



Ana Carina Mira Tavares

Licenciada em Ciências de Engenharia e Gestão Industrial

***Demand Driven Material Requirements
Planning (DDMRP): Estudo Exploratório***

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia e Gestão Industrial

Orientadora: Professora Doutora Alexandra Maria Baptista Ramos Tenera, Professora Auxiliar, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa

Co-orientadora: Professora Doutora Carina Maria Oliveira Pimentel, Professora Auxiliar, Universidade de Aveiro

Júri:

Presidente: Prof. Doutora Virgínia Helena Arimateia de Campos Machado, Professora Auxiliar, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa

Arguente: Prof. Doutora Anabela Carvalho Alves, Professora Auxiliar, Universidade do Minho/Escola de Engenharia

Vogal: Prof. Doutora Alexandra Maria Baptista Ramos Tenera, Professora Auxiliar, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa



FACULDADE DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

março, 2019

Ana Carina Mira Tavares

Licenciada em Ciências de Engenharia e Gestão Industrial

***Demand Driven Material Requirements
Planning (DDMRP): Estudo Exploratório***

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia e Gestão Industrial

Orientadora: Professora Doutora Alexandra Maria Baptista Ramos Tenera, Professora Auxiliar, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa
Co-orientadora: Professora Doutora Carina Maria Oliveira Pimentel, Professora Auxiliar, Universidade de Aveiro

Júri:

Presidente: Prof. Doutora Virgínia Helena Arimateia de Campos Machado, Professora Auxiliar, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa

Arguente: Prof. Doutora Anabela Carvalho Alves, Professora Auxiliar, Universidade do Minho/Escola de Engenharia

Vogal: Prof. Doutora Alexandra Maria Baptista Ramos Tenera, Professora Auxiliar, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa

março, 2019

Demand Driven Material Requirements Planning (DDMRP): Estudo Exploratório

Copyright © Ana Carina Mira Tavares, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa.

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

"It always seems impossible until it's done"

Nelson Mandela

Agradecimentos

Agradeço às minhas orientadoras, Professora Carina Pimentel e Professora Alexandra Tenera, pelo contributo e disponibilidade que forneceram ao longo da realização desta dissertação.

Gostaria também de dirigir o meu sincero agradecimento a todos os elementos das equipas da Science4you pela receção e disponibilidade que demonstraram. Em especial, ao Ricardo Brito por todo o apoio, ajuda, disponibilidade e conhecimento transmitido ao longo do estágio, acompanhando sempre o desenvolvimento desta dissertação.

Um agradecimento especial aos meus pais, por me proporcionarem as melhores condições para a conclusão deste curso e me apoiarem em todas as fases da minha vida, por acreditarem sempre em mim e pela compreensão demonstrada ao longo desta etapa. Ao meu irmão, por me acompanhar em todos os momentos da minha vida, apoiando-me sempre e acreditando nas minhas capacidades.

Ao Miguel, pela compreensão e motivação transmitidas ao longo desta fase.

À Filipa, à Inês e à Patrícia, pela amizade de sempre e por todo o apoio.

À Diana e à Sara, pela presença nesta etapa e motivação transmitida.

Aos meus amigos e colegas de curso Alexandre, Andreia, Diogo, Duarte, Inês, Margarida, Rita e Tomás, por terem sido os meus companheiros ao longo deste percurso e pela amizade que construímos. Aos restantes amigos e colegas que, de alguma forma, também fizeram parte deste percurso, um sincero agradecimento.

Resumo

Uma gestão da cadeia de abastecimento eficiente é um fator essencial no sucesso do fluxo de informação e materiais e, conseqüentemente, na melhoria do desempenho das organizações e dos seus sistemas produtivos. No entanto, as cadeias de abastecimento têm-se vindo a demonstrar cada vez mais complexas e dinâmicas, devido à globalização do mercado e à redução do tempo de tolerância dos clientes e do ciclo de vida dos produtos.

Atualmente, grande parte das organizações utiliza sistemas de informação *Enterprise Resources Planning* (ERP) que aplicam a lógica do *Material Requirements Planning* (MRP) como ferramenta de suporte ao planeamento e controlo da produção (PCP), a qual tem vindo a demonstrar dificuldades na adaptação à mudança das condições do ambiente industrial. Estas organizações caracterizam-se por níveis de *stock* instáveis e tempos de resposta longos. Neste sentido, surgiu recentemente o *Demand Driven Material Requirements Planning* (DDMRP), uma alternativa empírica que pretende melhorar o desempenho das organizações que aplicam a abordagem clássica do MRP.

Os estudos publicados academicamente sobre o DDMRP são ainda muito limitados, pelo que esta dissertação pretende complementar esta limitação e explorar a literatura existente sobre a sua base conceptual e metodológica, bem como operacional, através da sua aplicação sob a forma de estudo de caso numa empresa real. Esta empresa utiliza o MRP e apresenta os seus efeitos negativos característicos, pelo que o objetivo é avaliar o potencial de implementação do DDMRP em organizações com realidades semelhantes à da empresa em questão e analisar os potenciais benefícios empresariais que esta pode incorrer, recorrendo a um simulacro do cenário baseado numa simplificação da realidade. Os resultados obtidos no estudo indicam que o DDMRP permite aumentar a visibilidade e a partilha de informação ao longo da cadeia de valor, estabilizando assim os níveis de *stock* de, aproximadamente, 60% das referências protegidas, e reduzir o tempo de resposta ao cliente em, em média, 37%.

Palavras-chave: *Demand Driven Material Requirements Planning; Material Requirements Planning; Planeamento e Controlo da Produção; Variabilidade; Pull; Push*

Abstract

Efficient supply chain management is an essential factor in the success of the flow of information and materials and consequently in improving the performance of organizations and their production systems. However, supply chains have becoming increasingly complex and dynamic due to the globalization of the market and the shorter customer tolerance times and product life cycles.

Currently, most organizations use Enterprise Resources Planning (ERP) systems that apply the Material Requirements Planning (MRP) logic as a support tool for manufacturing planning and control, which has shown difficulties adapting to the new conditions of the industrial environment. These organizations are characterized by unstable inventory levels and long lead times. In this sense, Demand Driven Material Requirements Planning (DDMRP) has emerged recently as an empirical alternative that intends to improve the performance of organizations that apply the classic MRP approach.

Academic studies published on DDMRP are still very limited, so this dissertation intends to complement this limitation and to explore the existing literature on its conceptual and methodological basis, as well as operational, through its application in the form of a case study in a real company. This company uses MRP and presents its characteristic negative effects, so the objective is to evaluate the potential of implementing the DDMRP in organizations with realities similar to the one of the company in question and to analyze the potential business benefits that this company can incur, using a simulacrum of a scenario based on a simplification of reality. The results obtained in this study indicate that DDMRP allows increased visibility and information sharing along the value chain, resulting in stabilized inventory levels for approximately 60% of the protected products, and reduced response lead times by, in average, 37%.

Keywords: Demand Driven Material Requirements Planning; Material Requirements Planning; Manufacturing Planning and Control; Variability; Pull; Push

Índice de Matérias

Agradecimentos.....	vii
Resumo	ix
<i>Abstract</i>	xi
Índice de Matérias	xiii
Índice de Figuras	xv
Índice de Tabelas	xvii
Lista de Siglas e Acrónimos	xix
1 Introdução do Problema	1
1.1 Justificação do Tema.....	1
1.2 Objetivos da Investigação.....	2
1.3 Metodologia da Investigação	3
1.4 Estrutura da dissertação.....	6
2 Planeamento e Controlo da Produção Perante a Evolução das Condições Industriais	9
2.1 Sistemas de Planeamento e Controlo da Produção	9
2.2 <i>Material Requirements Planning</i>	14
2.3 Cadeia de Abastecimento.....	20
2.4 <i>Demand Driven Material Requirements Planning</i>	30
3 Exploração do DDMRP	35
3.1 Base Metodológica do DDMRP	35
3.2 Metodologia de aplicação do DDMRP.....	47
3.3 Discussão do Estudo do Capítulo 3	66
4 Caracterização da Empresa do Estudo de Caso	69
4.1 A Empresa Science4you	69
4.2 Gestão da Informação Interna	70
4.3 Previsão da Procura e Planeamento da Produção	71
4.4 Cadeia de Valor	74
4.5 Caracterização e Análise da Situação Atual	79
4.6 Oportunidades de Melhoria	80
4.7 Discussão dos Resultados do Capítulo 4.....	82
5 Simulacro.....	85
5.1 Informação Necessária para a Implementação do DDMRP	85
5.2 Caracterização do Microsistema	87
5.3 Dados do Microsistema	90
5.4 Aplicação do DDMRP ao Microsistema.....	91
5.5 Desafios e Limitações na Implementação do DDMRP	111
5.6 Discussão dos Resultados do Capítulo 5.....	120

6 Conclusões, Limitações e Contribuições Futuras	123
6.1 Conclusões	123
6.2 Resposta às Questões de Investigação	125
6.3 Limitações do Estudo	128
6.4 Contribuições Futuras.....	129
Referências Bibliográficas	131
Anexos.....	139
Anexo I. Exemplo explicativo para a aplicação dos seis fatores do DDMRP	139
Anexo II. BPMN do sistema atual da Science4you	143
Anexo III. Diagramas de processo gerais nas diferentes estações	145
Anexo IV. VSM do sistema atual da Science4you	149
Anexo V. Questionários	151
Anexo VI. Referências do microssistema	153
Anexo VII. Dados mestre do microssistema.....	155
Anexo VIII. Referências selecionadas estrategicamente para colocação de <i>buffer</i>	159
Anexo IX. Variáveis e dimensionamento dos <i>buffers</i>	161
Anexo X. Simulacro dos alertas de estado de <i>buffer</i>	163
Anexo XI. Cálculo das necessidades para responder às encomendas de janeiro de 2019 .	165
Anexo XII Explosão de materiais para responder às encomendas de janeiro de 2019.....	169
Anexo XIII Simulacro do impacto no tempo de resposta	173

Índice de Figuras

Figura 1.1	Esquematização da metodologia de investigação	4
Figura 2.1	Evolução do foco do planeamento ao longo das décadas	10
Figura 2.2	Evolução dos métodos de planeamento ao longo do tempo	11
Figura 2.3	Sistema <i>Pull</i> vs Sistema <i>Push</i>	12
Figura 2.4	Sistema MRP	15
Figura 2.5	Sistema MRP em ciclo fechado	17
Figura 2.6	Ilustração do fenómeno de Nervosismo do MRP	19
Figura 2.7	Representação de uma cadeia de abastecimento.....	20
Figura 2.8	Funções operacionais integrantes do fluxo de informação e materiais.....	21
Figura 2.9	Fontes de risco numa cadeia de abastecimento	24
Figura 2.10	Efeito de <i>Bullwhip</i>	25
Figura 2.11	Distribuição Bi-modal de Inventário	26
Figura 2.12	Representação da diferença no <i>lead time</i>	29
Figura 2.13	Transmissão da variabilidade com aplicação de pontos de desacoplamento.....	30
Figura 2.14	Posição do DDMRP relativamente à evolução do MRP	31
Figura 2.15	Representação do objetivo do DDMRP para a distribuição de inventário.....	32
Figura 2.16	Análise comparativa de resultados obtidos em vários setores da indústria	33
Figura 3.1	Base metodológica do DDMRP	35
Figura 3.2	Rede de distribuição.....	37
Figura 3.3	Contribuição do Lean e MRP para o fluxo	39
Figura 3.4	Diferença entre processos a nível dois sigma e seis sigma	42
Figura 3.5	BOM do produto FPD.....	45
Figura 3.6	Diferença da ocorrência da explosão de materiais entre o MRP e o DDMRP	46
Figura 3.7	Os cinco passos do DDMRP.....	47
Figura 3.8	Exemplo de uma lista de materiais matricial com os produtos FPA, FPB e FPC ..	50
Figura 3.9	BOM dos produtos FPA, FPB e FPC	50
Figura 3.10	Zonas do <i>buffer</i> e respetivos objetivos	52
Figura 3.11	Zonas e fronteiras do <i>buffer</i>	55
Figura 3.12	Função de perda de valor associada à existência de inventário	57
Figura 3.13	Distribuição de inventário disponível no DDMRP	58
Figura 3.14	BOM do produto FPA com os custos unitários de compra	59
Figura 3.15	Fator de ajustamento aplicado na procura num momento estratégico.....	60
Figura 3.16	Fator de ajustamento aplicado na procura para introdução de produto	60
Figura 3.17	Fator de ajustamento aplicado na procura para eliminação de produto.....	60
Figura 3.18	Alertas da execução do DDMRP	64
Figura 3.19	Análise dos alertas no comportamento da posição de <i>stock</i> disponível	65

Figura 3.20	Relação entre as zonas do <i>buffer</i> nas diferentes perspetivas do DDMRP.....	66
Figura 4.1	Exemplo de produto final produzido na fábrica da Science4you	70
Figura 4.2	Gestão da informação interna da Science4you	71
Figura 5.1	BOM do produto final com a referência 098394: Fábrica Viscosa	88
Figura 5.2	BOM do produto final com a referência 817223: Ciência Explosiva.....	89
Figura 5.3	Interação operacional para a produção da referência 98394: Fábrica Viscosa	93
Figura 5.4	Interação operacional para a produção da referência 817223: Ciência Explosiva	94
Figura 5.5	Pontos do microssistema com colocação estratégica de <i>buffers</i> de <i>stock</i>	98
Figura 5.6	Proteção aplicada ao microssistema	99
Figura 5.7	Diagrama de Gantt do planeamento simulado segundo o MRP	108
Figura 5.8	Diagrama de Gantt do planeamento simulado segundo o DDMRP	109
Figura 5.9	BOM do componente com a referência 92816	109
Figura 5.10	Definição do fator de <i>lead time</i> com uma escala e respetivas categorias.....	114
Figura 5.11	Definição do fator de variabilidade com uma matriz e respetivas categorias.....	118
Figura I.1	Árvore de produto dos produtos finais FPE e FPF	139
Figura I.2	Sequência operacional da interação dos produtos finais FPE e FPF	139
Figura I.3	Pontos de desacoplamento segundo os seis fatores	141
Figura II.1	Representação do BPMN do sistema atual da Science4you	143
Figura III.1	Diagrama de processo nas estações de produção primária PI31 e PI1.....	145
Figura III.2	Diagrama de processo na estação de produção intermédia PI32.....	145
Figura III.3	Diagrama de processo na estação de produção intermédia PI14.....	146
Figura III.4	Diagrama de processo na estação de produção intermédia PI25.....	146
Figura III.5	Diagrama de processo na estação de produção intermédia PI30.....	147
Figura III.6	Diagrama de processo geral na estação de produção final PF01	147
Figura IV.1	Representação do VSM geral do sistema atual da Science4you	149
Figura V.1	Questionário entregue ao departamento comercial	151
Figura V.2	Questionário entregue ao departamento de compras	152

Índice de Tabelas

Tabela 2.1	Alteração das condições da cadeia de abastecimento	22
Tabela 2.2	Revisão da literatura publicada sobre o DDMRP no âmbito de caso de estudo ...	34
Tabela 3.1	Combinações de perfis de <i>buffer</i>	53
Tabela 3.2	Sugestão do DDMRP para o fator de <i>lead time</i>	56
Tabela 3.3	Sugestão do DDMRP para o fator de variabilidade.....	56
Tabela 3.4	Exemplo de ecrã de planeamento do DDMRP.....	63
Tabela 3.5	Exemplo de priorização de encomendas através do estado do <i>buffer</i>	64
Tabela 4.1	Cronograma do processo de planeamento da Science4you num 1º semestre	73
Tabela 4.2	Famílias de produto das matérias-primas e respetivos registos de compra	74
Tabela 4.3	Descrição das zonas do armazém da Science4you.....	76
Tabela 4.4	Descrição das estações de trabalho existentes na Science4you	77
Tabela 4.5	Identificação dos efeitos indesejados na Science4you e respetivas causas	80
Tabela 5.1	Informação para o posicionamento estratégico de inventário do DDMRP.....	86
Tabela 5.2	Informação para a quantificação das variáveis do DDMRP	87
Tabela 5.3	Identificação do tipo de dados mestre recolhidos do sistema	90
Tabela 5.4	Identificação do tipo de dados qualitativos recolhidos do sistema	91
Tabela 5.5	Síntese da informação recolhida do departamento comercial	95
Tabela 5.6	Critérios para a classificação do nível de variabilidade do fornecimento	95
Tabela 5.7	Síntese da informação recolhida do departamento de compras.....	96
Tabela 5.8	Critérios para a classificação da dimensão dos <i>lead times</i>	96
Tabela 5.9	Fatores de <i>lead time</i> e de variabilidade aplicados no simulacro.....	101
Tabela 5.10	Critérios definidos para a categoria de <i>lead time</i>	101
Tabela 5.11	Critérios definidos para a categoria de variabilidade dos produtos intermédios	101
Tabela 5.12	Resultados obtidos com o simulacro de alertas de estado do <i>buffer</i>	104
Tabela 5.13	Referências que respondem às encomendas de janeiro de 2019	106
Tabela 5.14	Resultados obtidos no tempo de resposta com o simulacro do planeamento...	110
Tabela 5.15	Limitações identificadas na metodologia de aplicação do DDMRP	112
Tabela 5.16	Amostra de dados para determinação do fator de <i>lead time</i>	115
Tabela 5.17	Extremos da escala para determinação do fator de <i>lead time</i>	115
Tabela 5.18	Determinação dos fatores de <i>lead time</i>	115
Tabela 5.19	Amostra de dados para determinação do fator de variabilidade	119
Tabela 5.20	Determinação dos coeficientes de variação e do fator de variabilidade	120
Tabela I.1	Informações dos departamentos sobre os produtos	140
Tabela VI.1	Legenda das referências do microsistema.....	153
Tabela VII.1	Previsões de consumo das referências de PF para o 1º semestre de 2019	155
Tabela VII.2	Dados mestre das referências de PF	155

Tabela VII.3	Dados mestre das referências de PI	155
Tabela VII.4	Dados mestre das referências de MP	156
Tabela VIII.1	Lista de referências selecionadas para colocação de <i>buffer</i>	159
Tabela IX.1	Dimensionamento dos <i>buffers</i> para as referências selecionadas	161
Tabela X.1	Alertas de estado de buffer para as referências selecionadas	163
Tabela XI.1	Cálculo das necessidades de produção	165
Tabela XI.2	Cálculo das necessidades de matéria-prima	166
Tabela XII.1	Explosão de materiais para produção	169
Tabela XII.2	Explosão de materiais para matérias-primas	171
Tabela XIII.1	Simulacro do planeamento no cenário segundo o MRP	173
Tabela XIII.2	Simulacro do planeamento no cenário segundo o DDMRP	178

Lista de Siglas e Acrónimos

ADU – Utilização Média Diária (*Average Daily Usage*)

ATO – *Assemble-to-order*

BOM – Árvore de Produto (*Bill of Materials*)

CRP – Planeamento das Necessidades de Recursos (*Capacity Requirements Planning*)

CV – Coeficiente de Variação

DDMRP – *Demand Driven Material Requirements Planning*

DLT – Lead Time Desacoplado (*Decoupled Lead Time*)

DOC – Ciclo de Revisão de Encomendas Desejado ou Imposto (*Desired or Imposed Order Cycle*)

DRP – Planeamento das Necessidades de Distribuição (*Distribution Requirements Planning*)

ERP – Planeamento de Recursos Corporativos (*Enterprise Resources Planning*)

JIT – *Just-in-time*

MOQ – Quantidade Mínima de Encomenda (*Minimum Order Quantity*)

MP – Matéria-prima

MRP – Planeamento das Necessidades de Materiais (*Material Requirements Planning*)

MRPII – Planeamento das Necessidades de Recursos (*Manufacturing Resources Planning*)

MTO – *Make-to-order*

MTS – *Make-to-stock*

PCP – Planeamento e Controlo da Produção

PI – Produto Intermédio

PF – Produto Final

S&OP – *Sales and Operations Planning*

TOC – Teoria das Restrições (*Theory of Constraints*)

VSM – *Value Stream Mapping*

1 Introdução do Problema

Esta dissertação foi realizada no âmbito de um estágio efetuado na empresa Science4you, pertencente à indústria dos brinquedos, e pretendeu explorar a área de planeamento e controlo da produção.

O presente capítulo efetua um enquadramento do tema nos interesses da empresa em questão, bem como estabelece os objetivos e propósitos do presente estudo, apresenta a metodologia de investigação e introduz a estrutura da dissertação.

1.1 Justificação do Tema

Quando Orlicky (1975) desenvolveu as regras associadas ao *Material Requirements Planning* (MRP), designação anglo-saxónica de Planeamento das Necessidades de Materiais, as condições da indústria eram diferentes. O grande fator de competitividade entre as empresas era o custo, por isso, o objetivo era minimizar o custo e obter condições económicas estáveis, pelo que a estratégia de produção era baseada em lotes produtivos de grandes dimensões (Kortabarria, Apaolaza, Lizarralde & Amorrortu, 2018).

Neste momento, a indústria enfrenta um momento de transição, onde o comportamento do ambiente empresarial está a passar de determinístico para estocástico (Shofa & Widyarto, 2017). Para além disso, os tempos de tolerância dos clientes e os tempos de ciclo dos produtos são mais curtos, bem como a variedade e a complexidade dos mesmos aumentou significativamente, e as cadeias de abastecimento estendem-se mundialmente, devido à globalização (Harding & Ptak, 2012; Shofa & Widyarto, 2017). Perante esta situação, existe cada vez mais concorrência entre as empresas do setor industrial, pelo que são desafiadas a implementar filosofias de gestão que se adaptem ao ambiente atual e que permitam satisfazer as necessidades dos clientes.

Para que uma organização seja competitiva no mercado, é essencial que a gestão da sua cadeia de abastecimento, bem como as suas operações, sejam eficientes (Kortabarria et al., 2018). Atingir estes objetivos tem-se tornado um desafio cada vez maior, tendo em conta o ambiente sentido atualmente. A melhoria dos sistemas de planeamento e controlo da produção é um fator crítico neste sentido, devido ao impacto que têm sobre a gestão dos fluxos da cadeia de abastecimento.

De forma a melhorar o fluxo de informação, materiais e financeiro ao longo das cadeias de abastecimento, os sistemas de planeamento da produção devem ser flexíveis. Hoje em dia, a maior parte das médias e grandes empresas aplicam ferramentas e ideologias do MRP, que não permitem essa flexibilidade (Harding & Ptak, 2012). A simplicidade associada à sua lógica de

funcionamento advém de uma visão determinística das condições operacionais, o que já não corresponde à realidade industrial (Mohebbi, Choobineh, & Pattanayak, 2007).

Com o objetivo de corrigir esta falha no planeamento e gestão dos materiais da atualidade, Smith & Ptak introduziram, em 2011, o *Demand Driven Material Requirements Planning* (DDMRP) (Ptak & Smith, 2018). O DDMRP é um método capaz de se adaptar à variabilidade da procura e do fornecimento num ambiente incerto (Shofa & Widyarto, 2017).

Apesar de ser uma ferramenta recente, alvo de pouco estudo académico, o *Demand Driven Institute*, organização que transmite conhecimento à comunidade industrial sobre estratégias e práticas orientadas pela procura, defende o sucesso obtido em empresas que implementaram o DDMRP, tais como a Michelin e a Coasa, destacando a redução dos níveis de *stock*, o aumento do nível de serviço e a redução do tempo de resposta ao cliente (Demand Driven Institute, 2018a).

Sabendo que o interesse da Science4you é o equilíbrio dos seus níveis de *stock*, bem como a redução do tempo de resposta que exige aos seus clientes, torna-se pertinente a realização desta investigação, de forma a avaliar a aplicabilidade do DDMRP numa realidade como a da Science4you.

1.2 Objetivos da Investigação

Um dos valores da empresa em questão é a eficiência, pelo que esta reconheceu que o fluxo de materiais e informação da sua cadeia de abastecimento não estava com uma *performance* como seria capaz de atingir. Neste sentido, a presente investigação atua no sistema de planeamento e controlo da produção, pretendendo melhorar a sua eficiência perante os níveis de *stock* e os respetivos custos associados e a redução do tempo de resposta. Para tal, é avaliada a aplicabilidade e utilidade de uma nova ferramenta orientada pela procura, DDMRP, que afirma corrigir muitos dos problemas que a empresa tem vindo a exhibir.

O principal objetivo da investigação é identificar um sistema apropriado que permita que o planeamento e controlo da produção da Science4you seja mais eficaz e eficiente. Com isto, a investigação deve responder a três grandes questões:

1. Quais são os problemas do atual sistema de planeamento e controlo da produção da Science4you que limitam o seu desempenho?
2. Até que ponto o DDMRP permite corrigir esses mesmos problemas?
3. Admitindo a viabilidade de implementação do DDMRP na Science4you, como é que esta se deve preparar para a sua operacionalização?

1.3 Metodologia da Investigação

A presente dissertação surge no âmbito de um estágio realizado no departamento de planeamento da produção da empresa Science4you, pertencente ao sector da indústria dos brinquedos que desenvolve, produz e comercializa brinquedos educativos e científicos.

Devido ao rápido crescimento da empresa em questão, a equipa de planeamento da produção assume que é possível que se esteja a basear num sistema que não consegue acompanhar de forma eficaz o desempenho desejado. Neste sentido, este estudo pretendeu analisar a situação atual da Science4you, identificando os efeitos indesejados que se estão a demonstrar no desempenho da sua gestão interna e as respetivas causas e sugerindo um novo sistema de planeamento e controlo da produção que possa ter impacto na resolução desses mesmos problemas.

Com isto, estamos perante uma dissertação no âmbito de uma aplicação sob a forma de estudo de caso. Segundo Yin (2009), um estudo de caso único é relevante em situações que são representativas de uma realidade, pelo que, perante o objetivo de encontrar um sistema de planeamento e controlo da produção eficiente para a Science4you, pode-se considerar que o estudo de caso único é a metodologia aplicável.

Para atingir os objetivos propostos, a ferramenta DDMRP foi estudada de forma aprofundada e analisada a sua aplicabilidade na Science4you, do ponto de vista teórico e prático, recorrendo a um simulacro. A Figura 1.1 representa um esquema da metodologia de investigação seguida nesta dissertação.

Num primeiro passo, foi realizada uma pesquisa bibliográfica profunda relacionada com o DDMRP, de forma a explorar a sua base conceptual e metodológica e estabelecer uma análise crítica perante a sua abordagem e modelo de aplicação.

De seguida, foi realizado um diagnóstico do sistema atual da Science4you, com o objetivo de identificar os efeitos indesejados que se demonstram na empresa. É neste ponto que se torna possível responder à primeira questão de investigação. Para tal, foi necessário recolher dados do sistema através de métodos apropriados e devidamente justificados. Segundo Meredith (1998), os estudos de caso são uma alternativa interpretativa que pretende compreender a ocorrência de certos fenómenos, como características ou efeitos, recorrendo a métodos quantitativos e qualitativos. Estes dois métodos não devem ser vistos como abordagens isoladas, mas sim como métodos complementares, de forma a fornecerem uma análise mais completa do estudo em questão (Creswell, 2014; Meredith, 1998). Os métodos quantitativos permitem a familiarização com o problema a ser estudado e, eventualmente, a criação de hipóteses a testar, enquanto que os métodos qualitativos pretendem encontrar justificações e compreender os problemas num contexto específico (Golafshani, 2003). Essencialmente, os métodos qualitativos

recorrem a palavras e os métodos quantitativos a números (Creswell, 2014). Exemplos de fontes de recolha de dados incluem entrevistas estruturadas ou semiestruturadas, memorandos, questionários, observação ao nível do operador e do gestor e documentação interna, como organogramas, histórico de dados e estatísticas de produção (Barratt, Choi, & Li, 2011; Meredith, 1998).

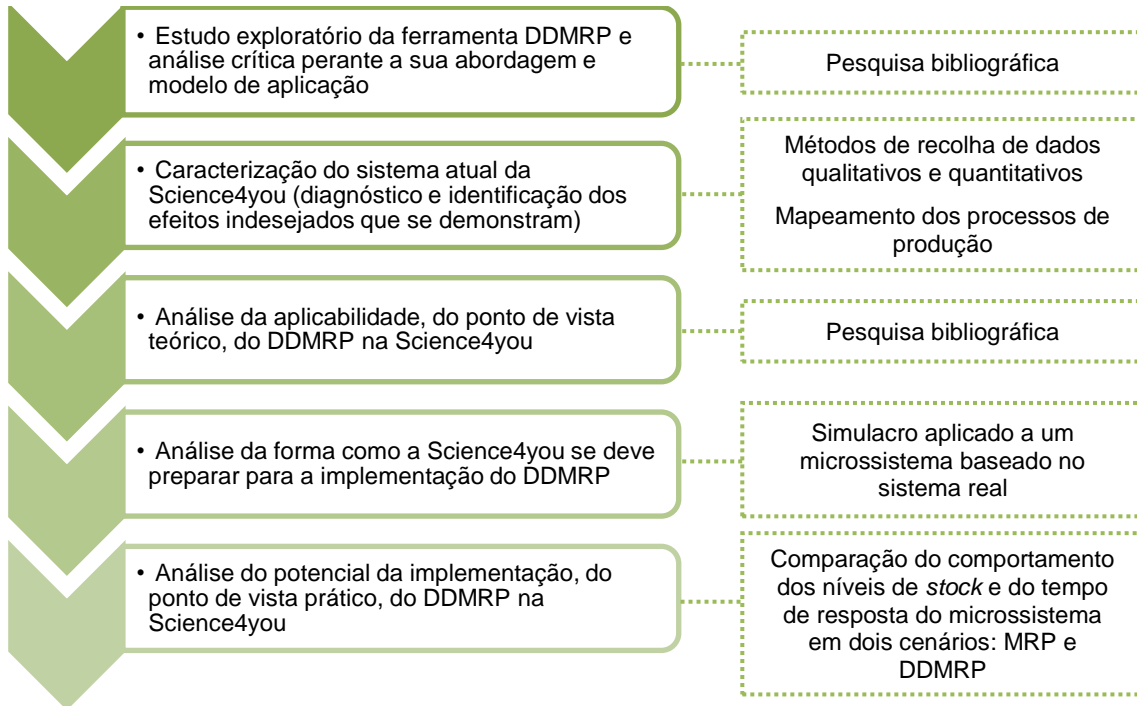


Figura 1.1 Esquematização da metodologia de investigação

Segundo Barratt et al. (2011), tem vindo a existir uma tendência para a utilização de estudos de caso maioritariamente qualitativos na área de gestão de operações, suportada pela promoção de outros autores da área. Os autores definem um estudo de caso qualitativo como uma pesquisa empírica que inicialmente recorre a dados recolhidos num contexto da realidade para analisar um fenómeno específico identificado. Neste sentido, para a caracterização dos processos e dos recursos da Science4you procedeu-se à recolha de dados de forma maioritariamente qualitativa.

Segundo Bashir, Afzal, & Azeem (2008), um estudo qualitativo tem como foco uma abordagem interpretativa, com o objetivo de analisar cenários com elevado detalhe e compreender o impacto que as pessoas têm nestes, por isso, quem estuda qualitativamente estes cenários está envolvido pessoalmente, muitas vezes na posição de participante. A realização desta dissertação advém de um estágio curricular, integrado no departamento de planeamento da produção, pelo que a presença do autor no ambiente da empresa foi bastante relevante para a caracterização da situação atual da Science4you.

A utilização de vários métodos de recolha de dados e de diferentes fontes de informação, denominada de triangulação, permite a construção de cenários válidos e viáveis, retirando conclusões coerentes com a realidade (Bashir et al., 2008; Golafshani, 2003). Patton (2002) defende a utilização da triangulação como uma estratégia que fortalece o estudo, podendo recorrer simultaneamente a métodos quantitativos e qualitativos. É para garantir validação na caracterização da situação atual da Science4you que os dados foram obtidos através de observação pessoal do autor, de entrevistas com membros da gestão dos diferentes departamentos e consulta das diferentes bases de dados da empresa.

Com o intuito de explorar os processos atuais de trabalho dos diferentes departamentos realizaram-se entrevistas, visto que são um método recorrente para analisar a realidade sob a perspetiva dos seus participantes (Zhang & Wildemuth, 2009). Neste estudo de caso optou-se pelas entrevistas não estruturadas, caracterizadas por serem úteis em situações em que se pretende obter conhecimento profundo de fenómenos em que se assume que a realidade é construída pelos seus participantes em contextos particulares (Zhang & Wildemuth, 2009). Apesar de serem entrevistas com um elevado grau de flexibilidade, onde o entrevistador conduz as perguntas e as cria de forma espontânea tendo em conta a informação que está a obter do entrevistado, é aceitável a preparação de uma lista de pontos ou questões (Briggs, 2000). Neste sentido, as entrevistas realizadas foram organizadas previamente, estabelecendo essencialmente pontos a abordar para guiar a entrevista, mas que não restringiam a condução da conversa. O estabelecimento de pontos a abordar para guiar uma entrevista permite a existência de um balanço entre consistência e flexibilidade na informação obtida (Zhang & Wildemuth, 2009).

Para a obtenção de informação em relação aos produtos, tal como a constituição das árvores de produto, os diferentes *lead times* (fornecimento e produção), os níveis de *stock* ou as estatísticas de produção, recorreu-se aos *softwares* implementados na empresa. Desta forma foi possível obter dados quantitativos reais que contribuiriam para a caracterização da situação atual. Segundo Lee, Oh & Pines (2008), uma organização com dados disponíveis em bases de dados deve ser capaz de fornecer informação com um certo nível de integridade e, por isso, é relevante a utilização desta informação.

Perante a caracterização do sistema atual da Science4you, foi possível analisar a aplicabilidade do DDMRP, recorrendo à pesquisa bibliográfica realizada no primeiro ponto, e responder assim à segunda questão de investigação, apenas do ponto de vista teórico.

De seguida, foi realizada uma análise da forma como a Science4you se deveria preparar para a implementação do DDMRP. Para tal, recorreu-se a um simulacro aplicado a uma simplificação do sistema real. A Science4you apresenta uma elevada oferta de produtos que implicam, na sua maioria, a manipulação de um número elevado de produtos intermédios e matérias-primas, que

são comuns a vários produtos finais. Perante esta complexidade da realidade da empresa, o simulacro foi aplicado a um microssistema composto por dois produtos finais com matérias-primas em comum, de forma a estabelecer uma maior proximidade à realidade. Neste simulacro foram analisados os dados e os critérios de tomada de decisão necessários para a definição do modelo de aplicação, recorrendo a dados quantitativos obtidos através dos *softwares* implementados na empresa e a questionários específicos para recolha de informação. Estes questionários foram direcionados às atividades do departamento de compras de matéria-prima e do departamento comercial, abordando características associadas aos dois produtos finais do microssistema. Neste ponto, tornou-se possível responder à terceira questão de investigação.

Por fim, para analisar o potencial de implementação do DDMRP na Science4you foi realizado um planeamento estático aplicado a um cenário do microssistema, de forma a comparar resultados entre o MRP clássico aplicado atualmente na empresa e o DDMRP, através do comportamento dos níveis de *stock* e do tempo de resposta ao cliente. Com isto, foi possível complementar a resposta à segunda questão de investigação, suportando-a com um ponto de vista prático.

1.4 Estrutura da dissertação

A presente dissertação encontra-se dividida em seis capítulos.

O primeiro capítulo é composto por uma introdução ao tema abordado neste estudo, incluindo um enquadramento nos objetivos da empresa em questão, a identificação das questões de investigação e a descrição da metodologia de investigação.

O segundo e terceiro capítulos apresentam a revisão da literatura existente relacionada com o tema do estudo. No segundo capítulo é abordada a evolução dos sistemas de planeamento e controlo da produção perante as condições do ambiente industrial, incluindo uma análise mais aprofundada do MRP e da necessidade de introdução de um método orientado pela procura, como o DDMRP. O terceiro capítulo corresponde a um estudo exploratório da literatura existente relacionada com a base conceptual e metodológica do DDMRP, onde é feita uma análise crítica, identificando limitações da ferramenta.

No quarto e quinto capítulos são apresentados e analisados os resultados deste estudo e onde são obtidas as respostas às questões de investigação. O quarto capítulo é focado na caracterização do sistema atual da Science4you, onde são identificados os efeitos indesejados que ocorrem na empresa e a relevância teórica da implementação do DDMRP. O quinto capítulo é composto por um simulacro aplicado a um microssistema baseado numa simplificação do sistema real, que analisa a forma como a Science4you se deve preparar para a implementação

do DDMRP, em termos de disponibilidade de dados e definição de critérios de decisão, bem como o impacto que a sua implementação pode vir a ter no sistema. Neste capítulo são também identificados os desafios na implementação do DDMRP e introduzida uma contribuição teórica que tenta corrigir uma das lacunas presentes na literatura do DDMRP.

Por fim, no sexto capítulo são apresentadas as conclusões do estudo e a resposta direta às questões de investigação, identificando também as limitações incorridas ao longo da elaboração desta dissertação e sugestões para contribuições futuras ao tema.

2 Planeamento e Controlo da Produção Perante a Evolução das Condições Industriais

Para desenvolver esta dissertação é necessário compreender conceitos essenciais. Este capítulo apresenta a revisão da literatura relacionada com a forma como a gestão do planeamento e controlo da produção tem evoluído, bem como a adaptação das organizações, perante a mudança das condições do ambiente industrial. Incide sobre a forma como a gestão dos materiais e a transmissão de informação ao longo de diferentes entidades, tais como fornecedores, fabricantes e clientes, tem impacto nos riscos incorridos e efeitos demonstrados ao longo das cadeias de abastecimento.

2.1 Sistemas de Planeamento e Controlo da Produção

O presente subcapítulo apresenta uma introdução dos sistemas de planeamento e controlo da produção, bem como a sua evolução ao longo do tempo. Incide também sobre as diferentes estratégias de produção às quais os sistemas podem ser associados.

2.1.1 Definição de um Sistema de Planeamento e Controlo da Produção

Um sistema de planeamento e controlo da produção (PCP) permite, conforme o nome indica, o planeamento e controlo de vários aspetos relacionados com a produção, incluindo o planeamento de requisitos de materiais e de capacidade e o planeamento de ordens de produção (APICS, 2016). Assim, tem como principal objetivo gerir eficientemente o fluxo de materiais, a utilização de equipamentos e recursos humanos e a coordenação de fornecedores e clientes, de forma a responder aos requisitos do consumidor (Vollmann, Berry, Whybark & Jacobs, 2005).

É um sistema que fornece informação na qual os gestores da organização se baseiam para a tomada de decisão (Vollmann et al., 2005). Por exemplo, em gestão de materiais, existem duas questões essenciais que permitem o planeamento da produção (Jonsson & Mattsson, 2008):

- “Quando se deve encomendar?”, relacionada com a variável tempo.
- “Quanto se deve encomendar?”, relacionada com a variável quantidade.

Um sistema de PCP fornece apoio para que a resposta a estas questões seja mais eficiente, não assumindo qualquer controlo sobre a decisão, ou seja, a decisão final é sempre dos gestores (Vollmann et al., 2005). No entanto, num ambiente industrial cada vez mais global e suscetível a mudanças, é necessário que os sistemas de PCP se adaptem, integrando tecnologias de

informação avançadas (Rondeau & Litteral, 2001). Neste sentido, foram surgindo ao longo dos anos vários métodos de PCP, descritos no texto que se segue.

2.1.2 Evolução dos Sistemas de Planeamento e Controlo de Produção

A evolução dos sistemas de planeamento e controlo da produção advém, essencialmente, da alteração contínua dos objetivos da indústria. Inicialmente, o foco centrava-se no controlo do chão de fábrica, evoluindo depois para níveis superiores dentro do planeamento da produção. Recentemente, o foco atingiu níveis para além da fábrica, com o intuito de chegar ao nível da cadeia de abastecimento, tentando estabelecer conexões entre o planeamento e os fornecedores e clientes (Olhager, 2013). A Figura 2.1 representa a evolução do foco do planeamento ao longo das últimas décadas.

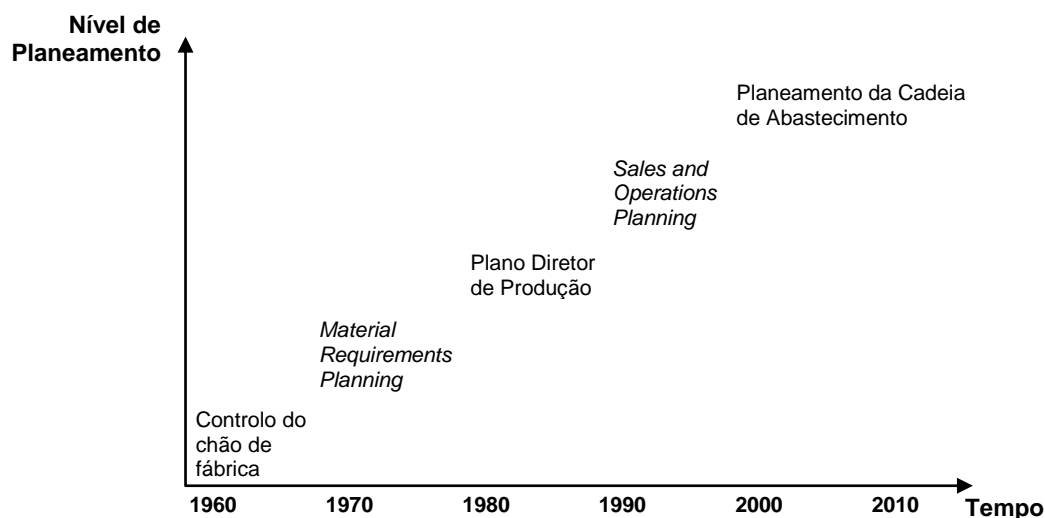


Figura 2.1 Evolução do foco do planeamento ao longo das décadas
(Adaptada de: Olhager (2013), p.6837)

Para suportar uma abordagem ao foco principal em cada momento, consoante a sua evolução, foram desenvolvidas e melhoradas metodologias. Partindo inicialmente das técnicas de controlo do inventário, como o Sistema de Ponto de Encomenda (ROP, na designação anglo-saxónica *Reorder Point System*), introduzido em 1934 por Wilson, foi possível evoluir segundo duas categorias clássicas: *push* ou *pull*. Os sistemas *push* desenvolveram-se na indústria americana e descrevem a evolução do *Material Requirements Planning* (MRP). Já os sistemas *pull* desenvolveram-se quase paralelamente na indústria japonesa, com o Sistema Produtivo da Toyota (Hopp & Spearman, 2004). A Figura 2.2 representa a evolução dos métodos de planeamento ao longo do tempo, com a respetiva fonte académica dos autores que os introduziram ou popularizaram, tendo como base informação de várias publicações,

nomeadamente Hopp & Spearman (2004), Jacobs & Weston Jr. (2007), Olhager (2013) e Powell, Bas & Alfnes (2013).

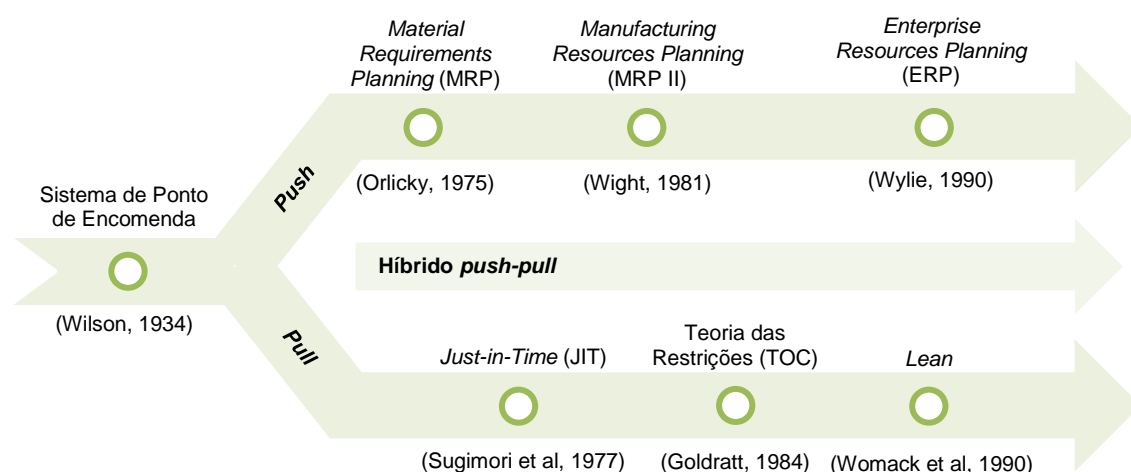


Figura 2.2 Evolução dos métodos de planeamento ao longo do tempo

Nos diversos métodos existem mecanismos diferentes para gerir os materiais, no entanto, utilizam vários parâmetros comuns, como por exemplo os *stocks* de segurança, os *lead times* e as quantidades de encomenda (Jonsson & Mattsson, 2008). A sua *performance* varia dependendo da qualidade dos parâmetros de planeamento utilizados, isto é, até que ponto os parâmetros representam corretamente a realidade (Sheu & Wacker, 2001), bem como do facto de ser o método mais apropriado para implementar no sistema em questão (Jonsson & Mattsson, 2008).

2.1.3 Diferença entre Sistemas *Push* e Sistemas *Pull*

Os sistemas de PCP são tipicamente classificados em sistemas *push* ou *pull*, no entanto, a maioria dos sistemas reais tem características de ambos, resultando em sistemas híbridos *push-pull* (Hopp & Spearman, 2000).

O que distingue estas duas categorias puras é o mecanismo que permite a movimentação dos materiais na zona do chão de fábrica. Um sistema *push* baseia-se em informações externas, considerando encomendas fixas ou previsões da procura para criar planos produtivos, não tendo em consideração o que está a acontecer no processo para definir o momento em que uma tarefa é realizada; um sistema *pull* baseia-se em informações internas, tendo em conta o estado do sistema (Benton & Shin, 1998; Hopp & Spearman, 2000). Ademais, os sistemas também podem ser diferenciados pela característica *work-in-process* (WIP). Um sistema *pull* tem um limite

explícito na quantidade de *WIP* que pode existir no sistema, enquanto que um sistema *push* não considera este limite (Hopp & Spearman, 2004).

Segundo González-R, Framinan & Pierreval (2012), um sistema *pull* tenta balancear o nível de serviço com a menor quantidade de *WIP* ao longo do processo. Já um sistema *push* está destinado a atingir um nível objetivo de *stock*, lançando os materiais para a produção a uma taxa constante ou segundo um planeamento predefinido, como por exemplo o Plano Diretor de Produção. Assim, pode-se também afirmar que um sistema *pull* se baseia na procura real atual, para que exista controlo sobre a quantidade de *WIP*, e que um sistema *push* se baseia em previsões da procura futura aliadas à procura real, para antecipar as necessidades de produção (Figura 2.3).

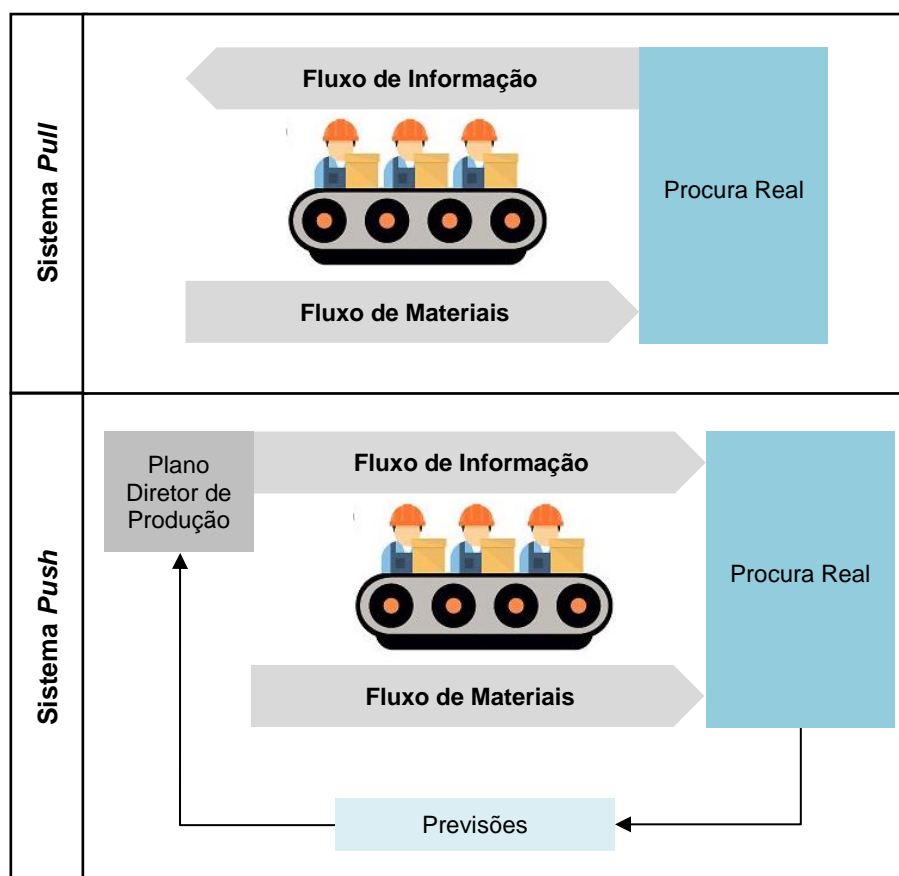


Figura 2.3 Sistema *Pull* vs Sistema *Push*
(Adaptada de: González-R et al. (2012), p.6)

Com isto, o método sobre o qual um sistema opera afeta a sua *performance*. As diferenças surgem não só pela diferença no sentido em que ocorre o fluxo de informação, mas também pela diferença nas regras de tomada de decisão, nas condições iniciais de *stock*, nas características da procura às quais o sistema responde e no ambiente em que o sistema funciona (Bonney, Zhang, Head, Tien & Barson, 1999).

Puchkova, Le Romancer & McFarlane (2016) afirmam que um sistema *push* se caracteriza pela existência de *stock* de produto semiacabado ou acabado e, por isso, permite a redução do tempo de resposta ao cliente e a presença de flutuações na procura tende a não causar problemas. Apesar disso, pode gerar custos elevados de inventário, bem como um elevado risco de produtos obsoletos em *stock*. Já sobre um sistema *pull*, afirmam que se caracteriza pelo nível de *stock* limitado e controlado, tendo em conta a capacidade da produção, no entanto, devido aos seus baixos níveis de *stock*, tem dificuldade em satisfazer as necessidades da procura caso esta sofra variações significativas.

Existem dois métodos clássicos que descrevem estas categorias: o *Kanban* e o *Material Requirements Planning* (MRP). O típico método de um sistema *pull* é o *Kanban*. Já o MRP é o método mais comum de um sistema *push*. Estes são caracterizados por:

- **Kanban:** este método advém da filosofia *Just-in-Time*, desenvolvida no Sistema Produtivo da Toyota (Sugimori et al., 1977). *Kanban* é o nome dado aos cartões (físicos ou digitais) que são utilizados como sinais para autorizar o processamento de materiais em cada estação do sistema produtivo, de forma a controlar o nível de *stock* existente (Olaitan, 2016). Estes cartões estabelecem assim um limite de WIP presente no sistema. Desta forma, é uma técnica que permite a sincronização perfeita entre o que é necessário nas estações a jusante e o que é iniciado na produção das estações a montante, tendo como principal objetivo a criação de um fluxo contínuo de processo (Murino, Naviglio, Romano & Zoppoli, 2009).
- **MRP:** este método é aplicado com o intuito de atingir um nível alto de produção, de forma a antecipar a procura (Olaitan, 2016). As ordens de produção são lançadas de acordo com o Plano Diretor de Produção (Hopp & Spearman, 2004). Este método é analisado com maior detalhe no subcapítulo 2.2.

Outra forma de pensar nos conceitos de *push* e *pull* é relacionando-os com os conceitos de *make-to-order* (MTO) e de *make-to-stock* (MTS) (Hopp & Spearman, 2000).

2.1.4 Diferença entre Make-to-Order e Make-to-Stock

O ambiente em que um sistema de PCP é implementado numa organização varia consoante a estratégia de produção, que se define pela forma como as atividades de gestão da procura são realizadas (Vollmann et al., 2005). Segundo Vollmann et al. (2005), um sistema de PCP pode ser aplicado a ambientes de *make-to-order* (MTO), *assemble-to-order* (ATO) ou *make-to-stock* (MTS).

