



UNIVERSIDADE DE  
**COIMBRA**

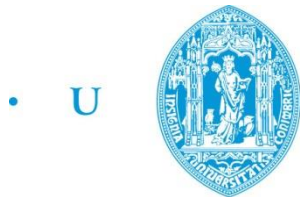
Tiago Ferreira Francisco

**DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA  
*MIZUSUMASHI* NUMA UNIDADE INDUSTRIAL DE  
FABRICO DE COMPONENTES SANITÁRIOS**

**Dissertação no âmbito do Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial  
orientada pelo Professor Doutor Samuel de Oliveira Moniz e apresentada  
ao Departamento de Engenharia Mecânica.**

julho de 2020





• U • C •

FCTUC FACULDADE DE CIÊNCIAS  
E TECNOLOGIA  
UNIVERSIDADE DE COIMBRA

DEPARTAMENTO DE  
ENGENHARIA MECÂNICA

# **Dimensionamento de um sistema *mizusumashi* numa unidade industrial de fabrico de componentes sanitários**

Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia e  
Gestão Industrial

## **Dimensioning a mizusumashi system for an industrial unit producing sanitary components**

**Autor**

**Tiago Ferreira Francisco**

**Orientador**

**Professor Samuel Moniz**

**Júri**

**Presidente** Professora Doutora **Gabriela Fernandes**  
Professora Auxiliar da Universidade de Coimbra

**Vogais** Professor Doutor **Cristóvão Silva**  
Professor Auxiliar da Universidade de Coimbra  
Professor Doutor **Samuel Moniz**  
Professor Auxiliar da Universidade de Coimbra

**Orientador** Professor Doutor **Samuel Moniz**  
Professor Auxiliar da Universidade de Coimbra

**Colaboração Institucional**



GROHE Portugal – Componentes sanitários, Lda

**Coimbra, julho, 2020**



*“Imagination is more important than knowledge. Knowledge is limited.*

*Imagination encircles the world”.*

Albert Einstein

À minha família, amigos e namorada



## Agradecimentos

A dissertação resulta na aplicação do conhecimento adquirido ao longo do percurso académico, representado o culminar do mesmo. Assim sendo, chegou a altura de agradecer a todas as pessoas que foram importantes ao longo desta caminhada.

À empresa GROHE pela oportunidade que me foi concedida de realizar o estágio nesta organização, e pela forma como me receberam e integraram. Mais concretamente ao meu orientador, Engenheiro Celso Maia, e a toda a sua equipa que sempre se mostraram disponíveis para me ajudarem.

Ao Professor Doutor Samuel Moniz pela disponibilidade evidenciada para me orientar ao longo da realização deste trabalho, e por todo o apoio prestado.

À minha família que me possibilitou o meu percurso académico. Sempre acreditaram que eu seria capaz de superar os constantes desafios, e sempre me incentivaram nesse sentido.

Aos amigos que Coimbra me deu, especialmente ao “Eusébio” e ao “Mítico 21” pelas vivências, pelo companheirismo e pela amizade. Jamais serão esquecidos.

À minha namorada um especial agradecimento pelo apoio demonstrado ao longo de todos estes anos.

A todos, muito obrigado!





## Resumo

A necessidade de ter um sistema de abastecimento às linhas de montagem responsivo, é impreterível para garantir altos níveis de produtividade, através da disponibilização dos materiais requeridos, na quantidade, no tempo e no local pretendidos.

Neste trabalho, efetuado no departamento de montagem da GROHE Portugal, foi projetado um novo sistema de abastecimento de componentes às linhas de montagem, que se destina a combater os problemas identificados nesta atividade.

Os problemas identificados prendem-se com a falta de normalização das atividades de fornecimento de componentes através do sistema *mizusumashi*, que prejudicam o funcionamento natural das linhas de montagem.

Assim sendo, neste trabalho, foi desenvolvida uma metodologia para o dimensionamento de um sistema *mizusumashi*, em que se definiu o tempo de ciclo de funcionamento, os *buffers* dos componentes, e o espaço requerido no comboio logístico. Para o correto funcionamento de todo o sistema *mizusumashi* é inevitável garantir que as durações das voltas de abastecimento nunca excedam o tempo de ciclo definido. Desta forma, desenvolveu-se um mecanismo de nivelamento da carga de trabalho em que, quando se prevê que as voltas de abastecimento têm uma duração superior ao tempo de ciclo, parte dos pedidos de reabastecimento são fornecidos em voltas subsequentes.

Todavia, o reabastecimento de componentes não pode ser totalmente realizado com recurso ao *mizusumashi*. Deste modo, posteriormente, averiguou-se a viabilidade do mesmo operador logístico fornecer os restantes componentes, através da utilização de um segundo método de fornecimento. Neste caso, como os tamanhos dos *buffers* aumentaram consideravelmente, concluiu-se que os dois métodos de reabastecimento devem operar isoladamente, pelo que se sugere que sejam atribuídos a operadores diferentes.

Por fim, para que a empresa possa implementar e normalizar o sistema de fornecimento projetado, na última parte do trabalho, recomendam-se um conjunto de ações de implementação.

**Palavras-chave:** Logística Interna, *Mizusumashi*, Lean Manufacturing, Gestão das Operações.



## Abstract

A responsive supply system in the assembly lines is imperative to assure high production levels, through the availability of required materials, in quantity, in time, and on the required location.

This work has been performed on GROHE Portugal to solve the supply problems of the assembly lines of sanitary components. The problems identified are related to the lack of normalization of the component supply activities of the mizusumashi system, which turn harm the natural operation of the lines.

Therefore, in this work, a new methodology was developed for the dimensioning of a mizusumashi system, in which the working time cycle, the component buffers, and the space required on the logistic train were defined. For the correct functioning of the mizusumashi system, it is inevitable to ensure that the supply lap duration never exceeds the defined time cycle. For which, a workload leveling mechanism was developed, that when the supply laps are predicted to have a longer duration than the time cycle, a part of the generated demands are attended on the following laps.

However, the component supply cannot be totally accomplished by the mizusumashi. Here, the viability of the same logistic operator to supply the remaining components was investigated, using a second supply method. In this case, since the buffer sizes considerably increased, it was concluded that the two supply methods should work alone, therefore is suggested that they are assigned to different operators.

Finally, so the company can implement and normalize the projected supply system, in the last part of this work, are recommended a set of implementation actions.

**Keywords** Internal Logistics, Mizusumashi,  
Lean Manufacturing, Operations  
Management.



## Índice

Índice de Figuras .....	xi
Índice de Tabelas .....	xiii
Simbologia e Siglas .....	xv
Simbologia.....	xv
Siglas .....	xv
1. Introdução.....	1
1.1. Objetivos.....	1
1.2. Estrutura.....	2
2. Enquadramento teórico.....	3
2.1. Toyota Production System.....	3
2.2. Lean Thinking.....	4
2.2.1. Princípios lean .....	4
2.2.2. Desperdícios produtivos .....	5
2.3. Logística interna .....	6
2.3.1. Supermercado .....	6
2.3.2. Bordo de linha .....	8
2.3.3. Mizusumashi.....	9
2.3.4. Kanban.....	13
2.4. Dimensionamento do mizusumashi .....	13
3. Caso de estudo .....	19
3.1. Apresentação da empresa.....	19
3.1.1. Departamento de Montagem .....	21
3.2. Análise da situação atual.....	22
3.3. Descrição do problema .....	26
4. Dimensionamento do novo sistema mizusumashi.....	31
4.1. Abordagem metodológica.....	31
4.2. Rota de abastecimento .....	33
4.3. Durações das tarefas de abastecimento.....	36
4.4. Simulação.....	40
4.4.1. Determinação do tempo de ciclo .....	42
4.4.2. Dimensionamento dos <i>buffers</i> .....	52
4.4.3. Espaço requerido no comboio logístico.....	53
4.4.4. Análise de resultados .....	55
4.5. Novo modelo de fornecimento de materiais .....	60
4.5.1. Fornecimento de uma linha com 4 carros de suspensão.....	61
4.5.2. Fornecimento de uma linha com 8 carros de suspensão.....	62
4.5.3. Análise de resultados .....	64
5. Implementações .....	67
5.1. Gestão visual.....	67
5.2. Sistema informático .....	68

6. Conclusão .....	73
Referências bibliográficas .....	75
Anexo A .....	77
Anexo B.....	79
Anexo C.....	81
Anexo D .....	83
Anexo E.....	85
Anexo F.....	87
Anexo G .....	89

---

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Exemplo de um supermercado (Planet Lean, 2020). .....	7
Figura 2.2 Sistema de fornecimento tradicional vs <i>mizusumashi</i> (Coimbra, 2013).....	10
Figura 2.3 Fluxo de trabalho de um abastecedor (Nomura e Takakuwa, 2006).....	11
Figura 2.4 Rota de um abastecedor (Nomura e Takakuwa, 2006). .....	11
Figura 2.5 Auxílio para a compreensão das diferenças entre o fornecimento <i>push</i> e <i>pull</i> . .	16
Figura 3.1 Torneira colorida GROHE (GROHE, 2020).....	20
Figura 3.2 Fluxograma do Processo produtivo da planta de Albergaria. ....	21
Figura 3.3 Exemplo de um conjunto de carros de suspensão. ....	27
Figura 3.4 Abastecimento de componentes com o carrinho.....	27
Figura 3.5 Componentes colocados em posições inadequadas devido ao excesso de <i>stock</i> . .....	29
Figura 3.6 Comparação do <i>stock</i> no bordo de linha entre os turnos A e C. ....	30
Figura 4.1 Rota de abastecimento.....	35
Figura 4.2 Análise de Pareto.....	41
Figura 4.3 Exemplo dos pedidos gerados em cada volta de abastecimento. ....	42
Figura 4.4 Tempos de ciclo e respetivos tempos médios das voltas. ....	44
Figura 4.5 Exemplo de picos de procura: TC=50 minutos.....	45
Figura 4.6 Exemplo de satisfação dos picos de procura: TC=50 minutos. ....	47
Figura 4.7 Desvios no tempo das voltas de abastecimento nas situações de picos. ....	57
Figura 4.8 Tamanhos de <i>buffer</i> em função do tipo de caixas, TC=60 minutos.....	58
Figura 4.9 Tamanhos de <i>buffers</i> em função do tipo de caixa, TC=100 minutos.....	65
Figura 5.1 Controlo do <i>stock</i> em componentes movimentados ao molho.....	68
Figura 5.2 <i>Software</i> atual de registo de pedidos.....	70
Figura 5.3 Sugestão de melhoria no <i>software</i> de registo de pedidos.....	71
Figura A.0.1 Evolução do <i>buffer</i> ao longo das voltas de abastecimento.....	77
Figura B.0.1 Pontos de <i>picking</i> .....	79
Figura C.0.1 Rota de fornecimento atual.....	81
Figura E.0.1 Tamanhos de <i>buffers</i> dos componentes colocados em caixa.....	85
Figura E.0.2 Tamanho de <i>buffer</i> dos componentes colocados em caixa (continuação).....	86
Figura G.0.1 Classificação dos componentes de acordo com as prioridades no abastecimento .....	89





---

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2.1. Comparação dos métodos de fornecimento <i>mizusumashi</i> . .....	12
Tabela 3.1 Áreas produtivas. ....	22
Tabela 3.2 Locais de <i>picking</i> de componentes .....	24
Tabela 3.3 Tamanhos e dimensões das caixas.....	25
Tabela 3.4 Tempos de ciclo do <i>mizusumashi</i> da área produtiva TH. ....	28
Tabela 4.1 Tempos de <i>picking</i> por tipo de pedido.....	38
Tabela 4.2 Tempos de reabastecimento por tipo de pedido. ....	39
Tabela 4.3 Estado estacionário representativo da produção atual. ....	41
Tabela 4.4 Tempos de ciclo e respetivos tempos médios das voltas, em minutos. ....	43
Tabela 4.5 Quantidade de picos de procura para diferentes TC. ....	46
Tabela 4.6 Picos de procura e respetiva satisfação em função do TC, caso 1 [%].....	48
Tabela 4.7 Capacidade do <i>mizusumashi</i> em função do TC. ....	50
Tabela 4.8 Lógica para a classificação dos componentes de acordo com as prioridades no abastecimento. ....	51
Tabela 4.9 Classificação dos componentes de acordo com as prioridades no abastecimento. ....	56
Tabela 4.10 <i>Buffer</i> dos componentes mais utilizados, colocados em caixas M/L (fornecimento <i>push vs pull</i> ).....	59
Tabela 4.11 Espaço requerido no comboio, por linha [m <sup>2</sup> ].....	60
Tabela 4.12 Picos de procura e respetiva satisfação em função do TC, caso 2 [%].....	62
Tabela 4.13 Picos de procura e respetiva satisfação em função do TC, caso 3 [%].....	63
Tabela 5.1 Ordem de satisfação dos pedidos para a elaboração da lista de <i>picking</i> .....	69
Tabela D.0.1 Exemplo de dimensionamento dos buffers dos componentes fornecidos pela abordagem <i>pull</i> , adaptado de Coimbra (2013) .....	83
Tabela F.0.1 Cadência de produção dos produtos do tipo A.....	87



## SIMBOLOGIA E SIGLAS

### Simbologia

$\overline{A_p}$  – Área média ponderada de um pedido

$t_{tdc}$  – Tempo das tarefas de duração constante

$t_{tdv}$  – Tempo das tarefas de duração variável

$t_{tdv_n}$  – Tempo das tarefas de duração variável na volta de abastecimento  $n$

$\overline{t_{p_{total}}}$  – Tempo de *picking* médio total de um pedido

$\overline{t_{r_{total}}}$  – Tempo de reabastecimento médio total de um pedido

$t_{volta}$  – Tempo da volta de abastecimento

$t_{voltas}$  – Tempo das voltas de abastecimento

$t_{volta_n}$  – Tempo da volta de abastecimento  $n$

$\overline{t_{voltas}}$  – Tempo médio das voltas de abastecimento

### Siglas

FIFO – First-In-First-Out

JIT – Just-In-Time

MTO – Make-To-Order

PVD – Physical Vapor Deposition

TPS – Toyota Production System

UC – Unidade de Carga



# 1. INTRODUÇÃO

No âmbito da unidade curricular de Estágio, do 2º ano do Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial, na Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra (FCTUC), foi desenvolvido o presente projeto de investigação com o objetivo de melhorar o fornecimento de componentes às linhas de montagem com recurso ao *mizusumashi*.

Este projeto foi desenvolvido em ambiente industrial, na empresa GROHE Portugal, que se dedica essencialmente à produção de componentes sanitários.

A competitividade global exige que as empresas se tornem mais eficientes. Para isso é impreterível que não se preocupem unicamente em fazer bem, mas sim em implementar uma política de melhoria contínua com intuito de melhorar os seus indicadores de qualidade e produtividade, através da identificação e eliminação de desperdícios. Paralelamente, os hábitos dos consumidores também se alteraram. Atualmente os consumidores pretendem a escolha de produtos customizados e exigem um tempo de resposta cada vez menor, o que impossibilita a produção para *stock*, e leva à necessidade de ter um sistema mais responsivo, que permita a redução dos *lead times*.

Surge assim a necessidade de ter um adequado *layout* acompanhado de um sistema de movimentação de materiais eficaz e eficiente, o que levou ao desenvolvimento do *mizusumashi*. O *mizusumashi* é um sistema normalizado que permite o fornecimento de materiais de acordo com uma determinada frequência, através da realização de uma rota fixa ao longo do tempo. A importância deste sistema prende-se essencialmente com a redução dos *leads times* e a diminuição dos desperdícios, sobretudo de transporte e de *stock*.

## 1.1. Objetivos

Este projeto surge da necessidade de normalizar o processo de abastecimento às linhas de montagem com recurso ao *mizusumashi*. Embora atualmente a empresa já utilize este sistema de fornecimento, é notória a falta de normalização nas atividades de abastecimento, o que prejudica o normal funcionamento das linhas de montagem.

Os objetivos que se pretendem alcançar com a realização deste trabalho são:

- projetar um novo sistema *mizusumashi*;
- desenvolver ações de implementação que permitam normalizar e o controlar as tarefas de fornecimento de componentes.

## **1.2. Estrutura**

Este documento encontra-se dividido em seis capítulos. O presente capítulo destina-se à introdução. Seguidamente é apresentado o enquadramento teórico (capítulo 2) onde são fornecidos alguns conceitos e métodos para resolver o problema.

Posteriormente, no capítulo 3, é feita a apresentação da empresa e do problema. Em seguida, é projetado o novo sistema de abastecimento de materiais (capítulo 5) e são sugeridas um conjunto de ações de implementação (capítulo 6).

Por último, o documento termina com a exposição das principais conclusões do projeto, bem como as respetivas limitações e sugestões de trabalhos futuros (capítulo 7).

## 2. ENQUADRAMENTO TEÓRICO

### 2.1. Toyota Production System

A indústria automóvel iniciou a sua atividade no final século XIX, através da implementação do método de produção artesanal. Este método conferia aos clientes um alto poder de customização, contudo, o elevado custo e tempo de espera representavam as principais desvantagens do método. Posto isto, em 1913, Henry Ford introduziu a produção em massa, quando implementou a normalização do trabalho no seu projeto de linha de montagem. Este tipo de produção permitiu uma redução acentuada nos custos e consequentemente no preço dos veículos. No entanto, tinha como grande inconveniente o baixo poder de escolha do cliente (Rosa et al., 2017). Ciente dessa lacuna, e devido à necessidade imposta pelo mercado, a *Toyota Motor Company* desenvolveu um novo sistema de produção, denominado TPS (*Toyota Production System*). Em oposição à abordagem de produção em massa, que teve bastante sucesso ao longo de um grande período temporal, este novo sistema teve como principal objetivo produzir muitos modelos em pequenas quantidades (Ohno, 1988).

O TPS é um sistema que foi desenvolvido para fornecer um produto com melhor qualidade, menor custo e com um *lead time*<sup>1</sup> inferior. Para isso foca-se na eliminação constante de desperdícios, através da realização de atividades de melhoria, de forma a alcançar métodos mais eficientes (TOYOTA, 2020). Este sistema é suportado por dois pilares: JIT (*Just-In-Time*) e *jidoka* ou autonomação.

JIT significa que num processo em fluxo, as peças necessárias para a montagem de um produto, chegam à linha apenas no tempo necessário e nas quantidades requeridas. Para isso, não pode ser utilizada uma abordagem de planeamento central que determina e divulga os cronogramas de produção para todos os processos em simultâneo, como é o caso do MRP (*Material Requirements Planning*). Pelo contrário, é necessário observar o fluxo de materiais inversamente, em que o processo a jusante vai ao processo a montante recolher apenas o componente certo, na quantidade requerida e exatamente quando necessário.

---

<sup>1</sup>*Lead time* é o tempo requerido para produzir um produto, ou seja, é o tempo que o produto demora a atravessar todos os processos necessários para a sua fabricação.

Consecutivamente, o processo a montante apenas irá produzir as unidades suficientes para substituir as peças que foram retiradas. Este método é chamado de sistema *pull*, que é baseado num sistema descentralizado, sendo que a sua implementação permite eliminar o excesso de inventário, e assim diminuir os custos de armazenamento (Ohno, 1988; Monden, 2011).

*Jidoka* ou autonomação significa utilizar automação com o toque humano, conferindo às máquinas capacidade para automaticamente parar a produção, caso detetem a ocorrência de situações anormais. Este conceito foi estendido também para as linhas de produção manuais em que os operadores em caso de ocorrência de situações invulgares eram obrigados a parar as linhas. A autonomação impede assim a produção de produtos defeituosos, elimina a sobreprodução, e promove a melhoria contínua através da investigação das anomalias (Ohno, 1988).

## 2.2. Lean Thinking

Após comprovado o sucesso do TPS, este sistema deu origem ao *Lean Manufacturing*, que foi introduzido em 1991 com o lançamento do livro “*The Machine That Changed the World*”. Contudo, a filosofia *lean* pode ser estendida para outras áreas para além da produção, o que levou ao surgimento do termo “*Lean Thinking*” em 1996. O pensamento *lean* é um antídoto para o desperdício, uma vez que é uma maneira de fazer mais com menos recursos, enquanto se aproxima de fornecer aos clientes um produto ou um serviço com as características que eles pretendem (Womack e Jones, 2003).

### 2.2.1. Princípios lean

Segundo os autores Womack e Jones (2003), a metodologia *lean* é caracterizada por cinco princípios chave:

- **Especificar valor:** definir o conjunto de características, do ponto de vista do cliente, que um produto ou serviço proporciona. O valor pode ser determinado como o preço que o cliente está disposto a pagar por um produto ou serviço;
- **Identificar a cadeia de valor:** caraterizar todas as etapas necessárias para solicitar, projetar e produzir um produto, destacando as atividades



que não agregam valor e que por consequência são desperdícios. Seguidamente deve-se proceder à eliminação dos desperdícios, de forma a ficar com uma cadeia de valor ideal;

- **Fluxo:** garantir que todas as atividades que agregam valor fluem continuamente ao longo de todo o processo, sem a existência de estrangulamentos que impliquem a paragem ou a redução das atividades. Para isso é fundamental evitar a produção em lotes;
- **Pull:** produzir apenas o que o cliente solicita. Ao invés do sistema tradicional (sistema *push*), a produção não empurra o produto para o cliente, mas sim a necessidade do cliente pela existência de um produto final é que vai desencadear a produção. Existe assim um planeamento invertido do fluxo da produção, em que um processo a montante deve produzir um produto apenas quando o cliente de um processo a jusante o solicitar;
- **Perfeição:** melhorar continuamente o estado atual, analisando constantemente as atividades de criação de valor, de forma a identificar e eliminar os vários desperdícios em busca da perfeição, na qual é criado o valor perfeito, sem qualquer tipo de desperdício.

Os princípios *lean* descritos têm como objetivo criar valor através da identificação e eliminação constante de desperdícios ao longo de toda a cadeia produtiva, permitindo que as empresas aumentem as suas eficiências e diminuam os custos.

### 2.2.2. Desperdícios produtivos

Desperdício, ou *muda* em japonês, é qualquer atividade produtiva que não acrescenta valor ao produto, mas que consome recursos, podendo ser determinado como os custos produtivos pelos quais o cliente não está disposto a pagar. Ohno (1988) afirma que para reconhecer o desperdício é necessário entender a sua natureza, e nesse sentido considera que os desperdícios produtivos podem ser divididos em sete categorias:

- **Sobreprodução:** consiste em produzir para além das necessidades requeridas pelos processos a jusante, ou pelos clientes;

- **Espera:** tempos de inatividade das pessoas, originados por diversos motivos como por exemplo, faltas de material, avarias nas máquinas, ou ocorrência de *setups*;
- **Transporte:** corresponde ao transporte de componentes ou produtos ao longo do chão de fábrica, desnecessariamente;
- **Sobreprocessamento:** engloba as operações produtivas que são desnecessárias ou que são realizadas incorretamente. A ocorrência deste desperdício está normalmente associada à realização do trabalho com ferramentas inadequadas, ou devido ao incorreto *design* do produto;
- **Inventário:** consiste em ter mais *stock* que o necessário para o correto funcionamento do sistema *pull*;
- **Movimentação:** diz respeito aos movimentos desnecessários dos operadores durante a execução das tarefas;
- **Defeitos:** corresponde à produção de produtos com defeitos, que originam sucata ou retrabalho.

