



**TIAGO FILIPE LOPES
CORREIA**

**IMPLEMENTAÇÃO DE ABASTECIMENTO INTERNO
NORMALIZADO**



**TIAGO FILIPE LOPES
CORREIA**

**IMPLEMENTAÇÃO DE ABASTECIMENTO INTERNO
NORMALIZADO**

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.

Dedico este trabalho aos meus pais pela dedicação e apoio sempre demonstrado.

o júri

presidente

Prof. Doutora Leonor 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

Agradeço ao meu orientador Doutor José António de Vasconcelos Ferreira, pela disponibilidade e profissionalismo demonstrado ao longo da realização deste projeto.

Agradeço à Bosch Termotecnologia SA, uma empresa com vasto conhecimento e recursos técnicos reconhecidos, pela oportunidade concebida de me inserir no mercado de trabalho, bem como a todos os seus colaboradores que, direta ou indiretamente, tornaram este projeto possível.

Agradeço aos meus pais e irmã, por todo o esforço, dedicação e carinho incondicional com que me têm presenteado ao longo de toda a minha vida.

palavras-chave

Lean, rotas de abastecimento, milkrun, standards, melhoria contínua, minimização do desperdício.

resumo

Devido à crescente exigência dos consumidores e à elevada competitividade, é imprescindível que as organizações otimizem os seus processos internos com objetivo de minimizar ou eliminar os desperdícios, nomeadamente elevados stocks e custos de armazenamento. Neste sentido, é indispensável que as organizações apostem na implementação de técnicas lean e de melhoria contínua, visando melhorar e estabilizar os processos, promover a normalização do trabalho e permitir um fluxo na cadeia de valor livre de desperdício.

O presente trabalho tem por objetivo principal implementar rotas de abastecimento internas em duas células (de montagem e de produção), recorrendo ao conceito de milkrun. Este conceito baseia-se nos princípios da filosofia just in time e do sistema kanban.

Através da análise dos dados e restrições relativos a materiais e processos, da determinação das tarefas e atividades do milkrun e das necessidades das células a abastecer, foi possível construir rotas de abastecimento e determinar o tempo de ciclo do milkrun. Este trabalho possibilitou melhorar o controlo dos processos e a criar um fluxo eficiente de materiais e informação entre as diversas estações de trabalho existentes na fábrica.

keywords

Lean, supply routes, milkrun, standards, continuous improvement, waste reduction

abstract

Due to the growing consumer demand and high competitiveness, it is imperative that organizations optimize their internal processes in order to minimize or eliminate waste, namely high inventories and storage costs. In this sense, it is essential that organizations bet on implementing lean techniques and continuous improvement in order to improve and stabilize processes, promote work standardization and allow flow in the supply chain without waste. This paper aims to implement the supply routes on two internal cells (production and assembly), using the concept of milkrun. This concept is based on the principles of philosophy JIT and kanban system. Through the analysis of the data and constraints for materials and processes, determining the milkrun tasks, activities and needs to fuel cells, it was possible to build supply routes and determine the milkrun cycle time. This work enabled better process control and create an efficient flow of materials and information between the various workstations in the factory.

ÍNDICE

1. Introdução.....	1
1.1 Contextualização do trabalho	1
1.2 Relevância do desafio	2
1.3 Estrutura do documento.....	3
2. Abastecimento <i>lean</i> à produção.....	5
2.1 A Filosofia lean	5
2.1.1 Enquadramento histórico.....	5
2.1.2 Principais conceitos	7
2.1.3 Flexibilidade na cadeia logística	12
2.2 O abastecimento à linha	12
2.2.1 O <i>Just in Time</i> e o papel do <i>Kanban</i>	12
2.2.2 Contentor de abastecimento.....	15
2.2.3 Supermercados	17
2.2.4 <i>Milkrun</i> logístico.....	19
3. Abastecimento interno normalizado na Bosch Termotecnologia	21
3.1 Apresentação do Grupo Bosch.....	21
3.1.1 Informação geral.....	21
3.1.2 <i>Bosch Production System</i>	22
3.2 A Bosch Termotecnologia.....	27
3.2.1 Caracterização geral.....	27
3.2.2 O departamento de Logística.....	29
3.2.3 Alguns conceitos fundamentais	30
3.3 O projeto.....	34
3.3.1 Objetivos	34
3.3.2 Metodologia	36
4. Resultados.....	37

4.1	Implementação do abastecimento à célula final de montagem	37
4.1.1	Análise dos dados e restrições	37
4.1.2	Determinação das atividades e tarefas	41
4.1.3	Definição dos pontos de paragem e da rota	41
4.1.4	Determinação do tempo de ciclo.....	44
4.1.5	Controlo e análise das ações implementadas.....	45
4.1.6	Melhoria dos processos por via da gestão visual.....	46
4.2	Implementação do abastecimento à célula de produção	47
4.2.1	Análise dos dados e restrições	47
4.2.2	Determinação das atividades e tarefas	49
4.2.3	Definição dos pontos de paragem e da rota	50
4.2.4	Determinação do tempo de ciclo e do <i>stock</i> no <i>Point of Use</i>	52
4.3	Otimização da célula logística.....	56
5.	Conclusão.....	59
5.1	Reflexão sobre o trabalho realizado	59
5.2	Desenvolvimentos futuros.....	60
	Referências Bibliográficas	61
	Anexo A – Limites de ergonomia	
	Anexo B - IOL <i>milkrun</i> C8 (documento parcial)	
	Anexo C - <i>Time Data Card for Logistics</i>	
	Anexo D - Instrução visual <i>milkrun</i> C8	
	Anexo E - IOL <i>milkrun</i> 842-A (documento parcial)	
	Anexo F - Processo de utilização do sistema de 1 caixa	

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Evolução das tecnologias e ferramentas de produção (BOSCH, 2008).	5
Figura 2 - Exemplo de sistema <i>pull</i> com uso de <i>kanban</i> (MELTON, 2005).	10
Figura 3 - Exemplo de um cartão <i>kanban</i> utilizado pela Bosch (BOSCH, 2011).	13
Figura 4 - Fluxo de material e de informação num sistema de produção <i>pull</i> (CHAN, 2001).	14
Figura 5 - Influência do tamanho dos contentores na célula de produção (BOSCH, 2011).	15
Figura 6 - Exemplo de um supermercado na Bosch Termotecnologia.	17
Figura 7 – Rota do <i>milkrun</i> logístico (BOSCH, 2005).	19
Figura 8 – Percentagem de vendas por setores de negócio (BOSCH, 2013).	21
Figura 9 - Contextualização da unidade de negócio <i>Domestic Hot Water</i> no grupo Bosch.	22
Figura 10 – Objetivos, princípios e elementos do BPS (BOSCH, 2005).	23
Figura 11 – Exemplo da simbologia presente no VSM (BOSCH, 2005).	24
Figura 12 - Processo <i>pacemaker</i> (BOSCH, 2005).	25
Figura 13 – <i>System CIP</i> e <i>Point CIP</i> no BPS (BOSCH, 2005).	26
Figura 14- Instalações da Bosch Termotecnologia (BOSCH, 2005).	28
Figura 15 – Portfolio e marcas dos produtos da Bosch Termotecnologia (BOSCH, 2005).	28
Figura 16 - Constituição do departamento de Logística da Bosch Termotecnologia. ..	29
Figura 17 - Ilustração do fluxo interno na Bosch Termotecnologia (BOSCH, 2005).	30
Figura 18 - Utilização do JIS como forma de controlar o consumo (BOSCH, 2011).	32
Figura 19 - Utilização do <i>kanban</i> como forma de controlar o consumo (BOSCH, 2011).	33
Figura 20 – Esquematização do estado inicial do projeto.	35
Figura 21 – Esquematização do estado futuro pretendido do projeto.	36
Figura 22 - Caixas <i>standard</i> Bosch (BOSCH, 2005).	38

Figura 23 – Bordos de linha da C8.....	38
Figura 24 - Distribuição de peças por família e tipo de abastecimento na C8.	40
Figura 25 - Pontos de paragem do <i>milkrun</i> da C8.....	42
Figura 26 - Rota 1 do <i>milkrun</i> da C8.	43
Figura 27 - Rota 2 do <i>milkrun</i> da C8.	43
Figura 28 - Tempo do ciclo planeado <i>versus</i> tempo real da rota do <i>milkrun</i> da C8.	45
Figura 29 - Esboço do <i>layout</i> da linha e opções de localização.	48
Figura 30 - Análise das alternativas de localização da célula de produção.	49
Figura 31 – Pontos de abastecimento à linha 842-A.....	50
Figura 32 – Pontos de paragem do <i>milkrun</i> da célula 842-A.....	51
Figura 33 - Rota de abastecimento do PoUP da célula de produção.	51
Figura 34 - Célula Logística dos produtos da família A.	57
Figura 35 – Valor de <i>stock</i> no sistema da régua visual <i>versus</i> no sistema de 2 caixas.	58

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Ferramentas de apoio na implementação <i>Lean</i> (MELTON, 2005).	11
Tabela 2 - Conceitos de controlo do consumo.	33
Tabela 3 - Informação geral das rotas do <i>milkrun</i> da C8.....	44
Tabela 4 - Tempo de ciclo do <i>mikrun</i> da C8, cenário 1.	44
Tabela 5 - Tempo de ciclo do <i>mikrun</i> da C8, cenário 2.	45
Tabela 6 - Registo do acompanhamento do <i>milkrun</i> da C8.....	46
Tabela 7 - Cálculo inicial do TT e do TCT para a célula de produção.	48
Tabela 8 - Informação geral da rota do PoUP da célula de produção.	52
Tabela 9 - Tempo de ciclo do PoUP da célula de produção.....	52
Tabela 10 – Pressupostos para o cenário futuro desejável de produção.	53
Tabela 11 - Cálculo do <i>stock</i> no PoU para o cenário futuro de produção.....	54
Tabela 12 - Cenário de abastecimento de material num turno para o cenário futuro de produção.....	55
Tabela 13 – Pressupostos no cenário atual de produção.....	55
Tabela 14 - Cálculo do <i>stock</i> no PoU para o cenário atual de produção.	56
Tabela 15 - Sinal de pedido de abastecimento ao armazém.....	58

LISTA DE ACRÓNIMOS

BL	Bordo de linha
BPS	<i>Bosch Production System</i>
BT	Bosch Termotecnologia, SA.
CIP	<i>Continuous Improvement Process</i>
EPEI	<i>Every Part Every Interval</i>
FIFO	<i>First In, First Out</i>
IOL	Instrução de Operações Logísticas
JIS	<i>Just in Sequence</i>
JIT	<i>Just in time</i>
LLD	<i>Lean Line Design</i>
MOE	Produção
MRP	<i>Material Resource Planning</i>
NPK	Número de componentes por caixa
OEE	<i>Overall Equipment Effectiveness</i>
PoU	<i>Point of Use</i>
PoUP	<i>Point of Use Provider</i>
RE	<i>Replenishment time coverage</i>
SNP	<i>Standard number of Parts</i>
TPS	<i>Toyota Production System</i>
TT	<i>Takt Time</i>
TcT	Tempo de ciclo
TTM	<i>Time to Market</i>
VSD	<i>Value Stream Design</i>
VSM	<i>Value Stream Mapping</i>
VSP	<i>Value Stream Planning</i>
WIP	<i>Work in Process</i>

1. INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO TRABALHO

A realização do presente relatório de projeto tem por objetivo a obtenção do grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial pela Universidade de Aveiro.

O projeto foi desenvolvido na empresa Bosch Termotecnologia SA, sediada em Cacia no distrito de Aveiro, a qual oferece soluções variadas de sistemas de aquecimento e de água quente. A organização está estruturada em diversos departamentos, tendo sido este projeto desenvolvido na Logística Interna. Esta assume um papel estratégico, uma vez que tem diversas responsabilidades que estão na base de toda a cadeia de valor. No entanto, no âmbito deste projeto, é importante salientar a logística como portadora de muitos progressos de produtividade através da eliminação do desperdício, nomeadamente o de movimento e de espera.

A Bosch Termotecnologia SA é uma empresa líder em tecnologia de ponta e serviços e como tal, aposta fortemente no desenvolvimento de novos produtos. Esta aposta acarreta um significativo comprometimento de recursos e obriga a planear e executar todas as tarefas e etapas de forma eficiente. Nesse sentido, um aspeto fundamental a ter em conta é a implementação do fluxo de materiais com o mínimo de desperdício, por forma a possibilitar o aumento de produtividade e a eficiência interna. Caso contrário, as perspetivas iniciais da organização no sucesso do novo produto não serão atingidas, uma vez que a capacidade produtiva não é potenciada e poderá levar a falhas para com o cliente. Se assim for, o avultado investimento característico dos projetos de lançamento de novos produtos não será rentabilizado.

Neste contexto, surge o desafio motivador deste projeto, que tem como principal objetivo assegurar uma implementação, regida pelos princípios *lean*, do fluxo de materiais e informação necessários à produção de um novo produto, de modo a minimizar desperdícios e aumentar a transparência e eficiência do processo. Neste sentido, após a criação de uma nova célula de produção e depois de efetuados ajustes numa célula de montagem já existente foi necessário proceder-se ao estabelecimento de novas rotas que permitam o seu abastecimento cíclico, sendo este um ponto fulcral do projeto.

1.2 RELEVÂNCIA DO DESAFIO

A necessidade das empresas permanecerem competitivas no mercado sem aumentar consideravelmente os seus investimentos tem levado a que as organizações foquem a sua atenção na eficiência dos processos internos, existindo a preocupação de identificar desperdícios e tomar medidas com vista à sua minimização/eliminação, constituindo este o princípio básico da filosofia *lean*.

Muitos têm sido os estudos realizados sobre esta temática, mas é após a Segunda Guerra Mundial que se cria um marco na informação sobre o tema, com a criação dos conceitos *just-in-time*, *pull system* e *waste reduction* por Taiichi Ohno e Shingeo Shingeo, que criaram o *Toyota Production System* (TPS). Desde esse período, tem-se tornado evidente o sucesso das empresas que aplicam estes princípios e técnicas, levando a que muitas delas desenvolvam o seu próprio conceito de *lean*, como é o caso do Grupo Bosch que desenvolveu o *Bosch Production System* (BPS).

No caso particular da Bosch Termotecnologia, os princípios *lean* são aplicados em toda a organização, merecendo especial ênfase quando se trata de projetos que visam o lançamento de novos produtos. Estes projetos são internamente designados por projetos *Time to Market* (TTM) e constituem um caso onde a implementação dos princípios *lean* desde o início permite alcançar uma cadeia de valor com desperdícios mínimos, atingindo-se níveis de eficiência superiores aos de projetos em que a variável desperdício é considerada *a posteriori*.

Tendo em conta esta realidade, o desafio deste projeto na empresa consistiu na implementação do *point of user provider* – PoUP, na célula final de montagem e na célula de produção de um componente para o novo produto. A implementação deste procedimento é importante na medida em que permite uma diminuição dos *stocks* nas estações de trabalho intermédias e na célula final, a otimização do espaço e ainda a garantia de um fluxo de materiais constante e transparente, onde facilmente são detetados e corrigidos os desperdícios. Consequentemente, este processo traduz-se num aumento de eficiência e na redução de custos, o que possibilita à empresa aumentar e melhorar a qualidade do *output* e, naturalmente, diminuir o *lead time* para o cliente, garantindo a sua satisfação. Para além das vantagens já enumeradas, este processo auxilia o aumento da flexibilidade da produção, de modo a que esta seja ajustada à procura do cliente.

1.3 ESTRUTURA DO DOCUMENTO

Relativamente à estrutura do documento, segue-se um enquadramento teórico à temática em causa. Neste enquadramento, está presente a caracterização de dois conceitos fundamentais para uma boa compreensão do projeto, nomeadamente, a filosofia *lean* e o abastecimento à linha. Com o primeiro conceito, é realizado um enquadramento histórico onde se apresenta a evolução da filosofia *lean*, os pilares base deste pensamento, bem como a importância da flexibilidade na logística para obtenção de ganhos por parte da empresa. No segundo conceito a explorar, são abordados temas que interagem diretamente com o abastecimento interno, tais como: filosofia *just-in-time* (JIT), tipo de contentor/caixa de abastecimento, supermercados e *milkrun* logístico.

No capítulo seguinte, é realizada uma apresentação sucinta do Grupo Bosch, que inclui a caracterização da sua filosofia de produção BPS. Apresenta-se a empresa, bem como o departamento específico onde decorreu o projeto e algumas responsabilidades do mesmo. Depois, é apresentado o projeto, destacando-se os objetivos a atingir e a metodologia aplicada.

No capítulo 4, são apresentados os resultados do projeto. É abordada a implementação do PoUP na célula final de montagem do novo produto e na célula de produção de um componente desse mesmo produto. É ainda efetuada uma análise das ações realizadas com vista à obtenção de melhorias.

A finalizar, faz-se uma reflexão sobre o trabalho realizado, apresentando-se sugestões para o desenvolvimento de projetos futuros na Bosch Termotecnologia SA.

2. ABASTECIMENTO LEAN À PRODUÇÃO

2.1 A FILOSOFIA LEAN

2.1.1 ENQUADRAMENTO HISTÓRICO

O conceito *Lean production* é amplamente considerado como tendo emergido das inovações do TPS, no Japão na década de 1940 (Figura 1), especialmente no que respeita à entrega de materiais no momento certo (*just in time*) entre as estações de trabalho (BROWNING *et al.*, 2009).

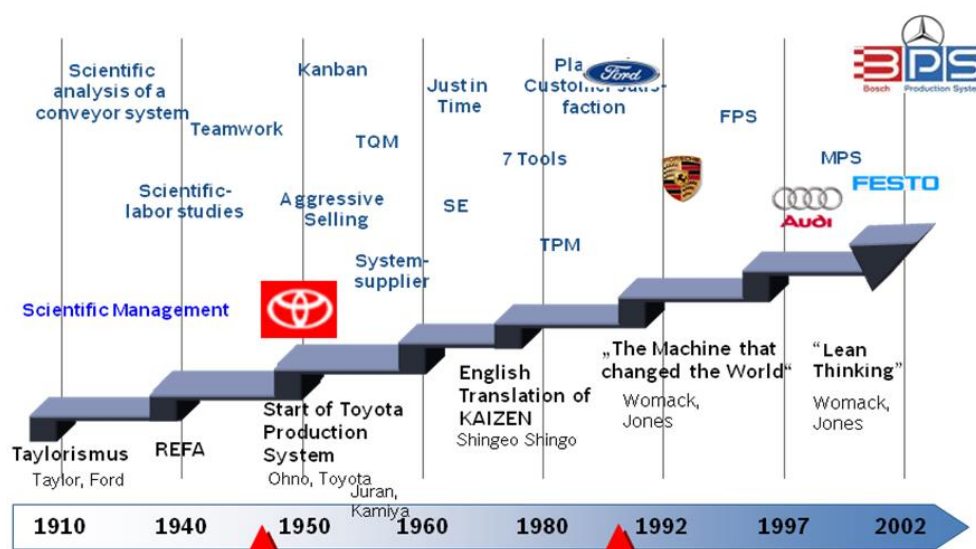


Figura 1 - Evolução das tecnologias e ferramentas de produção (BOSCH, 2008).