A diferença entre os conceitos de MTO e MTS está relacionada com o facto de os produtos finais serem produzidos para colocar em *stock* ou para responder a uma encomenda de clientes

específica (Liberopoulos, 2013). Conforme o nome indica, na estratégia MTO, a produção é iniciada para responder a encomendas de clientes, ou seja, baseia-se na procura real. Já na estratégia MTS, a produção é iniciada para atingir um nível objetivo de *stock* de produto acabado, nível esse que pretende antecipar a procura, por isso, pode-se afirmar que se baseia em previsões de procura aliadas a possíveis ordens firmes. A estratégia ATO assemelha-se à estratégia MTO, na medida em que a produção é iniciada para responder a encomendas de clientes, no entanto, a produção iniciada é a produção que visa a obtenção de um produto acabado, pelo que é possível afirmar que existe um nível de *stock* de produto intermédio.

A implementação de um tipo de sistema de PCP, *pull* ou *push*, não é limitada pela estratégia de produção, ou seja, todas as combinações entre o tipo de sistema e a estratégia de produção são possíveis (Hopp & Spearman, 2004). No entanto, as características particulares de cada sistema implicam certas adaptações, como por exemplo, no caso de um ambiente de MTO, pode ser implementado um MRP recorrendo apenas a ordens firmes, ao invés das tradicionais previsões, caso a organização reúna as condições para tal, ou então a implementação de *Kanban* com a ideologia *pull* aplicada ao *stock* de produto final, no caso de um ambiente de MTS.

2.2 Material Requirements Planning

Neste subcapítulo é introduzido com maior detalhe o sistema de PCP *Material Requirements Planning* (MRP), analisando a sua evolução e os respetivos pontos fortes e limitações da metodologia.

2.2.1 Definição de MRP

Material Requirements Planning (MRP) é um método de planeamento e controlo da produção popularizado por Joe Orlicky na primeira edição do seu livro (Orlicky, 1975).

Segundo o dicionário da *American Production and Inventory Control Society* (APICS), o MRP é definido como um conjunto de técnicas que permitem calcular as necessidades dos materiais, bem como sugerir ordens de reposição dos mesmos (APICS, 2016). Para tal, recorre a informação da lista de materiais, a dados do inventário e ao plano diretor de produção num dado instante para calcular as necessidades dos materiais e traduzi-las em encomendas de fornecimento e ordens de produção com quantidades e datas definidas (Figura 2.4).

Desta forma, é um sistema que traduz os planos de produção globais em passos individuais detalhados, que são necessários para realizar os respetivos planos, interligando-se ao sistema que faz com que a produção seja executada (Vollmann et al., 2005). Com isto, é um sistema que

contribui para o planeamento tanto da produção como do fornecimento (Ammar, Guillaume & Thierry, 2016).

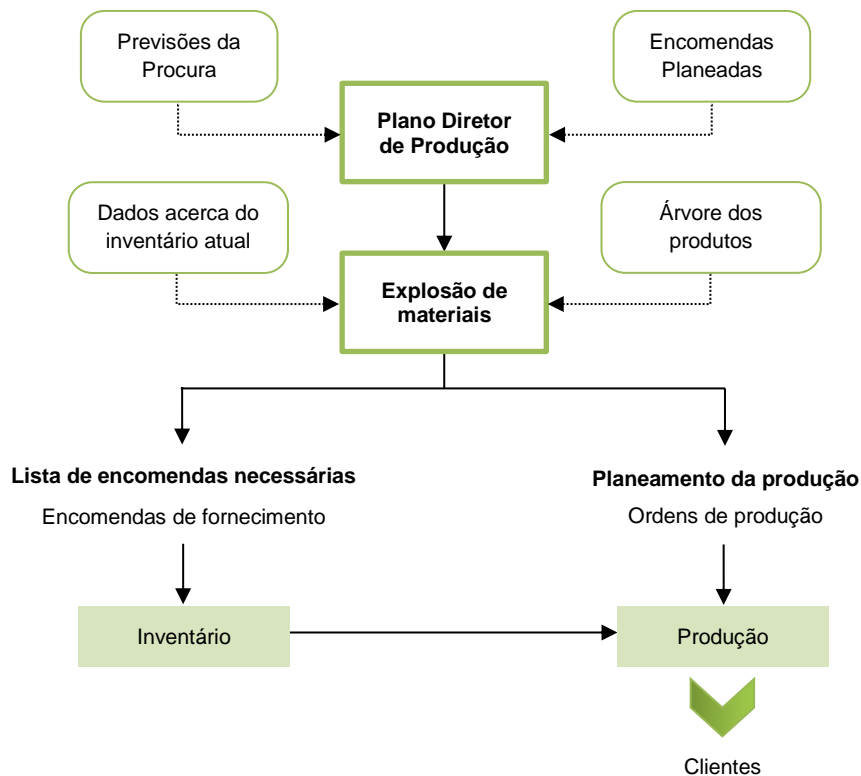


Figura 2.4 Sistema MRP
(Adaptada de: Tersine (1988), p. 329)

O seu principal objetivo é responder à questão de como é que as matérias-primas, materiais e componentes certos devem ser recebidos e produzidos na quantidade certa e no momento certo, de forma a responder a uma procura específica (Benton & Shin, 1998). Neste sentido, quando é realizada a explosão de materiais, apenas são tidas em conta as necessidades de inventário ou ordens de produção definidas no Plano Diretor de Produção, ou seja, apenas é planeado aquilo que é necessário para responder ao plano, pelo que atingir este objetivo sem desenvolver excesso de *stock* ou necessidade de horas extra ou outros recursos é um fator importante (Vollmann et al., 2005).

2.2.2 Evolução do MRP

Ao longo dos anos, o MRP tem vindo a sofrer evoluções, de forma a acompanhar as mudanças impostas pela indústria. Originalmente, este assumia que a capacidade dos recursos era infinita (Jodlbauer & Reitner, 2012; Milne, Mahapatra & Wang, 2015; Noori, Feylizadeh, Bagherpour, Zorriassatine & Parkin, 2008), não considerando corretamente as restrições do sistema ao nível

de disponibilidade de equipamentos, ferramentas ou até mesmo de recursos humanos, por exemplo. Com a introdução de condições de capacidade na programação do MRP, é possível verificar a viabilidade dos planos de produção relativamente às restrições de capacidade do sistema (Rossi, Pozzi, Pero & Cigolini, 2017).

A integração do *Capacity Requirements Planning* (CRP), designação anglo-saxónica de Planeamento das Necessidades de Capacidade, no MRP corresponde à sua evolução para MRP em ciclo fechado (Tersine, 1988). A Figura 2.5 descreve o sistema de planeamento através de um MRP em ciclo fechado. Como é possível verificar, o MRP determina o que é necessário encomendar, em que quantidades e para quando é necessário, de modo a que seja possível realizar o planeamento da produção. Com estas informações, ocorre a confirmação da disponibilidade de capacidade do sistema para a realização das ordens propostas, antes que estas sejam confirmadas. Consoante o resultado, as encomendas de fornecimento e as ordens de produção podem ser lançadas ou o plano diretor de produção precisa de ser revisto e ajustado, de forma a ir ao encontro das restrições do sistema.

A necessidade de um maior controlo nos processos produtivos e o foco na redução dos custos originou a evolução do MRP em ciclo fechado para o *Manufacturing Resources Planning* (MRPII), designação anglo-saxónica de Planeamento das Necessidades de Recursos, que corresponde à integração de módulos operacionais e financeiros aliados à lógica essencial do MRP (Jacobs & Weston Jr., 2007).

A evolução do MRPII para *Enterprise Resources Planning* (ERP), designação anglo-saxónica de Planeamento de Recursos Corporativos, corresponde à integração do mesmo numa única base de dados que incorpora e interliga diversos módulos do negócio, tais como a área financeira, de vendas ou de produção (Díaz-Madroño, Mula & Peidro, 2017).

Com esta evolução, ocorre a integração do módulo *Sales and Operations Planning* (S&OP). Este módulo fornece um balanceamento entre os planos de vendas e *marketing* e os recursos disponíveis para produção, permitindo que estes últimos sejam coordenados ao nível estratégico da organização, por isso, o seu objetivo é o balanceamento entre a procura e o fornecimento (Vollmann et al., 2005). Neste, é criado um plano agregado que integra os planos das várias funções do negócio e que serve de base para a criação do Plano Diretor de Produção, onde o plano é desagregado no plano operacional. Assim, se a relação entre as funções se mantiver, tanto o plano agregado como o plano desagregado verificam as mesmas condições de recursos e materiais para a realização das funções. Segundo Vollmann et al. (2005), se o S&OP não representar um plano integrado e multifuncional, então a empresa pode não conseguir responder às necessidades do seu mercado.

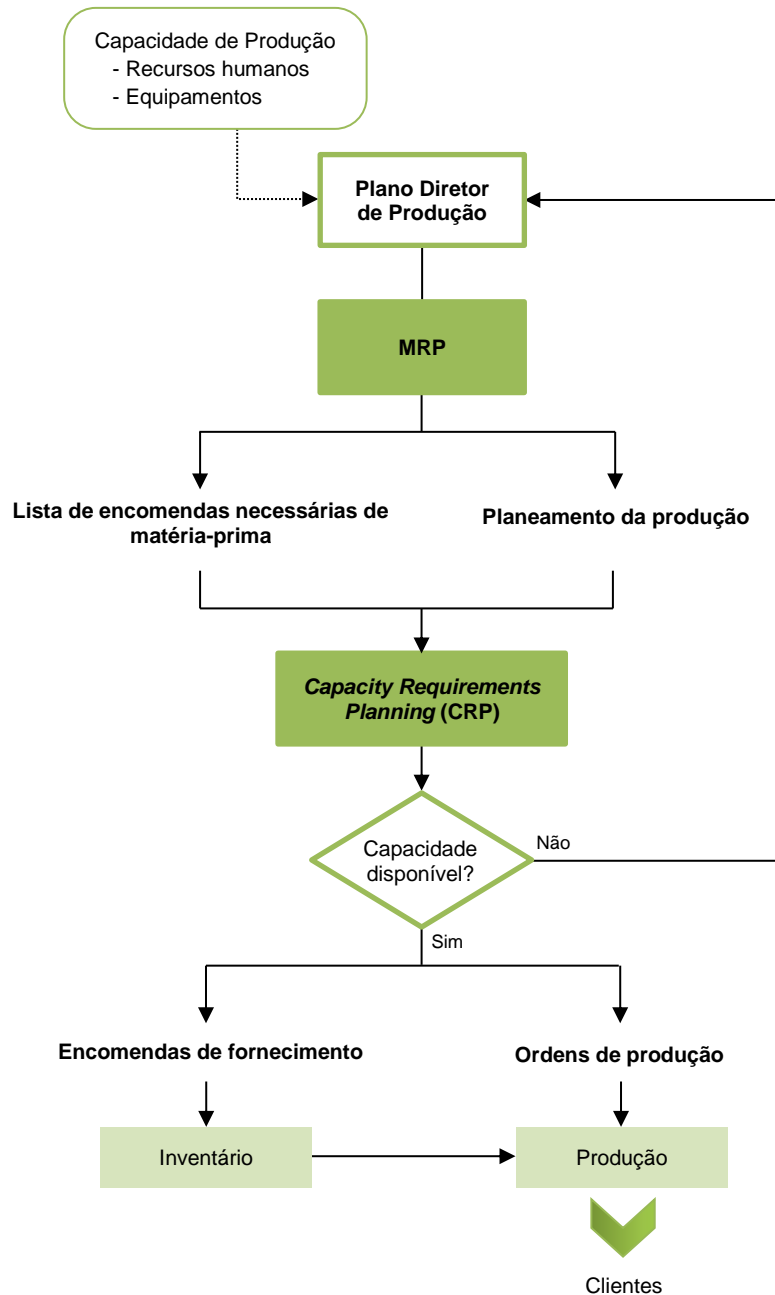


Figura 2.5 Sistema MRP em ciclo fechado
(Adaptada de: Tersine (1988), p.329)

Apesar dos desenvolvimentos tecnológicos permitirem uma maior facilidade nos cálculos na aplicação do MRP, este sistema continua a ser uma ferramenta que se limita a gerar encomendas de fornecimento e ordens de produção recorrendo a parâmetros pré-determinados e, por isso, não fornece soluções ótimas (Yenisey, 2006). Ao longo dos anos, têm vindo a ser desenvolvidos modelos analíticos, de forma a introduzir as restrições de capacidade, bem como a incerteza presente nos parâmetros utilizados, com vista a otimizar o plano produtivo que advém do MRP. Trabalhos como os de Ammar et al. (2016), Ioannou & Dimitriou (2012) e Milne et al. (2015)

abordam a otimização dos *lead times* considerados na aplicação do MRP. Clark (2003), Jodlbauer & Reitner (2012) e Rossi et al. (2017) focam-se principalmente na inserção das restrições de capacidade e Geneste, Grabot & Reynoso-Castillo (2005) modelam a incerteza associada à procura.

2.2.3 Pontos Fortes e Fraquezas do MRP

A introdução do MRP forneceu uma vantagem às organizações no sentido de permitir que tenham uma visão com perspectiva futura, realizando o planeamento da produção através de previsões de procura (Rondeau & Litteral, 2001). O processo de cálculo das previsões é facilitado devido à característica do MRP de admitir uma lógica de procura dependente, onde as previsões são aplicadas apenas aos produtos nos níveis superiores das árvores de produto (BOM), visto que as necessidades dos produtos caracterizados por procura dependente são obtidas através da explosão de materiais e não precisam do cálculo da sua previsão específica (Olhager, 2013).

É uma ferramenta essencial num ambiente de integração de diferentes operações produtivas e planeamentos complexos, porque permite integrar previsões de procura, planos diretores de produção, compras aos fornecedores e controlo do chão de fábrica (Jacobs & Weston Jr., 2007), coordenando estas funções de forma computadorizada (Olaitan, 2016). No entanto, com as mudanças impostas pela indústria, é necessário que os sistemas de planeamento e controlo da produção se adaptem. O MRP tem vindo a demonstrar dificuldades nesta adaptação.

Segundo Benton & Shin (1998), existem três pontos fracos associados à execução do MRP que são críticos para o sucesso da sua implementação:

1. O conflito entre a natureza determinística do MRP e a incerteza das operações;
2. A negligência nas restrições de capacidade;
3. A acumulação de inventário de WIP.

Relativamente ao primeiro ponto, o problema centra-se no facto de o MRP assumir valores determinísticos para parâmetros que, na verdade, são estocásticos, o que origina a ocorrência de alterações nos respetivos valores assumidos e que, devido à dependência característica do MRP, gera o fenómeno de Nervosismo. O Nervosismo do MRP advém do facto da ocorrência de pequenas alterações em parâmetros associados a elevados níveis produtivos, ou ao Plano Diretor de Produção, que resultam em grandes alterações, em tempo e quantidade, em níveis primários da produção, ou dos planos (APICS, 2016). A Figura 2.6 representa este fenómeno, onde alterações de um parâmetro relacionado com o produto final FPA são transferidas ao longo da árvore do produto (BOM), originando alterações em todos os componentes. Quanto mais complexa for a BOM dos produtos, mais afetado é o sistema MRP pelo nervosismo (Vollmann et al., 2005).

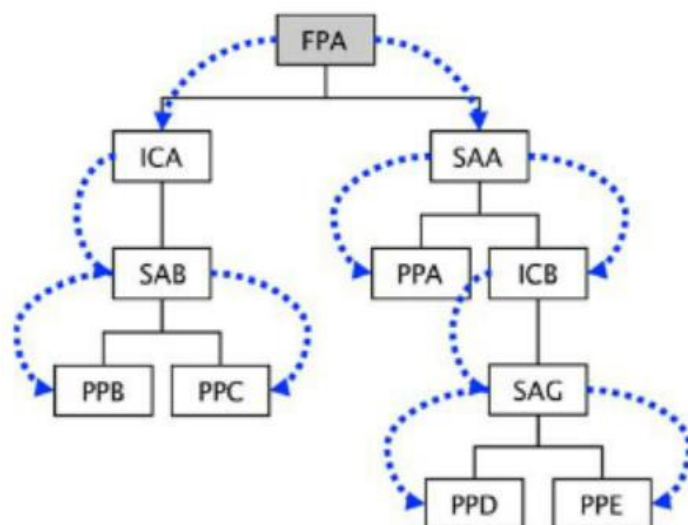


Figura 2.6 Ilustração do fenómeno de Nervosismo do MRP
(Retirada de: Ptak & Smith (2018), p.27)

Parâmetros como os *lead times*, a procura e a dimensão dos lotes são assumidos como fixos (Benton & Shin, 1998; Louly & Dolgui, 2013; Yeh, 1997). Na prática, os *lead times* dependem de vários fatores, como a taxa de utilização das máquinas, a dimensão dos lotes, o nível de *stock*, bem como as condições estipuladas para o envio ao cliente, e, por isso, assumem valores variáveis (Jodlbauer & Reitner, 2012). A procura é também um parâmetro ambíguo, que origina incerteza associada à quantidade de encomenda ou de produção para os produtos finais (Noori et al., 2008). Desta forma, a realidade do processo produtivo não é refletida na aplicação do MRP.

O segundo ponto advém do facto de que, apesar da inserção do módulo CRP no MRP, este continua a apresentar deficiências relativamente às restrições de capacidade. Isto porque, o planeamento gerado pelo MRP só é ajustado após a incorporação do limite de capacidade (Benton & Shin, 1998). Com isto, o processo é feito em dois passos, tendo em conta que existem duas análises ao fluxo de informação e materiais do sistema: uma primeira, que não considera restrições de capacidade do sistema, e uma segunda, tendo em conta essas mesmas restrições.

Em relação ao terceiro ponto, pode não estar diretamente associado ao sistema MRP, mas sim às regras nas quais se baseia para operar. O MRP está sujeito a incertezas de quantidade e tempo, tanto ao nível da procura como do fornecimento, e a definição de níveis de segurança associados ao *stock* e ao *lead time* surgem para tentar reduzir o impacto dessas mesmas incertezas (Vollmann et al., 2005). Tanto o *stock* de segurança, como a receção de encomendas antes do tempo estipulado para a sua utilização, faz com que o nível de *stock* aumente. Também o dimensionamento dos lotes é um fator que contribui para este aumento (Benton & Shin, 1998).

Cada um destes pontos fracos gera planos produtivos desajustados e, portanto, exige esforço do planeador para os ajustar, bem como cria flutuação na carga de trabalho das estações ao longo do tempo (Rossi et al., 2017). Com isto, a *performance* do sistema é afetada.

2.3 Cadeia de Abastecimento

O presente subcapítulo introduz as cadeias de abastecimento e a evolução das condições em que estas são geridas. Incide também sobre a forma como as organizações se têm adaptado ao nível dos fluxos de materiais e informação para reduzir o impacto dos riscos incorridos ao longo das cadeias de abastecimento.

2.3.1 Definição de Cadeia de Abastecimento

Segundo o dicionário da APICS (2016), a cadeia de abastecimento é definida como uma rede que permite a distribuição de bens e serviços, desde o seu estado em matéria-prima até aos consumidores finais, através de um fluxo de informação, materiais e financeiro. O seu objetivo é fornecer o produto ou serviço certo, com as especificações requeridas, no local certo, no momento certo e para o cliente certo (Carvalho, Barroso, Machado, Azevedo & Cruz-Machado, 2012).

É principalmente constituída por fornecedores, produtores, distribuidores e retalhistas, associados às atividades de transformação de matéria-prima e produtos e de distribuição de produtos finais até ao cliente (Li & Liu, 2013). O sucesso de uma cadeia de abastecimento é dependente do sucesso de todas as interligações da mesma, por isso, nenhuma cadeia é mais forte que o seu elemento mais fraco (Olhager, Persson, Parborg & Rosén, 2002). A Figura 2.7 exemplifica as entidades presentes numa cadeia de abastecimento.

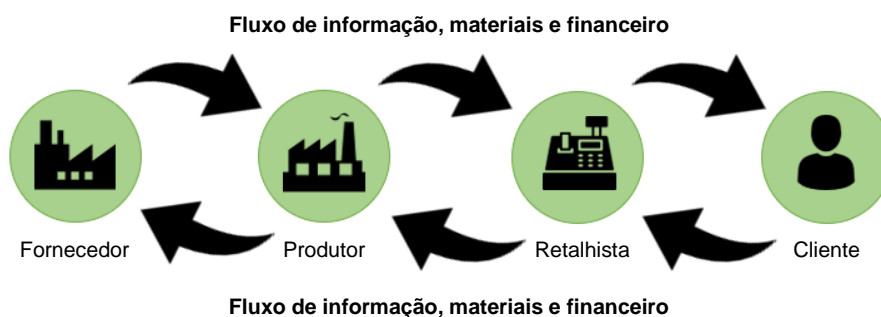


Figura 2.7 Representação de uma cadeia de abastecimento

O fluxo de informação e materiais é a base para a tomada de decisão diária numa organização, permitindo a conexão entre todas as atividades operacionais existentes (Smith, Ptak & Ling, 2017), exemplificadas na Figura 2.8. O objetivo é que as organizações ultrapassem os limites funcionais entre as suas atividades e funções, como a produção, distribuição, *marketing*, contabilidade, informação ou engenharia, para que estas sejam mais bem integradas (Lee & Ng, 1997). Tendo isto em conta, o sucesso do fluxo de informação e materiais ao longo da rede de entidades é o fator chave para a melhoria do desempenho da cadeia de abastecimento.



Figura 2.8 Funções operacionais integrantes do fluxo de informação e materiais
(Adaptada de: Smith, Ptak & Ling (2017), p.5)

2.3.2 Evolução das Condições de Gestão das Cadeias de Abastecimento

Ao longo dos anos, as condições em que o fluxo de informação e materiais ocorre têm-se vindo a alterar, contribuindo para o aumento da complexidade das cadeias de abastecimento (Carvalho et al., 2012).

A Tabela 2.1 demonstra a mudança nas condições das cadeias de abastecimento entre 1965 e 2015.

Uma das razões do aumento da complexidade das cadeias de abastecimento é a globalização do mercado (Ihme & Stratton, 2015; Olhager et al., 2002; Shofa & Widyarto, 2017). A globalização permite que as matérias-primas possam ser fornecidas de qualquer parte do mundo, bem como

os produtos possam ser vendidos para vários países, e certos processos produtivos possam ser evitados através de *outsourcing* (Christopher, 2011). Estes factos contribuem, também, para o aumento dos *lead times* numa cadeia de abastecimento, bem como para o aumento dos custos de transporte, devido ao facto de existir um aumento nas distâncias entre entidades (Christopher, Peck & Towill, 2006).

Tabela 2.1 Alteração das condições da cadeia de abastecimento
(Adaptada de: Smith & Smith (2013), *Demand Driven Performance: Using Smart Metrics*, p.9 citada por Ptak & Smith (2018), p.13)

Condição	1965	2015	Contextualização
Complexidade da cadeia de abastecimento	Reduzida	Elevada	As cadeias de abastecimento eram lineares e a integração vertical era a estratégia de negócio que dominava, ou seja, as empresas adquiriam as empresas que eram suas fornecedoras para terem total controlo sob o seu processo de produção. Neste momento, as cadeias de abastecimento são fragmentadas e globais.
Ciclo de vida de produtos	Longo	Curto	Era usualmente medido em anos ou décadas e passou a ser medido em meses.
Tempo de tolerância dos clientes	Longo	Curto	Era usualmente medido em semanas ou meses e passou a ser medido em dias ou, por vezes, em menos de 24 horas.
Complexidade de produtos	Reduzida	Elevada	A maioria dos produtos tem, atualmente, sistemas e microssistemas mecânicos e elétricos relativamente complexos.
Personalização de produtos	Reduzida	Elevada	A oferta de produtos era limitada e as opções de personalização eram poucas. Entretanto, é possível configurar um produto para um cliente particular.
Variedade de produtos	Reduzida	Elevada	Certos produtos permitem o aumento de variedade, como é o caso das pastas de dentes. Por exemplo, a Colgate oferecia um tipo de pasta em 1965 e em 2012 oferecia 17.
<i>Lead Time</i> dos componentes	Geralmente curto	Geralmente longo	O fornecimento advinha de fontes mais próximas, pelo que os <i>lead times</i> eram mais curtos. Com a fragmentação e globalização das cadeias de abastecimento, o fornecimento advém de localizações mais remotas.
Precisão da previsão da procura	Elevada	Reduzida	A reduzida variedade, os longos ciclos de vida dos produtos e o tempo de tolerância dos clientes longo permitiam que a precisão da previsão não fosse um problema, porque era expectável a eventual resposta dos clientes. Com a complexidade, a boa precisão na previsão da procura é uma ideia praticamente inatingível.
Pressão na redução de inventário	Reduzida	Elevada	Menos variedade e longos ciclos de vida dos produtos faziam com que o risco na criação de <i>stock</i> fosse reduzido. Com a complexidade das cadeias de abastecimento existe também a imposição da redução dos custos, sendo que o inventário contribui para o aumento dos mesmos.
Atrito transaccional	Elevado	Reduzido	A baixa competitividade tornava a tarefa de encontrar fornecedores e clientes mais difícil. A elevada oferta e facilidade de comunicação facilita o processo.

Em oposição, o tempo de tolerância dos clientes é cada vez mais curto e, em grande parte, devido à *Internet* e à evolução tecnológica (Ptak & Smith, 2018). Os clientes têm acesso a uma oferta mais abrangente, o que leva a que os produtos sejam cada vez mais personalizados, variados e complexos e, conseqüentemente, os seus ciclos de vida sejam mais curtos (Harding

& Ptak, 2012). Desta forma, a previsão do consumo é menos precisa e a criação de *stock* para eventuais respostas ao mercado é uma solução menos segura, porque não existe garantia de continuidade dos produtos como existia antigamente.

Perante cenários de procura volátil e necessidade de oferta variada tendo em conta os requisitos dos clientes, as cadeias de abastecimento devem ter uma abordagem diferente (Christopher et al., 2006). Durante muito tempo, os objetivos das empresas eram tipicamente focados na eficiência operacional, através de grandes lotes produtivos e produtos padronizados (Christopher, 2011), e existe realmente uma tendência para que as cadeias de abastecimento sejam mais focadas na eficiência, ao invés da eficácia (Christopher et al., 2006), mas é necessária uma alteração nesta visão para que as organizações se adaptem à atualidade.

É essencial existir um foco sob as prioridades competitivas dos produtos para o cliente final, no extremo da cadeia de abastecimento, como a qualidade, a entrega, o custo e a flexibilidade, bem como uma visão no planeamento e controlo da cadeia de abastecimento (Olhager, 2013). Assim, tem ocorrido uma mudança nos últimos anos, onde as prioridades têm passado de um foco estritamente relacionado com o custo operacional para um conjunto de prioridades que envolvem o aumento do foco na velocidade de entrega e confiabilidade (Olhager et al., 2002), ou seja, um foco mais orientado para o cliente.

2.3.3 Riscos nas Cadeias de Abastecimento

As regras implementadas e a forma como uma organização é gerida são condições que afetam diretamente o facto de se virem a demonstrar comportamentos indesejáveis numa cadeia de abastecimento (Lee, Padmanabhan & Whang, 1997), bem como a presença de incerteza nas suas fontes de dados, como a procura, o fornecimento, os tempos de transporte e o consumo em cenários internacionais (Acar, Kadipasaoglu & Schipperijn, 2009). Com isto, a adaptação às mudanças das condições do mercado pode tornar as cadeias de abastecimento cada vez mais interdependentes e vulneráveis a alterações (Blos, Da Silva & Miyagi, 2015; Carvalho et al., 2012), o que pode intensificar os efeitos negativos e prejudicar o seu desempenho.

Segundo Mason-Jones & Towill (1998), um sistema que opera numa cadeia de abastecimento está sujeito a um círculo de incerteza que tem quatro segmentos de risco, representados na Figura 2.9.

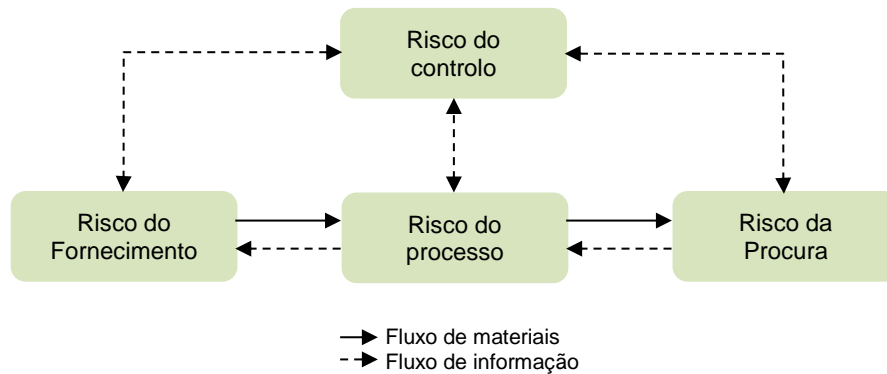


Figura 2.9 Fontes de risco numa cadeia de abastecimento
(Adaptada de: Mason-Jones & Towill (1998), p.17)

A redução da incerteza requer um entendimento das causas de risco em cada um dos quatro segmentos e a forma como interagem no sistema, pelo que Miclo (2016) descreve quatro fontes de variabilidade:

- **Variabilidade no fornecimento:** relacionada com tempo e quantidade das encomendas de fornecimento.
- **Variabilidade na procura:** relacionada com tempo e quantidade das encomendas dos clientes.
- **Variabilidade operacional:** relacionada com os processos, devido a possíveis ocorrências de falhas nos recursos, com a qualidade do produto ou com variações no tempo de produção.
- **Variabilidade na gestão:** relacionada com a estratégia utilizada para gerir o sistema, bem como a forma como a informação é explicada às equipas.

As variabilidades no fornecimento e na procura são aquelas que tendem a criar mais riscos nas cadeias de abastecimento. A produção é planeada com base em informações incertas tanto do cliente para o fornecedor (variabilidade da procura), como do fornecedor para o cliente (variabilidade do fornecimento), e um importante fator de incerteza é a diferença entre o tempo de fornecimento planeado, associado ao fluxo de informação, e o tempo de fornecimento real, associado ao fluxo de materiais (Ammar et al., 2016).

Habitualmente, as entidades de uma cadeia de abastecimento produzem o suficiente para responder à procura definida, maioritariamente através de previsões, o que implica que, quando ocorre uma variação, todas as entidades se tenham de ajustar de forma a ir de encontro à nova situação. No entanto, devido ao intervalo de tempo entre o momento em que realmente ocorre a variação na procura e o momento em que é detetada essa variação nas diferentes entidades da cadeia de abastecimento, o impacto é amplificado, originando níveis de *stock* flutuantes (Lipton,

2013). Estas situações são caracterizadas pelo efeito de *bullwhip* e pela distribuição bi-modal de inventário.

Efeito de Bullwhip

O termo “efeito de *bullwhip*” foi divulgado por Lee, Padmanabhan & Whang (1997), definindo-o como o fenómeno no qual o desvio na quantidade de uma encomenda de um cliente se propaga num efeito amplificado ao longo dos níveis da cadeia de abastecimento, sofrendo sucessivos incrementos. Assim, está diretamente relacionado com a variabilidade da procura, onde uma pequena alteração na mesma, que corresponde a um extremo da cadeia de abastecimento, pode gerar grandes alterações no fornecimento, no outro extremo. Com isto, o efeito de *bullwhip* é resultado da interação estratégica entre os membros da cadeia de abastecimento (Lee, Padmanabhan & Whang, 1997).

A Figura 2.10 ilustra o efeito de *bullwhip*, onde o sentido cliente-fornecedor está relacionado com distorções no fluxo de informação e o sentido fornecedor-cliente com distorções no fluxo de materiais. As distorções na procura movem-se da direita para a esquerda, ou seja, do cliente para o fornecedor, e os atrasos e a escassez de materiais movem-se da esquerda para a direita, ou seja, do fornecedor para o cliente (Smith, 2015).

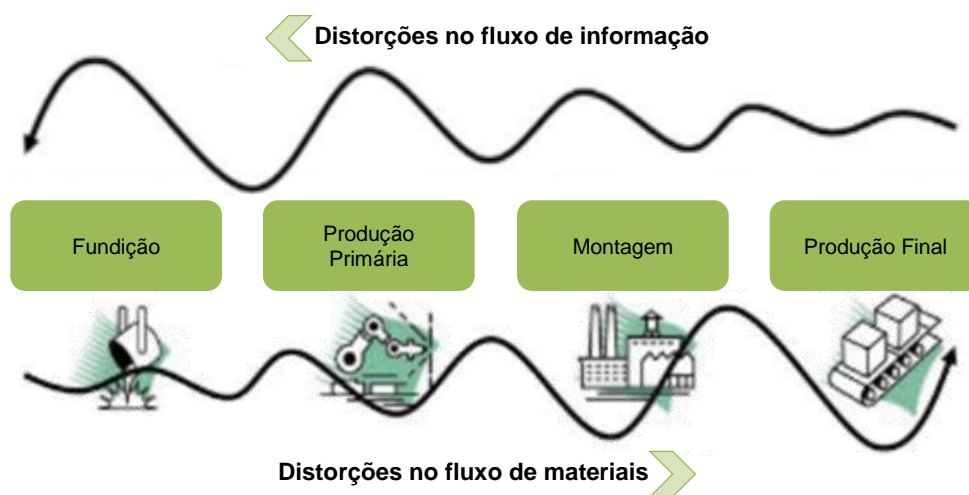


Figura 2.10 Efeito de *Bullwhip*
(Adaptada de: Ptak & Smith (2018), p.19)

A ocorrência deste efeito numa cadeia de abastecimento demonstra a sua vulnerabilidade perante interferências externas, especificamente a flutuação da procura, mas também implica um grande investimento de recursos humanos, financeiros e materiais por parte das suas entidades (Li & Liu, 2013). Os custos associados são relacionados com consequências como a utilização ou não utilização de máquinas, a carga de trabalho reduzida ou em excesso, a

contratação ou despedimento de operadores, o excesso de *stock* de matérias-primas, a dificuldade na realização de previsões e do planeamento, o nervosismo do sistema ou a fraca relação que pode existir entre o cliente e o fornecedor, pelo que este efeito se torna significativo quando o custo incorrido na produção e realização de encomendas é superior ao custo de manter *stock* (Wang & Disney, 2016).

Distribuição Bi-modal de Inventário

A variabilidade da procura origina divergências entre a procura real e a previsão, pelo que o cenário em que o sistema se baseia para operar é alterado constantemente. Com isso, o sistema acaba por produzir quantidades que se revelam não ser necessárias e responde a encomendas urgentes com quantidades que não esperava utilizar no imediato (Ptak & Smith, 2018). Estas ocorrências geram situações de excesso de *stock* ou de falta do mesmo (Figura 2.11). Também uma política de gestão do inventário inadequada gera estas situações (Louly & Dolgui, 2013).

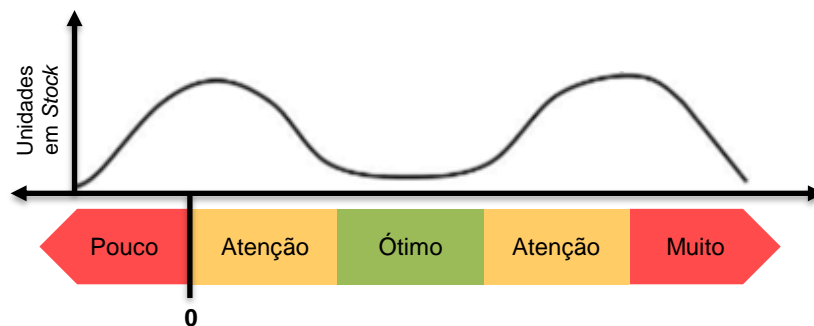


Figura 2.11 Distribuição Bi-modal de Inventário
(Adaptada de: Ptak & Smith (2018), p.11)

Na Figura 2.11, ao centro encontra-se o intervalo ótimo para o nível de *stock*. Uma cadeia de abastecimento que se situe à esquerda deste intervalo encontra-se num nível de falta de *stock*, tornando-se incapaz de responder às necessidades dos clientes. Uma cadeia de abastecimento que se situe à direita deste intervalo encontra-se num nível de excesso de *stock*, com capital investido em capacidade e espaço.

Tendo em conta estes dois efeitos que se demonstram nas cadeias de abastecimento, é possível relacionar que a variabilidade é a fonte de maior risco para o fluxo de informação e materiais. Assim, um fluxo bem protegido ao longo de uma cadeia de abastecimento pode permitir a redução destes efeitos, pelo que deve ser este o objetivo das cadeias de abastecimento. Neste sentido, o sucesso para uma boa coordenação da cadeia de abastecimento e proteção dos fluxos

advém da implementação de sistemas de PCP eficazes (Vollmann et al., 2005). Atualmente, muitos sistemas ERP têm o módulo de planeamento da cadeia de abastecimento, com vista ao planeamento tático a longo prazo (Olhager, 2013).

2.3.4 Adaptação das Cadeias de Abastecimento

Segundo Fisher (1997), muitas organizações sabem que a sua cadeia de abastecimento gera desperdício, bem como insatisfação nos clientes. Isto porque, se não existe flexibilidade para se adaptarem às novas condições do ambiente industrial, as cadeias de abastecimento tornam-se desajustadas perante o ambiente de negócio e com uma vulnerabilidade que conduz a um desempenho que não corresponde ao desejado. Neste sentido, é importante ter noção do conceito de agilidade.

A agilidade é definida como a capacidade de adaptação e resposta rápidas a alterações no ambiente competitivo (APICS, 2016). Assim, uma cadeia de abastecimento ágil relaciona-se com a sua capacidade de conseguir coincidir o fornecimento com a procura num mercado imprevisível e instável (Christopher et al., 2006).

Seja numa orientação pela procura real ou numa orientação por previsões de procura, o objetivo é proteger o fluxo de informação, de forma a aproximar o fornecimento e a procura. Se a grande dificuldade se encontra na acumulação e amplificação de variabilidade, então a solução tem de se centrar numa forma de reduzir a transferência de variabilidade ao longo de uma cadeia de abastecimento, bem como mitigar o seu efeito amplificado (Smith, 2015). O sucesso no isolamento deste impacto permite que os gestores das organizações consigam direccionar os seus esforços para melhorias com um maior potencial de originar benefícios (Acar et al., 2009).

Numa orientação pela previsão da procura, independentemente da sofisticação no método utilizado, a sua precisão nunca é perfeita, o que origina problemas ao nível do inventário, bem como o facto da presença de incerteza fazem com que coincidir o fornecimento e a procura seja uma tarefa difícil (Christopher, 2011). Com isto, uma cadeia de abastecimento ágil está diretamente relacionada com o facto de ser uma cadeia de abastecimento orientada pela procura, ao invés de ser orientada por previsões de procura (Christopher et al., 2006).

Para uma organização ser orientada através da procura é necessária a mudança da sua ideologia organizacional, ou seja, passar de uma centralização no abastecimento, com metodologias operacionais baseadas nos custos, para uma centralização na procura real, com metodologias baseadas no fluxo (Ptak & Smith, 2018).

2.3.5 Cadeia de Abastecimento Orientada pela Procura

A *Boston Consulting Group* (BCG) (Budd, Knizek & Tevelson, 2012) define uma cadeia de abastecimento orientada pela procura como um sistema que funciona e reage a sinais de procura em tempo real, através de tecnologias e processos coordenados ao longo de uma rede de clientes, fornecedores e operadores, por isso, oferece informação em tempo real a todas as suas entidades. Num passado não assim tão longínquo, a informação em tempo real era uma ideia inatingível, mas com o desenvolvimento de sistemas de informação cada vez mais avançados é possível proteger melhor o fluxo, levando a que a possibilidade de uma cadeia de abastecimento ser totalmente orientada pela procura seja uma realidade mais próxima, ainda que difícil de atingir.

Desta forma, as organizações podem-se tornar mais recetivas a mudanças nas condições do mercado, minimizar quebras de *stock* e perda de vendas, manter níveis de *stock* reduzidos, reduzir os custos na expedição de ordens e obter um melhor uso das suas vantagens operacionais (Budd et al., 2012).

De acordo com Lipton (2013), uma cadeia de abastecimento orientada pela procura é organizada por iniciativas tanto no sentido da procura como no sentido do fornecimento. No sentido da procura, as iniciativas têm como foco a melhoria da forma como a procura é definida, ou seja, tentar que o comportamento seja traçado e analisado o mais próximo possível do cliente, de forma a que seja o mais preciso possível, e aplicar estratégias promocionais e de preço para ir ao encontro dos objetivos do negócio. No sentido do fornecimento, as iniciativas centram-se na redução da dependência das previsões, tornando-se as organizações mais ágeis na resposta no momento em que a procura real é conhecida.

Tendo em conta o curto tempo de tolerância dos clientes relativamente à satisfação das suas encomendas, é necessário compreender como é que uma organização pode passar de uma mentalidade orientada pela previsão para uma orientação pela procura, mantendo a possibilidade de responder à procura dentro do tempo de ciclo de encomenda dos clientes (Christopher, 2011), isto porque existe um intervalo de tempo de diferença entre o tempo de tolerância do cliente e o tempo cumulativo para a realização da sua encomenda (Figura 2.12).

O tempo de tolerância dos clientes é cada vez mais curto e as cadeias de abastecimento são cada vez mais complexas e, por isso, para conseguir responder à procura indo ao encontro dos requisitos dos clientes, tem de existir *stock* em algum momento (Smith, 2015). Para tal, conforme Christopher (2011) afirma, o processo de previsão será sempre necessário, no entanto, a previsão não deve ocorrer ao nível dos produtos finais, mas sim ao nível da agregação de volumes, o que permite o planeamento de capacidade e recursos para responder a esse mesmo volume. Neste sentido, é necessário que a forma convencional para balancear o fornecimento e a procura seja repensada e, por isso, surge o conceito de desacoplamento.

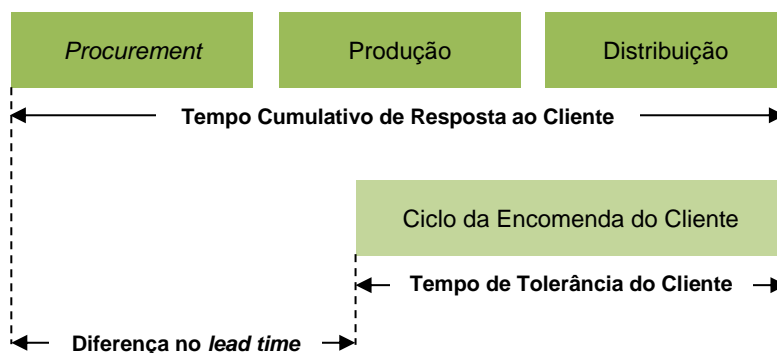


Figura 2.12 Representação da diferença no *lead time*
(Adaptada de: Christopher (2011), p.84)

A APICS (2016) define o desacoplamento como o ato de criar independência entre o fornecimento e o uso do material. Geralmente, está associado à atribuição de *stock* entre operações para que as flutuações que ocorrem na taxa de produção da operação que fornece não limitem a taxa de produção da operação seguinte. Com isto, o desacoplamento permite isolar situações que ocorrem numa entidade ou numa zona de um sistema, evitando o seu impacto noutras entidades da cadeia de abastecimento ou em mais zonas do sistema, por isso, permite eliminar as dependências ao longo da cadeia e reduzir a transmissão da variabilidade (Ptak & Smith, 2018).

A localização na árvore do produto ou na rede de distribuição onde o *stock* é aplicado, com o objetivo de criar independência entre os processos ou as entidades, denomina-se ponto de desacoplamento (APICS, 2016). A decisão de onde estes pontos devem ser colocados é estratégica e a forma como são geridos para manter o seu efeito de desacoplamento, recorrendo a *buffers*, afeta a forma como o sistema opera e a eficácia da cadeia de abastecimento (Ptak & Smith, 2018).

Com isto, a possibilidade de criar *stock* em pontos estratégicos facilita a configuração de um produto num estado mais tardio do processo ou até mesmo a sua produção, tendo em conta os requisitos específicos do cliente (Christopher, 2011), bem como vai permitir uma redução na transmissão de variabilidade e no tempo de resposta ao cliente, conforme indicado na Figura 2.13.

Conforme indicado no subcapítulo 2.2, o MRP é uma ferramenta caracterizada pelo seu nervosismo, que advém do facto de existir dependência ao longo de todo o fluxo e que torna difícil a tarefa de ter o material certo no momento certo. Esta dependência cria ciclos de produção e de *procurement* demasiado longos, o que torna a capacidade de responder à procura real inatingível, daí que seja uma ferramenta que recorre a previsões (Ptak & Smith, 2018). A implementação dos conceitos de desacoplamento e de *buffers* em pontos estratégicos é uma

oportunidade para adaptar o MRP para uma orientação pela procura. É neste sentido que surge o desenvolvimento do sistema *Demand Driven Material Requirements Planning* (DDMRP).

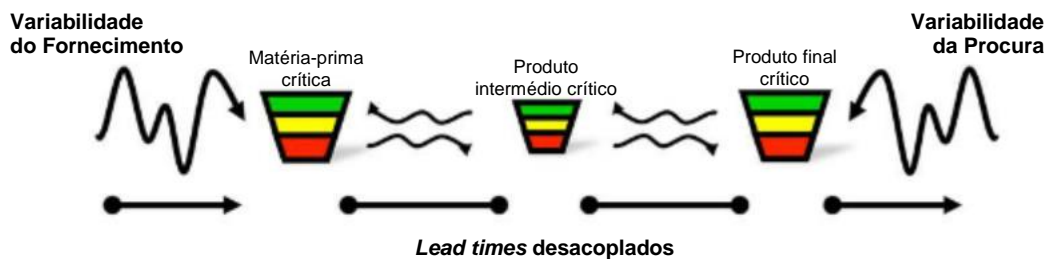


Figura 2.13 Transmissão da variabilidade com aplicação de pontos de desacoplamento (Adaptada de: Ptak & Smith (2018), p.66)

2.4 Demand Driven Material Requirements Planning

Este subcapítulo introduz o método *Demand Driven Material Requirements Planning* (DDMRP), analisando também os resultados que têm vindo a ser registados com a sua implementação.

2.4.1 Definição de DDMRP

O *Demand Driven Material Requirements Planning* (DDMRP) é definido como um “método de planeamento e execução multi-escalão para proteger e promover os fluxos de informação e materiais relevantes” (Adaptado de: Ptak & Smith (2018), p.52). Para tal, recorre à identificação de pontos estratégicos para desacoplamento, que são geridos através de *buffers*, de forma a sincronizar ambientes complexos e dinâmicos.

A sua lógica foi introduzida por Carol Ptak e Chad Smith, em 2011, na terceira edição do livro “*Orlicky’s Material Requirements Planning*” (Ptak & Smith, 2018; Shofa & Widarto, 2017), num âmbito profissional e prático, não académico. Os autores pretendiam corrigir as fraquezas que se têm vindo a demonstrar na aplicação do MRP numa atualidade mais volátil e orientada para o cliente e adaptar a gestão da cadeia de abastecimento ao ambiente industrial, melhorando o desempenho dos sistemas.

Segundo Jiang & Rim (2016), o MRP foca-se na resposta à quantidade de *stock* que deve existir e de quando é necessário fazer encomendas, enquanto que o DDMRP pretende focar-se na questão de onde deve ser posicionado esse mesmo *stock*. Assim, o DDMRP baseia-se no funcionamento do MRP, admitindo um novo foco, por isso, surge como um método que evolui do

MRP para que as organizações se adaptem às necessidades do mercado que se demonstram atualmente.

Tendo em conta que o MRP sofreu uma evolução ao longo dos anos, originando o MRPII e, posteriormente, o ERP, é questionável a posição do DDMRP perante o progresso deste método. Conforme indicado na Figura 2.14, o DDMRP surge como evolução da base do MRP, porque pretende corrigir a sua lógica e é, por isso, integrável em sistemas ERP.

Desta forma, o DDMRP pode ser integrado numa única base de dados que incorpore vários módulos dos processos da empresa, inserindo-se no módulo associado aos processos de planeamento da produção.

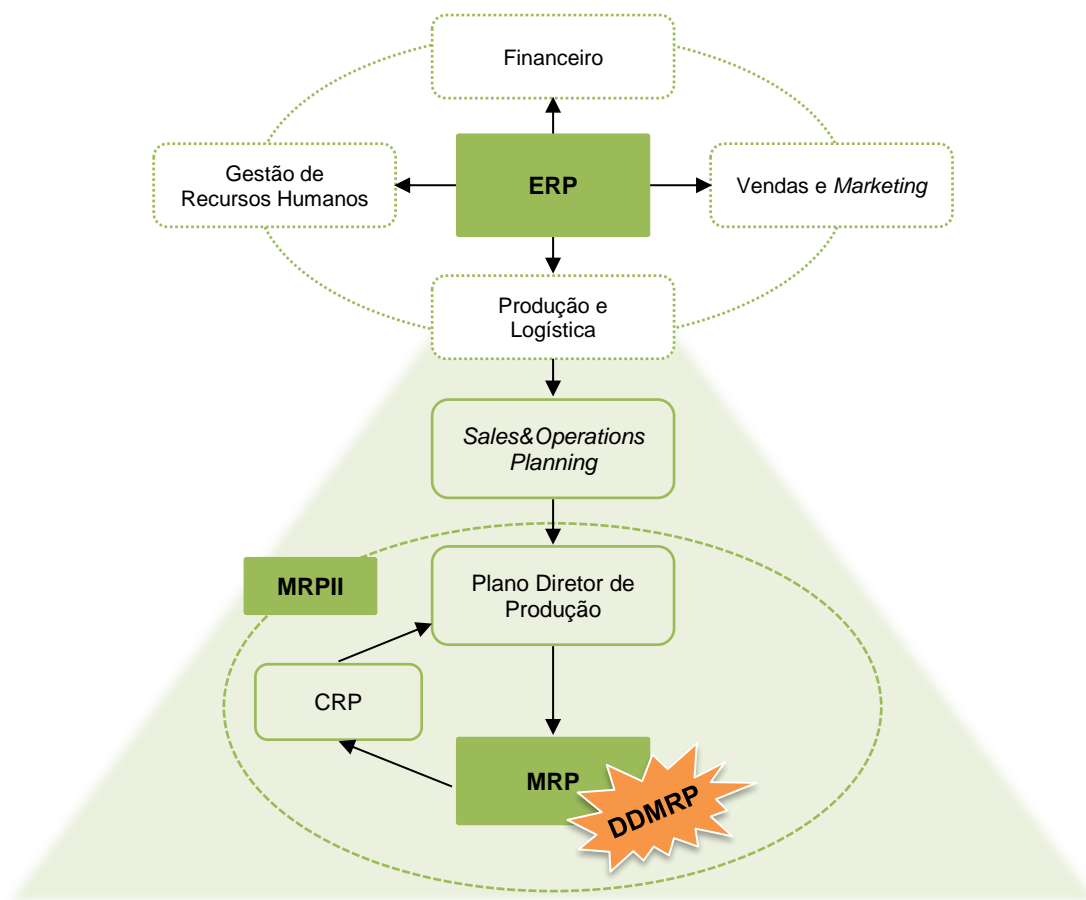


Figura 2.14 Posição do DDMRP relativamente à evolução do MRP

2.4.2 Perspetivas do DDMRP

Existem dois pontos críticos para o sucesso do fluxo: o planeamento dos recursos o mais próximo possível da procura real e a visibilidade perante o cenário da cadeia de abastecimento (Smith &

Ptak, 2011). Conforme a sua definição indica, o DDMRP estabelece um foco na proteção e promoção dos fluxos com o intuito de reduzir o impacto dos riscos na cadeia de abastecimento. Com isto, o grande objetivo dos autores era criar uma ferramenta baseada no MRP que permitisse a gestão dos materiais ao longo da cadeia de abastecimento, realizando um planeamento e controlo da produção centrado no cliente e com níveis de visibilidade elevados perante toda a cadeia (Ptak & Smith, 2018). Desta forma, o DDMRP é uma ferramenta que permite a gestão dos materiais, controlando o seu inventário, a possibilidade de criação de planos produtivos mais próximos da procura real do mercado e a promoção de tomadas de decisão e ações mais rápidas e assertivas no planeamento e execução (Jiang & Rim, 2016).