## 2.3. Logística interna

As atividades produtivas podem ser classificadas em três formas: de valor acrescentado, causais e desperdícios. As atividades de valor acrescentado são consideradas como indispensáveis para a obtenção de um produto final com as características que o cliente considera relevantes. As atividades causais não agregam qualquer tipo de valor ao produto final, no entanto, não se conseguem eliminar pois são necessárias no processo produtivo. Por fim, os desperdícios são atividades que não acrescentam valor ao produto final e que devem ser eliminadas (Monden, 1994). A logística é assim uma atividade causal, como tal é importante utilizar elementos que permitam melhorar o desempenho desta, de forma a diminuir os desperdícios. Alguns desses elementos são o supermercado, o bordo de linha e *mizusumashi*, que serão abordados seguidamente (Coimbra, 2013).

### 2.3.1. Supermercado

O conceito de supermercado consiste em idealizar um processo a montante como uma loja, que vai abastecer um processo a jusante com as peças necessárias, no momento e

na quantidade requerida. Consecutivamente, o processo a montante vai produzir apenas o necessário para reabastecer as prateleiras com as quantidades recém tiradas (Ohno, 1988). Assim, o supermercado tem como objetivo armazenar um conjunto de produtos acabados ou componentes, em quantidades pré-estabelecidas, para posteriormente fornecer o cliente final ou o bordo de linha, respetivamente (Harris et al., 2011). Na Figura 2.1 está disponível um exemplo de um supermercado.

Comparativamente com os sistemas de armazenamento tradicionais em que os produtos são armazenados em paletes, que por sua vez estão empilhadas entre si, existindo várias localizações para o mesmo produto, os supermercados permitem um fácil acesso às peças armazenadas, uma vez que existe uma localização única e fixa para cada produto, o que facilita as operações de *picking*<sup>3</sup>. Além disso, os supermercados permitem ainda a aplicação do escalonamento FIFO (First-In-First-Out) e a criação de um fluxo de material mediante a necessidade, em vez de movimentar lotes (Coimbra, 2013).



**Figura 2.1** Exemplo de um supermercado (Planet Lean, 2020).

<sup>3</sup>O *picking* é a operação de recolha de vários tipos de componentes, num local de armazenamento.

### 2.3.2. Bordo de linha

O bordo de linha é o local onde o abastecedor<sup>4</sup> coloca as várias caixas com os componentes, que seguidamente são retirados pelo operador de linha para fabricar o produto. Este representa assim, o ponto de ligação entre a produção e a logística (Coimbra, 2013).

Os componentes podem estar localizados de frente ou de costas para o operador de linha. A localização frontal permite que o operador faça apenas pequenos movimentos para retirar os componentes das respetivas caixas. Pelo contrário, caso os componentes estejam de costas para o operador, existe necessidade deste realizar mais movimentos. Assim, por questões ergonómicas, e como o objetivo é minimizar os desperdícios descritos na secção 2.2.2, a segunda configuração é aplicada apenas esporadicamente, em situações em que o tamanho do produto inviabiliza a aplicação da primeira opção. Desta forma, normalmente os componentes devem estar inseridos em caixas pequenas que são colocadas em *racks* dinâmicas voltadas para o operador, que permitem a aplicação do FIFO, e que o abastecimento seja realizado na parte traseira (Coimbra, 2013).

Relativamente ao abastecimento do bordo de linha este pode ser realizado através de dois métodos: abastecimento *kanban* ou abastecimento *junjo*. No abastecimento *kanban*, o fornecimento é contínuo existindo constantemente uma troca de caixa cheia por caixa vazia. Em cada localização do bordo de linha apenas está presente um tipo de componente, e o operador realiza o *picking* em diferentes localizações, em função do tipo de produto que está a ser produzido. Contrariamente, no abastecimento *junjo*, o fornecimento é sequenciado sendo que em cada localização do bordo de linha existem vários componentes, que variam de acordo com o tipo de produto a produzir. Neste caso, o operador realiza o *picking* dos componentes no mesmo local, pois estes já estão ordenados em função da produção (Coimbra, 2013). Apesar do abastecimento *junjo* ser bastante útil em algumas situações, normalmente é utilizado o abastecimento *kanban*, pelo que daqui em diante o presente documento apenas se vai focar neste último.

---

<sup>4</sup>O abastecedor é o operador logístico que realiza as tarefas de abastecimento às linhas de montagem.

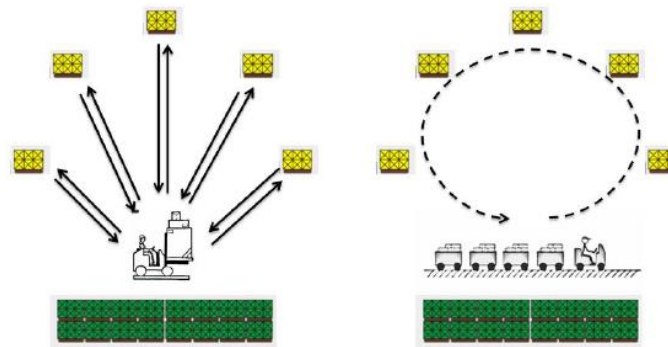
### 2.3.3. Mizusumashi

Tradicionalmente, o fornecimento de componentes às linhas de montagem é realizado com recurso a um empilhador que move um contentor, com o tamanho de uma palete, desde o armazém até à linha. Normalmente os pedidos de fornecimento são realizados pelos operadores das linhas, em função das necessidades. Nesse sentido, o abastecedor opera em função da chegada dos pedidos, o que leva à existência de períodos de sobrecarga alternados com períodos ociosos no sistema de fornecimento. Além disso, como não existem supermercados para armazenar os produtos, as operações logísticas demoram muito tempo e têm alicerçadas uma grande variabilidade. O facto do sistema não estar normalizado e serem transportadas grandes quantidades de material, leva à criação de excessos de *stock* junto às linhas e à existência de um grande número de deslocações em vazio (Coimbra, 2013). Desta forma verifica-se que este sistema é bastante ineficiente, uma vez que tem um elevado grau de desperdício. Posto isto, surgiu a necessidade de implementar sistemas de fornecimento que melhorem as atividades logísticas e que permitam minimizar o desperdício (Tellini et al., 2019). Esses sistemas denominam-se por *mizusumashi* ou *milk run*<sup>5</sup>.

O *mizusumashi* é um termo de origem nipónica, sendo utilizado sobretudo pelo seu povo para se referirem a este tipo de sistemas, enquanto que o *milk run* é o termo mais universal. Assim, a informação endereçada a estes sistemas encontra-se maioritariamente no termo *milk run*. Genericamente o princípio de funcionamento de um sistema *mizusumashi* ou *milk run* consiste no reabastecimento de um conjunto de linhas de montagem, através da realização de uma rota pré-definida que interliga cada uma dessas linhas mutuamente, e posteriormente o local de armazenamento de componentes. A Figura 2.2 estabelece a comparação entre o abastecimento tradicional e o abastecimento normalizado, com recurso ao *mizusumashi*.

---

<sup>5</sup>O termo *milk run* genericamente está associado à logística externa, contudo também pode ser aplicado internamente, normalmente sob a designação *in plant milk run*.

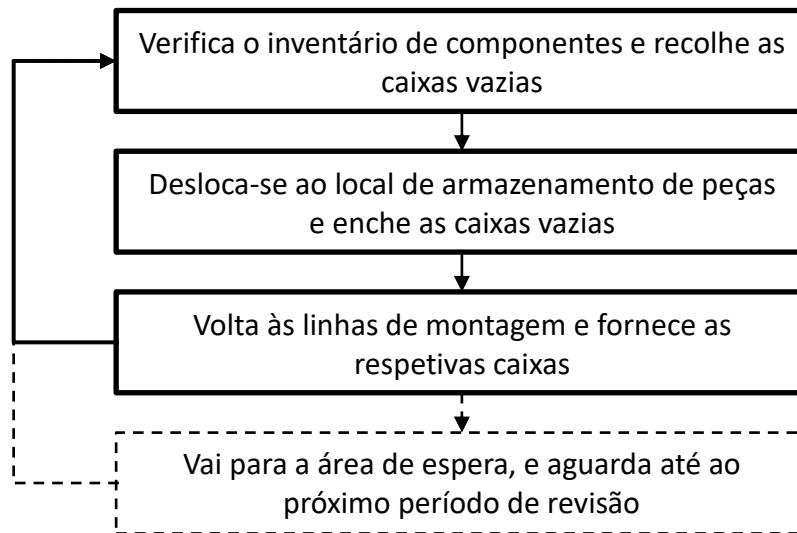


**Figura 2.2** Sistema de fornecimento tradicional vs *mizusumashi* (Coimbra, 2013).

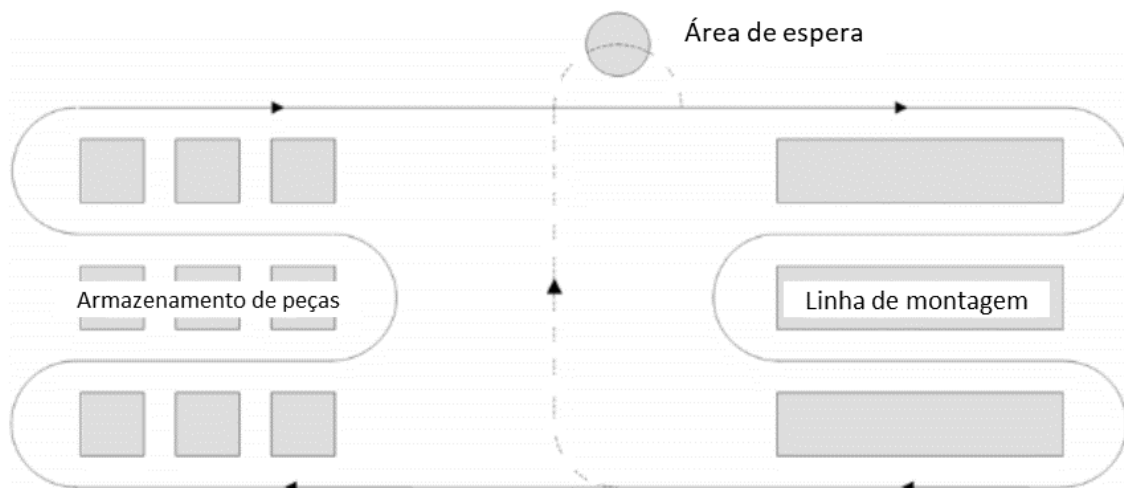
Os meios para o fornecimento de componentes através destes sistemas normalizados podem variar. De acordo com Nomura et al. (2006) e Hydoxdwlqj et al. (2017), o termo *mizusumashi* refere-se a trabalhadores que fornecem peças a um determinado conjunto de linhas de montagem, com as suas mãos ou utilizando carros movidos manualmente. Enquanto que, Coimbra (2013) e Tellini et al. (2019) consideram que o *mizusumashi* desempenha exatamente as mesmas tarefas, no entanto, utiliza um veículo com motor, ao qual são acopladas um conjunto variável de carruagens, normalmente entre uma a cinco. O conjunto composto por veículo e carruagens é normalmente denominado por comboio logístico.

Além disso, estes sistemas de fornecimento normalizados também podem operar de maneira diferente. De acordo com os trabalhos desenvolvidos por Nomura e Takakuwa (2006), os métodos de fornecimento de peças através do *mizusumashi* podem-se classificar em revisão periódica e revisão contínua. No método de revisão periódica o abastecedor verifica os níveis de inventário de componentes no bordo de linha num intervalo de tempo pré-determinado, e recolhe as caixas vazias. Seguidamente desloca-se ao armazém para encher as caixas recolhidas, e retorna às linhas para realizar o fornecimento. Por último, dirige-se para uma área de espera, e aguarda até ao próximo período de revisão. Pelo contrário, no método de revisão contínua, o período temporal de verificação e de fornecimento ocorre em simultâneo. O abastecedor verifica os níveis de inventário para o próximo reabastecimento, ao mesmo tempo que fornece os componentes correspondentes à revisão anterior. Assim sendo, no primeiro método o abastecedor pode ter períodos de espera entre a próxima revisão e a conclusão do fornecimento atual, enquanto que, no último método o abastecedor move-se continuamente no chão de fábrica.

A Figura 2.3 representa o fluxo de trabalho completo de um abastecedor para o método de revisão periódica. As atividades representadas pelas setas e retângulos a linha contínua, são também comuns ao método de revisão contínua. Na Figura 2.4 está representada a rota típica realizada por um abastecedor, sendo que, o troço descrito a traço interrompido é apenas relativo ao método de revisão periódica.



**Figura 2.3** Fluxo de trabalho de um abastecedor (Nomura e Takakuwa, 2006).



**Figura 2.4** Rota de um abastecedor (Nomura e Takakuwa, 2006).

Apesar da validade operacional dos métodos descritos anteriormente, verifica-se que, geralmente, estes métodos não são abordados na literatura. O funcionamento mais

comum deste tipo de sistemas consiste em percorrer as rotas pré-determinadas em intervalos de tempo precisamente definidos, ou seja, cada volta só é iniciada no instante agendado. Em cada volta de abastecimento são recolhidas, no supermercado, as caixas com os respetivos componentes, e posteriormente é seguida a rota, ao longo da qual são realizados os vários abastecimentos às linhas e a respetiva recolha de caixas vazias, até voltar ao supermercado (Klenk e Galka, 2019). Além disso, o processo de fornecimento de componentes pode ser acoplado ou desacoplado ao processo de *picking* no supermercado. No caso de ser acoplado, significa que o caminho ao longo das prateleiras do supermercado está incluído na rota de abastecimento, e o *picking* é feito pelo abastecedor. Enquanto que, se for desacoplado, os dois processos são nitidamente separados. Neste caso, o comboio entra no supermercado e para numa área específica para descarregar os contentores vazios e seguidamente carregar os cheios, sendo o *picking* realizado por outro operador ou por um sistema automático (Urru et al., 2018).

Posto isto, pode-se concluir que, genericamente os três métodos de fornecimento de materiais descritos anteriormente são bastante semelhantes. Todavia, este trabalho apenas se vai focar no último método, que é o mais consensual na literatura. A Tabela 2.1 representa, de forma resumida, as principais características de cada um dos três métodos abordados.

**Tabela 2.1.** Comparação dos métodos de fornecimento *mizusumashi*.

<b>Características</b>	<b>M1</b>	<b>M2</b>	<b>M3</b>
1. Rota fixa	x	x	x
2. Verificação do inventário e abastecimento ocorrem em simultâneo		x	x
3. Cada volta é iniciada apenas num instante agendado	x		x
4. Possibilidade de períodos de espera entre voltas	x		x
5. Utilização do supermercado para o armazenamento de componentes			x

Em que: M1 corresponde ao método revisão periódica, M2 ao método de revisão contínua e M3 ao método mais comum abordado na literatura.

O sistema de fornecimento *mizusumashi* possui várias vantagens comparativamente com o método de fornecimento tradicional. Devido à sua capacidade de



transportar grandes quantidades de material diferenciado, permite diminuir a distância total de transporte. Deste modo, é possível melhorar a eficiência desta atividade e consecutivamente reduzir os custos de transporte. Simultaneamente, devido ao aumento da frequência de fornecimento, possibilita a entrega de material em lotes menores, e desta maneira consegue-se diminuir os *lead times* e os níveis de inventário no bordo de linha, bem como os custos de *stock* (Gotthardt et al., 2019; Klenk et al., 2015).

#### **2.3.4. Kanban**

O sistema *kanban* é um sistema de informação que permite gerir o método de produção JIT, através do controlo das quantidades produzidas nos vários processos de fabrico (Monden, 2011). Para isso, este sistema utiliza cartões nos quais estão gravados o tipo e a quantidade de peças, normalmente, contidas numa caixa.

Este tipo de sistema geralmente utiliza dois tipos de cartões *kanban*, o de produção e o de transporte. O *kanban* de produção tem a função de informar a um processo a montante a quantidade de peças retiradas por um processo a jusante, e conseqüentemente desencadear a produção das respetivas peças, nas quantidades indicadas pelo número de *kanbans*. Por sua vez o *kanban* de transporte tem como objetivo autorizar a movimentação de material, do local de armazenamento do processo anterior (supermercado), para um processo subsequente (Monden, 2011).

O sistema *kanban* está relacionado com o *mizusumashi*, o supermercado e o bordo de linha, sendo que permite a sincronização entre estes dois últimos elementos. Aquando da existência de caixas vazias no bordo de linha, o sistema *kanban* permite informar o abastecedor acerca das peças e respetivas quantidades requeridas em cada posto de trabalho, e o respetivo local de armazenamento no supermercado (Coimbra, 2013).

### **2.4. Dimensionamento do mizusumashi**

O dimensionamento e planeamento do *mizusumashi* é influenciado por um elevado número de parâmetros que tornam esta atividade bastante complexa.

Nesse sentido, a Associação de Engenheiros Alemães (VDI) desenvolveu, em 2016, uma norma para servir de orientação no planeamento e dimensionamento de sistemas *mizusumashi*, com a nomenclatura VDI 5586. Esta norma é composta por duas grandes partes. A primeira concede um *overview* sobre sistemas de abastecimento *mizusumashi*,

sendo facultados exemplos de diferentes configurações do sistema de acordo com as duas abordagens possíveis de fornecimento de material, a *push* e a *pull*. A segunda fornece um método para projetar e dimensionar sistemas de abastecimento *mizusumashi*, seguindo a abordagem *push*, que será exposta de seguida (Urru et al., 2018).

Tendo por base o trabalho desenvolvido por Schmidt et al. (2016), o *input* principal para o dimensionamento do sistema é o *throughput* médio requerido, sendo que este deve ser quantificado em carruagens padrão (normalmente com 1x1,2m) por unidade de tempo, o qual é determinado com base na expressão

$$T_m = \sum_L \sum_A \frac{\lambda_{A,L}}{\varphi_{LT}} \quad (2.1)$$

em que  $\lambda_{A,H}$  é o *throughput* do componente A necessário entregar na linha L, medido em UC (Unidade de Carga) <sup>7</sup> por unidade de tempo.  $\varphi_{LT}$  é a quantidade de UC que uma carruagem padrão tem capacidade para transportar.  $T_m$  é o *throughput* médio acumulado para todos os componentes, em todas as linhas.

Através da capacidade do comboio  $C_c$  (medida em carruagens padrão), é possível calcular o tempo entre voltas consecutivas  $t_{EV}$ , com recurso à expressão

$$t_{EV} = \frac{\mu_K \times C_c}{T_m} \quad (2.2)$$

em que  $\mu_K$  corresponde à percentagem de utilização planeada do comboio, para prevenir eventuais situações de sobrecarga no sistema.

Por sua vez, o tempo de ciclo  $t_C$ , é calculado através de

$$t_C = t_V + t_{AD} + t_{CC} + t_A \quad (2.3)$$

em que  $t_V$  é o tempo de viagem,  $t_{AD}$  corresponde aos tempos de aceleração e desaceleração,  $t_{CC}$  é o tempo de carregamento do comboio, e  $t_A$  corresponde ao tempo de descarga e consecutivo abastecimento das linhas.

Através do cálculo das variáveis  $t_C$  e  $t_{EV}$ , é possível determinar o número de comboios necessários  $n_C$ , com recurso à expressão

$$n_C \geq \frac{t_C}{t_{EV}} \quad (2.4)$$

---

<sup>7</sup>A UC (Unidade de Carga) utilizada normalmente é a caixa.

O número de UC necessárias transportar por volta, de cada componente, para cada linha é

$$n_{UC,A,L} = \lambda_{A,L} \times t_{EV} \quad (2.5)$$

Por último, o tamanho de *buffer* necessário para cada componente, em cada linha,  $q_{A,L}$  é determinado através da expressão

$$q_{A,L} = 1 + n_{UC,A,L} \quad (2.6)$$

A presente norma fornece assim algumas orientações que poderão ser bastante úteis para projetar este tipo de sistemas, no entanto, esta apresenta naturalmente várias lacunas devido à sua relativa simplicidade.

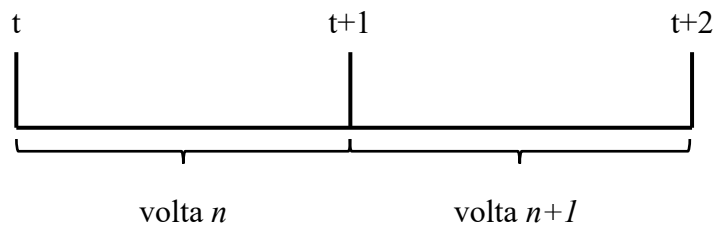
A principal lacuna exposta pelos autores Urru et al. (2018) reside no facto de que o método de cálculo proposto acima foca-se apenas na abordagem *push*, em que o consumo de componentes é estimado independentemente da produção atual. Por sua vez, o dimensionamento dos *buffers* no bordo de linha é realizado como se existisse um total sincronismo entre a logística e a produção em que os componentes são fornecidos de acordo com o consumo previsto. Desta forma, para que todo o sistema funcione devidamente, é necessário um congelamento do plano mestre de produção, não existindo flexibilidade para a ocorrência de quaisquer desvios face ao proposto.

Em virtude da lacuna mencionada, os autores Urru et al. (2018) desenvolveram um método para o dimensionamento de *buffers* tendo por base a abordagem de fornecimento do tipo *pull*, em função de três possíveis métodos de reordenamento: cartão *kanban*, *ekanban*, e ordem direta da linha com recurso a um sensor ou botão. Contudo, estes autores focaram-se na situação em que o processo de fornecimento de componentes está desacoplado do processo de *picking* no supermercado, exposto na secção 2.3.3, o que não acontece no problema atual.

No problema atual os componentes são fornecidos de acordo com o princípio *pull*, o método de reordenamento utilizado é o *kanban*, e o processo de fornecimento de componentes é acoplado ao processo de *picking* no supermercado. Posto isto, devido à escassez de literatura direcionada ao dimensionamento de *buffers* na situação atual, foi necessário desenvolver uma equação adaptável ao presente estudo.

Os *buffers* dos componentes fornecidos através do princípio *push* devem ter autonomia para satisfazer a procura durante uma volta de abastecimento, de acordo com a equação (2.6). Isto acontece, pois, os componentes consumidos durante uma determinada

volta  $n$ , são reabastecidos no final da volta em causa. Já no caso da abordagem *pull*, os componentes consumidos durante uma determinada volta  $n$ , apenas são reabastecidos no final da volta  $n+1$ . As diferenças entre as duas abordagens podem ser mais facilmente compreendidas com recurso à Figura 2.5. No caso da abordagem *push*, os componentes consumidos durante o período temporal  $t$  a  $t+1$ , são reabastecidos no instante  $t+1$ . Enquanto que segundo a abordagem *pull*, os componentes consumidos durante o período  $t$  a  $t+1$ , apenas são reabastecidos em  $t+2$ , pois em  $t+1$  é que vai ser gerado o pedido de reabastecimento. Significa isto que o *buffer* dos componentes fornecidos através do princípio *pull* deve ter autonomia para satisfazer a procura durante duas voltas de abastecimento.



