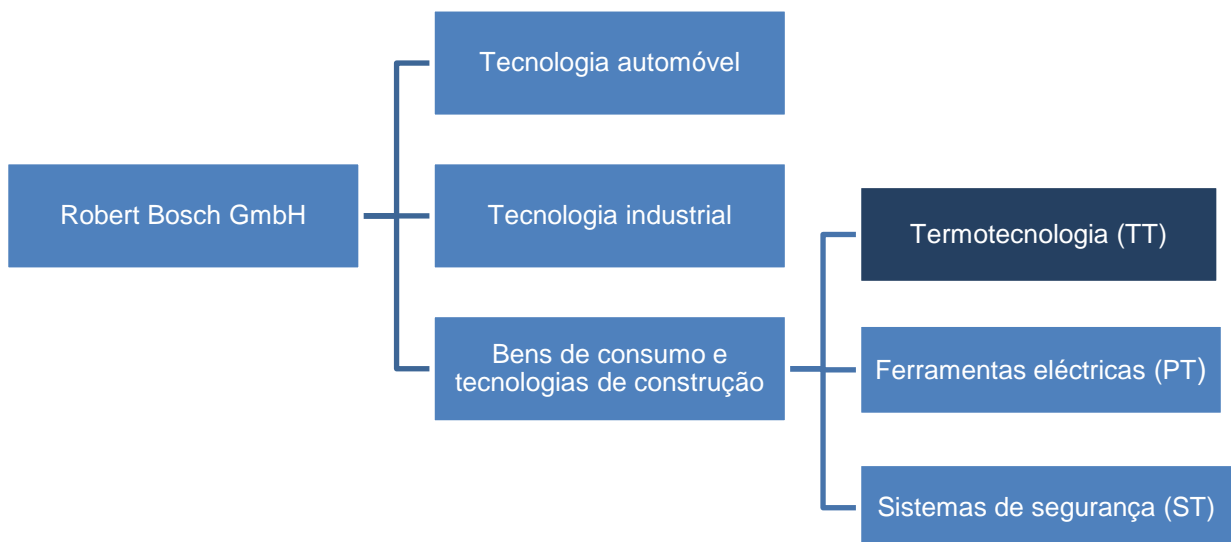
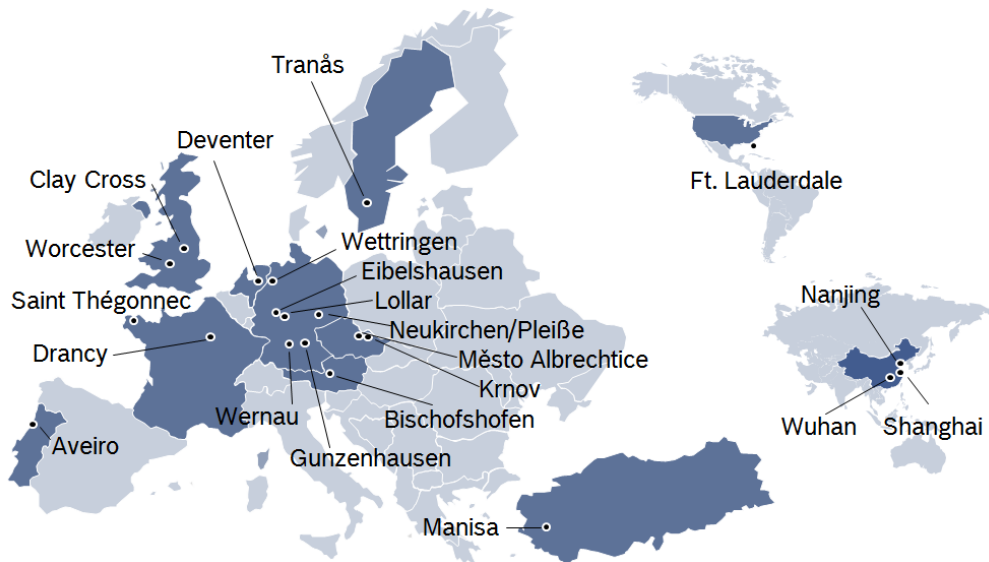


Figura 15 - Divisões do grupo Bosch (adaptado da Bosch, 2011)

À divisão Bosch Termotecnologia TT, pertencem várias unidades de negócio representadas em inúmeros países. Pela figura 16 observa-se que a unidade de Aveiro é a única unidade Termotecnologia em Portugal.



**Figura 16 - Localizações das unidades da Bosch Termotecnologia TT (Bosch, 2012)**

Dentro desta divisão existem 6 áreas de negócio diferentes, sendo uma delas a *Domestic Hot Water* (DW), na qual se insere a unidade Bosch Termotecnologia SA, sediada em Aveiro.

A Bosch Termotecnologia SA, previamente designada por Vulcano Termodomésticos SA, situada na E.N. 16, Km 3.7 – Aveiro 3800-533 Cacia, iniciou a sua atividade em 1977 através do estabelecimento de um licenciamento com a Robert Bosch, que permitia o acesso à tecnologia alemã no que dizia respeito ao fabrico de esquentadores.

Atualmente, com uma produção para 55 países, a empresa emprega cerca de 1000 colaboradores, sendo o líder nacional e uma das líderes mundiais no fabrico de aparelhos de aquecimento de água doméstica.

No ano de 1988, a empresa de Aveiro foi adquirida pelo grupo Bosch, tornando-se o centro de competências da Robert Bosch para a conceção e desenvolvimento de novos aparelhos a gás (esquentadores), assim como na sua produção e comercialização, afirmando-se como uma empresa líder do mercado europeu desde 1992.



### 3.1.1. INSTALAÇÕES

As instalações da Bosch Termotecnologia SA encontram-se divididas em cinco unidades principais: o edifício da administração, de desenvolvimento, a unidade de produção, o armazém e o centro de formação. A figura 17 apresenta a unidade de produção.



Figura 17 - Instalações da unidade de produção da Bosch Termotecnologia SA (Bosch, 2011)

### 3.1.2. PRINCIPAIS PRODUTOS E MARCAS

Encontra-se no portfólio de produtos da Bosch Termotecnologia SA, esquentadores, caldeiras, coletores solares térmicos e, mais recentemente, bombas de calor. A figura 18 apresenta alguns dos produtos fabricados na organização assim como o ano da sua introdução no mercado.



Figura 18 – Produtos fabricados e ano de comercialização

A organização comercializa marcas fortes que lhe permitiram alcançar um grande sucesso ao longo dos anos, entre as quais a Junkers, a Vulcano e a Bosch.

### 3.1.3. ESTRUTURA DA EMPRESA

A unidade do Grupo Bosch Termotecnologia SA situada em Aveiro tem como missão “ser o líder de aparelhos de água quente associado a sistemas inteligentes de energia”. A estrutura departamental apresentada na figura 19 é composta por quatro áreas de direção, que são divididas em departamentos.

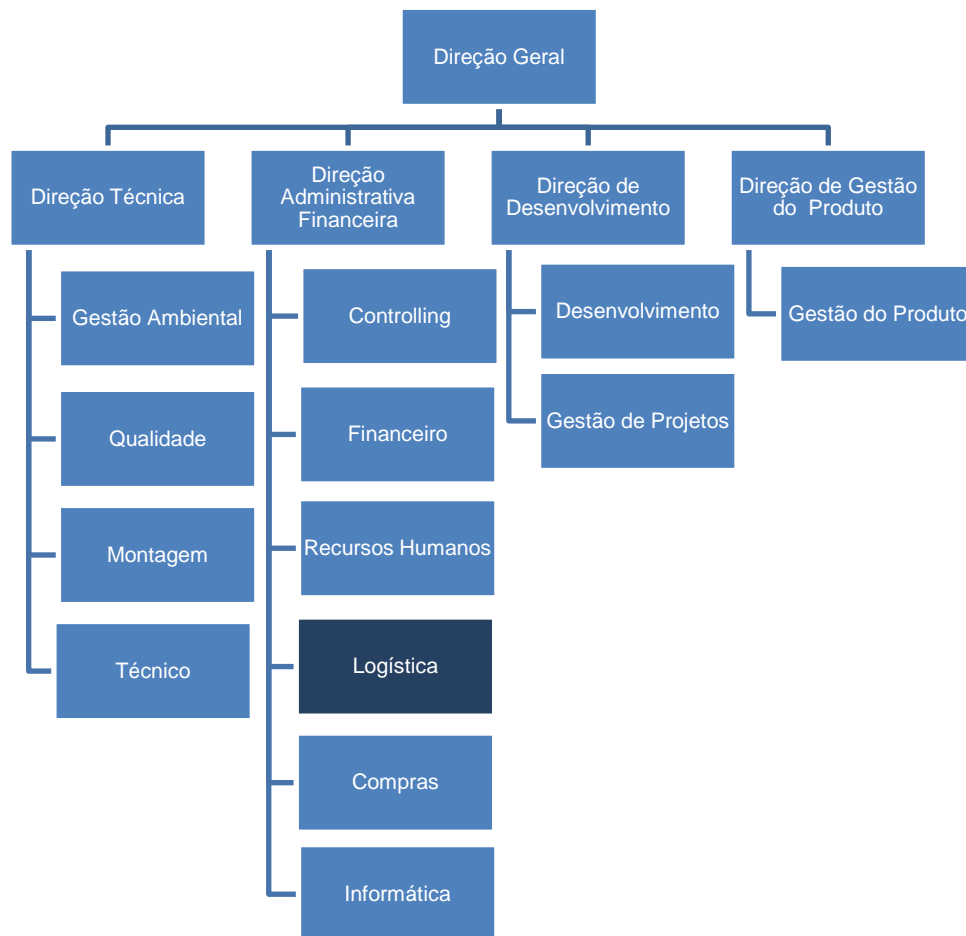


Figura 19 - Estrutura departamental da Bosch Termotecnologia SA (adaptado de Bosch ,2011)

### 3.2. BOSCH PRODUCTION SYSTEM

A filosofia Bosch Production System (BPS) desenvolveu-se no ano de 2002 tendo por base os princípios do Toyota Production System. Esta filosofia visa a melhoria dos processos industriais, promovendo tanto a minimização do desperdício como a melhoria contínua em toda a organização denominada de CIP (*Continuous Improvement Process*). Os princípios BPS prendem-se com a promoção da satisfação dos clientes e sucesso da empresa, assegurando sempre a satisfação dos seus colaboradores.

Inicialmente, a execução da filosofia BPS era assegurada pela implementação dos princípios definidos, não sendo necessário efetuar um acompanhamento dos resultados obtidos. No ano de 2010, passou-se de um patamar de “Implementation Mode” para “Improvement Mode”, ou seja, para além da implementação dos conceitos é necessário acompanhar os principais campos de melhoria, a qualidade e a rapidez na resolução de problemas assim como a qualidade que se faz do uso dos elementos BPS.

Atualmente avalia-se a implementação das normas BPS na organização tendo em conta a avaliação de como o conceito foi introduzido e como está a ser executado. Deste modo é necessário validar se o conceito foi transposto corretamente para o ambiente industrial e se foram cumpridas todas as normas. No âmbito da sua execução é necessário verificar se já existem melhorias. Deste modo para além das ferramentas como os 5S, sistema de sugestões, *workshops*, desenvolveu-se o System CIP, System CIP – Project e Point CIP.

Através da imagem apresentada na figura 20, observa-se que a ferramenta System – CIP auxilia a organização no sentido de implementar melhorias nos seus processos de modo a alcançar os objetivos estabelecidos para os indicadores de negócio da empresa. Ou seja, esta ferramenta apresenta uma visão macro do que se pode implementar de forma a atingir os objetivos previstos. O System CIP – Project apresenta os projetos que são desenvolvidos na empresa, ou seja, identifica a situação anterior e a futura e os indicadores que devem ser seguidos. Se a situação futura apresentada no System CIP – Project resultar em melhorias, então deve ser construído o Point CIP do projeto com vista a um acompanhamento mais pormenorizado.