O TPS foi desenvolvido com a finalidade de produzir num fluxo contínuo que não dependesse de longos ciclos de produção para ser eficiente. Esta ideia baseou-se no reconhecimento de que apenas uma pequena fração do tempo total e do esforço para transformar um produto acrescentam valor para o cliente final. Este conceito opunha-se claramente ao método que o mundo ocidental adotava na altura, pois aqui o planeamento de recursos materiais (através do MRP – *material requirement planning* por exemplo) e o desenvolvimento de complexos sistemas de informação estavam de acordo com a filosofia de produção em massa originalmente desenvolvido por Henry Ford, ou seja, a produção de um elevado volume de produtos padronizados com o mínimo de mudanças (MELTON, 2005).

De acordo com Hopp (2004), Ohno descreveu o TPS como sendo uma filosofia projetada para o fluxo contínuo, baseada em dois princípios fundamentais:

transferência do conhecimento humano para as máquinas (melhores práticas e trabalho normalizado) e JIT (*Kanban* e nivelamento de produção) (BROWNING *et al.*, 2009; HOPP *et al.*, 2004).

Alguns autores procuram distinguir os conceitos JIT e *Lean*, identificando como principal diferença, o facto de o JIT ser uma filosofia de melhoria com o principal foco internamente e, por sua vez, o *lean production* ser uma filosofia que começa externamente, com o principal foco no cliente (BROWNING *et al.*, 2009).

No entanto, apesar das diferenças, há uma característica muito saliente no *lean*, no JIT e no TPS, que é a redução de desperdícios. A maioria das fontes indica que a redução de desperdícios é a essência do *lean*. Esta ênfase na redução de desperdícios levou ao desenvolvimento de práticas como a redução de *stocks*, a simplificação do processo, bem como a identificação e eliminação de tarefas que não adicionam valor. Nesse sentido, as tarefas podem ser classificadas em três tipos (BROWNING *et al.*, 2009):

- Aquelas que acrescentam valor (por transformar diretamente o produto na forma desejada pelo seu utilizador);
- Aquelas que não acrescentam valor, mas são necessárias com os métodos atuais de produção;
- Aquelas que não acrescentam valor e são desnecessárias.

Alguns autores destacam outros aspetos chave do *lean*, tal como o respeito pelas pessoas, a gestão da qualidade, o *pull production* e o sistema de deteção de erros (*poka-yoke*). Muitas destas práticas, que se interrelacionam umas com as outras, constituem a filosofia subjacente à redução de desperdícios. Por exemplo, o principal benefício do *Kanban* e do sistema *pull* é o de reduzir os *stocks*, já que menores níveis de *stocks* revelam os problemas mais cedo (BROWNING *et al.*, 2009).

Com o objetivo de direcionar o *lean* para a sua implementação prática, alguns autores definiram cinco princípios: (1) especificar o valor em termos do cliente final, (2) identificar todas as tarefas necessárias para obter um produto ou serviço para o cliente - ou seja, mapear o fluxo de valor - e eliminar as tarefas sem valor acrescentado, (3) produção contínua, (4) o produto fluir apenas quando o cliente pede, e (5) ambicionar a perfeição através de um ambiente de melhoria contínua (BROWNING *et al.*, 2009).

Quando se começou a implementar o *lean* na indústria, os benefícios eram evidentes, nomeadamente: diminuição do *lead time* para os clientes, redução de *stock*, aumento

do conhecimento dos processos, processos mais robustos, diminuição do desperdício, menos retrabalho e, conseqüentemente, ganhos financeiros (BROWNING *et al.*, 2009).

2.1.2 PRINCIPAIS CONCEITOS

O pensamento *Lean* começa com o cliente e com a definição de valor. Um processo produtivo é um veículo que entrega valor ao cliente, sendo esse valor o produto final (MELTON, 2005).

Existem diversas formas de remover os desperdícios dos processos de fabrico. No entanto, para ser verdadeiramente *lean*, é necessário estabelecer uma ligação robusta entre os diferentes elementos, de modo a assegurar o fluxo de valor entre estes (MELTON, 2005).

O Centro de Investigação *Lean Enterprise* (LERC, 2004) da *Cardiff Business School* destacou que, na maioria das operações de produção, 5% das atividades acrescentam valor, 35% são atividades de valor não acrescentado mas necessárias e 60% não acrescentam valor. Portanto, não há dúvida que a eliminação do desperdício representa um potencial enorme em termos de melhorias na produção. A chave para essa melhoria é (MELTON, 2005):

- Identificar os desperdícios e o valor;
- Desenvolver a base de gestão do conhecimento;
- Perceber que a melhoria sustentável requer o envolvimento de todas as pessoas da organização e que é necessário uma cultura de melhoria contínua.

Em seguida, serão abordados conceitos fundamentais para uma correta implementação da filosofia *lean* segundo Melton (2005), nomeadamente: valor, desperdício, fluxo, gestão do conhecimento e melhoria contínua.

Valor

A identificação e definição das proposições específicas de valor para os clientes é o ponto de partida. Sem uma compreensão robusta do que os clientes valorizam, a implementação do *lean* não consegue prosseguir.

Desperdício

Qualquer atividade num processo que não agrega valor para o cliente é designada de desperdício. Por sua vez, existem atividades que não acrescentam valor ao processo, no entanto, são necessárias para a empresa, uma vez que acrescentam valor a esta.

O desperdício pode ser classificado em sete tipos diferentes:

- Excesso de produção;
- Tempo de espera;
- Transporte;
- Excesso de *stock*;
- Excesso de processamento;
- Movimento;
- Defeitos.

Os desperdícios podem ser facilmente identificados, num estado muito inicial, em todos os processos. As alterações realizadas nesse estado precoce podem gerar ganhos significativos para a empresa. No entanto, essa mesma identificação constitui a ponta do *iceberg* em termos de quantidade e de tipo de desperdícios. A chave é garantir que a causa raiz é eliminada, e não apenas o sintoma. À medida que os processos melhoram continuamente, a redução do desperdício é mais significativa. A empresa deve esforçar-se para obter processos livres de desperdício, sendo a melhoria contínua imprescindível para tal.

Fluxo

O Fluxo é provavelmente o conceito mais difícil de entender no *lean*, e é o conceito que mais contradiz os sistemas de produção em massa. É a falta de fluxo nos processos de fabrico que obriga a presença de grandes armazéns, que albergam *stock* e consomem o capital do negócio (MELTON, 2005).

Para entender o fluxo, é necessário primeiro entender o conceito de fluxo de valor – ligação de eventos ou atividades que numa última análise fornece valor a um cliente.

O fluxo está preocupado com processos, pessoas e cultura, sendo adequado mencionar a *Theory of Constraints* – Teoria das Restrições. Esta teoria relaciona-se com o pensamento *lean*, no sentido em que considera a organização como um sistema constituído por recursos que estão ligados por processos com o objetivo de

fazer um produto que pode ser vendido. Efetivamente, esta teoria aborda o fluxo de valor e as principais causas para a falta de fluxo, as restrições do sistema.

Goldratt e outros autores desenvolveram algumas regras operacionais que indicam como a produção deve operar, tendo em conta três medidas (GOLDRATT, 1993; MELTON, 2005):

- Rendimento: a taxa pela qual o sistema gera dinheiro através das vendas;
- Inventário: todo o dinheiro que o sistema investiu na compra de coisas que pretende vender;
- Despesa Operacional: todo o dinheiro que o sistema gasta para transformar inventário em rendimento.

De seguida, definiram como objetivo o aumento do rendimento e simultaneamente a redução do inventário e da despesa operacional.

Por fim, introduziram um método que determina a produtividade de todo o processo, dando também a indicação de quando se deve parar com a produção.

Posto isto, é importante referir que numa indústria de produção é necessário melhorar a eficiência e a eficácia de toda a cadeia de abastecimento e não apenas melhorar parte dela, pelo que devemos operar sobre a cadeia de abastecimento e não sobre a unidade de produção.

A Figura 2 resume a discussão acima realizada sobre o conceito de fluxo, demonstrando como uma parte da cadeia de abastecimentos pode operar usando uma teoria *pull* em vez de *push*. Num sistema de produção *push*, trabalha-se tanto quanto possível para encher um armazém. Por sua vez, num sistema de produção *pull*, trabalha-se apenas quando é necessário, tendo em conta os pedidos de clientes.

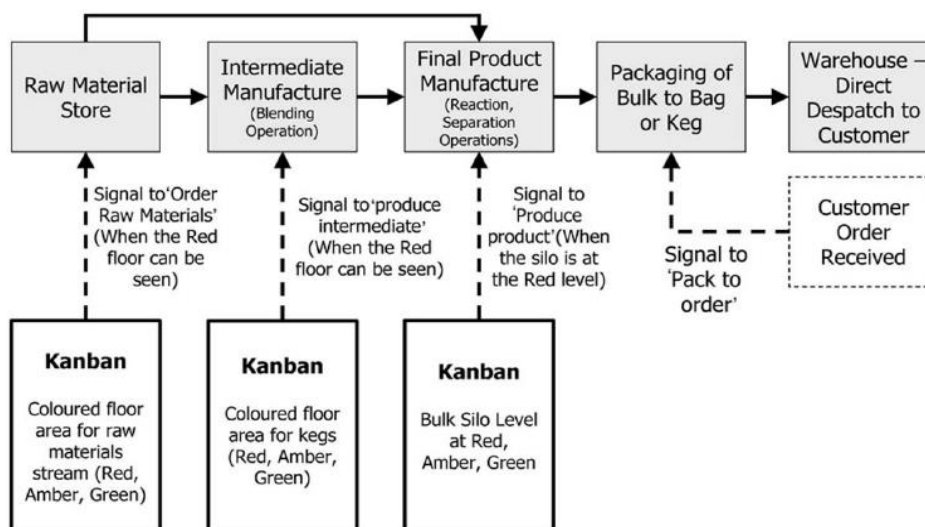


Figura 2 - Exemplo de sistema *pull* com uso de *kanban* (MELTON, 2005).

Gestão do conhecimento

O conhecimento dos sistemas e, mais importante, das pessoas, é fundamental para a implementação do *lean*. O sucesso do *lean* em algumas organizações tem sido, em parte, devido à reorganização das equipas, tanto a nível operacional como de gestão.

Exemplos destas mudanças são:

- Reorganização de todos os recursos em torno do fluxo de valor;
- Equipas multidisciplinares com mais responsabilidades no dia-a-dia da produção.

Melhoria Contínua

Os pensadores *lean* estão orientados para a "perfeição", pelo que o ciclo de melhoria nunca termina. Para muitos na indústria esta mudança de cultura é a mais difícil de todas.

É fundamental uma abordagem estruturada de dados, pois os princípios de valor, desperdício e fluxo devem ser rigorosamente aplicados ao longo da cadeia de abastecimento. O processo de '*how to lean*' pode ser resumido como:

- Documentar o desempenho do processo atual - *how do we do it now*;
- Definir valor e depois eliminar o desperdício;
- Identificar os efeitos indesejáveis e determinar a sua causa, a fim de encontrar o problema real;

- Resolver o problema e redesenhar o processo;
- Testar e demonstrar que o valor do processo está a fluir para o cliente.

Existem muitas ferramentas e técnicas que apoiam cada etapa do processo acima descrito, uma vez que suportam a implementação dos princípios. A Tabela 1 apresenta uma amostra dessas ferramentas, que são muito familiares para aqueles que estiveram envolvidos em projetos de melhorias de desempenho.

Tabela 1 - Ferramentas de apoio na implementação *Lean* (MELTON, 2005).

Ferramenta	Descrição	Típico uso
Diagrama IPO	Fluxograma que visa o mapeamento dos <i>inputs</i> , processos e <i>outputs</i> . Com base nos <i>outputs</i> desejados, o processo adequado pode ser definido e os <i>inputs</i> necessários especificados.	Para projetar uma sessão em equipa, em qualquer fase da implementação do <i>lean</i> .
<i>Process flow mapping</i>	Mapa que visa a visualização de cada passo do processo no fluxo de valor.	Atividade de recolha de dados; Utilizado para analisar os passos de valor acrescentado e sem valor acrescentado e como uma ferramenta para a reformulação.
<i>Time value mapping</i>	Mapa do tempo necessário para cada passo do processo no fluxo de valor.	Atividade de recolha de dados; Utilizado também para analisar os passos de VA e NVA e como uma ferramenta para a reformulação.
<i>Spaghetti diagramming</i>	Mapa do caminho físico a percorrer por um produto à medida que passa na cadeia de valor.	Atividade de recolha de dados;
5 porquês	Ferramenta utilizada para encontrar a causa raiz, em vez dos sintomas.	Como uma parte da análise dos dados de modo a que a causa raiz do problema possa ser resolvida na fase de projeto.
5 S's	<i>Seiri</i> -sentido de utilização; <i>Seiton</i> -sentido de organização; <i>Seiso</i> -sentido de limpeza; <i>Seiketsu</i> -sentido de padronização; <i>Shitsuke</i> -sentido de autodisciplina.	Pode ser usado no início de uma implementação <i>lean</i> para quebrar barreiras e possibilitar que a equipa adquira o seu próprio espaço de trabalho; Utilizado para manter a arrumação do local de trabalho, o qual gera muitas vezes desperdícios.
Avaliação dos riscos	A avaliação estruturada do que poderá interromper a realização dos objetivos e como isso pode ser atenuado.	Avaliação dos problemas da pós-implementação, olhando especificamente para o que impediria a sustentabilidade da mudança.
<i>Kaizen</i>	Atividade de melhoria contínua para criar mais valor e remover os desperdícios.	<i>Workshops</i> de <i>Kaizen</i> são um método comum no início de uma mudança dentro de uma área.

2.1.3 FLEXIBILIDADE NA CADEIA LOGÍSTICA

Impulsionadas pela elevada competição e pelas exigências conhecidas do mercado, as empresas têm consistentemente aumentado a oferta de produtos ao longo das últimas décadas. Os grandes mercados estáveis, constituídos por produtos padronizados, transformaram-se e apresentam cada vez mais produtos personalizados ou modificados com o objetivo de atender à procura específica dos clientes (MALHOTRA *et al.*, 2012).

A proliferação de produtos tem sido uma arma competitiva utilizada por empresas para controlar a sua quota de mercado e limitar a entrada de novos concorrentes neste. No entanto, esta proliferação coloca encargos operacionais significativos sobre as empresas (MALHOTRA *et al.*, 2012).

Consistente com a visão de Stevenson *et al.* (2007), a flexibilidade da cadeia de abastecimentos é considerada como um sistema ou rede interrelacionada de flexibilidades externas e internas, que em conjunto suportam o desempenho da empresa a partir de uma perspetiva orientada para o cliente (MALHOTRA *et al.*, 2012; STEVENSON *et al.*, 2007).

Relativamente a novos produtos, a flexibilidade caracteriza-se pela capacidade da organização para introduzi-los na produção. Utilizando a definição de Dixon, um produto é considerado substancialmente novo se "*as suas características funcionais forem diferentes, ou seja, o seu uso final não seja o mesmo, de qualquer outro produto feito anteriormente pela organização*". O lançamento de novos produtos representa mudanças muito mais profundas do que fazer apenas pequenas modificações ou alterações num conjunto de produtos já existentes. Assim, a flexibilidade para novos produtos engloba, estrategicamente, as alterações ao produto que normalmente são feitas num horizonte de curto médio prazo (trimestral ou anual) e exigem um compromisso significativo de recursos e esforços da empresa (DIXON, 1992; MALHOTRA *et al.*, 2012).

2.2 O ABASTECIMENTO À LINHA

2.2.1 O JUST IN TIME E O PAPEL DO KANBAN

O princípio subjacente à filosofia JIT é produzir a quantidade certa do produto no momento certo e com o nível de qualidade adequada. A utilização do sistema JIT pode resultar na minimização do nível de *stock* e *lead time* da produção, permitindo,

simultaneamente, o alcance de elevado nível de qualidade e a satisfação do cliente (HOU *et al.*, 2011).

Para que a implementação de um sistema JIT seja possível, é necessário recorrer-se á utilização do *Kanban*. A palavra *kanban* é de origem japonesa, usada para definir um sinal ou cartão visual (Figura 3) que disponibiliza informação de modo a regular o fluxo de material e o *stock*. O *kanban* tem três objetivos básicos: visualizar o fluxo de trabalho; limitar o *work in process* (WIP) em cada estação de trabalho e medir o *lead time*. Um sistema *kanban* tem como finalidade introduzir estabilidade e previsibilidade nos *stocks* para responder às mudanças do mercado (JOU LIN *et al.*, 2013).

1 Part number	3 Supplier	2 Description of the part	4 Customer
(1) Part number	(3) Supplier	(2) Description	(4) Customer
(5) Quantity	(6) Unit	(7) Pack. type	(8) Kanban no.
(15) Supplier data / Local use	(16) Barcode	(17) Delivery schedule	(13) Issuer
			(9) Kanban position

Figura 3 - Exemplo de um cartão *kanban* utilizado pela Bosch (BOSCH, 2011).

O sistema Kanban é um sistema de informação que controla harmoniosamente as quantidades de produção em todos os processos. No entanto, se os vários pré-requisitos do sistema não estiverem implementados com perfeição (isto é, desenho do processo, trabalho e operações normalizadas, produção nivelada, entre outras), então o JIT será difícil de realizar mesmo que o Kanban seja introduzido (MONDEN, 1998).

Assim num sistema JIT, a produção é acionada por um sinal *Kanban*, originado geralmente pela encomenda do cliente. O sinal passa para trás a partir da estação de montagem final, para os centros de produção a montante, e, em seguida, para os fornecedores. Cada WIP está ligado a um *kanban*, o qual permite especificar detalhes como o nome e número da peça, o processo a jusante, o processo a montante, o tamanho do contentor, o número de *kanbans*, entre outros. O tamanho do contentor é equivalente ao tamanho do *kanban* e o número de *kanbans* representa o número de

contentores. Um grande tamanho e número de *kanbans* representam um elevado nível de WIP, o que contraria os objetivos da filosofia *lean* (HOU *et al.*, 2011).

O tamanho do *kanban*, geralmente, é assumido como sendo fixo e o número de *kanbans* é calculado através de equações empíricas. Monden (1993) indicou que o número de *kanbans* é a divisão da multiplicação da procura diária, o *lead time* e o fator de segurança pelo tamanho do contentor. O tamanho *kanban* necessário tem de ser cuidadosamente ajustado, de modo a minimizar o WIP e alcançar a satisfação do cliente (HOU *et al.*, 2011; MONDEN, 1993).