**Figura 2.5** Auxílio para a compreensão das diferenças entre o fornecimento *push* e *pull*.

Além do número de componentes necessários para satisfazer a procura durante uma volta, a equação (2.6) adiciona uma UC extra no dimensionamento do *buffer*. Essa UC extra é também requerida no caso em que o fornecimento é do tipo *pull* devido a dois motivos que variam em função da autonomia da UC:

- No caso em que a **autonomia da UC é superior a duas voltas** de abastecimento, apenas seria requerida uma UC de *buffer*. Contudo, como a UC vazia é que despoleta o reabastecimento do componente, significa que o número mínimo de UC por componente é duas. Desta forma é necessário adicionar uma UC extra ao tamanho do *buffer*.
- Como a ordem para o reabastecimento de um componente é a presença de uma UC vazia, acontece que por vezes a UC que está a ser consumida no momento do registo dos pedidos, tem poucos componentes. No entanto, como ainda não esta vazia, não é registado o pedido de reabastecimento. Assim sendo, caso a **UC tenha uma autonomia inferior a duas voltas**, vão ocorrer roturas de *stock*, conforme ilustrado

no exemplo disponível no Anexo A. Significa isto, que a UC que está a consumida no momento do reabastecimento não pode ser, na prática, contabilizada como *stock*, pelo que é assim necessário adicionar uma UC extra ao tamanho do *buffer*.

Por último, é ainda importante acrescentar um *stock* de segurança para combater eventuais desvios na procura, ou situações de variabilidade no número de componentes por UC.

Assim, o dimensionamento dos *buffers*, em UC, na situação atual, pode ser calculado genericamente com recurso à equação:

$$q_{A,L} = 1 + \left[ \frac{(C_{A,L} \times 2) + SS}{Q_A} \right] \quad (2.7)$$

em que,  $C_{A,L}$  é o consumo do componente A na linha L, durante cada volta de abastecimento,  $SS$  é o *stock* de segurança, e  $Q_A$  é a quantidade por UC do componente A.



## 3. CASO DE ESTUDO

### 3.1. Apresentação da empresa

Fundada em 1936 por Friedrich Grohe, a GROHE é uma marca líder mundial em soluções para cozinhas e casas de banho, nomeadamente torneiras e chuveiros. Multinacional de origem alemã, a GROHE possui atualmente mais de seis mil colaboradores distribuídos por cinco unidades industriais, das quais três estão localizadas na Alemanha, uma na Tailândia e uma em Portugal, mais concretamente em Albergaria. Em 2014 passou a integrar o grupo japonês, LIXIL.

O presente estágio foi realizado na unidade industrial de Albergaria, que iniciou a sua atividade em 1997 e possui atualmente cerca de novecentos colaboradores. Em Portugal, assim como em todas as restantes fábricas, apenas são produzidos uma parte dos produtos GROHE, pois existe uma especialização produtiva de cada fábrica num determinado conjunto de produtos. Os produtos de maior destaque fabricados em Albergaria são as torneiras de cozinha GROHE BLUE e GROHE RED que permitem extrair diretamente água gaseificada e água a 100°C, respetivamente. Contudo, os produtos coloridos é o maior foco atualmente. Ao invés de fabricar produtos apenas com o acabamento cromado tradicional, a GROHE procurou inovar no sentido de oferecer ao cliente um produto com diferentes cores e acabamentos, conforme visível na Figura 3.1. A procura por este produto diferenciado tem aumentado consideravelmente, o que permitiu um notável crescimento da GROHE Portugal, pois esta é atualmente a única fábrica do grupo com a tecnologia PVD (*Physical Vapor Deposition*), necessária para o fabrico de produtos coloridos.

A unidade industrial de Albergaria encontra-se dividida em seis departamentos de produção, dos quais cinco (fundição, maquinagem, lixamento/polimento, galvanica e montagem), correspondem aos vários estágios genéricos do processo produtivo de uma torneira, sendo o sexto (PVD) um estágio opcional, mediante as características do produto. Dos cinco estágios genéricos, os quatro iniciais referem-se à produção do corpo da torneira na integra, sendo denominado pré-processo. Posteriormente à fabricação do corpo, este desloca-se para o PVD, caso seja um produto colorido, ou diretamente para a montagem,

onde é realizada a montagem dos vários componentes, formando assim um produto final. Na Figura 3.2 estão representados os vários departamentos de produção, juntamente com o armazém que fornece componentes ao departamento de montagem, e recebe deste, o produto final. Apesar do produto final ser encaminhado para o armazém, este é imediatamente expedido para um armazém central na Alemanha, não existindo qualquer *stock* de produto final na fábrica.



**Figura 3.1** Torneira colorida GROHE (GROHE, 2020)

Genericamente, a GROHE Portugal dedica-se à produção dos vários corpos e cartuchos termostáticos necessários à produção de uma torneira, comprando grande parte dos restantes componentes a fornecedores externos. Porém, o fluxo de materiais pode ser mais complexo, pois existem situações de intercambio de componentes e/ou produtos entre as várias fábricas do grupo. Frequentemente existem produtos e/ou componentes que são parcialmente fabricados na GROHE Portugal e posteriormente são enviados para outras fábricas para completar o processo produtivo, verificando-se o mesmo no sentido inverso. Este intercambio é denominado internamente de P2P (Plant-To-Plant), e sua ocorrência deve-se à especialização produtiva de cada unidade industrial do grupo. Desta forma, em Albergaria é bastante frequente receber produtos oriundos de outras fábricas, para a realização do estágio de PVD, retornando posteriormente às respetivas fábricas para a conclusão do processo produtivo.



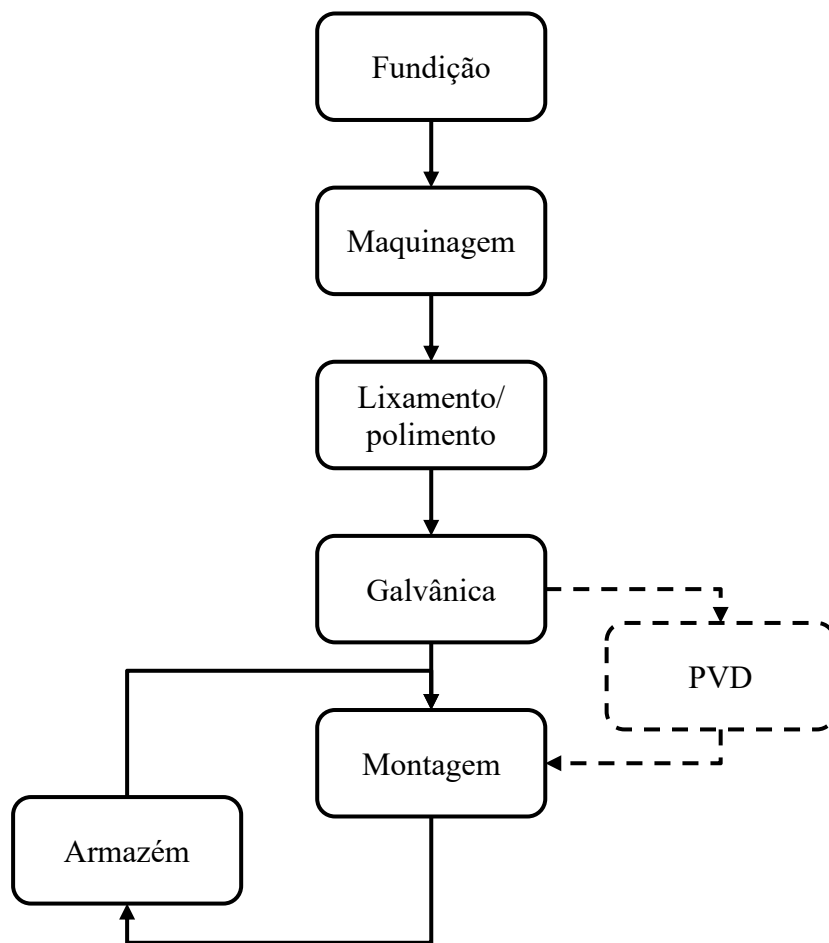


Figura 3.2 Fluxograma do Processo produtivo da planta de Albergaria.

### 3.1.1. Departamento de Montagem

Na montagem são recebidos os vários corpos oriundos da galvânica ou do PVD, e são encaminhados para as máquinas *laser* para a gravação das várias marcas visuais presentes na torneira, nomeadamente o logotipo da marca, e as cores azul e vermelha que indicam a posição para a saída de água fria e água quente, respetivamente. Após a conclusão do processo de gravação, os corpos são colocados em carros de suspensão<sup>9</sup>, e aguardam durante um período entre quatro a seis horas num local de armazenamento, próximo das máquinas de gravação laser, para a consolidação da gravação. Depois, os corpos podem ser embalados e armazenados no armazém, em situações em que o corpo em causa não será

<sup>9</sup>Carros de suspensão, são equipamentos com capacidade móvel onde os corpos são colocados em suspensão, de forma a não deteriorar o acabamento superficial e a respetivas gravação efetuadas.

necessário nos próximos turnos de produção, ou permanecem no mesmo local, até serem encaminhados para as várias linhas de montagem mediante as necessidades produtivas. Contudo, existem corpos que não respeitam este fluxo genérico, pois são produzidos exteriormente, noutras fábricas do grupo, e nesse caso, são armazenados no armazém, passando diretamente para a montagem, não existindo o estágio de gravação.

O departamento de montagem encontra-se dividido em várias áreas produtivas, em função das várias famílias de produtos, sendo que cada área é constituída por um conjunto de linhas de montagem. Na Tabela 3.1 estão enunciadas as várias áreas produtivas.

**Tabela 3.1** Áreas produtivas.

<b>Família de produtos</b>	<b>Áreas produtivas</b>
1. Lavatórios e bidés	LB
2. Cozinhas	CZ
3. Termostáticas	TH
4. Banheiras e chuveiros	BC
5. Clássicas	CA
6. <i>Blue and Red</i>	BR

Além da divisão por famílias de produtos, o departamento de montagem ainda se encontra dividido por sub-famílias, pois cada linha de produção tem restrições em termos dos produtos que pode produzir dentro da mesma família. Contudo, considera-se que a exposição das diferentes restrições de produção em cada linha não é relevante para o trabalho em causa.

### **3.2. Análise da situação atual**

Aquando da montagem de um produto, é necessário efetuar o transporte dos componentes, dos vários locais de armazenamento para as linhas de montagem. Para o transporte de componentes para as linhas, pode ou não existir um abastecedor. Das várias áreas produtivas evidenciadas na Tabela 3.1, apenas as LB, CZ e TH possuem um

abastecedor. Destas, apenas as LB e TH são abastecidas com recurso ao comboio logístico, enquanto que, as CZ são abastecidas manualmente com recurso a um carrinho. As linhas pertencentes às restantes áreas produtivas, são abastecidas pelas próprias operadoras de linha. A razão pela qual apenas as LB, CZ e TH terem abastecedor deve-se ao facto de serem as áreas produtivas com maior volume de produção e consecutivamente com maior necessidade de fornecimento de materiais.

O *picking* dos materiais a fornecer às várias linhas de montagem pode ser realizado em diferentes locais:

- **Dinâmico:** genericamente todos os componentes, com exceção de corpos, com maior índice rotacional. O dinâmico é o típico supermercado abordado na secção 2.3.1, em que os componentes são armazenados em caixas que são colocadas em *racks* dinâmicas.
- **Dinâmico de paletes:** componentes, incluindo corpos produzidos externamente, com um índice rotacional superior aos componentes que estão em dinâmico, ou componentes de grande volume. Devido à elevada rotação, ou ao elevado volume, o armazenamento destes componentes em dinâmico, iria ocupar bastante espaço, bem como iria levar à necessidade de um elevado esforço para a reposição constante destes componentes. Assim, optou-se por armazenar estes componentes no solo, com o acondicionamento em palete, tal como advém do fornecedor.
- **Dinâmicos de cartuchos:** cartuchos termostáticos necessários unicamente na família de produtos TH. Estes componentes são produzidos internamente, e como são necessários apenas numa área de trabalho, optou-se por armazená-los junto da mesma, em vez de os colocar no dinâmico central que armazena produtos comuns às várias áreas produtivas.
- **MTO (*Make-To-order*):** componentes com baixa rotação, incluindo corpos produzidos interna ou externamente. Como são componentes necessários pontualmente, não se justifica a sua existência em dinâmico. Assim criaram-se zonas no *layout* fabril denominadas MTO para a colocação destes componentes. O material é movimentado do armazém para estas áreas, em função das necessidades geradas. Para isso, cabe às

*team leaders*<sup>10</sup> analisarem os vários planos de produção e efetuarem pedidos, dos materiais requeridos, ao armazém, com um intervalo mínimo de quatro horas antes da necessidade. Atualmente existem duas zonas MTO no departamento de montagem: uma destinada unicamente à área produtiva TH e outra comum às restantes áreas.

- **Lasers:** todos os corpos que são produzidos internamente, e que após efetuada a gravação, são colocados em carros de suspensão e ficam armazenados próximo das máquinas de gravação (*lasers*).

Na Tabela 3.2, estão descritos, de forma resumida, os vários locais de *picking* de componentes. No Anexo B, os pontos de *picking*<sup>11</sup> encontram-se representados a cor amarela e numerados de (1-5).

**Tabela 3.2** Locais de *picking* de componentes

<b>Local de <i>picking</i></b>	<b>Descrição</b>
Dinâmico	Componentes com elevada rotação.
Dinâmico de paletes	Componentes com rotação superior aos que estão em dinâmico, ou com elevado volume.
Dinâmico de cartuchos	Cartuchos termostáticos, requeridos unicamente na área de trabalho TH.
MTO	Componentes com baixa rotação, incluindo corpos produzidos interna ou externamente.
<i>Lasers</i>	Corpos com grande rotação, produzidos internamente.

No que respeita ao acondicionamento dos materiais durante o transporte para as linhas, este pode variar em função dos componentes, nas seguintes formas:

- **Carros de suspensão:** utilizados apenas para a movimentação dos corpos produzidos internamente;

---

<sup>10</sup> Cada área produtiva possui uma *team leader* por turno.

<sup>11</sup> O local de *picking* denominado “Lasers” não se encontra representado no anexo, pois os componentes armazenados neste lugar não podem ser fornecidos através do *mizusumashi*.

- **Caixa GROHE:** caixas de plástico com dimensões normalizadas;
- **Caixa do fornecedor:** caixas de cartão;
- **Molho:** componentes que estão armazenados em paletes ou em caixas do fornecedor, mas que devido à elevada quantidade por caixa ou palete, não se considera benéfico o transporte de toda a unidade de carga de armazenamento para a linha. Assim, esses componentes são transportados ao molho, em quantidades bastante inferiores à quantidade total da unidade de carga de armazenamento.

Apesar da existência destes quatro tipos de acondicionamento no transporte de materiais, as caixas GROHE e as caixas do fornecedor prevalecem, por larga margem, face aos restantes.

A principal diferença entre as caixas GROHE e as caixas do fornecedor é o tipo de material que as constitui. Relativamente às dimensões, cada um destes dois tipos de caixa possui quatro tamanhos (X-S-M-L), todavia as dimensões de cada um destes tamanhos pode ser variável, no caso das caixas do tipo fornecedor. As caixas do tipo GROHE possuem medidas normalizadas, que estão expostas na Tabela 3.3.

**Tabela 3.3** Tamanhos e dimensões das caixas.

	Tamanho			
	X	S	M	L
Dimensões da base [mm]	150x200	200x300	300x400	400x600
Altura [mm]	110	110	150	160

Em relação à operação de abastecimento às linhas, em cada volta o abastecedor fornece os componentes que foram pedidos na volta anterior e verifica as necessidades para a próxima volta. O registo das necessidades é efetuado num computador presente em cada linha de montagem. Após o fornecimento e levantamento das necessidades às várias linhas, o abastecedor desloca-se a um computador central que compila todos os pedidos realizados, e imprime uma lista de *picking* com os componentes a recolher para cada linha, a respetiva quantidade e o local de armazenamento.

### 3.3. Descrição do problema

Conforme referido na secção 2.3.3, o *mizusumashi* é um sistema de abastecimento normalizado, que consiste em percorrer repetidamente uma rota fixa, de duração constante e pré-determinada. Em cada volta o abastecedor deve fornecer os componentes cujos pedidos foram gerados na volta anterior, e registar os novos pedidos de reabastecimento. Este sistema permite aumentar a frequência de fornecimento de componentes, e conseqüentemente, diminuir o *stock* de materiais no bordo de linha. Contudo, para que todo o sistema funcione devidamente, é crucial a normalização das atividades de abastecimento de forma a que a duração destas seja aproximadamente constante ao longo do tempo.

Posto isto, o presente trabalho centra-se no estudo das atividades de abastecimento à área produtiva TH, uma vez que são verificadas várias anomalias que colocam em causa a viabilidade do sistema *mizusumashi*.

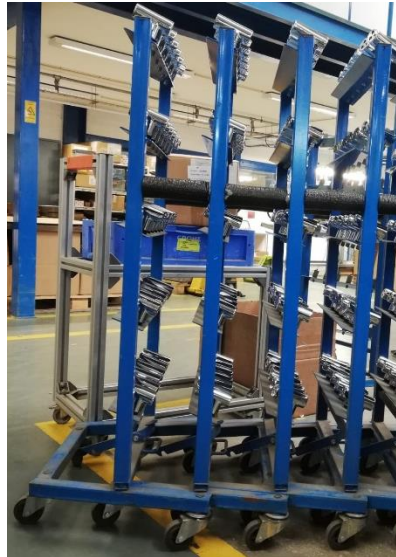
Relativamente ao fornecimento de componentes às linhas de montagem da área de trabalho TH, este pode ser realizado com recurso a:

- **Carros de suspensão:** inclui grande parte dos corpos das torneiras que são produzidos internamente (Figura 3.3);
- ***Mizusumashi*:** inclui todos os restantes componentes.

Atualmente ambos os métodos de fornecimentos são realizados pelo mesmo operador, podendo ainda existir um terceiro método, que consiste no fornecimento de componentes com um carrinho, efetuando deslocações constantes entre as linhas e os pontos de *picking*, conforme exemplificado na Figura 3.4. O carrinho é utilizado essencialmente para combater roturas de *stock*, dos componentes que deveriam ser fornecidos através do *mizusumashi*.

A principal diferença entre estes três métodos de fornecimento reside no facto de que o *mizusumashi* é um sistema normalizado, enquanto que os restantes não. A utilização dos carros de suspensão para o fornecimento de corpos apenas ocorre aquando da existência de necessidades. Assim, durante uma volta do *mizusumashi* pode surgir a necessidade de abastecer corpos em várias linhas, enquanto que, noutras voltas essa necessidade não existe. No caso do fornecimento de componentes utilizando o carrinho, a situação é semelhante. Em

algumas voltas o carrinho tem uma grande utilização, enquanto que noutras, é utilizado apenas pontualmente.



**Figura 3.3** Exemplo de um conjunto de carros de suspensão.



**Figura 3.4** Abastecimento de componentes com o carrinho.

Posto isto, pelo facto do abastecedor fornecer componentes utilizando três meios distintos, sendo dois deles utilizados de maneira completamente aleatória, é inculcida uma grande variabilidade no tempo de ciclo do *mizusumashi*. Consecutivamente, por vezes

existem roturas de *stock* dos componentes no bordo de linha. Na Tabela 3.4 é possível comprovar as oscilações nos tempos de ciclo de funcionamento do *mizusumashi*, registadas para o mesmo turno de trabalho e entre diferentes turnos de trabalho, para praticamente o mesmo número de linhas a laborar. É também verificável que os tempos de ciclo com maior duração correspondem, tendencialmente, a um maior tempo de fornecimento de componentes com recurso a carros de suspensão ou carrinhos.

Além do problema mencionado anteriormente, constata-se mais problemas. O tempo de ciclo do *mizusumashi* está desatualizado, pois existiu um aumento no número de linhas. Esse aumento originou a necessidade de fornecer mais componentes, e de realizar alterações na rota de abastecimento. Além disso, os *buffers* no bordo de linha não se encontram dimensionados. Desta forma, são visíveis grandes oscilações nos *buffers* dos componentes ao longo dos vários turnos de trabalho, uma vez que cada abastecedor coloca o *stock* que considera suficiente. Assim sendo, são verificadas situações de rotura ou excesso de *stock* que afetam o correto funcionamento das linhas, como exemplificado na Figura 3.5, em que o excesso de *stock* leva à existência de componentes em locais inadequados.

**Tabela 3.4** Tempos de ciclo do *mizusumashi* da área produtiva TH.

	Turno A			Turno C		
	A1	A2	A3	A1	A2	A3
Tempo de ciclo [min]	82	58	74	54	53	62
Utilização de comboio [min]	63	52,5	56,5	41,5	51	50
Utilização de carros de suspensão [min]	16	-	10	9	-	9,5
Utilização do carrinho [min]	3	5,5	7,5	3,5	2	2,5
Linhas em funcionamento	9	8	9	9	9	9

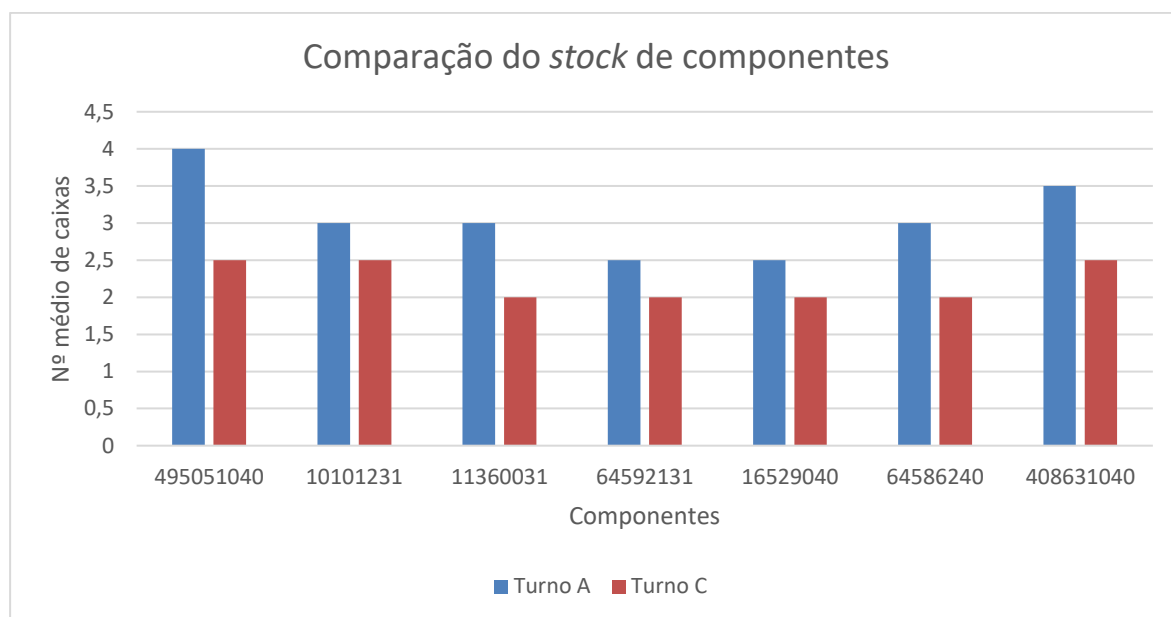
A Figura 3.6 representa os componentes em que foram encontradas diferenças mais significativas no *stock*, entre os turnos de trabalho A e C, durante a montagem do produto 412207040. Através da sua análise, é possível concluir que existe uma clara tendência do turno A ter uma maior constituição de *stock* face ao turno C, existindo por vezes uma



diferença de até 60%. Desta forma, é notável a correlação existente entre o *stock* e a duração do tempo de ciclo do *mizusumashi*. O turno C possui tempos de ciclo inferiores e menos *stock* na linha, o que é normal, pois possui uma maior frequência de fornecimento, comparado com o turno A. A análise apresentada incidiu na contabilização do *stock* de componentes nas linhas TH1 e TH2 para ambos os turnos. As várias contagens de material foram realizadas imediatamente após a conclusão do fornecimento de componentes a cada uma das linhas, de maneira a que as várias amostras fossem obtidas em condições semelhantes. Os resultados apresentados resultam da média do número de caixas, para as duas linhas.