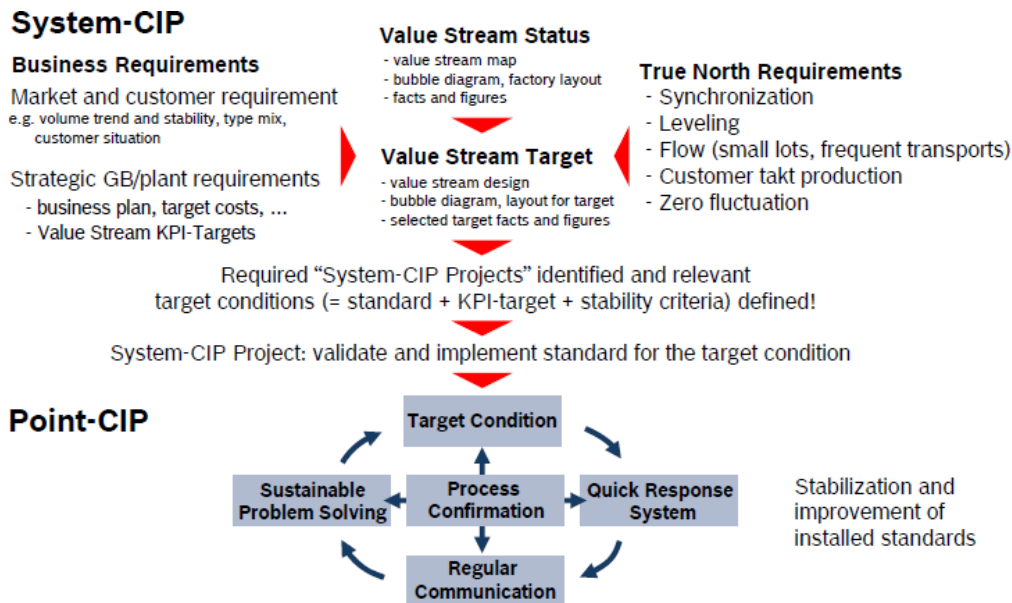


Figura 20 - As novas ferramentas BPS (Bosch, 2011)

### 3.3. DEPARTAMENTO DE LOGÍSTICA

#### 3.3.1. ESTRUTURA E FUNCIONAMENTO

O departamento de logística, onde foi desenvolvido o projeto, envolve diversas atividades que garantem o bom funcionamento da organização focando-se em quatro: aquisição, movimentação, armazenagem e entrega de produtos.

O departamento é responsável por diversas tarefas ao longo de toda a cadeia de valor, entre a quais o contacto com os fornecedores e clientes, o planeamento de produção e a análise e determinação de previsões. Encontra-se subdividido em 4 áreas distintas que se complementam, LOG1, LOG2, LOG3 e LOG9, como apresentado na figura 21.

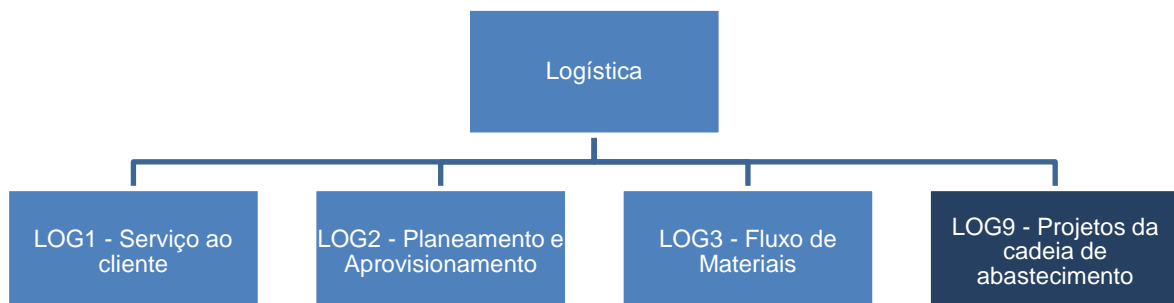


Figura 21 - Estrutura do departamento de Logística

A área do LOG1 tem a responsabilidade relacionada com o serviço ao cliente. Engloba atividades como a receção de encomendas, a gestão do cliente, o planeamento e controlo dos *stocks* de produto final assim como questões relacionadas com a análise e manutenção do nível de serviço. Este departamento assegura a disponibilidade dos produtos nos vários mercados, através de um nível de *stock* adequado ao menor custo logístico.

O LOG2 tem como atividades o planeamento de produção e o aprovisionamento, sendo também o responsável pela gestão de *stocks*, encomendas de matéria-prima e planeamento da produção.

A área do LOG3 abrange a logística interna. Centra-se no fluxo de materiais, controlando os fluxos logísticos de receção, armazenamento, abastecimento à fábrica e expedição de produtos.

O LOG9 é responsável pelos projetos na cadeia de abastecimento e assegura o apoio necessário a todos os processos IT e Administração. Promove a otimização dos processos de informação na Logística assim como o desenvolvimento de projetos que visam a melhoria contínua.

### 3.3.2. NIVELAMENTO E CONTROLO DA PRODUÇÃO

O nivelamento da produção permite transpor as quantidades variáveis de encomenda do cliente, para um planeamento de produção estável, como pode ser verificado pela figura 22.

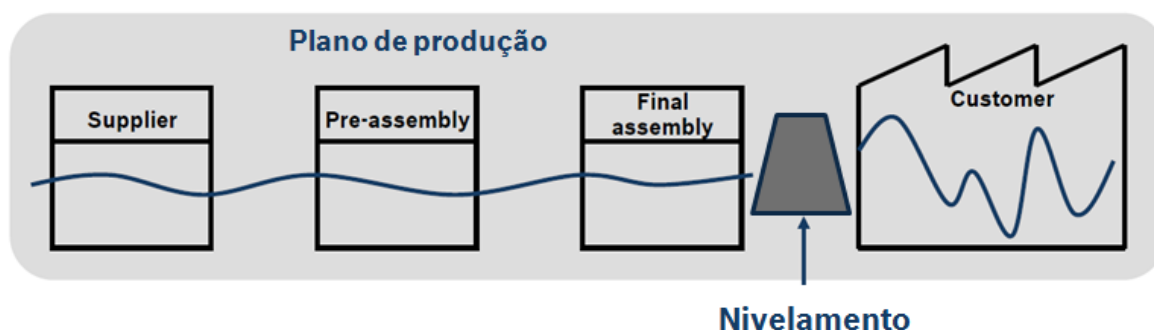


Figura 22 - O nivelamento da produção (Bosch - Production control, 2011)

De forma a potenciar a implementação no nivelamento dentro da organização, foi necessário reajustar os processos existentes. Assim, a figura 23 apresenta o novo circuito do cartão *kanban* existente na Bosch Termotecnologia tendo por base a implementação do nivelamento. As ordens de encomendas dos clientes, traduzidas em cartões *kanban* de produção, permitem o despoletar de todo o processo. Estes cartões são colocados nas caixas de nivelamento representados na figura por OXOX que se encontram junto das células finais. De acordo com as quantidades a produzir são requisitados os materiais necessários. O *milk run* é responsável por fazer o levantamento dos componentes dos processos anteriores e entrega-los às células de produção final. Quando as encomendas estão produzidas são enviadas ao cliente e inicia-se um novo processo, recebendo de novo as ordens de encomenda.

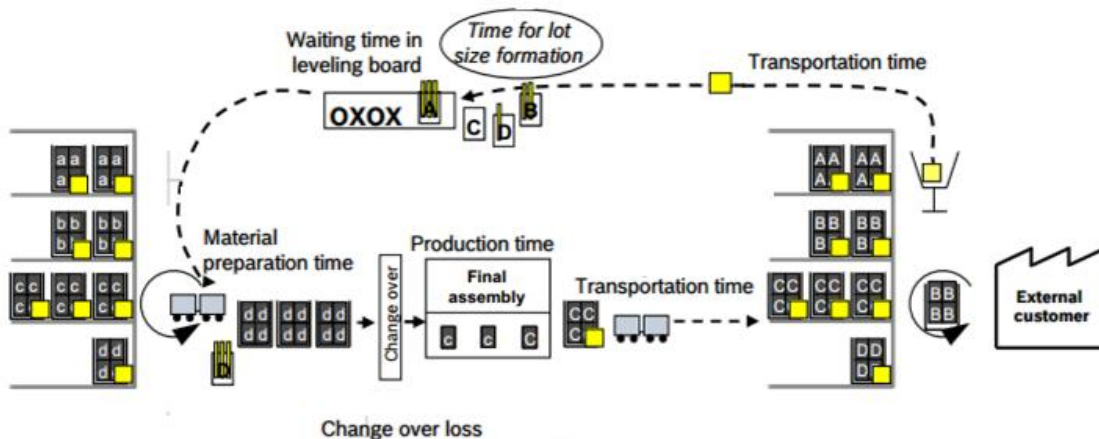


Figura 23 - Circuito do cartão kanban através do nivelamento ( Bosch - Production control, 2011)

Para que todo o processo seja efetuado sem interrupções é necessário assegurar o escalonamento das responsabilidades para que todas as áreas tenham os recursos necessários para seguir o plano de produção previamente definido (consultar anexo A).

O nivelamento é um conceito de grande importância na organização sendo por isso alvo de avaliação na auditoria BPS. Esta auditoria consiste numa avaliação anual que é realizada em todas as empresas Bosch e que permite atribuir uma posição à empresa, tendo em conta o resultado da auditoria. Neste caso, é atribuída uma classificação à Bosch Termotecnologia SA, que permite saber qual a sua posição em relação às restantes Bosch Termotecnologia.

A avaliação da introdução das práticas BPS dentro da organização ocorre em três áreas distintas, *Source*, *Make* e *Deliver*. Dentro de cada área são vários os aspetos a ser avaliados tendo em conta o conceito e nível de execução. A avaliação do nivelamento é contemplada na área *Make*. Assim, o nivelamento é avaliado tendo em conta dois aspetos, a maturidade e a execução, numa escala de 1 a 4, correspondendo à pior e à melhor classificação respetivamente. Dentro de cada aspeto, existem determinados critérios que devem ser tidos em consideração, sendo apresentados na figura 24.

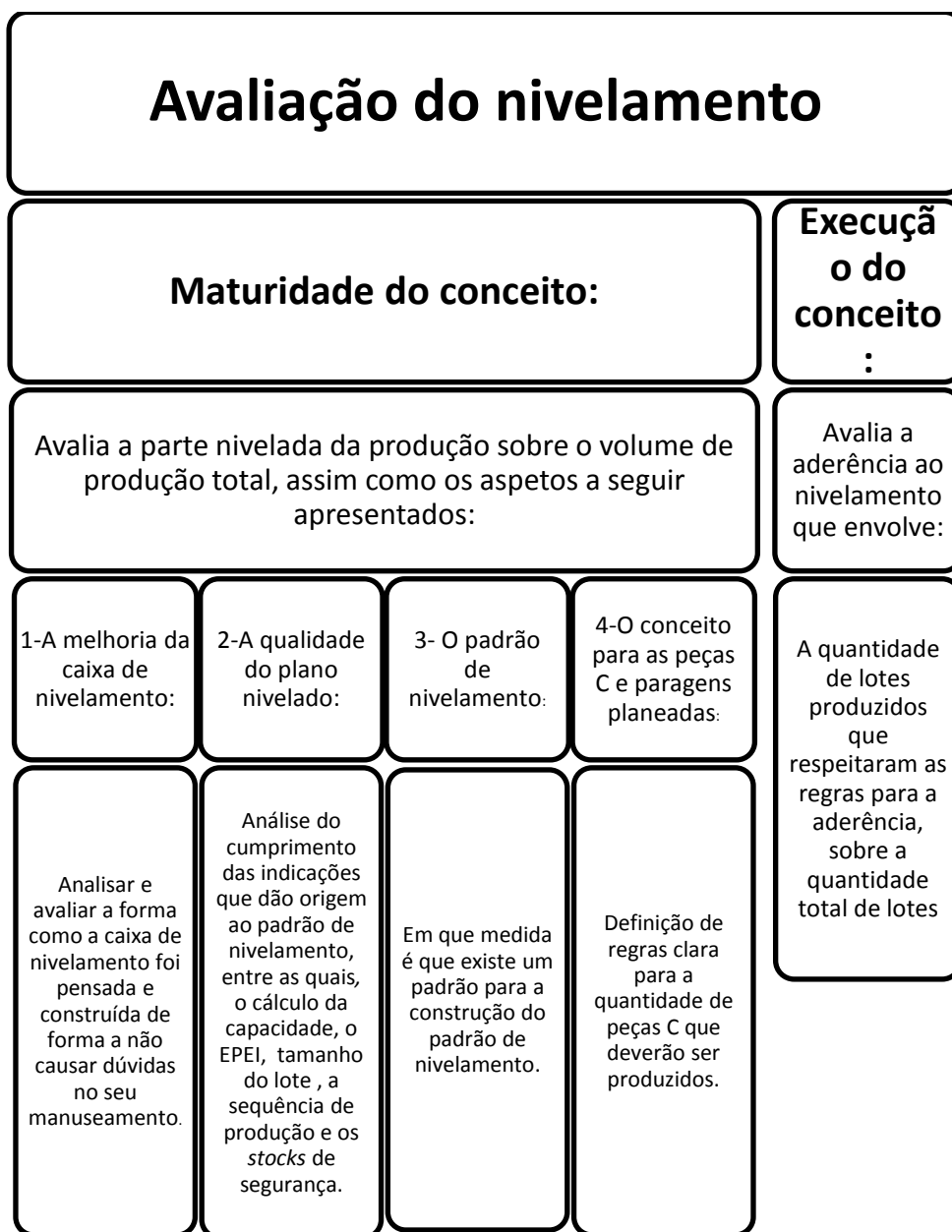


Figura 24 - Explicação dos indicadores do nivelamento

### 3.3.3. LEVANTAMENTO DA SITUAÇÃO INICIAL

De forma a avaliar o estado atual da implementação do nivelamento na organização foi elaborado o levantamento da situação inicial apresentado na figura 25.