Muitos têm sido os estudos elaborados por vários autores com a finalidade de determinar o valor ótimo do número de *kanbans* a manter no sistema, visando o objetivo de manter níveis ótimos de *stock* e de minimizar o WIP (CHAN, 2001; OHNO, 2011).

Um sistema de produção *pull* está programado para a estação *k* receber material da estação anterior *k-1*. Depois do processo estar completo na estação *k*, o WIP desta estação é enviado para a estação a jusante *k+1*; ao mesmo tempo, o cartão *kanban* é enviado para trás para as estações a montante *k-1*. Além disso, a estação *k-1* acionará o processo de produção quando receber o sinal *kanban* da estação *k* e o material requerido à estação *k-2*. Por outras palavras, nenhuma estação inicia o processo de produção enquanto o sinal *kanban* e o material necessário não estiverem presentes. A Figura 4 mostra o fluxo de material e de informação num sistema de produção *pull* (CHAN, 2001).

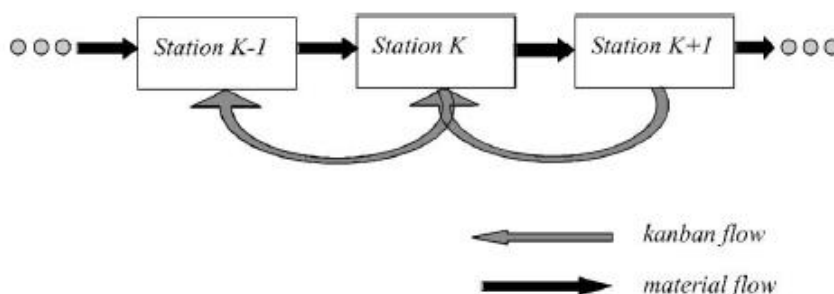


Figura 4 - Fluxo de material e de informação num sistema de produção *pull* (CHAN, 2001).

2.2.2 CONTENTOR DE ABASTECIMENTO

A configuração de um sistema de fornecimento de materiais dentro de uma célula de montagem pode ter um impacto significativo no desempenho do abastecimento de materiais e na receção por parte das linhas de montagem. Vários autores têm enfatizado que, dentro do fluxo de materiais, os processos não devem ser concebidos de forma isolada. Em vez disso, o desempenho global do fluxo de materiais deve estar em foco, de modo que a sub-otimização seja evitada. Assim, por causa do impacto que o fornecimento de materiais pode ter no desempenho da produção, as operações de produção devem ser consideradas quando o sistema de fornecimento de materiais for concebido (HANSON *et al.*, 2012).

Pesquisas anteriores demonstram que contentores de menor tamanho, utilizados para abastecer peças nas linhas de montagem, podem melhorar a flexibilidade e a ergonomia nestas mesmas linhas, bem como aumentar a eficiência do conjunto, reduzindo o tempo que os colaboradores gastam quando é necessário ir buscar peças (Figura 5). Por sua vez, a utilização de contentores de maior tamanho opõe-se aos princípios da filosofia JIT (HANSON *et al.*, 2012).

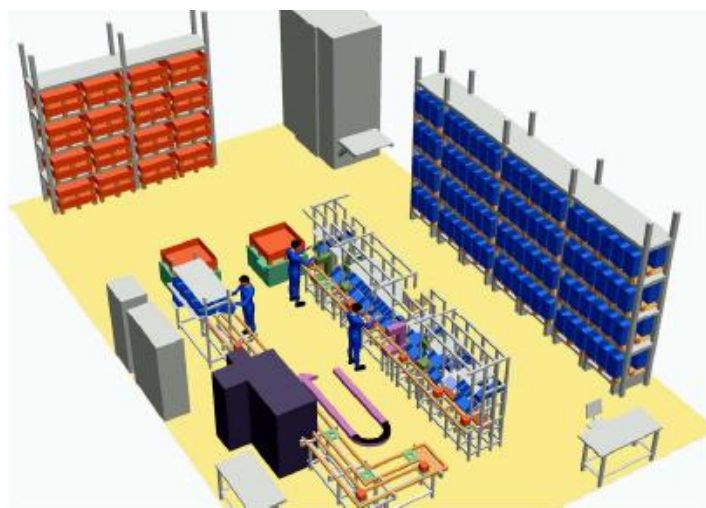


Figura 5 - Influência do tamanho dos contentores na célula de produção (BOSCH, 2011).

A utilização de contentores de maior tamanho, por exemplo EUR-paletes, pode resultar em ganhos de eficiência no fornecimento de materiais, visto que estes contentores implicam menos movimentos necessários ao abastecimento de determinados materiais (NEUMANN *et al.*, 2010). Assim, parece que há um potencial

conflito entre a eficiência de montagem e a eficiência nos sistemas de abastecimento de materiais, sendo que os contentores de menor tamanho apoiam a eficiência da montagem e os de maior tamanho apoiam a eficiência do sistema de abastecimento dos materiais. Sem uma compreensão deste conflito, existe o risco de conceber um sistema de abastecimento de material baseado em objetivos errados, sem considerar a eficiência do abastecimento e das linhas de montagem em conjunto, o que para o desempenho global resultará em sub-otimizações (HANSON *et al.*, 2012).

Tal como referido anteriormente, a utilização de um contentor de maior tamanho é geralmente indicada para reduzir a frequência de movimentos e, por conseguinte, a distância de movimento total e o custo de manuseamento. Por exemplo, no que se refere ao tamanho dos contentores, existem evidências de que um de maior tamanho e contendo um grande número de peças irá reduzir o número de transportes necessários, mas também é reconhecido que há desvantagens associadas à utilização destes. Os níveis WIP são suscetíveis de aumentar com grandes contentores, assim como os requisitos de espaço (HANSON *et al.*, 2012).

As características e dimensões de um contentor estão totalmente integradas com os outros aspetos de movimentação de materiais, tais como o *layout* das instalações, requisitos de recursos humanos e equipamentos. As características dos contentores, por exemplo em termos de dimensões e peso, podem estar sujeitas a restrições por parte dos equipamentos utilizados. Além disso, dependendo do tamanho destes, diferentes abordagens para o sistema de abastecimento podem ser consideradas. Por exemplo, quando grandes cargas são utilizadas, o abastecimento deve ser proporcionado por um empilhador; no entanto, quando as cargas são de menor tamanho, o abastecimento pode ser assegurado por um carro logístico ou pelo conceito de *milkrun*, nas situações onde é necessário abastecer cargas menores em diferentes locais na fábrica (BAUDIN, 2004).

Relacionado com esta problemática, é possível distinguir entre sistemas diretos e sistemas indiretos, para a movimentação de materiais. Nos sistemas diretos, diferentes materiais são movimentados separadamente e diretamente da origem para o destino. Nos sistemas indiretos, diferentes materiais são movimentados em conjunto no mesmo equipamento com várias paragens potenciais em cada rota. Como discutido por Baudin (2004), um sistema de abastecimento de materiais que utilize por base empilhadores é suscetível de ter um nível relativamente baixo de utilização. Por sua vez, um sistema de *milkrun* pode ser utilizado para alcançar um maior nível de

utilização dos equipamentos e do operador responsável pelo mesmo (BAUDIN, 2004; HANSON *et al.*, 2012).

2.2.3 SUPERMERCADOS

Tradicionalmente, as estações de trabalho são fornecidas por um único armazém central, onde as peças são trazidas por paletes para a linha, em entregas individuais. O abastecimento centralizado não está em linha com os princípios JIT. Primeiro, porque sendo as estações fornecidas individualmente e por um armazém potencialmente longínquo as entregas são de elevada quantidade, e porque o tráfico dentro do chão fabril é caótico. Isto implica um aumento de trabalho no processo de armazenamento e nos movimentos para garantir o FIFO – *First In, First Out*. Em segundo lugar, as paletes ao serem transportadas terão de ser mantidas nas estações de trabalho, onde o espaço é notoriamente escasso, o que pode prejudicar gravemente os trabalhadores e reduzir a produtividade. Finalmente, pelo facto de existirem imprevistos na produção que não se conseguem controlar, tais como materiais com defeitos e entregas emergentes de peças em falta para evitar a paragem de produção. Claramente, se o armazém estiver a uma distância considerável, o tempo consumido por estas operações é superior ao desejado pela organização (EMDE *et al.*, 2012).

Para aliviar tais problemas, as organizações recorrem a supermercados (Figura 6), ou seja, áreas de logística descentralizadas onde as peças são armazenadas de modo a abastecerem as linhas de produção e de montagem.



Figura 6 - Exemplo de um supermercado na Bosch Termotecnologia.

Um supermercado é considerado um "amortecedor" entre dois processos que não podem ser ligados no momento. A finalidade é amortecer as flutuações da oferta e procura, sendo a reposição controlada pelo consumo do cliente. As principais características do supermercado são:

- Conteúdo definido por referência da peça (mínimo/máximo);
- Posição definida por referência da peça;
- Transparência do *status* atual do nível de *stock*;
- FIFO;
- Acessibilidade rápida (para armazenar e recuperar peças);
- Tamanho calculado com a fórmula *Kanban*.

As peças são fornecidas aos supermercados por carros logísticos, normalmente de grande dimensão. Os materiais são então separados e intermediamente armazenados, de modo a serem colocados em trens de reboque e entregues às estações de trabalho apenas quando necessário. Esta entrega é efetuada seguindo uma sequência de trabalho na qual, inicialmente, a lista de *picking* é gerada e um trabalhador da logística dispõe as caixas de acordo com essa lista, sendo que algumas peças necessitam de ser ordenadas *just-in-sequence*, conforme definido pela linha de montagem. As caixas cheias são carregadas nos trens vazios e são movimentadas para os pontos de paragem. Quando a carruagem chega à estação, o operador descarrega o material e troca as caixas vazias pelas caixas cheias nos *racks* dos bordos de linha, sem interferir no processo de montagem. Por fim, as caixas vazias são colocadas nos trens de reboque (EMDE *et al.*, 2011).

Para garantir um processo fiável de abastecimento, as peças são normalmente transportadas em caixas de tamanho padrão com capacidade constante. Além disso, para manter o congestionamento ao mínimo e melhorar a fiabilidade, os trens de reboque são normalmente operados num horário fixo, que determina exatamente o momento em que o rebocador deixa o supermercado e efetua as paragens na sua rota ordenada (EMDE *et al.*, 2012).

Existem diversas vantagens decorrentes da utilização de supermercados, tais como tempo de entrega mais curto por estar mais perto do consumidor (isto é, da linha de montagem), consolidação da carga e *turnover* mais rápido de armazenagem e fornecimento de peças, tal como é desejável. Para além destes, existem ainda os benefícios óbvios de estar alinhado com os objetivos originais da filosofia JIT, ou seja,

entregas frequentes de pequenas quantidades, facilidade no replaneamento (enquanto grandes lotes, uma vez feitos, são difíceis de revogar), o que é uma vantagem importante no caso de perturbações imprevistas. Além disso, os contentores pequenos podem ser armazenados em prateleiras de fácil acesso perto da linha (bordo de linha), onde os trabalhadores podem retirar as peças de uma forma eficiente e ergonómica, o que reduz o tempo de manuseamento e o esforço de trabalho (EMDE *et al.*, 2012).

Em contrapartida, os supermercados consomem espaço no chão de fábrica, o qual é escasso e caro. As peças são armazenadas em prateleiras concebidas para facilitar o acesso aos trabalhadores de forma confortável, o que, em termos de espaço, reflete menos eficiência na ocupação deste comparativamente aos armazéns tradicionais. Encontrar o compromisso ideal em relação a este *trade-off* e investigar os benefícios operacionais de supermercados são questões importantes que as empresas devem desenvolver (EMDE *et al.*, 2012).

2.2.4 MILKRUN LOGÍSTICO

O conceito logístico de *milkrun* tem origem na indústria de laticínios. O conceito abrange uma rede de transportes onde todos os materiais de entrada e saída, necessários para um conjunto de estações são assegurados por um veículo que visita todas essas estações e circula de acordo com um calendário pré-definido (Figura 7).

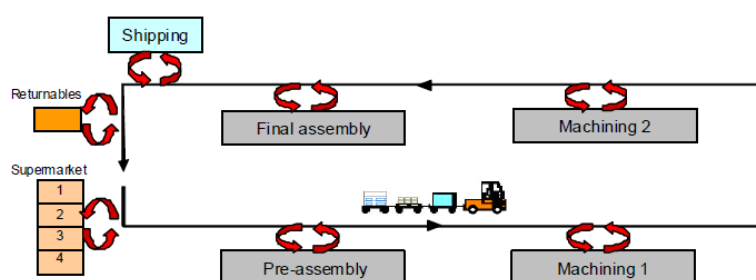


Figura 7 – Rota do *milkrun* logístico (BOSCH, 2005).

O conceito *milkrun* é frequentemente aplicado na logística interna das fábricas para o transporte de matérias-primas e produtos acabados entre a produção ou montagem e os armazéns da fábrica. O objetivo é mover volumes pequenos em distâncias curtas para o ponto de uso no tempo certo, junto com a informação necessária. Desta forma,

é possível implementar o trabalho *standard* na linha de produção e nos fornecimentos, permitindo estabilizar e aumentar a qualidade e a produtividade.

Muitas vezes, a fábrica é muito grande para ser assegurada por um único ciclo do *milkrun*, e, conseqüentemente, ciclos múltiplos são considerados (BAUDIN, 2004; KOVÁCS, 2011).

3. ABASTECIMENTO INTERNO NORMALIZADO NA BOSCH TERMOTECNOLOGIA

3.1 APRESENTAÇÃO DO GRUPO BOSCH

3.1.1 INFORMAÇÃO GERAL

O Grupo Bosch foi fundado em 1886 por Robert Bosch e é atualmente um fornecedor líder mundial de tecnologia e serviços, nas áreas de indústria automóvel, tecnologia industrial, bens de consumo e energia e tecnologia de construção (Figura 8). No ano fiscal de 2012 contava com 305 877 colaboradores e gerou um total de vendas em cerca de 52.464 milhões de euros.

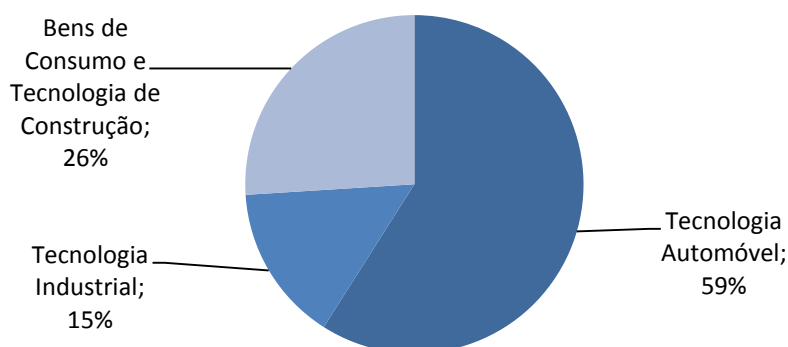


Figura 8 – Percentagem de vendas por setores de negócio (BOSCH, 2013).

O grupo é constituído por 360 subsidiárias e companhias regionais, presentes em cerca de 50 países. O grupo Bosch investiu em 2012 aproximadamente 4.8 milhões de euros em investigação e desenvolvimento. Como resultado, registou 4 784 patentes em todo o mundo.

A área de negócio Bens de Consumo do grupo Bosch está repartida em três divisões distintas: *Power Tools*, *Security Systems* e *Termochnology* (Figura 9).

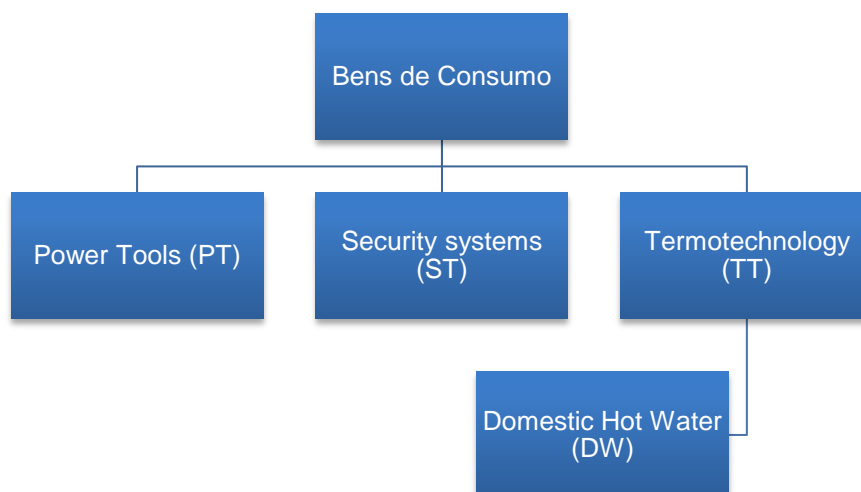


Figura 9 - Contextualização da unidade de negócio *Domestic Hot Water* no grupo Bosch.

3.1.2 BOSCH PRODUCTION SYSTEM

O *Bosch Production System* (BPS) é mais do que a simples implementação das ferramentas do *lean production*, pois constitui uma filosofia base para todo o grupo Bosch.

O BPS ambiciona a eliminação do desperdício em toda a logística e nos processos de produção presentes na cadeia geral de valor. A meta é atingir o nível ideal em termos de qualidade, custos, produtividade e entrega de produtos. Esta filosofia foca-se em toda a cadeia de valor com o objetivo de apoiar o crescimento sustentado da contribuição realizada por parte de todos os colaboradores da Bosch. O BPS aponta para os mesmos objetivos e utiliza ferramentas semelhantes ao Sistema de Produção Toyota.

O BPS é estruturado em princípios e elementos que interagem uns com os outros. Geralmente, os princípios formam as regras estruturantes e definem a orientação dos processos de produção e logísticos. Os elementos são as ferramentas utilizadas para implementar os princípios (Figura 10). Muito importantes são também dois processos de gestão que são denominados *Point CIP* e *System CIP*. Empregá-los corretamente garante a conduta adequada dos membros, a todos os níveis da organização, nos processos de melhoria contínua.