Apesar de muitas metodologias assumirem que a existência de *stock* é um desperdício, nomeadamente o *Lean*, isto apenas é verdade se o *stock* existir em pontos do sistema incorretos e nas quantidades erradas (Harding & Ptak, 2012). Tendo isto em conta, o DDMRP assume a existência de *stock* de forma controlada e equilibrada, de forma a obter uma distribuição de inventário centrada, conforme representado na Figura 2.15, tentando reduzir os riscos resultantes na cadeia de abastecimento adjacentes da distribuição bi-modal, que se tem tornado característica no ambiente atual.

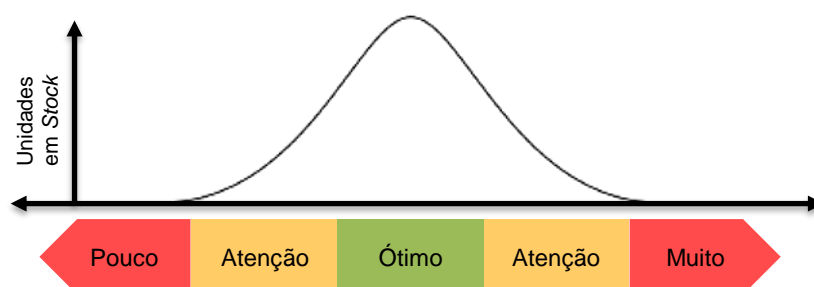


Figura 2.15 Representação do objetivo do DDMRP para a distribuição de inventário (Adaptada de: Harding & Ptak (2012), p.10)

Para que os níveis de *stock* sejam controlados, o DDMRP pretende identificar os pontos estratégicos de desacoplamento e geri-los de forma dinâmica, para que o impacto da variabilidade adjacente da procura e do fornecimento seja reduzido e o tempo de resposta seja comprimido, aumentando assim o nível de serviço (Harding & Ptak, 2012). Com isto, prevê-se que o impacto do efeito de *bullwhip* seja reduzido.

Segundo resultados publicados pelo *Demand Driven Institute* (Demand Driven Institute, 2018b) de casos de estudo, os benefícios da aplicação do DDMRP passam pelo aumento do nível de serviço e da disponibilidade do planeamento, bem como pela diminuição da quantidade

armazenada e dos tempos de reposição. A Figura 2.16 descreve os resultados obtidos de uma análise comparativa de um conjunto de relatórios de implementações da metodologia do DDMRP em vários setores da indústria.

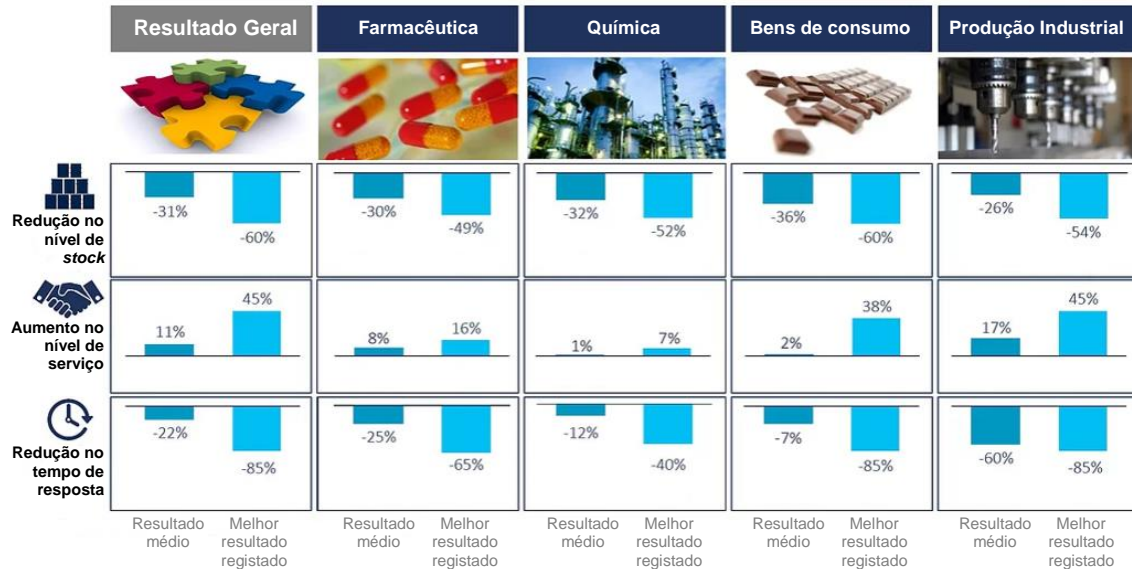


Figura 2.16 Análise comparativa de resultados obtidos em vários setores da indústria (Adaptada de: Camelot Project Experience, Demand Driven Institute, FAPICS citada por Demand Driven Institute (2018b))

Devido à recente inserção do DDMRP no mercado, as poucas publicações existentes abordam, principalmente, as promessas que a teoria do DDMRP garante, realizando análises do ponto de vista prático de comparação de desempenhos aplicada a casos de estudo através de simulações. A Tabela 2.2 representa uma revisão da literatura existente aplicada a casos de estudo.

No geral, as conclusões dos autores defendem que a aplicação do DDMRP melhora o desempenho dos sistemas de planeamento e controlo da produção das empresas, tornando-se uma ferramenta relevante de alvo de estudo.

O próximo capítulo pretende fazer um estudo exploratório da base metodológica do DDMRP e da sua metodologia de aplicação.

Tabela 2.2 Revisão da literatura publicada sobre o DDMRP no âmbito de caso de estudo

Publicação	Comparação	Indicadores de desempenho	Conclusão
Ihme & Stratton (2015)	MRP vs DDMRP	<ul style="list-style-type: none"> - Alertas de nível de <i>stock</i> - Nível médio de <i>stock</i> 	<ul style="list-style-type: none"> - O DDMRP reduziu a quantidade de alertas de elevado nível de <i>stock</i> e de reduzido nível de <i>stock</i> em 45% e os alertas de falta de <i>stock</i> em 95% - Não existiu uma redução significativa dos níveis médios de <i>stock</i> com a implementação do DDMRP
Miclo, Fontanili, Luras, Lamothe & Milian (2015)	MRP vs DDMRP	<ul style="list-style-type: none"> - Encomendas entregues aos clientes a tempo (OTD – <i>on time delivery</i>) - Capital operacional (WC – <i>working capital</i>) - Níveis de <i>stock</i> de produto intermédio (WIP – <i>work in process</i>) - Média da carga de produção (<i>load production means</i>) - Eficiência global do equipamento (OEE – <i>overall equipment effectiveness</i>). 	<ul style="list-style-type: none"> - O DDMRP tem um OTD menos satisfatório, mas, no geral, os seus indicadores são mais positivos, com um WC inferior - Os níveis de WIP têm uma redução de mais de 20% nos cenários com DDMRP - O DDMRP permite uma adaptação mais rápida à procura, pelo que existe um aumento do tempo de <i>setup</i> nos equipamentos, devido às trocas mais contantes, por isso, os equipamentos têm uma OEE associada mais reduzida
Miclo, Fontanili, Luras, Lamothe & Milian (2016)	MRP vs DDMRP	<ul style="list-style-type: none"> - OTD - WC 	<ul style="list-style-type: none"> - O DDMRP atinge o mesmo nível de OTD, no entanto, consegue fazê-lo com uma redução de, em média, 10% do WC
Shofa & Widyarto (2017)	MRP vs DDMRP	<ul style="list-style-type: none"> - Tempo de resposta - Níveis de <i>stock</i> 	<ul style="list-style-type: none"> - Com o DDMRP, o tempo de resposta foi comprimido em 94% - Os níveis de <i>stock</i> no geral são geridos mais eficazmente, com uma redução da ocorrência de posições na zona vermelha do <i>buffer</i>
Kortabarria et al. (2018)	MRP vs DDMRP	<ul style="list-style-type: none"> - Consumo total diário (<i>Total ADU</i>) - Níveis de <i>stock</i> disponível (<i>Total on-hand inventory</i>) - <i>Stock</i> total de cobertura da procura (<i>Total coverage stock</i>) 	<ul style="list-style-type: none"> - O consumo total diário aumentou em média 8,7%, o que pressupõe um aumento do consumo dos materiais diariamente com o DDMRP. - Os níveis de <i>stock</i> disponível reduziram em média 52,53% com o DDMRP - O <i>stock</i> total de cobertura reduziu em média 56,71%, o que pressupõe que a implementação do DDMRP originou um aumento do retorno do <i>stock</i> existente

3 Exploração do DDMRP

Neste capítulo é explorada a base conceptual e metodológica do DDMRP, relacionando-a com os métodos de planeamento e controlo da produção já existentes, bem como é realizado um estudo da sua operacionalização. O objetivo é fornecer uma análise crítica perante o modelo, levantando questões relativamente à sua abordagem.

3.1 Base Metodológica do DDMRP

Para atingir o seu objetivo, o DDMRP recorre a novas regras e ferramentas reconhecidas academicamente para que a lógica de planeamento altere de “*push* e promoção” para “posicionamento e *pull*” (Harding & Ptak, 2012). Com isto, o DDMRP utiliza aspetos únicos e inovadores que permitem integrar ideologias de cinco metodologias (Figura 3.1).

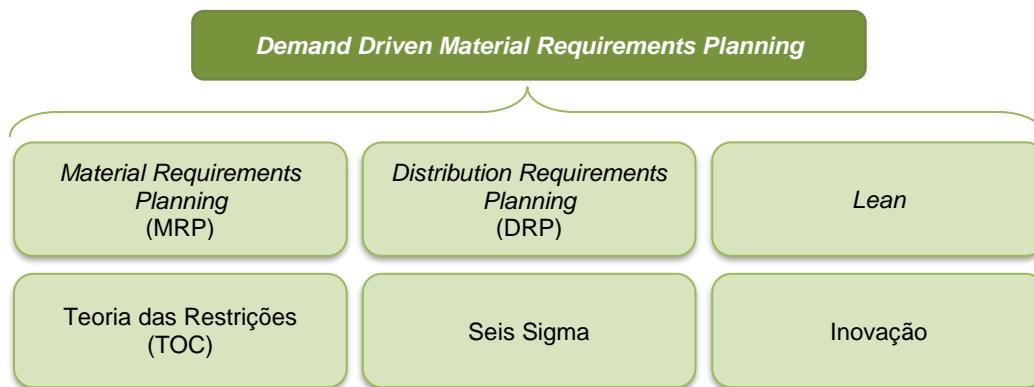


Figura 3.1 Base metodológica do DDMRP
(Adaptada de: Ptak & Smith (2018), p.52)

De forma geral, o DDMRP baseia-se em táticas relevantes do MRP e do *Distribution Requirements Planning* (DRP), designação anglo-saxónica de Planeamento das Necessidades de Distribuição, e combina-as com a lógica de sistema *pull* do *Lean* e da Teoria das Restrições (TOC) (Harding & Ptak, 2012; Miclo, Lauras, Fontanili, Lamothe & Melnyk, 2018). Do *Lean* pretende admitir uma lógica de sistema *pull* e sensibilidade perante o desperdício e variabilidade a que o sistema está exposto; da TOC admite um foco sobre os pontos que limitam o desempenho do sistema, bem como a existência de *stock* colocado estrategicamente; e do Seis Sigma pretende admitir sensibilidade perante a redução do impacto da variabilidade (Miclo et al., 2018; Ptak & Smith, 2018). Ao incluir novos conceitos, inova no planeamento e na execução para permitir a compressão do tempo de resposta e a visibilidade perante as funções da organização e da cadeia de abastecimento (Harding & Ptak, 2012).

Os subcapítulos seguintes pretendem sintetizar cada metodologia e identificar especificamente a sua influência e contribuição para a base do DDMRP.

3.1.1 Influência do MRP

Conforme referido no capítulo 2, o MRP é um método que permite a gestão dos materiais, bem como auxilia ao planeamento da produção, através de uma lógica *push*. Visto que o DDMRP surge como evolução do MRP para corrigir os seus pontos fracos, este é o grande pilar desta nova ferramenta.

O MRP calcula as necessidades dos materiais, em quantidade e tempo, maioritariamente através de previsões de procura, ou seja, planeia o futuro com base em acontecimentos passados. A grande diferença no DDMRP é que a fonte para o cálculo das necessidades altera, ou seja, pretende evitar as previsões e gerar as necessidades dos materiais em quantidade e tempo através da procura real. Assim, baseia-se no método de explosão de materiais do sistema MRP, recorrendo às BOM para calcular a procura dependente e ao estabelecimento de prazos distribuídos no tempo para criar encomendas de fornecimento e ordens de produção e tentar reduzir a incerteza e nervosismo a que o sistema está sujeito.

Para diminuir o efeito de *bullwhip* e o impacto dos níveis de *stock* incorretos, o MRP utiliza o *stock* de segurança (Kortabarria et al., 2018). Segundo Jiang & Rim (2016), o DDMRP pretende substituir esta ideologia de *stock* de segurança presente no MRP por posições estratégicas de *stock*, fornecendo um foco no seu posicionamento e quantidade disponível e não apenas na quantidade, como ocorre no MRP.

Desta forma, adapta-se melhor ao ambiente mais volátil e orientado para o cliente que é sentido atualmente, mantendo os aspetos relevantes do MRP e integrando-os com outras ideologias para que o planeamento na organização seja mais eficaz.

3.1.2 Influência do DRP

O DRP é a aplicação da lógica do MRP num ambiente de distribuição, ou seja, planeia e gere as necessidades de produto ao longo das redes de distribuição (Tersine, 1988). Com isto, o objetivo do DRP é a coordenação do fluxo de materiais ao longo de um sistema físico complexo, constituído por armazéns, centros de distribuição, centros de fornecimento e localização dos clientes (Vollmann et al., 2005), conforme representado na Figura 3.2.

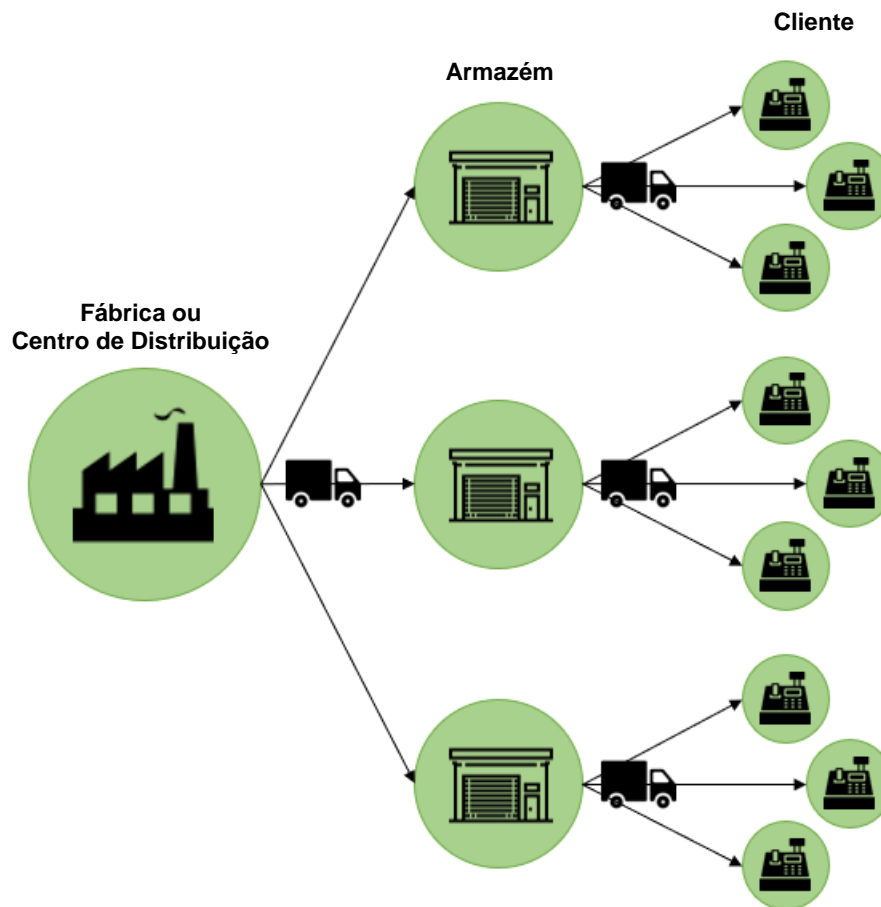


Figura 3.2 Rede de distribuição

Na sua essência, o DRP dá mais importância ao agendamento do que à realização da encomenda, por isso, a sua lógica base é o cálculo das necessidades da rede e das respetivas datas para a realização de encomendas, recorrendo a um plano de encomendas de fornecimento (Tersine, 1988). Com isto, permite integrar no sistema de PCP a informação dos inventários e da distribuição dos materiais ao longo de uma cadeia de abastecimento, tanto do material em trânsito, como dos planos de envio, interligando os requisitos da cadeia de abastecimento com as atividades de produção para uma gestão efetiva do fluxo de materiais (Vollmann et al., 2005).

O grande objetivo do DRP é fornecer a informação necessária para coincidir a procura com o fornecimento de produtos nas várias fases do sistema físico de distribuição e da produção (Vollmann et al., 2005), pretendendo antecipar as necessidades futuras ao enviar o plano a todos os níveis da rede de distribuição, identificando antecipadamente períodos de consumo reduzido ou problemas, o que permite desenvolver novos planos (Tersine, 1988).

O DRP aliado ao MRP permite uma coordenação dos materiais na rede de distribuição e na produção e são, no seu conjunto, o grande pilar da lógica do DDMRP. Assim, o DDMRP recorre

à abordagem relevante do DRP para coordenar o fluxo de materiais ao longo da cadeia de abastecimento. Desta forma, a gestão dos materiais ao longo da cadeia de abastecimento é mais eficaz.

3.1.3 Influência do *Lean*

O *Lean* é uma filosofia de gestão que advém do JIT e, por isso, admite uma lógica de sistema *pull*. Pretende diminuir o tempo de resposta ao cliente, reduzindo o desperdício e o custo produtivo (Bhamu & Sangwan, 2014). Com isto, o grande desafio é a coordenação dos processos de forma a que o produto final esteja disponível no momento certo, com boa qualidade e a baixo custo, por isso, é necessário que entidades como fornecedores e produtores trabalhem em conjunto para reduzir os custos e aumentar a qualidade (Womack et al., 1990).

Conforme referido no capítulo 2, num sistema *pull* apenas ocorre produção quando existe necessidade de consumo e, por isso, o nível de *stock* é controlado. Desta forma, um fluxo contínuo, onde apenas são realizadas operações quando é necessário e requisitado pela estação seguinte, permite evitar a produção em excesso que, segundo Ohno¹, é o maior desperdício dos sistemas produtivos (Murino et al., 2009). Assim, Ohno desenvolveu uma forma de coordenar diariamente o fluxo de materiais através do sistema *kanban* (Womack et al., 1990). *Kanban* é o nome dado ao método utilizado como sinal para autorizar o processamento de materiais em cada estação do sistema produtivo (Olaitan, 2016), permitindo assim a sincronização entre o que é necessário nas estações a jusante e o que é iniciado na produção das estações a montante (Murino et al., 2009). Com isto, uma estação é autorizada a produzir apenas quando é dado o sinal de que há necessidade de material na estação seguinte (Vollmann et al., 2005).

No entanto, nem sempre é possível atingir um fluxo de produção contínuo e, por isso, de acordo com os princípios *Lean*, existem processos que podem ser desacoplados com supermercados (Murino et al., 2009). Os supermercados são áreas de armazenamento entre duas estações, nas quais apenas são colocadas as quantidades estritamente necessárias para serem transportadas à estação seguinte. O mecanismo de transporte de material deve ser através de contentores, que quando regressam à sua estação podem vir acompanhados de cartões, físicos ou eletrónicos, que dão o sinal de necessidade de produção (Womack et al., 1990).

¹ Taiichi Ohno (1912 – 1990) foi um engenheiro industrial japonês reconhecido pela criação do Sistema Produtivo da Toyota, um sistema integrado que originou o conceito *just-in-time* (JIT) (Portal of History and Biography, 2019)

Esta abordagem *Lean* estabelece posições de *stock*, tipicamente em áreas de recurso de materiais, que são dimensionadas de acordo com a taxa de produção requerida pela estação. Desta forma, o *Lean* pretende tornar todos os processos independentes, o que gera uma falha na visibilidade das dependências críticas e das relações de fornecimento, procura e nível de *stock* (Ptak & Smith, 2018). Esta falta de visibilidade e conexão ao longo da cadeia de abastecimento é um problema para o fluxo de informação e materiais no sistema, no entanto, o MRP também cria planos produtivos irrealistas que também são um problema para a coordenação do fluxo (Smith & Ptak, 2011). Admitindo uma base para a gestão do sistema diferente, é por isso que existe um conflito entre a implementação de metodologias *Lean* e o MRP, relacionado com a incompatibilidade no planeamento e controlo da produção e dos materiais.

Por um lado, a abordagem *Lean* para a gestão dos materiais é demasiado simplificada tendo em conta o ambiente complexo e volátil da atualidade, porque não permite uma visibilidade perante todo o cenário completo dos requisitos, o que faz com que a existência de pontos críticos no planeamento origine níveis extremos de *stock* (Smith & Ptak, 2011). Por outro lado, o MRP é uma ferramenta complexa que não funciona num ambiente orientado para o cliente, assumindo uma ideologia contrária ao que o *Lean* tenta implementar para a coordenação do fluxo (Ptak & Smith, 2018). As duas metodologias têm fraquezas, no entanto, tendo em conta o objetivo de proteção e coordenação do fluxo de informação e materiais, ambas contribuem para o seu sucesso, caso sejam integradas de forma correta (Figura 3.3). Powell et al. (2013) afirma que ideologias *Lean*, como o JIT, são ferramentas perfeitas para o controlo da zona de produção e que o MRP é excelente pela sua capacidade para planear a produção. O MRP pode ser utilizado para o planeamento das necessidades de material que se movimentam na fábrica com abordagens JIT (Vollmann et al., 2005).

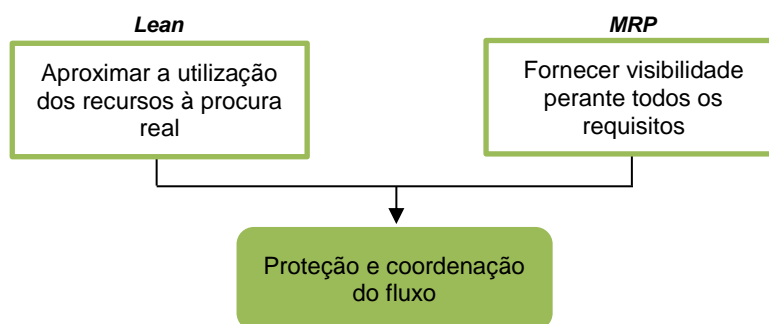


Figura 3.3 Contribuição do Lean e MRP para o fluxo
(Adaptada de: Smith & Ptak (2011), p.5)

Tendo isto em conta, nenhuma empresa consegue proteger o fluxo e reduzir os custos sem ter visibilidade perante todos os requisitos, principalmente quando as cadeias de abastecimento são complexas e perante as condições da atualidade (Smith & Ptak, 2011). O DDMRP pretende

integrar o *Lean* e o MRP para atingir estes objetivos, evitando o conflito adjacente das suas bases ideológicas.

Assim, o que o DDMRP pretende inculcar no MRP, que é a sua base, é a lógica *pull* do *Lean*, para que a produção em excesso seja evitada e os níveis de *stock* se tornem mais estáveis, admitindo assim uma sensibilidade perante o desperdício. Desta forma, a produção é lançada o mais próximo possível da procura real, centrando-se na qualidade e nos custos.

A ideologia adjacente do mecanismo de sinais, na forma de *kanban*, contribui para a forma como o DDMRP gere os seus níveis de *stock*, recorrendo a avisos do estado de consumo dos *buffers*. Também o conceito de posicionamento de *stock*, através dos supermercados, em áreas de recurso de materiais para os processos fornece ao DDMRP uma sensibilidade perante o desacoplamento e a existência de *stock* em quantidades controladas e dimensionadas de acordo com o sistema, de forma a evitar a variabilidade a que o fluxo está exposto.

3.1.4 Influência da Teoria das Restrições

A filosofia central da teoria das restrições (TOC) é que todos os sistemas têm uma restrição, ou um conjunto de restrições, que controlam o desempenho do sistema (Balderstone & Mabin, 1998). Devido à dependência existente nos sistemas, a interação entre operações restritivas e não restritivas afeta a *performance* de todo o sistema, por isso, a TOC pretende identificar a restrição e definir como a gerir e quais as atividades de que depende para maximizar os resultados obtidos da restrição e da organização (Cox III & Schleier Jr, 2010) Para tal, utiliza uma sequência de cinco passos (Goldratt, 2004):

1. Identificar a restrição do sistema;
2. Decidir como explorar a capacidade da restrição;
3. Coordenar os restantes processos com a decisão do passo 2;
4. Aumentar a capacidade da restrição;
5. Caso a fonte da restrição seja alterada, voltar ao passo 1.

O objetivo principal é quebrar a restrição explorada, ou seja, fazer com que deixe de ser uma restrição, e identificar a restrição que se expressa a seguir, por isso, a melhoria contínua é uma visão integrante da TOC (Vollmann et al., 2005).

Goldratt (2004) chegou à conclusão que apenas nos processos que restringem o sistema os recursos devem ser utilizados na totalidade da sua disponibilidade, ou seja, em 100% do tempo disponível, ao contrário da ideia de que todos os recursos devem ser aproveitados ao máximo. Assim, a TOC introduz métodos que procuram a utilização eficaz e eficiente das restrições e que

previnem a ocorrência de excesso de produção em centros de produção não restritivos, criando o *Drum-Buffer-Rope* (DBR) e a Gestão de *Buffers* (Blackstone Jr., 2010).

Segundo a APICS (2016), o DBR é o método da teoria das restrições que permite o planeamento e controlo das operações que têm uma restrição interna ou uma restrição associada à capacidade dos seus recursos. O termo *Drum-Buffer-Rope* advém do conceito de que a estação de produção mais lenta numa organização define o ritmo para todas as outras estações (por isso, corresponde ao *drum*), pelo que nas estações a montante do *drum* existem quantidades de material, *buffers*, que protegem a estação que restringe o sistema, garantindo que existe *input* disponível para esta funcionar, material esse que é direcionado entre o *buffer* e a estação restritiva por um sinal *pull* para a produção, ao ritmo produtivo que o *drum* estabelece (este mecanismo de transição do material corresponde ao *rope*) (Blackstone Jr., 2010).

Assim, segundo a TOC, todas as estações funcionam para manter o planeamento estipulado para a restrição, por isso, a metodologia DBR não desenvolve o planeamento para as não-restrições, ao invés, determina quando o material deve ser lançado para a produção na sua primeira estação e deixa-o percorrer o fluxo naturalmente entre estações (Blackstone Jr., 2010).

Os *buffers* inseridos num sistema servem para proteger a taxa de produção da estação de produção que restringe o sistema de possíveis flutuações, por isso, geralmente, são utilizados *buffers* caracterizados em tempo (*stock* de WIP) em pontos críticos, de forma a que o material seja movimentado na fábrica de forma rápida e sem interrupções (Vollmann et al., 2005). Com isto, a Gestão de *Buffers* é uma atividade necessária para uma eficaz implementação do DBR, visto que fornece um foco nas prioridades de expedição de material na zona de produção, procurando prevenir atrasos produtivos (Cox III & Schleier Jr, 2010).

Assim, a grande vantagem da TOC é que é possível focar a atenção nos recursos que restringem a capacidade do sistema e reunir os esforços para a melhoria da qualidade e da produção nesses recursos críticos (Vollmann et al., 2005).

É essencialmente esta ideologia da TOC de identificação de pontos críticos para o desempenho dos sistemas e de proteção dos mesmos que o DDMRP pretende inculcar no seu modelo. Não apenas relacionado com o foco na restrição de capacidade dos recursos, mas também com todo o fluxo de informação e materiais, conseguindo assim visibilidade perante toda a cadeia de abastecimento. Desta forma, o DDMRP foca-se em produtos que limitam o desempenho e que incorrem de vulnerabilidade para o sistema através dos seus processos e *lead times*, e aplica proteção a esses produtos em forma de *buffers*, colocados estrategicamente em pontos influenciadores, permitindo assim maximizar a produtividade e minimizar o tempo de resposta.

Assim, aplica a lógica *pull* e a gestão de *buffers*, adjacentes do mecanismo DBR, para ter visibilidade sobre o ritmo de trabalho no chão de fábrica, e o pensamento TOC para admitir o

foco sobre os produtos críticos ao nível da cadeia de abastecimento e que influenciam o planeamento e, por isso, o desempenho do sistema.

Desta forma, o DDMRP apenas aplica *buffers* em pontos estratégicos de desacoplamento, contrariando o MRP que não aplica desacoplamento em nenhum ponto e, por isso, considera que tudo é dependente, e o *Kanban* que aplica desacoplamento em todos os pontos, tornando tudo independente (Miclo, 2016).

3.1.5 Influência do Seis Sigma

A variabilidade dos processos aumenta o risco nas cadeias de abastecimento, visto que a ocorrência de variações origina processos instáveis com resultados imprevisíveis, por isso, a aplicação do Seis Sigma pode ser uma forma de reduzir a variabilidade nos processos da cadeia de abastecimento (Christopher, 2011).

O termo “seis sigma” refere-se a um objetivo estatístico, associado à melhoria contínua da qualidade, onde o sigma (σ) é a medida de variação em relação ao valor médio, pelo que, num contexto processual, quanto maior o valor de sigma, maior é a capacidade do processo de obter resultados de acordo com as especificações do cliente (Christopher & Rutherford, 2004). A Figura 3.4 compara um processo a níveis de qualidade sigma diferentes.

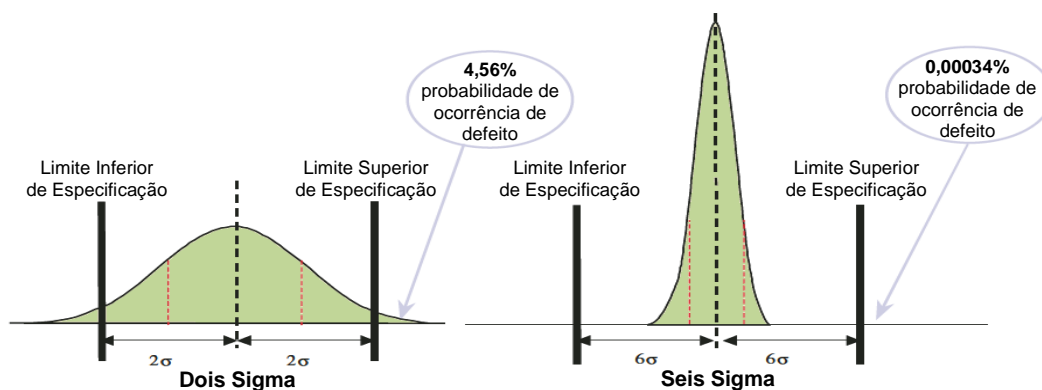


Figura 3.4 Diferença entre processos a nível dois sigma e seis sigma
(Adaptada de: Christopher & Rutherford (2004), p.26)

Segundo Snee (1999), o defeito é definido como algo que resulta em insatisfação dos clientes. O Seis Sigma representa a capacidade de uma organização para oferecer produtos ou serviços onde se verificam apenas 3,4 defeitos por milhão de oportunidades (Christopher & Rutherford, 2004; Snee, 1999). Desta forma, o Seis Sigma é uma abordagem de melhoria da qualidade que procura a redução da ocorrência de erros e defeitos nos processos através da redução da

variabilidade, focando-se nos *outputs* que são críticos para os clientes (Deeb, Haouzi, Aubry, & Dassisti, 2018; Snee, 1999). É, por isso, uma metodologia orientada para o cliente (Cheng, 2017).

Pearson (2001) afirma que o foco principal do Seis Sigma é a otimização dos resultados globais de uma organização, considerando na sua estratégia de negócio o balanceamento dos custos, a qualidade, as características e os critérios de disponibilidade tanto dos produtos como da sua produção. Para tal, a sua estratégia baseia-se em métodos estatísticos e não estatísticos, de forma a atingir objetivos mensuráveis que permitem melhorar a eficiência e produtividade, reduzir o desperdício e melhorar os produtos e os processos (Cheng, 2017). Segundo Deeb et al. (2018), a combinação destas ferramentas permite fixar fontes de variabilidade e avaliar o processo ao nível de qualidade seis sigma.

A sua implementação consiste na execução do ciclo DMAIC, composto por cinco fases (Cheng, 2017):

- **Definir (*Define*):** ocorre a definição dos problemas relacionados com a satisfação do cliente;
- **Medir (*Measure*):** são definidos os métodos para medição dos efeitos e estabelecidos os objetivos de melhoria;
- **Analisar (*Analyze*):** ocorre a análise das causas dos efeitos e são identificadas as variáveis chave dos processos que causam os efeitos;
- **Melhorar (*Improve*):** são desenvolvidos e testados planos de ação para implementação, de modo a obter melhorias na satisfação do cliente;
- **Controlar (*Control*):** ocorre o planeamento do controlo das medidas e é verificada a sua viabilidade a longo prazo.

Assim, o Seis Sigma é uma metodologia de melhoria contínua orientada por dados que pretende melhorar e controlar os processos de uma organização (Christopher & Rutherford, 2004). O objetivo é medir a *performance* das variáveis chave dos processos e perceber como é que estas se relacionam num sistema complexo para produzir o produto corretamente, no tempo estipulado, ao menor custo e de forma a responder às necessidades do cliente e da organização, pelo que é essencial que a medição das variáveis seja feita da melhor forma possível, para que a qualidade dos processos se mantenha num ambiente produtivo em constante mudança (Pearson, 2001).

Desta forma, a variabilidade dos processos é reduzida, originando uma diminuição dos desperdícios ocorridos, bem como um aumento da satisfação dos clientes (Christopher & Rutherford, 2004). Com estes resultados, uma organização acrescenta valor à cadeia, na tentativa de ir ao encontro das perspetivas dos clientes, pelo que este impacto se reflete na redução dos custos e no aumento das vendas, aumentando assim os resultados financeiros finais (Snee, 1999).

Segundo Christopher & Rutherford (2004), se se aplicar o Seis Sigma para reduzir a variabilidade no tempo, os *lead times* tornam-se mais fiáveis e os níveis de *stock* de segurança podem ser reduzidos. Desta forma, os *lead times* das atividades podem ser comprimidos, melhorando a capacidade de resposta perante os requisitos dos clientes e reduzindo os custos adjacentes da existência de altos níveis de *stock*.

É pelo facto de o Seis sigma permitir a redução e controlo da variabilidade dos processos que o DDMRP recorre à sua ideologia. As cadeias de abastecimento estão sujeitas a variabilidade ao nível dos processos, mas também da procura e do fornecimento, e o DDMRP pretende considerar o impacto dessas mesmas variabilidades no desempenho do sistema com o objetivo de reduzir esse impacto. Ao considerar níveis de *buffers* dinâmicos, o DDMRP garante que o impacto da variabilidade seja absorvido pelos ajustes, permitindo uma adaptação à imprevisibilidade dos acontecimentos, tanto ao nível da procura como do fornecimento. Desta forma, as organizações conseguem ter controlo sob os seus *outputs* e manter a continuidade da cadeia de abastecimento e da sua capacidade de resposta, melhorando a qualidade dos seus planos produtivos.

3.1.6 Influência da Inovação

As cinco metodologias abordadas nos subcapítulos anteriores são integradas de forma a que a sua colaboração seja eficaz. Conforme referido anteriormente, existem incompatibilidades entre algumas destas metodologias, como por exemplo, entre o MRP e o Lean, pelo que é necessária a incorporação de aspetos inovadores, daí a inovação como sexto elemento.

Existem quatro inovações principais no DDMRP (Ptak & Smith, 2018):

- *Lead Time* Desacoplado (DLT);
- Equação de Fluxo Líquido;
- Explosão desacoplada;
- Prioridade por estado do *buffer*.

Aos produtos estrategicamente protegidos por pontos de desacoplamento é associado um novo tipo de *lead time*, o *lead time* desacoplado (DLT). O *lead time* corresponde a um espaço temporal que decorre para a realização de um processo (APICS, 2016), existindo assim diferentes tipos de *lead time* ao longo de uma cadeia de abastecimento. Existe, por exemplo, o *lead time* produtivo, que corresponde ao tempo de produção e é associado a produtos intermédios e produtos finais, e o *lead time* de fornecimento, que corresponde ao tempo que decorre entre uma encomenda e a sua chegada e é associado às matérias-primas. Com estes, é possível obter o *lead time* acumulado, que é dado pela sequência temporal mais longa na BOM de um produto,

admitindo que nenhum dos componentes está disponível no momento da encomenda (Ptak & Smith, 2018) e, por isso, envolve os diferentes *lead times* na sua soma. O DLT baseia-se nesta definição, na medida em que é identificado na BOM de cada produto, no entanto, assume a disponibilidade de certos componentes. Assim, este é definido como a cadeia temporal não protegida que tem o *lead time* acumulado mais longo, sendo que é um *lead time* limitado pela localização de pontos de desacoplamento na BOM (Ptak & Smith, 2018), não considerando os *lead times* dos componentes teoricamente disponíveis.

Para exemplificar a ação do DLT, a Figura 3.5 representa a BOM do produto FPD, com os respetivos *lead times* descritos nos círculos, em dias, e os produtos protegidos por *buffers* devidamente identificados com o símbolo colorido.

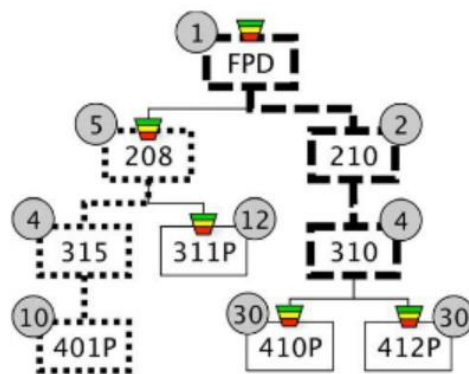


Figura 3.5 BOM do produto FPD
(Retirada de: Ptak & Smith (2018), p.71)

Supondo que não existe disponibilidade de nenhum componente da BOM da Figura 3.5, ou seja, que nenhum componente está protegido por *buffers*, o *lead time* acumulado do produto final FPD seria de 37 dias, porque corresponde ao ramo com a sequência temporal mais longa. No entanto, as matérias-primas 410P e 412P têm *buffers* associados, o que pressupõe a sua disponibilidade imediata, bem como a 311P e o produto intermédio 208. Assim, tendo em conta a definição de DLT, o ramo com a sequência temporal mais longa é identificado pelo tracejado a negrito, que liga o FPD ao 310. Com isto, o DLT do produto final FPD corresponde a sete dias (1+2+4).

Esta análise pode ser realizada a diferentes tipos de produto, sejam finais ou intermédios. Assim, o produto intermédio 208 também tem a sua própria cadeia de DLT, correspondente ao ramo identificado por pontos a negrito, que ligam o 208 ao 401P. Este DLT é de 19 dias (5+4+10). Este valor é superior ao valor do DLT identificado para o produto final FPD, por isso pode ser questionável o facto de não ser este o ramo que define o DLT para o produto final. Tal deve-se à presença de *buffer* no componente 208, o que significa que é um produto protegido cuja gestão de *stock* é feita de forma independente do fluxo, ou seja, é um ponto de desacoplamento. Tendo isto em conta, aquando do planeamento do produto FPD, é assumida a disponibilidade imediata

deste material e, por isso, o seu *lead time* é nulo para a identificação e cálculo do DLT do produto FPD.

Para além da introdução de um novo tipo de *lead time*, o DDMRP introduz também uma equação para a gestão dos pontos de desacoplamento, a Equação de Fluxo Líquido. Esta equação tem como objetivo uma aplicação diária, com base no estado dos *buffers*, garantindo, por um lado, visibilidade perante o que é verdadeiramente necessário e procurando, por outro lado, um desempenho mais estável (Ptak & Smith, 2018). A sua aplicação facilita a gestão das necessidades dos produtos protegidos por *buffer*. Para tal, esta equação fornece sugestões, em quantidade e tempo, para a realização de encomendas de fornecimento ou ordens de produção que permitem a reposição dos níveis dos *buffers*. Tem em conta três variáveis: a quantidade de produto fisicamente disponível, a quantidade de produto a receber (quantidade encomendada e não recebida) e a quantidade de produto necessária para responder a procura relevante no momento atual.

A explosão de materiais é uma característica do sistema MRP na qual o DDMRP se baseia para realizar uma explosão de materiais para os pontos de desacoplamento, a explosão desacoplada. No MRP, as encomendas de fornecimento advêm da explosão de materiais diretamente transmitida para o nível mais baixo das BOM, enquanto que no DDMRP a explosão de materiais é transmitida ao *buffer* seguinte presente na BOM ou, caso não exista, ao nível final da mesma, conforme representado na Figura 3.6 (Miclo, 2016). Como a explosão de materiais termina nos *buffers*, a aplicação independente da Equação de Fluxo Líquido a cada um dos pontos de desacoplamento permite que a explosão de materiais seja transmitida para os componentes desses pontos de desacoplamento, caso existam (Ptak & Smith, 2018).

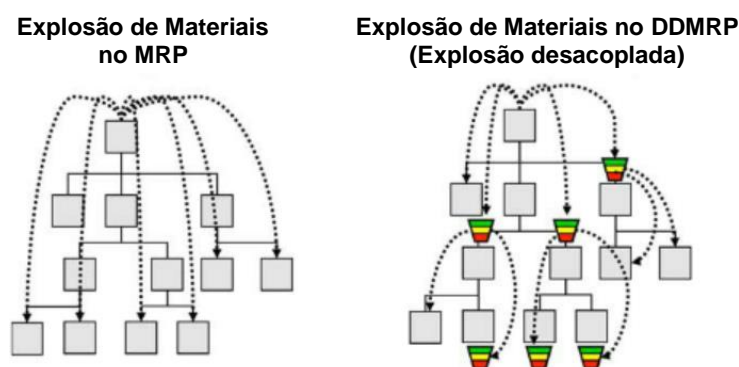


Figura 3.6 Diferença da ocorrência da explosão de materiais entre o MRP e o DDMRP (Adaptada de: Ptak & Smith (2018), p.183)

Outra inovação no DDMRP é o estabelecimento de prioridades, tanto ao nível do planeamento como da execução, através do estado do *buffer* (Ptak & Smith, 2018). Para tal, os *buffers* são

dinâmicos, o que permite refletir impactos específicos e expectáveis, garantindo assim a integridade dos pontos de desacoplamento.

O DDMRP utiliza as BOM dos produtos da organização e as interligações ao longo da cadeia de abastecimento para identificar pontos estratégicos de desacoplamento e geri-los através de *buffers*, com o objetivo de absorver o impacto da variabilidade e proteger o fluxo de informação e materiais, controlando os níveis de *stock*. Com isto, o DDMRP pretende que entre os *buffers* o fluxo seja gerido por uma lógica *pull*, pelo que, entre os restantes pontos não críticos, a gestão é feita segundo a ideologia tradicional MRP para criar encomendas de fornecimento ou ordens de produção (Miclo, 2016).

Estas inovações pretendem que a gestão entre os *buffers* seja feita de forma eficaz, integrando corretamente ideologias adjacentes da prática do MRP, DRP, *Lean*, TOC e Seis Sigma. Desta forma, um sistema de PCP que se baseia no DDMRP procura corrigir os efeitos negativos do MRP demonstrados no comportamento dos níveis de *stock* instáveis para produtos críticos ao sucesso do fluxo de informação e materiais e manter o comportamento para os produtos que não são tão significativos para a gestão, melhorando o desempenho global do sistema.

3.2 Metodologia de aplicação do DDMRP

A metodologia de aplicação foi desenvolvida num âmbito não académico por Carol Ptak e Chad Smith, em 2011. O presente subcapítulo explica a sua abordagem de aplicação com base em informação presente no livro *Demand Driven Material Requirements Planning* (Ptak & Smith, 2018) e na dissertação de doutoramento *Challenging the “Demand Driven MRP” Promises: a Discrete Event Simulation Approach* (Miclo, 2016).

O DDMRP é aplicado numa sequência de cinco passos, dividida em três etapas, conforme indicado na Figura 3.7.



Figura 3.7 Os cinco passos do DDMRP
(Adaptada de: Ptak & Smith (2018), p.53)

A primeira etapa está associada ao Posicionamento. Nesta, são identificadas áreas críticas e/ou vulneráveis onde se devem colocar os pontos de desacoplamento (Passo 1). A Proteção é a segunda etapa, onde o fluxo é protegido por *buffers* que são dimensionados de acordo com o nível de proteção a colocar nos pontos de desacoplamento (Passo 2) e aos quais são definidos níveis de ajustamento ao dimensionamento, de forma a permitir flexibilidade na proteção definida (Passo 3). A terceira e última etapa corresponde à operacionalização do sistema com uma lógica *Pull* aplicada ao fluxo, através do planeamento que vai criar e priorizar ordens, tanto de fornecimento, como de produção ou de transferência de *stock* (Passo 4), e que serão depois geridas diariamente pelo sistema, através de alertas (Passo 5).

Os cinco passos serão detalhados nos subcapítulos seguintes.

3.2.1 Posicionamento Estratégico do Inventário

Conforme referido no subcapítulo 2.3, para que o fluxo da cadeia de abastecimento seja protegido é necessário o uso de pontos de desacoplamento, que permitem a redução do impacto da variabilidade, tanto da procura como do fornecimento. Para tal, é então importante definir onde é que estes pontos devem ser inseridos na cadeia, através de *buffers* aplicados aos produtos intervenientes nesses mesmos pontos, sejam estas matérias-primas, produtos intermédios ou produtos finais.

Este passo corresponde a uma decisão estratégica que tem impacto no desempenho da cadeia de abastecimento ao nível financeiro e de serviço, pelo que é a grande base da aplicação do DDMRP. Por exemplo, um produto pode ser estratégico devido à possibilidade de compressão no *lead time*, ao facto de ser um produto estratégico para venda, à obrigação de ter disponibilidade imediata perante contratos estabelecidos ou ao retorno financeiro positivo que a existência de *stock* de um certo produto pode fornecer. Neste sentido, o processo de decisão de quais os pontos que devem ser protegidos para promover o fluxo de informação e materiais requer a colaboração de vários departamentos de uma organização, de modo a averiguar o impacto que resultará em toda a cadeia de abastecimento.

Segundo Jiang & Rim (2016), a colocação de *stock* de WIP em certas estações pode não contribuir para a compressão do *lead time* de produção do produto final, pelo que apenas aumenta o custo total de posse de *stock*. Quer isto dizer que, quanto mais *buffers* se inserem na cadeia dos produtos, menor ou igual será o *lead time* total, contudo, os custos de posse associados serão cada vez mais elevados. Tendo isto em conta, é importante identificar a melhor solução ao nível dos pontos de desacoplamento, através da decisão de onde se devem colocar *buffers* de *stock*.

O DDMRP sugere a consideração de seis fatores que ajudam na resposta a esta questão:

- **Tempo de tolerância do cliente:** tempo que um potencial cliente está disposto a esperar pela entrega da sua encomenda (APICS, 2016).
- **Potencial do *lead time* no mercado:** impacto que a redução do *lead time* total tem no negócio, seja através de novos clientes, aumento dos preços e aumento do número de encomendas.
- **Visibilidade do horizonte temporal das encomendas de clientes:** espaço de tempo sobre o qual existe noção das encomendas de clientes que é necessário responder, permitindo visibilidade sobre os picos de procura ou informações de procura relevantes.
- **Variabilidade externa:** considera a variabilidade associada à procura e a variabilidade associada ao fornecimento. A variabilidade associada à procura está relacionada com a ocorrência de picos ou decadência no consumo e a variabilidade associada ao fornecimento está relacionada com a ocorrência de atrasos ou falhas nas receções dos fornecedores.
- **Vantagem e flexibilidade do inventário:** existem pontos na cadeia de abastecimento ou nas BOM que, quando protegidos por níveis de *stock*, permitem a compressão do *lead time*, indo ao encontro das necessidades do negócio.
- **Proteção de operações críticas:** a existência de ligações dependentes no fluxo de informação e materiais origina áreas operacionais críticas que têm impacto sobre o desempenho do sistema, devido à capacidade limitada dos recursos, ocorrência de falhas que comprometem a qualidade ou operações que tendem a acumular ou a amplificar a variabilidade.

De forma a exemplificar a aplicação do critério dos seis fatores, o Anexo I corresponde a um exemplo de aplicação retirado do livro Ptak & Smith (2018).

A grande maioria das empresas é caracterizada por um ambiente complexo, constituído por produtos com estruturas únicas e estratificadas em vários níveis, bem como componentes comuns a diferentes produtos. Devido a esta complexidade, o posicionamento estratégico de inventário requer uma análise avançada. É importante ter visibilidade perante as conexões que existem entre todos os produtos de um ambiente empresarial e identificar os componentes comuns. Um produto pode não ser apto a aplicação de *buffer* devido ao custo induzido, mas ser relevante pela sua presença em várias BOM da organização.

Neste sentido, o DDMRP sugere a utilização da lista de materiais matricial, uma matriz que recorre às BOM de vários produtos que pertencem a uma família, ou a famílias semelhantes, identificando todos os componentes em coluna (ou seja, os produtos que se inserem na BOM de um produto final, podendo ser matérias-primas ou um produtos intermédios) e todos os produtos-pai em linha (ou seja, produtos que têm a sua própria BOM constituída por componentes,

podendo ser produtos intermédios ou produtos finais), ou vice-versa (APICS, 2016), conforme exemplificado na Figura 3.8. A Figura 3.9 corresponde às BOM dos três produtos finais representados na lista de materiais matricial da Figura 3.8. Desta forma é possível ter visibilidade sobre as conexões existentes no ambiente, no entanto, não permite identificar dentro destas conexões quais são mais relevantes para o desacoplamento e, para isso, tem de ser utilizado o conceito de *lead time* desacoplado (DLT), apresentado no subcapítulo 3.1, que ajuda na identificação de novas oportunidades para aplicação de desacoplamento, bem como na eliminação de níveis de *stock* que não acrescentam valor à cadeia.

		Produtos-pai														
		FPA	FPB	FPC	101	102	201	203	207	202	301	303	310	306		
Componentes	101		1													
	102			1												
	201	1			1	1										
	203	1														
	207				1											
	202					1										
	301						3									
	302P						3									
	303							1								
	310								1							
	306									1						
	305P									1						
	401P										3					
	402P											1				
	403P											1				
	410P												1			
	411P													1		
404P															1	

Figura 3.8 Exemplo de uma lista de materiais matricial com os produtos FPA, FPB e FPC (Adaptada de: Ptak & Smith (2018), p.72)

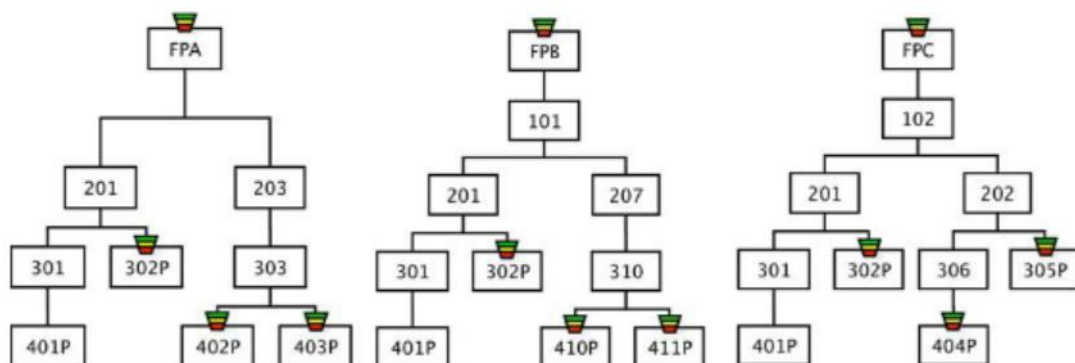


Figura 3.9 BOM dos produtos FPA, FPB e FPC (Adaptada de: Ptak & Smith (2018), p.71)

A utilização desta matriz, aliada à identificação dos DLT dos produtos nela inseridos, de forma a encontrar uma solução de posicionamento, é um processo iterativo, com a finalidade de atingir o objetivo de redução do tempo de resposta que pode ser oferecido ao cliente, seja este um valor imposto pelo mercado ou exigido pela empresa, ao mesmo tempo que deve minimizar o

investimento em inventário. Em ambientes muito complexos pode-se tornar um processo longo e suscetível de erros na tomada de decisão.