**Figura 3.5** Componentes colocados em posições inadequadas devido ao excesso de *stock*.



**Figura 3.6** Comparação do *stock* no bordo de linha entre os turnos A e C.

Resumindo, atualmente as operações de abastecimento às linhas têm alicerçadas uma grande variabilidade. Essa variabilidade afeta o sistema *mizusumashi*, e consecutivamente prejudica o normal funcionamento das linhas de montagem. Deste modo, é necessário dimensionar um novo sistema de abastecimento e desenvolver ações de implementação que permitam normalizar as tarefas de fornecimento de materiais, com o objetivo de eliminar ou diminuir os notáveis desperdícios existentes atualmente, e retirar o máximo de proveito do fornecimento frequente de materiais.

## 4. DIMENSIONAMENTO DO NOVO SISTEMA MIZUSUMASHI

Este capítulo destina-se ao dimensionamento do novo sistema *mizusumashi*, e está dividido em 5 subcapítulos. No 1º subcapítulo é descrita a abordagem metodológica seguida para dimensionamento. Os restantes subcapítulos destinam-se à aplicação da metodologia descrita e à apresentação dos respetivos resultados.

### 4.1. Abordagem metodológica

O principal objetivo deste projeto é dimensionar um novo sistema *mizusumashi*. No entanto, conforme mencionado no capítulo anterior, atualmente o fornecimento de componentes não é realizado totalmente através deste sistema. Assim, considera-se pertinente averiguar a compatibilidade de realização dos diferentes métodos de abastecimento pelo mesmo operador logístico.

Para além do *mizusumashi*, atualmente o fornecimento de materiais também é realizado com recurso a carros de suspensão e a um carrinho. Os carros de suspensão são utilizados para o fornecimento de corpos. Já carrinho é utilizado para combater roturas de *stock* dos componentes que deveriam ser fornecidos através do *mizusumashi*, pelo que, este método deve ser omitido no novo sistema de abastecimento. Assim sendo, vão ser realizadas duas análises:

- **Análise 1:** o operador logístico que é responsável pelo fornecimento de componentes através do *mizusumashi*, **não realiza** o fornecimento de corpos através de carros de suspensão;
- **Análise 2:** o operador logístico que é responsável pelo fornecimento de componentes através do *mizusumashi*, também **realiza** o fornecimento de corpos através de carros de suspensão.

Inicialmente vai ser dimensionado o sistema *mizusumashi* isoladamente (análise 1), e depois vai ser definido e dimensionado um novo modelo de fornecimento de materiais, considerando que um operador logístico é responsável pelo fornecimento total de componentes (análise 2). Posteriormente vai ser feita uma comparação entre as duas análises,

e em função dos valores obtidos para os tamanhos dos *buffers*, vai-se concluir se é benéfico que o operador do *mizusumashi* realize também o fornecimento de corpos através de carros de suspensão.

O dimensionamento do sistema *mizusumashi* vai ser realizado tendo por base o método de cálculo exposto da secção 2.4, contudo vão ser realizadas algumas alterações adaptáveis ao presente estudo. De acordo com o método de cálculo apresentado verifica-se que a capacidade do comboio logístico é um parâmetro já conhecido, sendo todo o dimensionamento dependente desse valor. Deste modo, uma das variáveis a determinar é o número de comboios requeridos para atender à procura existente. Todavia, no presente estudo vai-se considerar que apenas existe um comboio disponível para realizar o fornecimento a todas as linhas TH, e como tal uma das variáveis a determinar é o espaço requerido neste (número de carruagens), para satisfazer a procura. Além disso, como apenas se vai considerar um comboio, significa que o tempo entre voltas de abastecimento corresponde ao tempo de ciclo.

Posto isto, considera-se que é impreterível definir quatro elementos para o dimensionamento do sistema *mizusumashi*:

- A rota de abastecimento;
- O tempo de ciclo;
- Os *buffers* dos componentes nos bordos de linha;
- O espaço requerido no comboio logístico para o transporte de componentes.

Inicialmente vai ser definida a rota e vão ser estimadas as durações das várias tarefas de abastecimento, com o objetivo de determinar o tempo das voltas, e assim definir o tempo de ciclo mais adequado. No entanto, o tempo das voltas depende do número de pedidos de reabastecimento que são necessários fornecer. Assim sendo, vão-se simular os pedidos gerados ao longo do tempo, considerando que cada linha está continuamente a produzir um determinado produto. Posteriormente, tendo por base os pedidos estimados, vão-se calcular as durações das voltas de abastecimento e vai ser definido o tempo de ciclo. Por último, vão ser dimensionados os *buffers* dos componentes e o espaço requerido no comboio logístico para o transporte de materiais.

## 4.2. Rota de abastecimento

Este subcapítulo destina-se à apresentação da rota de abastecimento. Através da análise da rota atual, disponível no Anexo C, verifica-se que as principais inconformidades são as localizações da linha TH9 e do local de *picking* MTO das TH (identificado como PK4). Nas proximidades destes locais, não existe espaço disponível para a passagem do comboio, o que leva à necessidade de excesso de movimentações, que originam desperdícios.

Desta forma, para o desenho da rota foram analisadas possíveis alterações a efetuar no *layout* fabril. No entanto, existem dois grandes constrangimentos que impedem a realização de alterações significativas. O primeiro constrangimento é o reduzido espaço disponível. O departamento de montagem tem vindo a aumentar a sua capacidade produtiva ao longo dos últimos anos, através de um aumento do número de linhas. Contudo, esse aumento não se verifica em termos de área de trabalho disponível, o que leva a que as áreas para a movimentação de materiais estejam perfeitamente definidas e difíceis de alterar. O segundo constrangimento deve-se à relativa complexidade das linhas de montagem da área produtiva TH. Ao contrário de outras áreas de trabalho, as torneiras fabricadas nesta área, requerem a realização de um teste de água e um teste de ar, para os quais existem instalações tubulares rígidas a cada uma das linhas. Deste modo, a realização de alterações na disposição das linhas, iria também levar à necessidade de efetuar alterações nas tubagens, e a reconfigurações nos sistemas de teste de água e ar. Paralelamente era notável uma elevada carga de trabalho, em que as nove linhas estavam praticamente em constante funcionamento durante vinte e quatro horas diárias, pelo que não era desejável a ocorrência de paragens prolongadas. Assim sendo, a realização de possíveis alterações na disposição das linhas, tendo em vista a melhoria das atividades de abastecimento, não era uma prioridade para os responsáveis do departamento.

Devido à impossibilidade de realizar alterações significativas no *layout* fabril, foi proposta a alteração da zona de *picking* MTO das TH com a zona de armazenamento de apoio aos *lasers*, identificada a verde escuro no Anexo C. Esta zona de armazenamento normalmente possui bastante espaço livre, o que impossibilita o devido aproveitamento da área disponível. Uma troca destas duas zonas permite que o comboio pare imediatamente ao lado deste local de *picking*, e assim se diminua o excesso de movimentações atual. A sugestão apresentada foi aceite pelos responsáveis do departamento.

Face à rota atual, na nova rota a ordem de abastecimento às linhas também será alterada. Atualmente as linhas TH1, TH2 e TH3 são abastecidas duas vezes. Primeiramente são reabastecidos os componentes armazenados no dinâmico e no dinâmico de paletes, e numa segunda passagem são fornecidos os cartuchos termostáticos. Isto acontece, pois, o local de *picking* dos cartuchos termostáticos, fica a jusante destas três linhas. Assim sendo, considera-se mais benéfico que as primeiras linhas a serem abastecidas sejam as TH7 e TH9, de forma a que as operações de reabastecimento sejam iniciadas só após concluídas todas as operações de *picking*.

A nova rota está representada na Figura 4.1. Os pontos de paragem nos locais de *picking* estão identificados pelos círculos vermelhos, e os pontos de paragem para o abastecimento às linhas estão identificados pelos círculos de cor laranja.

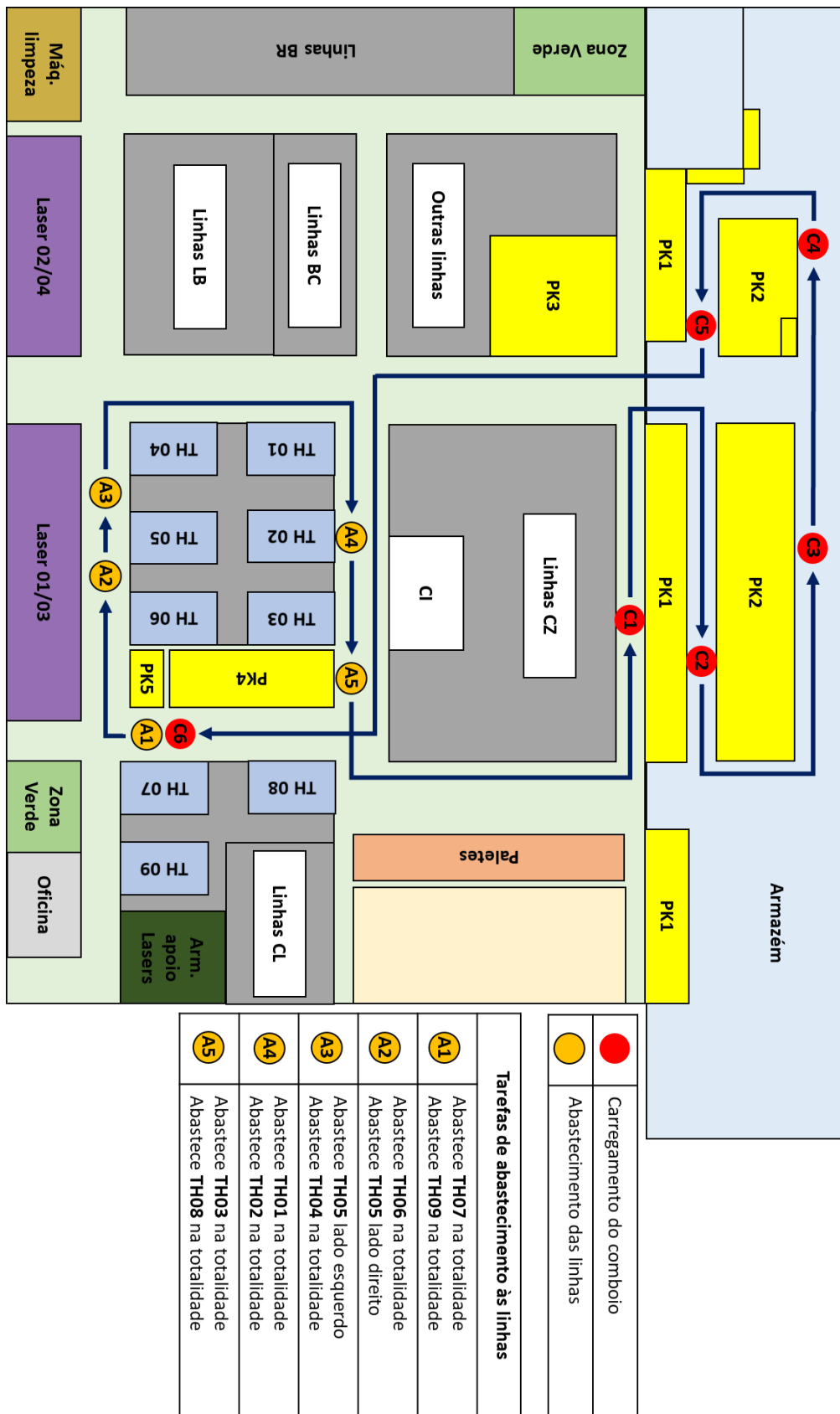


Figura 4.1 Rota de abastecimento.

### 4.3. Durações das tarefas de abastecimento

Neste subcapítulo serão descritas e quantificadas temporalmente as várias operações necessárias para o fornecimento de componentes às linhas de montagem, com o intuito de posteriormente definir o tempo de ciclo do *mizusumashi*.

As várias operações de abastecimento podem ser divididas em tarefas de duração constante e tarefas de duração variável. As tarefas de duração constante têm a mesma duração ao longo de todas as voltas de abastecimento, independentemente do número de pedidos de reabastecimento que são necessários atender. Por sua vez, as tarefas de duração variável dependem do número e do tipo de pedidos de reabastecimento gerados em cada volta, pelo que podem ter diferentes durações temporais.

As tarefas de **duração constante** ( $t_{dc}$ ) incluem:

- O deslocamento do comboio logístico ao longo de toda a rota ( $t_{dc}$ );
- A verificação das necessidades de reabastecimento, e o registo dos pedidos em cada uma das linhas ( $t_{rpl}$ );
- A impressão das listagens de *picking* no computador central ( $t_{ilp}$ );

Para a determinação do tempo de deslocamento do comboio teve-se em conta os tempos de desaceleração e aceleração nas várias curvas e paragens da rota, bem como os tempos de entradas e saídas do abastecedor no comboio, em cada paragem.

Assim, o tempo de deslocamento do comboio ( $t_{dc}$ ) será:

$$t_{dc} = t_{d.normal} + t_{d.curvas} + t_{d.paragens} + t_{d.abastecedor} \quad (4.1)$$

em que  $t_{d.normal}$  corresponde ao tempo de deslocamento do comboio à velocidade normal de 6 km/h ( $v_{normal}=6\text{km/h}$ ).  $t_{d.curvas}$  é o tempo de deslocamento do comboio nas curvas, a uma velocidade média de 3,5 km/h ( $v_{curva}=3,5\text{km/h}$ ).  $t_{d.paragens}$  diz respeito ao tempo de deslocamento à velocidade média de 3 km/h ( $v_{paragem}=3\text{km/h}$ ), em cada paragem. Por último,  $t_{d.abastecedor}$  corresponde ao tempo de entradas e saídas do abastecedor no comboio, que é aproximadamente 10 segundos por paragem.

Para a determinação do  $t_{dc}$  considerou-se que em cada curva o comboio anda à velocidade,  $v_{curva}$ , durante cerca de 3 metros, e em cada paragem efetuada, o comboio anda à velocidade média,  $v_{paragem}$ , durante 4 metros. A rota de abastecimento tem cerca de 153



metros de distância e 14 curvas, ao longo da qual são realizadas aproximadamente 10 paragens para as operações de *picking* e de abastecimento às linhas.

Desta forma, o tempo de deslocamento do comboio logístico será 3,9 minutos, sendo o método de cálculo apresentado seguidamente:

$$t_{d.curvas} = \frac{14 \times 3}{3,5} \times \frac{60}{1000} = 0,7 \text{ [min]} \quad (4.2)$$

$$t_{d.paragens} = \frac{10 \times 4}{3} \times \frac{60}{1000} = 0,8 \text{ [min]} \quad (4.3)$$

$$t_{d.normal} = \frac{153 - [(14 \times 3) + (10 \times 4)]}{6} \times \frac{60}{1000} = 0,7 \text{ [min]} \quad (4.4)$$

$$t_{d.abastecedor} = \frac{10 \times 10}{60} = 1,7 \text{ [min]} \quad (4.5)$$

$$t_{dc} = 0,7 + 0,8 + 0,7 + 1,7 = 3,9 \text{ [min]}. \quad (4.6)$$

Relativamente ao tempo de registo dos pedidos ( $t_{rpl}$ ), considera-se que este tem uma duração aproximada de 1,75 minutos por linha, pelo que, o tempo total nas 9 linhas será  $1,75 \times 9 = 15,8$  minutos. O tempo de impressão das listagens de *picking* ( $t_{ilp}$ ), é 1,3 minutos.

Posto isto, pode-se concluir que as tarefas de duração constante ( $t_{tdc}$ ), correspondem a um total de 21 minutos, em cada volta de reabastecimento, conforme determinado de seguida.

$$t_{tdc} = t_{dc} + t_{rpl} + t_{ilp} \quad (4.7)$$

$$t_{tdc} = 3,9 + 15,8 + 1,3 = 21,0 \text{ [min]} \quad (4.8)$$

As tarefas de **duração variável** ( $t_{tdv}$ ) incluem:

- O *picking* e carregamento dos vários componentes no comboio logístico ( $t_p$ );
- O reabastecimento das linhas de montagem, em que os pedidos são movimentados do comboio para as linhas ( $t_r$ ).

Conforme referido anteriormente, as tarefas de duração variável dependem do número e do tipo de pedidos de reabastecimento. A dependência relativamente ao número deve-se ao facto de que a necessidade de atender a mais ou menos pedidos, faz com que o tempo despendido nas operações de *picking* e de reabastecimento às linhas seja variável. Já a dependência relativamente ao tipo de pedidos ocorre, uma vez que, em função do tipo de UC em que o componente é movimentado, e do respetivo local de armazenamento, o tempo das operações de *picking* e abastecimento às linhas também variam.

Posto isto, considera-se que a operação de *picking* de um determinado pedido  $i$  ( $t_{pi}$ ) pode ter quatro durações temporais diferentes, de acordo com o tipo de unidade de carga, ou do local de armazenamento (Tabela 4.1).

**Tabela 4.1** Tempos de *picking* por tipo de pedido.

<b>Unidade de carga/local de armazenamento</b>	<b>Tempo de <i>picking</i> (<math>t_{pi}</math>) [segundos/pedido]</b>
Caixa X/S_GROHE	11,1
Caixa de fornecedor X/S ou caixa M/L	17,4
Caixa_cartuchos	13,1
Molho	18,4

O *picking* dos componentes colocados em caixas GROHE de tamanho X ou S são os que demoram menos tempo, pois o tamanho e a forma destas caixas permite que sejam recolhidas duas caixas em simultâneo. O mesmo não acontece nas caixas de fornecedor do tipo X ou S, pois a sua forma dificulta o *picking* de duas caixas em simultâneo. Além disso, as caixas de fornecedor do tipo X e S encontram-se armazenadas no mesmo local de todas as caixas de tamanhos M ou L, que devido ao seu tamanho, apenas permitem o *picking* de cada caixa individualmente. As caixas de cartuchos, são caixas GROHE de tamanho M, contudo, o seu local de *picking* é diferente de todas as restantes caixas. Por último, distinguiram-se os componentes movimentados ao molho, devido à unidade de carga ser diferente das mencionadas até então.

Relativamente às operações de reabastecimento às linhas, considera-se que o fornecimento de um determinado pedido  $i$  ( $t_{ri}$ ) pode também ter quatro durações temporais diferentes, de acordo com o tipo de unidade de carga (Tabela 4.2).

**Tabela 4.2** Tempos de reabastecimento por tipo de pedido.

Unidade de carga	Tempo de reabastecimento ( $t_{ri}$ ) [segundos/pedido]
Caixa X/S_GROHE	8,1
Caixa M/L_GROHE	14,2
Caixa de fornecedor	30,1
Molho	23,3

Aquando do reabastecimento, as caixas do tipo GROHE apenas necessitam de ser retiradas do comboio e colocadas no bordo de linha. Por sua vez, as caixas do tipo fornecedor, devido a serem caixas de cartão fechadas, precisam de ser abertas antes de colocadas no bordo de linha, pelo que o tempo de reabastecimento dos componentes colocados nestas caixas é mais demorado. As caixas GROHE X e S demoram menos tempo a serem reabastecidas face às caixas M e L, pois, como são caixas mais pequenas, normalmente são movimentadas duas em simultâneo. O facto desta distinção não ocorrer entre caixas do tipo fornecedor, deve-se à forma deste tipo de caixas, que dificulta a movimentação de duas caixas em simultâneo. Os componentes movimentados ao molho, foram distinguidos face aos restantes, devido à diferença na unidade de carga.

As tarefas de duração variável em cada volta de abastecimento  $n$  ( $t_{tdv_n}$ ) são obtidas através de

$$t_{tdv_n} = \sum_{i=1}^k (t_{pi_n} + t_{ri_n}), \quad (4.9)$$

em que  $i$  corresponde a cada um dos pedidos, e  $k$  à totalidade dos pedidos de reabastecimento em cada volta  $n$ .

O tempo de cada volta de abastecimento  $n$  ( $t_{volta_n}$ ), é obtido através de

$$t_{volta_n} = t_{tdc} + t_{tdv_n} \quad (4.10)$$

$$t_{volta_n} = t_{tdc} + \sum_{i=1}^k (t_{pi_n} + t_{ri_n}), \quad (4.11)$$

em que  $i$  corresponde a cada um dos pedidos, e  $k$  à totalidade dos pedidos de reabastecimento em cada volta  $n$ .

#### 4.4. Simulação

Para definir o tempo de ciclo, é necessário estimar as durações das voltas de abastecimento. Por sua vez, de acordo com a equação (4.11), para calcular a durações das voltas é preciso estimar os pedidos de reabastecimento em cada volta. Deste modo, criou-se um estado estacionário, representativo da produção atual, em que se alocou a cada linha um determinado produto. Seguidamente, considerando que as linhas estavam continuamente a produzir esses produtos, estimaram-se os pedidos gerados em toda a área de trabalho, através de uma simulação em Excel.

A alocação dos vários produtos às linhas teve em consideração os produtos fabricados em maiores quantidades, e as restrições impostas por cada uma das linhas. Para a identificação dos principais produtos fabricados, foi realizada uma análise de Pareto tendo por base a produção do mês de janeiro de 2020. Na Figura 4.2 está representada a análise de Pareto e os 19 produtos do tipo A, que simbolizam 80% da produção.

Verifica-se que os produtos principais são o 412207040 e o 34558000, que correspondem a 16% e 15% da produção, respetivamente. Imediatamente a seguir a estes, os produtos 34567000, 34143003 e 412203040 representam individualmente 5% da produção. Posto isto, foi feita a atribuição de um produto a cada linha, criando assim o estado estacionário representado na Tabela 4.3.

É importante referir que o produto 407030145 alocado à linha TH4 não está incluído nos produtos do tipo A, contudo, isso deve-se à especialização da linha TH4 na produção de apenas uma subfamília de produtos denominada *Smart Control*, em que a cadência de produção é bastante inferior às restantes subfamílias.