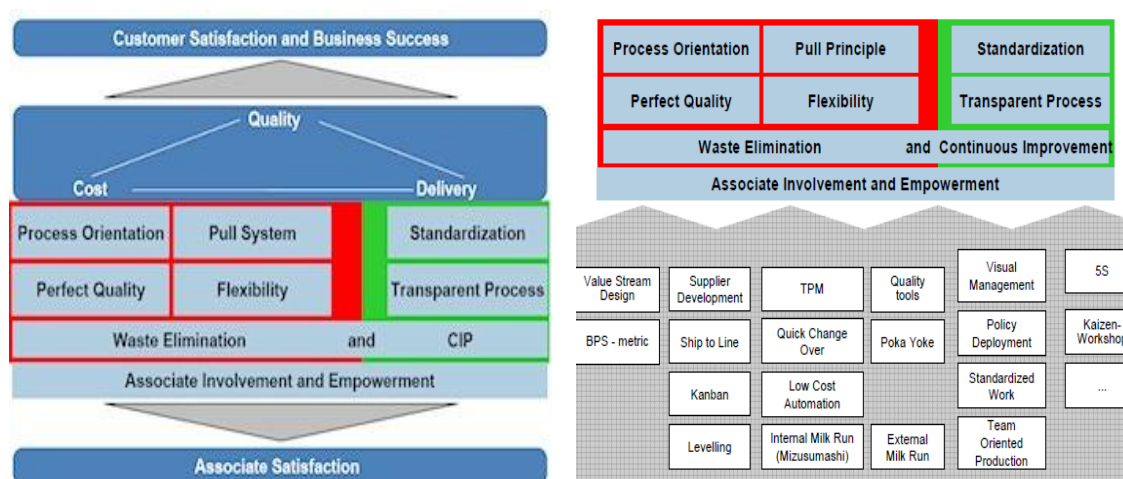


Figura 10 – Objetivos, princípios e elementos do BPS (BOSCH, 2005).

3.1.2.1 PRINCÍPIOS BPS

O BPS segue as seguintes linhas orientadoras:

- Orientação para o processo: desenvolver, controlar e melhorar os processos contidos no *Source, Make e Deliver*;
- Pull System: produzir apenas o que o cliente quer;
- Qualidade perfeita: utilização de medidas preventivas na produção para eliminar os erros, de modo a entregar o produto sem falhas ao cliente;
- Flexibilidade: capacidade de adaptação às mudanças na procura do cliente;
- Standards: descrição da melhor e conhecida maneira de operar de modo a assegurar a qualidade e a base de crescimento;
- Processos transparentes: processos visíveis e conhecidos das operações facilitam a compreensão e identificação dos desvios;
- Melhoria contínua e eliminação do desperdício: planeamento regular e implementação de melhorias passo a passo no sistema de produção, bem como análises diárias dos objetivos para estabilizar a qualidade, os custos e a entrega;
- Envolvimento de todos os colaboradores: definição clara das regras e responsabilidades de todos os membros da organização no processo de melhoria.

3.1.2.2 CONCEITOS RELEVANTES NO BPS

A seguir são apresentados alguns conceitos relevantes na implementação do BPS:

Value Stream Mapping (VSM)

O fluxo de valor é o processo de “fazer algo”. Isso engloba todas as atividades que acrescentam valor e as que não acrescentam, mas são necessárias para desenvolver um produto acabado desde a matéria-prima até ao cliente. O VSM é um método simples de visualização do fluxo de material e informação de um processo através da utilização de símbolos *standard* (Figura 11).



Figura 11 – Exemplo da simbologia presente no VSM (BOSCH, 2005).

Embora a ferramenta VSM seja utilizada maioritariamente para visualizar o fluxo de material e de informação de um determinado processo, existem outras terminologias específicas para descrever esse mesmo fluxo, tais como: *Value Stream Planning (VSP)* e *Value Stream Design (VSD)*.

Cartão Kanban

Os cartões *Kanban*, como referido anteriormente, são uma ferramenta simples para visualizar o *stock* e o fluxo de informação, permitindo manter o *stock* constante no ciclo. O objetivo principal é sincronizar toda a produção.

O cartão *kanban* na Bosch Termotecnologia inclui campos como: referência da peça, designação da peça, fornecedor, cliente, quantidade, unidade, tipo de caixa onde é armazenado, número e posição do *kanban*.

A utilização deste “sinal” permite um controlo mais eficaz e transparente da produção e dos processos; no entanto é necessário otimizar o número de *kanbans* que existem no sistema. O seu cálculo baseia-se em dois princípios básicos, satisfação do cliente e redução de *stock*.

Antes de definir a fórmula *kanban* utilizada na Bosch Termotecnologia, é importante esclarecer alguns conceitos que sustentam igualmente a fórmula.

- *Standard Number of Parts* – SNP: Corresponde ao número *standard* de peças utilizadas no processo *kanban*. Todos os tamanhos de contentores e quantidades de transferência derivam de um mínimo múltiplo comum. Objetivo: mínimas quantidades residuais no processo, ciclo padronizado de fornecimento de material.
- *Every Part Every Interval* – EPEI: corresponde à frequência com que se pode produzir uma determinada referência.
- Tamanho do lote de produção: número mínimo de peças que podem ser produzidas de uma só referência.
- Tamanho do lote de transferência: Quantidade recolhida pelo fornecedor, suscetível de se modificar de acordo com o SNP da estação de trabalho cliente.

Segundo o BPS, a fórmula *kanban* inclui as seguintes variáveis: K – número de *kanbans*, RE – cobertura do tempo de reposição, LO – cobertura do tamanho de lote, WI – cobertura para o pico de consumo, TI – cobertura para a diferença entre a duração do turno do fornecedor e do turno do cliente, SA – fator de segurança.

$$K = RE + LO + WI + TI + SA$$

Pacemaker

O processo *pacemaker* é o processo que rege toda a cadeia de valor (Figura 12). Define o ritmo e a seqüência de toda a produção e processos logísticos. Este processo não é necessariamente o gargalo (processo com menor capacidade) da linha de produção.



Figura 12 - Processo *pacemaker* (BOSCH, 2005).

O controlo e estabilização do *pacemaker*, permite alcançar a estabilidade na produção, o que se traduz numa produção rítmica na cadeia de valor.

Estabilidade

A estabilidade no BPS significa robustez e, por conseguinte, ritmo e controlo. Noutras palavras, durante a produção normal não existem surpresas repentinas e, se existirem, são imediatamente óbvias e o sistema permite lidar com elas.

O ritmo *standard* utilizado no BPS é o *customer takt time*.

O cálculo do *takt time* (TT) baseia-se na procura do cliente e permite avaliar a capacidade da organização em satisfazer as necessidades do cliente.

$$\text{takt time (TT)[seg/unid]} = \frac{\text{Tempo de operação planeado}}{\text{Procura do cliente}}$$

O TT do cliente especifica com que frequência, em média, as peças devem sair da cadeia de valor, com o objetivo de atingir um nível de serviço de entrega ao cliente de 100%. As ordens do cliente são avaliadas por referência e a quantidade é correlacionada com o tempo planeado de operação do processo *pacemaker* na cadeia de valor. O tempo planeado de operação é o resultado do tempo total menos os tempos de paragem (paragens, manutenção preventiva, entre outros).

3.1.2.3 MELHORIA CONTÍNUA

O *Continuous Improvement Process* (CIP), no BPS, é constituído por dois níveis: *System CIP* e *Point CIP* (Figura 13). O *System CIP* é uma abordagem global para desenvolver a cadeia de valor; por sua vez, o *Point CIP* é uma abordagem local ao nível do posto de trabalho/linha para estabilizar e melhorar os *standards* atuais.

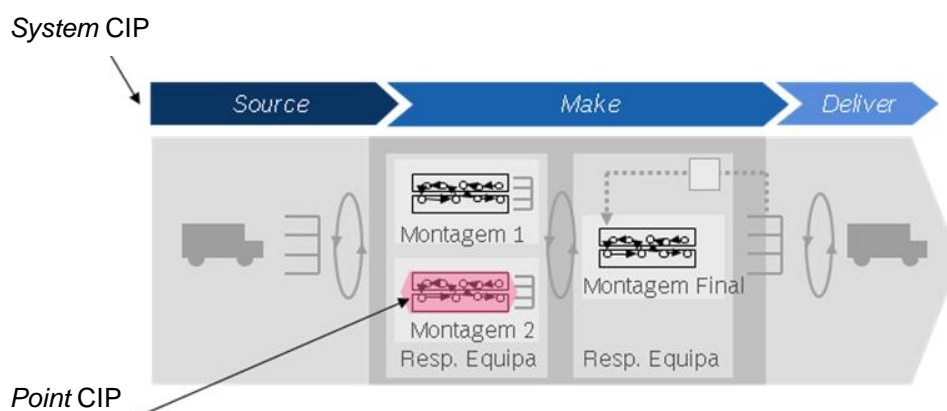


Figura 13 – *System CIP* e *Point CIP* no BPS (BOSCH, 2005).

Pode-se definir o CIP como sendo um processo guiado de melhoria contínua em todas as áreas, com a participação de todos os intervenientes, visando atingir objetivos. Como elementos essenciais ao CIP, existem os *standards*. O *standard* é uma descrição de uma sequência de atividades, sendo no presente a maneira mais simples, mais segura e melhor de fazer as coisas. Um *standard* deve ser claramente definido, compreendido e mensurável através da utilização de indicadores. O *feedback* sobre os desvios face ao *standard* leva a melhorias. O *standard* deve ser melhorado sempre que um processo está estabilizado.

Os limites de reação são igualmente outra parte importante do sistema de melhoria contínua. São utilizados para controlar sistematicamente a deteção de desvios e priorizar os problemas. Isto permite a resolução diária e sustentável de problemas. Os limites de reação tornam os problemas transparentes, acionam uma resposta rápida e começam o processo de resolução do problema. Estes podem ser ajustados após a estabilização dos problemas.

Por último, a comunicação regular no âmbito do *Point CIP* suporta a resolução de problemas através da discussão de todos os desvios ao processo *standard*, confirmando as medidas corretas e atribuindo responsabilidades às pessoas para a resolução eficaz do problema.

3.2 A BOSCH TERMOTECNOLOGIA

3.2.1 CARACTERIZAÇÃO GERAL

É na divisão da Termotecnologia do Grupo Bosch (ver Figura 9) que se encontra a unidade de negócio *Domestic Hot Water* a qual pertence a Bosch Termotecnologia.

A empresa iniciou as suas atividades em Cacia, Aveiro, em 1977. A sua origem deveu-se a uma iniciativa de empresários locais, os quais realizaram um contrato de licenciamento com a Robert Bosch para a transferência da tecnologia utilizada pela empresa alemã no fabrico dos esquentadores Junkers.

Foi graças à qualidade inicial dos aparelhos produzidos que a empresa foi sustentando o seu crescimento. Em 1983, o lançamento da marca Vulcano veio consolidar esse mesmo crescimento, permitindo que a empresa alcançasse a liderança do mercado de esquentadores em Portugal.

A partir de 1998, a Bosch passou a ser a única acionista, tendo a empresa em 2008 mudado a sua designação para Bosch Termotecnologia SA.

Desde 1996, a empresa é reconhecida como o Centro Mundial de Competência da Robert Bosch no âmbito dos equipamentos para o aquecimento doméstico de água.

O início da produção de painéis solares térmicos ocorreu em Março de 2007 e constituiu o último passo no alargamento da gama de produtos fabricados na empresa de Aveiro.

As atuais instalações da Bosch Termotecnologia englobam diversos edifícios, perfazendo uma área total de 31 000 m² em 152 000 m² de terreno (Figura 14).

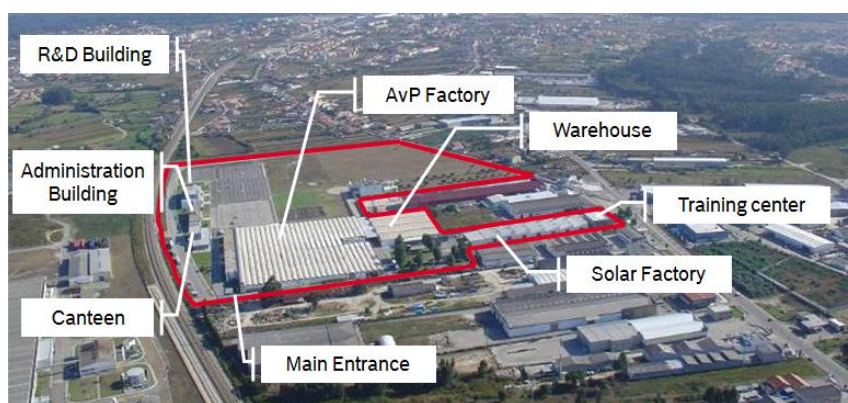


Figura 14- Instalações da Bosch Termotecnologia (BOSCH, 2005).

Presente em 55 países e diversos mercados, a Bosch Termotecnologia produz uma variada gama de modelos (Figura 15) que são comercializados internacionalmente através de marcas próprias do grupo ou de clientes.



Figura 15 – Portfolio e marcas dos produtos da Bosch Termotecnologia (BOSCH, 2005).

3.2.2 O DEPARTAMENTO DE LOGÍSTICA

A Bosch Termotecnologia reconhece a importância que a Logística tem na atividade da empresa e, como tal, existe um departamento devidamente estruturado responsável pelas operações logísticas da empresa. Este departamento é constituído por quatro áreas interligadas: LOG1, responsável pela gestão de clientes; LOG2, responsável pelo planeamento de produção e aprovisionamentos; LOG3, responsável pela receção, armazenamento e expedição de materiais; LOG9, responsável pela gestão de informação e projetos logísticos, exercendo uma atividade transversal na logística. É de ressaltar que a área responsável pelo fluxo interno de materiais e informação (LOGInt) é da responsabilidade do LOG3 (Figura 16).

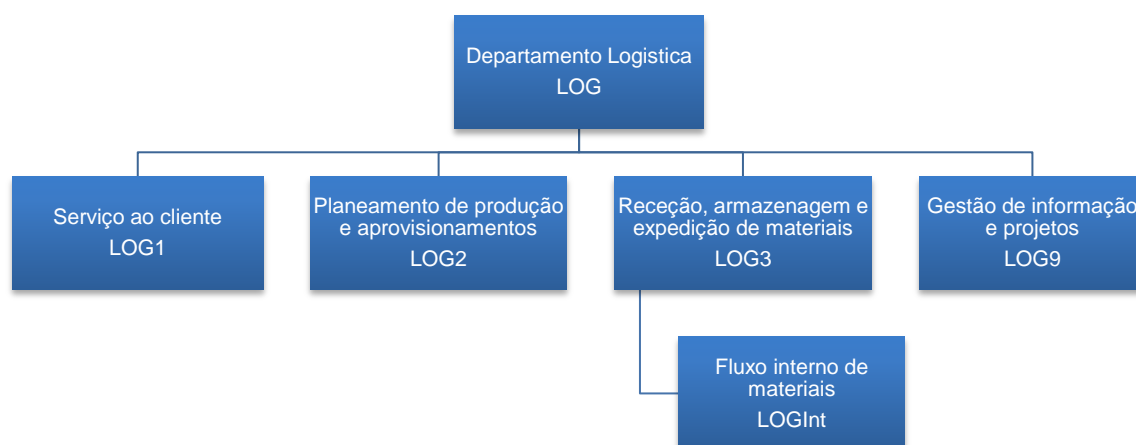


Figura 16 - Constituição do departamento de Logística da Bosch Termotecnologia.

A Logística Interna interage diretamente com os diferentes departamentos existentes na Bosch, estabelecendo uma relação de simbiose. Com a implementação dos princípios BPS, a logística interna assume maior notoriedade. A cargo da equipa que constitui a logística interna ficam, entre outras, atividades relacionadas com a eliminação contínua do desperdício associado ao manuseamento de material, a definição, controlo e otimização das rotas de abastecimento interno ao *Point of Use* (Figura 17), a sincronização do fluxo de informação e o desenvolvimento de sistemas que permitam a identificação dos desvios (por exemplo, gestão visual dos processos). O desenvolvimento dessas atividades tem associado diversos princípios, tais como:

- Caixas e quantidades *standard* ajustadas aos postos de trabalho;
- Fácil verificação dos *standards*;
- Fácil verificação dos desvios;
- Disponibilidade de todos os componentes;
- Entregas frequentes ao posto de trabalho;
- SNP para todos os produtos acabados;
- Produção baseada no consumo;
- Utilização de cartões *kanban*;
- Confiança na definição do supermercado;
- Transparência na passagem ao próximo processo.

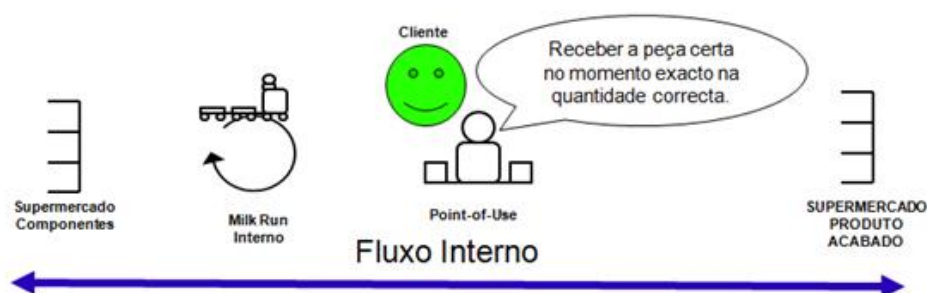


Figura 17 - Ilustração do fluxo interno na Bosch Termotecnologia (BOSCH, 2005).

3.2.3 ALGUNS CONCEITOS FUNDAMENTAIS

3.2.3.1 PROJETOS *TIME TO MARKET*

Os projetos *Time to Market* (TTM) são de extrema importância para a organização, visto tratarem-se de projetos de desenvolvimento de novos produtos, onde o fator tempo é crucial para o sucesso dos mesmos. TTM representa o tempo que vai desde a conceção do produto até ele estar disponível no mercado. Assim, uma gestão eficiente e organizada de todo o projeto possibilita à empresa disponibilizar o produto no mercado no prazo em que se comprometeu com o cliente.

Existem diversos fatores que influenciam o sucesso dos projetos TTM; no entanto, podem-se destacar como fatores chave os seguintes: foco nos processos de negócio, organização do projeto, gestão da base de dados, melhoria contínua e orientação para o utilizador.

A eliminação do desperdício e de atividades que não acrescentam valor deve ser considerada desde a fase inicial do projeto. Por isso a empresa aposta nos princípios *lean* (*lean line design e flow oriented layout*) para implementar novas linhas de produção e montagem.

3.2.3.2 LEAN LINE DESIGN E FLOW ORIENTED LAYOUT

Uma correta implementação da filosofia *Lean Line Design* nas linhas de produção e montagem implica a seguinte organização do trabalho:

- Todos os operadores trabalham dentro da linha em U;
- Operações fora do ciclo de trabalho devem ser efetuadas por *Point of Use Providers* – PoUP;
- Deve ser possível executar a linha por apenas um operador;
- Remover todos os obstáculos da rota do operador;
- Eliminar todos os tipos de desperdícios no manuseamento pelo operador (por exemplo, minimizar distâncias, evitar tempos de espera);
- Minimizar o fluxo de materiais dentro da linha (por exemplo, o trabalho de transporte da peça dentro da estação de trabalho deve ser exclusivamente para os lados (não na vertical ou em profundidade));
- O operador move-se numa única direção.