Na verdade, o posicionamento correto de inventário é um problema das organizações que tem vindo a ser estudado nos últimos anos. Jiang & Rim (2016) estudam o posicionamento de inventário segundo a perspectiva da estrutura complexa das BOM e recorrem ao conceito de DLT do DDMRP. Os autores desenvolvem um modelo matemático que determina as localizações ótimas de *stock* que permitem responder ao *lead time* imposto pelo mercado, através da minimização do custo total de posse de *stock*. O estudo limita-se a ambientes de MTO e, devido à complexidade do modelo, apenas foi aplicado a um máximo de 50 produtos, pelo que ainda devem ser realizados estudos para se adaptar ao ambiente completo de uma empresa.

3.2.2 Perfis e Níveis dos *Buffers*

Após a tomada de decisão do posicionamento dos pontos de desacoplamento, é então necessário protegê-los. Conforme já foi referido, o DDMRP utiliza *buffers* de *stock*.

Um *buffer* é definido como um ponto do fluxo em que uma quantidade de material aguarda o seu processo seguinte, seja matéria-prima, produto semiacabado ou produto final (APICS, 2016). Neste caso, o *buffer* é dimensionado e gerido, tendo três principais objetivos: a absorção da variabilidade da procura e do fornecimento, a compressão do *lead time* e o lançamento de ordens de produção e encomendas de fornecimento.

No DDMRP existem três tipos de *buffer* de *stock* que podem ser implementados nos pontos de desacoplamento e que dependem da categoria do material ao qual estão a ser aplicados:

- **Material de reabastecimento:** *buffer* estratégico dinâmico com três zonas coloridas.
- **Material prioritário de reabastecimento:** *buffer* estratégico estático com três zonas coloridas.
- **Material min-max:** *buffer* não estratégico dinâmico com duas zonas coloridas.

O tipo de *buffer* dominante na implementação do DDMRP, e aquele que vai ser detalhado nesta dissertação, é o que está associado ao material de reabastecimento, ou seja, aquele que se divide em três zonas dinâmicas codificadas por cores (Figura 3.10). Relativamente aos restantes tipos de *buffer*, é possível consultar mais informações no livro de Ptak & Smith (2018), onde esta ferramenta é introduzida, no entanto, os autores focam-se principalmente no *buffer* associado ao material de reabastecimento exatamente por ser o mais dominante na sua implementação.

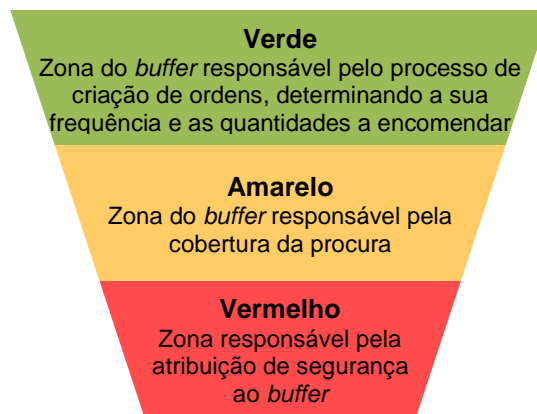


Figura 3.10 Zonas do *buffer* e respetivos objetivos
(Adaptada de: Ptak & Smith (2018), p.98)

Cada zona tem um objetivo específico e o seu dimensionamento depende da combinação entre as características individuais do produto e o perfil do *buffer*. O DDMRP utiliza quatro parâmetros para as características do produto e três parâmetros para definir o perfil.

As características individuais são medidas numéricas específicas do produto. Os seus quatro parâmetros são os seguintes:

- **Utilização Média Diária (ADU – *Average Daily Usage*):** para cada produto é analisado o consumo diário, que influencia o dimensionamento do respetivo *buffer*;
- **Lead Time Desacoplado (DLT):** o *lead time* de cada produto é medido em unidade de tempo e tem influência em todas as zonas do *buffer*, pelo que, dependendo do comprimento do *lead time*, o comportamento e a gestão do *buffer* são adaptados;
- **Quantidade Mínima de Encomenda (MOQ – *Minimum Order Quantity*):** quantidade mínima de unidades a encomendar para a criação de uma encomenda de fornecimento ou produção, por isso, tem impacto no dimensionamento da zona verde;
- **Localização:** atributo exclusivo dos produtos do tipo distribuído, que permite associar diferentes ADU e *lead times* consoante a localização do produto.

O perfil do *buffer* permite uma gestão mais efetiva de um grande número de produtos desacoplados, visto que agrupa referências de produto através de três parâmetros semelhantes, nomeadamente:

- **Tipo de produto:** pode ser definido como produzido (M – *manufactured*), comprado (P – *purchased*) ou distribuído (D – *distributed*).
- **Categoria de lead time:** pode ser curta (S – *short*), média (M – *medium*) ou longa (L – *long*);
- **Categoria de variabilidade:** integra a variabilidade da procura e do fornecimento. Pode ser baixa (L – *low*), média (M – *medium*) ou alta (H – *high*).

A classificação dos parâmetros do perfil é uma proposta do DDMRP e pode ser adaptada, dependendo do ambiente da empresa e da experiência de quem decide a classificação dos mesmos, com o intuito de facilitar a gestão do DDMRP perante a complexidade de um ambiente específico. Muitas vezes, é relevante a distinção de produtos produzidos como produtos finais ou produtos intermédios, pelo que se acrescenta uma classificação no parâmetro do tipo de produto: produto intermédio (I – *intermediate*). Na realidade, estas classificações podem não ser todas aplicáveis ao ambiente de uma organização, sendo o sistema gerido por um número mais reduzido de perfis de *buffer*.

A Tabela 3.1 resume as 36 combinações possíveis, através dos três parâmetros acima mencionados associados ao perfil do *buffer* e respetivas classificações. A primeira letra do perfil corresponde ao tipo de produto, a segunda à categoria de *lead time* e a terceira à categoria de variabilidade.

Tabela 3.1 Combinações de perfis de *buffer*
(Adaptada de: Ptak & Smith (2018), p.104)

		Tipo de Produto					
		Comprado (P)	Produzido (M)	Distribuído (D)	Intermédio (I)		
Categoria de Lead Time	Curto (S)	PSL	MSL	DSL	ISL	Baixa (L)	Categoria de Variabilidade
		PSM	MSM	DSM	ISM	Média (M)	
		PSH	MSH	DSH	ISH	Alta (H)	
	Médio (M)	PML	MML	DML	IML	Baixa (L)	
		PMM	MMM	DMM	IMM	Média (M)	
		PMH	MMH	DMH	IMH	Alta (H)	
	Longo (L)	PLL	MLL	DLL	ILL	Baixa (L)	
		PLM	MLM	DLM	ILM	Média (M)	
		PLH	MLH	DLH	ILH	Alta (H)	

Às categorias de *lead time* e de variabilidade são associados fatores, definidos num intervalo entre zero e um (ou em percentagem). Estes fatores afetam o dimensionamento dos *buffers*, no entanto, não são matematicamente definidos, apelando à experiência do responsável pela tomada de decisão.

Com os parâmetros introduzidos, é possível dimensionar as diferentes zonas dos *buffers* numa perspetiva de posicionamento de *stock*.

Zona Verde

A zona verde é responsável pelo processo de criação de encomendas de fornecimento e ordens de produção, permitindo determinar a frequência média de encomendas e qual a quantidade tipicamente encomendada do produto em questão. O seu dimensionamento é determinado pelo maior valor de três equações:

$$Zona Verde = \max \left\{ \begin{array}{l} ADU \times \text{Ciclo de Revisão de Encomendas Desejado ou Imposto} \\ ADU \times DLT \times \text{Fator de Lead Time} \\ MOQ \end{array} \right.$$

O ciclo de revisão de um tipo de encomenda de fornecimento ou ordem de produção (DOC – *Desired or Imposed Order Cycle*) é dado pelas n unidades de tempo que decorrem entre encomendas ou ordens sucessivas (APICS, 2016). Esta variável pode ser uma condição imposta pelo ambiente produtivo ou um objetivo pretendido pela gestão, pelo que pode afetar o dimensionamento da zona verde do *buffer*.

Zona Amarela

A zona amarela é responsável pela cobertura da procura, garantindo a disponibilidade de *stock* para o consumo necessário. É a única zona que tem um cálculo direto.

$$Zona Amarela = ADU \times DLT$$

Zona Vermelha

A zona vermelha corresponde à segurança imposta ao *buffer* e está associada à variabilidade a que o produto está sujeito. O seu dimensionamento é determinado por uma sequência de três equações:

1. *Base Vermelha* = *Fator de Lead Time* × *ADU* × *DLT*
2. *Segurança Vermelha* = *Base Vermelha* × *Fator de Variabilidade*
3. *Zona Vermelha* = *Base Vermelha* + *Segurança Vermelha*

A “Base Vermelha” pretende absorver os riscos da variação do *lead time* e a “Segurança Vermelha” é dimensionada para absorver a variabilidade, tanto da procura como do fornecimento.

Após o dimensionamento das três zonas é possível definir os valores das fronteiras entre cada uma delas, identificadas na Figura 3.11.

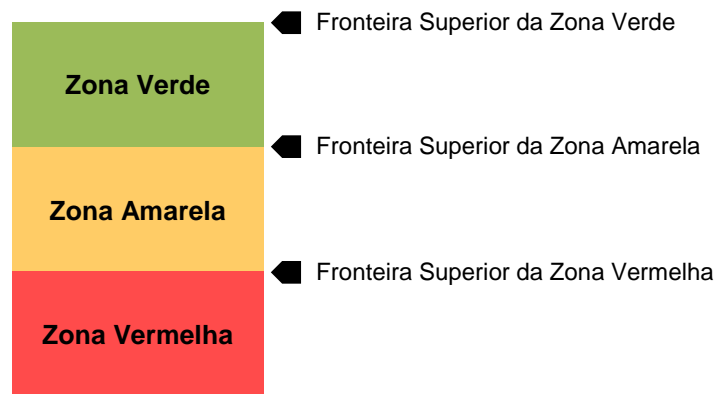


Figura 3.11 Zonas e fronteiras do *buffer*
(Adaptada de: Miclo (2016), p.21)

Assim:

$$\textit{Fronteira Superior da Zona Vermelha} = \textit{Zona Vermelha}$$

$$\textit{Fronteira Superior da Zona Amarela} = \textit{Zona vermelha} + \textit{Zona amarela}$$

$$\textit{Fronteira Superior da Zona Verde} = \textit{Fronteira Superior da Zona Amarela} + \textit{Zona Verde}$$

Uma das grandes limitações do modelo operacional do DDMRP é que, até ao momento, nenhuma destas equações foi justificada academicamente. Essencialmente, a zona vermelha tem a mesma finalidade que o *stock* de segurança, pelo que seria relevante comparar o seu dimensionamento como estudo futuro.

Também o facto de os fatores de *lead time* e de variabilidade não serem definidos de forma precisa é uma limitação. Existem várias condições para definir o que significa, por exemplo, um *lead time* curto ou uma variabilidade média, condições essas que variam entre empresas de forma a ir ao encontro das expectativas do mercado em que o negócio se insere. Ainda assim, a teoria do DDMRP sugere intervalos de definição destes fatores, numa perspetiva conservativa, detalhados abaixo.

Em relação ao fator de *lead time*, este vai afetar o dimensionamento da zona verde e da zona vermelha. Tendo em conta que a zona verde determina a frequência e quantidade de encomendas de fornecimento e de ordens de produção e que a proteção do fluxo de informação e materiais implica sinais de procura associados à realidade, então, para produtos com *lead time* longo, o DDMRP defende que existe um fluxo mais regular se forem realizadas várias encomendas em quantidades mais reduzidas (a menos que a MOQ ou o DOC se tornem a condição que dimensiona a zona verde e que determinam a frequência e quantidade das ordens).

Assim, o fator de *lead time* é tanto mais alto quanto menor for o *lead time* associado ao produto. A Tabela 3.2 apresenta uma recomendação de intervalos para a definição do fator de *lead time* associado a cada categoria.

Tabela 3.2 Sugestão do DDMRP para o fator de *lead time*
(Adaptada de: Ptak & Smith (2018), p.100)

Categoria de <i>Lead Time</i>	Fator de <i>Lead Time</i>
Longa	[20;40] %
Média	[41;60] %
Curta	[61;100] %

Já relativamente ao fator de variabilidade, este integra os dois tipos de variabilidade externa referidos no subcapítulo 2.3: a variabilidade da procura e a variabilidade do fornecimento. A variabilidade da procura associa-se ao potencial de ocorrência de alterações e picos de consumo e a variabilidade do fornecimento associa-se ao potencial de ocorrência de alterações nas datas de receção estipuladas com os fornecedores de um determinado produto. Este fator vai afetar o dimensionamento da zona vermelha, associada à segurança imposta ao *buffer*, portanto, quanto maior a variabilidade associada a um produto, maior o seu fator de variabilidade. A Tabela 3.3 sugere recomendações de intervalos de definição do fator de variabilidade para cada categoria.

Tabela 3.3 Sugestão do DDMRP para o fator de variabilidade
(Adaptada de: Ptak & Smith (2018), p.104)

Categoria de Variabilidade	Fator de Variabilidade
Alta	[61;100] %
Média	[41;60] %
Baixa	[0;40] %

Com os dois primeiros pontos da metodologia definidos, deve-se realizar uma análise do retorno do investimento (ROI) antes de prosseguir para o passo seguinte. O posicionamento e dimensionamento dos *buffers* nos pontos selecionados é feito com o objetivo de comprimir o tempo de resposta, no entanto, esta compressão deve ser analisada do ponto de vista financeiro. A análise do ROI permite verificar se os *buffers* também reduzem os custos através da redução do *stock* de WIP.

3.2.3 Análise do Retorno do Investimento

A análise do ROI tem como objetivo a validação do cenário selecionado para a aplicação do DDMRP, ou seja, a validação do posicionamento dos pontos de desacoplamento. Para realizar

esta análise financeira, o DDMRP considera duas variáveis: a quantidade média de *stock* disponível a atingir em cada *buffer* e o custo direto do material do produto. Para tal, é necessário que os *buffers* já estejam dimensionados, daí a sua aplicação após o segundo passo.

A gestão dos *buffers* no DDMRP pretende que a existência de *stock* seja balanceada entre as situações de falta e excesso de *stock*, corrigindo assim a distribuição bi-modal de inventário, introduzida no subcapítulo 2.3.3. Para tal, é necessário encontrar um intervalo ótimo para o nível de *stock* que permite este balanceamento. Uma situação de falta de *stock* torna a cadeia de abastecimento incapaz de responder à procura requerida e uma situação de excesso de *stock* revela-se dispendiosa em capacidade e espaço para a organização. A Figura 3.12 representa a função de perda de valor da existência de inventário. Assim, a variação do nível de *stock* do ponto ótimo em direção aos extremos, identificados por A e B na figura, representa uma perda gradual do valor associado à existência do respetivo nível de *stock*.

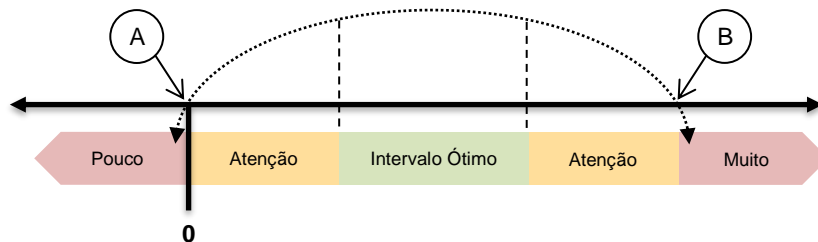


Figura 3.12 Função de perda de valor associada à existência de inventário
(Adaptada de: Ptak & Smith (2018), p.95)

Tendo em conta as zonas definidas no DDMRP para o dimensionamento dos *buffers*, é possível definir o intervalo ótimo para a quantidade média de *stock* disponível, bem como o valor ótimo dentro desse intervalo, e obter uma das variáveis necessárias para a análise financeira. Como a zona amarela tem como objetivo a cobertura da procura, o nível de *stock* disponível deve-se encontrar nesta zona, conforme representa a Figura 3.13.

Com isto, o DDMRP define que o intervalo ótimo para o nível de *stock* disponível deve-se encontrar entre o valor da fronteira superior da zona vermelha e o valor da soma da zona vermelha com a zona verde, por isso, a quantidade média de *stock* disponível a atingir num *buffer* é dada pela equação:

$$\text{Quantidade Média de Stock Disponível} = \text{Zona vermelha} + \frac{1}{2} \text{Zona Verde}$$

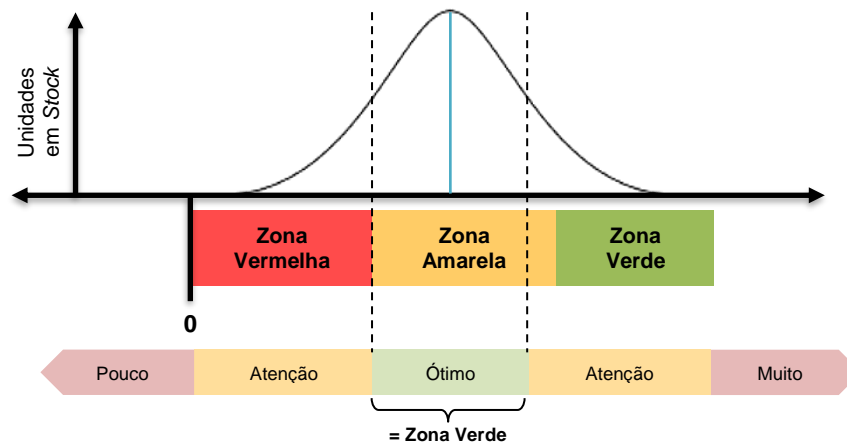


Figura 3.13 Distribuição de inventário disponível no DDMRP
(Adaptada de: Miclo (2016), p.25)

Relativamente ao custo, o custo direto do material é o único custo considerado nesta análise. Desta forma, os autores defendem que não se incorre em preocupações com a sobrecarga ou alocação dos recursos, que envia a decisão de colocação de pontos de desacoplamento para níveis inferiores das BOM, devido ao facto de estes não assumirem esse incremento no seu custo. Com isto, o custo direto do produto é dado pela soma dos custos unitários de compra dos materiais que diretamente o compõem. Porém, é de referir que, em organizações com custos produtivos elevados, esta análise pode gerar valores financeiros discrepantes que afetam a tomada de decisão. Assim, esta sugestão do DDMRP pode não ser a mais vantajosa para uma empresa validar a sua solução de posicionamento estratégico de inventário, pelo que a análise de ROI deve ser adaptada consoante o ambiente produtivo.

Segundo a lógica definida no DDMRP, através do custo das matérias-primas é possível obter o custo para todos os produtos existentes na organização, tanto intermédios como finais. A Figura 3.14 representa a BOM do produto final FPA e os respetivos custos unitários das matérias-primas que o compõem.

Através da figura, é possível verificar que o custo direto do produto 201 corresponde à soma dos custos dos produtos 301 e 302P. O custo direto do produto 301 é igual ao do 401P, porque apenas ocorre uma transformação da matéria-prima e não existe junção de materiais, logo é de \$110, e o custo direto do 302P é de 100\$, resultando num custo direto para o 201 de \$210 (\$110+\$100). Relativamente ao produto FPA, o seu custo direto é de \$460 (\$210+\$250).

A combinação entre estas duas variáveis permite quantificar as implicações financeiras em cada iteração da decisão do posicionamento dos pontos de desacoplamento, através da sua multiplicação. Desta forma, é possível estimar a redução obtida no custo de inventário através do posicionamento de determinados *buffers*.

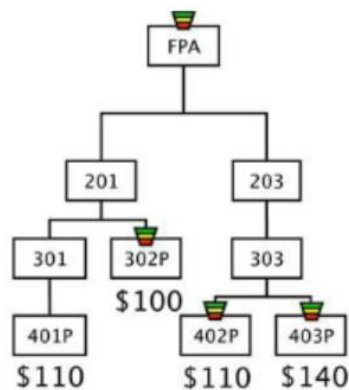


Figura 3.14 BOM do produto FPA com os custos unitários de compra
(Retirada de: Ptak & Smith (2018), p.199)

3.2.4 Ajustes Dinâmicos

Conforme referido ao longo do subcapítulo 2.3, atualmente, as cadeias de abastecimento são dinâmicas, portanto, os *buffers* devem-se ajustar e adaptar à mudança das condições iniciais do fluxo. Estas mudanças podem ocorrer devido a acontecimentos como a sazonalidade do consumo dos produtos, uma tendência evolutiva da procura ou a redução ou aumento progressivos da produção.

Visto que o dimensionamento depende do perfil do *buffer* e de um conjunto de características individuais do produto, então, são estas variáveis que, quando alteradas pelas circunstâncias do fluxo de materiais e informação, vão implicar ajustes no *buffer*. O ADU e o *lead time* são as duas variáveis mais críticas, tendo em conta que o seu impacto afeta os níveis das três zonas de um *buffer*, sendo que o ADU é a variável mais dinâmica.

Existem vários tipos de ajustes:

- **Ajustes recalculados:** são cálculos automáticos que advêm da alteração direta de variáveis dinâmicas que afetam o dimensionamento dos *buffers*.
- **Ajustes planeados:** recorre a fatores que permitem manipular as equações do dimensionamento, de modo a atuar em momentos temporais estratégicos. Estes fatores (PAF – *Planned Adjustment Factors*) correspondem a uma percentagem que pode ser aplicada ao ADU ou até mesmo ao dimensionamento das zonas do *buffer*, para projetar encomendas de clientes futuras, como promoções comerciais ou períodos de sazonalidade (Figura 3.15), ou a introdução e eliminação de produtos do mercado, onde ocorre aumento ou redução progressivos no consumo (Figura 3.16 e Figura 3.17, respetivamente). Estes fatores também podem ser aplicados ao *lead time*, quando são

conhecidas condições externas que vão afetar o tempo de transporte dos materiais num dado período, como por exemplo obras na via.

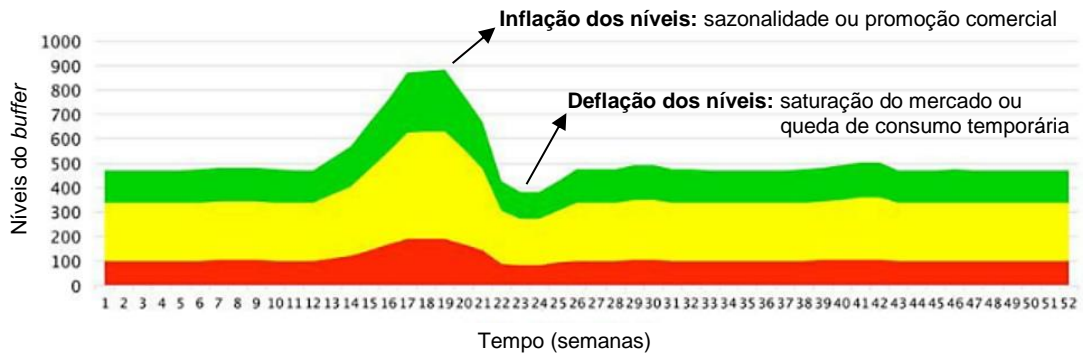


Figura 3.15 Fator de ajustamento aplicado na procura num momento estratégico (Adaptada de: Ptak & Smith (2018), p.132)

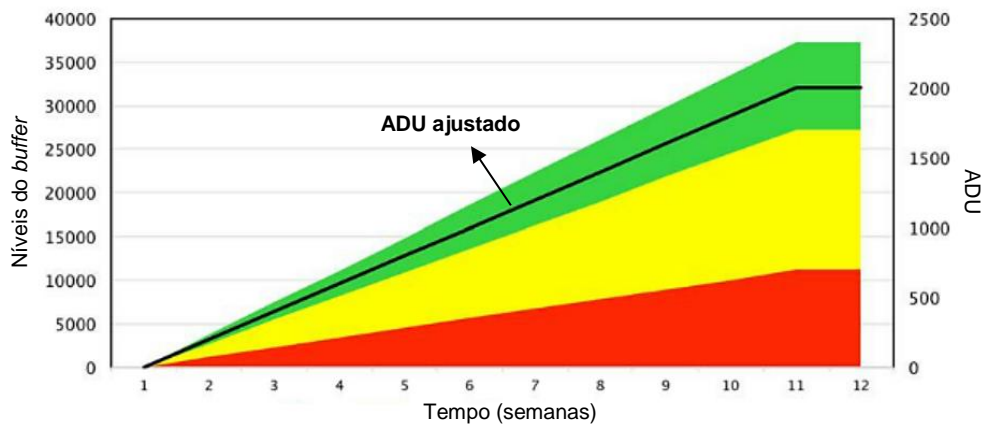


Figura 3.16 Fator de ajustamento aplicado na procura para introdução de produto (Adaptada de: Ptak & Smith (2018), p.134)

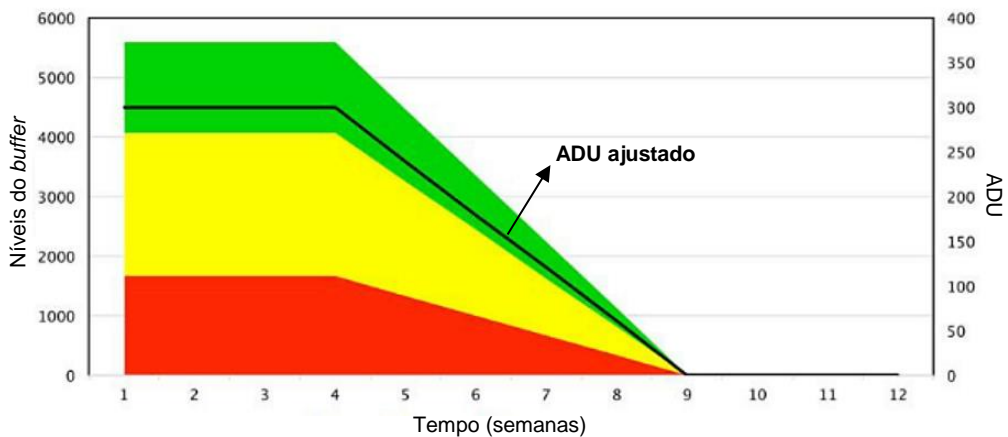


Figura 3.17 Fator de ajustamento aplicado na procura para eliminação de produto (Adaptada de: Ptak & Smith (2018), p.135)

Com estes três primeiros passos, o sistema DDMRP fica modelado. São os últimos dois passos que permitem a monitorização do sistema.

3.2.5 Planeamento Orientado pela Procura

Do ponto de vista do planeamento, o objetivo do DDMRP é a criação de encomendas de fornecimento e ordens de produção nas quantidades e tempo corretos, determinando as suas prioridades para a gestão. Os *buffers* oferecem visibilidade para a execução desta atividade, permitindo proteger, promover e determinar a informação relevante para o sucesso do fluxo de informação e materiais.

Neste sentido, a cada ponto de desacoplamento protegido com *buffer*, o DDMRP aplica uma equação diária para gerir o planeamento, denominada de Equação de Fluxo Líquido. Esta equação fornece sugestões para a realização de encomendas de fornecimento e de ordens de produção, em quantidade e tempo, para a reposição do nível do *buffer* e é definida por:

$$\begin{aligned} \text{Equação de Fluxo Líquido} &= \\ &= \text{Quantidade de Stock Disponível} + \text{Quantidade de Material a Receber} \\ &- \text{Quantidade para Responder a Procura Relevante} \end{aligned}$$

- **Quantidade de Stock Disponível:** corresponde à quantidade de produto em *stock* fisicamente disponível;
- **Quantidade de Material a Receber:** corresponde à quantidade de produto encomendada, mas que ainda não foi recebida ou produzida;
- **Quantidade para Responder a Procura Relevante:** corresponde à soma das necessidades das encomendas de clientes que estão atrasadas, das encomendas de clientes que são para responder até ao dia em questão e dos picos de consumo relevantes.

Considera-se que existe um pico de consumo quando é conhecido que num dia, dentro de um horizonte temporal definido, vai existir um consumo de uma quantidade de produto relevante, tendo em conta um limite de consumo estabelecido, que afeta a integridade do *buffer*. Para tal, é então necessário definir qual o limite de consumo diário estabelecido e o horizonte temporal em que deve ser analisada a existência de picos de consumo. Estas escolhas são estratégicas e devem ser adaptadas ao ambiente organizacional ao qual o DDMRP é aplicado. Porém, a teoria do DDMRP fornece sugestões para estas variáveis.

Visto que a zona vermelha é a que fornece segurança ao *buffer*, o DDMRP assume que um pico de consumo deve ser visto tendo em conta o seu potencial para o consumo dessa segurança e, por isso, define, por defeito, que o limite de consumo diário a estabelecer deve ser de 50% da

zona vermelha, sem qualquer prova matemática. Esta decisão é conservativa, na medida em que é uma opção que origina um número elevado de picos tendo em conta outras possibilidades. Novamente, existe falta de fundamento matemático nesta decisão, pelo que é relevante ser alvo de estudo académico.

Relativamente ao horizonte temporal, o DDMRP define que o intervalo deve ser estabelecido para um futuro de, no mínimo, um DLT, para permitir que o *buffer* tenha tempo de compensar os picos de consumo.

Perante as variáveis da Equação de Fluxo Líquido, é possível responder às questões necessárias para o planeamento:

- O que temos? A quantidade disponível (Quantidade de *Stock* Disponível).
- O que está para chegar? A quantidade encomendada (Quantidade de Material a Receber).
- Qual a procura que é preciso responder imediatamente e qual a procura futura que é relevante? A quantidade das encomendas de clientes que estão atrasadas e das que são para entrega no instante atual é o que é necessário responder imediatamente e a quantidade das encomendas dos dias com picos de consumo qualificados é o que é relevante (Quantidade para Responder a Procura Relevante).

Tendo isto em conta, a equação gera um valor que se posiciona no respetivo *buffer*, determinando se é necessário realizar uma encomenda de fornecimento ou uma ordem de produção e a sua prioridade perante todos os produtos protegidos por *buffer* que necessitam de reposição.

Se o valor da equação é superior à fronteira superior da zona amarela, ou seja, se o valor da equação se situa na zona verde do *buffer*, não é necessário fazer nada. Sempre que o valor da equação é inferior à fronteira superior da zona amarela do *buffer*, então é necessário realizar uma encomenda de fornecimento ou uma ordem de produção. Esta é recomendada para uma quantidade que corresponde à diferença entre a fronteira superior da zona verde e o valor da equação e tem uma previsão de chegada que corresponde ao *lead time* de fornecimento do produto ou uma previsão de produção que corresponde ao DLT.

De forma a ter visibilidade perante a gestão das encomendas de fornecimento e das ordens de produção a realizar, existe uma percentagem de prioridade para uma ordem sugerida associada a cada produto protegido por *buffer* dada pela razão entre o valor da Equação de Fluxo Líquido e o valor da fronteira superior da zona verde. Assim, quanto menor a percentagem, maior é a prioridade. Esta característica é essencial em ambientes organizacionais com limitações financeiras ou restrições de capacidade e espaço, porque permite que a gestão tenha foco perante o que é de prioridade mais elevada para o planeamento.

A Tabela 3.4 representa um exemplo de um ecrã de planeamento do DDMRP, com diferentes produtos protegidos por *buffer*.

Tabela 3.4 Exemplo de ecrã de planeamento do DDMRP
(Adaptada de: Ptak & Smith (2018), p.160)

Hoje: 15/julho

Ref.	Prioridade Planeamento	Stock disponível	A receber	Procura relevante	Posição Fluxo Líquido	Quantidade Encomenda Recomendada	Data para entrega	Fronteira Superior Zona Vermelha	Fronteira Superior Zona Amarela	Fronteira Superior Zona Verde	Lead Time
406P	Vermelho 19,8%	401	506	263	644	2606	4/ago	750	2750	3250	20
403P	Amarelo 43,4%	1412	981	412	1981	2579	23/jul	1200	3600	4560	8
402P	Amarelo 69,0%	601	753	112	1242	558	24/jul	540	1440	1800	9
405P	Amarelo 74,0%	3400	4251	581	7070	2486	24/jul	1756	7606	9556	9
401P	Amarelo 75,1%	2652	6233	712	8173	2715	24/jul	2438	8938	10888	10
404P	Verde 97,6%	1951	1560	291	3220	0		1050	2550	3300	6

$$\frac{\text{Posição Fluxo Líquido}}{\text{Fronteira Superior Zona Verde}}$$

$$\text{Fronteira Superior Zona Verde} - \text{Posição Fluxo Líquido}$$

$$\text{Dia de hoje} + \text{Lead Time}$$

3.2.6 Execução com Visibilidade e Colaboração

A partir do momento em que a recomendação de uma encomenda de fornecimento ou uma ordem de produção da fase do planeamento é aceite, é criada uma ordem com as respetivas características que fica em processamento. No DDMRP, a execução é a gestão das ordens que estão em aberto, através da sua priorização e atenção perante possíveis emergências, de forma a garantir o serviço ao cliente.

Com isto, o DDMRP recorre à emissão de alertas relacionados com a dependência dos pontos. Os alertas associados a pontos independentes do fluxo, ou seja, a pontos de desacoplamento, relacionam-se com o estado do *buffer* relativamente ao *stock* fisicamente disponível. Já os alertas associados a pontos dependentes do fluxo relacionam-se com a sincronização, em termos de quantidade e tempo, entre os pontos de desacoplamento e entre um ponto de desacoplamento e o cliente. Com isto, os alertas dividem-se em duas categorias:

- **Alertas relacionados com o estado do *buffer*:** mostram o estado do *buffer* baseando-se no valor de Quantidade de *Stock* Disponível, ao invés do valor da Equação de Fluxo Líquido. Desta forma, é possível averiguar na atualidade ou num horizonte futuro

definido se a posição é capaz de manter a sua independência, porque é o *stock* disponível que mantém o desacoplamento do ponto.

- **Alertas relacionados com a sincronização:** permitem visibilidade perante as relações de dependência que existem ao longo da cadeia de abastecimento, reduzindo a transferência de variabilidade para o cliente ou para os *buffers*, e entre estes. Desta forma, é possível averiguar a possibilidade de quebras de *stock* para ordens de produção planeadas ou a ocorrência de atrasos para a receção de encomendas.

Cada uma das duas categorias produz dois tipos de alertas, conforme indicado na Figura 3.18.

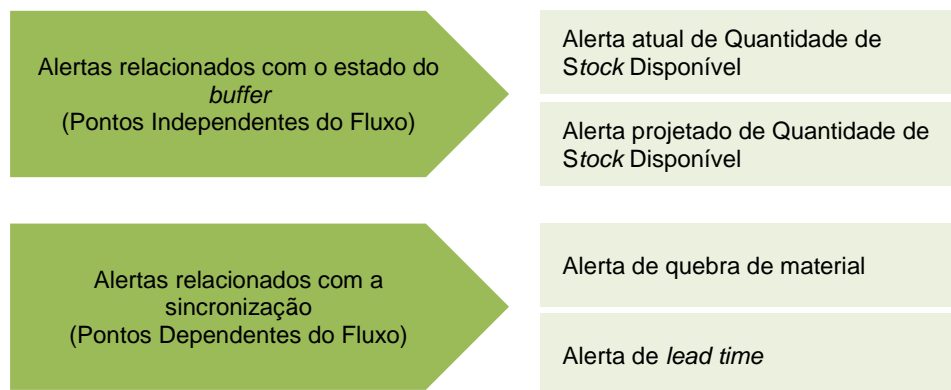


Figura 3.18 Alertas da execução do DDMRP
(Adaptada de Ptak & Smith (2018); p.208)

O estado do *buffer* pode fornecer uma visibilidade que permite proteger da melhor forma o sistema DDMRP implementado, por isso, a priorização das encomendas de fornecimento e das ordens de produção na execução do DDMRP é feita através do estado do *buffer*, ao invés da usual data limite. A Tabela 3.5 é um exemplo com três encomendas de fornecimento com a mesma data de entrega. A sua prioridade de execução seria um desafio se não existisse a visibilidade perante a quantidade de material disponível em *stock*, ou seja, perante o estado do *buffer*.

Tabela 3.5 Exemplo de priorização de encomendas através do estado dos *buffers*
(Adaptada de: Ptak & Smith (2018), p.210)

Ordem nº	Data Limite	Estado do <i>Buffer</i>	Fornecedor
PO 831145	12/05	Vermelho 12,3%	PNW Fabrication
PO 821158	12/05	Amarelo 52,3%	PNW Fabrication
PO 831162	12/05	Amarelo 56,1%	PNW Fabrication

Conforme referido anteriormente, os alertas relacionados com o estado do *buffer* não utilizam a Equação de Fluxo Líquido, mas sim o valor de *stock* físico disponível, ou seja, o valor de Quantidade de *Stock* Disponível. Assim, as prioridades no planeamento e as prioridades na execução são atribuídas recorrendo a variáveis diferentes.

O subcapítulo 3.2.3 introduz o intervalo ótimo para o nível de *stock* disponível entre o valor da fronteira superior da zona vermelha e o valor da soma da zona vermelha com a zona verde (Figura 3.13, presente nesse mesmo subcapítulo). Assim, seria de prever a existência de alertas associados a níveis superiores e a níveis inferiores deste intervalo ótimo, devido à proximidade ao excesso de quantidade de *stock* disponível e à reduzida quantidade de *stock*, respetivamente, conforme indica a função perda de Taguchi. Taguchi defende que qualquer desvio do valor que define a qualidade ótima de um produto corresponde a uma perda de valor, introduzindo uma função de perda cujo objetivo é avaliar quantitativamente a perda incorrida numa empresa devido à variação da qualidade de um produto (Taguchi, Chowdhury & Wu, 2005). A Figura 3.19 exemplifica a análise dos alertas segundo esta ideologia ao longo do comportamento da posição de *stock* disponível de um produto.

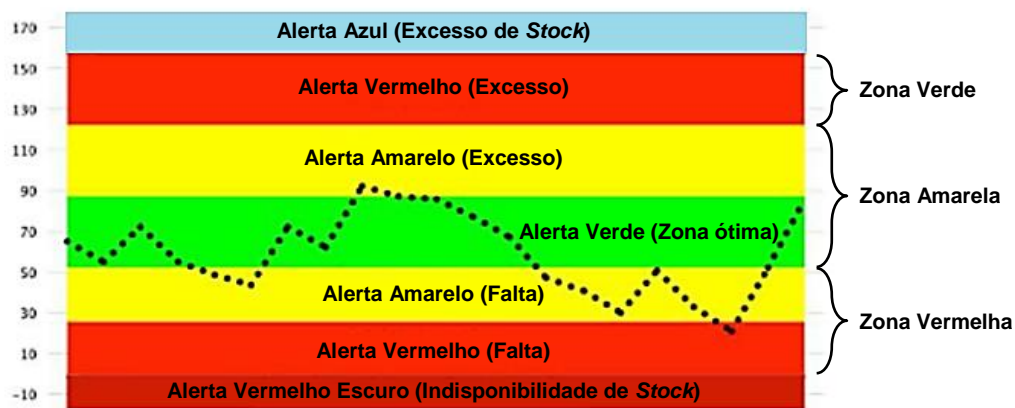


Figura 3.19 Análise dos alertas no comportamento da posição de *stock* disponível
(Adaptada de: Ptak & Smith (2018), p.256)

No entanto, a execução do DDMRP recorre aos alertas dando mais importância às situações de falta de *stock*, pelo que simplifica esta análise. Uma posição de *stock* disponível no nível ótimo acima da fronteira superior da zona vermelha não representa alerta para a integridade do desacoplamento, por isso, é expectável um alerta de estado do *buffer* associado à cor verde. Apenas acima do valor da fronteira superior da zona amarela é que se encontra em situação de excesso de *stock* disponível, associando-se a um alerta azul. Abaixo do nível ótimo, encontra-se em toda a zona vermelha, que representa alertas amarelos ou vermelhos, pelo que o DDMRP define que esta é dividida a metade para distinguir a urgência dentro desta zona; abaixo da zona vermelha, encontra-se em situação de *stock* indisponível e o alerta é vermelho escuro. Com isto,

as cores das zonas do *buffer* no planeamento não são associadas às cores dos alertas na execução (Figura 3.20).

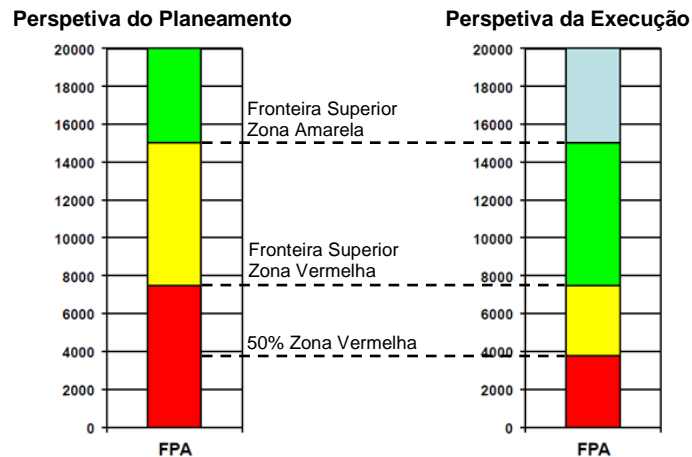


Figura 3.20 Relação entre as zonas do *buffer* nas diferentes perspetivas do DDMRP
(Adaptada de: Miclo (2016), p.32)

A percentagem de prioridade na execução é dada pela razão entre o valor do nível de *stock* disponível e a fronteira superior da zona vermelha do *buffer*, ou seja, é uma percentagem que representa a posição do nível de *stock* disponível dentro da zona de segurança do *buffer*. Quanto menor a percentagem, maior a prioridade na execução de encomendas de fornecimento ou ordens de produção.

3.3 Discussão do Estudo do Capítulo 3

O DDMRP é um método recente que tem vindo a demonstrar bons resultados ao nível da diminuição do tempo de resposta e dos níveis de *stock* e do aumento do nível de serviço. É uma ferramenta mais explorada ao nível do seu desempenho e dos resultados obtidos e muito pouco explorada academicamente. Neste sentido, este capítulo pretendeu fazer uma exploração da teoria introduzida atualmente no mercado sobre o DDMRP.

Do ponto de vista da sua base conceptual e metodológica, foi possível concluir que o DDMRP é uma ferramenta que recorre aos princípios do MRP, mantendo a sua base ideológica original de explosão de materiais com recurso à BOM para calcular as necessidades de material e ao estabelecimento de prazos distribuídos no tempo para criar encomendas de fornecimento e ordens de produção. A esta ideologia integra conhecimentos de outras ferramentas reconhecidas academicamente, como o *Lean*, a TOC e o Seis Sigma. No entanto, a forma como integra estes conhecimentos não incide sobre o nível prático ou as respetivas metodologias de aplicação das ferramentas, mas sim sobre os seus princípios e ideologias. Desta forma, o DDMRP tenta

contornar o conflito existente entre a maioria dos sistemas *push* e *pull* e interrelacioná-los, de forma a controlar o impacto dos riscos das cadeias de abastecimento e procurar, assim, o objetivo comum de proteção e promoção do fluxo de materiais e informação.

Relativamente à metodologia de aplicação do DDMRP, esta ferramenta foi desenvolvida no âmbito prático da indústria e não apresenta suporte académico suficiente em relação ao seu modelo. Por exemplo, as equações para o dimensionamento dos *buffers*, a definição de pico de consumo que se insere na aplicação da Equação de Fluxo Líquido e a diferença entre o dimensionamento das zonas dos *buffers* nas duas perspetivas do DDMRP (planeamento e execução) são pontos que carecem de justificação académica. Também é identificada uma semelhança entre a finalidade da zona vermelha do *buffer* do DDMRP e o conceito de *stock* de segurança, no entanto, a metodologia não associa o dimensionamento desta zona à forma como o *stock* de segurança é definido academicamente, o que podia incutir maior suporte académico na equação que dimensiona esta zona.

Para além disso, os processos de tomada de decisão do DDMRP não são claramente definidos e, muitas vezes, as sugestões dos autores são conservativas. É o caso, por exemplo, do critério dos seis fatores para o posicionamento estratégico de inventário e da definição dos fatores de *lead time* e de variabilidade, pelo que a aplicação desta ferramenta depende muito da sensibilidade e experiência de quem define as variáveis do sistema. Esta limitação é bastante importante para o desempenho do DDMRP num sistema e tem influência direta na obtenção dos resultados positivos que têm vindo a ser divulgados pelo *Demand Driven Institute*.

4 Caracterização da Empresa do Estudo de Caso

O objetivo deste capítulo é caracterizar a situação atual da Science4you, com maior foco no sistema de planeamento e controlo da produção. Neste sentido, são explicados todos os processos envolventes na cadeia de valor da empresa, identificados os problemas que se demonstram e analisada a relevância da aplicabilidade da ferramenta DDMRP numa realidade semelhante à realidade da Science4you.

4.1 A Empresa Science4you

A Science4you S.A. é uma empresa 100% portuguesa do sector da indústria dos brinquedos que desenvolve, produz e comercializa brinquedos educativos e científicos. Para além disso, desenvolve ainda atividades para crianças, como festas de aniversário, campos de férias e animação científica.

Tem como missão melhorar os níveis de educação na sociedade, através do desenvolvimento de brinquedos e jogos que permitam às crianças aprender enquanto brincam. Neste sentido, os seus produtos são identificados com a sigla STEM. Esta é utilizada e reconhecida internacionalmente para descrever um grupo de quatro áreas do conhecimento: Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática (*Science, Technology, Engineering e Mathematics*). Os brinquedos STEM ajudam as crianças a estimular as suas capacidades cognitivas, desenvolvendo o seu pensamento lógico e crítico, suscitando curiosidade e ganhando consciência do mundo que existe à sua volta (Science4you, 2018). Como visão, pretende ser uma das três maiores marcas de brinquedos na Ibéria, vendendo para todo o Mundo, e os seus valores são a excelência, o empenho e a eficiência.

A sua sede situa-se em Loures, integrando a fábrica e o armazém principal. Os seus produtos subdividem-se em produtos eletrónicos e produtos não eletrónicos. A Science4you apenas se responsabiliza pela produção dos produtos não eletrónicos, à exceção dos peluches, ou seja, apenas se responsabiliza pela produção dos brinquedos em caixa. A Figura 4.1 demonstra um dos produtos produzidos pela Science4you.

A procura pelos produtos da Science4you é caracterizada por vários desafios de mercado. Em primeiro lugar, é identificada uma sazonalidade bem definida nos meses de Maio e Novembro, que advém da proximidade ao Dia da Criança e à época Natalícia, respetivamente. Em segundo lugar, existe concorrência forte no mercado europeu, bem como um preço competitivo oriundo dos países asiáticos. Para além disso, dirige-se a um público jovem bastante suscetível a influências momentâneas que podem ameaçar a sua procura.



Figura 4.1 Exemplo de produto final produzido na fábrica da Science4you
(Retirada de: Science4you (2019))

Atualmente, os seus produtos estão presentes tanto no mercado nacional como no mercado internacional. Presente em mais de 40 países e com mais de 20 000 pontos de venda na Europa, existem vários conjuntos de idiomas associados aos produtos, nomeadamente nos rótulos, instruções, manuais, *flyers* e caixas, que personalizam o brinquedo tendo em conta o seu mercado alvo. Por esta razão, a empresa tem, aproximadamente, 3 000 referências de produtos finais e, aproximadamente, 15 000 referências de matérias-primas e produtos intermédios, resultando em, aproximadamente, 18 000 referências totais. Com isto, caracteriza-se por uma elevada complexidade operacional.

4.2 Gestão da Informação Interna

Atualmente, a Science4you não dispõe de uma base de dados única que incorpore todas as informações relacionadas com os processos dos vários departamentos, como por exemplo um ERP. Neste sentido, existem três *softwares* utilizados internamente que se associam a processos e departamentos específicos.

O *Prodsmart* é o sistema utilizado para controlo das linhas de produção, visto que permite consultar informação em tempo real. Desta forma, é possível elaborar análises de produção, no sentido da eficiência das operações e da disponibilidade das máquinas ou das linhas para a tomada de decisão, bem como a gestão dos produtos que resultam das ordens de produção.

O *xLog* é um sistema de gestão de armazém e é utilizado no controlo das operações internas logísticas, como por exemplo a receção, movimentação e preparação dos produtos no armazém da empresa. É o sistema que fornece as informações relativamente aos níveis de *stock* existentes no armazém.

O PHC é o sistema utilizado para a gestão comercial, controlo financeiro e gestão das BOM dos produtos, sendo esta última essencial para o planeamento da produção. Através deste *software* é possível controlar as encomendas, tanto do lado dos clientes como dos fornecedores, e emitir documentação eletrónica, como faturas. Assim, é possível consultar as informações associadas aos contratos com os fornecedores, bem como os dados dos clientes, e ainda o histórico de vendas associado a cada cliente ou o histórico de compras de matéria-prima.

Neste momento, a Science4you está num processo de implementação de um sistema ERP, nomeadamente o SAP S/4HANA, de modo a estabelecer uma base de dados única que permita a integração de todos os módulos dos seus processos e a automatização de algumas das suas funções, aumentando assim a sua eficiência (Figura 4.2). Prevê-se que este processo termine em 2019.



Figura 4.2 Gestão da informação interna da Science4you

O fluxo de informação na Science4you ocorre no sentido Cliente-Empresa, passando por diferentes departamentos internos. Segundo Chinosi & Trombetta (2012) e Geiger, Harrer, Lenhard & Wirtz (2017), o *Business Process Model and Notation* (BPMN) é a forma mais utilizada como linguagem para a modelação dos processos e dos fluxos que ocorrem nas organizações, aceite tanto industrial como academicamente, pelo que o Anexo II representa um BPMN deste fluxo. Desta forma, é possível fornecer um diagrama geral que complementa a informação dos próximos subcapítulos, que descrevem os processos que ocorrem em cada um dos departamentos da Science4you.

4.3 Previsão da Procura e Planeamento da Produção

Existem três fases diferentes para a realização do planeamento na Science4you, todas recorrendo à metodologia do MRP clássico através de ficheiros *Excel*.

Numa primeira fase, e aquela que afeta as decisões operacionais a tomar, é o planeamento da produção baseado nas previsões semestrais, correspondentes aos dois semestres do ano civil (janeiro-junho e julho-dezembro). Estas previsões são constituídas por uma mistura de encomendas de clientes já conhecidas e encomendas previstas, obtidas através do histórico de consumo dos clientes no mesmo período do ano anterior, sendo que é possível a aplicação de uma percentagem de aumento ou redução, consoante os objetivos impostos na empresa, perspetivas de mercado ou ciclo de vida do produto para o ano em questão. Estas previsões são traduzidas num Plano Diretor de Produção, recorrendo às informações presentes nas diferentes bases de dados da empresa para o cálculo das necessidades, de forma a criar uma perspetiva sob o dimensionamento necessário das linhas de produção que permite cumprir os objetivos previstos para o semestre.

O processo do cálculo das necessidades é todo feito manualmente pela equipa de planeamento, bem como a decisão do tamanho do lote produtivo adequado, por isso, as decisões tomadas dependem muito da experiência de quem planeia e as soluções obtidas muitas vezes não são ótimas. A explosão de materiais que advém da procura de produto final e que origina as necessidades de produtos intermédios e de matérias-primas implica o investimento de tempo que podia ser utilizado na realização de outras atividades e, por isso, um sistema de informação que automatize este processo seria uma mais valia para a equipa, bem como permitiria reduzir a probabilidade de ocorrência de erro humano nos planos produtivos lançados.