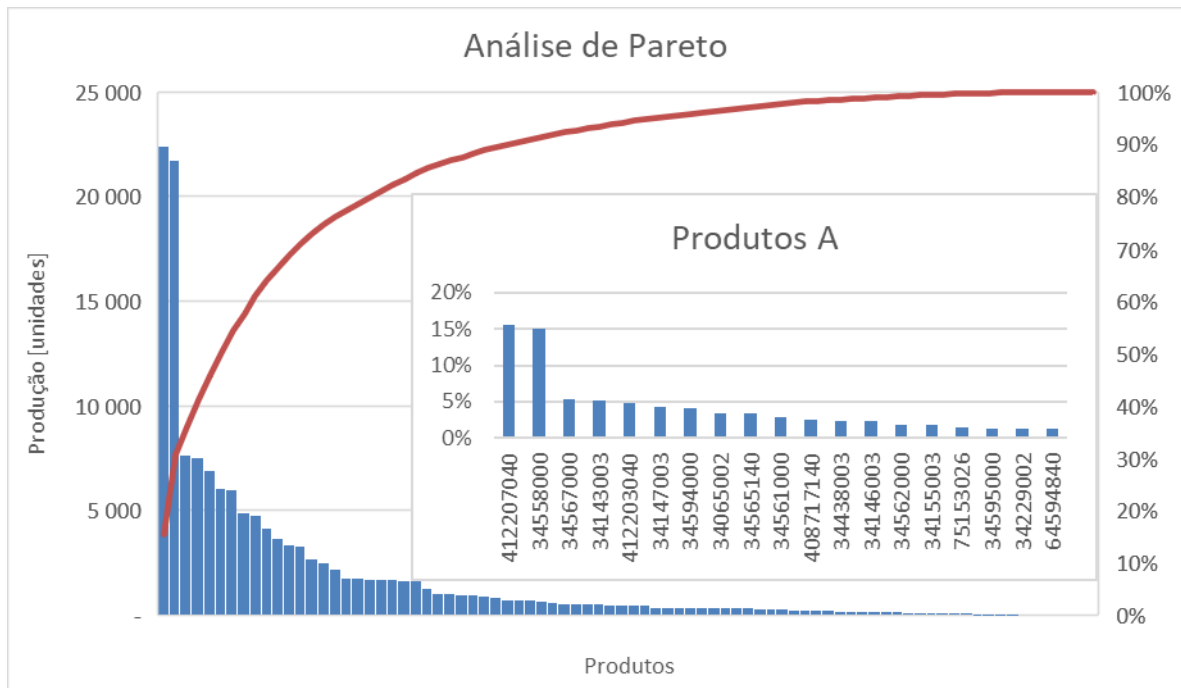


Figura 4.2 Análise de Pareto.

Tabela 4.3 Estado estacionário representativo da produção atual.

Linha	Produto	Linha	Produto	Linha	Produto
TH1	412207040	TH4	407030145	TH7	34567000
TH2	412207040	TH5	34558000	TH8	412207040
TH3	34558000	TH6	34558000	TH9	34143003

Através dos parâmetros:

- Objetivo/cadência de produção (em horas) de cada produto;
- Lista de componentes necessários para a montagem de um produto;
- Quantidade por caixa de cada componente;
- Quantidade requerida de cada componente num produto;
- Tipo de caixa;

consegue-se simular os pedidos que são gerados ao longo do tempo. Seguidamente, atribuindo aleatoriamente um determinado TC (Tempo de Ciclo) para a duração da volta de abastecimento, obtêm-se os pedidos de reabastecimento em cada volta. Na Figura 4.3 estão

apresentados os pedidos de reabastecimento que foram gerados para o produto 412207040, entre as voltas de abastecimento 70-89, considerando um tempo de ciclo de 55 minutos. A cadência de produção do produto 412207040 é de 36 por hora.

Componente	Quant./caixa	Unidade Carga	Quant/peça	Autonomia [horas]	Geração de pedidos em cada volta do comboio																				
					70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	
06902040	300	CM_G	2	4,2				1									1				1				
03035338	404	CM_G	2	5,6				1									1				1				
01386031	950	CX_G	2	13,2			1														1				
411743031	2 500	CX_G	2	34,7							1														
495051040	100	CX_G	1	2,8	1		1			1			1		1		1			1	1				
12866040	350	CS_G	1	9,7					1											1					
408631040	300	CX_G	1	8,3				1							1										
16529040	200	CM_G	1	5,6				1												1					
07530340	350	CS_G	1	9,7					1											1					
409569040	42	CM_G	1	1,2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				
10101231	288	CS_F	1	8,0	1																1				
12433240	42	CM_G	1	1,2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				
64592131	150	CS_G	1	4,2				1									1				1				
11360031	200	CS_G	1	5,6				1												1					
64586240	240	CL_G	2	3,3	1			1													1				
02491031	650	CX_G	1	18,1																					
02511031	1 800	CX_G	1	50,0																					
64585038	1 015	CL_G	2	14,1																					
400463031	250	CX_G	1	6,9																	1				
400464031	250	CX_G	1	6,9																	1				
01435031	3 300	CX_G	1	91,7																					
12987145	500	CM_G	1	13,9																					
90701031	500	CM_G	1	13,9																					
Tipos de pedidos	CX_G CS_G CT_F				1	0	1	4	0	2	4	0	1	3	0	0	3	0	2	4	0	2	1	0	
	CM_G CL_G				2	0	1	4	2	0	3	3	2	2	2	1	2	1	2	1	2	2	2	0	
	CM_CARTUXOS				1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	
	CX_F CS_F				1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	CM_F CL_F				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Molho				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nr de pedidos gerados				5	0	3	9	3	2	8	4	4	7	2	2	6	2	5	5	3	5	5	0		

Figura 4.3 Exemplo dos pedidos gerados em cada volta de abastecimento.

Desta forma, realizado este tipo de simulação para todos os produtos do estado estacionário, consegue-se estimar, para cada volta de abastecimento, a totalidade dos pedidos de reabastecimento que são gerados, em toda a área de trabalho TH.

#### 4.4.1. Determinação do tempo de ciclo

Com o número e o tipo de pedidos que são gerados em cada volta é possível determinar as durações das várias voltas de abastecimento ( $t_{voltas}$ ) com recurso à equação

(4.11). De seguida determina-se o TC mais adequado, que garanta que  $t_{voltas} \leq TC$ . No entanto, como já mencionado, para estimar os pedidos que são gerados em cada volta é necessário pressupor o valor do TC. Significa isto que existe uma dependência entre as variáveis TC e  $t_{voltas}$ . Para definir o TC, é preciso determinar as durações das voltas, todavia, para isso é fundamental estimar os pedidos que são gerados em cada volta. Por sua vez, os pedidos que são gerados dependem do TC. Assim sendo, a solução encontrada para contornar esta dependência de variáveis foi realizar um conjunto de simulações, com o objetivo de estimar os pedidos que são gerados em cada volta, considerando diferentes valores de TC. Posteriormente determinou-se os  $t_{voltas}$  para os vários conjuntos de pedidos estimados, e compararam-se os valores obtidos com os respetivos TC pré-determinados. No total realizaram-se 12 simulações para uma gama de TC entre 25 e 80 minutos, com variações de 5 minutos entre si.

#### 4.4.1.1. Tempo de ciclo mínimo

Através das 12 simulações realizadas, verificou-se que para um mesmo valor de TC, as voltas de abastecimento têm durações variáveis. Isto acontece uma vez que, o número de pedidos que são gerados em cada volta é inconstante. Assim sendo, calculou-se para cada TC o respetivo tempo médio das voltas ( $\overline{t_{voltas}}$ ), com o intuito de determinar uma primeira aproximação para o TC que deveria ser considerado como referência. O  $\overline{t_{voltas}}$  para cada TC, está exposto na Tabela 4.4 e na Figura 4.4.

**Tabela 4.4** Tempos de ciclo e respetivos tempos médios das voltas, em minutos.

<b>TC</b>	<b>25</b>	<b>30</b>	<b>35</b>	<b>40</b>	<b>45</b>	<b>50</b>
$\overline{t_{voltas}}$	35,1	37,1	39,1	41,2	43,1	45,2
<b>TC</b>	<b>55</b>	<b>60</b>	<b>65</b>	<b>70</b>	<b>75</b>	<b>80</b>
$\overline{t_{voltas}}$	47,2	49,3	51,2	53,3	55,3	57,4

Observando a Tabela 4.4, é visível que à medida que se aumenta o TC, o  $\overline{t_{voltas}}$  também aumenta, sendo isso normal, pois diminuindo a frequência de fornecimento, o número médio de pedidos gerados em cada volta aumenta. Contudo, é notável que incrementos de 5 minutos no TC, resultam em aumentos de aproximadamente 2 minutos no

respetivo  $\overline{t_{voltas}}$ . Esta diferença incremental deve-se à existência de economias de escala proporcionadas pela diminuição da frequência de fornecimento. Isto acontece, pois, para atender a um mesmo número de pedidos, a duração total das tarefas de duração constante ( $t_{tdc}$ ) é menor, à medida que se diminui a frequência de fornecimento. Deste modo, é possível concluir que quando se aumenta o TC, a carga de trabalho<sup>14</sup> diminui, e a folga temporal do sistema de fornecimento aumenta. A folga temporal pode ser definida como o tempo ocioso no sistema de fornecimento, podendo ser obtida por:

$$Folga_{temporal} = \frac{\text{Duração turno trabalho}}{TC} \times (TC - \overline{t_{voltas}}) \quad (4.12)$$

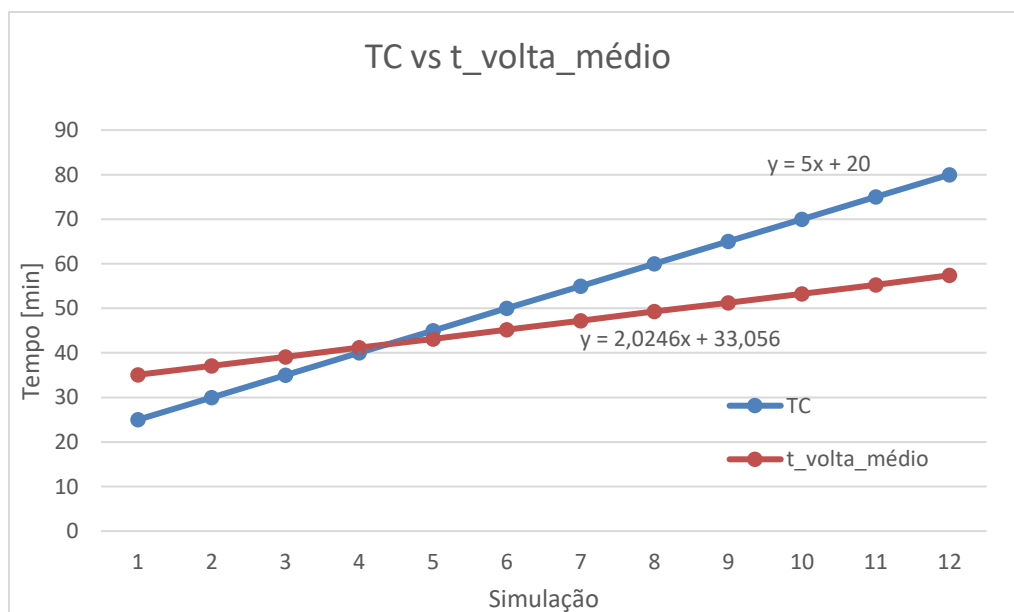


Figura 4.4 Tempos de ciclo e respetivos tempos médios das voltas.

Na Figura 4.4, é visível que os vários valores do TC e os respetivos  $\overline{t_{voltas}}$  podem ser representados graficamente com recurso a duas retas, que se interseitam para um valor em que  $TC = \overline{t_{voltas}} = 41,9$  minutos. Para valores de  $TC < 41,9$  minutos,  $TC < \overline{t_{voltas}}$ , enquanto que para  $TC > 41,9$  minutos,  $TC > \overline{t_{voltas}}$ . Significa isto que, para  $TC < 41,9$  minutos, o *mizumashi* não tem capacidade para satisfazer a carga de trabalho existente, pois é

<sup>14</sup>A carga de trabalho pode ser definida como o tempo despendido para realizar todas as tarefas de abastecimento ao longo de um turno de trabalho, ou seja, corresponde à soma dos tempos das várias voltas de abastecimento.



despendido muito tempo na realização das tarefas de duração constante ( $t_{tdc}$ ). Assim, é possível concluir que o TC tem de ser no mínimo igual a 41,9 minutos. Nesse caso, a folga temporal existente é zero, uma vez que a carga de trabalho corresponde exatamente à capacidade existente. Porém, a aplicabilidade deste TC apenas seria possível caso  $t_{voltas} = \overline{t_{voltas}}$ , o que não se verifica, uma vez que o número de pedidos que são gerados em cada volta de abastecimento varia significativamente. Deste modo demonstra-se que o TC tem de ser superior a 41,9 minutos, de forma a que o *mizumashi* tenha folga temporal suficiente para atender às variações na procura.

#### 4.4.1.2. Análise das variações na procura

Como o TC tem de ser superior a 41,9 minutos, seguidamente analisaram-se os  $t_{voltas}$  para uma gama de TC entre 45 e 80 minutos, com variações de 5 minutos entre si. Genericamente verificou-se que os  $t_{voltas}$  são relativamente variáveis, e que por vezes existem situações em que  $t_{volta} > TC$  (Figura 4.5). Estas situações ocorrem quando o número de pedidos que são gerados em cada volta é superior ao número de pedidos que o *mizumashi* pode fornecer, de maneira a que as durações das voltas não excedam o TC. Desta forma, estas situações serão denominadas daqui em diante por picos de procura.

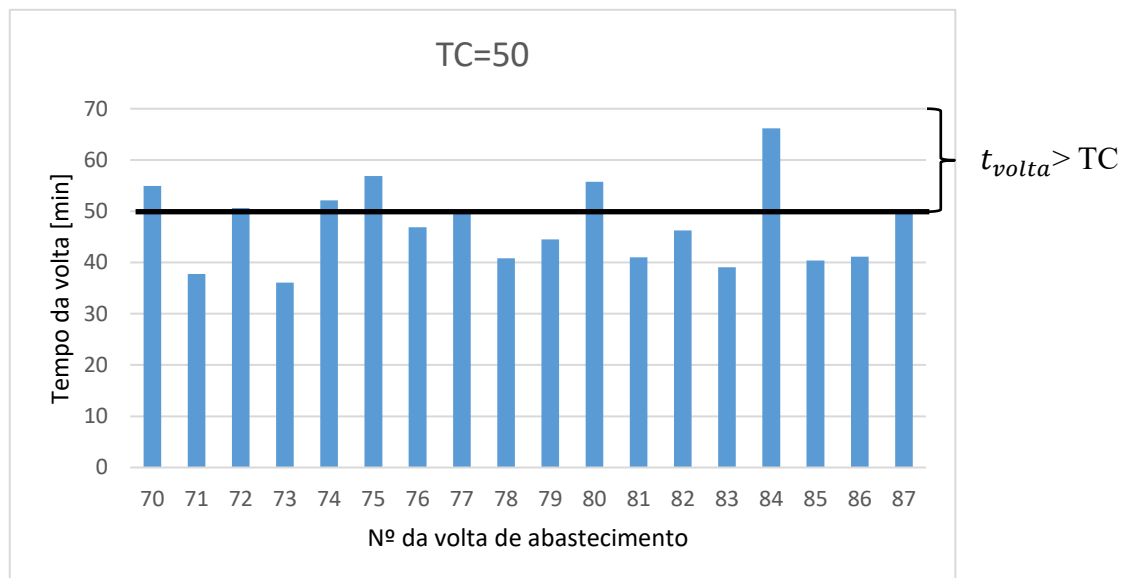


Figura 4.5 Exemplo de picos de procura: TC=50 minutos.

A ocorrência de picos de procura tende a diminuir com aumentos no TC, como evidenciado na Tabela 4.5. Ainda assim são verificadas situações em que essa tendência não

é registada, como é o caso das transições 55-60 e 75-80. Porém, é importante referir que as conclusões retiradas acerca do número de picos são relativamente limitadas, uma vez que para a sua obtenção foi realizada apenas uma única corrida de simulação com dados determinísticos. Assim, para aferir a veracidade desses picos seria conveniente efetuar um conjunto de corridas de simulação, e considerar a variabilidade intrínseca ao consumo de componentes, que impacta os  $t_{voltas}$ .

**Tabela 4.5** Quantidade de picos de procura para diferentes TC.

TC	45	50	55	60	65	70	75	80
Picos [%]	36,1	24,0	8,7	9,8	3,8	1,6	0,5	1,1

A ocorrência de picos de procura é crítica para o funcionamento do sistema de abastecimento, pois nesses casos o tempo da volta de abastecimento excede o TC, e dessa forma podem ocorrer roturas de *stock*. Assim sendo é fundamental eliminar esses picos. Todavia, a eliminação desses picos não pode passar pelo aumento substancial do TC até garantir que a probabilidade de ocorrência de picos seja bastante reduzida. Desta forma estar-se-ia a diminuir bastante a frequência de fornecimento, e consecutivamente não se estaria a retirar o devido valor do sistema *mizusumashi*. Posto isto, a solução passa por nivelar a carga de trabalho, fazendo com que, aquando da ocorrência de um pico de procura numa determinada volta  $n$ , parte dos pedidos de reabastecimento devem fornecidos nas voltas  $n+2$ ,  $n+3$ , ..., em vez de serem todos fornecidos na volta imediatamente seguinte ( $n+1$ ).

Para nivelar a carga de trabalho começou-se por nivelar os  $t_{voltas}$ , através da distribuição das diferenças ( $t_{volta_n} - TC$ ) pelas voltas subsequentes, quando  $t_{volta_n} > TC$ . O nivelamento dos  $t_{voltas}$  consiste indiretamente em nivelar a procura, uma vez que os  $t_{voltas}$  foram obtidos através do número de pedidos de reabastecimento que foram gerados em cada volta. Desta maneira é possível verificar, aquando da ocorrência de um pico de procura, o número de voltas subsequentes requeridas para satisfazer cada pico, conforme exemplificado na Figura 4.6. As células coloridas indicam que na volta em causa existe um pico de procura, sendo o significado das cores o seguinte:

- **Verde:** pico satisfeito na volta imediatamente seguinte após a sua ocorrência, uma vez que  $(t_{volta_n} - TC) + (t_{volta_{n+1}} - TC) \leq 0$ ;
- **Amarelo:** pico satisfeito passadas duas voltas após a sua ocorrência, pois  $(t_{volta_n} - TC) + (t_{volta_{n+1}} - TC) > 0$  e  $(t_{volta_n} - TC) + (t_{volta_{n+1}} - TC) + (t_{volta_{n+2}} - TC) \leq 0$ ;
- **Vermelho:** pico satisfeito passadas três voltas após a sua ocorrência, pela mesma lógica apresentada anteriormente;
- **Roxo:** pico que não cumpre nenhum dos três critérios anteriores, e por isso não é satisfeito nas primeiras três voltas.

		Volta de abastecimento																
		70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86
t_volta-TC		4,9	-12,2	0,6	-14,0	2,1	6,9	-3,1	-0,2	-9,2	-5,5	5,7	-9,0	-3,7	-10,9	16,2	-9,6	-8,8

Figura 4.6 Exemplo de satisfação dos picos de procura: TC=50 minutos.

É importante referir que a satisfação de um pico de procura não corresponde ao fornecimento dos componentes à linha de montagem. A análise realizada consiste indiretamente em nivelar a procura ao longo das várias voltas. Por sua vez, os pedidos de reabastecimento gerados em cada volta, em circunstâncias normais, são fornecidos na próxima volta. Como tal, se um pico de procura é satisfeito  $n$  voltas após a sua ocorrência, significa que existem componentes que apenas são fornecidos  $n+1$  voltas depois do registo do pedido.

Através desta análise é possível avaliar, para cada TC, se o sistema de fornecimento tem ou não folga temporal suficiente para atender às variações na procura. Caso existam picos coloridos a roxo, quer dizer que o sistema possui pouca folga, e por isso deve-se considerar um TC superior, enquanto que, se todos os picos forem coloridos a verde, significa que o sistema possui uma folga considerável para combater as variações na procura. Na Tabela 4.6, encontram-se disponíveis os resultados do nivelamento dos  $t_{voltas}$ , para os diferentes TC.  $Sn^aV$  diz respeito à percentagem de picos de procura que foram satisfeitos  $n$  voltas após a sua ocorrência. NCC corresponde à percentagem de picos que não foram satisfeitos após 3 voltas, e INC equivale aos picos que foram gerados nas últimas voltas da simulação, e por isso a sua satisfação nas próximas voltas é inconclusiva.

**Tabela 4.6** Picos de procura e respetiva satisfação em função do TC, caso 1 [%].

TC	Picos [%]	S1 <sup>a</sup> V [%]	S2 <sup>a</sup> V [%]	S3 <sup>a</sup> V [%]	NCC [%]	INC [%]
45	36,1	16,9	7,1	4,9	6,6	0,5
50	24,0	17,5	5,5	0,5	0,0	0,5
55	8,7	8,2	0,5	0,0	0,0	0,0
60	9,8	9,3	0,0	0,0	0,0	0,5
65	3,8	3,8	0,0	0,0	0,0	0,0
70	1,6	1,6	0,0	0,0	0,0	0,0
75	0,5	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0
80	1,1	0,5	0,0	0,0	0,0	0,5

Contrariamente à análise da quantidade de picos de procura (realizada anteriormente), em que se está a verificar isoladamente o  $t_{volta}$ , neste caso está-se a analisar um conjunto de  $t_{volta}$ . Deste modo, os resultados obtidos são mais fiáveis, uma vez que os possíveis aumentos ou diminuições na procura numa determinada volta, resultam provavelmente em diminuições ou aumentos, respetivamente, nas voltas subsequentes. Assim, apesar de ser útil realizar um conjunto de corridas de simulação, considerando valores de procura probabilísticos, com o intuito de confirmar a veracidade dos resultados, pode-se considerar que a simulação realizada já permite obter resultados relativamente fiáveis.

#### 4.4.1.3. Mecanismo de nivelamento da carga de trabalho

O nivelamento dos  $t_{voltas}$  não permite ainda nivelar a carga de trabalho. É necessário limitar a carga de trabalho, e definir quais os componentes que devem ser reabastecidos em cada volta.

Para limitar a carga de trabalho em cada volta, estipulou-se a capacidade do *mizusumashi*, através do número máximo de pedidos que este pode fornecer, sem que o tempo da volta exceda o TC

$$\text{Capacidade} \left[ \frac{n^{\circ} \text{ pedidos}}{\text{volta}} \right] = \frac{TC - t_{tdc}}{\frac{\overline{t_{p_{total}}} + \overline{t_{r_{total}}}}{60}} \quad (4.13)$$

em que  $t_{tdc}$  é o tempo das tarefas de duração constante,  $\overline{t_{p_{total}}}$  é o tempo de *picking* médio total, e  $\overline{t_{r_{total}}}$  é o tempo de reabastecimento médio total. O  $\overline{t_{p_{total}}}$  e o  $\overline{t_{r_{total}}}$  são quantificados em segundos/pedido.

Para a determinação do  $\overline{t_{p_{total}}}$  procedeu-se à soma ponderada dos vários tempos de *picking* (Tabela 4.1). O peso de cada um dos tempos foi calculado através do quociente entre o número de pedidos que são movimentados nas unidades de carga descritas ( $Q_{unidade \ de \ carga}$ ), e o número total de pedidos ( $QT_{pedidos}$ ), tal como representado na equação (4.14)<sup>15</sup>. Por exemplo,  $Q_{CX_G+CS_G}$  diz respeito a todos os pedidos, gerados ao longo de todas as voltas da simulação, que são movimentados nas unidades de carga, caixa X ou caixa S do tipo GROHE.

O cálculo do  $\overline{t_{r_{total}}}$  (equação (4.15)), segue a mesma lógica apresentada anteriormente. No entanto, neste caso os tempos a ter em consideração são os da Tabela 4.2.

$$\begin{aligned} & \overline{t_{p_{total}}}[\text{segundos}] \\ &= \{ [11,1 \times Q_{CX_G+CS_G}] + [17,4 \times Q_{CX_F+CS_F+CM_F+CL_F+CM_G+CL_G}] \\ &+ [13,1 \times Q_{cartuchos}] + [18,4 \times Q_{molho}] \} / QT_{pedidos} \end{aligned} \quad (4.14)$$

$$\begin{aligned} & \overline{t_{r_{total}}}[\text{segundos}] \\ &= \{ [8,1 \times Q_{CX_G+CS_G}] + [14,2 \times Q_{CM_G+CL_G}] \\ &+ [30,1 \times Q_{CX_F+CS_F+CM_F+CL_F}] + [23,3 \times Q_{molho}] \} / QT_{pedidos} \end{aligned} \quad (4.15)$$

Na Tabela 4.7 estão expressos o número máximo de pedidos, em função do TC, que o *mizusumashi* pode atender em cada volta.