Considerando a logística, as linhas de produção devem ter em conta os seguintes aspetos:

- O fornecimento de material e o retorno é gerido por um PoUP e não pelo operador da linha;
- Utilização de contentores pequenos de componentes e peças de compra, porque o espaço para armazenamento é limitado;
- Fornecimento de peças para linhas em U realizadas sempre do lado de fora;
- Sem *buffering* ou armazenamento de outras partes em torno da linha U;
- Os contentores das peças ou caixas são projetados para as necessidades da linha e não do PoUP;
- Reposição das peças baseada no consumo.

Por sua vez, o *Flow Oriented Layout* é uma metodologia de planeamento do *layout* de uma nova célula com vista a dispor os equipamentos e instalações de forma a estarem estritamente interconectadas no fluxo produtivo, de modo a minimizar o transporte e a aumentar a transparência. Isto possibilita um rápido reconhecimento do desperdício e promove uma comunicação rápida. É um pré-requisito para atingir rotas com menores deslocamentos, menores *stocks* e menores tamanhos de lote. Adicionalmente, possibilita o abastecimento padronizado e sincronizado com o ritmo da produção.

3.2.3.3 CONTROLO DO CONSUMO

Vários sistemas podem ser utilizados como forma de realizar o controlo da produção, através do princípio *pull* (por exemplo: *kanban*, sequência e sistema de 2 caixas), sendo que a finalidade é atingir uma situação de produção síncrona.

- *Just in sequence* – JIS: com a utilização deste sistema, a quantia correta é entregue na sequência e no tempo corretos. É possível criar um pequeno *buffer* utilizando uma rampa FIFO, por forma a garantir a separação (Figura 18).

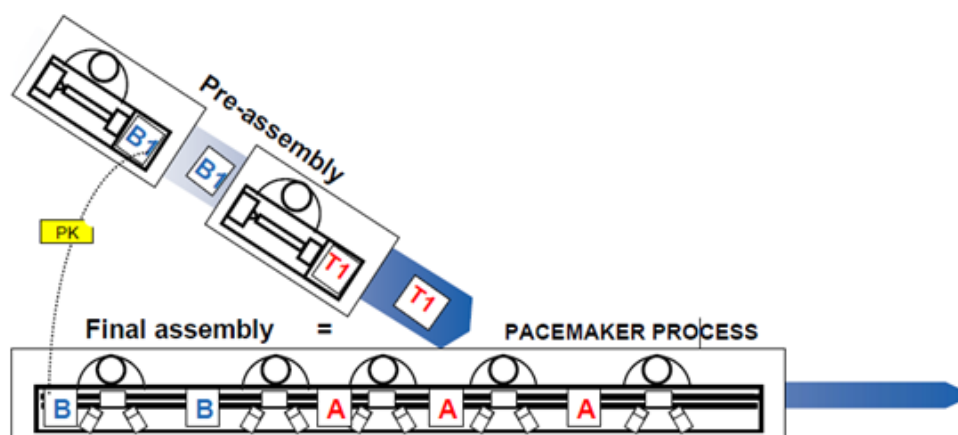


Figura 18 - Utilização do JIS como forma de controlar o consumo (BOSCH, 2011).

- *Kanban*: com a utilização do *kanban*, o processo de separação é garantido por supermercados e a entrega é realizada através da recolha nos mesmos (Figura 19). Este método é utilizado se o JIS não for possível.

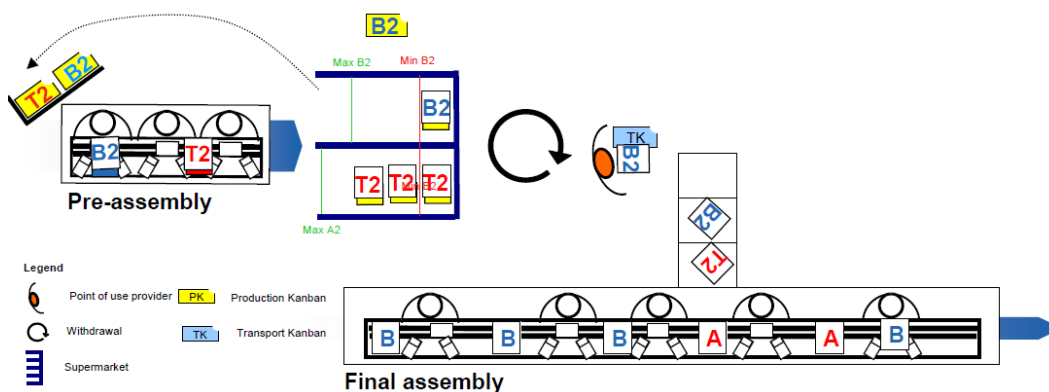


Figura 19 - Utilização do *kanban* como forma de controlar o consumo (BOSCH, 2011).

A distinção entre estes dois tipos de controlo de consumo é descrita na Tabela 2.

Tabela 2 - Conceitos de controlo do consumo.

	Em Sequência	Supermercado
Definição	Fornecimento de uma quantidade definida; Fornecimento numa ordem definida.	Supermercado perto do ponto de consumo: Multiplas linhas; Espaço para todas as variantes de peças.
Objetivos	Produção sem sobras de peças; Redução dos riscos de qualidade (evita a confusão); Não é necessário plano para o operador (peças certas na sequência certa).	<i>Buffer</i> para problemas como: socata, mudanças na sequência e sobras de peças.
Requisitos	Qualidade 100%; Elevada estabilidade; A quantidade de peças em caixa deve ser igual ao SNP da linha, caso contrário deve-se proceder à contagem das mesmas.	Mais espaço no PoU. Sinal adicional para o operador indicando qual a variante a usar; O uso da variante certa tem de ser garantido.
Aplicação	Peças com elevadas variantes; Elevado valor; Peças de elevada dimensão.	Peças comuns ou pequenas variantes; Peças de reduzida dimensão /produtos a granel.

3.3 O PROJETO

3.3.1 OBJETIVOS

O lançamento no mercado de produtos inovadores que satisfaçam as expectativas do cliente determina a competitividade da organização. A Bosch Termotecnologia é uma organização que procura estar na vanguarda da tecnologia, pois esse é um dos pilares que sustenta a posição de liderança no mercado. Como tal, a execução de projetos relacionados com o lançamento de novos produtos assume uma importância extrema para a organização. É claramente visível a preocupação com este tipo de projetos, incentivando as áreas existentes na fábrica a neles participarem desde a fase inicial. Os projetos de lançamento de novos produtos exigem a mobilização de uma quantidade considerável de recursos, visando executar o projeto no tempo previamente determinado, uma vez que o fator tempo é aí determinante.

Como é de esperar, novos produtos exigem novos investimentos e novos processos. Assim sendo, a gestão cuidadosa desse investimento e da implementação do projeto contribui para o sucesso do produto final. É neste âmbito que surge a necessidade de realizar o projeto aqui apresentado, procurando desenvolver a estrutura de suporte (fluxo de material e informação) referente à produção de novos produtos.

Os principais problemas a resolver são:

- Novos projetos sem abastecimento normalizado definido;
- Desperdício no deslocamento do operador;
- Fluxo de informação inexistente;
- Ocupação do espaço no chão fabril;
- Elevados *stocks*.

No sentido de apresentar os problemas assinalados, foi esquematizado o estado inicial do projeto. Na Figura 20, pode-se visualizar através dos *kaizen flashes* os problemas que este projeto visa resolver. Esses *kaizen flashes* são numerados de forma a representarem a sequência pela qual se vai procedendo à resolução dos problemas. Ou seja, inicialmente terá de ser implementado o abastecimento à célula final de montagem (1); em seguida, tem de se ter em conta o abastecimento de uma célula de produção a montante (2) de modo a garantir um fluxo eficiente de materiais desde a matéria-prima até ao produto acabado; por fim, numa fase de melhoria, é necessário explorar as potencialidades de redução de *stock* existentes na célula logística

dedicada ao novo produto (3), o que conseqüentemente pode gerar uma redução de espaço utilizado.

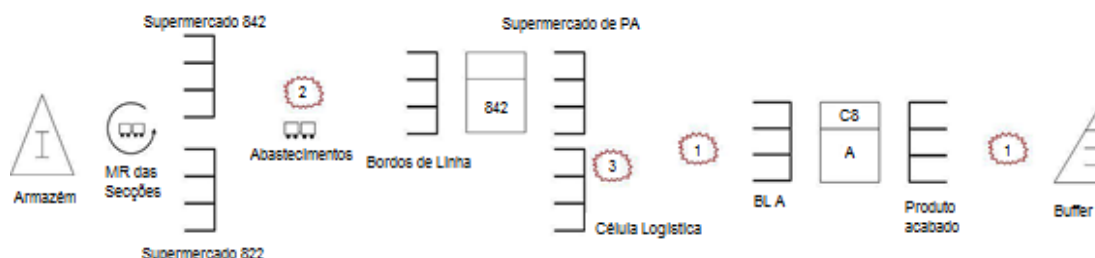


Figura 20 – Esquemática do estado inicial do projeto.

No seguimento da identificação dos problemas existentes, estabelecem-se os objetivos que este projeto visa obter:

- Definição do fluxo de material e de informação: assegurar a disponibilidade do material em cada posto de trabalho, disponibilizar o material de acordo com as necessidades dos postos de trabalho, assegurar o trabalho contínuo do operador (evitar perdas de produtividade);
- Implementação e revisão de rotas logísticas;
- Elaboração e revisão de *standards*;
- Implementação de sistemas de gestão visual.

O estado futuro pretendido com a implementação deste projeto é ilustrado na Figura 21. Nesta figura, pode-se visualizar que na resolução do problema assinalado pelo *kaizen flash 1* se pretende criar um abastecimento cíclico ao *point of use* através de um *milkrun*. Por sua vez, no segundo problema identificado, ambiciona-se também a implementação do abastecimento à célula de produção. Para finalizar, é desejado a obtenção de uma célula logística dimensionada de acordo com as necessidades da célula final de montagem.

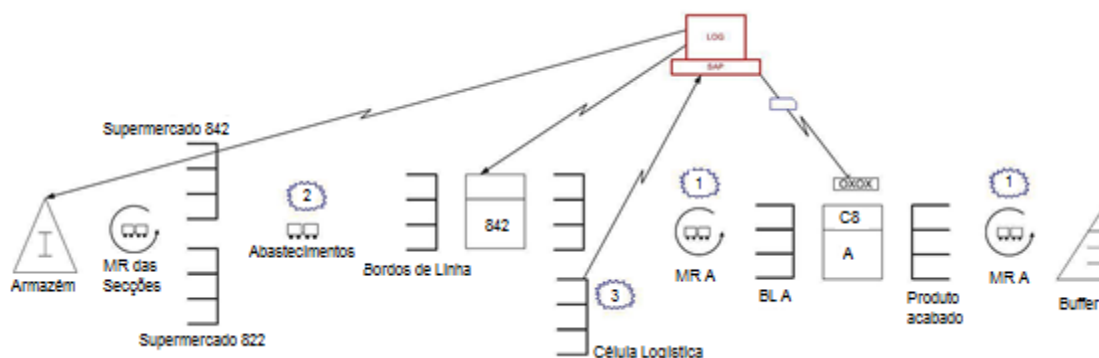


Figura 21 – Esquematização do estado futuro pretendido do projeto.

3.3.2 METODOLOGIA

Com vista a atingir os objetivos estabelecidos, definiu-se uma metodologia praticamente comum para a definição do abastecimento, tanto na linha de montagem como na célula de produção.

1. Análise dos dados e restrições - recolha de dados relativos a materiais e processos em geral, bem como, análise dos materiais envolvidos nos novos produtos e das restrições existentes;
2. Determinação das atividades e tarefas do *milkrun*;
3. Definição e identificação dos pontos de paragem e da rota;
4. Determinação do tempo de ciclo do *milkrun* e do *stock* no PoU;
5. Controlo e análise das ações implementadas;
6. Melhoria dos processos por via da gestão visual.

No que respeita à implementação do abastecimento à célula final de montagem, não foi considerado no ponto 4 o cálculo do *stock* no *point of use*, uma vez que este ficou a cargo de uma outra equipa de trabalho. Por sua vez, não foi possível concretizar na prática a implementação do abastecimento à célula de produção devido ao término do estágio; como tal, não se abordaram os pontos 5 e 6.

No final procedeu-se a melhorias da célula logística por via da gestão visual.

4. RESULTADOS

4.1 IMPLEMENTAÇÃO DO ABASTECIMENTO À CÉLULA FINAL DE MONTAGEM

O presente projeto inicia-se com a elaboração do abastecimento normalizado à célula final de montagem (C8) do novo produto, com base na implementação do conceito de *milkrun* interno. A C8 é considerada um *pacemaker*, uma vez que marca o ritmo de toda a produção e processos logísticos. Assim, deve-se desenhar e ajustar os processos logísticos a esta célula por forma a potenciar o *output*.

4.1.1 ANÁLISE DOS DADOS E RESTRIÇÕES

4.1.1.1 RESTRIÇÕES GERAIS

A implementação do *milkrun* está sujeita a restrições impostas por condicionantes da fábrica, nomeadamente no que diz respeito a questões de ergonomia (Anexo A), segurança, rota do *milkrun* e fluxo de material.

Relativamente à rota, o *milkrun* é obrigado a circular nos corredores destinados para o efeito (corredores de sentido único, com 1 metro livre além da largura da mota do *milkrun*, e corredores onde existe circulação nos dois sentidos, com 2 vezes a largura da maior mota acrescida de 1,4 metros livres). A condução dos *milkruns* está sujeita a um limite de velocidade de 6km/h e a um limite de 6 carros atrelados à mota elétrica. O *milkrun* deve obedecer à sinalização existente (sentido único, sentido proibido e passagem pedestre, entre outras). A transição entre o armazém e o chão fabril (área com piso irregular e sujeito a condições atmosféricas não controladas) deve ser realizada com especial cuidado pelo *milkrun*.

No que respeita ao fluxo de material, os carros que o *milkrun* transporta são dedicados exclusivamente ao transporte de material para a C8. O *milkrun* deve transportar o material requerido nas caixas corretas (o desejável é que seja nas caixas *standard*, pertencentes à Bosch (Figura 22), e nos carros destinados para esse efeito (existem carros desenhados especificamente para o transporte de determinados materiais, por exemplo, carros para transporte de frentes).



Figura 22 - Caixas *standard* Bosch (BOSCH, 2005).

4.1.1.2 LAYOUT

A necessidade de aproveitamento de recursos e de espaço existentes na fábrica levou à decisão de incluir a produção do novo produto na célula 8, a qual já existia. Nesta célula produzem-se as caldeiras da família B, pelo que foi feito um trabalho adicional por forma a contemplar a produção do novo produto. A escolha deveu-se ao facto do *output* das caldeiras produzidas nesta célula ser consideravelmente baixo sendo imperativo rentabilizar os recursos envolvidos.

Uma vez que o *layout* da célula deve estar adequado e em linha com o fluxo de trabalho, foi necessário realizar reajustes nos equipamentos e nos bordos de linha. Tais reajustes possibilitam que o abastecimento à célula seja efetuado pelo lado exterior da mesma, permitindo que a capacidade dos operadores no interior fique totalmente dedicada às atividades que acrescentam valor ao produto.

Os bordos de linha constituem o local de paragem do *milkrun* para abastecer os componentes, garantindo que a linha não pare por falta de material. Assim, é imprescindível garantir o fácil acesso externo aos bordos de linha (Figura 23).

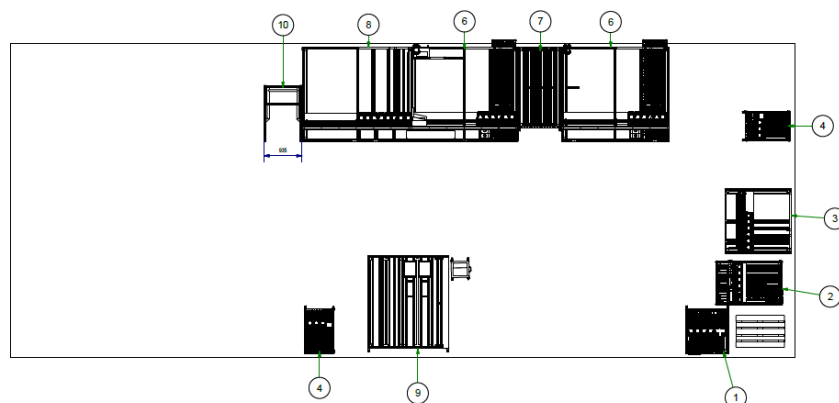


Figura 23 – Bordos de linha da C8.

4.1.1.3 FLUXO DE MATERIAL

De modo a analisar as restrições existentes ao nível das necessidades da célula, dos contentores dos materiais a transportar e do tipo de abastecimento (sequência ou *kanban*), pode ser consultado um documento interno, onde se descreve detalhadamente todas essas informações.

Esta análise é pertinente, visto existir uma grande variedade de novas peças e, consequentemente, a forma de abastecimento poder ser passível de ser alterada, uma vez que é afetada diretamente pela limitação do espaço no bordo de linha, estabilidade dos processos, consumo da peça, dimensões da peça e peso da peça, entre outras. Por sua vez, existe a necessidade de analisar as especificações do contentor onde o material vai ser armazenado, visto que o tipo de contentor no PoU pode ser diferente do tipo de contentor no ponto de transferência (secções intermédias e célula logística). Nos casos onde o contentor não coincide, o *milkrun* responsável pelo abastecimento deve efetuar o *repacking* do material para os contentores exigidos pelo PoU.

A estratégia de abastecimento ao PoU afeta diretamente a rota do *milkrun*, o que se explica pelo facto de as peças abastecidas em sequência fazerem parte permanente das peças transportadas pelo *milkrun* (estas são abastecidas à linha com um NPK igual ao SNP da linha), enquanto as peças abastecidas em *kanban* são abastecidas com alguma irregularidade (o NPK do material é diferente do SNP da linha).

Como foi referido anteriormente, a C8 é responsável pela montagem de duas famílias de produtos. Assim, com a implementação deste projeto, pretende-se também implementar o abastecimento à família do novo produto A de forma semelhante ao que acontece com a família do produto B, já existente, por forma a garantir estabilidade nos processos.

Na Figura 24, encontra-se a distribuição de peças por tipo de abastecimento nos aparelhos das famílias A e B.