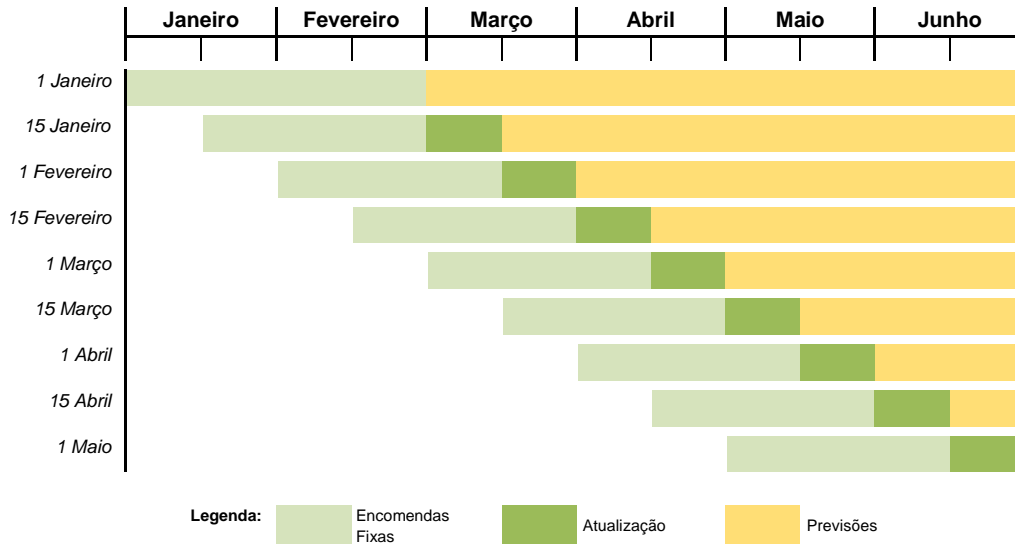
Existe um horizonte para o planeamento composto apenas por encomendas fixas, que corresponde a dois meses. Sendo assim, os primeiros dois meses das previsões semestrais são compostos por encomendas de clientes fixas e os restantes por uma mistura de encomendas fixas e encomendas previstas. Neste sentido, numa segunda fase, os planos de produção são lançados para o período dos dois meses iniciais e, por isso, a produção funciona numa estratégia de MTO para todos os produtos. As ordens de produção presentes nos planos são lançadas consoante as encomendas de clientes específicos e, quando possível, uma ordem produtiva pode aglomerar encomendas de clientes diferentes.

Na terceira e última fase ocorrem as atualizações. A cada quinze dias o plano produtivo é atualizado para os dois meses seguintes. Apenas em situações específicas ocorre alteração do período já planeado anteriormente. O grande objetivo destas atualizações é verificar a conformidade das previsões estabelecidas, visto que já são conhecidas as encomendas de clientes fixas do período a atualizar, bem como verificar se os objetivos estão a ser cumpridos.

A Tabela 4.1 representa o cronograma do processo de planeamento da Science4you ao longo de um semestre. A verde claro está representado o período em que a Science4you tem visibilidade sobre as encomendas dos clientes; a verde escuro o período em que vai obtendo visibilidade ao longo do tempo e que permite atualizar o plano produtivo perante as encomendas

dos clientes que surgem; a amarelo o período que não tem visibilidade sobre as encomendas e que o plano produtivo é baseado em previsões de procura.

Tabela 4.1 Cronograma do processo de planeamento da Science4you num 1º semestre



Apesar de o processo de planeamento já ser muito orientado pela procura, todos os planos estão sujeitos a erro devido à imprevisibilidade da ocorrência de mudanças ao longo do tempo. Diariamente verificam-se alterações pontuais no plano produtivo estipulado para esse dia. Por um lado, a falta de material para a produção impede muitas vezes o cumprimento do plano, o que implica que mais tarde, aquando da disponibilidade do material, muitas vezes seja necessário recorrer à deslocação de operadores de linha para permitir a entrega da encomenda no tempo estipulado. Com isto, a tomada de decisão implica a quebra produtiva de certas estações de produção para aumentar a produtividade de outras com ordens de produção urgentes. Isto origina uma instabilidade na zona de *shop floor* e, muitas vezes, o atraso na entrega de certas encomendas para o cumprimento de outras.

Por outro lado, existem condições a cumprir estipuladas pelo departamento de qualidade e que dependem essencialmente do cliente para o qual as ordens de produção pretendem responder. Quando estas condições não são cumpridas e o produto é recusado pela qualidade, é necessário recorrer à desmontagem do produto existente e a uma nova produção de forma correta. Estas atividades exigem o planeamento de novas ordens produtivas, imprevistas, e que implicam ajustes no plano.

4.4 Cadeia de Valor

Para a realização do planeamento da produção é necessária a coordenação de vários departamentos internos, nomeadamente o departamento de Compras, de Inventário, de Produção, o Logístico e o Comercial.

Apesar de a capacidade de resposta ao cliente estar relacionada com as atividades de todos estes departamentos que definem a cadeia de valor da Science4you, aquele que é, em grande parte das situações, responsável pelos erros que ocorrem na resposta ao cliente é o departamento de Planeamento da Produção, porque é o responsável pela disponibilidade do produto final que é entregue ao cliente.

4.4.1 Compras

O departamento de compras é responsável pela função de *sourcing* e *procurement*, garantindo a disponibilidade das matérias-primas necessárias para o planeamento da produção estipulado. Para tal, são negociados contratos para determinados artigos, de forma a manter uma relação com os fornecedores e obter custos mais reduzidos.

As compras podem ser feitas dentro de três registos: extracomunitariamente, intracomunitariamente ou nacionalmente. Extracomunitariamente refere-se a fornecedores localizados fora da Europa, maioritariamente na China; intracomunitariamente refere-se a fornecedores localizados na Europa e nacionalmente refere-se a fornecedores portugueses.

Para além disso, as matérias-primas estão divididas em seis famílias de produto, que podem ser associadas a um ou mais registos de compras, conforme indica a Tabela 4.2.

Tabela 4.2 Famílias de produto das matérias-primas e respetivos registos de compra

Família de produto de matéria-prima	Registo de compra
Substâncias	Nacional, intracomunitário
Micro-conteúdos	Extracomunitário, intracomunitário, nacional
Macro-conteúdos	Extracomunitário
Manuais	Nacional
Caixas	Nacional
Conteúdos Gráficos	Nacional, intracomunitário

Naturalmente, os *lead times* de cada matéria-prima dependem muito do registo em que se inserem, variando de poucos dias a várias semanas, bem como as quantidades mínimas de compra. Verificam-se também *lead times* dispersos para um só produto, que são afetados pela disponibilidade e frequência de envio de encomendas dos fornecedores.

Atualmente, existem matérias-primas que podem ser obtidas via mais do que um fornecedor, mas também há um grande número de matérias-primas que só têm um fornecedor definido, pelo que existe exclusividade na maioria dos contratos feitos. Desta exclusividade surge um risco associado à dependência do plano perante a disponibilidade do fornecedor. Neste sentido, existem níveis de segurança de *stock* para certas matérias-primas, definidos empiricamente, de modo a reduzir o impacto deste risco.

A informação sobre as necessidades de matéria-prima advém do departamento de planeamento da produção, sob o formato de ficheiro *Excel*. Este ficheiro é enviado a cada quinze dias e contém as necessidades num horizonte de dois meses, com o intuito de responder à procura e de restabelecer níveis de *stock* que se encontrem abaixo do seu valor mínimo definido. Os colaboradores responsáveis pelas compras devem analisar o documento e verificar a viabilidade para o cumprimento do plano estipulado. Devido ao facto de as atualizações do plano produtivo ocorrerem a cada quinze dias, muitas matérias-primas, principalmente os micro-conteúdos e as substâncias com maior tendência para uma característica de alta-rotação, seguem uma política de revisão periódica com encomendas realizadas com quinze dias de diferença entre si. Sempre que é confirmada uma compra a fornecedores, a encomenda é inserida no sistema PHC. No entanto, a coordenação e comunicação interna entre os dois departamentos é feita via email e em situações mais urgentes podem ser marcadas reuniões.

A diferença de tempos de entrega identificada entre as matérias-primas, bem como a variação do *lead time* para uma só matéria-prima, representam muitas vezes um problema, afetando a presença de *stock* disponível para a realização de ordens de produção programadas. Para além disso, existe uma inspeção à chegada das mercadorias realizada pela equipa do departamento da qualidade. Se o material não apresentar as condições necessárias à sua utilização é devolvido ao fornecedor, o que também resulta em falhas de material e atrasos no plano produtivo.

4.4.2 Inventário

O sistema é composto por um armazém, dividido em três zonas, conforme descrito na Tabela 4.3.

Conforme referido anteriormente, cabe à equipa de planeamento decidir a dimensão dos lotes produtivos, ainda que existam lotes mínimos definidos para cada produto. Sendo o planeamento um processo manual, este gera quantidades que não são ótimas para o sistema, muito dependentes da experiência do planeador e do erro humano. Também as quantidades mínimas de encomenda das matérias-primas dependem do registo de compra em que se inserem e dos fornecedores. Estas quantidades têm o intuito de reduzir os custos associados à unidade. Neste sentido, muitas vezes são produzidas ou recebidas quantidades superiores às necessidades

estipuladas, o que exige uma maior ocupação de espaço de armazenagem e investimento em custos de posse.

Tabela 4.3 Descrição das zonas do armazém da Science4you

Zona	Descrição
Armazém de Matéria-prima (MP)	Área destinada à armazenagem de matérias-primas encomendadas aos fornecedores, com destino a uma estação de trabalho.
Armazém de Produto Intermédio (PI)	Área destinada à armazenagem de produtos intermédios, que advêm de uma estação de trabalho e que têm como destino outra estação.
Armazém de Produto Final (PF)	Área destinada à armazenagem de produto final, onde ocorre o <i>picking</i> para responder às respetivas encomendas.

Contrariamente, devido à manipulação de substâncias e de plásticos, grande parte dos componentes está associada a uma data de validade. Esta condição gera priorização nos materiais armazenados, podendo alterar prioridades de expedição e de planeamento. No entanto, verifica-se essencialmente que a rotação de maior parte dos materiais com elevados níveis de *stock* permite contornar a um nível aceitável a data de validade, mas não é compensatório em materiais que não tenham alta rotação, implicando um custo geral significativo.

Tendo em conta que o departamento de compras atende às necessidades que advêm do departamento de planeamento da produção e que este último se baseia em encomendas fixas de consumo estipuladas a 60 dias, o facto de os *lead times* de fornecimento serem muito variados representa um problema, porque muitas vezes não é possível para estes responderem a tempo para conseguir os materiais necessários para produções mais urgentes.

Estas situações geram uma instabilidade comum nos níveis de *stock*, verificando-se a existência de excesso de *stock* de produtos que não são necessários em quantidades tão elevadas e a falta de *stock* de produtos que são necessários mais urgentemente.

4.4.3 Produção

A Science4you produz brinquedos educativos e científicos, caracterizados por árvores de produto complexas, que muitas vezes ultrapassam as 60 referências. Neste sentido, a sua produção implica, na grande maioria, a manipulação de um número elevado de matérias-primas e produtos intermédios e uma complexidade operacional elevada.

Atualmente, é uma empresa centralizada em *assembling* e *packaging* (montagem e embalamento), que tem procurado recorrer a *outsourcing* para tarefas produtivas específicas,

como o enchimento de sacos com substâncias. Neste sentido, a zona de *shop floor* é caracterizada por sete estações de trabalho, descritas na Tabela 4.4. De cada estação resultam diferentes produtos intermédios associados a uma família de produto. Um produto final não tem de passar por todas as estações de trabalho, tudo depende dos componentes presentes na sua BOM. No Anexo III encontram-se os diagramas de processo gerais, contribuindo para uma melhor perceção do tipo de operações que ocorrem em cada estação da Science4you.

Tabela 4.4 Descrição das estações de trabalho existentes na Science4you

Estação	Identificação	Descrição	Família de Produto do Output
Produção Primária Enchimento de Líquidos	PI31	Composta por uma linha de produção, em média com 3 operadores, onde ocorre o enchimento de frascos com líquidos.	PI1 – Primário
Produção Primária Enchimento de Sólidos	PI1	Composta por uma linha de produção, em média com 3 operadores, onde ocorre o enchimento de frascos com sólidos.	PI1 – Primário
Produção Intermédia Etiquetagem de Frascos	PI32	Composta por uma linha de produção, em média com 2 operadores, constituída por uma impressora de etiquetas e uma máquina que realiza a etiquetagem de frascos.	Produto Intermédio
Produção Intermédia Etiquetagem de Sacos	PI14	Composta por uma linha de produção, em média com 2 operadores, constituída por uma impressora de etiquetas e uma máquina que realiza a etiquetagem de sacos.	Produto Intermédio
Produção Intermédia Conteúdos Reagentes	PI25	Composta por uma linha de montagem, em média com 9 operadores, onde ocorre a montagem dos conteúdos reagentes em cuvetes.	CF2 – Reagentes
Produção Intermédia Conteúdos	PI30	Composta por uma linha de montagem, em média com 23 operadores, onde ocorre a montagem dos restantes conteúdos do brinquedo em cuvetes.	CF1 – Conteúdos
Produção Final	PF01	Composta por uma linha de montagem, em média com 14 operadores, onde ocorre a colocação dos conteúdos na caixa, junto de um manual e/ou <i>flyer</i> informativo. No final, uma máquina permite a colocação de filme em cada unidade.	Produto Final

As estações funcionam de forma dessincronizada, ou seja, as suas ordens de produção não são planeadas com o intuito de obtenção do mesmo produto final. Aliás, para permitir uma melhor gestão de informação interna, o *output* gerado em cada estação é colocado em *stock* durante, em média, dois dias, seja este produto intermédio (PI) ou produto final (PF). Apenas em casos mais urgentes é que pode ocorrer um abastecimento direto de produtos intermédios para a

estação seguinte. Existe uma equipa de abastecimento que é responsável pelo abastecimento das estações de trabalho para a realização das ordens de produção planeadas.

Segundo Rother & Shook (1999), o *Value Stream Mapping* (VSM) é uma ferramenta que permite dar visibilidade e compreensão sobre o fluxo de materiais e informação existentes ao longo da cadeia de valor, fornecendo uma visão global do processo produtivo pelo qual os produtos têm de passar desde o fornecedor até ao cliente. Neste sentido, o fluxo de materiais e informação que ocorre ao longo do processo produtivo da Science4you é representado por um VSM no Anexo IV. É de salientar que o gráfico de tempo de valor acrescentado e valor não acrescentado não foi representado, visto que os tempos de ciclo são associados aos *outputs* das estações e não às estações, pelo que a sua representação só é possível num VSM focado a um produto final e não num VSM geral, como é o caso do VSM presente neste anexo.

4.4.4 Logística e Vendas

A Science4you está presente em vários países, em diferentes continentes. Neste sentido, existe diversificação e personalização na sua oferta, existindo várias versões de um só brinquedo que se distinguem pelo idioma em que se encontram, de forma a serem direcionadas ao seu mercado alvo.

Atualmente, o volume de vendas no mercado internacional é muito próximo do nacional, no entanto, o seu grande volume de vendas corresponde aos produtos destinados ao mercado da Península Ibérica.

Diariamente chegam encomendas de clientes ao departamento comercial, que são inseridas no sistema PHC. A Science4you tem um acordo com todos os seus clientes de que apenas garante resposta no prazo mínimo de 60 dias, seja qual for o mercado alvo. Esta condição não limita a possibilidade de resposta em menos tempo, mas não é uma garantia para o cliente.

É devido a esta margem de 60 dias que o planeamento da produção é feito a dois meses com encomendas fixas, permitindo uma estratégia MTO. A cada quinze dias o departamento comercial envia um ficheiro *Excel* com as encomendas fixas atualizadas para o departamento de planeamento da produção, para que o plano produtivo seja atualizado. Estas atualizações não são confirmadas com a equipa de planeamento para verificação de capacidade de produção, visto que o desempenho do departamento comercial é medido pelas encomendas recebidas e, por isso, a equipa aceita todas as encomendas dos seus clientes, estando ou não previstas pelas previsões semestrais, que permitem dimensionar o *shop floor a priori*. Por esta razão, a equipa de planeamento refere que as previsões semestrais raramente corresponderam à realidade.

A distribuição é organizada sempre a partir da sede para os clientes e existem envios diariamente, consoante a região a que se destinam, por isso o *picking* é feito de forma a organizar a zona de *shipping* por destino. A instabilidade presente nos níveis de *stock* gera muitas vezes incumprimento no prazo estipulado para entrega ao cliente, devido a falta de *stock*. Esta situação origina um aumento dos custos de transporte, devido à urgência na entrega.

4.5 Caracterização e Análise da Situação Atual

A descrição das atividades dos diferentes departamentos da Science4you permite fazer uma análise com vista a compreender a lógica de relação causa e efeito presente na inter-relação entre os processos. Assim, é possível identificar cinco efeitos indesejados que ocorrem na sua situação atual. A Tabela 4.5 sintetiza estes efeitos e percorre várias causas para a sua ocorrência, identificadas nos subcapítulos anteriores.

Os efeitos indesejados identificados na Tabela 4.5 assemelham-se aos problemas que se têm vindo a demonstrar nas cadeias de abastecimento, adjacentes da mudança do ambiente industrial, referidos no capítulo 2. Estes problemas passam essencialmente pela ocorrência de falhas de *stock* de matérias-primas e falhas na resposta direta aos clientes, por planos produtivos com tempo limitado e *lead times* produtivos muito longos, bem como por uma desorganização geral na organização.

As regras adjacentes à aplicação do MRP para o planeamento da produção também são um dos grandes conflitos gerais que também se demonstra na situação atual da Science4you. É esta semelhança entre a situação atual da empresa em questão e as situações descritas na literatura associadas à indústria produtiva que permite justificar a aplicabilidade de conclusões académicas a este estudo de caso.

É de salientar o facto de não existirem regras definidas no sistema atual da empresa que permitam suportar a tomada de decisão dos gestores, pelo que estes tentam ir sempre ao encontro do que pensam ser melhor para a empresa em cada situação específica, baseando-se na sua experiência. Com isto, é evidente que a equipa de planeamento da produção está bastante centrada na resolução de problemas para os quais não conseguem criar soluções viáveis que lhes permitam corrigir os efeitos indesejados que se pronunciam.

Tabela 4.5 Identificação dos efeitos indesejados na Science4you e respetivas causas

Efeito Indesejado	Causa para a ocorrência do efeito
Ocorrência de falhas de <i>stock</i> de matérias-primas	<ul style="list-style-type: none"> • As necessidades de matéria-prima são calculadas manualmente pela equipa de planeamento da produção; • Os <i>lead times</i> de fornecimento das matérias-primas são muito variados e longos; • Os níveis de <i>stock</i> de segurança apenas são definidos para algumas matérias-primas e são calculados empiricamente, baseados em hipóteses e na experiência de quem os determina; • Os níveis de <i>stock</i> são inadequados, com elevada quantidade de matérias-primas com menor uso e reduzida quantidade de matérias-primas com maior utilização; • A rejeição de material recebido por parte da equipa de qualidade não é contabilizada, o que gera falhas de <i>stock</i>.
Ocorrência de falhas na resposta direta aos clientes	<ul style="list-style-type: none"> • Os produtos finais são caracterizados por árvores muito complexas, que exigem a manipulação de várias matérias-primas e produtos intermédios, que muitas vezes não estão disponíveis simultaneamente; • Cada ordem de produção já tem um mercado alvo definido, principalmente devido ao facto de existirem idiomas associados.
Planos produtivos com tempo limitado	<ul style="list-style-type: none"> • A disponibilidade das matérias-primas e dos produtos intermédios exige muitas vezes que ocorram ajustes nos planos produtivos; • As condições da equipa de qualidade muitas vezes exigem trabalho extra em desmontagem e nova produção, o que origina a criação de novas ordens de produção imprevistas e o adiamento e ajuste das já planeadas.
<i>Lead times</i> produtivos totais longos para a obtenção dos produtos finais	<ul style="list-style-type: none"> • Existe a necessidade de o <i>output</i> de cada estação ser colocado em <i>stock</i> durante, no mínimo, dois dias para gestão da informação; • As estações de trabalho não funcionam de forma sincronizada; • A ocorrência de vários ajustes nos planos produtivos gera adiamentos em ordens de produção menos urgentes, aumentando o tempo total para a obtenção do produto final.
Desorganização geral	<ul style="list-style-type: none"> • Acontecimentos passados demonstram que a procura prevista semestralmente raramente representa a realidade, o que origina decisões operacionais desajustadas; • A única prioridade bem definida é que todas as encomendas dos clientes devem ser respondidas, independentemente do custo que isso implique; • Não existe uma base de dados universal que permita coordenação entre as equipas; • A equipa de planeamento é muitas vezes responsável por erros que advêm de informação pouco verosímil dos outros departamentos e que é admitida como verdadeira.

4.6 Oportunidades de Melhoria

Claramente, a Science4you é uma empresa que já é muito orientada pela procura real, visto que os seus planos produtivos se baseiam em encomendas fixas de clientes. Desta forma, a empresa

utiliza um sistema MRP baseado em procura real, admitindo uma estratégia MTO. Perante um sistema com alta variedade de produtos finais e com BOM tão complexas, o MRP é de facto uma ferramenta essencial no planeamento da produção.

Visto que a produção é feita de acordo com encomendas de clientes específicas, o sistema é forçado a estabelecer uma condição que implica a resposta num prazo mínimo de 60 dias. Esta condição advém do facto de os *lead times* dos fornecedores serem variados e longos e pelas condições de gestão interna da empresa. A criação de ordens de produção é feita de forma manual pela equipa de planeamento, recorrendo a várias bases de dados e a ficheiros *Excel* para planear a capacidade do sistema e criar planos para todos os níveis da BOM dos produtos, pelo que o nervosismo característico do MRP afeta a estabilidade dos planos e o tempo de resposta. Também a falta de definição de prioridades que evidenciem o que deve ser realizado primeiro e a necessidade de reposição de materiais para a gestão de *stocks* afeta o tempo de resposta. É necessária uma solução que permita uma redução no tempo de resposta e, eventualmente, a eliminação da condição do tempo de resposta mínimo de 60 dias imposto aos clientes.

De facto, a Science4you já tentou reduzir este tempo de resposta com o aumento dos seus níveis de *stock* de matérias-primas e pela contratação de fornecedores mais próximos. Para tal, incutiu custos no aumento do espaço de armazenagem e no preço unitário das matérias-primas dos novos fornecedores. No entanto, o sistema continua a gerar níveis de *stock* instáveis, com elevadas quantidades de uns produtos e reduzidas quantidades de outros, e o planeamento do sistema também não é estável, pelo que a equipa de planeamento da produção considera que a aplicação do MRP não está a originar resultados adequados.

Perante estes resultados semelhantes aos evidenciados no capítulo 2 como problemas atuais das cadeias de abastecimento, a teoria introduzida que demonstra que o DDMRP é uma metodologia que se baseia no MRP e que permite que o tempo de resposta seja comprimido e que os níveis de *stock* sejam controlados é justificação suficiente para a aplicabilidade desta nova ferramenta neste sistema.

O projeto de implementação de um sistema ERP, nomeadamente o SAP S4/HANA, surge na tentativa de normalizar os processos e criar fontes de informação viáveis, visto que é uma falha verificada nos vários departamentos da organização. Essencialmente, as equipas pretendem ter visibilidade perante a cadeia de valor para poderem planear, sincronizar e gerir a disponibilidade de todos os materiais de forma eficaz. Teoricamente, o DDMRP é aplicado em cinco passos que fornecem exatamente estas condições às equipas da Science4you, para além de que a empresa SAP já criou um módulo DDMRP que pode ser adquirido como extra na versão SAP S4/HANA que a empresa vai adquirir.

Desta forma, existe potencial teórico de que o DDMRP é uma ferramenta que pode eliminar os efeitos indesejados demonstrados na situação atual da Science4you, bem como se torna relevante perante o decorrente projeto de implementação de um ERP com módulos compatíveis à aplicação desta metodologia. É de salientar que a implementação real do DDMRP na empresa não é o foco desta dissertação, no entanto, a descrição da situação atual pretende estabelecer uma ligação para uma implementação futura.

Visto que esta dissertação foi elaborada no âmbito da integração na equipa de planeamento da produção da Science4you, é importante que a equipa aceite a ferramenta identificada, o DDMRP, como uma oportunidade de melhoria dos resultados da situação atualmente sentida na empresa. Neste sentido, foram explicados os objetivos do DDMRP, o sucesso da sua implementação em casos de estudo publicados e a sua relevância para o ambiente atualmente sentido na empresa.

Apesar da excelente receção por parte da equipa de uma nova forma de planeamento e controlo da produção, era relevante para estes perceber como se teriam de preparar para poderem implementar o DDMRP na Science4you, bem como verificar qual o possível impacto redutivo no tempo de resposta que podem realmente sentir. Assim, o próximo capítulo aborda a realização de um simulacro que pretende fornecer um ponto de vista prático para a preparação da Science4you para a implementação do DDMRP e analisa o cenário simulado do ponto de vista de redução do tempo de resposta e do tipo de alertas que podem ser gerados relativamente aos níveis de *stock* disponíveis, não ficando esta dissertação limitada à sugestão baseada na teoria existente.

4.7 Discussão dos Resultados do Capítulo 4

A análise da empresa sob a forma de estudo de caso pretendia avaliar a situação atual da Science4you. Tendo em conta a integração no departamento de planeamento da produção, foi dado especial foco à forma como eram realizados os processos de criação das previsões da procura, do planeamento da produção e da gestão dos materiais. Esta análise permitiu concluir que se demonstram cinco problemas principais no sistema da Science4you, com várias fontes como causas da sua demonstração. Com isto, foi possível caracterizar o planeamento da produção da Science4you como um processo centrado na resolução de problemas urgentes e muito dependente da experiência dos elementos da equipa para a tomada de decisão. Neste sentido, foram reunidas todas as informações para responder à primeira questão de investigação.

De seguida, foram identificadas oportunidades de melhoria e encontradas soluções. Verificou-se que existe uma grande proximidade entre os efeitos indesejados que se demonstram na Science4you e os riscos que têm vindo a ser registados academicamente nas cadeias de

abastecimento, devido à aplicação do MRP. Com isto, o DDMRP foi identificado como a potencial solução que, teoricamente, se dirige aos problemas identificados para os corrigir e melhorar assim a situação atual da Science4you. Para além disso, é uma ferramenta que pretende fornecer visibilidade perante toda a cadeia de valor e proteger o fluxo de informação e materiais, o que a torna ainda mais relevante para a empresa.

Ao identificar o DDMRP como uma solução viável, é possível responder à segunda questão de investigação, no entanto esta resposta é suportada apenas do ponto de vista teórico. Para uma análise do ponto de vista prático do potencial do DDMRP na melhoria do sistema atual da Science4you, foi realizado um simulacro, introduzido no próximo capítulo.

5 Simulacro

Este capítulo tem como objetivo demonstrar como é que o DDMRP pode ser aplicado a uma empresa com uma realidade semelhante à da Science4you. Desta forma, contribui também para uma introdução à empresa em questão da forma como deve proceder para a implementação desta ferramenta no seu sistema real, bem como para a demonstração da falha dos níveis de *stock* existentes atualmente e do potencial de redução do tempo de resposta do ponto de vista prático. Para tal, é realizado um simulacro recorrendo a um microssistema baseado em factos reais da Science4you.

5.1 Informação Necessária para a Implementação do DDMRP

Segundo Ptak & Smith (2018), e conforme já referido no subcapítulo 3.2, o primeiro passo, denominado de posicionamento estratégico de inventário, é o mais importante para o sucesso da implementação do DDMRP. Este passo corresponde a uma decisão estratégica cujo impacto afeta o desempenho de toda a cadeia de valor. Este processo decisivo consiste na escolha dos pontos que devem ser protegidos por *buffers* para promover o fluxo de informação e materiais. A teoria do DDMRP sugere a consideração de seis fatores que ajudam na resposta a esta questão e são estes fatores que vão ser aplicados ao microssistema para definir o primeiro passo da implementação do DDMRP.

Neste sentido, é necessário identificar quais as informações necessárias para que estes seis fatores sejam aplicados ao microssistema, que são introduzidas no estudo exploratório no capítulo 3. A Tabela 5.1 resume para cada fator que tipo de informação é necessária para que seja possível uma tomada de decisão fundamentada.

Os questionários realizados às equipas do departamento de compras e comercial, presentes no Anexo V, serviram essencialmente para obter muitas das informações identificadas na Tabela 5.1, tais como a informação relacionada com o impacto que o tempo de resposta total tem no mercado, os clientes associados a esse mercado e os diferentes fornecedores existentes na cadeia de valor, para que fosse possível definir os pontos estratégicos de inventário no microssistema.

Tabela 5.1 Informação para o posicionamento estratégico de inventário do DDMRP

Fator	Informação necessária para a decisão
Tempo de tolerância do cliente	- Tempo de resposta imposto pelo cliente
Potencial do <i>lead time</i> no mercado	- Informação relacionada com o impacto que o tempo de resposta total do produto tem no mercado
Visibilidade do horizonte temporal das encomendas de clientes	- Informação relacionada com a receção de encomendas dos clientes, com vista a informações de procura relevantes
Variabilidade externa	- Informação relacionada com os diferentes fornecedores (para a variabilidade do fornecimento) - Informação relacionada com o mercado (para a variabilidade da procura) - Critérios de decisão para associar uma categoria de variabilidade: critérios para variabilidade de fornecimento e critérios para variabilidade da procura
Vantagem e flexibilidade do inventário	- BOM - Mapeamento das interações operacionais produtivas - <i>Lead times</i> de fornecimento - Tempos de produção
Proteção de operações críticas	- BOM - Mapeamento das interações operacionais produtivas

Definidos os pontos de desacoplamento, é possível criar o modelo do simulacro para aplicar a gestão segundo o DDMRP a esses pontos. Os dados foram obtidos recorrendo aos *softwares* da empresa ou à experiência dos gestores das equipas, de forma a que o ambiente seja o mais realista possível. O estudo de Ihme (2015), associado à aplicação do DDMRP ao nível de doutoramento, recorre à ferramenta *Microsoft Excel* para a realização de um simulacro, utilizando-a como base de dados e processamento do planeamento e execução. O autor afirma que a utilização do *Excel* apenas foi possível por estar a lidar com uma amostra pequena da realidade do seu caso de estudo e porque o simulacro ocorreu de forma isolada do ambiente ambíguo e dinâmico do *shop floor*. Neste sentido, e perante as mesmas condições, esta dissertação também recorre ao *Microsoft Excel* para a realização do simulacro exemplificativo da operacionalização do DDMRP.

Para a implementação do DDMRP, é necessário identificar as variáveis iniciais a definir no modelo do simulacro. Identificadas estas variáveis é necessário recolher as informações que permitem o cálculo destas variáveis, para que seja possível correr o modelo. Tendo em conta o estudo exploratório realizado no capítulo 3, a Tabela 5.2 identifica as variáveis iniciais e as informações necessárias para que sejam quantificáveis.

Este subcapítulo é bastante importante, porque inicia indiretamente o processo de implementação do DDMRP, visto que sintetiza a informação necessária à sua aplicação e torna o processo de recolha de dados mais eficaz, após a definição do micro sistema.

Tabela 5.2 Informação para a quantificação das variáveis do DDMRP

Variável	Informação necessária para a quantificação
ADU	- Histórico de consumo ou Previsões de consumo
DLT	- <i>Lead times</i> de fornecimento - Tempos de produção - BOM
MOQ	- Quantidade mínima a encomendar a um fornecedor - Quantidade mínima a produzir para um produto
DOC	- Tempo de resposta desejado pelo cliente ou pela empresa
Fator de LT	- <i>Lead times</i> de fornecimento - Tempos de produção - Critérios de decisão para associar uma categoria de <i>lead time</i>
Fator de Variabilidade	- Informação relacionada com os diferentes fornecedores (para a variabilidade do fornecimento) - Informação relacionada com o mercado (para a variabilidade da procura) - Critérios de decisão para associar uma categoria de variabilidade: critérios para variabilidade de fornecimento e critérios para variabilidade da procura

5.2 Caracterização do Microssistema

De forma a estudar a implementação do DDMRP na Science4you, foi definido um microssistema baseado em factos da realidade da empresa, para que a exemplificação fosse mais bem suportada. Estes factos foram discriminados no capítulo anterior, capítulo 4, que define o sistema atual da empresa.

Tendo em conta a elevada oferta da empresa em questão e da complexidade associada às árvores de produto, onde a grande maioria dos produtos vendidos implicam a manipulação de um número elevado de matérias-primas, foram escolhidos dois produtos finais com matérias-primas em comum, o que demonstra um fator importante da realidade dos produtos da Science4you, e direcionados a um mercado com um cliente para facilitar a aplicação do cenário.

Assim, o sistema é composto por duas referências de produtos finais, cujas BOM são descritas na Figura 5.1 e Figura 5.2. Estas contêm cinco níveis e os coeficientes de consumo estão identificados nos círculos das figuras. Por opção do gestor de planeamento da produção, as etiquetas dos frascos e dos sacos, que são um produto comprado no sistema real, foram ignoradas para este estudo. A legenda das referências representadas é apresentada no Anexo VI.

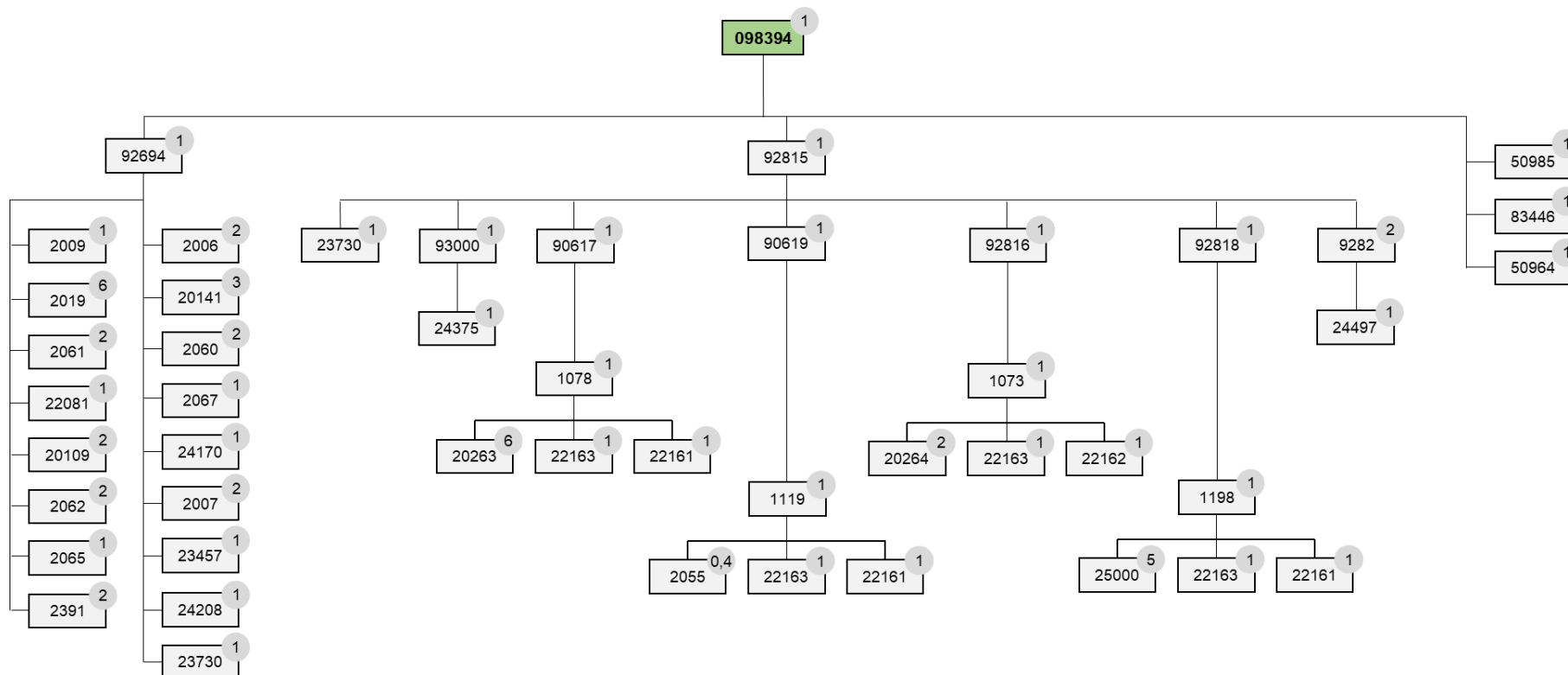


Figura 5.1 BOM do produto final com a referência 098394: Fábrica Viscosa

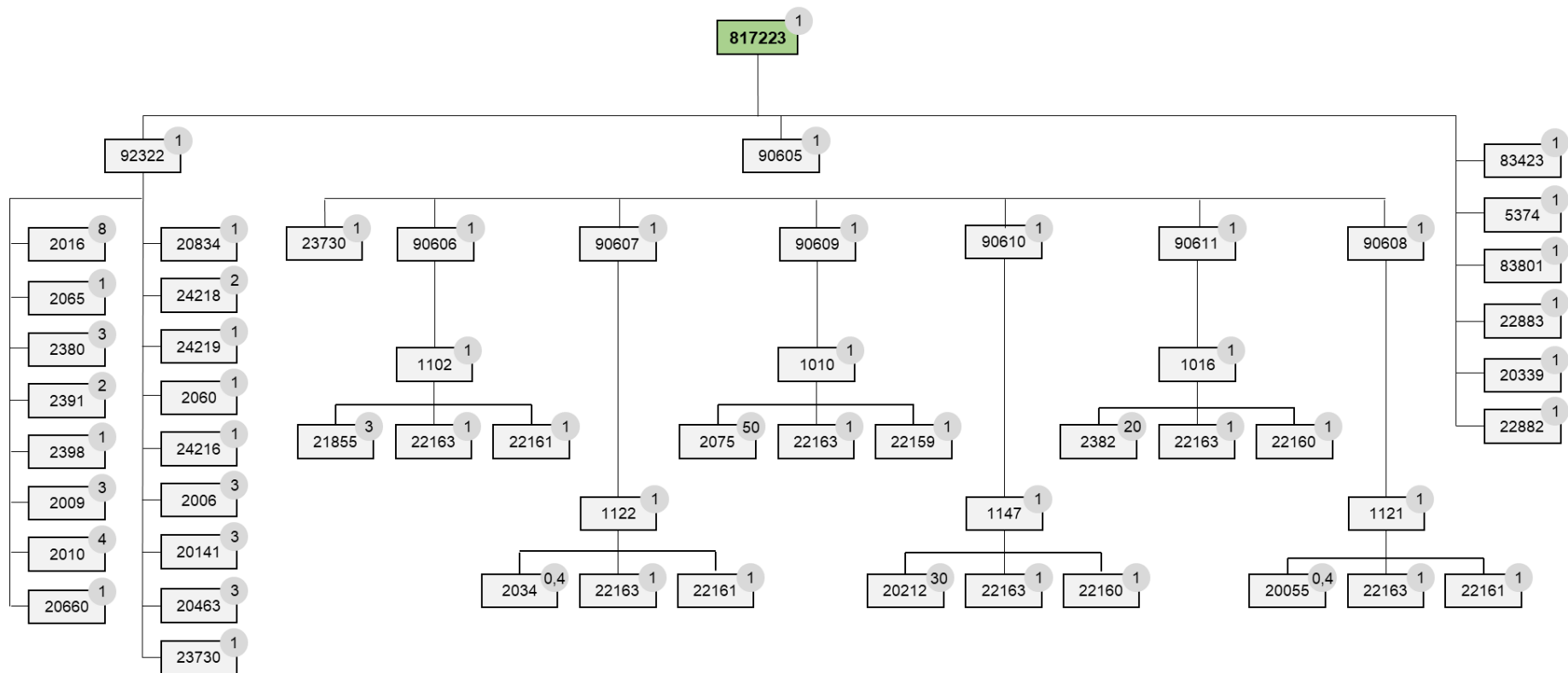


Figura 5.2 BOM do produto final com a referência 817223: Ciência Explosiva

Como é possível verificar pelas BOM, existem referências comuns aos dois produtos finais, mais concretamente nove matérias-primas. Com isto, o microssistema é composto por 81 referências no total, das quais:

- 2 referências são de produto final;
- 53 referências são de matéria-prima;
- 26 referências são de produto intermédio.

Para a produção de cada um dos produtos finais, os seus componentes passam pelas estações apresentadas na Tabela 4.4 do subcapítulo 4.4.3. No entanto, o produto 817223 – Ciência Explosiva – não contém sacos e, por isso, não passa pela estação PI14. Com isto, todas as restantes estações funcionam para produção com o objetivo de criação dos dois produtos finais do microssistema. Relembra-se que o Anexo IV representa o VSM do sistema da Science4you e contribui para uma melhor visualização das fases processuais dos produtos.

5.3 Dados do Microssistema

Através do subcapítulo 5.1, que introduz as informações necessárias a recolher para poder implementar o sistema DDMRP, podemos distinguir dois tipos de dados necessários: dados quantitativos e dados qualitativos.

Os dados quantitativos têm como principal objetivo o dimensionamento dos *buffers* e o planeamento e execução do DDMRP. Estes foram obtidos através de ficheiros *Excel* e dos *softwares* de base de dados da empresa. Para cada tipo de produto existente no microssistema existem dados mestre específicos. A Tabela 5.3 identifica esses dados.

Tabela 5.3 Identificação do tipo de dados mestre recolhidos do sistema

Produto Final	Produto Intermédio	Matéria-prima
Previsões de Consumo de cada mês do 1º Semestre de 2019		
Previsões de Consumo Totais do 1º Semestre de 2019	Previsões de Consumo Totais do 1º Semestre de 2019	Previsões de Consumo Totais do 1º Semestre de 2019
Tempo de Produção	Tempo de Produção	<i>Lead time</i> de Fornecimento
Quantidade Mínima a produzir	Quantidade Mínima a produzir	Quantidade Mínima a encomendar

O Anexo VII apresenta os dados mestre de cada referência do microssistema.

Os dados qualitativos têm como principal objetivo o suporte à tomada de decisão existente ao longo da aplicação do DDMRP. Estes dados específicos foram obtidos através dos questionários realizados às equipas dos departamentos de compras e comercial e recorrendo à experiência desses elementos. A Tabela 5.4 identifica esses dados.

Tabela 5.4 Identificação do tipo de dados qualitativos recolhidos do sistema

Dados qualitativos
Mapeamento das interações operacionais produtivas
Informação relativa aos fornecedores e critérios de decisão para a categoria de variabilidade do fornecimento
Informação relativa ao mercado alvo e critério de decisão para a categoria de variabilidade da procura

Tendo em conta a relevância destes dados para a tomada de decisão, tornou-se pertinente para esta dissertação a sua apresentação ao longo da aplicação dos passos do DDMRP, à medida que foram necessários.

5.4 Aplicação do DDMRP ao Microssistema

O simulacro da aplicação do DDMRP ao microssistema baseia-se nos três primeiros passos da metodologia: posicionamento estratégico do inventário, perfis e níveis dos *buffers* e ajustes dinâmicos. Os dois últimos passos, correspondentes ao planeamento orientado pela procura e à execução com visibilidade e colaboração não foram simulados. Tal deveu-se ao facto de ter existido uma grande limitação na disponibilidade de dados por parte da empresa, que não possibilitou a execução de um planeamento dinâmico aplicado ao microssistema.

Esta situação fez com que o objetivo principal deste simulacro fosse o de preparar a implementação do DDMRP, ou seja, a definição do modelo do simulacro. Para além disso, o microssistema corresponde a uma amostra de 81 referências de um total de, aproximadamente, 18 000 referências existentes na Science4you e apenas se baseia em dois produtos finais quando o sistema real tem à volta de 3 000 produtos finais, por isso, o efeito na tomada de decisão devido à disponibilidade dos recursos para a realização de ordens de produção urgentes e à falta de *stock* não podia ser antecipado, pelo que a simulação destes últimos passos poderia não ser relevante para o sistema real.

No entanto, de forma a fornecer uma análise crítica do impacto da implementação do DDMRP no microssistema, tornou-se pertinente analisar o potencial de redução do tempo de resposta com a existência dos *buffers* definidos e analisar também os níveis de *stock* reais do microssistema num dado momento e verificar qual o seu comportamento perante o

dimensionamento dos *buffers* de *stock* definidos, através dos alertas de estado do *buffer* presentes no passo de execução do DDMRP, introduzidos no subcapítulo 3.2.6.

5.4.1 Posicionamento Estratégico do Inventário

Este passo rege-se segundo seis fatores explicados no subcapítulo 3.2.1. Para a tomada de decisão do posicionamento dos *buffers* para este microssistema é necessário ter conhecimento sobre a forma como os produtos interagem.

Na caracterização do microssistema, no subcapítulo 5.2, foram introduzidas as BOM dos dois produtos finais que constituem o sistema, onde se verificam matérias-primas em comum, e foi afirmado que, para as respetivas produções, as estações de trabalho são partilhadas. Neste sentido, é possível identificar pontos de divergência e convergência.

No Anexo IV encontra-se representado o VSM geral do sistema real da Science4you, no entanto, de forma a visualizar os pontos de convergência e divergência no microssistema, a Figura 5.3 e Figura 5.4 são esquemas operacionais no qual estão representadas as interações entre as estações e as referências para a produção de cada um dos produtos finais. A legenda das estações encontra-se na Tabela 4.4 do subcapítulo 4.4.3. e das referências no Anexo VI.

Todas as estações de trabalho, exceto as estações de etiquetagem (tanto de frascos como de sacos), podem ser consideradas pontos de convergência. Tal deve-se ao facto de em todas as estações serem necessárias quantidades de duas ou mais matérias-primas simultaneamente para que ocorra a operação aí destinada. Já em relação à presença de pontos de divergência podem-se associar as matérias-primas que são comuns às duas BOM, visto que são referências que fornecem diferentes finalidades, e as matérias-primas que são utilizadas em vários processos diferentes, mas que têm a mesma finalidade, como os frascos e as respetivas tampas.

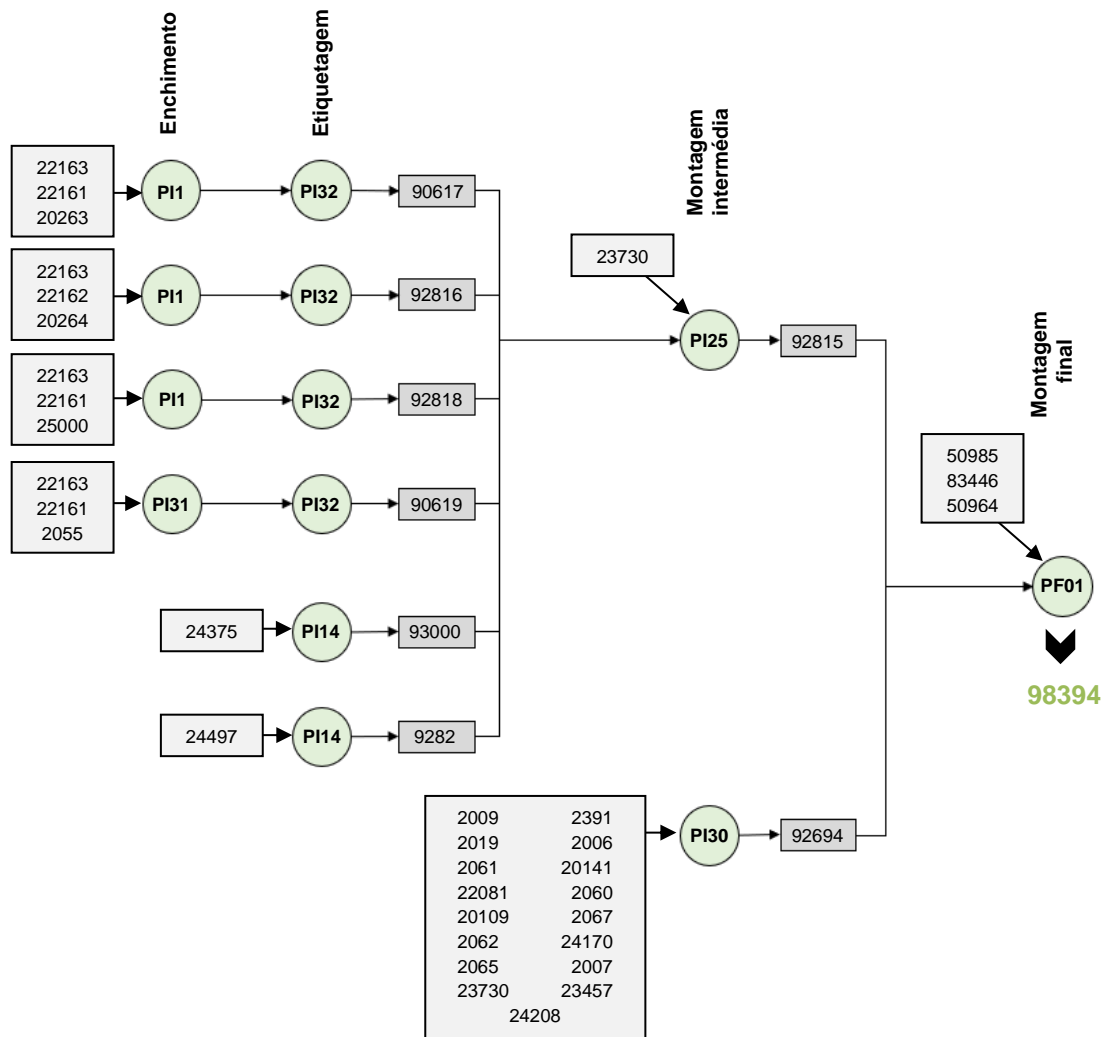


Figura 5.3 Interação operacional para a produção da referência 98394: Fábrica Viscosa

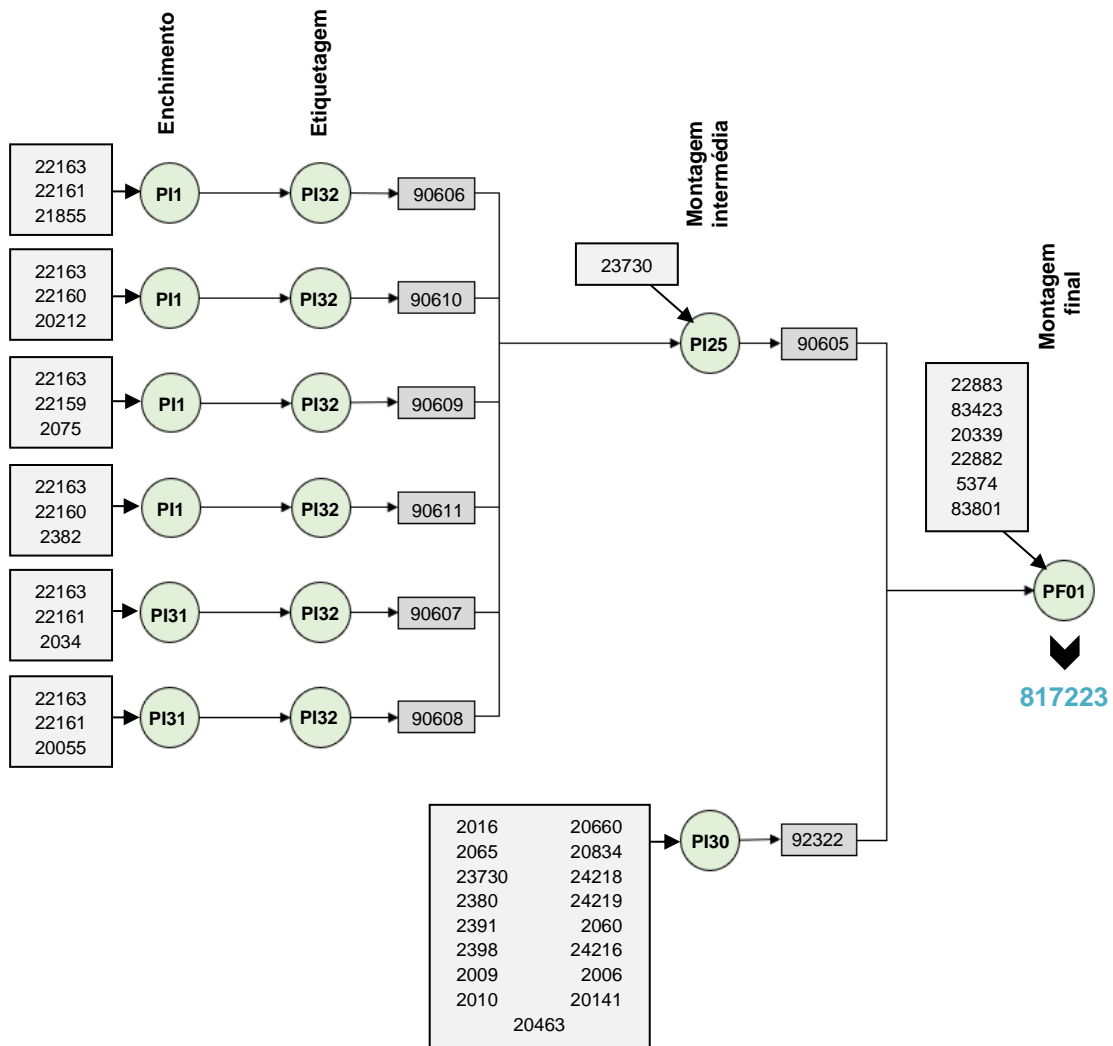


Figura 5.4 Interação operacional para a produção da referência 817223: Ciência Explosiva

Para além da interação operacional dos produtos no microsistema, são também necessárias informações de gestão, que foram obtidas através dos questionários realizados às equipas do departamento de compras e do departamento comercial. O Anexo V demonstra os questionários entregues ao departamento de compras e ao departamento comercial. O número de respostas obtidas está relacionado com o número de produtos a analisar, visto que a informação a obter era específica para cada produto. Assim, foram recolhidos dois questionários do departamento comercial e 53 questionários do departamento de compras.