<sup>15</sup>Os pedidos considerados para a determinação do  $\overline{t_{p_{total}}}$ , correspondem aos pedidos gerados ao longo das várias voltas da simulação.

**Tabela 4.7** Capacidade do *mizumashi* em função do TC.

<b>TC</b>	<b>45</b>	<b>50</b>	<b>55</b>	<b>60</b>	<b>65</b>	<b>70</b>	<b>75</b>	<b>80</b>
$\frac{n^{\circ} \text{ pedidos}}{\text{volta}}$	43	52	61	70	79	88	97	106

Para definir os componentes que devem ser reabastecidos em cada volta, teve-se em consideração as quantidades por caixa. Através da análise das quantidades por caixa, verificou-se que as caixas de alguns componentes têm autonomia para satisfazer a procura durante várias voltas do *mizumashi*. Assim sendo, significa que nesses casos, quando é gerado um pedido para o reabastecimento de uma caixa vazia, essa caixa pode ser fornecida algumas voltas mais tarde, sem que isso seja crítico. Isto acontece, pois, como o número mínimo de caixas por componente é 2, quando uma caixa fica vazia, a outra caixa tem autonomia suficiente para satisfazer a procura durante várias voltas. Posto isto, com o objetivo é nivelar a carga de trabalho, classificaram-se os componentes em prioridades no abastecimento, tendo por base a quantidade por caixa. Os componentes mais prioritários devem ser fornecidos na volta imediatamente seguinte após o registo dos pedidos, enquanto que os menos prioritários devem ser fornecidos algumas voltas mais tarde, caso a capacidade do sistema seja atingida. Seguidamente vai ser exposto o raciocínio adotado para o estabelecimento de prioridades.

O reabastecimento de uma caixa vazia pode demorar aproximadamente 2 voltas de abastecimento. Isto porque no pior cenário, a existência da caixa vazia<sup>16</sup> pode ocorrer no momento imediatamente seguinte, após o abastecedor sair da linha de montagem em causa. Portanto, até o pedido ser registado vai demorar aproximadamente 1 volta, e só passada outra volta é que o componente é reabastecido. Deste modo, para que os componentes possam ser fornecidos 1 volta para além do fluxo normal de fornecimento, ou seja, 2 voltas após o registo do pedido, as respetivas caixas têm que ter autonomia suficiente para satisfazer a procura durante pelo menos 3 voltas.

---

<sup>16</sup>A existência de uma caixa vazia é que despoleta a necessidade de reabastecimento, conforme já referido.

Tendo por base a raciocínio descrito, os componentes de primeira prioridade são os que têm uma quantidade por caixa insuficiente para satisfazer a procura durante 3 voltas do *mizusumashi*, e por isso têm que ser fornecidos na volta imediatamente seguinte após o registo do pedido, seguindo por isso o fluxo normal de fornecimento. Os componentes de segunda prioridade são os que têm uma autonomia por caixa suficiente para satisfazer a procura durante pelo menos 3 voltas, e por isso podem ser fornecidos 2 voltas após o registo dos pedidos. Os componentes de terceira prioridade são os que têm uma autonomia por caixa suficiente para satisfazer a procura durante pelo menos 4 voltas, e por isso podem ser fornecidos 3 voltas após o registo dos pedidos. Seguindo a mesma lógica, os componentes de prioridade  $n$  são os componentes que têm uma autonomia por caixa suficiente para satisfazer a procura pelo menos durante  $n+1$  voltas, e por isso podem ser reabastecidos  $n$  voltas após o pedido ser registado. Na Tabela 4.8 encontra-se resumida a lógica apresentada para o estabelecimento de prioridades.

**Tabela 4.8** Lógica para a classificação dos componentes de acordo com as prioridades no abastecimento.

<b>Classificação</b>	<b>Autonomia por caixa [A]</b>	<b>Fornecimento</b>
1ª prioridade	$A < 3$ voltas	Volta seguinte após o pedido ser registado
2ª prioridade	$3 \text{ voltas} \leq A < 4$ voltas	No máximo 2 voltas após o pedido ser registado
3ª prioridade	$4 \text{ voltas} \leq A < 5$ voltas	No máximo 3 voltas após o pedido ser registado
nª prioridade	$n+1 \text{ voltas} \leq A < n+2$ voltas	No máximo $n$ voltas após o pedido ser registado

Com a limitação do número máximo de pedidos que podem ser fornecidos em cada volta, e com a definição de prioridades no abastecimento, já é possível nivelar a carga de trabalho. Quando o número de pedidos que são necessários fornecer é inferior ou igual à capacidade pré-estabelecida para o *mizusumashi*, os componentes são todos fornecidos na volta imediatamente seguinte após o registo dos pedidos. Por sua vez, quando o número de pedidos é superior à capacidade delineada, na volta imediatamente seguinte após o registo

dos pedidos, apenas devem ser fornecidos os componentes mais prioritários. Os restantes componentes são fornecidos em voltas subsequentes.

#### 4.4.2. Dimensionamento dos *buffers*

Os *buffers* dos componentes foram dimensionados tendo por base a equação (2.7), que permite calcular o tamanho de *buffer* para um componente A numa determinada linha L ( $q_{A,L}$ ). Portanto, se um determinado componente A for consumido em linhas com diferentes cadências de produção, o tamanho de *buffer* desse componente pode ser variável. Essa é uma situação vantajosa caso existam grandes diferenças de *throughput* entre produtos que tenham componentes em comum, pois permite minimizar o *stock* desses componentes. Contudo, neste caso optou-se por considerar que os *buffers* de cada componente são fixos, independentemente da cadência de produção do produto que se está a fabricar, devido aos seguintes motivos:

- As cadências de produção dos produtos mais fabricados não têm grandes variações entre si;
- Seria necessário calcular os tamanhos de *buffer* para todos os produtos produzidos. Todavia, como a GROHE produz um grande número de referências, sendo a maioria produzidas esporadicamente, seria necessário calcular os *buffers* para todas essas referências, bem como aquando da introdução de novos produtos no sistema. Essa seria obviamente uma tarefa bastante demorada e com um baixo proveito.

Deste modo, para o dimensionamento dos *buffers* considerou-se a maior taxa de consumo de cada componente.

Relativamente ao *stock* de segurança (SS), optou-se por contemplar no cálculo deste apenas as variações na procura, que se consideraram 20%. Assim, o SS foi determinado com recurso à equação (4.16), em que  $C_A$  corresponde à procura do componente A durante uma volta de abastecimento

$$SS = C_A \times 0,2 \times 2. \quad (4.16)$$

É importante referir que a procura é multiplicada por 2, visto que, segundo a abordagem *pull*, o *buffer* do bordo de linha tem que ser suficiente para satisfazer a procura durante 2 voltas. Como tal, o *stock* de segurança tem que contemplar os desvios na procura, durante 2 voltas.



Desta forma, o *buffer* de cada componente A ( $q_A$ ) foi determinado através da equação (4.17)

$$q_A = 1 + \left[ \frac{C_A \times 2 \times 1,2}{Q_A} \right], \quad (4.17)$$

sendo que  $Q_A$  diz respeito à quantidade por caixa do componente A. Com o intuito de confirmar a veracidade da expressão (4.17), é apresentado no Anexo D um exemplo do dimensionamento de *buffers* para a situação atual, que foi retirado do livro “Kaizen in Logistics & Supply Chains”, publicado em 2013.

#### 4.4.3. Espaço requerido no comboio logístico

Relativamente ao comboio logístico, considerou-se pertinente organizar as várias carruagens em diferentes zonas de armazenamento, de maneira a que os componentes necessários fornecer a cada linha estejam todos colocados no mesmo local do comboio. A diferenciação das áreas de armazenamento em função das linhas permite que o abastecedor aquando do reabastecimento saiba exatamente quais os componentes que tem de abastecer a cada linha, e em que quantidades. Desta forma é possível diminuir o erro de colocação de componentes não desejados nos bordos de linha, e assim normalizar a atividade de reabastecimento de componentes.

Para o cálculo do espaço requerido no comboio determinou-se a área necessária para cada linha, assumindo que as linhas estão continuamente a produzir cada um dos produtos que lhe foram atribuídos no estado estacionário. O facto de determinar a área em vez do volume, deve-se à constituição das carruagens do comboio, em que cada carruagem é constituída por um conjunto de prateleiras sobre as quais os componentes são colocados. Portanto, normalmente os materiais nunca são empilhados entre si, pelo que o dimensionamento deve ser realizado tendo em consideração a área de prateleiras requerida.

Para o cálculo da área necessária para cada linha, começou-se por determinar a área média ponderada de um pedido,  $\overline{A}_p$ <sup>17</sup>, considerando os pedidos que foram gerados ao longo de todas as voltas da simulação:

$$\overline{A}_p = \frac{A_{CX} \times Q_{CX} + A_{CS} \times Q_{CS} + A_{CM} \times Q_{CM} + A_{CL} \times Q_{CL} + A_{molho} \times Q_{molho}}{QT_{pedidos}} \quad (4.18)$$

<sup>17</sup> $\overline{A}_p$  varia em função do produto que foi alocado a cada linha no estado estacionário.

sendo que os termos  $A$  correspondem à área de cada unidade de carga descrita, e  $Q$  diz respeito à quantidade de pedidos que são movimentados nas unidades de carga mencionadas. Por exemplo,  $A_{CX}$  corresponde à área das caixas de tamanho X, e  $Q_{CX}$  é a quantidade de pedidos que são movimentados em caixas do tipo X.  $QT_{pedidos}$  corresponde à totalidade dos pedidos gerados. Por último é importante referir que os vários tamanhos de caixa (X, S, M, L) evidenciados na equação (4.18) contemplam as caixas do tipo fornecedor e as caixas do tipo GROHE, ou seja, neste caso não existe diferenciação entre estes dois tipos de caixa.

Seguidamente estimou-se o número de pedidos ( $n_p$ ) a transportar para cada linha, quando a capacidade estabelecida para o *mizusumashi* em cada volta é atingida:

$$n_p = \bar{n}_p \times c \quad (4.19)$$

em que  $\bar{n}_p$  é o número médio de pedidos que foram gerados na linha em causa, por volta, e  $c$  é uma constante de proporcionalidade. A constante  $c$  resulta do quociente entre o número médio de pedidos que foram gerados para toda a área de trabalho em cada volta, e o número de pedidos que o *mizusumashi* pode atender em cada volta, tendo por base a Tabela 4.7. Por exemplo, para TC=55, o número de pedidos que o *mizusumashi* pode atender é 61, de acordo com a Tabela 4.7. Por sua vez, para TC=55, o número médio de pedidos gerados para toda a área de trabalho em cada volta é 47,19, e o número médio de pedidos para a linha TH1 ( $\bar{n}_p$ ) é 4,16. Posto isto, o número de pedidos estimados ( $n_p$ ) para a linha TH1 é:  $4,16 \times \frac{61}{47,19} = 5,39$ .

Deste modo, a área requerida por linha ( $A_{linha}$ ), é obtida através do produto entre a área média de um pedido ( $\bar{A}_p$ ), e o número de pedidos estimados ( $n_p$ ) quando a capacidade estabelecida para o *mizusumashi* é atingida. O produto destes dois termos deve ainda ser multiplicado por um fator de segurança, que neste caso se arbitrou como 1,2. Este fator de segurança tem como objetivo combater as seguintes situações:

- Em algumas voltas a área média de um pedido é superior a  $\bar{A}_p$ ;
- Não é possível aproveitar a totalidade do espaço disponível numa prateleira para a colocação das várias unidades de carga.

Então, a área necessária no comboio para o transporte de componentes para uma determinada linha,  $A_{linha}$ , é dada por:

$$A_{linha} = \bar{A}_p \times n_p \times 1,2. \quad (4.20)$$

#### 4.4.4. Análise de resultados

##### 4.4.4.1. Tempo de ciclo

Para definir o TC considera-se adequado garantir que todos os picos de procura são satisfeitos na próxima volta, após a sua ocorrência. No entanto, vai-se dimensionar o *mizusumashi* considerando que existem picos que só são satisfeitos passadas 3 voltas. O sobredimensionamento do *mizusumashi* tem como objetivo garantir que este continua a ter capacidade de resposta, caso as folgas temporais diminuam, e isso implique que existam picos a serem satisfeitos apenas passadas 3 voltas. As folgas temporais do sistema de fornecimento podem diminuir devido aos seguintes fatores:

- As linhas estarem a produzir um *mix* de produtos em que o número de pedidos é superior ao estimado;
- Aumentos esporádicos nas durações das voltas de abastecimento, devido à ocorrência de situações imprevisíveis;
- Possíveis aumentos no número de pedidos face ao estimado, devido à necessidade de trocar alguns componentes, que se alteram aquando da mudança nos produtos a fabricar.

Em relação ao 3º fator apresentado, o dimensionamento do sistema de abastecimento foi realizado considerando que cada linha estava continuamente a produzir um determinado produto. Dessa forma, todos os componentes que fossem transportados para as linhas eram gastos. No entanto, como na realidade existem mudanças nos produtos a fabricar, isso implica que normalmente uma parte do *stock*<sup>18</sup> que é transportado para as linhas não é utilizado, sendo por isso preciso fornecer uma maior quantidade de material face ao estimado. Esta relação não é totalmente linear, pois também existem *setups*, durante os quais não existe produção, o que acaba por atenuar esse aumento esperado no número de pedidos. Contudo, como os tempos de *setup* são relativamente curtos, prevê-se que por vezes o número de pedidos aumente.

Para definir o TC teve-se em conta os resultados obtidos para o nivelamento dos  $t_{voltas}$ , que se encontram disponíveis na Tabela 4.6. Assim sendo, o TC a ter como referência é 60 minutos, uma vez que todos os picos de procura são satisfeitos na próxima volta após a

---

<sup>18</sup>O facto de uma parte do *stock* não ser utilizado implica também a realização de atividades de logística inversa. No entanto, devido a vários fatores, considera-se que o peso destas atividades nas operações do *mizusumashi* é desprezável.

sua ocorrência. Por sua vez, em conformidade com a Tabela 4.7, o número máximo de pedidos por volta que o *mizusumashi* pode atender é 70, de maneira a que  $t_{voltas} \leq TC$ .

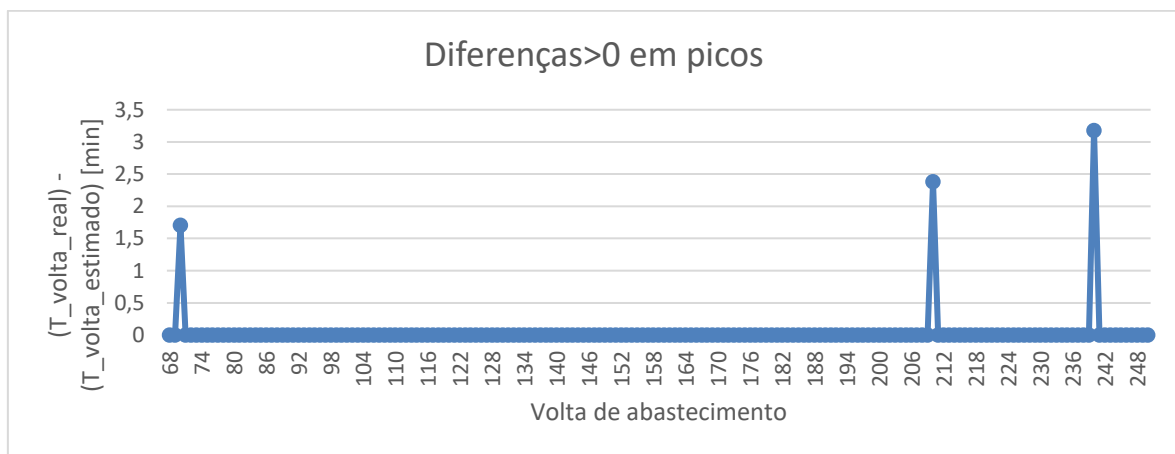
Como referido anteriormente, o objetivo é dimensionar o sistema considerando que existem picos de procura que só são satisfeitos 3 voltas após a sua ocorrência. Portanto, está-se a admitir que alguns componentes só vão ser fornecidos 4 voltas depois do registo do pedido de reabastecimento. Deste modo, é necessário classificar os componentes em 4 prioridades, em função da autonomia de uma caixa para satisfazer a procura durante  $n$  voltas do *mizusumashi*, como descrito na Tabela 4.9. Além da classificação de acordo com a autonomia, é ainda fundamental garantir que quando existem mudanças nos produtos a fabricar, os componentes que se alteram são fornecidos na volta imediatamente seguinte após o pedido ser registado. Desta forma, é também necessário classificar esses componentes como componentes de 1ª prioridade. A classificação dos componentes em prioridades tendo por base a autonomia das caixas encontra-se disponível no Anexo G.

**Tabela 4.9** Classificação dos componentes de acordo com as prioridades no abastecimento.

<b>Classificação</b>	<b>Autonomia por caixa [A]</b>	<b>Fornecimento</b>
1ª prioridade	$A < 3$ voltas	Volta seguinte após o pedido ser registado
2ª prioridade	$3 \text{ voltas} \leq A < 4$ voltas	No máximo 2 voltas após o pedido ser registado
3ª prioridade	$4 \text{ voltas} \leq A < 5$ voltas	No máximo 3 voltas após o pedido ser registado
4ª prioridade	$A \geq 5$ voltas	No máximo 4 voltas após o pedido ser registado

Por último, é importante referir que, mesmo que as durações das tarefas de abastecimento sejam cumpridas, e o número de pedidos em cada volta não excedam os 70 previstos, os  $t_{voltas}$  podem ser superiores ao TC. Estas situações acontecem, pois, para a determinação do número de pedidos que o *mizusumashi* pode fornecer em cada volta, foi considerado um tempo médio ponderado para a duração das tarefas de *picking* e de

reabastecimento às linhas (equação (4.13)). Contudo o tempo médio ponderado para duração dessas tarefas em cada volta acaba por variar, devido as variações existentes no número de unidades de carga de cada tipo. Os desvios podem ser positivos ou negativos, porém os que podem ser críticos são os positivos nas situações de ocorrência de picos, uma vez que  $t_{volta} > TC$ . Porém, através da análise da Figura 4.7 conclui-se que dificilmente esses desvios são superiores a 3 minutos, pelo que não são críticos.



**Figura 4.7** Desvios no tempo das voltas de abastecimento nas situações de picos.

#### 4.4.4.2. Tamanho dos *buffer*

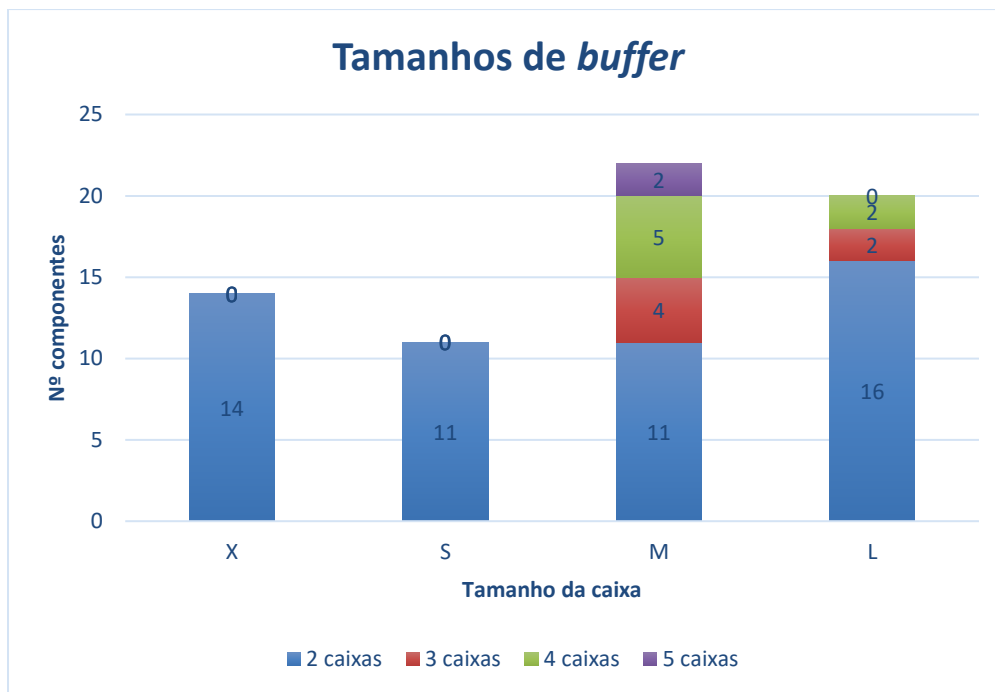
Relativamente aos tamanhos de *buffer*, é visível através da Figura 4.8 que grande parte dos componentes apenas necessitam de 2 caixas de *buffer*, sobretudo os que estão em caixas de tamanho X/S. Isto acontece, pois estas são caixas onde estão colocados componentes de menor dimensão, em que a quantidade por caixa é relativamente elevada. Pelo contrário, no caso dos componentes armazenados em caixas de tamanho M/L, por vezes são requeridas 3, 4 ou até 5 caixas de *buffer*. Isto é crítico, especialmente neste tipo de caixas, pois, várias posições dos bordos de linha apenas podem acomodar 2 ou 3 caixas destes tamanhos, por cada componente. Assim, nestes casos existem duas soluções:

- Colocar as caixas excedentes, noutra local disponível do bordo de linha;
- Fornecer esses componentes segundo o princípio *push*.

Na primeira solução, será necessário posteriormente movimentar esses componentes para a posição ergonómica mais desejada. Na segunda solução, o fornecimento do tipo *push* permite reduzir o tamanho de *buffer*, pois ao contrário do fornecimento do tipo

*pull*, neste caso é preciso ter *stock* suficiente para apenas uma volta de abastecimento, conforme mencionado na secção 2.4.

Posto isto, optou-se por uma estratégia híbrida, em que os componentes com maior rotação vão ser fornecidos segundo o princípio *push*, enquanto que os restantes vão continuar a ser fornecidos segundo o princípio *pull*.



**Figura 4.8** Tamanhos de *buffer* em função do tipo de caixas, TC=60 minutos.

Após a análise da rotatividade dos vários componentes, considerou-se que os que devem ser fornecidos segundo o princípio *push* são:

- Aquadimer direito (12433240), que é utilizado em 27% dos produtos do tipo A;
- Ligação excêntrica c/ silenciador (12959045), que é utilizado em 36% dos produtos de tipo A;
- Os 4 tipos de cartuchos (409569040, 406487040, 16609040, 16880040), que são utilizados em todos os produtos do tipo A.

Ao fornecer estes componentes segundo o princípio *push*, o seu tamanho de *buffer* diminui consideravelmente, conforme apresentado na Tabela 4.10.