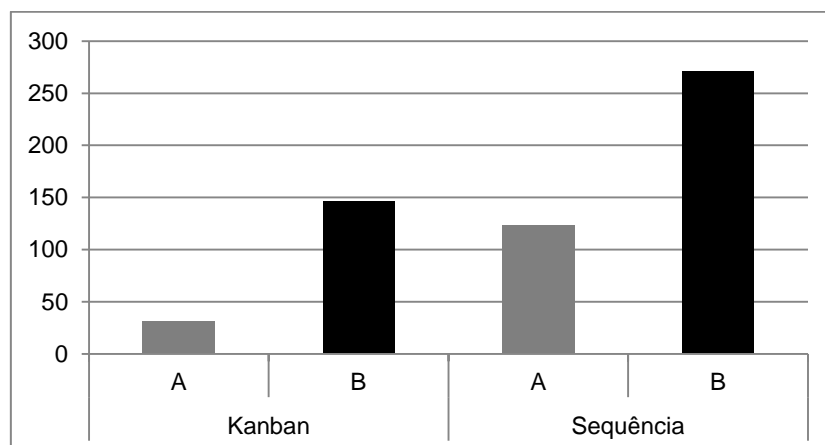


Figura 24 - Distribuição de peças por família e tipo de abastecimento na C8.

Através da análise da figura, pode-se verificar que o abastecimento em sequência é dominante nesta célula. No caso da família A, este tipo de abastecimento corresponde a 80% do conjunto total de peças necessárias na montagem final, enquanto na família B esta percentagem baixa para 65%.

Devido ao elevado número de peças a abastecer, determinou-se que o equipamento a utilizar pelo operador responsável pelo abastecimento seria uma mota elétrica com trens de reboque.

Nesta fase, é importante indicar algumas características da C8. Assim, considerando o cenário atual da produção, tem-se:

Capacidade máxima por turno = 90 unidades

Tempo de abertura do turno = 430 minutos

$TcT_{C8} = 4,78$ minutos/unidade

SNP = 10 unidades.

Para a logística, a C8 é vista como um cliente. Assim, considera-se o TcT_{C8} como sendo o ritmo com que as peças têm de estar a ser disponibilizadas pelo *milkrun*. No entanto, é de realçar que o valor do TcT_{C8} tenderá a diminuir à medida que se otimizam os processos, e a logística terá de se adaptar por forma a garantir o seu abastecimento sem falhas.

4.1.2 DETERMINAÇÃO DAS ATIVIDADES E TAREFAS

O *milkrun* é responsável pelas operações relacionadas com o transporte e manuseamento de materiais. As diferentes áreas de suprimento requerem diferentes tipos de tarefas. Consequentemente, é indispensável elaborar um documento (IOL) onde se descrevem as operações logísticas (IOL) que o *milkrun* tem de realizar na sua rota (Anexo B). Este documento deve acompanhar o *milkrun* na sua rota de abastecimento.

Algumas das tarefas para fornecimento de material cíclico a cargo do *milkrun* são listadas de seguida:

- Fluxo de material:
 - Carregamento de peças das estações a montante e de peças de compra;
 - Manuseamento de caixas vazias;
 - Remoção do lixo.
- Fluxo de informação:
 - Manuseamento do *kanban*;
 - Verificação do nível de *stock*;
 - Verificação dos rótulos das caixas (se necessário).

Apesar do *milkrun* ser responsável pelo abastecimento à célula final, existem exceções a esta regra. Por exemplo, quando o *milkrun* se dirige a um local de paragem para recolha de material e este não estiver disponível, o *milkrun* deixa um cartão vermelho e avisa os operadores da produção da falta do material em causa, passando a responsabilidade pelo abastecimento desse material para um operador dessa secção. Este procedimento visa garantir que o abastecimento dos restantes materiais não seja posto em causa.

4.1.3 DEFINIÇÃO DOS PONTOS DE PARAGEM E DA ROTA

De modo a determinar os pontos de paragem do *milkrun*, é necessário recolher informação sobre todas as secções fornecedoras da linha final.

Na Figura 25, ilustram-se todas as secções fornecedoras da linha final bem como o número de referências provenientes de cada uma.

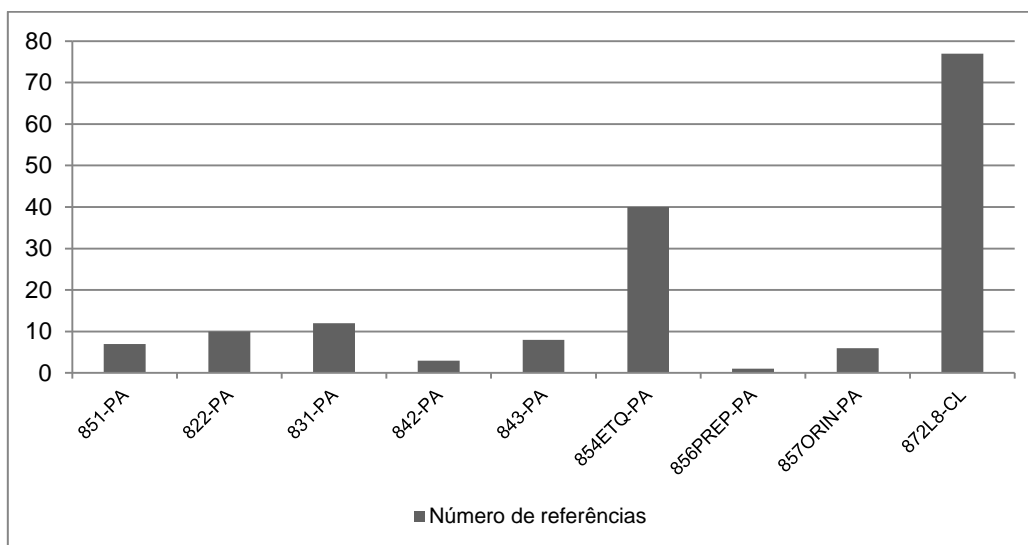


Figura 25 - Pontos de paragem do *milkrun* da C8.

A elevada quantidade de material a abastecer à C8 impossibilita a realização de uma única rota por parte do *milkrun*, uma vez que este material excede a capacidade máxima de transporte do mesmo (6 trens rebocáveis). De modo a resolver este problema, o material a ser abastecido foi dividido em duas rotas. Assim, na rota 1 o *milkrun* encarrega-se de transportar o material referente ao início da montagem do produto da família A e na rota 2 transporta o material relacionado com a fase final do mesmo (por exemplo. etiquetas, cartão e esferovite).

Os pontos de paragem do *milkrun* foram desenhados por forma a garantir:

- Acessibilidade ao material sem recurso a ferramentas/aparelhos;
- Facilidade no manuseamento dos contentores dos materiais;
- Identificação visual da posição de cada material;
- Limites de *stock* definidos e visíveis;
- Garantia de FIFO;
- Separação do lado de recolha e de reposição do material.

Adicionalmente, os pontos de paragem estão assinalados segundo as instruções visuais em vigor na fábrica.

Com o objetivo de determinar o tempo de ciclo, é necessário definir as rotas que o *milkrun* necessita de efetuar, bem como o deslocamento associado. Recorrendo ao *layout* da fábrica, é possível delinear estas rotas e, conseqüentemente, avaliar a distância entre cada paragem do *milkrun*. A rota 1 encontra-se esboçada na Figura 26.

4.1.4 DETERMINAÇÃO DO TEMPO DE CICLO

Com o objetivo de determinar os tempos teóricos das atividades do *milkrun*, recorre-se à tabela *Time data card for Logistics* (Anexo C). Esta tabela contém tempos teóricos característicos das operações logísticas que estão a cargo de um *milkrun*.

Através da análise das atividades e deslocamentos, é possível estruturar a informação básica do *milkrun* na Tabela 3.

Tabela 3 - Informação geral das rotas do *milkrun* da C8.

Descrição	Unidades	Rota 1	Rota 2	Ciclo
Distância total	[m]	380	811	1191
Velocidade média do comboio	[m/s]	1	1	1
Tempo perdido por paragem	[s]	15	15	15
Número de paragens	[-]	11	20	31
Média de deslocamento para recolha de material	[m]	1	1	1

Após a definição da informação básica referente à rota do *milkrun*, é o momento de calcular o tempo por ciclo do *milkrun* (Tabela 4), de modo a comparar o resultado obtido com as restrições impostas pela C8. Para tal, é considerado um cenário onde o ciclo de material do *milkrun* é igual ao da C8, ou seja, 10 unidades.

Tabela 4 - Tempo de ciclo do *milkrun* da C8, cenário 1.

Descrição	Unidades	Ciclo
Tempo total a conduzir	[min/ciclo]	19,9
Tempo fixo total	[min/ciclo]	7,8
Tempo total de manuseamento	[min/ciclo]	28,8
Tempo total do ciclo	[min/ciclo]	56,4
TcT C8 para 10 unidades	[min/ciclo]	47,8
Capacidade restante	[min/ciclo]	-8,6

A aplicação deste cenário não é viável porque não existe capacidade do *milkrun* para entregar o material de acordo com as necessidades da célula 8. Assim, é imprescindível definir outro cenário (cenário 2) que garanta o abastecimento atempado do material. Este novo cenário caracteriza-se pelo abastecimento de dois ciclos de material (20 unidades) por parte do *milkrun* (Tabela 5).

Tabela 5 - Tempo de ciclo do *mikrun* da C8, cenário 2.

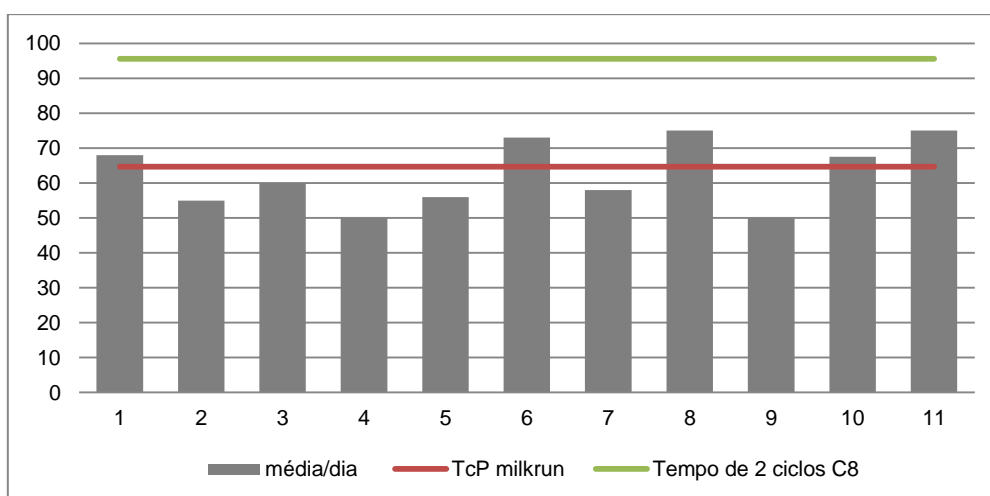
Descrição	Unidades	Ciclo
Tempo total a conduzir	[min/ciclo]	19,9
Tempo fixo total	[min/ciclo]	7,8
Tempo total de manuseamento	[min/ciclo]	37,1
Tempo total do ciclo	[min/ciclo]	64,7
TT C8 para 20 unidades	[min/ciclo]	95,6
Capacidade restante	[min/ciclo]	30,9

Com a implementação do cenário 2, o abastecimento à célula é assegurado dentro do tempo necessário; por sua vez, o *milkrun* fica com capacidade livre para efetuar outras atividades.

4.1.5 CONTROLO E ANÁLISE DAS AÇÕES IMPLEMENTADAS

O seguimento das ações implementadas é importante, de modo a identificar potenciais melhorias e reduzir atividades desnecessárias, aumentando assim a eficiência nos processos. Para este projeto, define-se como indicadores a seguir, no âmbito da melhoria contínua, a duração na prática do tempo de ciclo do *milkrun* e o tempo de paragem da linha 8 devido a falta/problemas de abastecimento.

No gráfico da Figura 28, é possível analisar os tempos práticos do ciclo do *milkrun* comparativamente com o tempo teórico planeado, bem como com o TcT_{C8} . Os dados foram recolhidos entre março e abril, sendo que a produção apenas se registou em 11 dias.

Figura 28 - Tempo do ciclo planeado versus tempo real da rota do *milkrun* da C8.

A análise do gráfico permite constatar o desfasamento entre o tempo de ciclo do *milkrun* e o tempo de dois ciclos por parte da célula final, tal como planeado. A capacidade remanescente do *milkrun* deve ser abordada em trabalhos futuros.

Os processos do *milkrun* ainda não estão com a estabilidade desejada, como mostra a Figura 28 e, mais detalhadamente, a Tabela 6. Existe uma discrepância considerável em alguns ciclos (tempo máximo dos ciclos analisados de 81 minutos, enquanto o tempo mínimo é de 50 minutos). De modo a assegurar-se a estabilidade no *milkrun*, deve-se proceder à minimização da flutuação do volume a transportar por ciclo, recorrendo por exemplo à criação de um número *standard* de peças por caixa igual ao SNP da C8.

Tabela 6 - Registo do acompanhamento do *milkrun* da C8.

	Min [min]	Max [min]	Média [min]
1	68	68	68
2	54	56	55
3	58	62	60
4	50	50	50
5	56	56	56
6	73	73	73
7	51	65	58
8	75	75	75
9	50	50	50
10	65	70	67,5
11	65	81	75

De modo a evitar níveis de *stock* no *point of use* demasiado elevados, estabeleceu-se que o *milkrun* realiza a sua rota (rota 1 + rota 2) num intervalo fixo de 90 minutos.

No que respeita à análise das paragens da C8 por falta de abastecimento, no período em análise, não se verificou qualquer falha.

4.1.6 MELHORIA DOS PROCESSOS POR VIA DA GESTÃO VISUAL

A determinação anterior dos elementos da rota determina a capacidade do *milkrun* em realizar as suas tarefas; no entanto, a organização do comboio logístico não foi ainda considerada. Surge então a necessidade de desenvolver instruções visuais que padronizem o transporte de material interno por este *milkrun*.

O *milkrun* transporta dois ciclos de material em cada rota, maximizando a capacidade de transporte; contudo, aumenta a probabilidade de erro na colocação do material nos bordos de linha da célula final, principalmente quando se trata de referências que são

abastecidas em sequência. De modo a reduzir a ocorrência destes erros, é imperativo identificar cada ciclo no comboio logístico. A disposição do material no comboio logístico é igualmente importante para manter a eficiência nas operações do *milkrun*, uma vez que o deslocamento desnecessário deve ser sempre evitado. Assim, considerando o limite de carros a transportar (máximo 6 carros), o material a transportar, o tipo de caixa, o peso do material e a localização no bordo de linha do material) determinou-se que na rota 1 o *milkrun* deve rebocar um carro de apoio (sistema *kanban*), um carro com material em sequência, um carro com ventiladores e um carro com queimadores. Na rota 2, o *milkrun* transporta um carro de apoio, dois carros de frentes e um carro de caixas. Os carros e a disposição do material foram desenvolvidos considerando a construção dos bordos de linha e respeitando os princípios de ergonomia vigentes na fábrica.

No Anexo D, exemplifica-se uma instrução visual num dos carros constituintes da rota 1 do *milkrun* dedicado à família do produto A. As instruções visuais encontram-se anexadas aos carros logísticos a que dizem respeito.

4.2 IMPLEMENTAÇÃO DO ABASTECIMENTO À CÉLULA DE PRODUÇÃO

Nas áreas envolvidas diretamente com a matéria-prima, não existem rotas normalizadas. Foi objetivo deste projeto definir uma rota de abastecimento normalizada para uma nova célula criada para produzir as câmaras de combustão dedicadas ao novo produto. O projeto desta linha foi acompanhado desde uma fase inicial, o que permitiu reconhecer a importância de conceber um *layout* sob os princípios *lean*.

4.2.1 ANÁLISE DOS DADOS E RESTRIÇÕES

A implementação da linha de produção procurou obedecer aos princípios definidos na metodologia LLD. A equipa dedicada a este projeto deve ser multidisciplinar envolvendo as áreas do desenvolvimento, da produção e da logística.

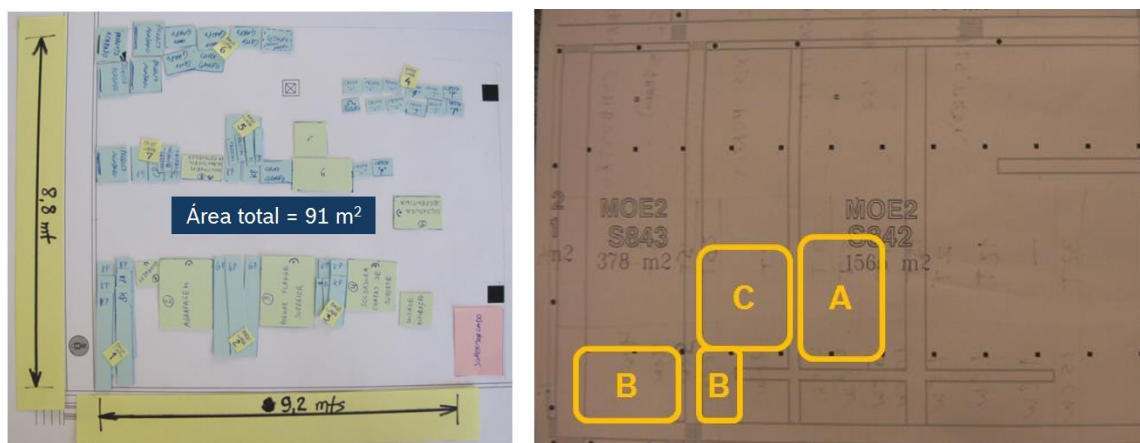
Considerando as quantidades previstas para 2015, o tempo de ciclo planeado a considerar é de 79 segundos (Tabela 7).

Tabela 7 - Cálculo inicial do TT e do TCT para a célula de produção.

	2013	2014	2015
Procura anual [Unid/ano]	75000	115000	130000
Tempo planeado de operação [min]	860	860	860
Nº de dias de trabalho por ano	225	225	225
Procura produção [unid/dia]	334	512	578
Customer Takt [seg/unid]	155	101	89
Nº de operações de mudança (CO)	6	6	6
Tempo de CO [min]	(3x6)=18	(3x6)=18	(3x6)=18
Customer Takt [seg/unid] (EPEI)	152	99	87
OEE planeado	75%	85%	90%
TCT [seg]	114	85	79

A caracterização detalhada do material é imprescindível para a implementação correta do fluxo do mesmo na célula de produção.

Seguidamente à identificação do material, é necessário esboçar o *layout* da linha (Figura 29), considerando os bordos de linha e os postos de trabalho necessários, bem como analisar as alternativas de localização e o custo inerente a cada uma. A escolha da localização segue os princípios do *flow oriented layout* (tema abordado anteriormente).

Figura 29 - Esboço do *layout* da linha e opções de localização.

Após identificação das alternativas admissíveis para localização da célula, é necessário caracterizar as ações que terão de ser tomadas para a respetiva implementação. A decisão da alternativa a considerar recai sobre a localização que requer menor investimento e menor tempo de implementação (Figura 30). Assim, a

alternativa escolhida é a B, necessitando de 4 semanas de calendário para a sua implementação.