Do departamento comercial pretendia-se perceber a posição dos clientes perante os produtos finais do microsistema, de onde se recolheu as informações da Tabela 5.5.

Tabela 5.5 Síntese da informação recolhida do departamento comercial

Área	Informação
Mercado-alvo	<ul style="list-style-type: none"> - Ambos os produtos são direcionados ao mercado-alvo do Canadá; - A Science4you só está presente neste mercado há um ano; - Existe apenas um cliente neste mercado.
Science4you	<ul style="list-style-type: none"> - O tempo de resposta é exigido pela Science4you e é de, no mínimo, 60 dias, independentemente da dimensão da encomenda e, por isso, o cliente não admite um tempo de tolerância; - Tendo em conta o tempo exigido, todas as encomendas são recebidas com 60 dias de antecedência.
Cliente	<ul style="list-style-type: none"> - Existe oportunidade de mercado para os produtos aumentarem o número de vendas; - A redução do tempo de resposta da Science4you gera um aumento no número de vendas; - O cliente não está disposto a pagar mais pelos produtos e uma redução no preço iria aumentar as vendas.

Do ponto de vista do fornecimento, os questionários destinados ao departamento de compras avaliam essencialmente três critérios dos fornecedores de cada matéria-prima: o nº de fornecedores possíveis, a viabilidade do fornecedor habitual em relação ao cumprimento das datas e a viabilidade em relação à qualidade do produto. Através destes três critérios definiram-se regras para classificar um nível de variabilidade, suportadas pelos elementos da equipa de compras e confirmadas pela equipa de planeamento da produção. A situação ideal é a presença de mais do que um fornecedor cujo fornecedor habitual é viável quanto ao cumprimento das datas e à qualidade do seu produto. Referências em que se verificam estas três condições assumem variabilidade de fornecimento baixa; referências em que se verificam duas destas condições assumem variabilidade média; referências em que se verifica apenas uma das condições ou nenhuma assumem variabilidade alta. A Tabela 5.6 resume as possibilidades.

Tabela 5.6 Critérios para a classificação do nível de variabilidade do fornecimento

Situação	Número de fornecedores possíveis	Fornecedor habitual viável no cumprimento das datas	Fornecedor habitual viável na qualidade do produto	Nível de variabilidade
A	Mais do que 1	Sim	Sim	Baixa
B	Mais do que 1	Sim	Não	Média
C	Mais do que 1	Não	Sim	Média
D	Mais do que 1	Não	Não	Alta
E	Apenas 1	Sim	Sim	Média
F	Apenas 1	Sim	Não	Alta
G	Apenas 1	Não	Sim	Alta
H	Apenas 1	Não	Não	Alta

Com os resultados obtidos nos questionários entregues ao departamento de compras é possível fazer uma primeira análise geral por família de matéria-prima, representada na Tabela 5.7.

Tabela 5.7 Síntese da informação recolhida do departamento de compras

Família	Quantidade de referências	Síntese das respostas aos questionários	Nível de variabilidade
Caixas Manuais Conteúdos Gráficos	11 referências	- 11 referências na Situação A	Variabilidade Baixa
Substâncias	12 referências	- 6 referências na Situação G	Variabilidade Alta
		- 2 referências na Situação E	Variabilidade Média
		- 3 referências na Situação A	Variabilidade Baixa
		- 1 referência na Situação B	Variabilidade Média
Macroconteúdos	1 referência	- Referência na situação A	Variabilidade Baixa
Microconteúdos	29 referências	- 1 referência na Situação G	Variabilidade Alta
		- 11 referências na Situação E	Variabilidade Média
		- 16 referências na Situação A	Variabilidade Baixa
		- 1 referência na Situação C	Variabilidade Média

Os dados mestre de todas as referências que compõem o microsistema são indicados no Anexo VII. Através destes dados é possível concluir que os tempos de produção são mínimos quando comparados com os tempos de fornecimento das matérias-primas (*lead times*), porque as operações da empresa se resumem a processos de montagem e nunca de transformação. Neste sentido, todas as referências produtivas têm um *lead time* curto. Já as matérias-primas, que são as únicas referências não produtivas, podem ter um *lead time* curto, médio ou longo. Recorrendo à experiência da equipa de planeamento da produção foram definidos intervalos que classificam esses *lead times* das matérias-primas, representados na Tabela 5.8.

Tabela 5.8 Critérios para a classificação da dimensão dos *lead times*

Classificação	Intervalo de <i>lead time</i>	Quantidade de referências
Curto	Até 12 dias	30
Médio	Entre 13 e 20 dias	15
Longo	Mais de 20 dias	9

Perante estes dados é então possível aplicar os seis fatores para a decisão do posicionamento estratégico do inventário:

- **Tempo de tolerância do cliente:** o tempo de resposta é exigido pela Science4you, o que não permite ao cliente ter uma exigência em relação ao tempo e seja forçado a

aceitar os 60 dias exigidos pela empresa, pelo que não há objetivo definido na quantidade de tempo a reduzir na resposta do ponto de vista do cliente.

- **Potencial do *lead time* no mercado:** a redução do tempo de resposta permite um aumento do número de vendas e, por isso, deve-se tentar reduzir ao máximo. A Science4you funciona numa estratégia MTO e não pretende alterá-la, o que elimina a opção de desacoplar os produtos finais com *buffers* de *stock*. O tempo de resposta será reduzido por desacoplamento de produtos intermédios e matérias-primas.
- **Visibilidade do horizonte temporal das encomendas de clientes:** a condição estabelecida no mínimo de 60 dias para responder às encomendas de clientes permite que as equipas tenham visibilidade suficiente para planear as ordens de produção numa estratégia MTO. No entanto, para as encomendas de fornecimento, é relevante desacoplar matérias-primas com *lead times* longos para garantir que todo o processo produtivo ocorre no horizonte temporal visível.
- **Variabilidade externa:** do lado da procura não existe impacto significativo da variabilidade, visto que a sazonalidade dos produtos é conhecida e existe visibilidade a 60 dias perante as encomendas de clientes. É do lado do fornecimento que a variabilidade tem maior impacto, devido aos elevados *lead times* e à forma como é feita a gestão dos fornecedores dos produtos. A criação de *stock* nos conjuntos de matérias-primas associados a uma variabilidade alta ou média na Tabela 5.7 permite proteger o fluxo de eventuais falhas que advêm da pouca viabilidade nos fornecedores.
- **Vantagem e flexibilidade de inventário:** as matérias-primas comuns aos dois produtos finais correspondem a pontos de divergência que se tornam vantajosos de desacoplar para que o fluxo de materiais seja garantido para os dois produtos finais. Também as matérias-primas que surgem várias vezes em operações diferentes que contribuem para o mesmo produto final são relevantes para criação de *stock*, bem como aquelas que são classificadas com *lead times* longos, de forma a que os recursos não sejam comprometidos pela sua disponibilidade.
- **Proteção de operações críticas:** quase todas as estações de trabalho correspondem a pontos de convergência, representando operações críticas que exigem a presença de diferentes materiais simultaneamente. No entanto, conforme já foi referido, a oferta da Science4you é sempre direcionada a um mercado específico, essencialmente devido aos idiomas presentes nos seus rótulos. Neste sentido, não se torna relevante para a empresa desacoplar produtos que já têm um mercado-alvo, mas sim produtos universais. Assim, o desacoplamento dos produtos intermédios adjacentes das estações de enchimento de frascos (líquidos e pós) e da produção intermédia de montagem dos conteúdos permite proteger a eficiência destas operações críticas.

De uma forma muito geral, é relevante a colocação de *buffers* de *stock* em matérias-primas que fornecem várias estações e que são suscetíveis de variabilidade considerável da parte dos seus

fornecedores e de *lead times* elevados, bem como nos produtos intermédios que são possíveis de ser gerados sem terem um mercado alvo. Essencialmente, irão existir *buffers* em referências presentes nos pontos identificados na Figura 5.5.

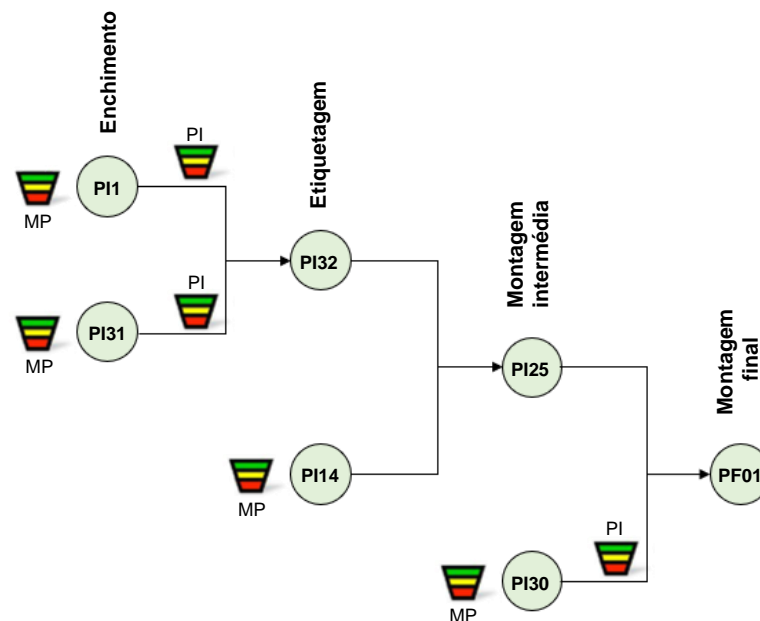


Figura 5.5 Pontos do microssistema com colocação estratégica de *buffers* de *stock*

É de salientar que não significa que existem *buffers* em todas as referências presentes nestes pontos da Figura 5.5, apenas naquelas que são relevantes e que foram identificadas segundo os fatores. Nos *inputs* das estações PI1, PI31, PI14 e PI30 existem matérias-primas que são relevantes de desacoplar, pelo facto de assumirem variabilidade de fornecimento média ou alta, por serem comuns aos dois produtos finais do microssistema ou por serem *input* para diferentes operações. Já nos *outputs* das estações PI1, PI31 e PI30 existem produtos intermédios relevantes para desacoplamento, porque as operações aí ocorrentes são críticas pela manipulação de vários produtos que não definem um mercado-alvo.

Tendo em conta estas considerações, neste microssistema é relevante a colocação de *buffers* de *stock* em 36 referências estratégicas, de um total de 81 referências existentes no microssistema, conforme esquematizado na Figura 5.6.

O Anexo VIII representa a solução para o posicionamento estratégico de inventário, identificando a lista de referências nas quais se vai simular a colocação de *buffers* de *stock*. Esta solução foi analisada pela equipa de planeamento da produção da Science4you, que apoiou e confirmou o risco destas referências para a promoção e proteção do fluxo de informação e materiais deste microssistema, bem como associou muitas delas relevantes também no seu ambiente real.

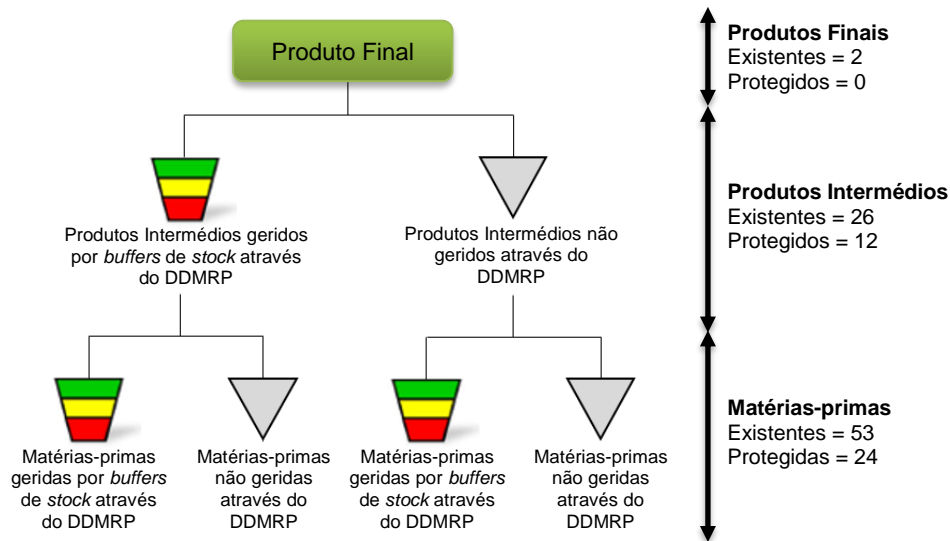


Figura 5.6 Proteção aplicada ao microsistema

5.4.2 Perfis e Níveis dos *Buffers*

Tomada a decisão de quais os pontos do microsistema que devem ser protegidos por *buffers*, é necessário classificar os perfis dos mesmos e dimensioná-los segundo as regras introduzidas no subcapítulo 3.2. Para tal, é essencial a informação presente no Anexo VII, que corresponde aos dados mestre do microsistema, para determinar as variáveis que permitem o cálculo das várias zonas do *buffer*.

Em primeiro lugar, é necessário determinar as variáveis que são específicas a cada referência. Estas variáveis são a Utilização Média Diária (ADU), o *Lead Time* desacoplado (DLT) e a Quantidade Mínima de Encomenda (MOQ).

A ADU foi obtida recorrendo ao cálculo da média diária das necessidades totais previstas ao longo do primeiro semestre do ano 2019. Esta variável pode ser obtida através de um histórico de consumos ou de previsões. Visto que a Science4you tem vindo a crescer nos últimos anos e que o seu sistema real é demasiado complexo para obter um histórico de consumo alusivo ao microsistema, o gestor do planeamento da produção incentivou que o mais correto para o simulacro seria o cálculo desta variável com base nas previsões de consumo dos produtos finais correspondentes ao longo do primeiro semestre de 2019. Sabe-se que este semestre do ano tem 121 dias úteis e são estes que são contabilizados para o cálculo da média. Visto que se tratam de referências unitárias, a ADU é arredondada por excesso.

O DLT é um *lead time* que depende dos pontos em que são colocados os *buffers* de stock. Para qualquer matéria-prima desacoplada, o DLT é igual ao *lead time* de fornecimento. Para os

produtos intermédios desacoplados, o DLT corresponde à cadeia de tempo mais longa da BOM desses produtos que não está protegida. De salientar que os tempos de produção são mínimos quando comparados com os tempos de fornecimento e que o sistema real exige a colocação de produtos intermédios em *stock* durante dois dias, de modo a que seja possível a coordenação dos materiais em *shop floor* e nas bases de dados da empresa. Neste sentido, para o cálculo do DLT em produtos intermédios, os tempos de produção sofrem um incremento de dois dias, que tendo em conta o seu tempo reduzido acaba por corresponder ao valor aproximado de dois dias.

A MOQ é um dado retirado diretamente dos dados mestre. Para as matérias-primas corresponde à quantidade mínima a encomendar e para os produtos intermédios corresponde à quantidade mínima a produzir.

Existe ainda uma variável que surge nas equações que determinam o dimensionamento da zona verde: DOC. Esta variável é dada pelas n unidades de tempo que decorrem entre ordens de produção ou encomendas de fornecimento sucessivas. A Science4you apresenta revisão periódica para algumas das suas matérias-primas, com encomendas realizadas de 15 em 15 dias, no entanto, esta revisão advém da condição das atualizações dos planos produtivos a cada 15 dias. Visto que se prevê que o DDMRP altere a forma como o planeamento é feito, não é pertinente para este simulacro admitir esta variável como uma imposição do sistema para o dimensionamento da zona verde, pelo que se assume valor nulo e não tem impacto no dimensionamento dos níveis dos *buffers*.

Em segundo lugar, é necessário determinar as variáveis que são específicas a cada perfil de *buffer* existente neste microssistema. Cada perfil é caracterizado por três parâmetros: tipo de produto, categoria de *lead time* e categoria de variabilidade.

Conforme já foi referido na decisão do posicionamento estratégico, apenas é relevante o desacoplamento em matérias-primas ou produtos intermédios, por isso existem estes dois tipos de produto.

A categoria de *lead time* é classificada em curta, média ou longa e a categoria de variabilidade em baixa, média ou alta, conforme sugerido pela teoria do DDMRP introduzida no subcapítulo 3.2. Associados a estas categorias estão os fatores de *lead time* e de variabilidade, respetivamente, que devem ser quantificados. A Tabela 3.2 e Tabela 3.3, presentes no mesmo subcapítulo, representam as sugestões de intervalo de valores para esta quantificação. No estudo de Ihme (2015), perante a falta de experiência do autor no início da simulação, os fatores foram definidos pelo valor médio dos intervalos sugeridos por Ptak & Smith (2018). Visto que este simulacro é realizado nas mesmas condições, optou-se pela mesma definição, resumida na Tabela 5.9.

Tabela 5.9 Fatores de *lead time* e de variabilidade aplicados no simulacro

Categoria de <i>Lead Time</i>	Intervalo sugerido por Ptak & Smith (2018)	Fator de <i>Lead Time</i> considerado no simulacro
Longa	[20;40] %	30%
Média	[41;60] %	50%
Curta	[61;100] %	80%
Categoria de Variabilidade	Intervalo sugerido por Ptak & Smith (2018)	Fator de Variabilidade considerado no simulacro
Alta	[61;100] %	80%
Média	[41;60] %	50%
Baixa	[0;40] %	20%

As referências que se inserem em cada categoria foi uma decisão feita em conjunto com as equipas de planeamento da produção e de compras da Science4you. A categoria de *lead time* associa-se aos critérios da Tabela 5.8, presente no subcapítulo 5.4.1, aplicados ao DLT. A Tabela 5.10 resume esta classificação.

Tabela 5.10 Critérios definidos para a categoria de *lead time*

Categoria de <i>Lead Time</i>	Intervalo de DLT	Fator de <i>Lead Time</i>
Curto	Até 12 dias	0,8
Médio	Entre 13 e 20 dias	0,5
Longo	Mais de 20 dias	0,3

A categoria de variabilidade depende do lado da procura e do lado do fornecimento. Conforme já foi referido, do lado da procura não existe impacto significativo da variabilidade, visto que existe visibilidade perante o consumo. Assim, a categoria de variabilidade é definida tendo em conta apenas a variabilidade do fornecimento. Para as matérias-primas é classificada segundo a Tabela 5.6, presente no subcapítulo 5.4.1. Para os produtos intermédios baseia-se no número de componentes existentes na respetiva estrutura do produto e análise da proteção desses mesmos componentes, conforme indica a Tabela 5.11.

Tabela 5.11 Critérios definidos para a categoria de variabilidade dos produtos intermédios

Situação	100% dos componentes protegidos por <i>buffer</i>	≥ 50% dos componentes protegidos por <i>buffer</i>	< 50% dos componentes protegidos por <i>buffer</i>	Nível de variabilidade
A	✓			Baixa
B		✓		Média
C			✓	Alta

O Anexo IX representa a tabela com os dados que definem estas variáveis para cada referência desacoplada no microssistema. Perante estes dados é possível dimensionar os níveis dos *buffers*, que também se encontram representados no mesmo anexo.

O passo seguinte seria uma análise do Retorno do Investimento de forma a validar o posicionamento dos pontos de desacoplamento de acordo com uma análise custo-benefício, conforme introduzido no capítulo 3.2. Esta análise tem em conta aspetos financeiros associados aos vários processos da empresa, os quais não são alvo de interesse para este estudo de caso. Ademais, o microssistema é uma amostra reduzida da realidade complexa da Science4you, pelo que esta análise não se torna relevante a este nível.

Neste sentido, e conforme referido no subcapítulo 5.4.1, que aplica o posicionamento estratégico de inventário, os pontos de desacoplamento foram analisados pela equipa de planeamento da produção da Science4you, de forma a obter uma validação relevante da solução encontrada.

5.4.3 Ajustes Dinâmicos

Os ajustes dinâmicos tratam-se, essencialmente, de fatores que são aplicados à ADU e ao DLT quando são previstas alterações momentâneas.

Visto que a ADU é calculada a partir das previsões do consumo no primeiro semestre de 2019, o dimensionamento dos *buffers* já tem em conta a sazonalidade e picos ou depressões no consumo diário dos produtos finais e, conseqüentemente, no consumo de todos os seus componentes ao longo do espaço temporal considerado. Tendo isto em conta, não se torna relevante a aplicação de fatores de ajuste à ADU.

Caso a ADU fosse calculada através de históricos de consumo, a aplicação de fatores de ajuste já era relevante. Tal deve-se ao facto de a Science4you estar presente há relativamente pouco tempo no mercado em questão no microssistema, tratando-se assim de uma introdução de produto no mercado, caracterizada por um crescimento progressivo do consumo.

Em relação ao DLT não se prevê alterações nos fornecedores nem nos métodos de transporte, pelo que também não se torna relevante a aplicação de ajustes a esta variável ao longo do tempo simulado.

5.4.4 Análise Crítica do Impacto da Implementação do DDMRP

Com os primeiros três passos do DDMRP aplicados, o modelo do simulacro fica definido. Conforme já foi referido, os seguintes passos, associados à monitorização do sistema, não vão

ser simulados. No entanto, será feita uma análise do impacto das decisões tomadas nestes primeiros passos perante os níveis de *stock* existentes e a redução do tempo de resposta.

Alertas nos níveis de *stock* existentes

No passo da execução com visibilidade e colaboração (Passo 5) do DDMRP existem alertas que sensibilizam a ocorrência de possíveis emergências, de forma a garantir o serviço ao cliente.

Os alertas associados aos pontos desacoplados de um sistema relacionam-se com o estado do *buffer* relativamente ao *stock* fisicamente disponível. Através de um dos *softwares* de base de dados da empresa, foi possível recolher os níveis de *stock* existentes das referências do microssistema no início do dia 3 de dezembro de 2018. Seria mais relevante a análise do comportamento dos níveis de *stock* ao longo do tempo, no entanto, a recolha dessa informação não foi possível, devido às limitações de disponibilidade de informação de histórico da empresa.

Estes níveis de *stock* são associados ao sistema real, pelo que foi necessário estabelecer uma proporção adaptada ao microssistema. A possibilidade para a obtenção de proporções matematicamente provadas para cada referência foi estudada, no entanto, não foi possível retirar conclusões devido à falta de disponibilidade de dados por parte da empresa. Assim, por decisão da equipa de planeamento da produção, a proporção de 2% foi considerada adequada tendo em conta as referências presentes no microssistema.

O alerta relativamente à posição do nível de *stock* existente não é associado diretamente às cores dos níveis dos *buffers* dimensionados, mas é adaptado, conforme introduzido no subcapítulo 3.2.6. Uma posição de *stock* disponível acima da fronteira superior da zona vermelha não representa alerta para a integridade do desacoplamento, no entanto pode-se situar na zona amarela, na zona verde ou acima desta última. Na zona amarela encontra-se em situação de nível de *stock* disponível aceitável, por isso, é expectável um alerta de estado do *buffer* associado à cor verde. Acima da fronteira superior da zona amarela, seja na zona verde ou superior, encontra-se em nível de *stock* disponível em excesso, pelo que é expectável um alerta de estado do *buffer* associado à cor azul. Com isto, toda a zona vermelha representa alertas amarelos ou vermelhos, pelo que o DDMRP define que esta é dividida a metade para distinguir a urgência dentro desta zona.

Perante estas condições, é possível analisar os níveis de *stock* do microssistema no dia 3 de dezembro de 2018 e verificar em que posição é que os níveis das referências estrategicamente seleccionadas para serem protegidas por *buffers* se encontram e que tipo de alertas é que a empresa enfrentava caso seguisse o modelo do DDMRP. O Anexo X representa o simulacro destes alertas para as referências protegidas por *buffer* no microssistema. Foi também calculada

a prioridade que estes alertas representam para o planeamento, lembrando que uma percentagem menor remete para um nível de prioridade superior.

A Tabela 5.12 resume os resultados obtidos na análise dos alertas.

Tabela 5.12 Resultados obtidos com o simulacro de alertas de estado do *buffer*

Tipo de alerta	Total de ocorrências	Observações
Vermelho	12	- 5 em Produtos Intermédios - 7 em Matérias-Primas
Amarelo	9	- 3 em Produtos Intermédios - 6 em Matérias-Primas
Verde	6	- 1 em Produtos Intermédios - 5 em Matérias-Primas
Demasiado Stock	9	- 3 em Produtos Intermédios - 6 em Matérias-Primas

De um total de 36 referências, segundo o DDMRP, apenas seis têm um nível de *stock* disponível adequado e 21 estão com níveis de *stock* em posições extremas de excesso ou depressão. Assim, aproximadamente 60% das referências selecionadas para proteção do micro sistema encontram-se em posições extremas, o que justifica a necessidade de colocação de *buffers* para que a gestão destes níveis de *stock* seja mais controlada, através da visibilidade perante a cadeia de valor e do suporte à definição de prioridades que o DDMRP fornece.

Com isto, a implementação do DDMRP permite que o nível de serviço seja melhorado através da redução dos alertas de reduzida disponibilidade de *stock* (alertas vermelhos) e que o custo incutido pela posse de produtos desnecessários seja menor através da redução dos alertas de demasiada disponibilidade de *stock* (alertas azuis). Perante esta adaptação, existe um equilíbrio nos níveis de *stock* existentes na Science4you. Sempre que surgem alertas não verdes, o sistema sugere encomendas de fornecimento ou ordens de produção, caso seja alerta de baixo nível de *stock*, ou evita a criação de encomendas de fornecimento ou ordens de produção, caso seja alerta de alto nível de *stock* e seja necessário consumir o excesso até atingir o equilíbrio.

Impacto na Redução do Tempo de Resposta

Relativamente ao tempo de resposta, a Science4you apenas garante resposta aos seus clientes num prazo mínimo de 60 dias. Ainda que existam situações em que possa responder em menos tempo, nunca é dado um prazo inferior como garantia a um cliente.

Perante esta condição, é relevante para a gestão da Science4you tentar reduzir este tempo de resposta que exige e poder assim ganhar maior margem de mercado e confiança por parte dos

seus clientes. Neste sentido, é pertinente uma análise ao impacto que o tempo de resposta tem com a implementação do DDMRP.

Conforme já foi referido, não foi possível simular o passo do planeamento dinâmico aplicado ao microssistema, devido à limitação na disponibilidade de dados para esse efeito. Assim, de forma a analisar o impacto no tempo de resposta, foi possível realizar um simulacro do planeamento estático para a resposta de encomendas do cliente presente neste microssistema.

As previsões de consumo para o 1º semestre de 2019 encontram-se no Anexo VII, Tabela VII.1. Assumindo que o início do simulacro é o dia 3 de dezembro de 2018, já temos visibilidade perante as encomendas do mês de janeiro de 2019 e sabemos que as encomendas previstas se confirmam e devem ser respondidas até ao final do respetivo mês. Podemos assim simular o tempo de resposta que o microssistema consegue atingir neste cenário. Para tal, é também necessário assumir alguns pressupostos:

- O microssistema opera 8 horas por dia, 5 dias por semana;
- Os recursos humanos não são relevantes, pelo que se considera que há sempre disponibilidade de recursos para a produção;
- A capacidade de armazenagem é infinita;
- Os desperdícios e as desmontagens não são tidos em conta;
- Para a realização de uma ordem de produção têm de existir sempre todos os materiais necessários na totalidade;
- Não existem encomendas de matéria-prima em aberto, ou seja, não há encomendas de matéria-prima por chegar ao armazém. Apenas existe o *stock* disponível de dia 3 de dezembro de 2018.

Para o simulacro do planeamento estático, é necessário saber os níveis de *stock* disponível existentes no microssistema no dia 3 de dezembro de 2018 e as necessidades totais de cada referência para responder às encomendas do mês de janeiro. Com isto, é possível fazer o cálculo das necessidades e entender quais as encomendas de matéria-prima e ordens de produção que são necessárias e em que quantidades. O Anexo XI representa este cálculo.

O cálculo das necessidades permite concluir que existem referências cujo *stock* existente é suficiente e com as quais não nos temos de preocupar com *lead times* de fornecedores ou realização de ordens de produção para a obtenção do tempo de resposta. Estas referências estão resumidas na Tabela 5.13.

Tabela 5.13 Referências que respondem às encomendas de janeiro de 2019

Referência	Família	Necessidades totais para responder às encomendas de janeiro de 2019	Stock disponível
1122	PI	1980	3859
2009	MP	11420	77264
2034	MP	792	3920
2380	MP	5940	10242
20055	MP	792	1500
20264	MP	10960	11110
20339	MP	1980	4799
22160	MP	3960	5104
24219	MP	1980	2445

Para as restantes referências é necessário realizar ordens, tanto de fornecimento como de produção. O Anexo XII representa a explosão de materiais para responder às encomendas de janeiro de 2019. Para tal, foi necessário recorrer aos dados mestre do microsistema presentes no Anexo VII, bem como à introdução de um novo dado mestre de produção: o valor de arredondamento. Os lotes de produção associados a cada referência são definidos segundo a quantidade mínima a produzir e o valor multiplicador, para que as quantidades produzidas correspondam a múltiplos de caixas ou paletes, de modo a que fiquem completas. Este valor multiplicador corresponde ao dado mestre de valor de arredondamento.

Através da explosão de materiais é possível saber as quantidades necessárias a receber e a produzir e o tempo que as ordens demoram a ser realizadas. Através das relações de precedências presentes nas BOM dos produtos finais, é possível entender a partir de que momento é que o material necessário se encontra disponível para iniciar ordens de produção.

Para definir o dia em que uma ordem de produção pode ser iniciada, é necessário ter em conta os dias não úteis presentes no mês de dezembro e janeiro, tanto fins-de-semana, como feriados e encerramentos programados. Para além disso, a Science4you segue uma política de que todos os produtos intermédios e produtos finais ficam, em média, dois dias em armazém e só depois seguem para o seu processo seguinte. Neste sentido, é necessário ter em conta que estes produtos só ficam disponíveis no início do segundo dia após a sua produção. Também é importante referir que não foram definidas prioridades diárias, ou seja, ordens de produção planeadas para serem executadas no mesmo dia estão limitadas à capacidade diária de oito horas e a sua ordem de execução foi definida aleatoriamente. A escolha da aleatoriedade advém de uma análise prévia do impacto da alteração das prioridades diárias que, neste cenário específico, não afetava os resultados.

Em situação simulada de implementação do DDMRP, assume-se que todas as referências escolhidas estrategicamente para colocação de *buffer* têm sempre *stock* disponível e não precisam de ser encomendadas ou produzidas, porque, teoricamente, os *buffers* geridos

corretamente não originam falhas de *stock*. Este simulacro corresponde a um planeamento estático para a agregação das encomendas do mês de janeiro de 2019 e os *buffers* dimensionados no subcapítulo 5.4.2 estão associados a um comportamento dinâmico de consumo diário, pelo que o seu dimensionamento é para garantir disponibilidade diária e não mensal. Assim, o dimensionamento calculado para os *buffers* não é aplicável neste simulacro estático, porque não garante a disponibilidade do consumo mensal num dado momento, como é necessário nesta situação. Assim, visto que um *buffer* gerido corretamente garante disponibilidade de material, então assume-se que as referências protegidas por *buffer* têm *stock* disponível para a realização do planeamento estático das encomendas do mês de janeiro de 2019. No caso das referências que não foram escolhidas estrategicamente tem-se em conta os níveis de *stock* existentes para criar encomendas de matéria-prima ou ordens de produção.

O Anexo XIII representa o simulacro do planeamento no cenário segundo o MRP e no cenário segundo o DDMRP.

Para facilitar a visualização dos resultados, foram realizados diagramas de Gantt para cada cenário. Segundo Wilson (2003), estes diagramas foram criados com o intuito de ferramenta de planeamento da produção que permite, através das precedências de material necessárias para um componente, planear tarefas de produção ao longo do tempo, de forma a que todos os materiais necessários estejam disponíveis quando necessários.

A Figura 5.7 corresponde ao diagrama de Gantt no planeamento segundo o MRP e a Figura 5.8 corresponde ao diagrama de Gantt no planeamento segundo o DDMRP. Em ambas as figuras, as atividades a verde correspondem à produção para obtenção do produto final com a referência 98394 e as atividades a azul correspondem à produção para o produto final com a referência 817223. Visto que os produtos intermédios e os produtos finais ficam, em média, dois dias em armazém, é relevante representar esse tempo, porque tem influência no momento em que os produtos podem avançar para o processo produtivo seguinte. Assim, as barras representadas em tons mais claros de verde e azul correspondem ao tempo que as referências ficam em *stock* após a sua produção. Os traços verticais a negrito representam as relações de precedência entre os processos.

Para a realização destes diagramas foi necessário recorrer às BOM dos produtos finais, representadas nas Figuras 5.1 e 5.2, de forma a identificar as relações de precedência entre as referências, bem como às representações da interação operacional para a produção de cada produto final, presentes nas Figuras 5.3 e 5.4, para identificar o tipo de *inputs* e *outputs* de cada estação.

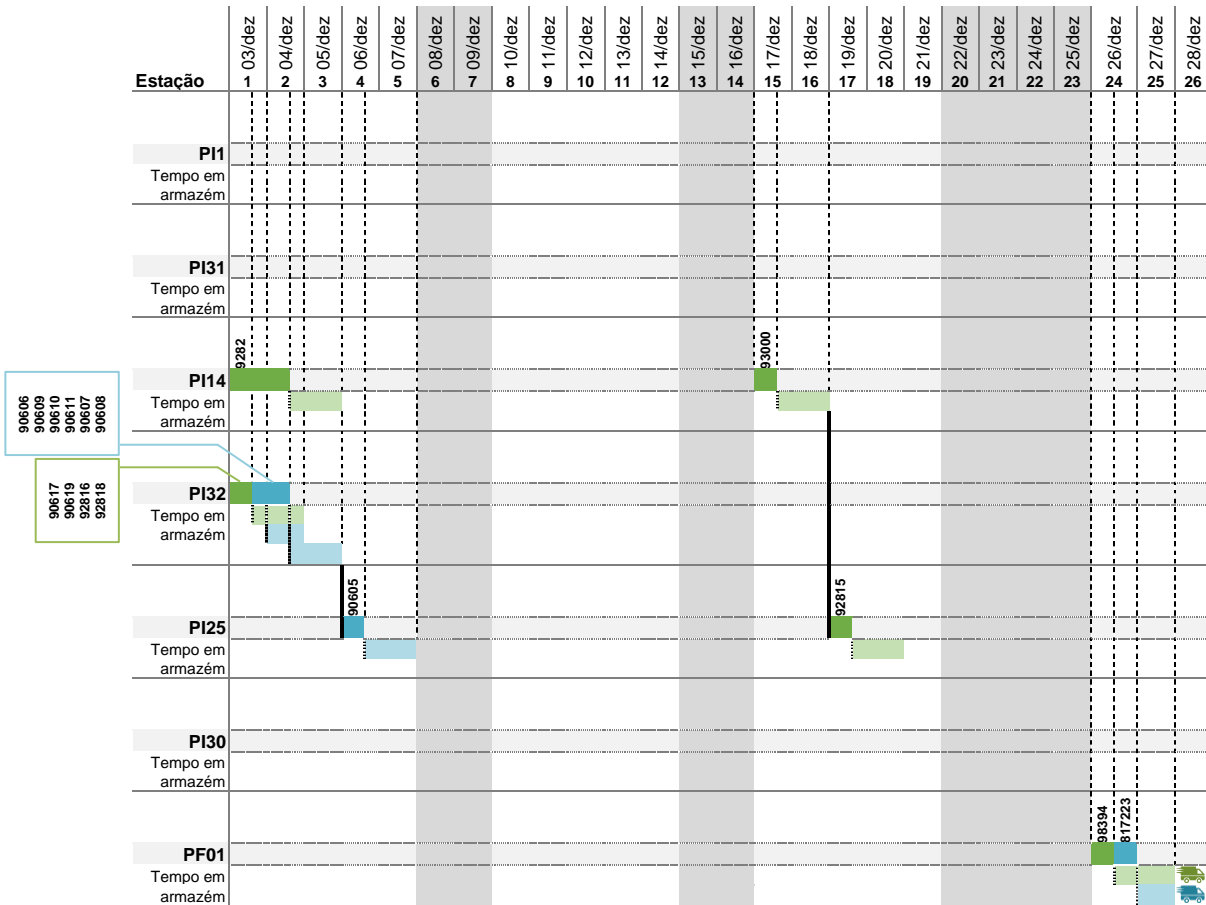


Figura 5.8 Diagrama de Gantt do planejamento simulado segundo o DDMRP

No diagrama da Figura 5.7 identifica-se uma relação de precedência entre as referências 1073 e 92816, constituintes do produto final com a referência 98394. Considerando a BOM deste produto final (Figura 5.1, presente no subcapítulo 5.2) verifica-se que a produção da referência 92816 depende da disponibilidade da referência 1073. Por sua vez, a produção da referência 1073 depende da disponibilidade de três referências de matéria-prima, conforme relembra a Figura 5.9.

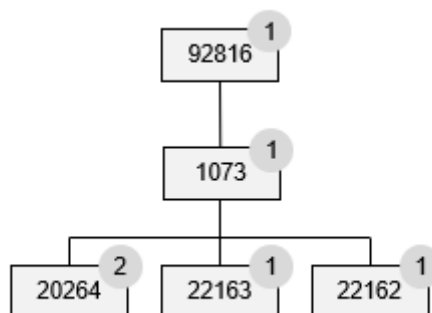


Figura 5.9 BOM do componente com a referência 92816

Visto que uma destas matérias-primas, nomeadamente a 20264, se encontra em quantidade suficiente em *stock*, a referência 1073 está apenas dependente das matérias-primas com as referências 22162 e 22163. Ambas têm um *lead time* de sete dias, por isso, apenas é possível iniciar a produção da referência 1073 a partir do sétimo dia. No entanto, este corresponde a um dia não útil e, por isso, o dia útil seguinte é o oitavo dia. Visto que a estação onde esta referência é produzida, a estação P11, não está disponível durante o dia oito, então a sua produção apenas é iniciada no nono dia. Para as necessidades calculadas, a ordem de produção desta referência tem uma duração de 12,9 horas, pelo que apenas terminará no dia dez. Executada a ordem de produção, os produtos produzidos com a referência 1073 são colocados em *stock* e só ficam disponíveis no princípio do segundo dia em *stock*, ou seja, esta referência só pode iniciar o seu processo produtivo seguinte a partir do 12º dia. Existe disponibilidade da estação PI32 para iniciar a produção no dia 12, por isso, a ordem de produção é executada neste dia.

Esta lógica de pensamento foi utilizada para todo o simulacro do planeamento da produção das duas referências de produto final, tanto no cenário segundo o MRP, como no cenário segundo o DDMRP, presentes no Anexo XIII.

Através dos diagramas é possível concluir que existe uma redução do tempo de resposta quando se aplica o DDMRP ao microssistema. No cenário tradicional MRP, a Science4you apenas consegue enviar as encomendas ao final de 40 dias para o produto final com a referência 98394 e 43 dias para o de referência 817223. Já no cenário DDMRP, é possível enviar a encomenda ao final de 26 dias para ambos os produtos finais, de referências 98394 e 817223. É possível verificar uma redução do tempo de resposta de, em média, 37%. A Tabela 5.14 resume os resultados.

Tabela 5.14 Resultados obtidos no tempo de resposta com o simulacro do planeamento

Produto Final	Tempo de resposta segundo MRP	Tempo de resposta segundo DDMRP
98394	40 dias 3 dez 2018 – 11 jan 2019	26 dias 3 dez 2018 – 28 dez 2018
817223	43 dias 3 dez 2018 - 14 jan 2019	26 dias 3 dez 2018 – 28 dez 2018

De salientar que o tempo de resposta segundo o DDMRP podia ser ainda menor. Tal deve-se ao facto de que, para a Science4you, não é relevante desacoplar referências que já tenham um mercado-alvo definido e, por isso, o início da produção da referência de produto final está dependente da disponibilidade de uma matéria-prima com esta característica: a caixa do brinquedo. No entanto, cabe à gestão da Science4you analisar o custo-benefício do desacoplamento deste tipo de matérias-primas para reduzir ainda mais o tempo de resposta. Quanto maior o número de *buffers*, mais curto é o tempo de resposta, mas maior é o investimento em inventário.

Tendo isto em conta, seria também relevante analisar o impacto que esta redução do tempo de resposta, com a aplicação do DDMRP, tem nos níveis globais de *stock*. Ou seja, fazer um balanço entre o tempo de resposta e os níveis de *stock*, comparando os dois cenários, para compreender que impacto é que a presença dos *buffers* do DDMRP tem economicamente nos custos de posse de *stock*. Devido à limitação de disponibilidade de dados por parte da empresa, o simulacro do planeamento foi feito de forma estática, o que não permite associar os níveis dos *buffers* dimensionados no subcapítulo 5.4.2. Assim, não existe conhecimento dos níveis de *stock* das referências protegidas e, por isso, não é possível realizar este tipo de análise, apesar da sua relevância.

Ademais, com o planeamento estático é possível fazer algumas considerações em relação à alteração de algumas regras impostas na Science4you, nomeadamente o tempo imposto aos clientes para resposta às encomendas e a colocação dos produtos intermédios e dos produtos finais em *stock* durante, em média, dois dias. Relativamente à condição imposta aos clientes de que apenas garante resposta em 60 dias, com o DDMRP seria de considerar a sua alteração para um espaço temporal mais reduzido e poder assim ganhar maior margem de mercado. Em relação à colocação dos produtos em *stock* durante dois dias, é uma regra que existe para permitir coordenação na gestão interna, visto que existem vários *softwares* que funcionam como base de dados, no entanto, implica um incremento de tempo bastante considerável após cada ordem de produção. Visto que a Science4you está a passar por um processo de implementação de um ERP (SAP S4/HANA), é de considerar a adaptação desta imposição, porque é de prever que a coordenação interna fique facilitada e assim torna-se possível melhorar ainda mais o tempo de resposta.

5.5 Desafios e Limitações na Implementação do DDMRP

Ao longo do estudo exploratório do capítulo 3 e do simulacro presente neste capítulo, foram observadas algumas limitações quanto à metodologia de aplicação do DDMRP e à tomada de decisão adjacente.

A Tabela 5.15 sintetiza as observações referidas ao longo destes capítulos e que limitam a metodologia de aplicação do DDMRP. Estas observações advêm de uma análise do ponto de vista teórico à metodologia de aplicação do DDMRP e de uma análise do ponto de vista prático à preparação de uma empresa para a implementação do DDMRP.

Tabela 5.15 Limitações identificadas na metodologia de aplicação do DDMRP

Nível	Observação	Questão
Estratégico	- A teoria do DDMRP sugere a consideração de seis fatores para definir os pontos a desacoplar com <i>buffers</i> de <i>stock</i> . Em ambientes mais complexos, a aplicação destes fatores é demorada e não garante o melhor cenário possível.	Será possível desenvolver uma ferramenta de apoio à decisão que sugira soluções viáveis para o posicionamento dos <i>buffers</i> ?
	- Os fatores de <i>lead time</i> e de variabilidade não são definidos matematicamente e a sugestão dos autores é conservativa e pressupõe uma quantificação iterativa.	Será possível criar um método que permita quantificar os fatores de forma academicamente suportada e objetiva?
	- A análise do ROI pretende validar o posicionamento estratégico de inventário, através do custo despendido nas quantidades médias de <i>stock</i> . Para tal, apenas tem em conta o custo direto das matérias-primas, não considerando custos produtivos ou custos de posse. Em ambientes produtivos com processos de elevado valor acrescentado esta análise pode levar a soluções de posicionamento inadequadas.	Será que a análise de ROI feita desta forma leva à validação do posicionamento de forma viável?
Operacional	- As equações definidas para o dimensionamento dos <i>buffers</i> não são justificadas academicamente.	Será possível justificar as equações com base académica?
	- A tomada de decisão em relação ao que é considerado pico de consumo não é suportada academicamente.	Será possível justificar as equações com base académica?
	- As zonas dos <i>buffers</i> não são equivalentes no planeamento e na execução e esta diferença entre zonas não é suportada academicamente.	Será possível justificar academicamente a relevância da existência de uma diferença entre as zonas dos <i>buffers</i> ?

Algumas destas observações são identificadas e objeto de contribuição em estudos anteriores. Jiang & Rim (2016) identificam a necessidade de posicionar corretamente o inventário estratégico e desenvolvem um modelo matemático que determina as localizações ótimas de *stock* que permitem atingir o objetivo de responder ao *lead time* imposto pelo mercado através da minimização do custo total de posse de *stock*. Apesar das limitações do estudo, os autores tentam abordar a primeira questão identificada na Tabela 5.15. Miclo (2016) identifica muitas das questões presentes na Tabela 5.15, mas o seu estudo baseia-se principalmente na comparação de indicadores de desempenho e não na resposta direta a essas questões limitantes.

Conforme referido no capítulo 2, o DDMRP é um ferramenta recente e pouco explorada, cuja revisão da literatura se baseia na comparação de indicadores de desempenho em casos de estudo, pelo que existe uma falha na contribuição para a teoria relativamente aos problemas que as empresas enfrentam para poderem implementar o DDMRP, bem como que estratégias têm de seguir quando iniciam esse projeto. Esta dissertação surge neste âmbito e avalia a ferramenta perante estes fatores.

Ao longo do estudo desenvolvido nesta dissertação, os maiores desafios confrontados estão relacionados com a tomada de decisão necessária para a aplicação do DDMRP, ou seja, mais ao nível estratégico. A decisão estratégica do posicionamento de inventário e a definição das variáveis para definir o modelo foram os pontos mais relevantes e alvo de um maior nível de análise crítica.

O posicionamento estratégico do inventário é um passo muito importante para garantir bons resultados adjacentes da aplicação do DDMRP e está ainda muito dependente da experiência de consultores para a sua decisão. A sugestão dos autores Ptak & Smith (2018) não corresponde a um processo viável para aplicar num sistema real minimamente complexo, por isso, a criação de uma ferramenta semi-automática seria uma ótima contribuição ao DDMRP, conforme já sugerido por Miclo (2016) como trabalho futuro. Jiang & Rim (2016) abordaram esta situação, conforme já foi referido.

Relativamente à definição das variáveis do modelo, existe maior controvérsia na obtenção dos fatores de *lead time* e de variabilidade. Apesar de os autores Ptak & Smith (2018) indicarem intervalos para a definição destes fatores, o seu objetivo é simplesmente estabelecer um ponto de partida para os gestores responsáveis pela implementação do DDMRP. Os autores defendem que a precisão na determinação dos fatores raramente vale o tempo investido, visto que a característica de dinamismo presente nos *buffers* permite que estes se adaptem ao longo do tempo e corrijam a existência de pequenas imprecisões ou aproximações no valor considerado inicialmente. Estes exemplificam afirmando que a diferença entre 37,6% e 38,1% não tem um efeito significativo nos níveis dos *buffers*. No entanto, é questionável a definição de fatores com tão baixa imprecisão tendo em conta a sua sugestão conservativa.

As Tabela 3.2 e Tabela 3.3, presentes no subcapítulo 3.2.2, indicam os intervalos sugeridos para definir os fatores de *lead time* e de variabilidade, respetivamente. Uma análise destas tabelas permite verificar que a imprecisão pode ser elevada, podendo atingir uma diferença máxima de 39 unidades de percentagem do valor adequado. Por exemplo, um produto com categoria de variabilidade alta pode ser definido por um fator entre 61% e 100%. Se o decisor optar por considerar um valor inicial de 70% e o ambiente implicar que o valor deve ser de 96%, existe uma imprecisão elevada, que não se rege apenas por diferenças decimais pouco significativas. Perante este cenário, é previsível que o impacto nos níveis do *buffer* seja significativo, através de uma adaptação do *buffer* mais demorada e a obtenção do retorno do investimento no sistema num prazo mais longo, resultando numa *performance* ineficiente. No decorrer da elaboração desta dissertação não foram encontrados estudos que abordassem esta limitação.

5.5.1 Contribuição Teórica para a Implementação do DDMRP

Tendo em conta a relevância considerada na correta determinação dos fatores de *lead time* e de variabilidade, bem como a lacuna nas publicações existentes, é um dos objetivos desta dissertação fornecer uma alternativa que contribua para a determinação destes fatores de forma rigorosa, eliminando assim a sua dependência da sensibilidade e experiência humana e aumentando a precisão dos seus valores, o que facilita qualquer entidade na determinação destas variáveis para a implementação de um sistema DDMRP na sua gestão.

Sugestão para a Determinação do Fator de Lead Time

O fator de *lead time* está relacionado com o tempo que demora o fornecimento de uma matéria-prima ou o tempo de produção de um produto. Visto que o *lead time* é categorizado tendo em conta a sua duração, pode-se recorrer a uma escala para impor um maior rigor à definição do seu fator.

Mantendo a sugestão dos autores dada pela Tabela 3.2, apresentada no subcapítulo 3.2.2, o valor mínimo do fator de *lead time* é de 20%, o que pressupõe que existe sempre impacto da categoria de *lead time* no dimensionamento da zona verde e vermelha. Com isto, num conjunto de produtos a classificar, o produto que apresenta maior valor de *lead time* é o extremo da escala ao qual se associa o menor valor de fator de *lead time*, ou seja, 20%. O outro extremo é o menor valor de *lead time* ao qual se associa um fator de 100%. Todos os restantes valores de *lead time* são associados diretamente pela escala a um valor de fator de *lead time* entre 20% e 100%, onde, segundo a sugestão dos autores, entre 20% e 40% se situam na categoria de *lead time* longo, entre 40% e 60% na categoria de *lead time* médio e entre 60% e 100% na categoria de *lead time* curto. A Figura 5.10 representa a sugestão para definição dos fatores de *lead time* para cada produto através de uma escala de classificação.

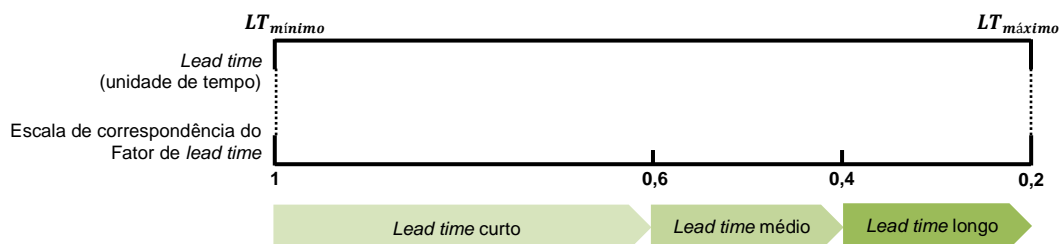


Figura 5.10 Definição do fator de *lead time* com uma escala e respetivas categorias

Tendo em conta a consideração dos perfis de *buffer*, podem existir diferentes tipos de produto, como por exemplo, comprado, intermédio, produzido ou distribuído, já referidos anteriormente. Neste sentido, para cada tipo de produto definido pela empresa deve ser realizada uma escala

de *lead time* através da análise dos *lead times* dos produtos pertencentes ao conjunto e associar a respetiva escala de correspondência para o fator de *lead time*. Desta forma, devem ser criadas tantas escalas como a quantidade de categorias existentes para o tipo de produto.