Esta figura apresenta as células finais que são alvo de avaliação na auditoria BPS, divididas em dois grupos. O grupo GWI, que representa os esquentadores, e o grupo GZT, que representa as caldeiras.

Ao conjunto das 8 células finais são aplicadas 16 questões que fazem parte da auditoria BPS e permitem verificar se nos processos da organização estão a ser atingidos os benefícios do nivelamento. Deste modo as questões avaliam se, por exemplo, existe um padrão de produção (*EPEI*), qual a percentagem de produtos fabricados na empresa que respeita as regras de nivelamento, se os *stocks* nos supermercados foram reduzidos, se é a caixa de nivelamento que envia as ordens de produção para os processos anteriores, se existe uma clara visualização nas caixas de produção quando a produção está em atraso, em avanço ou na hora correta.

Estas questões pretendem avaliar o nível de conceito e maturidade, numa escala de 1 a 4, tal como foi referido anteriormente. O cumprimento dos critérios para cada célula final é identificado a verde (OK), enquanto que o não cumprimento está a vermelho (NOK).

À medida que as especificações de cada nível (1,2,3 e 4) forem cumpridas a célula final é classificada no nível seguinte até atingir o nível 4 de conceito e maturidade, ou seja, o nível de excelência. No entanto, para alcançar o nível seguinte de classificação, é necessário que a célula final cumpra todos os requisitos definidos nas 16 questões.



Conjunto de 16 questões

Classificação do conceito e maturidade

			Clear visualization of the levelling	Only the visualized levelling clearly controls the pacemaker process	backlog/run ahead in reference to the levelling will be recorded and clearly visualized	reaction limits for backlog/run ahead are defined and clearly visualized	changes in sequence and volume are tracked and clearly visualized	the levelling performance is visualized	the visualization of the levelling for every pacemaker is done at one defined point	< 30 % of weekly POT (visualization required)	consumption controlled loop at pacemaker is available	levelling period 1 week	Every runner has to be produced within levelling period twice in equal volume (acceptable deviation 10% within plan)	levelling is calculated based on total available production capacity (proof required)	strategy to recover from backlogs within levelling period is defined	last 3 months >50% complied with sequence and volume within levelling period	last 3 months >70% complied with sequence and volume within levelling period	inventory of minimum one pre-process was reduced according to the expected effect in past 6 months	Concept	Execution
G'Wl	Célula 1	16	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	1	2
	Célula 2	16	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	1	2
	Célula 3	16	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	1	2
	Célula 4	16	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	not ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	not ok	0	1
	Célula 5	8	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	not ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	not ok	0	1
	Célula 8	5, 10	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	not ok	not ok	not ok	1	0
	S.P	1	not ok	ok	ok	not ok	not ok	ok	ok	ok	not ok	ok	ok	ok	ok	ok	not ok	not ok	0	1
GZT	célula 6	5	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	not ok	ok	not ok	ok	ok	not ok	not ok	not ok		

Total de 8 células finais

Cumprimento ou incumprimento

Figura 25 - Levantamento da situação inicial na questão do nivelamento

### 3.4. O PROJETO

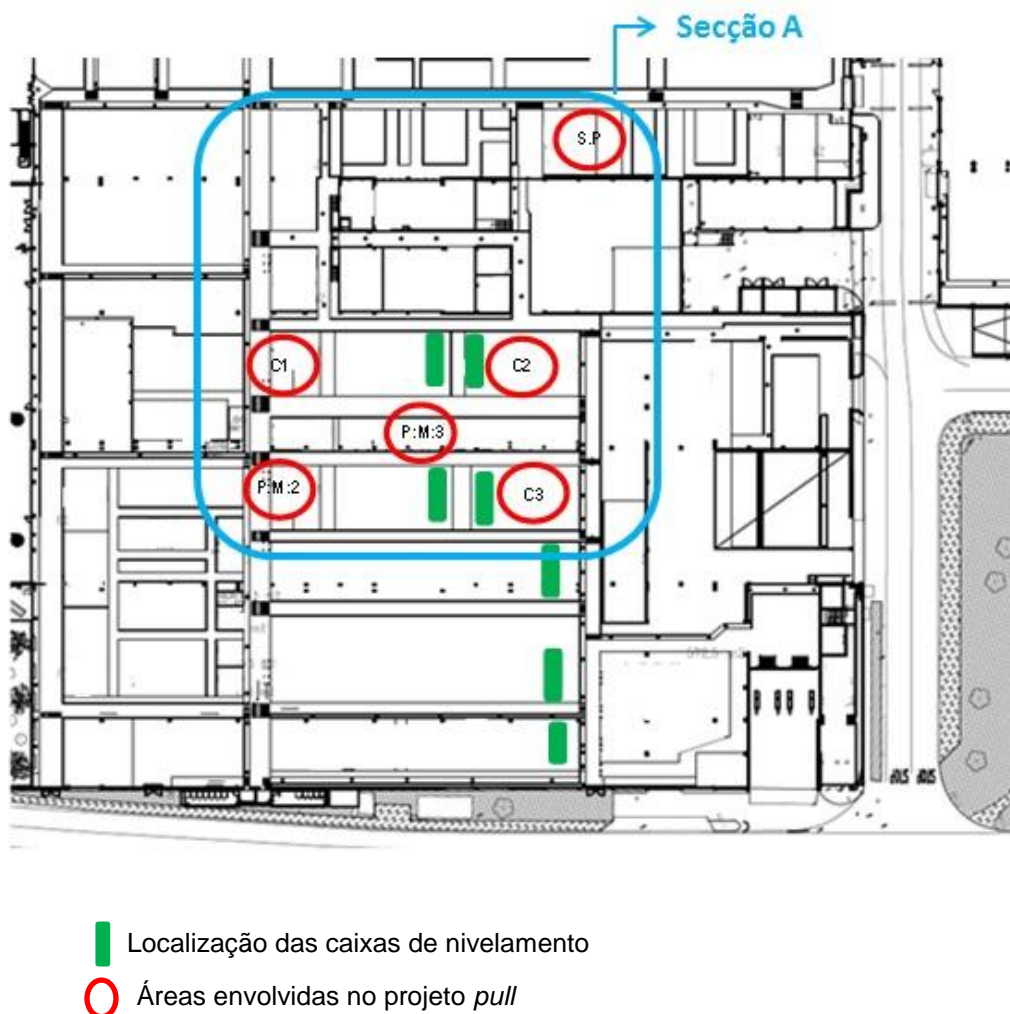
#### 3.4.1. CARATERIZAÇÃO DO PROBLEMA

Este trabalho surgiu pela questão do nivelamento ser um fator determinante na captação de novos projetos e futuros investimentos que possam ter lugar na Bosch Termotecnologia SA. A realização do mesmo permite uma caraterização geral da empresa referente ao nivelamento e consequente identificação de possíveis melhorias. É fundamental avaliar a organização e definir o patamar em que esta se encontra para posteriormente serem determinados os aspetos a melhorar.

Um excelente nível de maturidade e execução do nivelamento garante:

- Um fluxo constante e um ritmo de produção estável,
- Detetar desvios face ao que estava inicialmente determinado,
- Reduzir os níveis de *stock*,
- Aumentar a flexibilidade.

A figura 26 apresenta o *layout* da secção de fabrico da Bosch Termotecnologia SA. Os setores envolvidos no projeto contemplam as duas áreas de produção, denominadas de gamas *High-Output* e *Confort*, cuja classificação traduz o tipo de esquentadores e caldeiras que são produzidos. Realça-se a secção A, que engloba os postos que sofreram alterações identificados a círculos vermelhos e a as caixas de nivelamento que se encontram juntos das células finais a verde.

**Figura 26 - Layout da secção de fabrico**

Na organização, introduziu-se um novo indicador de *performance*, a aderência, com o intuito de analisar o cumprimento da produção estipulada para determinado dia. A grande perda de tempo associada a este cálculo e a inexistência de regras claras exigem que sejam definidas, implementadas e monitorizadas novas regras, de forma a libertar o operador para outras tarefas. A elevada complexidade entre as etapas das células finais e os processos de pré-montagem reduzem a flexibilidade do processo e a sua transparência, sendo necessário melhorar o fluir da informação de forma a minimizar os desperdícios.

Ao nível da gestão visual, existe uma elevada dificuldade na leitura e compreensão da informação que as caixas de nivelamento transmitem. Como este elemento é crucial para avaliar o nivelamento é necessário implementar melhorias de forma a que todas as caixas das células finais tenham uma configuração uniforme.

Para o controlo das ordens de produção é ainda essencial introduzir um elemento adicional na caixa de nivelamento que permita que os colaboradores tenham a perceção do estado da produção corrente e tomar medidas atempadamente.

### **3.4.2. OBJETIVOS A ATINGIR E METODOLOGIA ADOTADA**

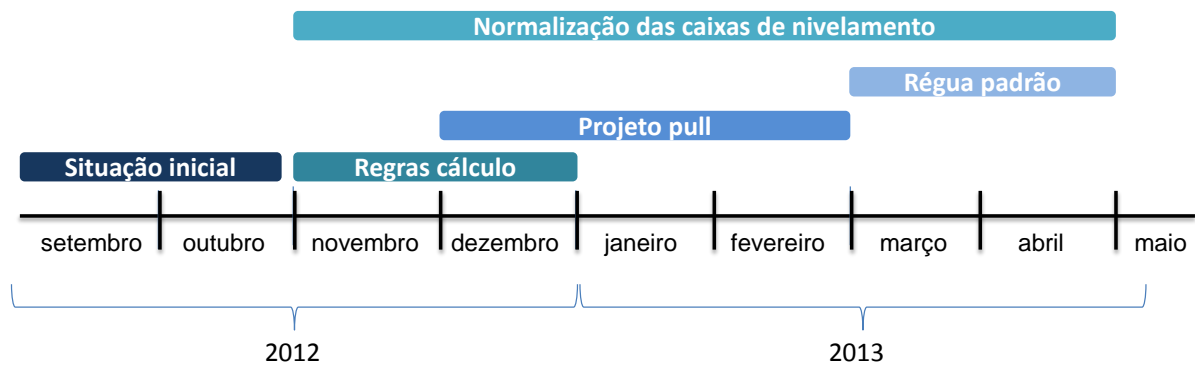
Numa organização como a Bosch Termotecnologia SA, a melhoria contínua é uma prática corrente no dia-a-dia que está implícita em todos as práticas, processos, decisões e projetos. A implementação do nivelamento assim como as práticas *pull* são conceitos base da organização, em constante aperfeiçoamento.

O sucesso deste projeto permitirá que a organização obtenha processos mais padronizados, que se diminuam os desperdícios e que se contribua para o alcance de um nível superior na questão do nivelamento.

Os objetivos passam por:

- Perceber a lógica da fórmula de cálculo da aderência (indicador que avalia a percentagem de produtos que cumpre os requisitos de nivelamento), que está a ser aplicada para, posteriormente, serem definidas regras *standard*;
- Melhorar os processos, nomeadamente através do *pull* nas células da secção A, de forma a facilitar o fluir da informação e a minimização de erros;
- Implementar melhorias visuais nas caixas de nivelamento para que a aparência e a interpretação da informação sejam iguais em todas as células finais;
- Desenvolver um novo conceito e protótipo para a régua de controlo da produção que é colocada nas caixas de nivelamento.

O projeto foi subdividido em 5 fases fundamentais, facilitando tanto a sua perceção como a sua exequibilidade. A figura 27 apresenta as principais fases do projeto assim como a sua distribuição ao longo dos 8 meses de trabalho.



**Figura 27 - Cronologia das fases do projeto**

Inicialmente, começou-se pela realização do levantamento da situação inicial por forma a obter a caracterização da organização.