**Tabela 4.10** *Buffer* dos componentes mais utilizados, colocados em caixas M/L (fornecimento *push* vs *pull*).

<b>Componente</b>	<b><i>Buffer</i> fornecimento <i>push</i></b>	<b><i>Buffer</i> fornecimento <i>pull</i></b>
12433240	2	4
12959045	3	5
409569040	3	4
406487040	3	4
16609040	2	3
16880040	2	4

O dimensionamento dos *buffers* segundo a abordagem *push* foi realizado com recurso à expressão (2.6). Apesar dessa expressão ter em consideração que o tamanho de *buffer* de um determinado componente pode alterar em função do *throughput* da linha, considerou-se que este deve ser fixo. Desta forma, para o dimensionamento do *buffer* de cada um destes 6 componentes, teve-se em conta o produto com maior cadência em que o componente é utilizado.

O tamanho dos *buffers* para os vários componentes está disponível no Anexo E.

#### **4.4.4.3. Espaço no comboio**

No que diz respeito ao espaço requerido no comboio, constata-se através da Tabela 4.11 que este é bastante variável para as diferentes linhas, devido aos produtos que lhe foram atribuídos no estado estacionário. Nas linhas TH1, TH2, TH4 e TH8, é exigido muito menos espaço comparativamente com as restantes linhas. No caso das linhas TH1, TH2 e TH8, a necessidade de menos espaço deve-se ao facto de que o produto alocado a estas linhas é um produto P2P, ou seja, é um produto que é parcialmente montado na fábrica de Albergaria, e posteriormente é enviado para outra fábrica do grupo GROHE para completar o processo produtivo. Assim, nestes produtos habitualmente são necessários menos componentes comparativamente com os restantes. Já no caso da TH4, o pouco espaço requerido deve-se à baixa cadência produtiva desta linha, que apenas produz uma subfamília específica de produtos. A linha TH7 carece de mais área, face às linhas TH3, TH5, TH6 e

TH9, uma vez que, o produto que lhe foi atribuído consome em dose dupla um componente<sup>19</sup> bastante volumoso, e que precisa de ser reabastecido em praticamente todas as voltas.

**Tabela 4.11** Espaço requerido no comboio, por linha [ $m^2$ ].

	Linhas				
	TH1 TH2 TH8	TH3 TH5 TH6	TH4	TH7	TH9
Área requerida [ $m^2$ ]	0,7	1,6	0,7	1,9	1,6

Posto isto, de forma a uniformizar o espaço requerido, vai se assumir que as linhas TH1, TH2 e TH4 requerem aproximadamente  $0,7m^2$ , por linha, e as restantes linhas necessitam de  $1,9m^2$ . O facto de considerar que a linha TH8 necessita de mais espaço, face à TH1 e TH2, acontece porque, apesar de normalmente essa linha estar a produzir um produto P2P, esporadicamente pode produzir outro tipo de produto, pelo que é essencial garantir que existe espaço aquando da ocorrência dessas situações. Desta forma, a área total estimada para o transporte de componentes é  $13,5m^2$ .

## 4.5. Novo modelo de fornecimento de materiais

Neste subcapítulo inicialmente é apresentado um novo modelo de fornecimento de materiais, de forma a que o abastecedor responsável pelo fornecimento de componentes através do *mizusumashi*, possa também realizar o fornecimento dos corpos através de carros de suspensão. Posteriormente são apresentados os resultados do nivelamento dos tempos das voltas ( $t_{voltas}$ ) para os diferentes tempos de ciclo, com o objetivo de definir o tempo de ciclo de funcionamento do *mizusumashi* nesta situação. A metodologia aplicada para o dimensionamento do sistema de abastecimento coincide com a que foi exposta anteriormente, pelo que não vai ser apresentada.

---

<sup>19</sup>O componente em causa também é utilizado nos produtos atribuídos às linhas TH3, TH5, TH6 e TH9, contudo, nestes casos é requerida apenas uma unidade do mesmo.



Para que seja possível um abastecedor fornecer a totalidade dos componentes, é necessário normalizar a utilização dos carros de suspensão, de forma a não prejudicar as operações do *mizusumashi*. Assim, em vez de fornecer os corpos apenas quando estes forem requeridos, como é feito atualmente, considera-se mais benéfico que esse fornecimento seja realizado em períodos pré-determinados, mais precisamente no final de cada volta do *mizusumashi*. Posto isto, como existem 9 linhas TH, a solução passa pelo fornecimento de corpos a 3 linhas, no final de cada volta. Deste modo, significa que o *stock* de corpos em cada linha deve ser suficiente para atender à procura durante 3 ciclos do *mizusumashi*, uma vez que cada linha só é abastecida de 3 em 3 voltas.

Relativamente ao fornecimento dos corpos através de carros de suspensão, em cada fornecimento o abastecedor não deve movimentar mais do que 4 carros em simultâneo, pois, acima desse número é considerado excesso de carga. O tempo de fornecimento de um conjunto de 4 carros é aproximadamente 4,5 minutos.

#### 4.5.1. Fornecimento de uma linha com 4 carros de suspensão

O fornecimento um conjunto de 4 carros de suspensão a cada linha, implica que em cada volta do *mizusumashi* o tempo despendido no fornecimento de corpos é  $3 \times 4,5 = 13,5$  minutos. Desta forma as tarefas de duração constante em cada volta ( $t_{tdc}$ ) passam a ter um valor de 34,5 minutos (equação (4.21)).

$$t_{tdc} = 21,0 + 13,5. \quad (4.21)$$

Para que o *mizusumashi* opere em condições de funcionamento semelhantes ao seu funcionamento isolado, deve-se garantir que todos os picos de procura são satisfeitos na volta imediatamente seguinte após a sua ocorrência. Desta forma o TC a ter como referência é 85 minutos (Tabela 4.12).

Um carro de suspensão possui 30 corpos, logo cada fornecimento realizado a uma linha, inclui um total de 120 corpos. Para TC=85 minutos, a cadência de produção máxima admitida para os produtos, de modo a que não ocorram roturas de *stock*, é

$$Cadência_{máxima} = \frac{120}{3 \times 85} = 0,47 \quad (4.22)$$

produtos/minuto, ou seja, 28 produtos/hora. Porém, globalmente, a cadência dos vários produtos costuma ser superior a 30/hora, conforme se pode visualizar através do Anexo F.

Assim conclui-se que, realizar o fornecimento de corpos a 3 linhas no final de cada volta do *mizusumashi*, sendo cada linha reabastecida com um conjunto de 4 carros de suspensão, não permite que existam corpos suficientes para a procura existente. A solução passa por aumentar a quantidade de corpos fornecidos em cada volta, abastecendo cada linha duas vezes consecutivas.

**Tabela 4.12<sup>20</sup>** Picos de procura e respetiva satisfação em função do TC, caso 2 [%].

TC	Picos [%]	S1 <sup>a</sup> V [%]	S2 <sup>a</sup> V [%]	S3 <sup>a</sup> V [%]	NCC [%]	INC [%]
70	29,0	18,0	6,0	2,2	2,2	0,5
75	18,6	17,5	1,1	0,0	0,0	0,0
80	8,7	7,1	1,1	0,0	0,0	0,5
85	3,8	3,8	0,0	0,0	0,0	0,0
90	2,7	2,7	0,0	0,0	0,0	0,0
95	1,1	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0
100	2,2	1,6	0,0	0,0	0,0	0,5
105	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

#### 4.5.2. Fornecimento de uma linha com 8 carros de suspensão

O abastecimento de cada linha duas vezes consecutivas implica que no máximo sejam fornecidos um total de 8 carros de suspensão. Para tal, pressupõe-se que o tempo de fornecimento de 8 carros a cada linha tem uma duração aproximada de 8 minutos. Assim sendo, em cada volta do *mizusumashi* o tempo despendido no fornecimento de corpos é  $8 \times 3 = 24$  minutos, e as tarefas de duração constante ( $t_{tdc}$ ) passam a ter um valor de 45 minutos (equação (4.23)).

<sup>20</sup>Como a descrição desta tabela já foi apresentada anteriormente, optou-se por não a divulgar novamente, devido à sua elevada extensão. A descrição encontra-se disponível próxima da Tabela 4.6.

$$t_{tdc} = 21,0 + 24,0. \quad (4.23)$$

Neste caso, para que o *mizusumashi* opere em condições de funcionamento semelhantes ao seu funcionamento isolado, é necessário considerar TC=100 minutos, de maneira a que todos os picos de procura sejam satisfeitos na volta imediatamente seguinte após a sua ocorrência (Tabela 4.13).

O fornecimento de 8 carros de suspensão implica um reabastecimento total de 240 corpos, que garantem autonomia suficiente para a combater a procura durante 3 ciclos do *mizusumashi*, caso a cadência dos produtos seja inferior a 48 torneiras/hora (equação (4.24)). Como todos os produtos têm cadências de produção menores ou iguais a 42 torneiras/hora (Anexo F), pode-se concluir que estas condições de fornecimento permitem que o operador do *mizusumashi* forneça também os corpos através de carros de suspensão.

$$Cadência_{máxima} = \frac{240}{3 \times 100} \times 60 = 48 \text{ [torneiras/hora]} \quad (4.24)$$

**Tabela 4.13<sup>21</sup>** Picos de procura e respetiva satisfação em função do TC, caso 3 [%].

TC	Picos [%]	S1 <sup>a</sup> V [%]	S2 <sup>a</sup> V [%]	S3 <sup>a</sup> V [%]	NCC [%]	INC [%]
85	37,2	13,7	12,6	4,9	4,9	1,1
90	26,2	20,2	3,3	2,2	0,0	0,5
95	14,8	13,7	1,1	0,0	0,0	0,0
100	12,0	11,5	0,0	0,0	0,0	0,5
105	5,5	4,9	0,0	0,0	0,0	0,5
110	3,8	3,8	0,0	0,0	0,0	0,0
115	1,6	1,6	0,0	0,0	0,0	0,0
120	1,6	1,1	0,0	0,0	0,0	0,5

<sup>21</sup>Como a descrição desta tabela já foi apresentada anteriormente, optou-se por não a divulgar novamente, devido à sua elevada extensão. A descrição encontra-se disponível próxima da Tabela 4.6.

### 4.5.3. Análise de resultados

Para que o abastecedor responsável pelo fornecimento de componentes através do *mizusumashi* possa também fornecer os corpos através da utilização de carros de suspensão, é necessário adotar um TC=100 minutos para o funcionamento do *mizusumashi*. Comparativamente com a situação em que os dois meios de fornecimento são utilizados de forma independente, a junção de ambos implica um incremento de 67% no TC do *mizusumashi*, que se repercute num aumento considerável dos tamanhos dos *buffers*, tal como representado através da análise e respetiva comparação da Figura 4.8 e da Figura 4.9. O aumento ocorre maioritariamente em componentes colocados em caixas de tamanho M/L, que são as mais críticas para acondicionamento na linha, devido à escassez de espaço. Em certas situações os componentes colocados nessas caixas atingem 6 e 7 caixas de *buffer*, o que se torna crítico. Além disso, o *stock* de 8 carros de suspensão seria suficiente para 89% da produção, durante um turno de trabalho, considerando uma cadência de produção de 36 torneiras/horas, o que é manifestamente grande.

Assim sendo, constata-se que a junção dos dois meios de fornecimento não é proveitosa, pois não permite retirar o devido valor da diminuição dos *stocks* no bordo de linha através da utilização do sistema *mizusumashi*. Portanto, recomenda-se que o fornecimento de corpos não seja realizado pelo mesmo operador que fornece componentes através do *mizusumashi*.

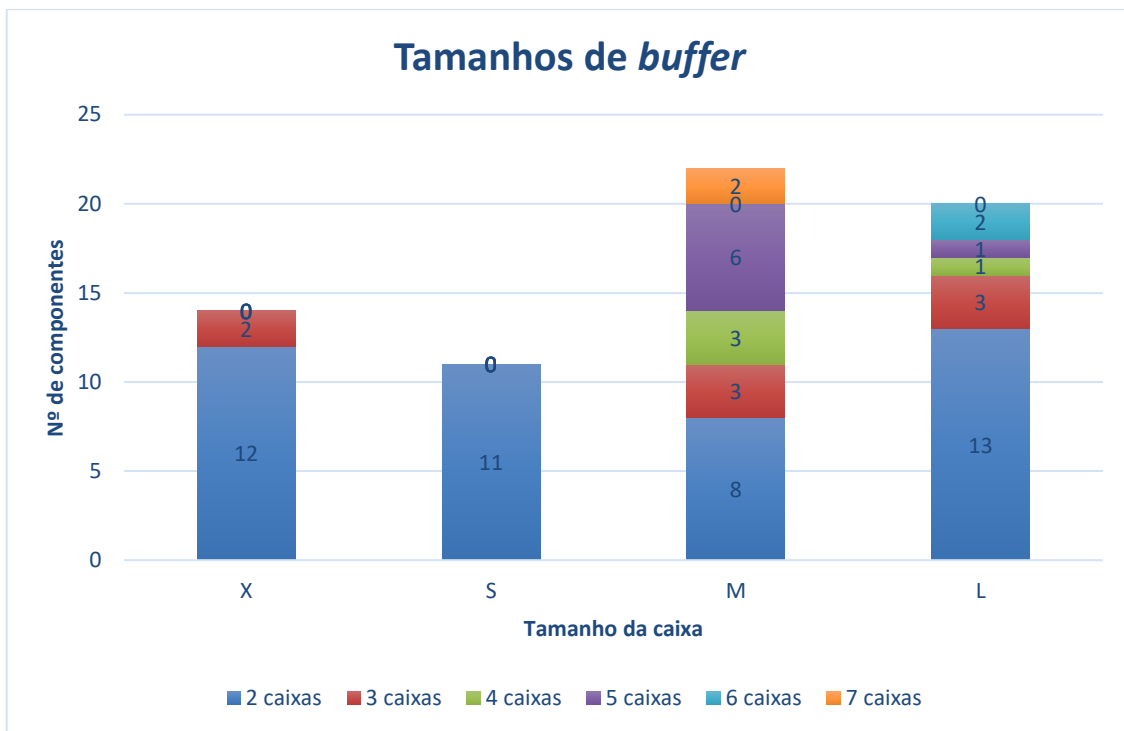


Figura 4.9 Tamanhos de buffers em função do tipo de caixa, TC=100 minutos.



## 5. IMPLEMENTAÇÕES

Neste capítulo vão ser apresentadas sugestões de implementação que permitam implementar e normalizar o sistema *mizusumashi* projetado no capítulo anterior. Essas sugestões consistem no desenvolvimento de mecanismos de gestão visual (secção 5.1) e na melhoria do sistema informático (secção 5.2).

### 5.1. Gestão visual

A gestão visual tem como objetivo auxiliar os operadores a tomarem decisões, e permite que sejam criados padrões para a realização das tarefas.

Neste caso, esses mecanismos incluem:

- **Identificação das prateleiras do comboio logístico:** conforme mencionado no capítulo anterior, considera-se pertinente diferenciar as várias carruagens do comboio em zonas. Cada zona é destinada ao armazenamento dos componentes necessários fornecer a uma determinada linha. Para isso, é importante identificar cada prateleira do comboio com a respetiva linha que lhe está endereçada. Desta forma, no momento do reabastecimento, o abastecedor sabe exatamente o material pertencente a cada linha.
- **Marcação da rota e dos pontos de paragem:** é conveniente assinalar no solo a rota de abastecimento e os respetivos pontos de paragens.
- **Colocação de marcas visuais para o controlo do nível de *stock*:** conforme já referido ao longo deste documento, existem alguns componentes em que a unidade de carga é o molho. Nesses casos, como os molhos são feitos pelo abastecedor e como não existe nenhum mecanismo que limite a quantidade desses componentes no bordo de linha, muitas vezes é verificada uma quantidade excessiva desses componentes. Isso acontece porque cada abastecedor coloca a quantidade de material que considera adequada. Portanto, sugere-se a colocação de marcas visuais nos bordos de linha, idênticas à representada

na Figura 5.1, que permitam controlar o *stock* desses componentes. Quando o *stock* atingir o nível “MIN”, indica que é momento de reabastecimento. Por sua vez o nível “MÁX” indica o máximo de componentes que devem ser reabastecidos.

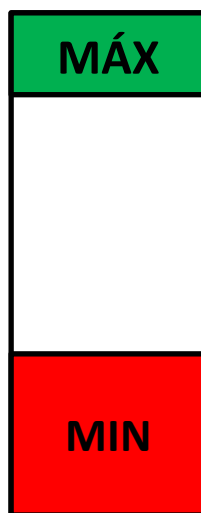


Figura 5.1 Controlo do *stock* em componentes movimentados ao molho.

## 5.2. Sistema informático

Como já revelado no presente documento, o registo dos vários pedidos de reabastecimento é feito com suporte a um sistema informático. Em cada linha de montagem está um computador, no qual são registados os vários pedidos. Além desses, existe ainda um computador central, próximo dos locais de armazenamento de componentes, com a finalidade de compilar os vários pedidos registados em cada linha, e de realizar a lista de *picking*.

### 5.2.1.1. Algoritmo de escalonamento

No capítulo anterior verificou-se que o TC a ter como referência é 60 minutos, e que é preciso classificar os componentes em 4 prioridades de abastecimento, de forma a nivelar a carga de trabalho. Posto isto, para implementar o mecanismo de nivelamento da carga de trabalho descrito na secção (4.4.1.3), sugere-se a criação de um algoritmo de escalonamento. Este algoritmo tem como objetivo gerar uma lista de *picking*, na qual o



número máximo de pedidos de reabastecimento não pode exceder a capacidade pré-estabelecida para o *mizusumashi*, e os componentes a fornecer devem respeitar as prioridades de abastecimento delineadas. Para isso, este algoritmo deve ser introduzido no computador central que compila os pedidos realizados em cada linha.

O princípio de funcionamento consiste na criação de cinco listas de pedidos:

- Lista A: pedidos registados na volta atual (a);
- Lista B: pedidos registados na volta anterior (a-1);
- Lista C: pedidos registados na volta anterior (a-2);
- Lista D: pedidos registados na volta anterior (a-3);
- Lista E: pedidos registados na volta atual, com os componentes da próxima ordem de produção.

Nas listas A, B, C e D os componentes devem estar classificados de acordo com as suas prioridades de abastecimento (1-4). Seguidamente, o algoritmo deve contruir a lista de *picking* de acordo com a seguinte precedência, até perfazer os 70 pedidos estipulados (Tabela 5.1).

**Tabela 5.1** Ordem de satisfação dos pedidos para a elaboração da lista de *picking*.

Precedência	Descrição
1	Componentes da <u>lista A e 1ª prioridade</u> Componentes da <u>lista B e 2ª prioridade</u> Componentes da <u>lista C e 3ª prioridade</u> Componentes da <u>lista D e 4ª prioridade</u> Componentes da <u>lista E</u>
2	Componentes da <u>lista A e 2ª prioridade</u> Componentes da <u>lista B e 3ª prioridade</u> Componentes da <u>lista C e 4ª prioridade</u>
3	Componentes da <u>lista A e 3ª prioridade</u> Componentes da <u>lista B e 4ª prioridade</u>
4	Componentes da <u>lista A e 4ª prioridade</u>

### 5.2.1.2. Definição dos *buffers*

Como mencionado no capítulo de descrição do problema, atualmente não existe nenhum mecanismo que permita aos abastecedores identificarem o tamanho de *buffer* dos vários componentes. Assim, com o intuito de combater essa lacuna, sugere-se que seja feita uma pequena alteração no *software* dos computadores presentes nas várias linhas. Nesse *software*, os vários componentes constituintes do produto que está a ser montado, aparecem expostos de forma semelhante à representada na Figura 5.2. A sugestão passa por introduzir em cada componente a identificação do seu tamanho de *buffer*, tal como retratado na Figura 5.3.

Desta forma, aquando do registo dos pedidos de reabastecimento, o abastecedor apenas tem que identificar, para cada componente, o número de caixas não vazias e o número de caixas de *buffer*. Caso não coincidam, deve encomendar a diferença entre ambos.

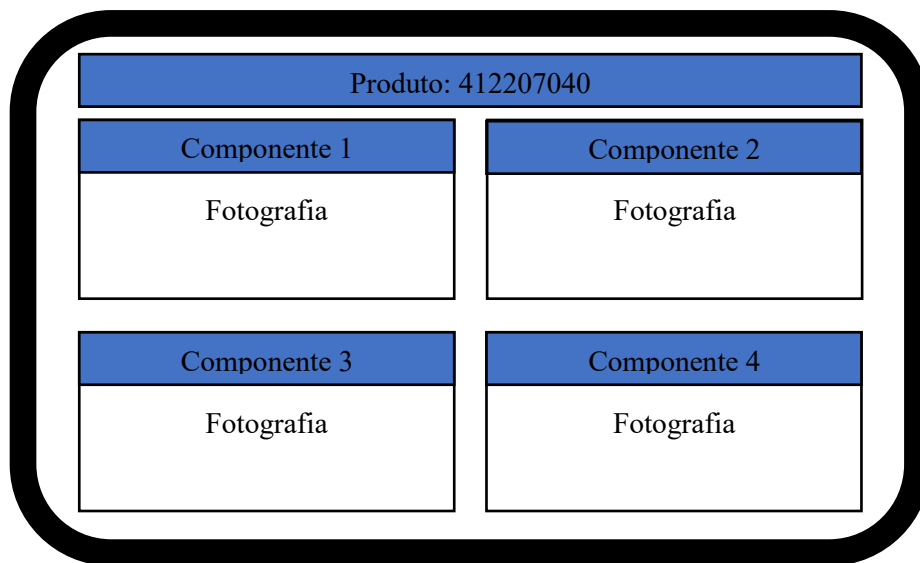


Figura 5.2 *Software* atual de registo de pedidos.

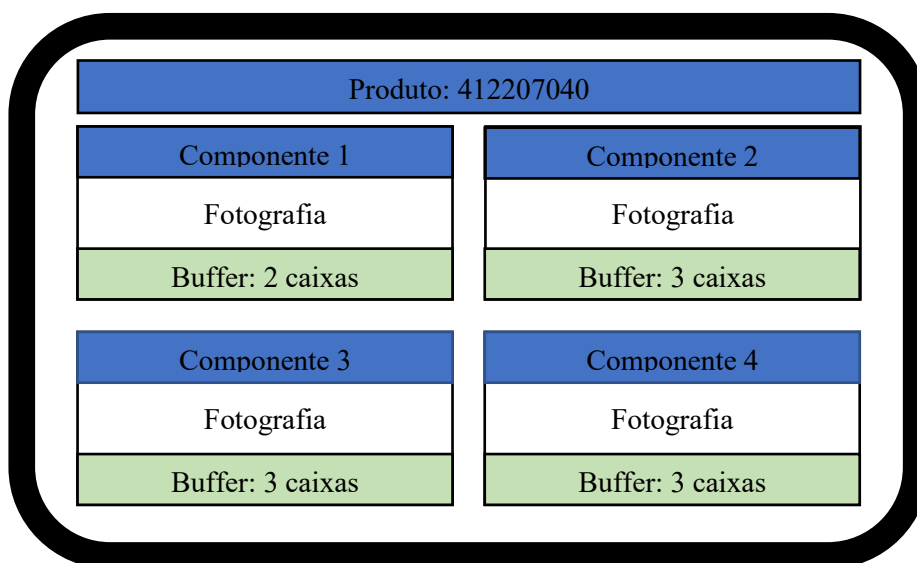


Figura 5.3 Sugestão de melhoria no *software* de registo de pedidos.



## 6. CONCLUSÃO

Neste trabalho foi possível atingir os objetivos delineados: projetar um novo sistema *mizusumashi* e desenvolver ações de implementação que permitam normalizar e controlar as atividades de reabastecimento.