O *lead time* a analisar de cada produto deve ser obtido por análise de dados da empresa. Para as matérias-primas deve ser utilizado o tempo que decorre entre a encomenda e a chegada do produto, denominado de *lead time* de fornecimento. Para os produtos intermédios e produtos finais deve ser utilizado o DLT associado à sua cadeia, que em casos onde não foram colocados *buffers*, corresponde ao tempo cumulativo.

Para demonstrar melhor esta determinação, suponhamos a tabela exemplificativa de amostra de dados (Tabela 5.16).

Tabela 5.16 Amostra de dados para determinação do fator de *lead time*

Tipo de produto	Lead time (dias)
Matéria-prima	3, 8, 10, 15, 30, 42
Produto Intermédio	4, 11, 12
Produto Final	4, 5, 6

Os extremos da escala para a determinação do fator de *lead time* das matérias-primas seria o representado na Tabela 5.17.

Tabela 5.17 Extremos da escala para determinação do fator de *lead time*

Lead time máximo	Fator de lead time
42	0,2
Lead time mínimo	Fator de lead time
3	1

Com isto, é possível obter, por interpolação linear, os fatores de *lead time* para cada matéria-prima deste exemplo (Tabela 5.18).

Tabela 5.18 Determinação dos fatores de *lead time*

Lead time (dias)	Fator de lead time correspondente
3	1,00
8	0,90
10	0,86
15	0,75
30	0,45
42	0,20

Sugestão para a Determinação do Fator de Variabilidade

O fator de variabilidade associa simultaneamente a variabilidade incorrida no produto do lado da procura e do lado do fornecimento. A variabilidade da procura está relacionada com a ocorrência de alterações e picos de consumo e a variabilidade do fornecimento está relacionada com a ocorrência de alterações nas datas de receção estipuladas.

Estes dois tipos de variabilidade podem ser determinados quantitativamente ou qualitativamente, mas devem ser incorporados de forma a obter uma única categorização da variabilidade a que o produto está sujeito. Isto é, um produto pode ser alvo de alta variabilidade do fornecimento e baixa variabilidade da procura, tornando a decisão da categoria de variabilidade difícil de definir. Neste sentido, torna-se relevante quantificar os dois tipos de variabilidade e relacioná-los, de forma a impor mais rigor ao valor do fator de variabilidade.

A variabilidade a que um produto está sujeito corresponde a um risco para a entidade e para a cadeia de abastecimento e, por isso, deve ser analisada como tal. A APICS (2016) define a análise de risco como a avaliação da incerteza associada a um estudo ou projeto ou à produção de produtos ou serviços. A incerteza associada a uma variável aleatória é quantificada através de medidas de dispersão como o desvio-padrão, a variância ou o desvio absoluto (Rockafellar, Uryasev & Zabarankin, 2006), ou seja, é dada pelo acontecimento de o resultado obtido ser diferente do resultado esperado. Cox & Sadiraj (2011) afirmam que o coeficiente de variação (CV) é uma medida que fornece sensibilidade perante o risco quando é feita uma análise que envolve vários cenários com retornos esperados diferentes. Esta medida caracteriza-se por ser adimensional e mede o risco por unidade de retorno esperado, sendo expressa em percentagem. O CV, para uma população, é dado pela razão entre o desvio-padrão, σ , e a média, μ :

$$\text{Coeficiente de Variação (CV)} = \frac{\sigma}{\mu}$$

Visto que estamos perante a quantificação da variabilidade de variáveis diferentes, *lead time* do fornecimento e consumo da procura, existe a comparação de resultados esperados diferentes. O *lead time* do fornecimento é uma variável medida em tempo e a procura é uma variável medida em quantidade. Neste sentido, é relevante a utilização do coeficiente de variabilidade para quantificar os seus riscos e, assim, dimensionar as duas variabilidades de forma a incorporá-las num único valor para o fator de variabilidade.

Com isto, para determinado produto a classificar quanto à categoria de variabilidade, obtêm-se dois valores de CV, um do fornecimento e outro da procura. Cada um destes valores corresponde a uma percentagem e para serem incorporados devem admitir um peso. Conforme referido no subcapítulo 2.3, as variabilidades na procura e no fornecimento são as que tendem a criar mais riscos nas cadeias de abastecimento, pelo que é assumido o pressuposto de que são igualmente

importantes para a sua gestão. No entanto, cada organização pode estipular pesos diferentes, fornecendo maior importância a um dos tipos de variabilidade.

Assim, tendo em conta que as variáveis *lead time* de fornecimento e consumo da procura são independentes, é possível incutir rigor ao fator de variabilidade através da seguinte equação:

$$\text{Fator de Variabilidade} = 50\% \times CV_{\text{procura}} + 50\% \times CV_{\text{fornecimento}}$$

Desta forma é possível obter um valor entre zero e um que quantifica o fator de variabilidade de forma objetiva. Em situações extremas em que o valor da equação dê superior a um, é assumido o máximo de um para o fator de variabilidade. A Figura 5.11 representa a matriz que associa a categoria de variabilidade a cada conjunto de valores de variabilidade, recorrendo às condições de fronteira dos intervalos definidos na Tabela 3.3, presente no subcapítulo 3.2.2, para definição do fator de variabilidade. Os autores sugerem que se está perante uma categoria de variabilidade baixa quando o fator de variabilidade é inferior a 40%, perante uma categoria de variabilidade média quando o fator de variabilidade está entre 40% e 60% e perante uma categoria de variabilidade alta quando o fator de variabilidade está entre 60% e 100%. Assim, as condições de fronteira da matriz são dadas por:

$$\text{Variabilidade baixa: } \frac{1}{2} \times CV_{\text{procura}} + \frac{1}{2} \times CV_{\text{fornecimento}} \leq 0,4$$

$$\text{Condição de fronteira: } \frac{1}{2} \times CV_{\text{procura}} + \frac{1}{2} \times CV_{\text{fornecimento}} = 0,4$$

$$\Leftrightarrow CV_{\text{procura}} = -CV_{\text{fornecimento}} + 0,8$$

$$\text{Variabilidade média: } \frac{1}{2} \times CV_{\text{procura}} + \frac{1}{2} \times CV_{\text{fornecimento}} \leq 0,6$$

$$\text{Condição de fronteira: } \frac{1}{2} \times CV_{\text{procura}} + \frac{1}{2} \times CV_{\text{fornecimento}} = 0,6$$

$$\Leftrightarrow CV_{\text{procura}} = -CV_{\text{fornecimento}} + 1,2$$

$$\text{Variabilidade alta: } \frac{1}{2} \times CV_{\text{procura}} + \frac{1}{2} \times CV_{\text{fornecimento}} \leq 1$$

$$\text{Condição de fronteira: } \frac{1}{2} \times CV_{\text{procura}} + \frac{1}{2} \times CV_{\text{fornecimento}} = 1$$

$$\Leftrightarrow CV_{\text{procura}} = -CV_{\text{fornecimento}} + 2$$

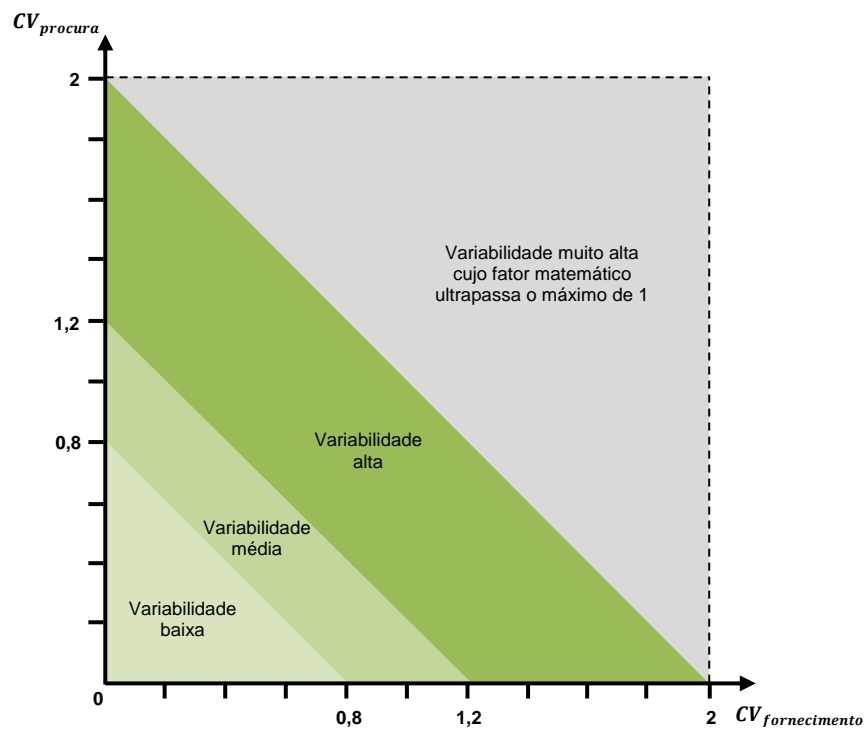


Figura 5.11 Definição do fator de variabilidade com uma matriz e respetivas categorias

A variabilidade de cada produto deve ser obtida por análise de dados da empresa. Para a variabilidade do fornecimento deve ser utilizado o *lead time* definido no sistema e o registo dos tempos de fornecimento reais. Desta forma, é possível obter o CV para cada matéria-prima, onde a média corresponde ao valor esperado de *lead time*, ou seja, ao valor definido no sistema, e o desvio-padrão é calculado pela dispersão dos registos dos tempos de fornecimento reais em relação ao valor esperado. No caso dos produtos intermédios e produtos finais, é relevante considerar o CV do fornecimento como o maior valor de CV de fornecimento dos seus componentes na estrutura do produto, de forma a que seja considerado o maior impacto de variabilidade possível para esses produtos.

Para a variabilidade da procura devem ser utilizados os registos das necessidades previstas e das necessidades reais. As necessidades previstas podem não corresponder a um consumo constante ao longo do tempo, por isso não estamos perante um valor esperado definido como o *lead time* de fornecimento. Assim, é necessário calcular a média entre os registos das necessidades previstas e utilizar esse valor para o cálculo do desvio-padrão. Na realidade, prevê-se que existam situações em que a diferença entre a previsão e o consumo real é inferior à diferença entre a média das previsões e o consumo real, ou vice-versa. No entanto, a sobrevalorização da variabilidade em algumas observações será compensada pela desvalorização noutras, o que acaba por se refletir num cálculo do CV da procura que reflete um impacto da variabilidade representativo para o produto.

Para demonstrar melhor esta determinação, suponhamos a tabela de amostra de dados para a matéria-prima X (Tabela 5.19).

Tabela 5.19 Amostra de dados para determinação do fator de variabilidade

Encomendas de fornecimento da matéria-prima X	Lead time definido (dias)	Lead time real (dias)
Encomenda A	10	10
Encomenda B	10	9
Encomenda C	10	13

Necessidades de consumo da matéria-prima X	Necessidades diárias previstas (unid.)	Necessidades diárias reais (unid.)
Dia 1	3000	3500
Dia 2	2900	2000
Dia 3	2800	3100

O *lead time* esperado da matéria-prima X corresponde a um valor definido no sistema, por isso, estatisticamente, corresponde à média populacional:

$$\mu_{fornecimento} = 10 \text{ dias}$$

Já o valor esperado para as necessidades da matéria-prima X é obtido pelo valor médio das necessidades diárias previstas presentes na amostra de dados, por isso, estatisticamente, corresponde à média amostral:

$$\bar{x}_{procura} = \frac{3000 + 2900 + 2800}{3} = 2900 \text{ unidades}$$

A dispersão dos valores reais em relação aos seus valores esperados é obtida pelo cálculo do desvio-padrão amostral, visto que se recorre a valores de uma amostra de dados. Para tal, são utilizadas as seguintes fórmulas para o cálculo do desvio-padrão:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^2}{n-1}} \quad (\text{para o fornecimento}) \quad \text{ou} \quad s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (\text{para a procura})$$

Assim, os desvios-padrão para cada uma das variabilidades são dados por:

$$s_{fornecimento} = \sqrt{\frac{(10 - 10)^2 + (9 - 10)^2 + (13 - 10)^2}{3 - 1}} = 2,24 \text{ dias}$$

$$s_{procura} = \sqrt{\frac{(3500 - 2900)^2 + (2000 - 2900)^2 + (3100 - 2900)^2}{3 - 1}} = 777,82 \text{ unidades}$$

Desta forma, é possível obter os CV de fornecimento e da procura da matéria-prima X:

$$CV_{fornecimento} = \frac{S_{fornecimento}}{\mu_{fornecimento}} = 0,22$$

$$CV_{procura} = \frac{S_{procura}}{\bar{x}_{procura}} = 0,27$$

A Tabela 5.20 resume os resultados para este exemplo.

Tabela 5.20 Determinação dos coeficientes de variação e do fator de variabilidade

CV fornecimento da matéria-prima X	Média	Desvio-padrão	CV fornecimento
	10	2,24	0,22
CV procura da matéria-prima X	Média	Desvio-padrão	CV procura
	2900	777,82	0,27
Fator de variabilidade			0,25

O fator de variabilidade é obtido através da expressão que atribui pesos iguais aos dois tipos de variabilidade, pelo que:

$$Fator\ de\ Variabilidade = 50\% \times CV_{procura} + 50\% \times CV_{fornecimento} = 0,25$$

5.6 Discussão dos Resultados do Capítulo 5

O presente capítulo permitiu ter uma perspectiva sobre a forma como uma empresa com uma realidade semelhante à realidade da Science4you pode introduzir o DDMRP no seu ambiente organizacional. Permitiu, mais especificamente, introduzir a forma como a Science4you deve proceder para se preparar para a possível implementação desta ferramenta, tanto ao nível da disponibilidade de dados, como ao nível da tomada de decisão. Após esta preparação, foi possível entender o potencial de melhoria que a empresa pode vir a sentir.

Relativamente à forma como a Science4you se deve preparar para a implementação do DDMRP, ou seja, a definição do seu modelo, é de salientar que a metodologia não é clara nem intuitiva de aplicar. São necessários vários dados, muitas vezes limitantes para muitas empresas, e definir critérios de tomada de decisão que podem não ser suportados objetivamente e que são muito dependentes da experiência de quem os define. Para além disso, perante cenários complexos representativos da realidade da maioria das organizações, as sugestões de aplicação por parte dos autores Ptak e Smith são limitadas e iterativas, o que reduz a sua eficiência. Com isto, foram reunidas todas as informações para responder à terceira questão de investigação.

Em relação à monitorização do sistema, a aplicação dos alertas de estado do *buffer* aos níveis de *stock* disponível no microssistema num dia específico permitiu concluir que os níveis de *stock* disponível atualmente na Science4you não são equilibrados e que o DDMRP iria fornecer visibilidade perante a disponibilidade dos produtos e gerir as suas quantidades. Desta forma, foi possível demonstrar a forma como a execução do DDMRP iria permitir a proteção do fluxo de informação e materiais, através da visibilidade sobre alertas de possível falta ou excesso de *stock* e da prioridade que estes alertas representam para a tomada de decisão. A análise do impacto do DDMRP na redução do tempo de resposta permitiu concluir que o planeamento do DDMRP, através da gestão dos *buffers*, reduz o tempo de resposta e que a posição estratégica da Science4you sobre o posicionamento dos *buffers* é o fator de maior impacto perante esta redução.

Desta forma, foi possível obter resultados que podem transmitir o potencial que o DDMRP tem em corrigir os efeitos indesejados que se demonstram na situação atual da Science4you, nomeadamente equilibrar os níveis de *stock*, reduzir o tempo de resposta e fornecer visibilidade perante a cadeia de valor. Assim, foi possível complementar a resposta à segunda questão de investigação com um ponto de vista prático, no entanto, a validade destas conclusões pode ser limitada devido à amostra reduzida de referências presentes no microssistema.

Para além disso, sabendo que o DDMRP é uma ferramenta desenvolvida no âmbito prático e industrial e pouco explorada academicamente, foi também objetivo deste capítulo contribuir de alguma forma para o aumento do rigor na tomada de decisão presente no DDMRP.

O maior desafio identificado com a realização do simulacro foi a definição dos parâmetros para a implementação do DDMRP, mais concretamente a forma como deviam ser determinados os fatores de *lead time* e de variabilidade. Existe uma lacuna nas poucas publicações existentes de aplicação do DDMRP relativamente à definição destes fatores. Assim, esta dissertação pretendeu deixar sugestões contributivas academicamente para a sua determinação. Estas sugestões são muito dependentes da disponibilidade de dados por parte das empresas, pelo que não foi possível aplicá-la ao simulacro desenvolvido, devido ao facto de existir falta de disponibilidade de dados por parte da Science4you. Neste sentido, a posição desta dissertação perante este desafio no estudo de caso foi bastante conservativa.

Assim, é necessário testar o impacto que estas sugestões têm no desempenho do DDMRP, de forma a analisar a sua aplicabilidade do ponto de vista prático. É verdade que o DDMRP é caracterizado por ser dinâmico e que os fatores, mesmo que definidos incorretamente no início, podem-se ir adaptando ao comportamento do sistema. Com isto, é importante verificar futuramente que tipo de impacto é que o rigor sugerido na determinação dos fatores tem e qual a sua viabilidade na aplicação do DDMRP.

6 Conclusões, Limitações e Contribuições Futuras

6.1 Conclusões

Esta dissertação tinha como objetivo o estudo exploratório do DDMRP e a sua aplicação sob a forma de estudo de caso real para preparar a empresa para uma possível implementação e para comprovar as melhorias que esta poderia vir a sentir com uma gestão operacional e dos materiais através do DDMRP. A literatura existente baseia-se em casos de estudo com análise e comparação de desempenhos dos sistemas, existindo uma lacuna relacionada com a metodologia de aplicação e respetivos problemas enfrentados durante a implementação do DDMRP. Esta dissertação surge como contribuição para esta lacuna.

Tendo em conta a evolução das condições da gestão das cadeias de abastecimento que se tem vindo a sentir nos últimos anos, é necessária uma adaptação por parte das organizações. O DDMRP é um método introduzido recentemente, pouco explorado academicamente, e que surge como uma ferramenta que permite controlar de forma mais eficaz os riscos presentes nas cadeias de abastecimento, protegendo o fluxo de informação e materiais e fornecendo visibilidade perante toda a cadeia de valor.

A Science4you é uma empresa cujos riscos da respetiva cadeia de valor afetam o seu desempenho e que resultam em vários efeitos indesejados que podem ser generalizados a várias organizações, como a ocorrência de falhas de *stock* de matérias-primas para realizar ordens de produção e o conseqüente atraso na resposta aos clientes. Estes efeitos advêm principalmente da desorganização geral em que a empresa se encontra, com diferentes bases de dados e sem prioridades bem definidas, e da aplicação manual do MRP para planear ordens de produção. Neste sentido, tornou-se relevante o estudo do DDMRP e da sua aplicabilidade na Science4you.

Perante o estudo exploratório do DDMRP foi possível concluir que o DDMRP se dirige aos riscos da cadeia de abastecimento através de ideologias das metodologias que formam a sua base teórica. Essencialmente, surge como substituto do MRP e do DRP, aliado ao Lean, à TOC e ao Seis Sigma. Recorre ao Lean para admitir uma lógica de sistema *pull* com aproximação à procura real, sensibilidade perante o desperdício através de níveis de *stock* mais estáveis e o conceito de mecanismos de sinais para ter visibilidade sob a gestão dos níveis de *stock*. Da TOC recorre ao pensamento para admitir um foco sobre os produtos que limitam o desempenho do sistema e que incorrem de vulnerabilidade através dos seus processos e *lead times*, bem como a gestão de *buffers* aplicados a esses pontos para os proteger. Do Seis Sigma admite a sensibilidade perante o impacto da variabilidade, tentando controlá-lo.

Foi também possível verificar que a sua metodologia de aplicação, desenvolvida num âmbito prático e industrial, apresenta uma carência de suporte académico que a justifique.

Academicamente, é necessário comprovar muitas das equações e considerações matemáticas que tem ao longo da sua metodologia de aplicação, nomeadamente o dimensionamento dos *buffers*, a definição de pico de consumo e a diferença que ocorre nas zonas dos *buffers* entre os passos do planeamento e da execução.

Ademais, os seus criadores, Chad Smith e Carol Ptak, recorrem muitas vezes à experiência do utilizador para definir variáveis, o que não pressupõe uma definição clara dos processos de tomada de decisão, e quando sugerem critérios que podem suportar a tomada de decisão são bastante conservativos, pelo que é uma ferramenta sensível ao conhecimento que o utilizador tem dos processos internos reais e da sua experiência no ambiente em que deve ser implementada. Neste sentido, foi identificada uma lacuna maior na definição dos fatores de *lead time* e de variabilidade, variáveis essenciais ao dimensionamento dos *buffers*, pelo que esta dissertação tentou, através de suporte académico, definir uma metodologia para a definição destes fatores.

O simulacro permitiu uma análise crítica do ponto de vista prático da aplicação desta ferramenta a um microssistema baseado em factos da realidade da Science4you. O seu grande objetivo era preparar a empresa em questão para a possível implementação do DDMRP no seu sistema real, através da definição das variáveis e de critérios de tomada de decisão necessários. Com isto, foi possível concluir que o modelo de aplicação do DDMRP é dependente de dados que a empresa tem dificuldade em fornecer, devido à sua falta de tratamento de dados históricos. Esta barreira pode ser generalizada a várias organizações e não só à Science4you. Para além disso, é uma ferramenta que teoricamente sugere processos iterativos para suportar algumas tomadas de decisão, por isso, perante estruturas hierárquicas de produto minimamente complexas e elevada variedade de produtos, torna-se pouco viável a aplicação destas sugestões teóricas e é necessário investir em alternativas para suportar essas mesmas tomadas de decisão, como é o caso do posicionamento estratégico de inventário.

Relativamente aos resultados que a implementação do DDMRP pode gerar, foi possível concluir, ainda que com um nível de validação limitado, que é uma ferramenta que permite reduzir o tempo de resposta que a Science4you atualmente exige aos seus clientes e que fornece visibilidade perante os estados dos *buffers*, de forma a alertar para a aproximação a posições de *stock* críticas, tanto por excesso, como por depressão, e a definir prioridades na gestão dos materiais.

Neste sentido, o DDMRP é uma ferramenta que, quando aplicada a empresas com uma realidade semelhante à realidade da Science4you, é expectável que forneça visibilidade perante a cadeia de valor, incutindo de suporte à tomada de decisão através da sua definição de prioridades através da Equação de Fluxo Líquido e dos alertas do estado dos *buffers* para reduzir os riscos associados à sincronização do fluxo de informação e materiais. Desta forma, permite que a gestão dos materiais seja mais equilibrada e que a tomada de decisão para o planeamento da

produção seja menos dependente da experiência da respetiva equipa e seja suportada pelas sugestões do DDMRP.

6.2 Resposta às Questões de Investigação

No primeiro capítulo foram referidas as questões de investigação às quais esta dissertação tinha como objetivo responder. Ao longo da dissertação foram identificados os momentos em que estavam reunidas as informações para responder a essas questões. O presente subcapítulo pretende dar essas respostas de forma direta.

- **Quais são os problemas do atual sistema de planeamento e controlo da produção da Science4you que limitam o seu desempenho?**

O capítulo 4 desta dissertação teve como principal objetivo responder totalmente à primeira questão. Uma análise segundo a lógica de causa e efeito feita aos diferentes processos internos da Science4you permitiu reunir um conjunto de problemas que se têm vindo a demonstrar no sistema atual da empresa.

A Science4you é caracterizada por um sistema complexo e dessincronizado. Existe uma grande variedade de produtos, com estruturas compostas por mais de 60 referências, partilha de componentes e de estações de trabalho. Neste sentido, as suas ordens de produção exigem, muitas vezes, a manipulação simultânea de várias matérias-primas e produtos intermédios para que seja possível realizá-las.

A sua gestão interna neste momento é caracterizada por uma desorganização geral. Existem diferentes bases de dados que não são sincronizadas e que dificultam a coordenação entre as equipas dos vários departamentos e as prioridades não estão definidas, pelo que a tomada de decisão é bastante dependente da experiência dos seus colaboradores. Não existindo uma definição de prioridades, também a responsabilidade dos erros não é atribuída corretamente. A equipa de planeamento da produção é responsável pela criação dos produtos finais que permitem responder às encomendas dos clientes, no entanto, a sua dependência de informações pouco verosímeis e admitidas como verdadeiras dos outros departamentos gera a ocorrência de atrasos na produção, cuja responsabilidade recai apenas sob a equipa de planeamento.

A gestão dos materiais tem vindo a demonstrar ocorrência de falhas de *stock* para a realização de ordens de produção planeadas. Os níveis de *stock* são inadequados, com elevada quantidade de matérias-primas com menor uso e reduzida quantidade de matérias-primas com maior rotação, que advém também da definição de níveis de *stock* de segurança de forma empírica e

apenas para algumas matérias-primas. Tendo em conta que os *lead times* de fornecimento são elevados, as ordens de produção ficam dependentes desta gestão e têm, muitas vezes, de ser adiadas, ajustando os planos produtivos.

Com isto, a Science4you apresenta um sistema atual com níveis de *stock* desajustados, que ameaçam os planos produtivos, e tempos de resposta para as encomendas dos clientes muito longos, com ocorrência de atrasos. Estes problemas assemelham-se aos que se têm vindo a demonstrar na literatura das cadeias de abastecimento.

- **Até que ponto o DDMRP permite corrigir esses mesmos problemas?**

A resposta à segunda questão tem dois pontos de vista. O capítulo 4 conseguiu responder a esta questão do ponto de vista teórico e o capítulo 5 conseguiu complementar com um ponto de vista prático, ainda que limitado pelo facto de ter sido estudado um microssistema baseado no sistema real.

A teoria introduzida por Ptak e Smith afirma que o DDMRP é uma ferramenta que se baseia no MRP com o objetivo de corrigir os pontos fracos deste último e permitir uma adaptação às condições da cadeia de abastecimento. Casos de estudo publicados pelo *Demand Driven Institute* evidenciam as promessas de que o DDMRP permite a compressão do tempo de resposta e o controlo dos níveis de *stock*. Para além disso, é uma ferramenta que fornece visibilidade perante toda a cadeia de valor e promove tomadas de decisão mais rápidas e assertivas no planeamento da produção e na gestão de materiais.

Visto que a Science4you demonstra problemas com a sincronização e coordenação interna dos seus processos, com os níveis de *stock* instáveis e com o elevado tempo de resposta, existe potencial teórico para afirmar que o DDMRP é uma ferramenta aplicável neste sistema e que pode eliminar os efeitos indesejados que a empresa sente atualmente.

Do ponto de vista prático, não foi possível avaliar o desempenho previsto da Science4you com a implementação do DDMRP, no entanto, o simulacro realizado no capítulo 5 permitiu avaliar o potencial de melhoria que a empresa pode vir a sentir com a implementação. Com os alertas de estado do *buffer*, a empresa tem maior visibilidade perante a disponibilidade dos produtos e consegue definir prioridades para suportar a sua tomada de decisão, sendo expectável que o comportamento dos seus níveis de *stock* seja melhorado. Foi também possível verificar que a implementação do DDMRP permite a redução do tempo de resposta ao cliente, devido à sua componente de gestão estratégica de *buffers*. É de salientar que estas conclusões têm uma validação limitada, devido ao facto de terem sido retiradas através de um simulacro estático aplicado a um microssistema baseado em factos reais da Science4you, por isso, deve ser

considerada a capacidade de extrapolação dos resultados do ponto de vista prático para o sistema real.

- **Admitindo a viabilidade de implementação do DDMRP na Science4you, como é que esta se deve preparar para a sua operacionalização?**

O capítulo 5, além de pretender responder à segunda questão de investigação do ponto de vista prático, pretendeu também introduzir a forma como a Science4you deverá proceder para se preparar para a possível implementação do DDMRP, respondendo assim à presente questão.

A metodologia de aplicação do DDMRP é definida pelos autores Ptak e Smith recorrendo a pouca argumentação académica. O processo de definição do modelo de aplicação ainda não é claro nem intuitivo, no entanto, o processo de monitorização fornece bastante visibilidade perante a cadeia de valor e a priorização de atividades, daí os resultados promissores no desempenho dos sistemas que implementam o DDMRP.

Assim, uma empresa com uma realidade semelhante à da Science4you, complexa e dessincronizada, com elevado número de referências para gerir no sistema, deve-se preparar cuidadosamente para a implementação do DDMRP ao nível da definição do modelo, tanto no aspeto de disponibilidade de dados, como de tomada de decisão.

O passo mais importante para o sucesso da implementação do DDMRP é o posicionamento estratégico de inventário. A sugestão dos autores como suporte para esta tomada de decisão é limitada e iterativa, o que reduz a sua eficiência de aplicação em sistemas complexos. As organizações com interesse em implementar o DDMRP devem investir tempo e recursos na procura da solução que lhes origine o melhor custo-benefício. A decisão de colocação de *buffers* em pontos estratégicos é complexa e exige uma análise aprofundada de todo o sistema, no entanto, é necessário estabelecer objetivos que determinem quando é que o investimento em inventário não compensa o retorno dos indicadores de desempenho.

Após esta decisão, é importante estabelecer a forma como as variáveis essenciais à aplicação do DDMRP podem ser obtidas através da informação disponível em cada empresa. O DDMRP é uma ferramenta bastante dependente da disponibilidade de vários dados para a definição das suas variáveis, o que pode ser um ponto limitante para muitas organizações. Para além disso, algumas destas variáveis dependem de critérios de tomada de decisão que não são suportados teoricamente e, por isso, dependem da experiência de quem os define. A organização a implementar o DDMRP deve estipular muito bem os dados a recolher e os critérios de decisão a tomar para definir as variáveis do sistema a implementar.

Definidos os pontos de desacoplamento e obtidos os valores das variáveis necessárias, é possível proceder à implementação do DDMRP. Sendo uma ferramenta recente no mercado, o seu recurso tecnológico pode ser considerado ainda um pouco limitado, no entanto, já existem módulos complementares compatíveis com alguns sistemas de informação presentes no mercado, como por exemplo, a SAP, a Orchest8 e a Camelot. Uma empresa com interesse em implementar o DDMRP deve analisar as ofertas disponíveis e escolher a que melhor se adapta ao seu ambiente organizacional.

Reunidos estes fatores, prevê-se que uma empresa se encontra preparada para implementar o DDMRP de forma eficiente. A Science4you ainda apresenta muitas limitações neste sentido, pelo que deve investir tempo e recursos na preparação para a operacionalização do DDMRP. A compatibilidade do DDMRP com o SAP S/4HANA, sistema ERP que está em processo de implementação na empresa, é um fator positivo para o investimento na implementação deste módulo, no entanto, a falta de disponibilidade de dados limita, a médio prazo, a possibilidade de operacionalização correta do DDMRP aplicado no sistema real.

6.3 Limitações do Estudo

Em primeiro lugar, e conforme foi referido ao longo desta dissertação, o DDMRP é uma ferramenta recente no mercado e pouco explorada academicamente. Neste sentido, a quantidade de informação publicada é bastante reduzida, limitando-se a muito poucos artigos e às várias edições do livro onde é introduzida, o que exigiu uma análise exploratória e demorada à pouca informação existente.

Do ponto de vista de implementação, é uma ferramenta desenvolvida ao abrigo do *Demand Driven Institute*, cujo site reporta casos de implementação com sucesso. No entanto, estes casos de sucesso são divulgados com o suporte de apenas indicadores de desempenho ou resultados na melhoria do negócio, não referindo a abordagem seguida para a obtenção desse sucesso. Tal deve-se ao facto de esta instituição dar formação específica a consultores e a colaboradores de outras entidades que prestam este tipo de serviço para a implementação do DDMRP, pelo que existe um negócio que beneficia pela falta de informação disponibilizada abertamente. Ademais, é uma ferramenta complexa cuja tecnologia já está inserida através de módulos complementares em poucos ERP presentes no mercado, como o SAP, e que não estão disponíveis livremente. Perante esta situação, o simulacro de todos os passos do DDMRP não foi possível.

Relativamente ao estudo de caso, a empresa abordada, Science4you, revelou-se bastante limitada na obtenção de dados. Em termos de históricos, não existe um registo num espaço temporal considerável, justificado pela falta de prioridade por parte da estratégia da empresa de

se focar nos seus dados. Em termos de variáveis específicas, algumas não estão inseridas em nenhum dos *softwares* que funcionam como base de dados, dependendo da experiência de quem trabalha com elas, e outras estão inseridas, mas já é assumido *à priori* que não são atualizadas e que não representam a realidade. Neste sentido, foi bastante difícil definir uma metodologia para o desenvolvimento do estudo de caso desta dissertação, tendo em conta a limitação da informação disponível.

O objetivo inicial desta dissertação seria obter resultados que permitissem comparar o desempenho do sistema atual segundo o MRP e do sistema com a implementação do DDMRP, mas, devido principalmente à falta de disponibilidade de dados suficientes que permitissem visibilidade sob o desempenho dinâmico do sistema atual, tal não foi possível. Por exemplo, não foi possível recolher dados do histórico dos níveis de *stock* disponíveis diariamente, bem como não existem dados para a comparação entre as quantidades das previsões semestrais e as das encomendas reais dos clientes. Neste sentido, foi necessário contornar esta limitação recorrendo a um simulacro estático do planeamento para responder a encomendas pontuais e aplicar os princípios da execução do DDMRP a níveis de *stock* disponíveis de um dia específico para realçar os efeitos indesejados dos níveis de *stock* da Science4you e da relevância que este passo teria para a visibilidade perante a disponibilidade dos materiais. Perante esta limitação, também não foi possível analisar o impacto que a implementação do DDMRP tem nos níveis de *stock* globais, ou seja, a que investimento em inventário é que o tempo de resposta ao cliente é reduzido quando se passa de um planeamento segundo o MRP para um planeamento segundo o DDMRP.

Para além disso, não foi possível testar a sensibilidade do DDMRP ao rigor na determinação dos fatores de *lead time* e de variabilidade, porque a limitação dos dados disponíveis não permitiu a aplicação da proposta desta dissertação no modelo do simulacro definido.

Outra limitação é a possibilidade de os resultados do simulacro aplicado ao micro sistema poderem não serem replicáveis no sistema real. A realidade da Science4you é bastante complexa, tanto através de estruturas de produto constituídas por mais de 60 referências, como pela existência de, aproximadamente, 18 000 referências de produto, onde 3 000 são de produtos finais. Esta complexidade limita a validação dos resultados obtidos no simulacro para o comportamento do sistema real.

6.4 Contribuições Futuras

O DDMRP é uma ferramenta alvo de poucas publicações académicas e a sua grande maioria analisa a sua implementação em casos de estudo através da comparação de desempenhos. É relevante mais estudos no mesmo âmbito, aplicados a diferentes setores e ambientes

organizacionais, de forma a ser possível retirar conclusões gerais do valor da implementação desta ferramenta. Esta dissertação não conseguiu comparar desempenhos na empresa do estudo de caso, mas seria relevante esta análise numa empresa com uma realidade semelhante à da empresa em estudo, ou seja, ambientes complexos e com elevada variedade de produtos.

Existe uma lacuna nas publicações relacionada com a fundamentação académica do modelo de aplicação do DDMRP, pelo que é relevante a realização de estudos exploratórios ao modelo desta ferramenta que suportem as equações aplicadas. A Tabela 5.15, presente no subcapítulo 5.5, identifica estas equações como limitações da metodologia, nomeadamente a forma como é feita a análise de ROI, as equações de dimensionamento dos *buffers*, a quantificação de um pico de consumo e a equivalência entre as zonas de *buffer* no planeamento e na execução. Uma análise do ponto de vista académico poderá permitir comparações entre conceitos já introduzidos na literatura e conceitos introduzidos pelo DDMRP, bem como na forma como ambos são quantificados.

Existe também uma lacuna relacionada com os problemas enfrentados durante a implementação do DDMRP e as estratégias seguidas. Esta dissertação contribuiu neste sentido, mas é necessário a publicação de mais estudos relacionados com a preparação das empresas para a implementação do DDMRP e a forma como atuam durante a mesma.

É também pertinente testar a sensibilidade do DDMRP à fraca implementação, visto que é uma ferramenta dinâmica cujos criadores afirmam que se adapta à realidade e cujo investimento no rigor da definição dos seus parâmetros não é compensatório. É importante testar a sensibilidade do DDMRP a mudanças nos valores das suas variáveis iniciais. Esta dissertação propõe um método para a determinação dos fatores de *lead time* e de variabilidade que não foi possível aplicar no simulacro elaborado, pelo que é relevante analisar o impacto que esta proposta tem no desempenho de um sistema real e na rapidez com que este obtém resultados positivos.

Seria também interessante avaliar o impacto económico que empresas que implementam o DDMRP têm, tanto ao nível do investimento necessário, como do retorno obtido, bem como uma análise do retorno de investimento seria interessante para estudos futuros, visto que a análise financeira é um fator muito importante na tomada de decisão das empresas para a implementação de projetos.

Referências Bibliográficas

- Acar, Y., Kadipasaoglu, S., & Schipperijn, P. (2009). A decision support framework for global supply chain modelling: An assessment of the impact of demand, supply and lead-time uncertainties on performance. *International Journal of Production Research*, 1–24. <https://doi.org/10.1080/00207540902791769>
- Ammar, O. Ben, Guillaume, R., & Thierry, C. (2016). MRP parameter evaluation under fuzzy lead times. *IFAC-PapersOnLine*, 49(12), 1110–1115. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2016.07.644>
- APICS. (2016). *APICS Dictionary*. (P. H. Pittman & J. B. Atwater, Eds.) (15th ed.). Chicago.
- Balderstone, S., & Mabin, V. (1998). A Review of Goldratt's Theory of Constraints (TOC) – lessons from the international literature. In *Proceedings of the 33th Annual Conference of Operations Research Society of New Zealand*. Auckland, New Zealand.
- Barratt, M., Choi, T. Y., & Li, M. (2011). Qualitative case studies in operations management: Trends, research outcomes, and future research implications. *Journal of Operations Management*, 29(4), 329–342. <https://doi.org/10.1016/j.jom.2010.06.002>
- Bashir, M., Afzal, M. T., & Azeem, M. (2008). Reliability and Validity of Qualitative and Operational Research Paradigm. *Pakistan Journal of Statistics and Operation Research*, 4(1), 35–45. <https://doi.org/10.18187/pjsor.v4i1.59>
- Benton, W. C., & Shin, H. (1998). Manufacturing planning and control: The evolution of MRP and JIT integration. *European Journal of Operational Research*, 110, 411–440.
- Bhamu, J., & Sangwan, K. S. (2014). Lean manufacturing: literature review and research issues. *International Journal of Operations and Production Management*, 34(7), 876–940. <https://doi.org/10.1108/IJOPM-08-2012-0315>
- Blackstone Jr., J. H. (2010). A Review of Literature on Drum-Buffer-Rope, Buffer Management and Distribution. In J. F. Cox III & J. G. Schleier Jr (Eds.), *Theory of Constraints Handbook* (pp. 145–173). McGraw-Hill.
- Blos, M. F., Da Silva, R. M., & Miyagi, P. E. (2015). Application of an Agent-based Supply Chain to Mitigate Supply Chain Disruptions. *IFAC-PapersOnLine*, 48(3), 640–645. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2015.06.154>
- Bonney, M. C., Zhang, Z., Head, M. A., Tien, C. C., & Barson, R. J. (1999). Are push and pull systems really so different? *International Journal of Production Economics*, 59(1), 53–64.

[https://doi.org/10.1016/S0925-5273\(98\)00094-2](https://doi.org/10.1016/S0925-5273(98)00094-2)

- Briggs, C. (2000). Interview. *Journal of Linguistic Anthropology*, 9(1–2), 137–140. <https://doi.org/https://doi.org/10.1525/jlin.1999.9.1-2.137>
- Budd, J., Knizek, C., & Tevelson, B. (2012). *The Demand-Driven Supply Chain. Report by the Boston Consulting Group (BCG)*.
- Carvalho, H., Barroso, A. P., Machado, V. H., Azevedo, S., & Cruz-Machado, V. (2012). Supply chain redesign for resilience using simulation. *Computers and Industrial Engineering*, 62(1), 329–341. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2011.10.003>
- Cheng, J.-L. (2017). Improving Inventory Performance Through Lean Six Sigma Approaches. *IUP Journal of Operations Management*, 16(3), 23–38. <https://doi.org/10.1002/hipo.20696>
- Chinosi, M., & Trombetta, A. (2012). BPMN: An introduction to the standard. *Computer Standards & Interfaces*, 34(1), 124–134. <https://doi.org/10.1016/j.csi.2011.06.002>
- Christopher, M. (2011). *Logistics & Supply Chain Management* (4th ed.). London: Pearson Education Limited. <https://doi.org/10.1002/9783527617296.ch12>
- Christopher, M., Peck, H., & Towill, D. (2006). A taxonomy for selecting global supply chain strategies. *The International Journal of Logistics Management*, 17(2), 277–287. <https://doi.org/10.1108/09574090610689998>
- Christopher, M., & Rutherford, C. (2004). Creating Supply Chain Resilience Through Agile Six Sigma. *Critical Eye Publications*, 24–28.
- Clark, A. R. (2003). Optimization approximations for capacity constrained material requirements planning. *International Journal of Production Economics*, 84, 115–131. [https://doi.org/10.1016/S0925-5273\(02\)00400-0](https://doi.org/10.1016/S0925-5273(02)00400-0)
- Cox III, J. F., & Schleier Jr, J. G. (2010). *Theory of Constraints Handbook* (1st ed.). McGraw-Hill.
- Cox, J. C., & Sadiraj, V. (2011). On the Use of the Coefficient of Variation as a Measure of Diversity. *Andrew Young School of Policy Studies Research Paper Series*, 11(5). <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.1740730>
- Creswell, J. W. (2014). *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches* (4th ed.). SAGE Publications.
- Deeb, S., Haouzi, H. B.-E., Aubry, A., & Dassisti, M. (2018). A generic framework to support the implementation of six sigma approach in SMEs. *IFAC PapersOnLine*, 51(11), 921–926.

<https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2018.08.490>

Demand Driven Institute. (2018a). Retrieved July 20, 2018, from <https://www.demanddriveninstitute.com/>

Demand Driven Institute. (2018b). Retrieved October 19, 2018, from <https://www.demanddriveninstitute.com/case-studies>

Díaz-Madroño, M., Mula, J., & Peidro, D. (2017). A mathematical programming model for integrating production and procurement transport decisions. *Applied Mathematical Modelling*, 52, 527–543. <https://doi.org/10.1016/j.apm.2017.08.009>

Fisher, M. L. (1997). What is the Right Supply Chain for Your Product? *Harvard Business Review*, (March-April).

Geiger, M., Harrer, S., Lenhard, J., & Wirtz, G. (2018). BPMN 2.0: The state of support and implementation. *Future Generation Computer Systems*, 80, 250–262. <https://doi.org/10.1016/j.future.2017.01.006>

Geneste, L., Grabot, B., & Reynoso-Castillo, G. (2005). Management of demand uncertainty within MRPII using possibility theory. *16th Triennial World Congress*, 38(1), 18–23. <https://doi.org/10.3182/20050703-6-CZ-1902.01428>

Golafshani, N. (2003). Understanding Reliability and Validity in Qualitative Research. *The Qualitative Report*, 8(4), 597–606.

Goldratt, E. M. (2004). *The Goal: A process of ongoing improvement* (3rd ed.). North River Press.

Goldratt, E. M., & Cox, J. (1984). *The Goal: A Process of Ongoing Improvement*. New York, NY: North River Press.

González-R, P. L., Framinan, J. M., & Pierreval, H. (2012). Token-based pull production control systems: an introductory overview. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 23, 5–22. <https://doi.org/10.1007/s10845-011-0534-4>

Harding, L., & Ptak, C. (2012). Could demand-driven MRP be the solution we have been looking for? *Operations Management*, 6, 7–12.

Hopp, W. J., & Spearman, M. L. (2000). *Factory Physics: Foundations of Manufacturing Management* (2nd ed.). Irwin/McGraw-Hill. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

Hopp, W. J., & Spearman, M. L. (2004). To Pull or Not to Pull: What Is the Question?

- Manufacturing & Service Operations Management*, 6(2), 133–148.
<https://doi.org/10.1287/msom.1030.0028>
- Ihme, M. (2015). *Interpreting and applying Demand Driven MRP: a case study*. PhD Thesis. Nottingham Trent University.
- Ihme, M., & Stratton, R. (2015). Evaluating Demand Driven MRP: a case based simulated study. *International Conference of the European Operations Management Association*, 1–10.
- Ioannou, G., & Dimitriou, S. (2012). Lead time estimation in MRP/ERP for make-to-order manufacturing systems. *International Journal of Production Economics*, 139, 551–563.
<https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2012.05.029>
- Jacobs, F. R., & Weston Jr., F. C. "Ted." (2007). Enterprise resource planning (ERP) - A brief history. *Journal of Operations Management*, 25(2), 357–363.
<https://doi.org/10.1016/j.jom.2006.11.005>
- Jiang, J., & Rim, S.-C. (2016). Strategic Inventory Positioning in BOM with Multiple Parents Using ASR Lead Time. *Mathematical Problems in Engineering*, (4).
<https://doi.org/10.1155/2016/9328371>
- Jodlbauer, H., & Reitner, S. (2012). Material and capacity requirements planning with dynamic lead times. *International Journal of Production Research*, 50(16), 4477–4492.
<https://doi.org/10.1080/00207543.2011.603707>
- Jonsson, P., & Mattsson, S. A. (2008). Inventory management practices and their implications on perceived planning performance. *International Journal of Production Research*, 46(7), 1787–1812. <https://doi.org/10.1080/00207540600988071>
- Kortabarria, A., Apaolaza, U., Lizarralde, A., & Amorrortu, I. (2018). Material management without forecasting: From MRP to demand driven MRP. *Journal of Industrial Engineering and Management*, 11(4), 632–650. <https://doi.org/10.3926/jiem.2654>
- Lee, E., Oh, J.-Y., & Pines, E. (2008). Practical Managerial Decision Making Tools: Operations Research. *Journal of Applied Business and Economics*.
- Lee, H. L., & Ng, S. M. (1997). Introduction to the Special Issue on Global Supply Chain Management. *Production and Operations Management*, 6(3), 191–192.
<https://doi.org/10.1002/smj.4250120902>
- Lee, H. L., Padmanabhan, V., & Whang, S. (1997). Information Distortion in a Supply Chain: The Bullwhip Effect. *Management Science*, 43(4), 546–558.
<https://doi.org/10.1287/mnsc.43.4.546>

- Li, C., & Liu, S. (2013). A robust optimization approach to reduce the bullwhip effect of supply chains with vendor order placement lead time delays in an uncertain environment. *Applied Mathematical Modelling*, 37(1), 707–718. <https://doi.org/10.1016/j.apm.2012.02.033>
- Liberopoulos, G. (2013). Production Release Control and the Push/Pull and Make-to-Order/Make-to-Stock Distinctions. *Conference on Stochastic Models of Manufacturing and Service Operations*, 113–120.
- Lipton, M. (2013). Demand-Driven Supply Chains Are In Demand. *Industry Week*.
- Louly, M. A., & Dolgui, A. (2013). Optimal MRP parameters for a single item inventory with random replenishment lead time, POQ policy and service level constraint. *International Journal of Production Economics*, 143(1), 35–40. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2011.02.009>
- Mason-Jones, R., & Towill, D. R. (1998). Shrinking the supply chain uncertainty circle. *IOM Control*, 24(7), 17–22.
- Meredith, J. (1998). Building operations management theory through case and field research. *Journal of Operations Management*, 16(4), 441–454. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0272-6963\(98\)00023-0](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0272-6963(98)00023-0)
- Miclo, R, Fontanili, F., Luras, M., Lamothe, J., & Milian, B. (2016). An empirical comparison of MRPII and Demand-Driven MRP. *IFAC-PapersOnLine*, 49(12), 1725–1730. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2016.07.831>
- Miclo, Romain. (2016). *Challenging the "Demand Driven MRP" Promises: a Discrete Event Simulation Approach*. PhD Thesis. Ecole des Mines d'Albi-Carmaux.
- Miclo, Romain, Fontanili, F., Luras, M., Lamothe, J., & Milian, B. (2015). MRP vs Demand-Driven MRP: Towards an Objective Comparison. In *6th IESM Conference*. Séville, Spain. <https://doi.org/10.1109/IESM.2015.7380288>
- Miclo, Romain, Luras, M., Fontanili, F., Lamothe, J., & Melnyk, S. A. (2018). Demand Driven MRP: assessment of a new approach to materials management. *International Journal of Production Research*, 1–16. <https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1464230>
- Milne, R. J., Mahapatra, S., & Wang, C. T. (2015). Optimizing planned lead times for enhancing performance of MRP systems. *International Journal of Production Economics*, 167, 220–231. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2015.05.013>
- Mohebbi, E., Choobineh, F., & Pattanayak, A. (2007). Capacity-driven vs. Demand-driven Material Procurement Systems. *International Journal of Production Economics*, 107, 451–466. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2006.09.015>

- Murino, T., Naviglio, G., Romano, E., & Zoppoli, P. (2009). Single stage multi product kanban system. optimization and parametric analysis. In *Proceedings of the 8th WSEAS international conference on System science and simulation in engineering* (pp. 313–318).
- Noori, S., Feylizadeh, M. R., Bagherpour, M., Zorriassatine, F., & Parkin, R. M. (2008). Optimization of material requirement planning by fuzzy multi-objective linear programming. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture*, 222(7), 887–900. <https://doi.org/10.1243/09544054JEM1014>
- Olaitan, O. A. (2016). *A Framework for Creating Production and Inventory Control Strategies*. PhD Thesis. Dublin City University.
- Olhager, J. (2013). Evolution of operations planning and control: From production to supply chains. *International Journal of Production Research*, 51(23–24), 6836–6843. <https://doi.org/10.1080/00207543.2012.761363>
- Olhager, J., Persson, F., Parborg, B., & Rosén, S. (2002). Supply chain impacts at Ericsson - from production units to demand-driven supply units. *International Journal of Technology Management*, 23(1–3), 40–59. <https://doi.org/10.1504/IJTM.2002.002997>
- Orlicky, J. (1975). *Material Requirements Planning: The New Way of Life in Production and Inventory Management*. New York, NY: McGraw-Hill.
- Patton, M. Q. (2002). *Qualitative Research & Evaluation Methods* (3rd ed.). SAGE Publications.
- Pearson, T. A. (2001). Measure for Six Sigma Success. *Quality Progress*, 34(2), 35–40.
- Portal of History and Biography, . (2019). Taiichi Ohno. Retrieved March 8, 2019, from <https://history-biography.com/taiichi-ohno/>
- Powell, D., Bas, I., & Alfnes, E. (2013). Integrating Lean and MRP : A Taxonomy of the Literature. In *International Conference on Production Management Systems (APMS)* (pp. 485–492). Pennsylvania, United States. https://doi.org/10.1007/978-3-642-41263-9_60
- Ptak, C., & Smith, C. (2018). *Demand Driven Material Requirements Planning (DDMRP), Version 2*. Industrial Press, Inc.
- Puchkova, A., Le Romancer, J., & McFarlane, D. (2016). Balancing Push and Pull Strategies within the Production System. *IFAC-PapersOnLine*, 49(2), 66–71. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2016.03.012>
- Rockafellar, R. T., Uryasev, S., & Zabarankin, M. (2006). Generalized deviations in risk analysis. *Finance and Stochastics*, 10(1), 51–74. <https://doi.org/10.1007/s00780-005-0165-8>

- Rondeau, P. J., & Litteral, L. a. (2001). Evolution of manufacturing planning and control systems : From reorder point to enterprise resource planning. *Production and Inventory Management Journal*, 42(2), 1–7.
- Rossi, T., Pozzi, R., Pero, M., & Cigolini, R. (2017). Improving production planning through finite-capacity MRP. *International Journal of Production Research*, 55(2), 377–391. <https://doi.org/10.1080/00207543.2016.1177235>
- Rother, M., & Shook, J. (1999). *Learning to see: value stream mapping to add value and eliminate muda* (1.2). Brookline, MA: The Lean Enterprise Institute.
- Science4you. (2018). STEM. Retrieved January 16, 2018, from <https://brinquedos.science4you.pt/38-stem>
- Science4you. (2019). Brinquedos. Retrieved February 4, 2019, from <https://brinquedos.science4you.pt/quimica/fabrica-de-slime-brilha-no-escuro-655>
- Sheu, C., & Wacker, J. G. (2001). Effectiveness of Planning and Control Systems: An Empirical Study of US and Japanese Firms. *International Journal of Production Research*, 39(5), 887–905. <https://doi.org/10.1080/00207540010009705>
- Shofa, M. J., & Widyarto, W. O. (2017). Effective production control in an automotive industry: MRP vs. demand-driven MRP. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 1855). Surakarta, Jawa Tengah, Indonesia. <https://doi.org/10.1063/1.4985449>
- Smith, C. (2015). *The Power of Decoupling: Unlocking the Secret to Demand Driven Material Requirements Planning (DDMRP)*. White paper by the Demand Driven Institute. Available at <https://www.demanddriveninstitute.com/articles>
- Smith, C., & Ptak, C. (2011). *Lean Finds a Friend in Demand Driven MRP (DDMRP)*. White paper by the Demand Driven Institute. Available at <https://www.demanddriveninstitute.com/articles>
- Smith, C., Ptak, C., & Ling, D. (2017). *The Demand Driven Adaptive Enterprise Model: The Case for a New System of Enterprise Management*. White paper by the Demand Driven Institute. Available at <https://www.demanddriveninstitute.com/articles>
- Snee, R. (1999). Why should statisticians pay attention to six sigma? An examination for their role in the six sigma methodology. *Quality Progress*, 32(9), 100–103.
- Sugimori, Y., Kusunoki, K., Cho, F., & Uchikawa, S. (1977). Toyota Production System and Kanban System: Materialization of Just-in-Time and Respect-for-Human System. *The International Journal of Production Reearch*, 15(6), 553–564. <https://doi.org/10.1080/00207547708943149>

- Taguchi, G., Chowdhury, S., & Wu, Y. (2005). *Taguchi's Quality Engineering Handbook*. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Tersine, R. J. (1988). *Principles of Inventory and Materials Management* (3rd ed.). New York, NY: Elsevier B.V.
- Vollmann, T. E., Berry, W. L., Whybark, D. C., & Jacobs, F. R. (2005). *Manufacturing Planning & Control Systems for Supply Chain Management* (5th ed.). New York, NY: McGraw-Hill.
- Wang, X., & Disney, S. M. (2016). The bullwhip effect: Progress, trends and directions. *European Journal of Operational Research*, 250(3), 691–701. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2015.07.022>
- Wight, O. W. (1981). *Manufacturing Resource Planning: MRP II: Unlocking America's Productivity Potential*. Essex Junction, Vermont: Oliver Wight Limited Publications.
- Wilson, J. M. (2003). Gantt Charts: A Centenary Appreciation. *European Journal of Operational Research*, 149, 430–437. [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(02\)00769-5](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(02)00769-5)
- Wilson, R. H. (1934). A Scientific Routine for Stock Control. *Harvard Business Review*, 13, 116–128.
- Womack, J. P., Jones, D. T., & Roos, D. (1990). *The Machine that Changed the World*. New York, NY: Macmillan Publishing Company.
- Wylie, L. (1990). *A Vision of the Next-Generation MRP II*. Gartner Group.
- Yeh, C.-H. (1997). Schedule based production. *International Journal of Production Economics*, 51, 235–242. [https://doi.org/10.1016/S0925-5273\(97\)00079-0](https://doi.org/10.1016/S0925-5273(97)00079-0)
- Yenisey, M. M. (2006). A flow-network approach for equilibrium of material requirements planning. *International Journal of Production Economics*, 102(2), 317–332. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2005.04.002>
- Yin, R. K. (2009). *Case Study Research* (2nd ed.). Los Angeles: SAGE Publications.
- Zhang, Y., & Wildemuth, B. M. (2009). Unstructured Interviews. In *Barbara M. Wildemuth, Applications of Social Research Methods to Questions in Information and Library Science* (pp. 222–231). Westport, CT: Libraries Unlimited.