No início do mês de novembro, o cálculo da aderência começou a ser acompanhado para serem definidas as regras a adotar. O estudo do projeto *pull* começou no mês de dezembro, tendo sido acompanhado até ao mês de fevereiro. No mês de março, determinou-se um conjunto de hipóteses para o desenvolvimento da régua padrão. Ao longo de todo o projeto, foi necessário acompanhar a forma como era utilizada a caixa de nivelamento no sentido de as tornar uniformes



## 4. RESULTADOS

### 4.1. ESTABELECIMENTO DE REGRAS PARA O CÁLCULO DA QUALIDADE DO NIVELAMENTO

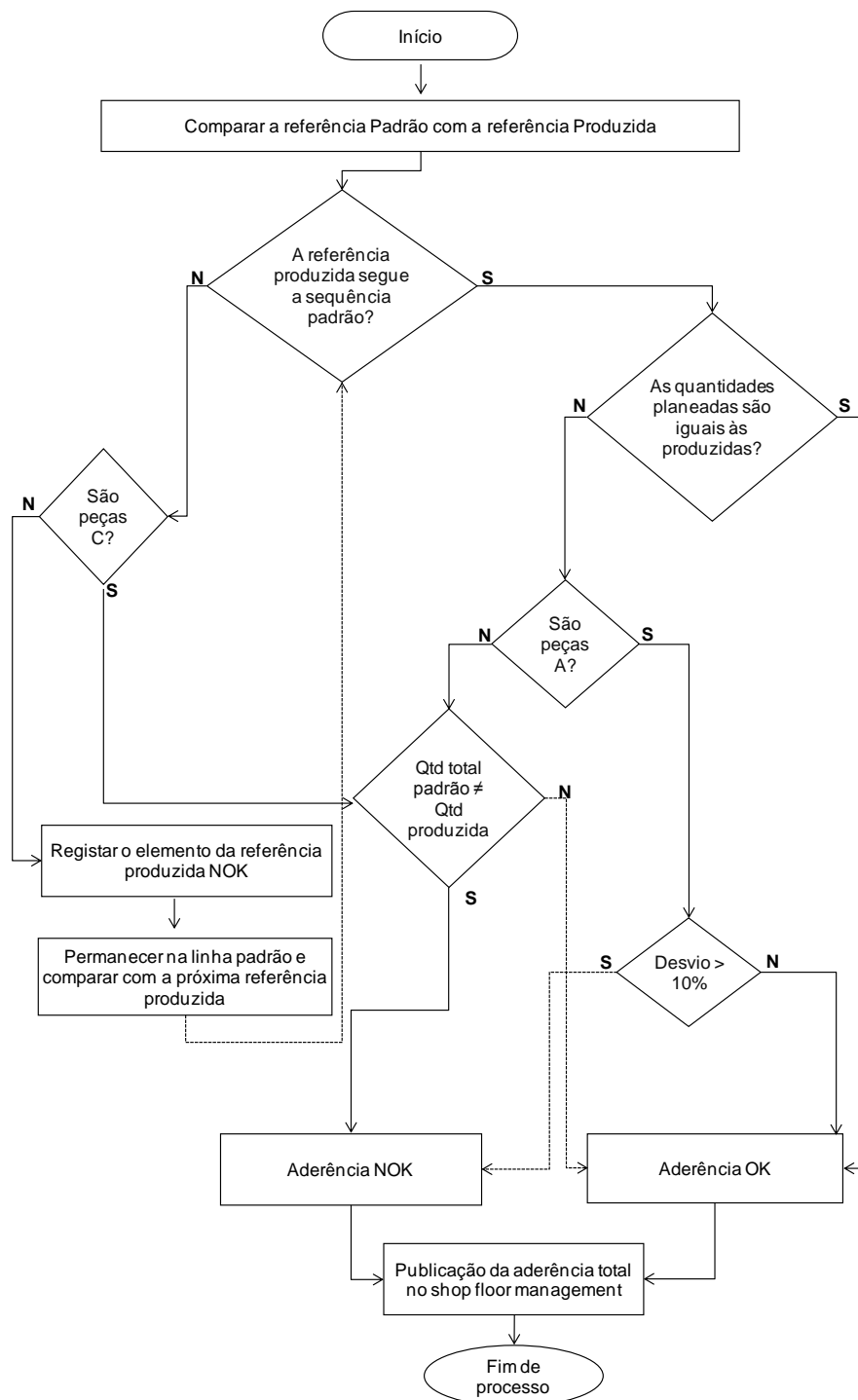
Um dos principais indicadores para a avaliação da execução do nivelamento é a aderência. Anteriormente, era utilizado um indicador que apenas analisava se foram produzidas as quantidades requeridas. Com a introdução do novo indicador, não é suficiente fabricar o que é necessário, mas também fazê-lo na sequência estabelecida. Deste modo existem duas listas de componentes, a lista padrão e a lista produzida. A lista padrão apresenta os componentes e as respectivas quantidades que foram estabelecidos para fabricar em determinado dia, ou seja é a lista apresentada no início do dia com as ordens de produção (referências padrão e as respectivas quantidades). No entanto pode acontecer algum imprevisto e algum componente não ser fabricado na ordem e quantidade determinada, sendo no final do dia de produção apresentada uma nova lista, a chamada lista produzida que contém as referências produzidas e as quantidades.

Tendo em conta a quantidade de dados a analisar e à inexistência de regras, existiam perdas de tempo por parte do operador responsável pela determinação da aderência para cada célula final. Deste modo, definiu-se um conjunto de melhorias para tornarem o processo *standard* de forma a auxiliar o colaborador no cálculo do indicador.

As regras estabelecidas são diferentes tendo em conta a classificação do produto. Deste modo, dentro da organização existem dois tipos de classificação para os produtos, os produtos A, que estão associados a um grande volume de produção e os produtos C que representam baixos volumes de produção. Para os produtos A é necessário verificar que se produz na sequência e quantidade previamente determinada na lista padrão. Para os produtos C, apenas tem que se garantir que se produziu o que foi determinado na lista padrão.

O fluxograma da figura 28 apresenta o modo como deve ser feita a comparação entre a lista padrão e a lista produzida de forma a ser obtido o cálculo do indicador. Assim, o cálculo final da aderência é obtido através da fórmula:

$$\text{Aderência ao nivelamento [\%]} = \frac{\text{nº lotes OK no período analisado}}{\text{nº total de lotes produzidos no período analisado}} * 100\%$$



**Figura 28 - Fluxograma com as regras da aderência**

A tabela 2 apresenta os quatro níveis existentes assim como a percentagem que é necessário obter em cada nível. Deste modo, no nível 1, o valor a aderência tem que ser acima de 50%, no nível 2 o valor deve ser igual ou superior a 70%, no nível 3 igual ou superior a 80% e no nível 4 igual ou superior a 90%.



**Tabela 2 - Nível de aderência em função do resultado**

Nível	Resultado da aderência
1	≥50%
2	≥70%
3	≥80%
4	≥90%

Através da aplicação das regras conseguiu-se passar do nível 1 de aderência para o nível 2, uma vez que o resultado do cálculo ao longo do mês de maio se encontra acima de 70%.

## 4.2. IMPLEMENTAÇÃO DO PULL NA SECÇÃO A

### 4.2.1. ALTERAÇÕES PROPOSTAS

O processo que controla o fluxo de produção é a caixa de nivelamento colocada nas células finais auxiliado pelo sequenciador de produção. A figura 29 apresenta o VSM (*value stream mapping*) do processo que existia anteriormente na secção A. As ordens de produção enviadas pelo sistema informático eram traduzidas em cartões *kanban* de produção para serem colocados nas caixas de nivelamento (OXOX) junto das células finais (C1, C2, e C3). Em paralelo o sistema informático enviava também para os processos de pré-montagem (PM2 e PM3), a informação necessária para serem produzidos os componentes para as ordens de produção final. O grande problema deste processo resultava no facto de que se a produção final parasse continuavam a ser produzidos os componentes dos processos anteriores, uma vez que o envio da informação era independente. Isto levava ao surgimento de grandes níveis de *stock* e a caixa de nivelamento não era o acionador dos processos, aspeto fundamental na aplicação do nivelamento.

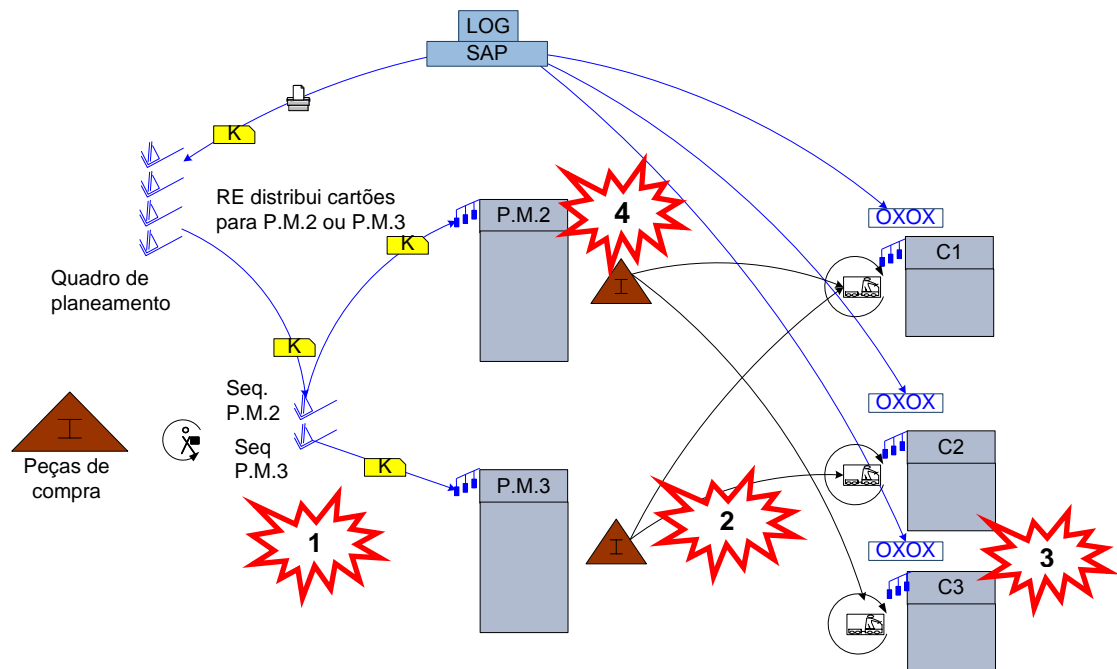


Figura 29 -VSM identificando os problemas do processo

Com vista à redução do *stock* e para que a caixa de nivelamento seja o elemento responsável pelo envio da informação para os processos anteriores tiveram que ser implementadas medidas. O VSM identificado na figura 30 apresenta o estado atual da secção A. Deste modo as ordens de produção, traduzidas em cartões *kanban* de produto acabado, são enviadas pelo sistema informático para serem colocadas nas caixas de nivelamento das células finais C1, C2 e C3. As ordens de produção das pré-montagem do posto P.M.3 são impressas automaticamente em cartões *kanban* no próprio posto quando o *milk run* retira os cartões *kanban* de produto acabado da caixa de nivelamento junto às células finais C2 e C3 e efetua o *picking*. Na célula final de produção C1 o processo ainda não se encontra de tal forma sincronizado para ser implementado o mesmo sistema, uma vez que também produz componentes para o processo S.P, posto das peças de substituição. Assim, para um melhor controlo dos stocks para a célula final C1, dimensionou-se um supermercado.

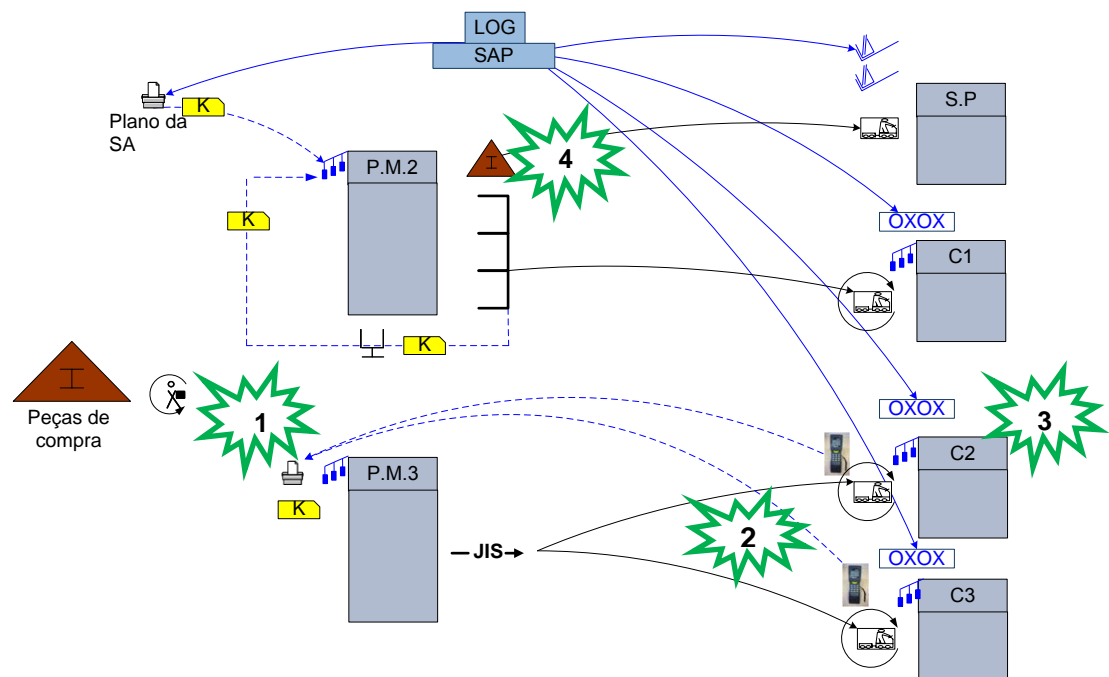


Figura 30 -VSD identificando as melhorias

A tabela 3 apresenta os problemas existentes e as ações implementadas que se encontram numerados de 1 a 4 nos VSD anteriormente apresentados.