Alternativas	A Junto à actual C3 - Câmaras de combustão	B Localização actual das Caixas Murais	C Zona da actual máquina de lavar 167
Acções	Relocalização da célula 5L	Relocalização Cxs murais	Abate Máq. De lavar 167
	LLD C3	Redefinição do Supermercado avançado FP	Criar centro de lavagem na zona das cxs murais
	Mover (2m) forno 5	Relocalização do supermercado 843 (cxs murais)	Relocalização do supermercado das câmaras (C4,L5,CKD's)
			Redução (2m) da C2
		Relocalização supermercado C2	
Invest. [T€]	25 T€	5 T€	32 T€
Tempo [cw]	12 cw	4 cw	15 cw

Figura 30 - Análise das alternativas de localização da célula de produção.

A implementação do abastecimento à célula de produção está sujeita a limitações derivadas das regras da fábrica e dos processos existentes. Tal como referido anteriormente, a parte da matéria-prima é a área da fábrica menos normalizada, o que dificulta a implementação de abastecimento cíclico nesta célula. O abastecimento nesta célula é realizado sem auxílio a uma mota elétrica; no entanto, o operador responsável pelo abastecimento está obrigado a respeitar as regras de segurança existentes.

4.2.2 DETERMINAÇÃO DAS ATIVIDADES E TAREFAS

Identicamente ao apresentado anteriormente, o operador responsável pelo abastecimento tem sobre a sua alçada todas as tarefas relacionadas com o manuseamento de materiais e deslocamento. Por forma a detalhar essas tarefas, é criado um documento IOL (Anexo E), que separa as atividades por ponto de paragem do operador.

Algumas das tarefas são abordadas de seguida, analisando as necessidades nos bordos de linha identificados no *layout* (Figura 31). Apenas serão focados os bordos de linha que requerem operações adicionais de manuseamento de materiais ou especificações próprias.

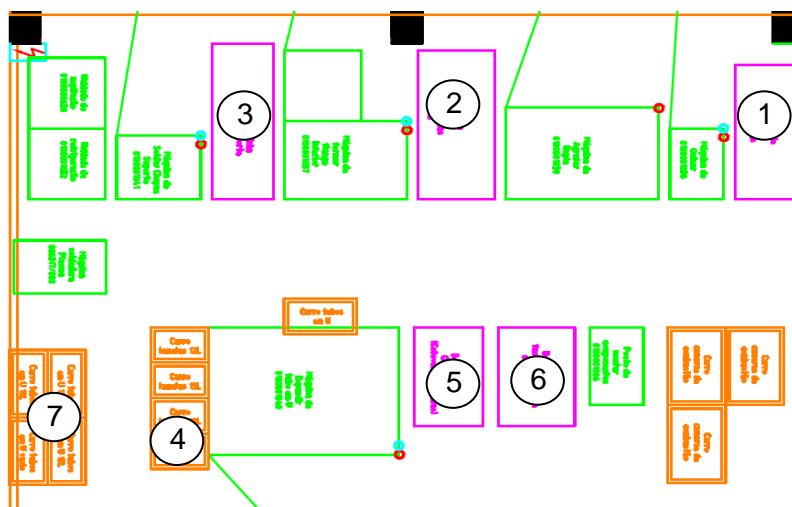


Figura 31 – Pontos de abastecimento à linha 842-A.

No que respeita ao bordo de linha 2, para que o abastecimento no PoU seja na quantidade requerida, é necessário o PoUP efetuar *repacking* do material (tubo de água quente) no ponto de transferência, uma vez que este material se encontra em cestos com quantidades superiores.

Por sua vez, no bordo de linha 4, o material (lamelas) tem um carro específico; conseqüentemente, o operador reabastece este material de forma independente.

Para finalizar, no bordo de linha 7, existe outro material (tubo em U) que precisa de ser transportado pelo PoUP separadamente, uma vez que existe um carro dedicado. Este material tem de ser abastecido em cestos (requer a passagem por uma máquina de lavar num processo a montante e, como a sua utilização necessita de ser otimizada, não foi possível reduzir o NPK, excedendo os limites de ergonomia para transporte pelo PoUP).

O material a abastecer no PoU utiliza como “sinal” de abastecimento o *kanban*, devido às flutuações existentes nos processos a montante.

4.2.3 DEFINIÇÃO DOS PONTOS DE PARAGEM E DA ROTA

Através da análise do material e das secções a montante, é possível abordar as paragens que o PoUP tem de realizar (Figura 32).

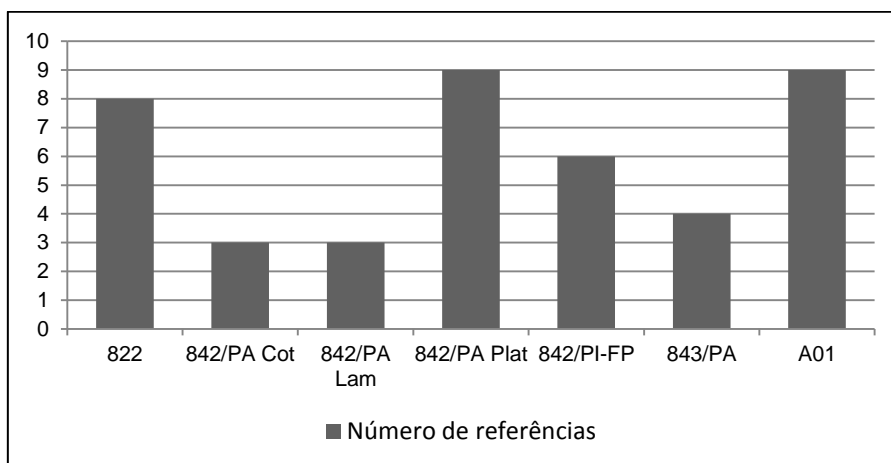


Figura 32 – Pontos de paragem do *milkrun* da célula 842-A.

Para a implementação do abastecimento na célula de montagem, têm de ser realizados esforços adicionais nos pontos de transferência (pontos de paragem do PoUP), uma vez que, como referido anteriormente, esta parte da fábrica não tem supermercados totalmente definidos nem os processos estão sincronizados.

Com o objetivo de determinar o tempo de ciclo, é necessário identificar e definir a rota que o PoUP necessita de efetuar, bem como o deslocamento associado (Figura 23).

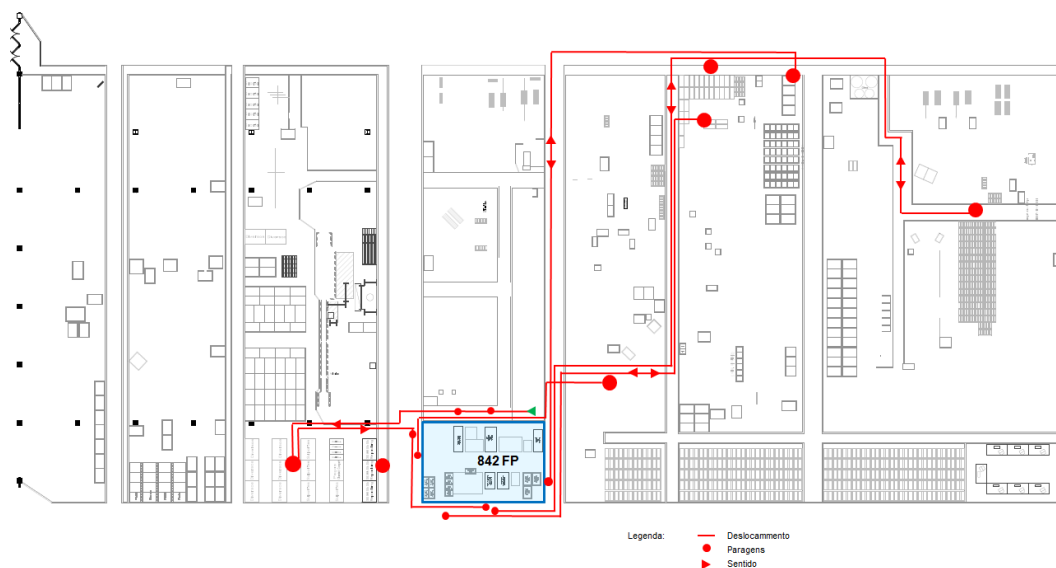


Figura 33 - Rota de abastecimento do PoUP da célula de produção.

A rota definida na Figura 33 anterior tem um comprimento de 515 metros. Tal como referido anteriormente, existem materiais que são abastecidos isoladamente,

impossibilitando que a rota seja um ciclo fechado, o qual permitiria uma otimização da distância a percorrer.

4.2.4 DETERMINAÇÃO DO TEMPO DE CICLO E DO STOCK NO *POINT OF USE*

Identicamente à implementação do *milkrun* na C8, de modo a determinar os tempos teóricos das atividades do *milkrun*, recorre-se à tabela *Time data card for Logistics* (Anexo C).

Através da análise das atividades e deslocamentos, é possível estruturar a informação básica do PoUP (Tabela 8).

Tabela 8 - Informação geral da rota do PoUP da célula de produção.

Descrição	Unidades	Ciclo
Distância total	[m]	515
Velocidade de deslocamento do PoUP	[m/s]	1
Tempo perdido por paragem	[s]	15
Número de paragens	[-]	16
Média de deslocamento para recolha de material	[m]	1

Após a identificação dos dados base da rota do PoUP, é necessário definir o tempo de ciclo do mesmo (Tabela 9).

Tabela 9 - Tempo de ciclo do PoUP da célula de produção.

Descrição	Unidades	Ciclo
Tempo no deslocamento	[min/ciclo]	8,6
Tempo fixo total	[min/ciclo]	4,0
Tempo total de manuseamento	[min/ciclo]	8,9
Tempo total do ciclo	[min/ciclo]	21,5
Tempo de ciclo planeado	[min/ciclo]	30

A percentagem de deslocamento no tempo global da rota é muito elevada (40%); devido ao *layout* das áreas de suprimento e, tal como referido anteriormente, devido a existir material que tem de ser transportado isoladamente pelo PoUP.

Visto existir instabilidade nesta célula de produção e as caixas a abastecer terem diferentes NPK, é fundamental proceder à determinação do *stock* no PoU.

Em seguida, é explicado o cálculo do *stock* bem como os pressupostos utilizados (Tabela 10), sendo que este cálculo é efetuado para o cenário futuro desejável.

Tabela 10 – Pressupostos para o cenário futuro desejável de produção.

Descrição	Unidades	Cenário Futuro
Capacidade max./Turno	[unid]	328
Tempo de abertura	[min]	430
Tempo de rota 2ciclosMR+1	[min]	60
TCT Linha	[seg]	79

Para determinar o *stock* no PoU, é necessário calcular a cobertura por caixa, a cobertura do tempo de reposição (RE) e o RE ajustado. As seguintes fórmulas são então aplicadas (material=i):

$$\text{Cobertura da caixa } i \text{ [min]} = \frac{\text{quantidade por caixa } i \times \text{TcT}}{\text{fator de integração } i}$$

$$\text{Cobertura do tempo de reposição } i \text{ (RE)} = \frac{\text{média da produção por hora } i}{\text{quantidade por caixa } i}$$

$$\text{RE ajustado } i = \frac{\text{média da produção por hora } i}{\text{quantidade por caixa } i} \times (1 + \text{segurança adicional})$$

$$\text{Capacidade existente no BL } i \text{ [min]} = \text{Cobertura da caixa } i \times \text{RE ajustado } i$$

$$\text{Número de rotas para troca de caixa } i = \frac{\text{Capacidade existente no BL } i}{30}$$

Para o cálculo do RE ajustado, considera-se um fator de segurança de 20%. Este fator é necessário devido à existência de flutuações nos processos. De ressaltar que nos casos onde o RE for igual a 1, o RE ajustado será de 2. Tal facto, explica-se pela necessidade de existirem no mínimo duas caixas para que o princípio *kanban* seja praticável, uma vez que a caixa vazia funciona como sinal de reabastecimento.

Os Resultados obtidos estão estruturados na Tabela 11.

Tabela 11 - Cálculo do *stock* no PoU para o cenário futuro de produção.

Descrição	Nº de variantes	Fator de integração (unid)	Tipo de caixa	Capacidade da caixa (unid)	Cobertura da caixa [min]	Capacidade existente no BL [min]	RE	RE Ajustado	Nº rotas para troca de caixa
Folha lado direito	3	1	KP	20	26	105	3	4	3
Folha lado esquerdo	3	1	KP	20	26	105	3	4	3
Tubo de água quente	3	1	GP	10	13	79	5	6	3
Suporte de ligação superior	3	2	KP	100	66	131	1	2	4
Suporte de ligação inferior	3	2	B	100	66	131	1	2	4
Suporte de ligação sup A	1	2	B	100	66	131	1	2	4
Suporte de ligação inf B	1	2	B	100	66	131	1	2	4
Lamelas	3	1	Garfo	30	39	118	2	3	4
Vareta de solda A	1	7	cx cartão	3000	562	1124	1	2	37
Tubo A	3	2	Cesto	180	118	236	1	2	8
Tubo B	3	1	Cesto	150	197	393	1	2	13
Varetas de solda B	3	5	cx cartão	3000	787	1573	1	2	52
Turbulador	3	5	KP	300	79	157	1	2	5
Cotovelo A	1	1	KP	200	262	524	1	2	17
Cotovelo B	1	1	KP	200	262	524	1	2	17
Anel solda A	1	1	BB	1000	1311	2622	1	2	87
Anel Solda B	1	5	BB	1000	262	524	1	2	17
Tubo de água fria	1	1	KP	50	66	131	1	2	4

O *stock* que deve existir no PoU de cada material deve ser igual ao valor do RE ajustado calculado na Tabela 11, dado que este representa o menor valor de *stock* necessário para que exista produção sem falhas de abastecimento no sistema dimensionado.

No que respeita à rota do PoUP, considerando que este efetua rotas de 30 em 30 minutos com uma duração de 21,5 minutos e que a célula começa com *stock* no BL, o cenário de abastecimento para um turno seria o exemplificado na Tabela 12.

Tabela 12 - Cenário de abastecimento de material num turno para o cenário futuro de produção.

Descrição [minutos]	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360	390	420
Folha lado direito			x			x			x			x		
Folha lado esquerdo			x			x			x			x		
Tubo de água quente			x			x			x			x		
Suporte de ligação superior				x				x			x			
Suporte de ligação inferior				x				x			x			
Suporte de ligação sup A				x				x			x			
Suporte de ligação inf B				x				x			x			
Lamelas				x				x			x			
Vareta de solda A														
Tubo A														
Tubo B														
Varetas de solda B														
Turbulador					x					x				
Cotovelo A														
Cotovelo B														
Anel solda A														
Anel Solda B														
Tubo de água fria				x				x				x		

No entanto, atualmente, a célula não tem o valor de ciclo planeado igual a 79 segundos, uma vez que, existem várias variáveis que ainda não estão controladas. Assim, no cenário atual de produção, os pressupostos a considerar são os apresentados na Tabela 13.

Tabela 13 – Pressupostos no cenário atual de produção.

Descrição	Unidades	Cenário atual
Capacidade max./Turno	[unid]	114
Tempo de abertura	[min]	430
Tempo de rota 2ciclosMR+1	[min]	60
TCT Linha	[seg]	226

Com estes pressupostos e utilizando as fórmulas mencionadas anteriormente, o *stock* no PoU será o apresentado na Tabela 14.

Tabela 14 - Cálculo do stock no PoU para o cenário atual de produção.

Descrição	Nº de variantes	Fator de integração (unid)	Tipo de caixa	Capacidade da caixa (unid)	Cobertura da caixa [min]	Capacidade existente no BL [min]	RE	RE Ajustado	Nº rotas para troca de caixa
Folha lado direito	3	1	KP	20	75	151	1	2	5
Folha lado esquerdo	3	1	KP	20	75	151	1	2	5
Tubo de água quente	3	1	GP	10	38	113	2	3	4
Suporte de ligação superior	3	2	KP	100	189	377	1	2	13
Suporte de ligação inferior	3	2	B	100	189	377	1	2	13
Suporte de ligação sup A	1	2	B	100	189	377	1	2	13
Suporte de ligação inf B	1	2	B	100	189	377	1	2	13
Lamelas	3	1	Garfo	30	113	226	1	2	8
Vareta de solda A	1	7	cx cartão	3000	1617	3233	1	2	108
Tubo A	3	2	Cesto	180	339	679	1	2	23
Tubo B	3	1	Cesto	150	566	1132	1	2	38
Varetas de solda B	3	5	cx cartão	3000	2263	4526	1	2	151
Turbulador	3	5	KP	300	226	453	1	2	15
Cotovelo A	1	1	KP	200	754	1509	1	2	50
Cotovelo B	1	1	KP	200	754	1509	1	2	50
Anel solda A	1	1	BB	1000	3772	7544	1	2	251
Anel Solda B	1	5	BB	1000	754	1509	1	2	50
Tubo de água fria	1	1	KP	50	189	377	1	2	13

No atual cenário de produção, é visível que a rotatividade do material é muito inferior ao desejável e que a carga de material a transportar pelo PoUP é muito reduzida. Assim, devido às flutuações ainda existentes e à carga reduzida de trabalho para o PoUP nesta célula de produção, a implementação prática não foi possível de realizar dentro do tempo em que se efetuou o projeto.

4.3 OTIMIZAÇÃO DA CÉLULA LOGÍSTICA

Para este novo projeto, foi necessário criar uma célula logística onde estão disponíveis os materiais de compra que integram o novo produto (família A), no entanto a organização decidiu partilhar também o espaço com outro novo produto da família C que será introduzido na produção brevemente. A célula logística (Figura 34) é constituída por estantes (1, 2), contentores de material (4, 5, 6, 8), contentores para reciclagem (3, 7), carros de caixas vazias (9, 10), carros de paletes vazios (11, 12) e carros logísticos de armazém (13, 14).

Considera-se adicionalmente:

- Tempo de abertura do turno = 450 minutos
- Produção atual da linha 8 = 90 unidades/turno = 12 unidades/hora
- Consumo da linha 8 em 3h = 36 unidades.

A régua de gestão visual deve ser colocada num dos cantos do contentor e tem uma indicação visual do nível mínimo para se proceder ao pedido de reabastecimento do material ao armazém (Tabela 15).

Tabela 15 - Sinal de pedido de abastecimento ao armazém.

Designação	Unidades por nível	Nº de níveis
Queimador 12L	24	2
Queimador 15L	20	2
Queimador 18L	15	3

A implementação desta medida permitiu ganhos imediatos em espaço, simplificou e aumentou a transparência nos processos do *milkrun*, e reduziu os *stocks* aproximadamente em 45% (Figura 35).