O fornecimento de componentes às linhas de montagem envolve a utilização de dois métodos de fornecimento distintos: *mizusumashi* e carros de suspensão. Numa primeira fase dimensionou-se o sistema *mizusumashi* isoladamente, e posteriormente averiguou-se a compatibilidade dos dois métodos de fornecimento serem realizados pelo mesmo operador logístico. Desta forma, concluiu-se que os dois métodos devem ser realizados por operadores diferentes, caso contrário, o tempo de ciclo do *mizusumashi* aumenta 67%, face ao seu funcionamento isolado, e consecutivamente são registados aumentos significativos nos tamanhos dos *buffers* dos componentes.

O tempo de ciclo de operação do *mizusumashi* deve ser 60 minutos, de forma a que este tenha capacidade de fornecer todos os pedidos de reabastecimento que gerados ao longo de um turno de trabalho. Além disso, não devem ser fornecidos mais do que 70 pedidos de reabastecimento em cada volta, de modo a que as durações das voltas de abastecimento não excedam o tempo de ciclo.

Por vezes o número de pedidos de reabastecimento pode ser superior a 70, como tal desenvolveu-se um mecanismo de nivelamento da carga de trabalho em que parte dos pedidos são fornecidos em voltas subsequentes. Para isso, classificaram-se os componentes em várias classes, de acordo com a prioridade no abastecimento. Os componentes mais prioritários devem ser fornecidos na volta imediatamente seguinte após o pedido ser registado, enquanto que os componentes menos prioritários, devem ser fornecidos em voltas subsequentes, caso o número de pedidos a fornecer seja superior a 70. Para a gerir os pedidos que devem ser fornecidos cada volta, foi sugerido a realização de um algoritmo de escalonamento.

Para um tempo de ciclo de 60 minutos são verificadas situações em que o número de caixas de *buffer*, requeridas por componente, excedem a capacidade do bordo de linha. Dessa forma, sugeriu-se que nesses casos, os componentes com maior índice rotacional fossem fornecidos segundo a abordagem *push*, que providencia menores tamanhos de *buffer*.

Relativamente à organização do comboio logístico, optou-se pela criação de diferentes zonas de armazenamento, em função das linhas. Em cada zona apenas devem ser colocados os componentes da linha endereçada. Estima-se que a área total requerida no comboio para o acondicionamento de componentes seja 13,5m<sup>2</sup>.

No que diz respeito às principais limitações do trabalho, é importante referir que, para o dimensionamento do sistema de abastecimento, foi realizada uma simulação em Excel com o objetivo de estimar os pedidos de reabastecimento que são gerados em cada volta do *mizusumashi*. Assim, é fundamental identificar pelo menos dois problemas desta abordagem. O primeiro problema é que apenas foi realizada uma única corrida de simulação com dados determinísticos, e desta forma não foi contemplada a variabilidade intrínseca às operações. O segundo problema deve-se ao facto de apenas se ter considerado um *mix* de produtos estático. Assim sendo, não foi possível ter em consideração possíveis variações no número de pedidos, quando as linhas estão a produzir outros tipos de produtos. Além disso, não se conseguiu averiguar o impacto em termos de número de pedidos, da substituição dos componentes que se alteram quando existem mudanças nos produtos a fabricar.

Relativamente às sugestões de trabalhos futuros, estas podem ser divididas em três fases. Inicialmente deve ser implementado o novo sistema *mizusumashi* dimensionado. Posteriormente, como apenas se projetou o *mizusumashi* responsável pelo abastecimento de uma área produtiva, numa segunda fase devem-se projetar e implementar os sistemas de abastecimento de outras áreas de trabalho. Por último, sugere-se o desenvolvimento de um plano de melhoria contínua para a logística interna, de forma a melhorar o desempenho desta atividade, mas sobretudo com o objetivo de garantir que todo o trabalho realizado não se degrada ao longo do tempo.

---

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Coimbra, E. A. (2013), "Kaizen in Logistics and Supply Chains", Mc Graw Hill.
- Gotthardt, S., Hulla, M., Eder, M., Karre, H., e Ramsauer, C. (2019). Digitalized milk-run system for a learning factory assembly line. Acedido a 20 de abril de 2020, em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2351978919303920>.
- Grohe (2020a), "About Grohe". Acedido a 5 de maio de 2020, em: <https://www.grohe.com/en/corporate/about-grohe.html>.
- Grohe (2020b), "Grohe SPA Colours". Acedido a 5 de maio de 2020, em: <https://pro.grohe.com/35158/planning-your-project/grohe-spa-colours/>.
- Harris, C., Harris, R., e Streeter, C. (2011), "Lean Supplier Development: Establishing Partnerships and True Costs Throughout the Supply Chain", CRC Press.
- Hydoxdwlqj, W. R., Rswlrqv, G., Pdnlj, D. Q. G., Frqvlghulqj, D. G., e Sulqflsohv, H. (2017), "Module-based modeling and analysis of just-in-time production adopting dual-card kanban system and Mizusumashi worker". Acedido a 18 de abril de 2020, em: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8248088>.
- Klenk, E., e Galka, S. (2019), "Analysis of real-time tour building and scheduling strategies for in-plant milk-run systems with volatile transportation demand". Acedido a 15 de Abril de 2020, em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405896319315010>.
- Klenk, E., Galka, S., e Giinthner, W. A. (2015). "Operating Strategies for In-Plant Milk-Run Systems". Acedido a 18 março de 2020, em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S240589631500600X>.
- Monden, Yashiro. (1994), "Toyota Production System: An Integrated Approach to just-in-time", 2ª Ed., Chapman & Hall.
- Monden, Yasuhiro. (2011), "Toyota Production System: An Integrated Approach to just-in-time", 4ª Ed., CRC Press.
- Nomura, J., e Takakuwa, S. (2006), "Optimization of a number of containers for assembly lines: The fixed-course pick-up system". Acedido a 18 de março de 2020, em: <https://pdfs.semanticscholar.org/9255/5c783ff0bcafe5bc5b5a0ab85e8dfd9f76b0.pdf>.
- Ohno, T. (1988), "Toyota Production System: beyond large-scale production", Productivity

Press.

Planet Lean (2020), "What a good supermarket looks like". Acedido a 5 de julho de 2020, em:

<https://planet-lean.com/lean-material-handling-supermarket/>.

Rosa, C., Silva, F. J. G., e Ferreira, L. P. (2017), "Improving the Quality and Productivity of Steel Wire-rope Assembly Lines for the Automotive Industry". Acedido a 13 de abril de 2020, em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2351978917304225>.

Schmidt, T., Meinhardt, I., e Schulze, F. (2016), "New design guidelines for Inplant milk-run systems". Acedido a 3 de março de 2020, em:

[https://www.researchgate.net/publication/324201362\\_New\\_design\\_guidelines\\_for\\_Inplant\\_milk-run\\_systems/link/5ac496d2aca27218eabc5bd1/download](https://www.researchgate.net/publication/324201362_New_design_guidelines_for_Inplant_milk-run_systems/link/5ac496d2aca27218eabc5bd1/download).

Tellini, T., Silva, F. J. G., Pereira, T., Morgado, L., Campilho, R. D. S. G., e Ferreira, L. P. (2019), "Improving In-Plant Logistics Flow by Physical and Digital Pathways" Acedido a 18 de março de 2020, em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2351978920301815>.

Toyota (2020), "Toyota Production System". Acedido a 18 de março de 2020 em:

<https://global.toyota/en/company/vision-and-philosophy/production-system/>.

Urru, A., Bonini, M., e Echelmeyer, W. (2018), "Planning and dimensioning of a milk-run transportation system considering the actual line consumption". Acedido a 3 de março de 2020, em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405896318307894>.

Womack, J. P., e Jones, D. T. (2003), "Lean Thinking Banish Waste and Create Wealth in your Corporation", Free Press.



## ANEXO A

Com o objetivo de comprovar a necessidade de ter uma UC extra no dimensionamento de *buffers*, no caso em que a autonomia da UC é inferior a duas voltas de abastecimento, será apresentado de seguida um exemplo.

O consumo do componente X, na linha de montagem L é 36/h. O tempo de ciclo de abastecimento é 1h, e o componente X está colocado em caixas com 42 unidades. Posto isto, o tamanho de *buffer*, em número de caixas, seria:

$$q_{X,H} = \frac{36 \times 2}{42} = 1,7$$

ou seja, 2 caixas.

Com recurso à Figura A.0.1 é possível analisar a evolução do *buffer* do componente X, ao longo das várias voltas de abastecimento. No instante  $t$  admitiu-se que o *buffer* está totalmente completo com as 2 caixas cheias. Na volta seguinte (instante  $t+1$ ), a caixa A apenas possui 6 componentes e a caixa B ainda está completa, como tal não é realizado nenhum pedido para o reabastecimento do componente. Na próxima volta (instante  $t+2$ ), a caixa A já se encontra vazia, e a caixa B possui 12 componentes, pelo que vai ser registado um pedido para o reabastecimento da caixa A. No entanto, como a caixa A apenas vai ser reabastecida no instante  $t+3$ , implica que durante a volta  $n+2$  vai ocorrer rotura de *stock* do componente X.

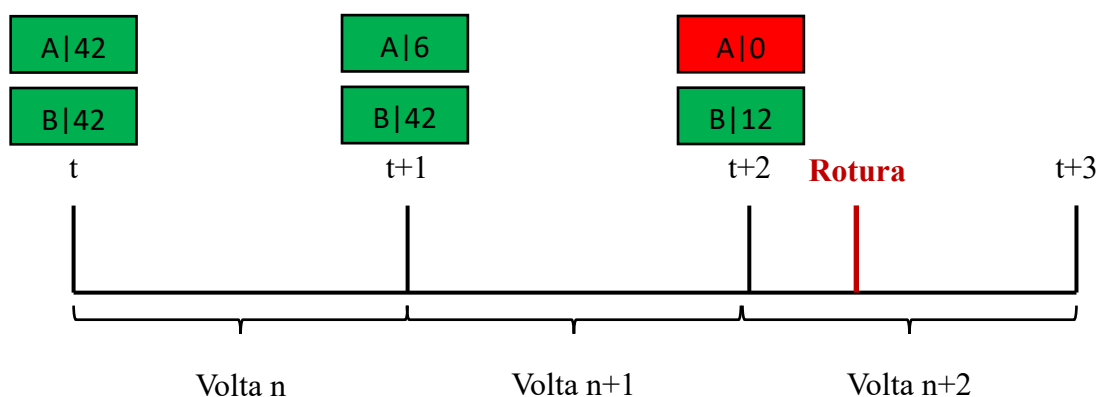


Figura A.0.1 Evolução do *buffer* ao longo das voltas de abastecimento

Posto isto, pode-se concluir que nas situações em que a autonomia das caixas é inferior a 2 voltas de abastecimento é necessário adicionar uma caixa extra no dimensionamento do *buffer*, uma vez que, a caixa que está a ser consumida no momento do reabastecimento não pode ser na prática contabilizada como *stock*.

A rotura só ocorre em caixas com autonomia inferior a 2 voltas, pois, no pior cenário a caixa que está a ser consumida no momento do registo dos pedidos fica vazia imediatamente após o abastecedor abandonar a linha de montagem em causa. Assim, vai ser requerida praticamente mais uma volta para reconhecer o pedido, e só na volta subsequente é que o componente é fornecido. Desta maneira, para que não ocorram roturas de *stock* é necessário que a outra caixa presente no bordo de linha tenha autonomia suficiente para atender à procura durante as duas voltas requeridas para a reposição da caixa vazia.

## ANEXO B



Figura B.0.1 Pontos de picking



# ANEXO C

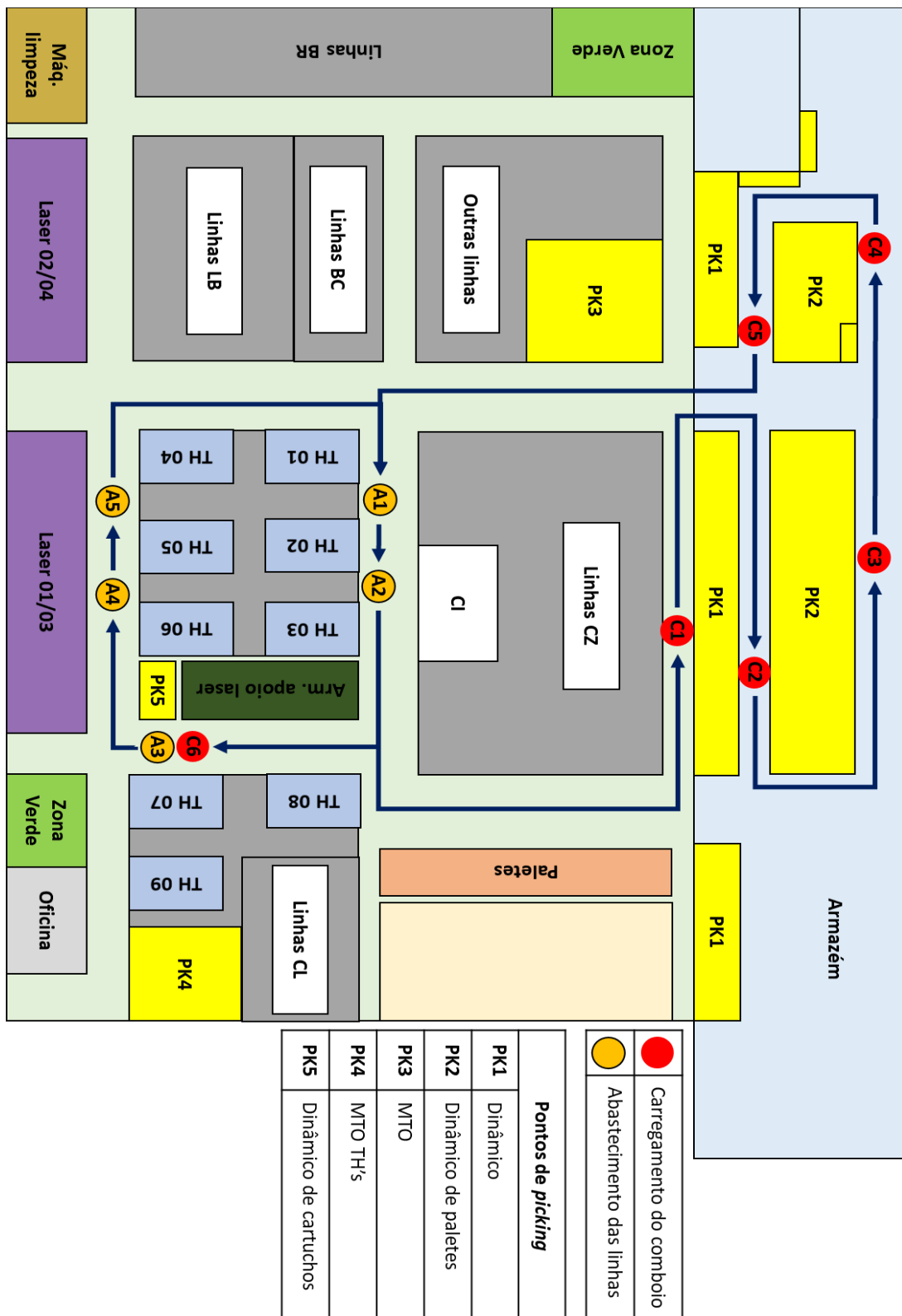


Figura C.0.1 Rota de fornecimento atual



## ANEXO D

**Tabela D.0.1** Exemplo de dimensionamento dos buffers dos componentes fornecidos pela abordagem *pull*, adaptado de Coimbra (2013)

	Parâmetros	Fórmula	Unidades	Peça A	Peça B	Peça C	Observações
a	Procura média		peças/hora	30	15	5	
b	Lead time médio		horas	1	1	1	Ciclo do mizusumashi
c	Variações na procura		%	10%	10%	20%	
d	Variações no lead time		%	0%	0%	0%	Ciclo normalizado do mizu=sem atrasos
e	Tamanho da caixa		peças/caixa	4	2	5	
f	Ciclo de <i>stock</i>	$a*b$	peça	30	15	5	
g	Stock segurança p/ variações na procura	$f*c$	peça	3	2	1	
h	Stock de segurança p/ variações no lead time	$(f+g)*d$	peça	0	0	0	
i	Tamanho de buffer	$(f+g+h)*2+e$	peça	70	38	14	Tamanho do supermercado do cliente
	Tamanho de buffer	$i/e$	caixas	18	10	7	Tamanho do supermercado do cliente





## ANEXO E

Componente	Qnt/peça	Descrição	Tipo Caixa	Buffer [caixas]
02491031	1	Parafuso CL M4x27,5, c/fenda	CX_G	2
495051040	1	PM - Casq. Ø19x39 M16x1 latão c/O-rings	CX_G	2
01386031	2	Vedante vulcan fibre Ø24xØ15x2,5	CX_G	2
411743031	2	Crivo hexagonal 12,3x4 inox	CX_G	2
02511031	1	Parafuso CL M4x10,5, c/fenda	CX_G	2
00666031	2	Tampa de protecção PE-HD, 28x8, transp.	CX_G	2
403404040	1	Válvula Anti-Retorno	CX_G	2
03012131	1	Paraf. M4X8,3 Fenda CuZn	CX_G	2
400463031	1	Tampa de protecção PE-HD, 28x8, vermelha	CX_G	2
400464031	1	Tampa de protecção PE-HD, 28x8, azul	CX_G	2
01435031	1	Vedante Ø10,5xØ14,5x1,0	CX_G	2
05744031	1	Clip	CX_G	2
05109031	1	Paraf. M4X24,7 Fenda CuZn	CX_G	2
09975031	1	O-ring 9,5x2	CX_G	2
12866040	1	PM - Casq. M15xG1/2 crom. + O-ringTOP200	CS_G	2
07530340	1	Silenciador	CS_G	2
64592131	1	Stop cinzento plástico L26,7 Ø35,2	CS_G	2
11360031	1	Stop L25,2 Ø22,3 azul, plástico	CS_G	2
05110131	1	Aplicação castelo D22.1x24.95 POM	CS_G	2
407189031	1	Tampa plást. p/ saída G1/2	CS_G	2
403647031	1	Manga batente roxa plást L21,5 Ø34	CS_G	2
406162031	1	Stop roxo plástico L25,2 Ø22,3	CS_G	2
09841K31	1	Anel Stop	CS_G	2
05107331	1	Manga cinzenta	CS_G	2
10101231	1	Porca Ø36x10,5 M36x1 SW34 inox	CS_F	2
06902040	2	PM sede M20 c/o-ring c/valv antireTOP200	CM_G	2
03035338	2	Porca c/ capa. G3/4x16	CM_G	2
16529040	1	PM - Adap plás 66,5xØ25,2 c/3O-rinTOP200	CM_G	2
12433240	1	Aquadimmer direito (novo)	CM_G	2
12987145	1	Limitador de temperatura	CM_G	2
90701031	1	Saco Plástico 385x385	CM_G	2
16393040	1	PM tubo plást. Ø29,1x116 c/ o-ring	CM_G	2
12862045	1	Pré-mont. crivos em saco pergaminho	CM_G	2
16397040	1	PM tubo plás. Ø29,1x65,5 c/sile c/o-ring	CM_G	2
12984045	2	Lig.Exc. Cosmo, s/ crivo, c/ silenciador	CM_G	5
406292040	1	Maníp. THM NEW (int.azul c/stop 50max)	CM_G	4
15813040	1	PM Aplic.plást.Ø29xØ18x29,8 c/O-riTOP200	CM_G	2
16110140	1	Elem. termostático c/ o-ring TWVO	CM_G	3
409569040	1	Cart. THM 1/2" EN1111 plást. (int.)	CM_G	3

**Figura E.0.1** Tamanhos de *buffers* dos componentes colocados em caixa

Componente	Qty/peça	Descrição	Tipo Caixa	Buffer [caixas]
406487040	1	Cart. THM 1/2" plást. C3 azul int.	CM_G	3
16609040	1	PM cart. 50max plást. c/ adapt. plást.	CM_G	2
16880040	1	PM cart. EN1111 c/ adapt. plást.	CM_G	2
06725540	1	Castelo Carbodur G1/2xM24 180° Dir. FDL	CM_G	2
12959045	2	Lig. excêntrica, 1/2x3/4 c/silenciador	CM_F	3
16277140	2	PM sede M20 c/ valv c/ casq. c/ porca	CM_G	3
406163040	1	Maníp. THM NEW (int.azul/roxo)	CM_F	3
05692031	1	Disco Plástico Branco D28,3 d22,5 H1,3	CM_G	2
64586240	2	PM - Maníp. TH Cosmo plást. (pino latão)	CL_G	2
64585038	2	Tampa maníp. THM Cosmo	CL_G	2
405983040	1	Maníp. THM 800 direito, montado	CL_G	2
405954138	2	Tampa maníp. THM Prec. Start, crom.	CL_G	2
406107040	1	Maníp. THM 800 esquerdo, montado	CL_G	2
406147138	2	Tampa maníp. THM NEW, crom.	CL_G	2
400636140	2	Maníp. THM Prec. Joy/Start mont.	CL_G	2
64586340	2	PM - Maníp. TH Cosmo metal	CL_G	3
16398040	1	PM adapt. plást. Ø29,1x92 c/ o-ring	CL_G	2
406290040	1	Maníp. THM 800 direito 50 max, montado	CL_G	2
16090045	2	Lig. Exc. Clívia II c/ silenciador	CL_G	4
402162040	1	PM Manípulo + Botão Direito	CL_G	2
402161040	1	PM Manípulo + Botão Esquerda	CL_G	2
92108031	1	Etiqueta branca 36X70mm	CL_G	2
10100031	1	manga batente	CL_G	2
408631040	1	Válvula anti-retorno - saída de água.	CL_F	2
64679240	1	Botão inversor banh. (plást.)	CL_F	2
13952040	1	Emulsor M24x1	CL_F	2
406679040	2	Maníp. Pr. Trend (int.azul) mont.	CL_F	4
403324040	1	Inversor plást./latão G1/2	CL_F	3

Figura E.0.2 Tamanho de *buffer* dos componentes colocados em caixa (continuação)

## ANEXO F

**Tabela F.0.1** Cadência de produção dos produtos do tipo A

<b>Produtividade dos produtos do tipo A</b>	
<b>Produto</b>	<b>Cadência [/hora]</b>
412207040	36
34558000	39
34567000	31
34143003	32
412203040	36
34147003	35
34594000	33
34065002	39
34565140	40
34561000	42
408717140	35
34438003	31
34146003	37
34562000	41
34155003	24
75153026	30
34595000	35
34229002	32
64594840	36



## ANEXO G

1ª Prioridade	2ª Prioridade	3ª Prioridade	4ª Prioridade
12433240	495051040	64592131	02491031
16393040	00666031	12862045	01386031
12984045	06902040		411743031
406292040	64586240		02511031
16110140	400636140		403404040
16277140	16398040		03012131
406163040	06725540		400463031
64586340			400464031
16090045			01435031
406679040			05744031
403324040			05109031
409569040			09975031
406487040			12866040
16609040			07530340
16880040			11360031
12959045			05110131
			407189031
			403647031
			406162031
			09841K31
			05107331
			10101231
			03035338
			16529040
			12987145
			90701031
			16397040
			15813040
			05692031
			64585038
			405983040
			405954138
			406107040
			406147138
			406290040
			402162040
			402161040
			92108031
			10100031
			408631040
			64679240
			13952040

Figura G.0.1 Classificação dos componentes de acordo com as prioridades no abastecimento