Tabela 3 - Lista de problemas e ações a implementar

	Problemas existentes	Ações a implementar
1	Capacidade do responsável de equipa na colocação de cartões no quadro de nivelamento e sequenciador Troca nas ordens de pré-montagem para as células finais	Retirar o quadro de colocação de cartões e o sequenciador Colocação de uma rampa em FIFO
2	Falta de sincronismo entre os <i>milk run</i>	Alteração da rota do <i>milk run</i>
3	Baixo tempo de antecipação de produção na célula de pré-montagem	Ampliação do sequenciador da célula final
4	Grandes níveis de <i>stock</i> na P.M.2	Dimensionamento e colocação de um supermercado

Posteriormente, são apresentadas as etapas necessárias para a implementação destas melhorias, assim como definido um conjunto de indicadores de *performance*.

#### 4.2.2. AÇÕES IMPLEMENTADAS

##### 1- Alteração do *layout* do posto do responsável de equipa

Uma das primeiras ações implementadas foi a remoção do quadro e do sequenciador (figura 31) que existiam no P.M.3. Neste quadro eram colocadas as ordens de produção das pré-montagens para as células finais C1 e C2. Atualmente a informação é enviada automaticamente por sistema informático e é impressa quando o *milk-run* efetua o *picking* do material na célula final de produção, (C2 e C3), não sendo necessário a impressão destes cartões para a secção P.M.3. Para a secção P.M.2 a ordem de produção é enviada pelo sistema informático SAP obedecendo a um plano de produção. O responsável de equipa fica liberto da colocação dos cartões no quadro e passagem para o sequenciador.



Figura 31- Caixa da sequência de produção da P.M.3

Para a obtenção da sequência das ordens de produção do processo P.M.3 colocou-se uma rampa em FIFO como demonstrado na figura 32. A rampa possui um limite máximo de 4 ciclos e mínimo de 1 ciclo, significando que no máximo existem 4 ciclos de segurança que correspondem a 4 cartões *kanban* de produto acabado.



Figura 32 - Rampa FIFO introduzida na P.M.3

## 2- Alteração da rota do *milk run*

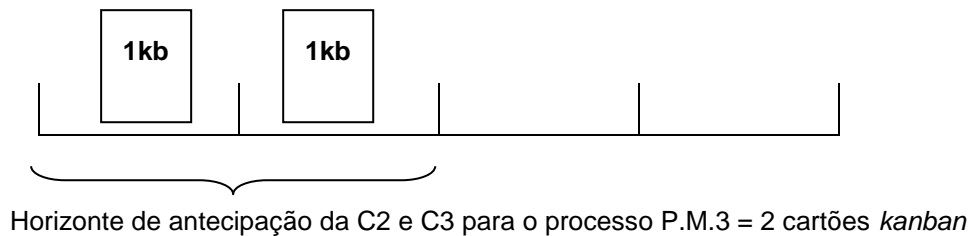
O *milk run* do armazém é responsável por reabastecer os supermercados e o *milk run* interno responsável por levantar as pré-montagens e entregá-los nos *board* linha das células finais. O que acontece atualmente é a picagem dos cartões *kanban* por parte do *milk run* de armazém, uma vez que o *milk run* interno já está de tal forma estrangulado que não suporta mais tarefas. Como a rota do *milk run* de armazém é maior do que a do *milk run* interno, este efetua a picagem dos cartões *kanban* 2 a 2 e não 1 a 1 como seria idealmente requerido. Deste modo, não sendo possível colocar o *milk run* interno a realizar o *picking* nas caixas finais, tiveram que ser reorganizadas as rotas. Assim, os *milk run* que se deslocam ao processo P.M.3 abastecem a C2 e C3, e os responsáveis pela P.M.2 reabastecem as S.P e a célula C1.

## 3- Alteração do sequenciador da célula final C2 e C3

Verificaram-se recorrentemente trocas na produção e um *stock* descontrolado nos processos de pré-montagem, sendo necessário um grande sincronismo entre todos os postos.

Anteriormente o sequenciador das células C2 e C3 tinha a capacidade para 4 cartões *kanban*. Atualmente, o *milk run* interno é o responsável por levantar os componentes nas células de pré-montagem, P.M.3 e entregar na respetiva célula final, C2 ou C3, sendo o seu tempo de rota de 15 minutos. O *milk run* de armazém tem um tempo de rota de 30 minutos, efetuando o *picking* de dois cartões *kanban* por célula final. Deste modo, duas rotas do *milk run* interno “cobrem em tempo” 1 rota do *milk run* de armazém.

Existindo quatro compartimentos no sequenciador da célula C2 e C3, o horizonte de antecipação para o processo de pré-montagem, P.M.3 era apenas de 2 cartões *kanban*, tal como é apresentado na figura 33.



**Figura 33 - Horizonte anterior das ordens de produção para o P.M.3**

Quanto o *milk run* de armazém se atrasava na rota, este já não efetuava o *picking* de 2 cartões *kanban* mas de 3, para cobrir o seu atraso. Assim, as ordens de pré-montagem acumulavam-se neste posto quando subitamente apareciam 3 cartões *kanban* vindos da mesma célula final.

O grande problema surgia na acumulação das ordens de produção no processo da pré-montagem, devido à instabilidade no tempo de preparação do material, pois podiam receber a ordem para produzir dois ou três cartões *kanban*.

Deste modo, foi utilizada a fórmula *kanban* na medição dos níveis de *stock*, para cada célula C3 e C2. De seguida apresentam-se os cálculos para apenas um processo, uma vez que para o seguinte verifica-se a mesma situação.

$$\text{Fórmula } \textit{kanban} = \text{RE} + \text{LO} + \text{Wi} + \text{SA}$$

$$\text{RE} = \text{tempo de reposição} = \frac{\text{RTloop}}{\text{TT} * \text{NPK}}$$

$$\text{LO} = \text{cobertura d tamanho do lote} = \left( \frac{\text{LS}}{\text{NPK}} \right) - 1$$

$$\text{Wi} = \text{n}^\circ \text{ } \textit{kanbans} \text{ para cumprir o consumo} = \frac{\text{WA}}{\text{NPK} - \text{RE} - \text{LO}}$$

A explicação das siglas associadas, assim como os valores retirados para o caso em questão são apresentados na tabela 4.

**Tabela 4 - Explicação das siglas e valores referentes ao cálculo *kanban***

Sigla	Explicação	Valor
LS	Tamanho do lote (componentes)	16
NPK	Número de peças por <i>kanban</i> (componentes)	16
TC	Tempo de ciclo (minutos)	0.43
POT	Tempo de operação por período (minutos)	430
PR	Nº de componentes requeridos por período	448
TT	<i>Takt time</i>	0.96
RT2	Tempo de ciclo do operador que efetua o abastecimento das caixas (tempo que a caixa pode ficar vazia no armazém até que seja recolhida)	6.85
RT5	Tempo para transportar a caixa vazia desde o ponto de consumo até ao armazém (minutos)	6.85
RTLoop	Soma de todos os RT (minutos)	13.71
WA	Valor de consumo (Pcs) máxima previsão que o cliente pede num período	32
OEE	Overall Equipment Effectiveness, eficiência do processo (%)	100.20
SA	Nº <i>kanbans</i> de segurança	2

Através da fórmula *kanban* apresentada é necessário ter uma antecedência de picagem de 4 *kanbans* para cada célula, existindo de momento apenas 2.

$$\text{Fórmula } \textit{kanban} = 0.89 + 0 + 1.11 + 2 = 4 \textit{ kanbans}$$

A solução passou pela alteração dos sequenciadores das células finais tal como é apresentado na figura 34. Ou seja, se inicialmente podiam existir no máximo 4 cartões *kanbans* no sequenciador, agora passam a existir 6 cartões. Deste modo é assegurado que estão a ser picados 4 cartões *kanban*, existindo sempre um *stock* de segurança para que os processos não parem por falta de abastecimento.



**Figura 34 - Sequenciador atual da célula C2**

O ideal seria que o *milk run* interno realiza-se a picagem dos cartões *kanban* 1 a 1, proporcionando inúmeras vantagens entre as quais:

- Evitar o *picking* dos cartões *kanban* com 30 minutos de antecedência;
- Acumulação das ordens de produção e *stocks*;
- Atrasos na produção das células de pré-montagem;
- Melhor fluxo de informação.

#### 4- Colocação de um supermercado do P.M.2

Devido à grande variabilidade de requisição de materiais da célula S.P e C1, foi necessário colocar um supermercado no local P.M.2. Deste modo, em vez de existir um *stock* descontrolado, apenas se produz até atingir a capacidade máxima do supermercado. Procedeu-se à determinação do cálculo do mesmo de acordo com a fórmula *kanban* anteriormente descrita. A figura 35 apresenta o supermercado construído.





Figura 35 - Supermercado do processo P.M.2

#### 4.2.3. INDICADORES DE PERFORMANCE DAS AÇÕES IMPLEMENTADAS

Os indicadores de performance da implementação do *pull* na secção A utilizados foram:

Paragens de linha: Este indicador permite avaliar a eficiência do processo. O objetivo era ter 0 paragens de linha o que se verificou na sua monitorização;

Tempo do responsável de equipa na gestão do quadro de planeamento: O responsável pela colocação dos cartões no quadro ficou liberto desta função, reduzindo 1,5 horas de trabalho por dia;

Stock do supermercado P.M.2: O indicador do *stock* reflete em que medida é que os processos conseguiram ser sincronizados de forma a minimizar a acumulação de material. Pela análise da figura 36, consegue-se perceber que o nível de *stock* atingido foi menor do que o que era previsto, mostrando a qualidade de execução do projeto.

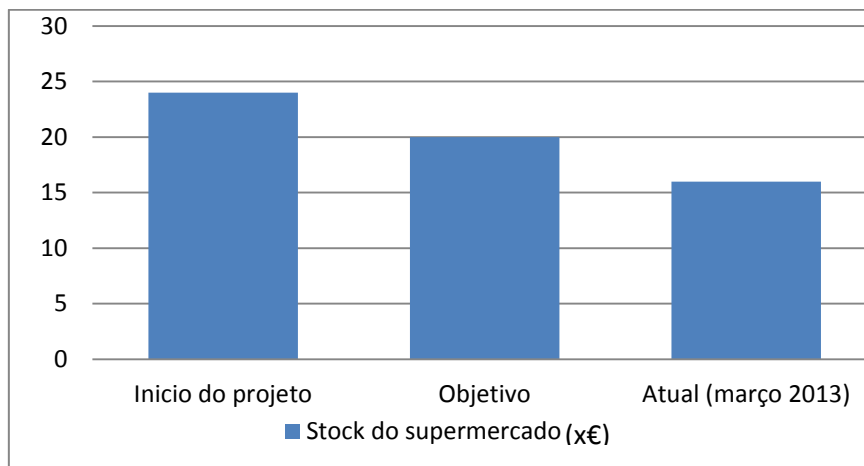


Figura 36 - Stock do supermercado da P.M.2

#### 4.3. NORMALIZAÇÃO DAS CAIXAS DE NIVELAMENTO

Como mencionado anteriormente, um dos elementos fundamentais para avaliar a maturidade do conceito do nivelamento é a adequação das caixas de nivelamento aos processos de produção.

Na figura 37, a caixa de nivelamento é identificada pelas siglas OXOX, colocadas junto a cada *pacemaker* (célula final).