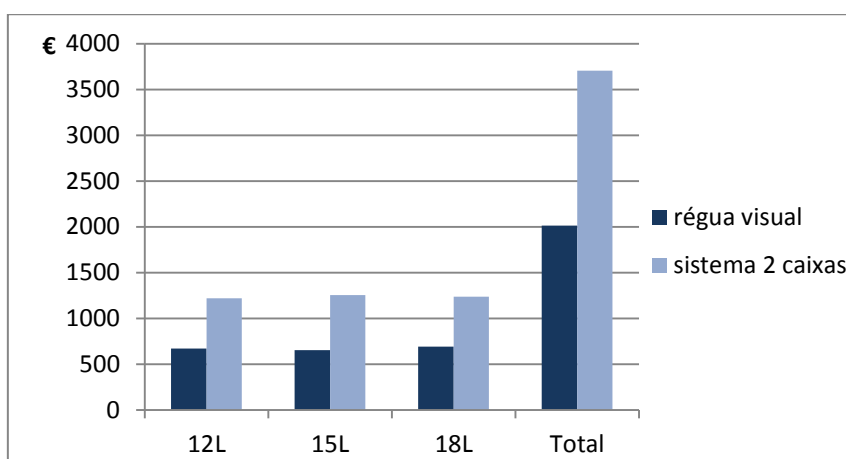


Figura 35 – Valor de *stock* no sistema da régua visual *versus* no sistema de 2 caixas.

5. CONCLUSÃO

5.1 REFLEXÃO SOBRE O TRABALHO REALIZADO

A necessidade e a capacidade de implementar um sistema de abastecimento *lean* é cada vez mais uma realidade no “mundo” das organizações. Os responsáveis pela área da logística estão progressivamente mais consciencializados para as vantagens da implementação de tais sistemas. A filosofia *lean* deve servir de base para a implementação e desenvolvimento das mais diversas atividades logísticas, visto a sua consideração nas fases iniciais expor os problemas, possibilitando a sua resolução atempadamente. No que respeita ao abastecimento às linhas de montagem e produção, estes princípios são igualmente aplicáveis, possibilitando o desenvolvimento de um fluxo contínuo e eficiente de material e informação. É nesta área que a logística interna assume maior notoriedade, uma vez que permite desenvolver o abastecimento normalizado, minimizando os *stocks* intermédios e absorvendo as operações que não acrescentam valor ao produto, logo, aumentando a produtividade e a eficiência da fábrica.

No entanto, a implementação do abastecimento normalizado às linhas implica uma elevada estabilidade nos processos, para que se evite faltas de abastecimento ou abastecimentos incorretos.

O presente projeto, demonstrou a necessidade de dimensionar previamente o sistema de abastecimento, poupando tempo e recursos na implementação do mesmo. Assim, após o desenvolvimento do projeto foi notória a contribuição deste para a implementação adequada do abastecimento normalizado na célula final de montagem. Apesar do sistema desenvolvido para o abastecimento da célula de produção não ter sido aplicado, contribuiu para a exposição dos problemas existentes nos processos desta área fabril e servirá de base para a implementação do futuro abastecimento a esta célula. Além disso, permitiu estabelecer as seguintes aprendizagens: o horário e a rota do *milkrun* têm de ser seguidos; o *milkrun* tem de operar no mesmo turno que a produção; as peças devem ser abastecidas na quantidade e qualidade correta; o abastecimento deve ser baseado no consumo; não deve existir movimento de material sem sinal; o conceito de entrega deve ser melhorado (criar caixas standard, implementar caixas retornáveis, ajustar a quantidade por caixa ou SNP da linha a abastecer); o *milkrun* deve ajustar-se às condições existentes (*layout*, variações na quantidade por caixa ou no tipo de caixa e oscilações no volume de transporte); a

implementação da melhoria contínua no processo do *milkrun* deve envolver todos os colaboradores que interferem no processo.

5.2 DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

Os resultados deste projeto demonstraram alguma irregularidade no volume de carga a transportar pelo PoUP. Consequentemente, em trabalhos futuros, deve-se analisar a possibilidade de modificar o número de peças por caixa de alguns materiais por forma a estabilizar o consumo da caixa no PoU.

No que respeita à célula de produção, o abastecimento normalizado calculado anteriormente deve ser implementado assim que existam as devidas condições, dado que possibilitará um aumento de produtividade e eficiência dos processos.

O deslocamento é uma tarefa que deve ser sempre que possível minimizada. Ainda no futuro, deve-se analisar a possibilidade de alterar o *layout* das áreas a montante da célula de produção ou de repensar a forma de transportar e armazenar o material (tipo de caixa, carro e cestos), visto estes não estarem alinhados com a filosofia *lean* e BPS.

Relativamente às rotas implementadas neste projeto, estas devem ser continuamente acompanhadas no futuro. Este esforço é justificado pelo facto de os processos ainda não se encontrarem estabilizados, o que gera um potencial de redução no tempo de ciclo do *milkrun* e dos *stocks* no PoU.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAUDIN, M. (2004) - Lean Logistics: The Nuts and Bolts of Delivering Materials and Goods. New York: Productivity Press.

BOSCH (2005) - BPS - Bosch Production System [em linha]. [Consult. Disponível em WWW:<URL:Bosch intranet>.

BOSCH (2008) - Bosch Production System [em linha]. [Consult. Disponível em WWW:<URL:<http://www.forum-manufuturep.org/documentos/eventos/workshop-beyond-lean-manufacturing/Bosch.pdf>>.

BOSCH (2011) - Implementation Guideline, Production Control [em linha]. [Consult. Disponível em WWW:<URL:Bosch intranet >.

BOSCH (2013) - Relatório anual de contas 2012 [em linha]. [Consult. Disponível em WWW:<URL:http://www.bosch.com/en/com/bosch_group/bosch_figures/bosch-figures.html>.

BROWNING, TYSON R.; HEATH, RALPH D. (2009) - Reconceptualizing the effects of lean on production costs with evidence from the F-22 program. Journal of Operations Management. ISSN 02726963. Vol. 27, n.º 1, p. 23-44.

CHAN, F. T. S. (2001) - Effect of kanban size on just-in-time manufacturing systems. Journal of Materials Processing Technology. ISSN 0924-0136. Vol. 116, n.º 2–3, p. 146-160.

DIXON, J.R. (1992) - Measuring manufacturing flexibility: an empirical investigation. European Journal of Operational Research. Vol. 60p. 131–143.

EMDE, SIMON; BOYSEN, NILS (2011) - Optimally routing and scheduling tow trains for JIT-supply of mixed-model assembly lines. European Journal of Operational Research. ISSN 03772217.

EMDE, SIMON; BOYSEN, NILS (2012) - Optimally locating in-house logistics areas to facilitate JIT-supply of mixed-model assembly lines. International Journal of Production Economics. ISSN 09255273. Vol. 135, n.º 1, p. 393-402.

GOLDRATT, E.M. AND COX, J. (1993) - The Goal. 2nd edition. Aldershot, UK: Gower Publishing,.

HANSON, ROBIN; FINNSGÅRD, CHRISTIAN (2012) - Impact of unit load size on in-plant materials supply efficiency. International Journal of Production Economics. ISSN 09255273.

HOPP, W.J.; SPEARMAN, M.L. (2004) - To pull or not to pull: what is the question? Manufacturing & Service Operations Management. Vol. 6p. 133–148.

HOU, TUNG-HSU; HU, WEI-CHUNG (2011) - An integrated MOGA approach to determine the Pareto-optimal kanban number and size for a JIT system. Expert Systems with Applications. ISSN 09574174. Vol. 38, n.º 5, p. 5912-5918.

JOU LIN, CHIA; FRANK CHEN, F.; MIN CHEN, YUH (2013) - Knowledge kanban system for virtual research and development. Robotics and Computer-Integrated Manufacturing. ISSN 07365845. Vol. 29, n.º 3, p. 119-134.

KOVÁCS, ANDRÁS (2011) - Optimizing the storage assignment in a warehouse served by milkrun logistics. International Journal of Production Economics. ISSN 09255273. Vol. 133, n.º 1, p. 312-318.

MALHOTRA, MANOJ K.; MACKELPRANG, ALAN W. (2012) - Are internal manufacturing and external supply chain flexibilities complementary capabilities? Journal of Operations Management. ISSN 02726963. Vol. 30, n.º 3, p. 180-200.

MELTON, T. (2005) - The Benefits of Lean Manufacturing. Chemical Engineering Research and Design. ISSN 02638762. Vol. 83, n.º 6, p. 662-673.

MONDEN, Y. (1993) - Toyota production system: An integrated approach to just-in-time. Industrial Engineering and Management Press. p. 279–290.

MONDEN, YASUHIRO (1998) - Toyota Production System - An integrated Approach to Just-in-Time. 3. Industrial Engineering and Management Press.

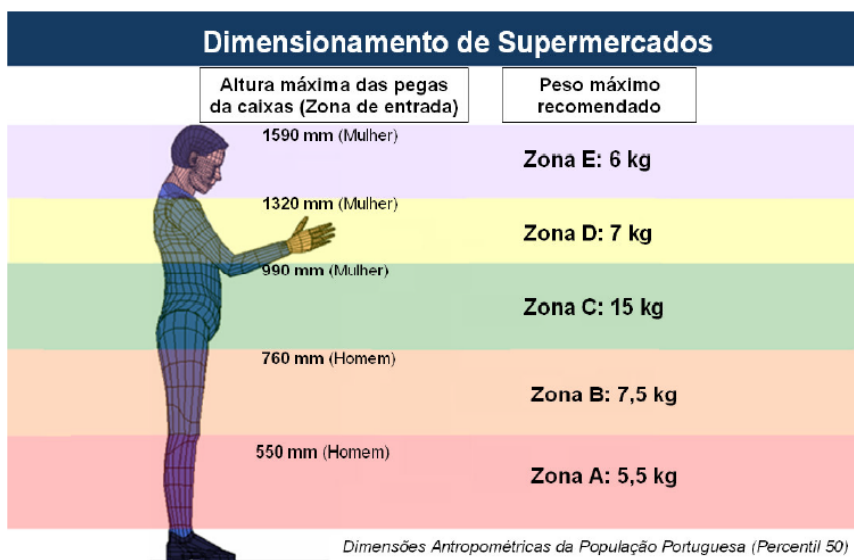
NEUMANN, W. P.; MEDBO, L. (2010) - Ergonomic and technical aspects in the redesign of material supply systems: Big boxes vs. narrow bins. International Journal of Industrial Ergonomics. ISSN 01698141. Vol. 40, n.º 5, p. 541-548.

OHNO, KATSUHISA (2011) - The optimal control of just-in-time-based production and distribution systems and performance comparisons with optimized pull systems. European Journal of Operational Research. ISSN 03772217. Vol. 213, n.º 1, p. 124-133.

STEVENSON, MARK; SPRING, MARTIN (2007) - Flexibility from a supply chain perspective: definition and review. International Journal of Operations & Production Management. ISSN 0144-3577. Vol. 27, n.º 7, p. 685-713.

ANEXOS

ANEXO A – LIMITES DE ERGONOMIA



ANEXO B - IOL MILKRUN C8 (DOCUMENTO PARCIAL)

Instrução de Operações Logísticas



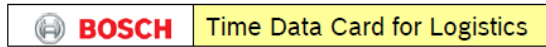
IOL- 0120

Sequência de Trabalho		Caixa de nivelamento
No.	Sequência	
1	Retira 2 cartões de produção e efectua picagem dos mesmos para criar lista de picking e pedido de peças de chamada	
2	Deslocamento até impressora	
3	Recolher lista de picking da impressora	
4	Deslocamento até sequenciador coloca lista picking e lista de componentes juntamente com cartão de produção	
5	Recolhe lista de picking do ciclo a abastecer	
6	Deslocamento até mota	
7	Deslocamento de mota até 856-PA (quando aplicável)	

Sequência de Trabalho		S/856- PA
No.	Sequência	
8	Entrega caixas vazias no retorno (quando aplicável)	
9	Recolhe PA de sequência (quando aplicável)	
10	Deslocamento de mota para 851-PA	

Sequência de Trabalho		S/851-PA
No.	Sequência	
11	Entrega caixas vazias no retorno	
12	Recolhe kanbans de PA (quando aplicável)	
13	Recolhe PA de sequencia	
14	Deslocamento de mota até 842-PA	

ANEXO C - TIME DATA CARD FOR LOGISTICS



Issue 06.2010, Originator C/MPS3

Usage of this card without knowledge of associated rules will lead to incorrect results.

The time values are Basic Times in seconds.

Driving	Code	Acceleration & deceleration to stop (Intermediate stopping)	Driving carefully Sec. / mtr. (avg. 3.6 km / hr.)	Driving unobstructed Sec. / mtr. (avg. 8 km. / hr.)	Driving heavily loaded Sec. / mtr. (avg. 2.4 km / hr.)
		A	B	C	D
Electric Tugger	F-E	2	1	0.5	1.5 for ≥ 500 kg 1.5 for ≥ 200 kg
Forklift	F-F	2			
Elec. Walkie-Stacker	F-G	3			
Pallet Jack (manual)	F-H	4			
Trolley	F-T	3			

Driving – Additional activities	Code	Time in sec.
Put vehicle into operation including shut-down	F-FIB	12
Open and close driver's door (2x)	F-ZFT	8
Fasten and loosen the seat belt	F-ZSG	6
Trailer coupling (time per trailer incl. 4 mtr. walk)	F-AAN	11
Trailer decoupling (time per trailer incl. 4 mtr. walk)	F-AAB	9

Transferring with Equipment	Floor to Floor	Lifting or lowering per mtr.
code	BB	ZH
Forklift	U-F	2
Electric Walkie-Stacker	U-G	5
Pallet Jack (manual)	U-H	46

Part or bin / crate - Get and Place	Code	Time in sec.
≤ 1 kg.	H-AB	2
>1 kg. up to ≤ 8 kg.	H-AJ	3
> 8 kg.	H-AM	5

Handful	H-AG	3
---------	------	---

* Bulky: > 30 × 30 × xx cm or > 80 cm

Handle Tool	H-HB	3
-------------	------	---

Additional Place	H-PX	1
------------------	------	---

Operate	H-BX	1
---------	------	---

Visual Inspection	H-VA	0.5
-------------------	------	-----

Body Motions	Code	Time in sec.
Walk per meter	H-KA	1
Stoop, Bend, Kneel including Arise	H-KB	2

Motion Cycles	Code	Time in sec.
One move with hand or tool	H-ZX	1
Fasten and loosen	H-ZD	1


Handling – Additional activities	Code	Time in sec.
Reading magnetic card	H-MEL	3
Transfer by pouring-out	H-UST	8
First transfer by shovel / scoop	H-UES	4
Each additional transfer by shovel / scoop	H-UZS	2

First scanning	H-ESC	3
Each additional scanning	H-ZSC	1

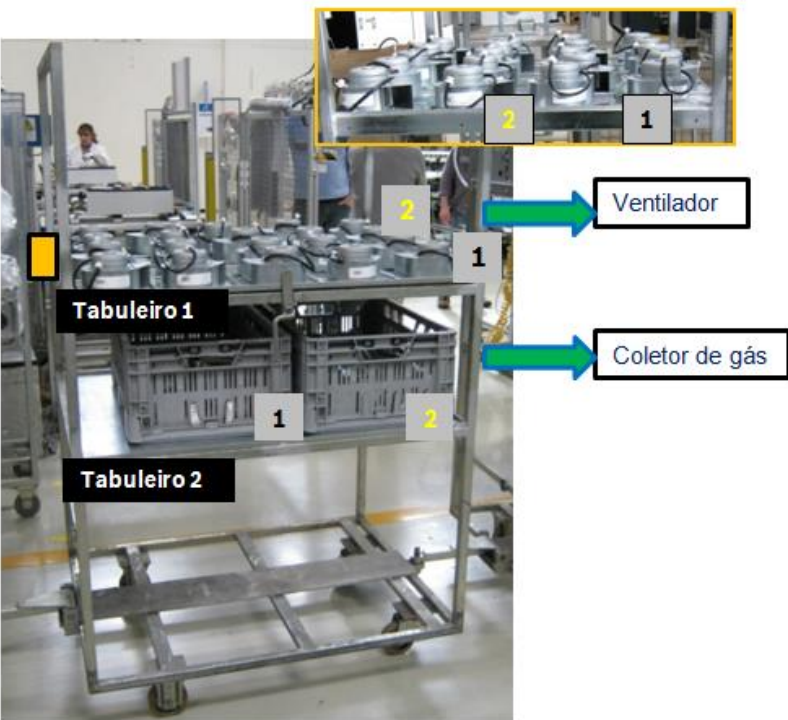
Handling of Shipping Documents	Code	Time in sec.
Minimal Actions (control and scan)	H-PHA	7
Medium Action Level (control, scan, compare and fasten)	H-PHB	25
High Action Level (control, scan, compare, fasten and mark)	H-PHC	40

ANEXO D - INSTRUÇÃO VISUAL MILKRUN C8

3

 **BOSCH**

Trolley 3;FP



Ventilador

Coletor de gás

Tabuleiro 1

Tabuleiro 2

Bosch Production System

ANEXO E - IOL MILKRUN 842-A (DOCUMENTO PARCIAL)

Instrução de Operações Logísticas



IOL-00

Sequência de Trabalho		BL01
No.	Sequência	
1	Retira caixas vazias do retorno	
2	Abastece Kanban (2 referências "platinas") (quando aplicável)	
3	Deslocamento com carro logístico até BL02	

Sequência de Trabalho		BL02
No.	Sequência	
4	Retira caixas vazias do retorno	
5	Abastece Kanban (2 referências "serpentinhas") (quando aplicável)	
6	Deslocamento com carro logístico até 822	

Sequência de Trabalho		822
No.	Sequência	
7	Entrega caixas vazias no retorno	
8	Recolhe Kanban (4 referências) (quando aplicável)	
9	Deslocamento com carro logístico até BL03	

Sequência de Trabalho		BL03
No.	Sequência	
10	Recolhe caixas vazias do retorno	
11	Abastece kanban (4 referências "suporte ligação") (quando aplicável)	
12	Picagem das soldas (quando aplicável)	
13	Deslocamento até BL05	

ANEXO F - PROCESSO DE UTILIZAÇÃO DO SISTEMA DE 1 CAIXA

Norma de Instrução Visual
Processo de utilização do sistema de 1 caixa



Esta instrução serve para descrever o processo de utilização do sistema de 1 caixa.

O sistema é constituído por uma régua com a referência do material em questão e duas cores ilustrativas do nível de stock.



Verificar a régua sempre que existe consumo de material.
Quando o vermelho é visível o stock mínimo foi atingido, consequentemente deve proceder-se a um novo pedido de material ao armazém.



NIV nº	Data:	Elaborado por:	Atualizado por:	Bosch Production System
LOG-Int_021	09.04.2013	Tiago Correia (AvP/LOG)	Tiago Correia (AvP/LOG)	