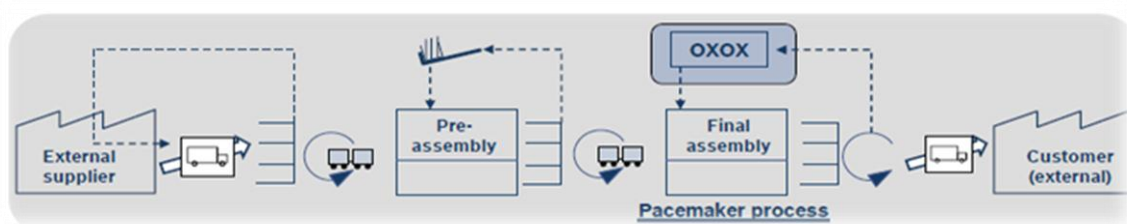


Figura 37 - Fluxo da informação a partir da caixa de nivelamento (Bosch - Production control, 2011)

Dentro da organização existem 7 células finais nos esquentadores e 1 nas caldeiras. A figura 38 apresenta um exemplo de uma das caixas de nivelamento existentes na Bosch Termotecnologia SA. Na lateral esquerda da caixa de nivelamento, aparecem as famílias correspondentes (na vertical). Dentro de cada família, podem ser colocados os cartões de produção associados a cada referência. Existe uma linha horizontal superior (a amarelo), que indica uma sequência horária. Esta sequência

horária permite colocar os cartões *kanban* tendo em conta o intervalo de *pitch* de cada cartão, que traduzem as ordens de produção distribuídos por cada turno de trabalho. A caixa de nivelamento permite também observar se a produção está em avanço, dentro da normalidade ou em atraso conforme o plano previamente definido.



Figura 38 -Imagem da caixa de nivelamento na Bosch Termotecnologia SA

É necessário introduzir diversas melhorias para que todas as caixas de nivelamento apresentem a mesma informação.

Como pode ser observado na figura 38, cada caixa de nivelamento tem diversas famílias associadas e cartões *kanban* que traduzem as ordens de produção final.

De acordo com os *standards* da Bosch, os cartões *kanban* podem apresentar várias cores consoante o fim a que se destinam. Ou seja, se os cartões *kanban* traduzem ordens de produto acabado com grande volume de vendas estes devem apresentar a cor verde, assim como a família onde são colocados.

Se no entanto, os cartões *kanban* traduzem produtos acabados de baixo volume, estes apresentam a cor rosa e são denominados exóticos. Existem mais cores de cartões *kanban* como por exemplo os amarelos que representam os componentes intermédios a utilizar para o fabrico dos produtos acabados como pode ser verificado pela figura 39.

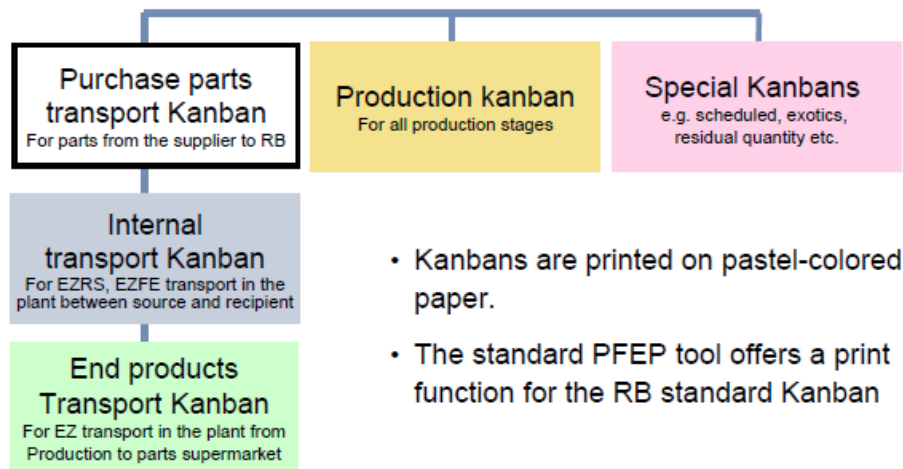


Figura 39 -Tipos e cores de cartões kanban existentes na Bosch Termotecnologia (Bosch, 2011)

Deste modo foi necessário verificar quais eram as famílias representadas em cada caixa de nivelamento. Posteriormente analisou-se qual o tipo de cartões de produção a que correspondiam para serem definidos e impressos os cartões a colocar em cada caixa de nivelamento de acordo com as respectivas famílias como pode ser verificado pela imagem 40.

Foi necessário definir um local para ser colocado o fluxograma a utilizar para o cálculo da qualidade do nivelamento, assim como um local para constar a folha com o respetivo cálculo da aderência.



Figura 40 - Antes e depois das caixas de nivelamento

Tendo em conta a tabela 1 que apresentava as características essenciais do quadro de nivelamento, foi efetuada a avaliação das melhorias implementadas nas caixas de nivelamento da empresa para se avaliar o sucesso de tais alterações. Deste modo pela análise da tabela 5, verifica-se que todas as características mencionadas foram contempladas na reformulação das caixas de nivelamento.

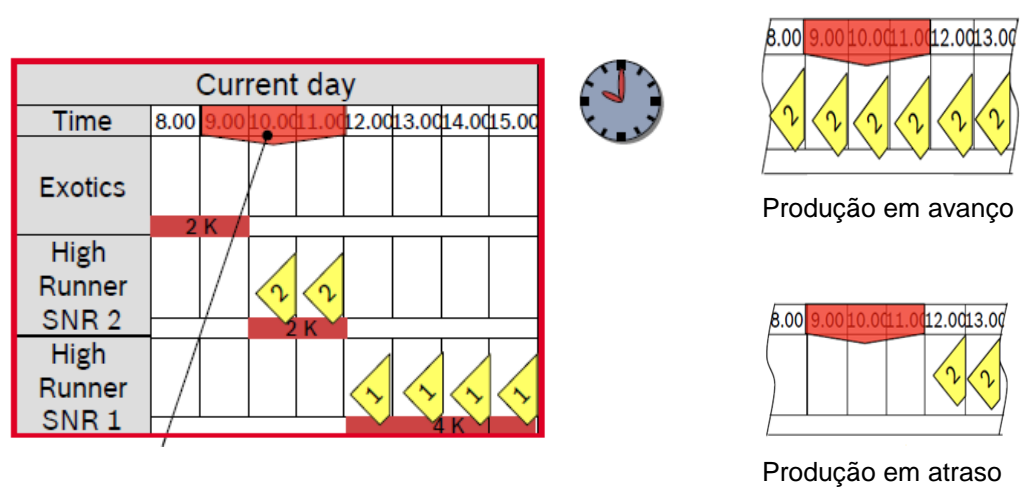
**Tabela 5 - Verificação das características essenciais no quadro de nivelamento**

Questão	Caraterísticas	
1	Os quadros de nivelamento devem ser colocados junto às células finais de produção.	Ok
2	As mensagens devem ser apresentadas de forma clara para não existirem dúvidas.	Ok
3	Um <i>layout</i> pré determinado deve ser tido em consideração para uma melhor organização da informação que deve constar no quadro.	Ok
4	A aparência e as cores devem ser cuidadosamente selecionadas.	Ok
5	Participação dos colaboradores na elaboração do quadro, uma vez que são as pessoas do <i>shop floor</i> que o usam mais regularmente.	Ok

#### 4.4. REFORMULAÇÃO DAS RÉGUAS DE NIVELAMENTO

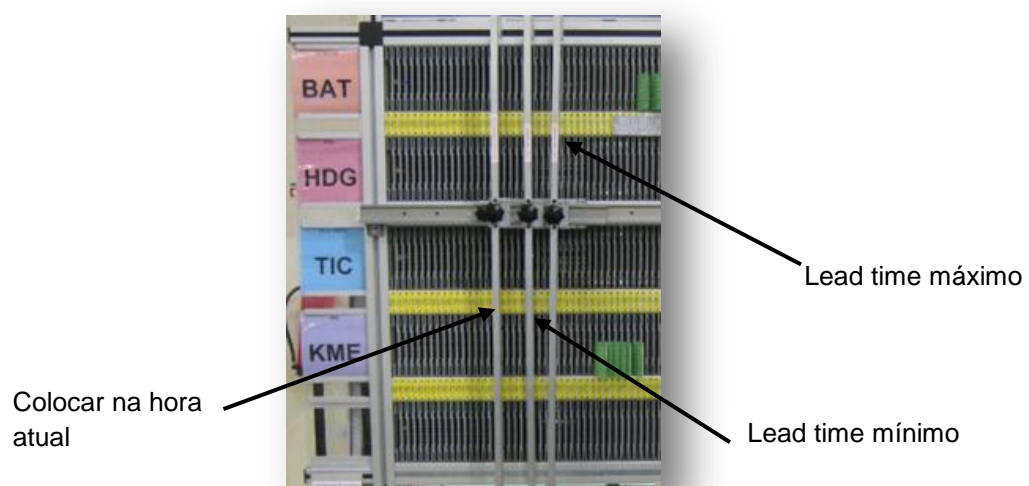
##### 4.4.1. ANÁLISE DA SITUAÇÃO EXISTENTE

Segundo as normas Bosch, as caixas de nivelamento devem transmitir a informação do estado da produção referente à hora atual, como pode ser verificado na figura 41. Deste modo, através da visualização do quadro *heijunka*, deve ser evidente se a produção está em atraso (existem cartões *kanbans* atrás da hora atual) em avanço (os cartões *kanban* na hora atual já foram consumidos) ou no *timing* correto. Esta figura corresponde a um exemplo dos *standards* da organização como forma de controlar o estado da produção em determinado momento.



**Figura 41 - Indicação da hora actual e limites no quadro de nivelamento (Bosch - Production control, 2011)**

A figura 42 apresenta um exemplo de uma caixa de nivelamento existente na organização, assim como as régua existentes que transmitem os limites de reação. Assim, verifica-se que a régua que existia anteriormente era constituída por três elementos colocados na vertical que indicam respetivamente, “Colocar na hora atual”, “Lead time mínimo” e “Lead time máximo”.

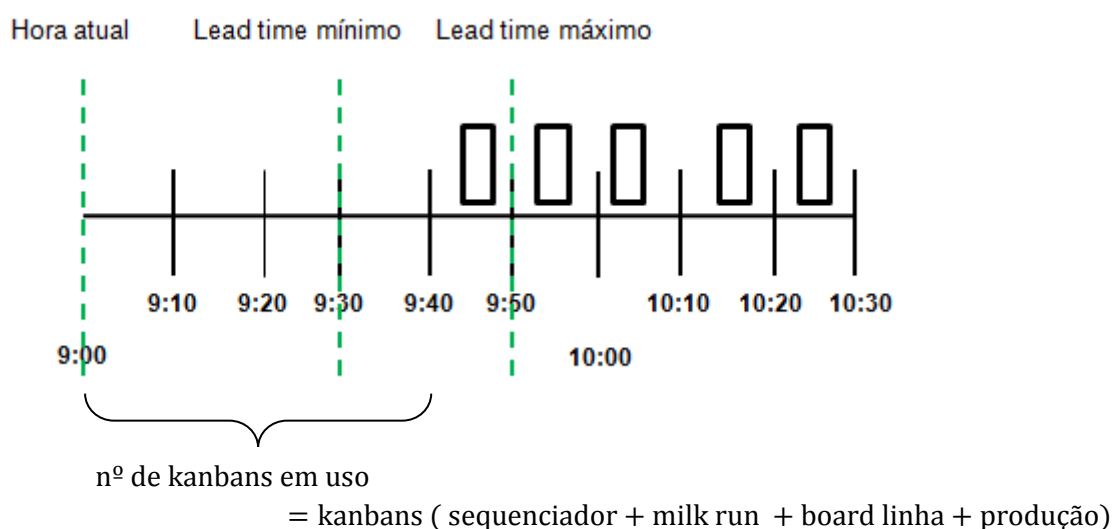


**Figura 42 - Limites de reação do quadro de nivelamento da Bosch Termotecnologia SA**

Deste modo o separador, “Colocar na hora atual” permite verificar se na hora corrente os cartões *kanban* estão a ser produzidos no horário correto, em atraso ou em avanço. Os separadores “Lead time mínimo” e “Lead time máximo” permitem ter um limite de reação visual alertando para a necessidade de tomar ações.

Para definir o espaçamento entre os vários elementos da régua foi necessário ter em consideração o número de *kanbans* em uso (consultar anexo B).

Visualizando a figura 43, os *kanbans* em uso são os cartões que foram retirados e estão a ser utilizados. Tendo em conta o exemplo apresentado na figura 43, às 9.00 horas, os cartões deveriam ter sido retirados até às 09:40 de forma a não parar a produção por falta de abastecimentos no *board* linha, ou seja, a hora de produção está sempre em atraso em relação à hora actual, tendo em conta o número de cartões *kanban* em uso.



**Figura 43 - Cenário das régua atuais do quadro de nivelamento**

De referir que este espaçamento deve ser sempre ajustado mediante o cenário de produção de cada célula.

Quando o processo começou a ser monitorizado foram encontradas algumas dificuldades, entre as quais:

- A não utilização da régua em determinadas células finais;
- O não ajustamento das réguas conforme a alteração do cenário de produção;
- A confusa utilização deste elemento por parte dos operadores;
- Incongruência na utilização das réguas nas diferentes células finais de produção;
- Troca dos cartões por parte do *milk run* e consequentemente paragens de produção.

Foram construídas duas hipóteses de forma a averiguar o que estava a ser implementado nas diferentes caixas de nivelamento.

**Cenário 1:** Utilização da régua para controlo dos horários de produção (células 1, 2, 3, 4 e 5)

- Garante-se que a produção não para mesmo que todos os elementos, *milk run* e operador do *board linha* façam o pior tempo.

O cálculo do pior tempo é obtido em função do número de *kanban* que estão em uso, como foi referido anteriormente. Ou seja, se a régua for colocada na hora atual deve-se considerar a soma dos cartões *kanban* que estão em uso de modo a determinar a hora de produção. É necessário garantir que foram retirados a soma dos cartões *kanban* em uso, ou seja, que já não se encontram no quadro *heijunka* pois já estão em movimento.

**Cenário 2:** Utilização da régua para monitorização do *milk run* (células 6 e 8).

- Garante-se que a produção não para pela falta de reposição de material no supermercado por parte do *milk run*.

O espaçamento entre a hora atual e o intermédio dos lead times não vai variar uma vez que independentemente da produção ser mais concentrada ou espaçada o tempo de reposição que existe para determinados componentes é sempre o mesmo. A grande dificuldade encontrada nestas células é obter visualmente, no quadro *heijunka*,



o tempo entre a hora de produção e o tempo necessário para repor o material nos supermercados. Pela análise da figura 44 evidencia-se que às 9h:00m (hora actual), não se conseguiria começar a produzir para as 9h:20m (hora de produção), uma vez que no limite o *milk run* tem que efectuar a requisição de todos os componentes e seu abastecimento com uma antecedência de no mínimo uma hora em relação à hora de produção.

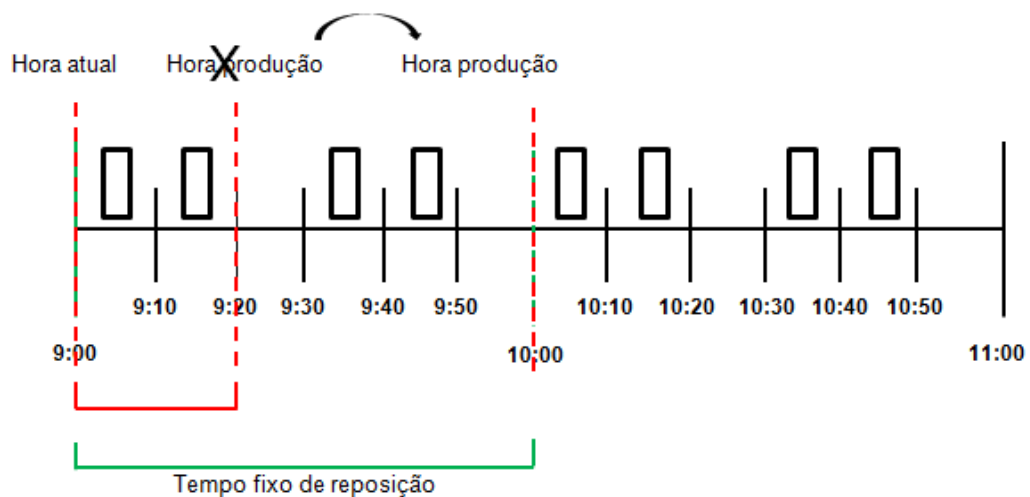


Figura 44 - Colocação das réguas na situação 1

Se por outro lado a produção foi estabelecida de modo a ter 1 cartão *kanban* e dois espaçamentos entre eles, apresentado na figura 45, tem que se garantir que apesar do cenário de produção, existe o mesmo tempo de avanço para o *milk-run*, de forma a não faltarem componentes quando necessários. Deste modo, mesmo que esteja programada a hora de produção como as 9h:40m, se a hora actual forem 09h:00m, tal não é possível. Pois, mesmo que o *milk run* inicie às 9h:00m a picagem e abastecimento dos componentes vai precisar de uma hora para realizar todo o processo e poder dar início à produção.

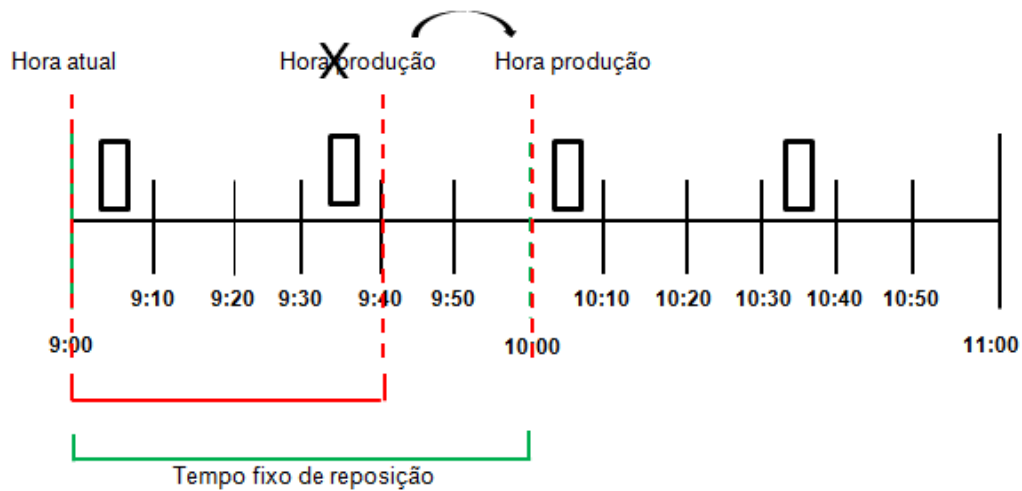


Figura 45 - Colocação das réguas na situação 2

Esta dificuldade gera tempos de avanço muito grandes por parte do *milk-run* porque existem peças de chamada nestas células finais. As peças de chamada são utilizadas poucas vezes, existem em poucas quantidades, mas existe um grande número de itens de peças de chamada diferentes. Se estas peças fossem colocadas nos supermercados iriam ocupar muitas estantes com peças de pouco consumo, isto é, espaço desperdiçado no supermercado.

#### 4.4.2. PROPOSTA DE MELHORIA

Se for tida em consideração a hipótese 1 verifica-se que o espaçamento entre as réguas vai variar tendo em consideração o cenário de produção que se considere, pois o espaçamento entre a hora atual e a hora de produção é sempre a soma dos cartões *kanban* em uso. Em contrapartida, no cenário 2 este tempo vai ser sempre o mesmo independentemente do cenário, uma vez que o tempo necessário para a reposição do material é o mesmo seja a produção mais concentrada ou espaçada.

Depois de várias análises concluiu-se que a melhor opção passa pela colocação de apenas duas réguas. Assim na caixa de nivelamento passa a existir a régua que sinalize a hora atual e outra que sinalize a hora de produção. A hora atual tem que estar colocada na própria hora, no momento atual. A hora da produção é sempre colocada consoante o nº de cartões *kanban* em uso que são considerados para a respetiva célula final. Ou seja, se for considerado que existem 10 cartões *kanban* em

uso, ou seja os cartões *kanban* que se encontram no sequenciador, no *milk run*, no *board* linha e na produção, então a régua tem que estar posicionada 10 espaçamentos à frente da hora atual. Se existirem cartões *kanban* atrás da régua “hora de produção” então a produção está em atraso, se por no entanto já tiverem sido retirados cartões depois da régua “hora de produção”, então está em avanço ao planeado. A implementação destas duas réguas permite assim controlar o processo de produção.

O *milk run* é outro elemento que é necessário controlar, para que entregue todos os componentes atempadamente. Deste modo, foi desenvolvido um fluxograma apresentado na figura 46 que permite o seu controlo. O processo inicia-se com o posicionamento da régua na hora atual. O *milk run* verifica se existem cartões de produção entre as duas réguas “hora atual” e “hora de produção”. Se não existirem cartões a retirar do quadro de nivelamento, retira o cartão pela ordem FIFO do sequenciador e respetiva lista de *picking* e inicia rota. Se existirem cartões a retirar tem que verificar se o sequenciador atingiu o limite mínimo. Se o sequenciador não atingiu o limite mínimo retira o cartão *kanban* do sequenciador e respetiva lista. Se atingiu limite mínimo é necessário verificar quantos ciclos existem no *board* linha. Se existirem mais de dois ciclos significa que o processo não parou por falta de abastecimento do *milk run*, portanto a responsabilidade é da produção (MOE), se não existir a quantidade necessária no *board* linha então têm que fazer ciclos extra para repor o material.

O processo da implementação das réguas e respetivo fluxograma vai ser implementado futuramente estando a ser de momento testado e monitorizado.

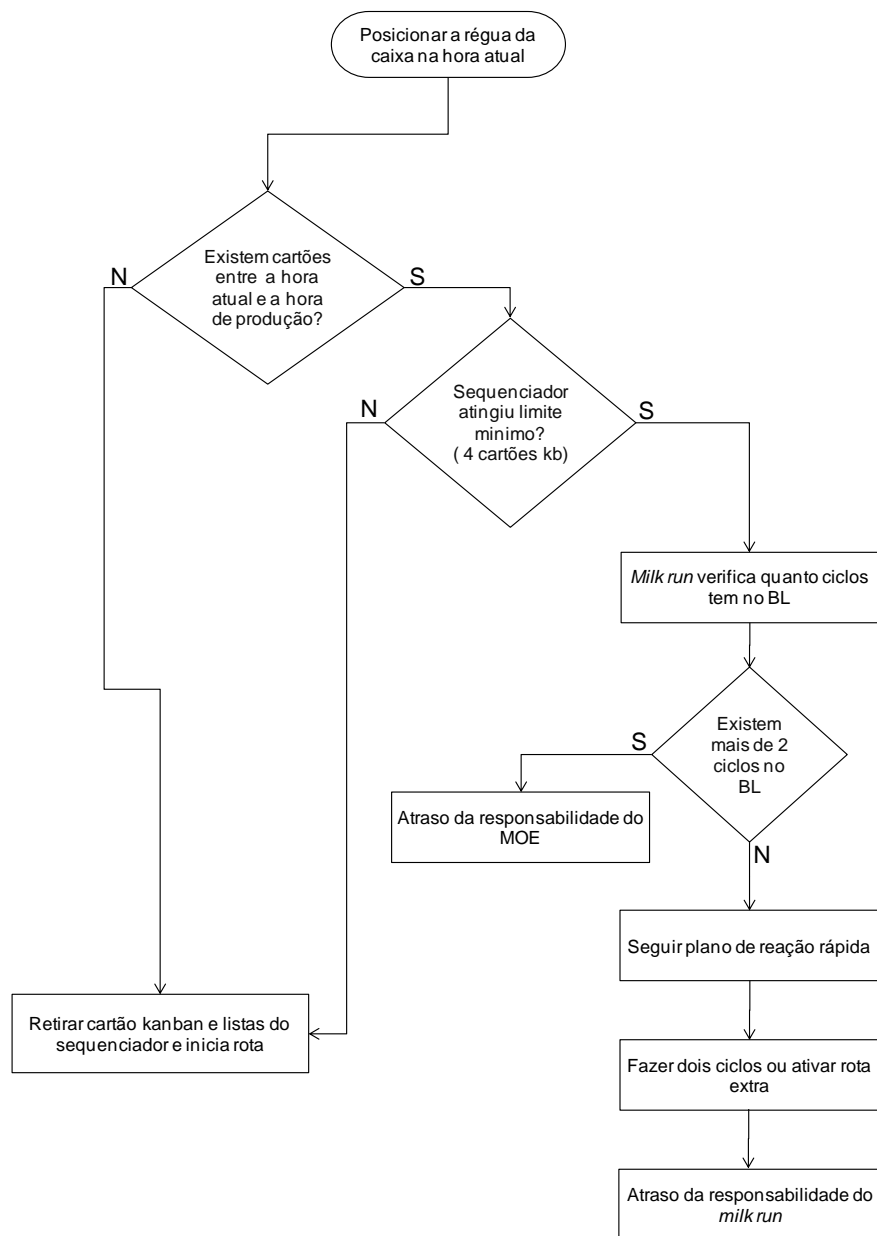


Figura 46 - Fluxograma para controlo do milk run

## 5. CONCLUSÃO

### 5.1. REFLEXÃO SOBRE O TRABALHO REALIZADO

A realização do projeto permitiu ter a percepção que a introdução do nivelamento na organização é extremamente importante para que se obtenham processos mais eficientes e eficazes.

Ao longo do projeto foram várias as tarefas realizadas que culminaram na obtenção de ganhos para a organização.

A construção de regras claras e uniformes para o cálculo da aderência permitiu construir um processo estável com resultados rigorosos. Reduziu-se o tempo gasto pelo operador para o cálculo do mesmo, assim como as dificuldades de determinação e interpretação do valor do indicador aderência.

A implementação de *pull* numa secção da organização levou à obtenção de grandes ganhos na libertação do operador e no aumento do tempo do pedido de antecipação da produção de forma a não causar paragens de linha nos processos a montante. Reduziram-se os níveis de *stock* nas células de pré-montagem e promoveu-se a flexibilidade e transparência dos processos.

A uniformização de todas as caixas de nivelamento torna os processos mais claros e rigorosos. Permitiu, obter uma maior maturidade no que diz respeito ao aspeto concetualização da caixa de nivelamento, uma vez que evita o surgimento de dúvidas no seu manuseamento

Através da análise das réguas de nivelamento existentes, desenvolveram-se ideias para a sua uniformização que permitirão o controlo da produção e do *milk run* com o apoio de instruções visuais.

Em suma, pode-se afirmar que os objetivos previamente estabelecidos foram positivamente alcançados, sendo importante fazer um acompanhamento que detete eventuais necessidades de ajustes.

## 5.2. DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

No desenvolvimento do projeto foram evidenciados aspetos fundamentais que devem ser alvo de melhoria futura em prol da melhoria contínua. Alguns dos projetos a lançar são:

### Programação do cálculo da aderência

Depois de terem sido desenvolvidas as regras *standard* para o cálculo da aderência, é fundamental desenvolver uma ferramenta informática que realize o cálculo automático do resultado, uma vez que o colaborador perde em média 30 minutos por dia a realizar e confirmar tais cálculos.

### Implementar o processo *pull* nas células de chaminés

Devido ao sucesso do projeto na secção A, já estão a decorrer novos projetos para a implementação de pull, nomeadamente na secção da montagem de chaminés.

### Implementação da régua

Após a proposta de um modelo melhor, é fundamental efetuar uma fase experimental para avaliar a sua aplicabilidade numa caixa de nivelamento.

### Criação de normas de instrução visual

Devido à alteração das réguas de nivelamento, e para um melhor entendimento geral de todos os elementos existentes nas respetivas caixas, é necessário proceder à elaboração e divulgação de diversas instruções visuais.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdulmalek, F. a., & Rajgopal, J. (2007). Analyzing the benefits of lean manufacturing and value stream mapping via simulation: A process sector case study. *International Journal of Production Economics*, 107(1), 223–236. doi:10.1016/j.ijpe.2006.09.009
- Aghazadeh, S. (2003). MRP contributes to a company ' s profitability, 23(3), 257–265. doi:10.1108/01445150310486521
- Araujo, L. (2009). *Nivelamento de Capacidade de Produção utilizando Quadros Heijunka em Sistemas Híbridos de Coordenação de Ordens de Produção*. Universidade de São Paulo.
- Benton, W. C., & Shin, H. (1998). Manufacturing planning and control: The evolution of MRP and JIT integration. *European Journal of Operational Research*, 110(3), 411–440. doi:10.1016/S0377-2217(98)00080-0
- Bohnen, F., Maschek, T., & Deuse, J. (2011). Leveling of low volume and high mix production based on a Group Technology approach. *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*, 4(3), 247–251. doi:10.1016/j.cirpj.2011.06.003
- Bosch (2005), "Bosch Production System - Leveling element description"
- Bosch (2010), "Maturity pictures"
- Bosch (2011) " Bosch Production System – Logistics Standard" , Kanban Formula.
- Bosch (2011) " Bosch Production System – Logistics Standard", Production control.
- Hüttmeir, A., De Treville, S., Van Ackere, A., Monnier, L., & Prenninger, J. (2009). Trading off between heijunka and just-in-sequence. *International Journal of Production Economics*, 118(2), 501–507. doi:10.1016/j.ijpe.2008.12.014
- IBM Corporation. (2007). Lean principles, learning and knowledge Evidence from a software services provider.
- Jones, D. (2006). The heijunka box -- A simple tool for leveling production. *Lean Management Institut- Manufacturing Engineering*. Retrieved from [http://leaninstituut.nl/publications/1106/The\\_Heijunka\\_Box.pdf](http://leaninstituut.nl/publications/1106/The_Heijunka_Box.pdf)
- Lage Junior, M., & Godinho Filho, M. (2010). Variations of the kanban system: Literature review and classification. *International Journal of Production Economics*, 125(1), 13–21. doi:10.1016/j.ijpe.2010.01.009
- Liker. (2005). Principle 4: Level Out the Workload (Heijunka), 113–127. Retrieved from <http://cwlpub.com/images/Liker10.pdf>

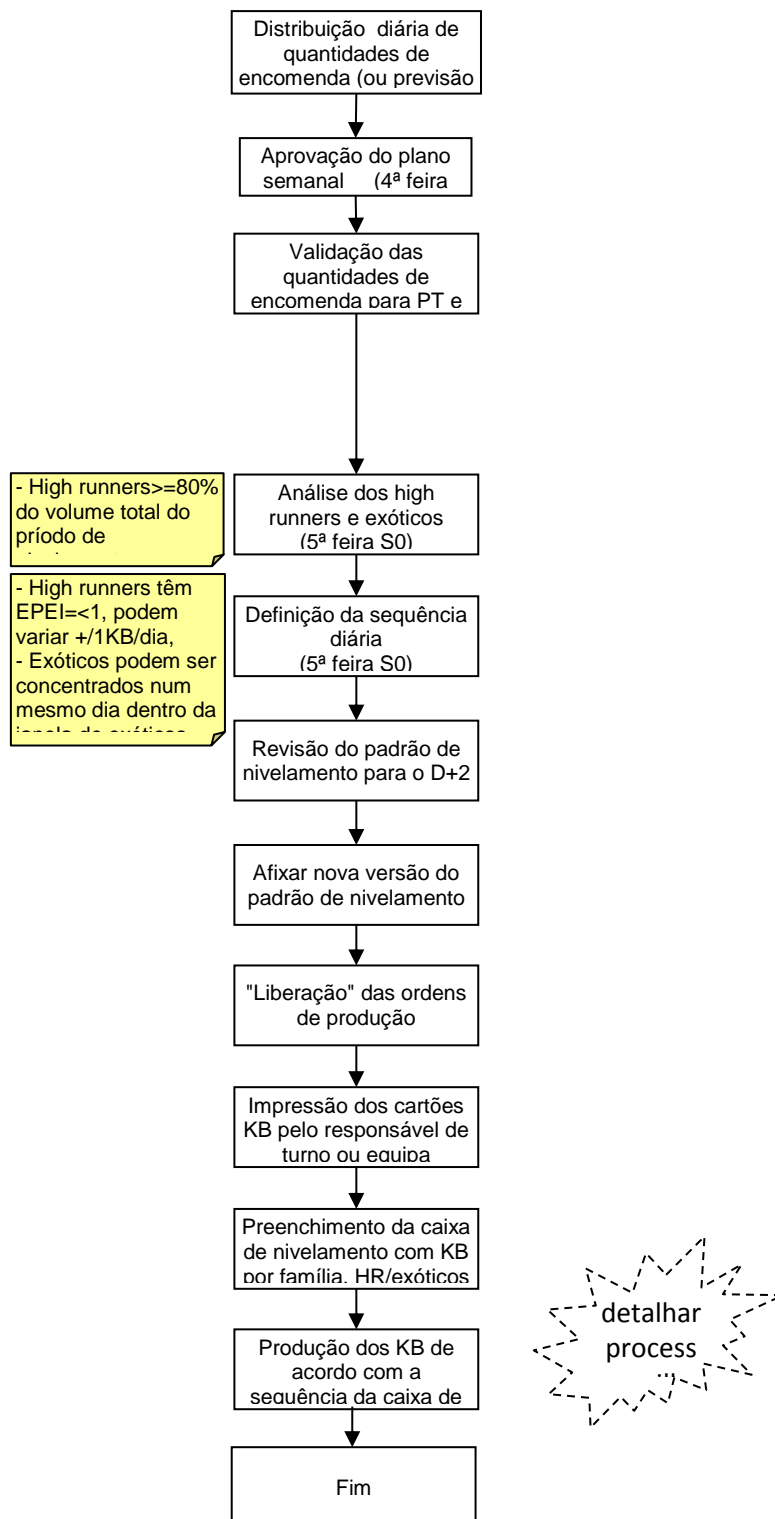
- Lippolt, C. R., & Furmans, K. (2008). Sizing of Heijunka-controlled Production Systems with Unreliable Production, 257, 11–19.
- Marksberry, P., Badurdeen, F., & Maginnis, M. . (2010). An investigation of Toyota ' s social-technical systems in production leveling. doi:10.1108/17410381111134464
- Melton, T. (2005). The Benefits of Lean Manufacturing. *Chemical Engineering Research and Design*, 83(6), 662–673. doi:10.1205/cherd.04351
- Nicholas, J. M. (1998). *Competitive Manufacturing management - Countinuous improvement, lean production and customer - focused quality*. (M.- Hill, Ed.). Singapore.
- Shamah, R. A. M. (2013). A model for applying lean thinking to value creation. *Inter*, 4. doi:10.1108/20401461311319365
- Stone, K. B. (2012). Four decades of lean : a systematic literature review. *International Journal of Lean Six Sigma*, 3. doi:10.1108/20401461211243702



# **Anexos**



## Anexo A - Fluxograma com as etapas para o plano de nivelamento



Esta reunião ocorre na terça-feira da semana 0 e engloba os elementos dos departamentos de logística, produção e recursos humanos de forma a determinar a quantidade a produzir por pacemaker assim como o número de recursos quer materiais quer humanos e número de turnos a planear.

A aprovação do plano semanal ocorre na quarta-feira da semana 0. Na quinta-feira é efetuada uma análise dos componentes *high runners* e *exóticos*. Consideram-se *high runners* os códigos de maior consumo que representam um total de 80% do volume de vendas total do período de nivelamento e com pelo menos 1 *kanban* por dia, ou seja, produzir pelo menos 1 vez por dia. A classificação *high runners* ou *exóticos* é atualizada no sistema. Os *high runners* têm EPEI  $\leq 1$  podem variar +/- 1 *Kanban* /dia. Os *exóticos* podem ser concentrados num mesmo dia dentro da janela dos *exóticos*, sendo produzidos na sequência da família à qual pertencem. O plano diário deve iniciar e acabar com *runners*, uma vez que estes são os componentes mais comumente fabricados na organização, pelo que não é necessário um suporte tão intenso dos colaboradores. Os *exóticos* devem ser fabricados ao longo do dia, uma vez que existem mais colaboradores para o caso de existir algum problema de fabricação. Existe um padrão pré-definido por família e *pacemaker*. Na quinta-feira da semana 0, define-se a sequência diária, ou seja com padrão de nivelamento fixo para a semana 1. É elaborada uma revisão do padrão de nivelamento para o dia + 2 para ajustar os possíveis atrasos de produção e níveis de *stock* para Portugal e Espanha. É afixado uma nova versão do padrão de nivelamento para proceder à libertação das ordens de produção. Os cartões *kanban* são impressos pelo responsável de turno ou equipa de cada *pacemaker*, sendo também o responsável pelo preenchimento da caixa de nivelamento, colocando os *kanbans* por família e tendo em conta a classificação *high runners* ou *exóticos*. Seguidamente é efetuada a produção dos cartões *kanban* de acordo com a sequência da caixa de nivelamento.

É fundamental analisar e verificar um conjunto de regras específicas de forma a construir um *standard* para calcular a aderência, ou seja, em que medida é que a produção real corresponde em sequência e quantidade ao padrão previamente estabelecido.

Anexo B - Nº de kanbans em uso

Famílias Heijunka					Kanbans em uso			
A	A	C			4	2	3	1
A	A	A	C		4	2	3	1
A	A	A	C		4	2	3	1
A	A	A	C		4	2	3	1
A	A	A	C		12	2	6	
A	A	C			3	2	4	
A	A	A	A	C	4	2	2	1
A	A	C			18	3	9	