Anexos

Anexo I. Exemplo explicativo para a aplicação dos seis fatores do DDMRP

Este exemplo foi retirado do livro Ptak & Smith (2018); pp.60-64.

A Figura I.1 representa as BOM de dois produtos finais, FPE e FPF. Os círculos representam o *lead time*, em dias, de cada componente.

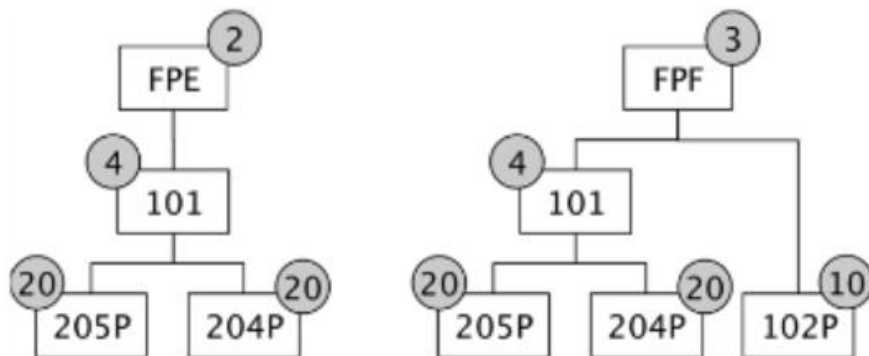


Figura I.1 Árvore de produto dos produtos finais FPE e FPF
(Retirada de: Ptak & Smith (2018), p.61)

A aplicação dos seis fatores exige conhecimento em relação ao ambiente em que os produtos se inserem, pelo que a Figura I.2 representa a sequência operacional da interação dos dois produtos. Os círculos representam os recursos do processo produtivo. O recurso Z é um ponto de convergência, visto que precisa do produto 205P alterado do recurso D e do produto 204P alterado do recurso F na mesma quantidade e ao mesmo tempo para funcionar. Já o produto 101 corresponde a um ponto de divergência, tendo em conta que é um componente que gera diferentes produtos finais e deve fornecer diferentes recursos.

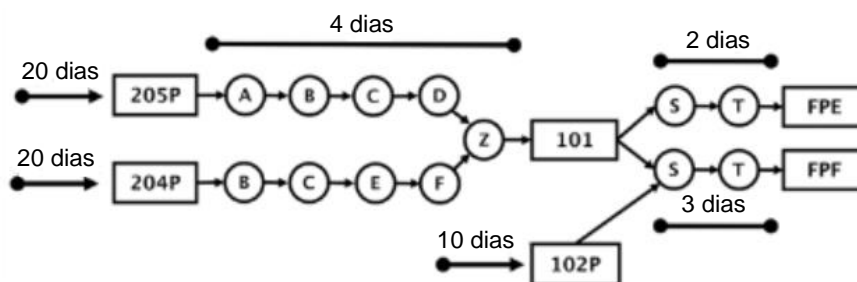


Figura I.2 Sequência operacional da interação dos produtos finais FPE e FPF
(Adaptada de: Ptak & Smith (2018), p.62)

Ademais, existem informações que advêm dos departamentos de apoio ao cliente, de vendas e de compras que se resumem na Tabela I.1.

Tabela I.1 Informações dos departamentos sobre os produtos
(Adaptada de: Ptak & Smith (2018), pp.62-63)

Departamento	Informação
Apoio ao Cliente	<ul style="list-style-type: none"> - O tempo de tolerância dos clientes é de 3 dias. - Os clientes não estão dispostos a pagar mais pelos produtos, mas a capacidade de oferecer os produtos no mesmo dia vai gerar certamente um aumento de vendas. - O mercado espera a recepção do FPF no mesmo tempo que o FPE.
Vendas	<ul style="list-style-type: none"> - Existe oportunidade de mercado para o FPE ganhar vendas. - Geralmente, as encomendas de clientes são recebidas com 3 dias de antecedência para os dois produtos. Ocasionalmente, são recebidas encomendas de grande dimensão, mas têm visibilidade de, pelo menos, 2 semanas.
Compras	<ul style="list-style-type: none"> - Os fornecedores dos produtos 204P e 205P são viáveis. - O fornecedor do produto 102P tem atrasos na entrega e falha na qualidade dos produtos.

Tendo em conta este cenário, a decisão sobre o posicionamento do inventário é feita pelos seis fatores considerando o seu impacto no desempenho do sistema:

- **Tempo de tolerância do cliente:** o tempo acumulado para o produto FPE é de 26 dias e o tempo acumulado para o produto FPF é de 27 dias. Tendo em conta o tempo de tolerância do cliente de 3 dias, é de considerar o desacoplamento nos produtos finais ou, em alternativa, em 101 e em 102P, visto que as operações seguintes permitem responder num tempo menor ou igual ao tempo de tolerância. A não implementação de uma destas duas alternativas implica a produção de acordo com previsões de procura e incorrer do risco a isso associado, de forma a conseguir responder de acordo com a tolerância do cliente.
- **Potencial do *lead time* no mercado:** a existência de oportunidade de mercado para FPE sugere um benefício no desacoplamento deste produto, com o objetivo de criar *stock* e responder ao volume adicional de vendas esperado.
- **Visibilidade do horizonte temporal das encomendas de clientes:** as encomendas são recebidas com 3 dias de antecedência, por isso, o desacoplamento nos produtos finais FPE e FPF ou nos produtos 101 e 102P permite que o fluxo de materiais ocorra segundo a procura real.
- **Variabilidade externa:** do lado da procura, a variabilidade não tem impacto significativo, visto que existe visibilidade perante encomendas de maior dimensão. Do lado do fornecimento, o fornecedor do produto 102P não é viável, pelo que o desacoplamento neste produto permite criar *stock* que protege o fluxo de eventuais falhas.
- **Vantagem e flexibilidade do inventário:** o ponto de divergência no produto 101 representa um compromisso perante dois recursos e o desacoplamento neste ponto

permite que o fluxo para a produção dos produtos finais ocorra conforme requerido para ambos.

- **Proteção de operações críticas:** o recurso Z é um ponto de convergência e, por isso, representa uma operação crítica que exige a presença dos produtos 205P e 204P processados simultaneamente. Apesar de os fornecedores de 204P e 205P serem viáveis, o desacoplamento destes permite proteger a operação no recurso Z.

Tendo em conta estas considerações, a Figura I.3 é a solução para o posicionamento estratégico de inventário neste exemplo, segundo os seis fatores.

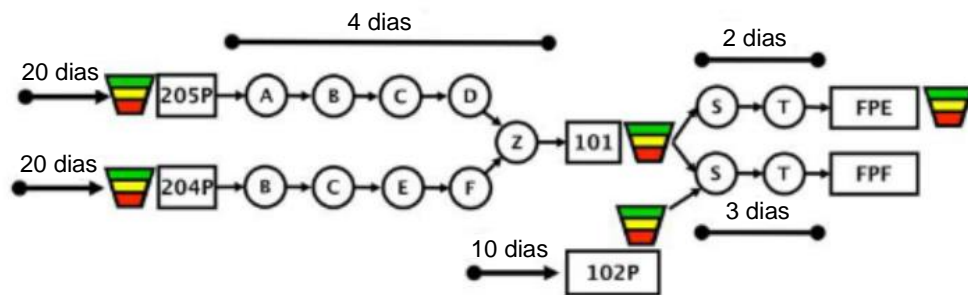


Figura I.3 Pontos de desacoplamento segundo os seis fatores
(Adaptada de: Ptak & Smith (2018), p.64)

Desta forma, existem os seguintes benefícios:

- A existência de *stock* de FPE permite responder à oportunidade de Mercado do produto, existindo um aumento das receitas de vendas;
- O nível de *stock* de FPE é minimizado pela existência de desacoplamento também no produto 101, pelo que o *lead time* é curto;
- O produto FPF pode ter uma estratégia de *assemble-to-order*, porque o *lead time* de 3 dias é compatível com a tolerância dos clientes. Este *lead time* é viável devido ao facto de existir *stock* de 101 e 102P, o que desacopla o *lead time* acumulado, da variabilidade da procura não ser significativa e da existência de *buffer* em FPE, permitindo a libertação dos recursos S e T para a garantia dos 3 dias de resposta;
- O desacoplamento nos produtos 204P e 205P permite isolar a variabilidade do fornecimento para o recurso Z, numa perspetiva de estrutura do produto.

Anexo II. BPMN do sistema atual da Science4you

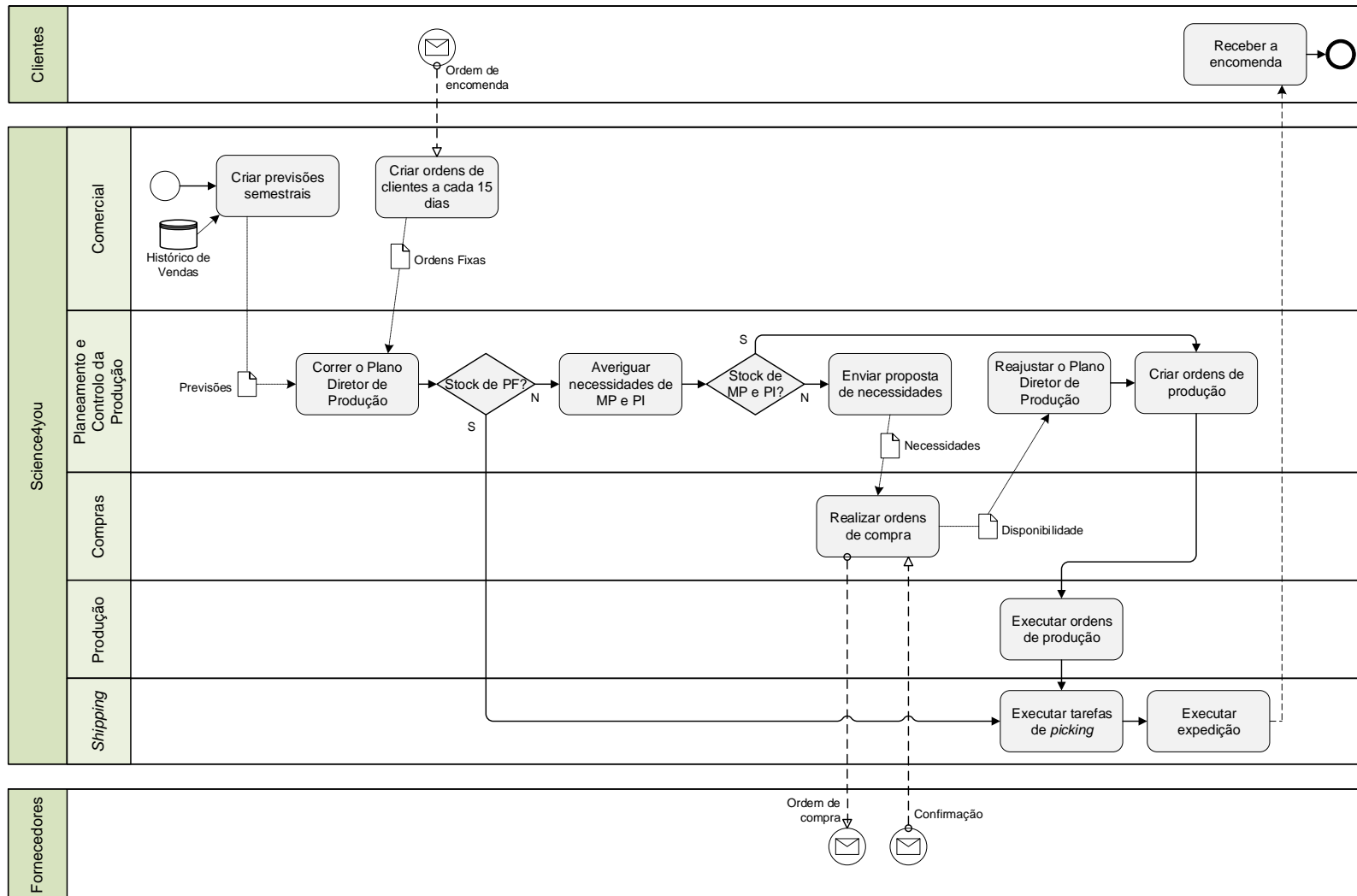


Figura II.1 Representação do BPMN do sistema atual da Science4you

Anexo III. Diagramas de processo gerais nas diferentes estações

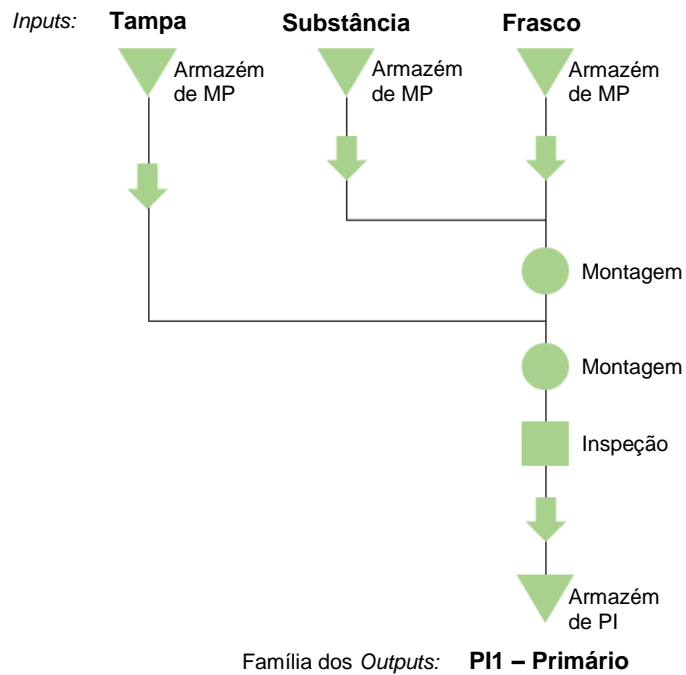


Figura III.1 Diagrama de processo nas estações de produção primária PI31 e PI1

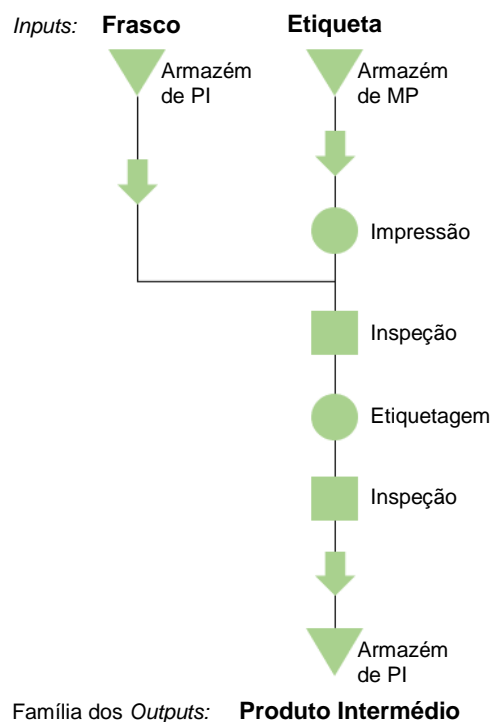


Figura III.2 Diagrama de processo na estação de produção intermédia PI32

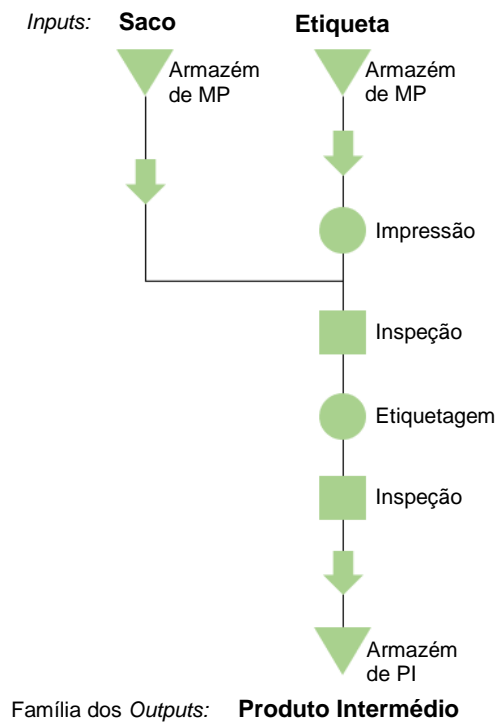


Figura III.3 Diagrama de processo na estação de produção intermédia PI14

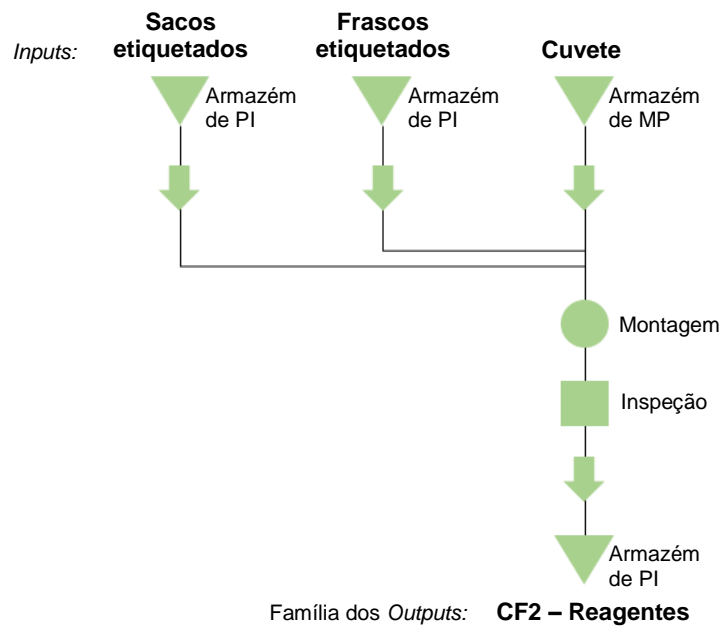


Figura III.4 Diagrama de processo na estação de produção intermédia PI25

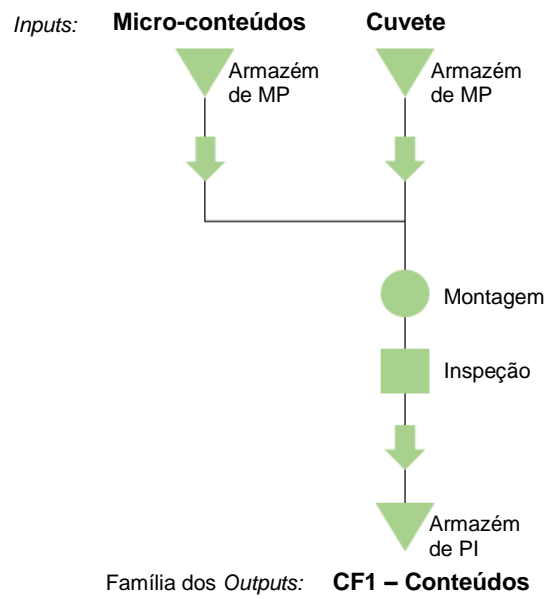


Figura III.5 Diagrama de processo na estação de produção intermédia PI30

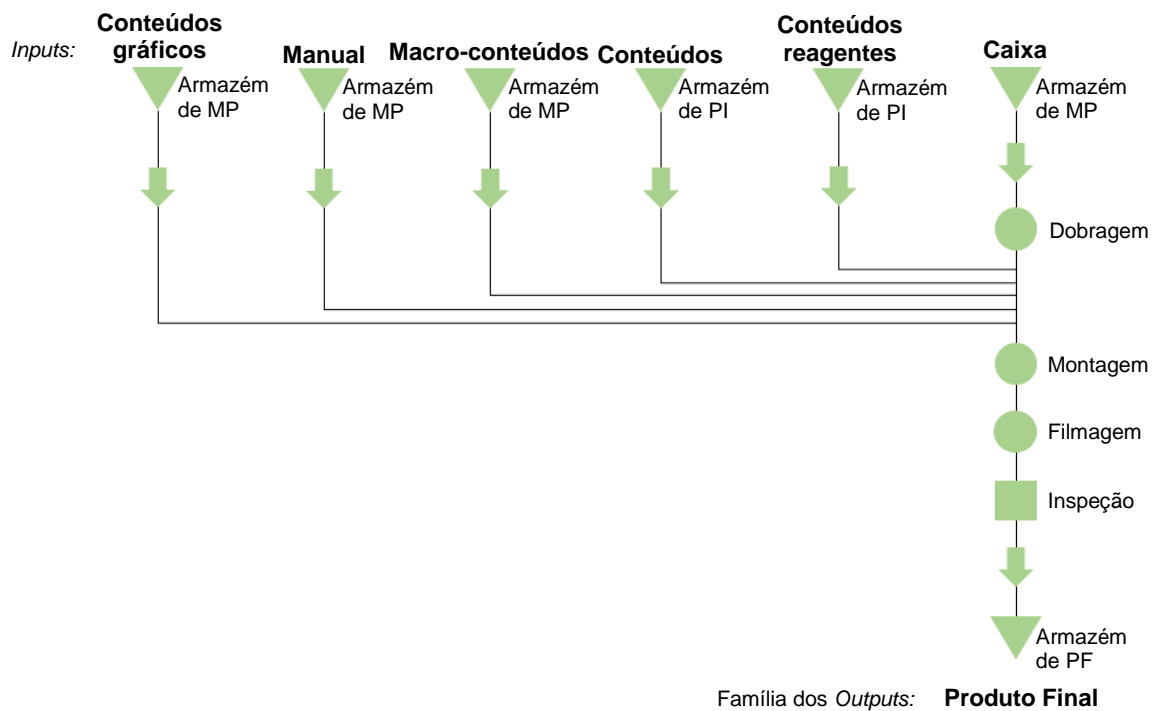


Figura III.6 Diagrama de processo geral na estação de produção final PF01

Anexo IV. VSM do sistema atual da Science4you

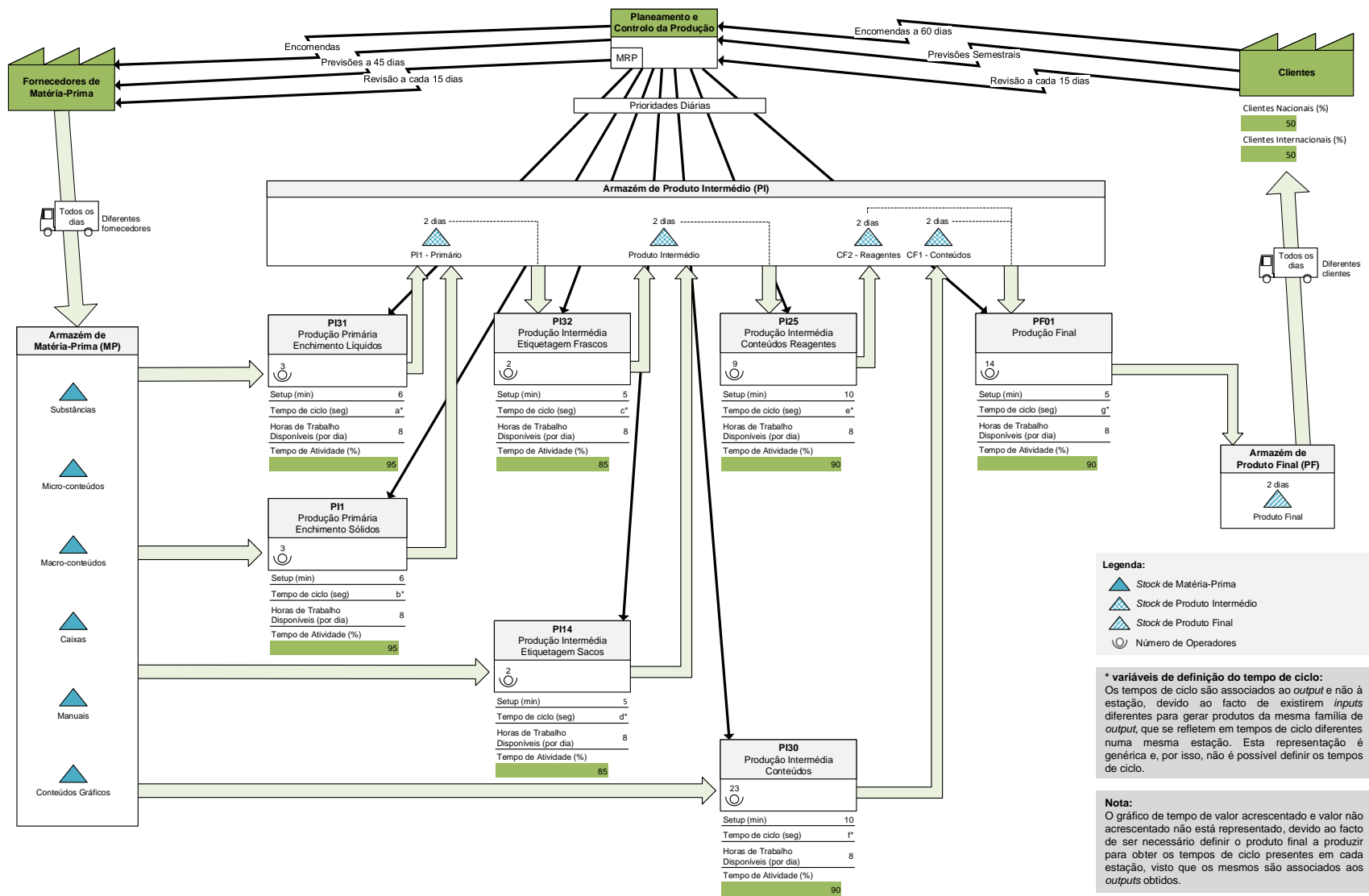


Figura IV.1 Representação do VSM geral do sistema atual da Science4you

Anexo V. Questionários

Questionário

(para efeitos de recolha de dados para a realização de uma Dissertação de Mestrado)

Departamento	Pessoa responsável pelo preenchimento deste questionário (em caso de dúvidas)
Vendas	Nome: _____ E-mail: _____

1. Identificação do produto

Referência	Descrição	Família

2. Dados do mercado

Produto inserido no mercado desde o início do ano 2017? Se não, identifique a data (mês/ano) a partir da qual o produto foi inserido no mercado.	<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não Data: _____
Nº de vendas feitas desde o início do ano 2017 (ou da data identificada)		
É expectável que exista oportunidade de mercado para o produto aumentar o nº de vendas no próximo ano?	<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não
Se respondeu Não, é expectável que o nº de vendas sofra alguma alteração?	<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não
Se respondeu Sim, indique qual a alteração e a respetiva razão para a sua ocorrência. Caso contrário, deixe em branco.		
Existe sazonalidade no consumo deste produto? Se sim, indique em que altura(s) do ano.	<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não Altura: _____
Se tivesse de classificar a variabilidade da procura do produto quanto à existência de picos ou depressões no consumo, não previsíveis pela sazonalidade, como classificaria?	<input type="checkbox"/> Variabilidade Baixa <input type="checkbox"/> Variabilidade Média <input type="checkbox"/> Variabilidade Alta	

3. Dados dos clientes

Nº de clientes que compram este produto		
O tempo de resposta das encomendas é exigido pelos clientes ou pela Science4you?	<input type="checkbox"/> Clientes	<input type="checkbox"/> Science4you
Caso tenha respondido Science4you, qual a taxa aproximada de perda de clientes pela existência de um tempo de resposta superior ao requerido pelo cliente? Caso contrário, deixe em branco.	_____ %	
Caso tenha respondido Clientes, qual a taxa aproximada de perda de vendas pela incapacidade de resposta por parte da Science4you no tempo requerido pelo cliente?	_____ %	
Tempo de resposta médio acordado com os clientes		
Existia impacto positivo significativo no nº de clientes existentes se o tempo de resposta acordado reduzisse?	<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não
Existia impacto positivo significativo no nº de vendas para os clientes já existentes se o tempo de resposta acordado reduzisse?	<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não
Existia impacto negativo significativo se o preço de venda do produto aumentasse?	<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não
Em média, com quanto tempo de antecedência é que são recebidas as encomendas dos clientes tendo em conta o dia em que têm de ser entregues?		
Em caso de encomendas de grandes dimensões, o tempo de antecedência com que são recebidas as encomendas é o mesmo? Se responder Não, indique o tempo respetivo.	<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não Tempo: _____

Pág. 1/1

Figura V.1 Questionário entregue ao departamento comercial

Questionário

(para efeitos de recolha de dados para a realização de uma Dissertação de Mestrado)

Departamento	Pessoa responsável pelo preenchimento deste questionário (em caso de dúvidas)
Compras	Nome: _____ E-mail: _____

1. Identificação do artigo

Referência	Descrição	Família

2. Dados de encomenda

Qual a política de revisão das encomendas do artigo?	<input type="checkbox"/> Revisão Periódica <input type="checkbox"/> Revisão Contínua <input type="checkbox"/> Não está definida
Caso tenha respondido uma das revisões, qual é a variável definida? Responda à respetiva.	Revisão Periódica: Tempo (dias) = _____ Revisão Contínua: Quantidade a atingir para encomendar = _____

3. Dados do fornecedor

Nome do fornecedor habitual	
País de origem do fornecedor	
Têm acordo com este fornecedor desde o início do ano 2017? Se não, identifique a data (mês/ano) a partir da qual o artigo passou a ser comprado a este fornecedor.	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não Data: _____
Nº de encomendas feitas ao fornecedor identificado desde o início do ano 2017 (ou da data identificada)	
Nº de encomendas recebidas do fornecedor identificado desde o início do ano 2017 (ou da data identificada)	
Se os dois valores acima identificados não forem iguais indique se a razão da não entrega da(s) encomenda(s) foi por cancelamento da parte da Science4you ou do fornecedor. Caso os valores sejam iguais deixe em branco.	
Considera o fornecedor identificado como um fornecedor viável no cumprimento das datas de entrega?	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
Tendo em conta o nº de encomendas recebidas, quantas vezes foram reportados atrasos nas entregas?	
Considera o fornecedor identificado como um fornecedor viável na qualidade do produto fornecido?	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
Tendo em conta o nº de encomendas recebidas, quantas vezes foram reportados erros na qualidade do artigo?	
Se tivesse de classificar a variabilidade do fornecedor identificado quanto à existência de atrasos nas entregas e à qualidade, como classificaria?	<input type="checkbox"/> Variabilidade Baixa <input type="checkbox"/> Variabilidade Média <input type="checkbox"/> Variabilidade Alta
Existem fornecedores de "reserva" caso o fornecedor principal não tenha disponibilidade? Se sim, identifique-os.	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não Identificação: _____
É comum recorrer a um destes fornecedores? Caso tenha respondido Não, deixe em branco.	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
Quantas vezes recorreram a um destes fornecedores desde o início de 2017 (ou desde a data identificada para o fornecedor habitual)?	

Pág. 1/1

Figura V.2 Questionário entregue ao departamento de compras

Anexo VI. Referências do microsistema

Tabela VI.1 Legenda das referências do microsistema (Continuação)

Referência	Designação	Tipo de produto
1010	Frasco 60ml Bicarbonato Sódio 50g	Produto Intermédio
1016	Frasco 30ml Ácido Cítrico 20g	Produto Intermédio
1073	Frasco 120ml Alginato de Sódio 2g	Produto Intermédio
1078	Frasco 15ml Goma de Guar 6g	Produto Intermédio
1102	Frasco 15ml Pó de Ferro 3g	Produto Intermédio
1119	Frasco 15ml Corante Líquido Azul 10ml Brinq.Quím.	Produto Intermédio
1121	Frasco 15ml Corante Líquido Verde 10ml Brinq.Quím	Produto Intermédio
1122	Frasco 15ml Corante Líquido Vermelho 10ml Brinq.Qu	Produto Intermédio
1147	Frasco 30ml Sal Marinho 30g	Produto Intermédio
1198	F15 Pigmento Fosforescente s/ picto 5g	Produto Intermédio
2006	Copo de plástico grande 100ml	Matéria-Prima
2007	Copo de plástico pequeno c/ medida	Matéria-Prima
2009	Pipeta Pasteur	Matéria-Prima
2010	Saco zip-lock (16x22cm)	Matéria-Prima
2016	Balões	Matéria-Prima
2019	Palhinha	Matéria-Prima
2034	Corante Alimentar Vermelho (1g)	Matéria-Prima
2055	Corante Alimentar Azul (1g)	Matéria-Prima
2060	Tubo de ensaio de plástico	Matéria-Prima
2061	Tampa de plástico p/ tubos de ensaio	Matéria-Prima
2062	Tampas de copo de plástico 25ml	Matéria-Prima
2065	Espátula plástico	Matéria-Prima
2067	Elásticos	Matéria-Prima
2075	Bicarbonato de sódio - Fermento 1g	Matéria-Prima
2380	Filtro de Papel Redondo 7cm	Matéria-Prima
2382	Ácido cítrico (1g)	Matéria-Prima
2391	Luvax Látex (tamanho S)	Matéria-Prima
2398	Funil	Matéria-Prima
5374	Manual Ciência Explosiva UK	Matéria-Prima
9282	Saco 12*18 Amido Milho 100g Br.Quim. PT/ES/EN/FR/CT/NL/DE/IT	Produto Intermédio
20055	Corante Alimentar Verde (1g)	Matéria-Prima
20109	Saco zip-lock (7x10cm)	Matéria-Prima
20141	Espátula de madeira	Matéria-Prima
20212	Sal marinho (1g)	Matéria-Prima
20263	Goma de Guar (1g)	Matéria-Prima
20264	Alginato de Sódio (1g)	Matéria-Prima
20339	Óculos de Proteção Grandes	Matéria-Prima
20463	Folha Laranja Origami Universal	Matéria-Prima
20660	Caixa de Plástico 250ml	Matéria-Prima
20834	Taça de plástico 100ml p/ gelatina	Matéria-Prima
22159	Frasco de 60ml	Matéria-Prima
21855	Limalha de Ferro (1g)	Matéria-Prima
22081	Forma de Plástico Figuras Marinhas – Peixe	Matéria-Prima

Tabela VI.1 Legenda das referências do microsistema

Referência	Designação	Tipo de produto
22160	Frasco de 30ml	Matéria-Prima
22161	Frasco de 15ml	Matéria-Prima
22162	Frasco de 120ml	Matéria-Prima
22163	Tampa Child Proof Vermelha	Matéria-Prima
22882	Autocolante Ciência Explosiva S/ logo S4Y	Matéria-Prima
22883	Folha impressa "Kaboom!" S/ logo S4Y	Matéria-Prima
23457	Taca Transparente PP 500 ml	Matéria-Prima
23730	Cuvete Interior 280x182x45mm [nova XL]	Matéria-Prima
24170	Molde Topo Esfera de Plástico Verde	Matéria-Prima
24208	Molde Base Esfera de Plástico Verde sem Olho	Matéria-Prima
24216	Vela (6 x 4cm)	Matéria-Prima
24218	Copo de Medição 30ml Apto para Experiência Rockets	Matéria-Prima
24219	Tampa para Copo de Medição 30ml Apto para Experiência Rocket	Matéria-Prima
24375	Embalamento Gelatina Neutra 30g PT/ES/EN/FR/CT/NL/DE/T	Matéria-Prima
24497	Amido Milho 100g Multi ABC	Matéria-Prima
25000	Pigmento Fotoluminescente 1g s/ pictograma	Matéria-Prima
50964	Manual Fábrica Viscosa Brilha No Escuro [Edição Video] EN	Matéria-Prima
50985	Cx Fab Viscosa Ed Video EN/FR [CA]	Matéria-Prima
83423	Caixa Ciência Explosiva EN/FR [CA]	Matéria-Prima
83446	Manual Fáb Viscosa Brilha No Escuro [Edição Video] FR [CA]	Matéria-Prima
83801	Manual Ciência Explosiva FR [CA]	Matéria-Prima
90605	Conteúdo Reagentes Ciência Explosiva EN/FR/CT	Produto Intermédio
90606	Frasco 15ml Pó de Ferro 3g EN/FR/CT	Produto Intermédio
90607	Frasco 15ml Corante Líquido Vermelho 10ml Brinq.Quím EN/FR/CT	Produto Intermédio
90608	Frasco 15ml Corante Líquido Verde 10ml Brinq.Quím EN/FR/CT	Produto Intermédio
90609	Frasco 60 ml bicarbonato de sódio 50g EN/FR/CT	Produto Intermédio
90610	Frasco 30ml Sal Marinho 30g EN/FR/CT	Produto Intermédio
90611	Frasco 30 ml ácido cítrico 20g EN/FR/CT	Produto Intermédio
90617	Frasco 15ml Goma de Guar 6g EN/FR/CT	Produto Intermédio
90619	Frasco 15ml Corante Líquido Azul 10ml Brinq.Quím EN/FR/CT	Produto Intermédio
92322	CG2 Conteúdo Ciência Explosiva PT/ES/EN/FR/CT/NL/DE/IT	Produto Intermédio
92694	CG2 Conteúdo Fábrica Viscosa [Edição Video] Universal	Produto Intermédio
92815	Conteúdo Reagentes Fábrica Viscosa [Edição Video] EN/FR/CT	Produto Intermédio
92816	Frasco 120ml Solução Alginato de Sódio 2g EN/FR/CT	Produto Intermédio
92818	Frasco 15ml Pigmento Fotoluminescente 5g EN/FR/CT	Produto Intermédio
93000	Saqueta Gelatina Neutra 30g PT/ES/EN/FR/CT/NL/DE/IT	Produto Intermédio
098394	Fábrica Viscosa Brilha No Escuro [Edição Video] EN/FR [CA]	Produto Final
817223	Ciência Explosiva EN/FR [CA]	Produto Final

Anexo VII. Dados mestre do microssistema

Tabela VII.1 Previsões de consumo das referências de PF para o 1º semestre de 2019

Referência	Previsões de Consumo					
	jan/19	fev/19	mar/19	abr/19	mai/19	jun/19
098394	5480	1980	3000	0	4200	0
817223	1980	0	3000	1980	4200	1980

Tabela VII.2 Dados mestre das referências de PF

Referência	Previsões de Consumo Totais do 1º Semestre de 2019	Tempo de Produção (segundos)	Quantidade Mínima a Produzir (unidades)
098394	14660	3,6	960
817223	13140	3,6	960

Tabela VII.3 Dados mestre das referências de PI

Referência	Previsões de Consumo Totais do 1º Semestre de 2019	Tempo de Produção (segundos)	Quantidade Mínima a produzir (unidades)
1010	13140	10,00	200
1016	13140	10,00	300
1073	14660	10,00	100
1078	14660	10,00	500
1102	13140	7,50	500
1119	14660	3,53	500
1121	13140	3,53	500
1122	13140	3,53	500
1147	13140	15,00	300
1198	14660	3,53	500
9282	29320	4,50	100
90605	13140	3,79	400
90606	13140	0,72	500
90607	13140	0,72	500
90608	13140	0,72	500
90609	13140	0,72	200
90610	13140	0,72	300
90611	13140	0,72	300
90617	14660	0,72	500
90619	14660	0,72	500
92322	13140	4,24	320
92694	14660	4,24	320
92815	14660	3,79	160
92816	14660	1,00	100
92818	14660	0,72	500
93000	14660	4,50	300

Tabela VII.4 Dados mestre das referências de MP (Continuação)

Referência	Previsões de Consumo Totais do 1º Semestre de 2019	Lead time de fornecimento (dias)	Quantidade Mínima a encomendar (unidades)
2006	68740	7	2340
2007	29320	8	4900
2009	54080	12	5000
2010	52560	7	1000
2016	105120	15	5000
2019	87960	12	12000
2034	5256	9	25
2055	5864	14	25
2060	42460	7	2000
2061	29320	7	1000
2062	29320	7	2000
2065	27800	15	3000
2067	14660	15	0
2075	657000	30	5000
2380	39420	20	0
2382	262800	13	25
2391	55600	8	0
2398	13140	10	3000
5374	13140	8	1000
20055	5256	15	25
20109	29320	7	16000
20141	83400	13	10000
20212	394200	7	3000
20263	87960	13	25
20264	29320	20	25
20339	13140	120	0
20463	39420	10	0
20660	13140	12	48000
20834	13140	15	1000
21855	39420	21	25
22081	14660	25	0
22159	13140	7	550
22160	26280	7	1100
22161	83400	7	1700
22162	14660	7	300
22163	137480	7	4500
22882	13140	8	0
22883	13140	10	0
23457	14660	7	320
23730	55600	30	0
24170	14660	8	6000
24208	14660	8	6000
24216	13140	15	0
24218	26280	20	1000

Tabela VII.4 Dados mestre das referências de MP

Referência	Previsões de Consumo Totais do 1º Semestre de 2019	Lead time de fornecimento (dias)	Quantidade Mínima a encomendar (unidades)
24219	13140	20	3750
24375	14660	14	250
24497	14660	30	0
25000	73300	30	150
50964	14660	8	1000
50985	14660	22	1000
83423	13140	22	1000
83446	14660	8	0
83801	13140	8	1000

Anexo VIII. Referências selecionadas estrategicamente para colocação de *buffer*

Tabela VIII.1 Lista de referências selecionadas para colocação de *buffer*

Referência	Designação	Tipo de produto
1010	Frasco 60ml Bicarbonato Sódio 50g	Produto Intermédio
1016	Frasco 30ml Ácido Cítrico 20g	Produto Intermédio
1073	Frasco 120ml Alginato de Sódio 2g	Produto Intermédio
1078	Frasco 15ml Goma de Guar 6g	Produto Intermédio
1102	Frasco 15ml Pó de Ferro 3g	Produto Intermédio
1119	Frasco 15ml Corante Líquido Azul 10ml Brinq.Quím.	Produto Intermédio
1121	Frasco 15ml Corante Líquido Verde 10ml Brinq.Quím	Produto Intermédio
1122	Frasco 15ml Corante Líquido Vermelho 10ml Brinq.Qu	Produto Intermédio
1147	Frasco 30ml Sal Marinho 30g	Produto Intermédio
1198	F15 Pigmento Fosforescente s/ picto 5g	Produto Intermédio
20055	Corante Alimentar Verde (1g)	Matéria-prima
2006	Copo de plástico grande 100ml	Matéria-prima
2009	Pipeta Pasteur	Matéria-prima
20141	Espátula de madeira	Matéria-prima
20212	Sal marinho (1g)	Matéria-prima
20263	Goma de Guar (1g)	Matéria-prima
20264	Alginato de Sódio (1g)	Matéria-prima
20339	Óculos de Proteção Grandes	Matéria-prima
2034	Corante Alimentar Vermelho (1g)	Matéria-prima
2055	Corante Alimentar Azul (1g)	Matéria-prima
2060	Tubo de ensaio de plástico	Matéria-prima
2065	Espátula plástico	Matéria-prima
2075	Bicarbonato de sódio - Fermento 1g	Matéria-prima
21855	Limalha de Ferro (1g)	Matéria-prima
22081	Forma de Plástico Figuras Marinhas – Peixe	Matéria-prima
22160	Frasco de 30ml	Matéria-prima
22161	Frasco de 15ml	Matéria-prima
22163	Tampa Child Proof Vermelha	Matéria-prima
23730	Cuvete Interior 280x182x45mm [nova XL]	Matéria-prima
2391	Luvax Látex (tamanho S)	Matéria-prima
24218	Copo de Medição 30ml Apto para Experiência Rockets	Matéria-prima
24219	Tampa para Copo de Medição 30ml Apto para Experiência Rocket	Matéria-prima
24497	Amido Milho 100g Multi ABC	Matéria-prima
25000	Pigmento Fotoluminescente 1g s/ pictograma	Matéria-prima
92322	CG2 Conteúdo Ciência Explosiva Universal	Produto Intermédio
92694	CG2 Conteúdo Fábrica Viscosa [Edição Video] Universal	Produto Intermédio

Anexo IX. Variáveis e dimensionamento dos *buffers*

Tabela IX.1 Dimensionamento dos *buffers* para as referências selecionadas (Continuação)

Referência	DLT	ADU	MOQ	DOC	Fator Lead Time	Fator Variabilidade	(1)	(2)	(3)	Zona Verde	Zona Amarela	Base Vermelha	Segurança Vermelha	Zona Vermelha
1010	9	109	200	0	0,8	0,5	0	785	200	785	981	785	392	1178
1016	15	109	300	0	0,5	0,5	0	818	300	818	1635	818	409	1227
1073	9	122	100	0	0,8	0,5	0	878	100	879	1098	878	439	1318
1078	2	122	500	0	0,8	0,2	0	195	500	500	244	195	39	235
1102	2	109	500	0	0,8	0,2	0	174	500	500	218	174	35	210
1119	2	122	500	0	0,8	0,2	0	195	500	500	244	195	39	235
1121	2	109	500	0	0,8	0,2	0	174	500	500	218	174	35	210
1122	2	109	500	0	0,8	0,2	0	174	500	500	218	174	35	210
1147	2	109	300	0	0,8	0,2	0	174	300	300	218	174	35	210
1198	2	122	500	0	0,8	0,2	0	195	500	500	244	195	39	235
20055	15	44	25	0	0,5	0,8	0	330	25	330	660	330	264	594
2006	7	569	2340	0	0,8	0,2	0	3186	2340	3187	3983	3186	637	3824
2009	12	447	5000	0	0,8	0,2	0	4291	5000	5000	5364	4291	858	5150
20141	13	690	10000	0	0,5	0,2	0	4485	10000	10000	8970	4485	897	5382
20212	7	3258	3000	0	0,8	0,5	0	18245	3000	18245	22806	18245	9122	27368
20263	13	727	25	0	0,5	0,8	0	4726	25	4726	9451	4726	3780	8506
20264	20	243	25	0	0,5	0,8	0	2430	25	2430	4860	2430	1944	4374
20339	120	109	0	0	0,3	0,2	0	3924	0	3924	13080	3924	785	4709
2034	9	44	25	0	0,8	0,8	0	317	25	317	396	317	253	571
2055	14	49	25	0	0,5	0,8	0	343	25	343	686	343	274	618
2060	7	351	2000	0	0,8	0,2	0	1966	2000	2000	2457	1966	393	2359
2065	15	230	3000	0	0,5	0,2	0	1725	3000	3000	3450	1725	345	2070
2075	30	5430	5000	0	0,3	0,2	0	48870	5000	48870	162900	48870	9774	58644
21855	21	326	25	0	0,3	0,2	0	2054	25	2054	6846	2054	411	2465
22081	25	122	0	0	0,3	0,5	0	915	0	915	3050	915	458	1373

Tabela IX.1 Dimensionamento dos *buffers* para as referências selecionadas

Referência	DLT	ADU	MOQ	DOC	Fator Lead Time	Fator Variabilidade	(1)	(2)	(3)	Zona Verde	Zona Amarela	Base Vermelha	Segurança Vermelha	Zona Vermelha
22160	7	218	1100	0	0,8	0,2	0	1221	1100	1221	1526	1221	244	1465
22161	7	690	1700	0	0,8	0,8	0	3864	1700	3864	4830	3864	3091	6956
22163	7	1137	4500	0	0,8	0,5	0	6367	4500	6368	7959	6367	3184	9551
23730	30	460	0	0	0,3	0,2	0	4140	0	4140	13800	4140	828	4968
2391	8	460	0	0	0,8	0,2	0	2944	0	2944	3680	2944	589	3533
24218	20	218	1000	0	0,5	0,5	0	2180	1000	2180	4360	2180	1090	3270
24219	20	109	3750	0	0,5	0,5	0	1090	3750	3750	2180	1090	545	1635
24497	30	122	0	0	0,3	0,5	0	1098	0	1098	3660	1098	549	1647
25000	30	606	150	0	0,3	0,8	0	5454	150	5454	18180	5454	4363	9818
92322	22	109	320	0	0,3	0,5	0	719	320	720	2398	719	360	1080
92694	17	122	320	0	0,5	0,8	0	1037	320	1037	2074	1037	830	1867

(1) $ADU \times DOC$

(2) $DLT \times ADU \times Fator\ Lead\ Time$

(3) MOQ

Anexo X. Simulacro dos alertas de estado de *buffer*

Tabela X.1 Alertas de estado de *buffer* para as referências selecionadas (Continuação)

Referência	Perspetiva de Execução						Stock existente no microssistema a 03/12/2018	Alerta	Prioridade
	Zona Verde	Zona Amarela	Zona Vermelha	Fronteira Superior Vermelha	Fronteira Superior Amarela	Fronteira Superior Verde			
1010	981	589	589	589	1178	2159	409	Vermelho	34,7%
1016	1635	613,5	613,5	613,5	1227	2862	1159	Amarelo	94,5%
1073	1098	659	659	659	1318	2416	910	Amarelo	69,0%
1078	244	117,5	117,5	117,5	235	479	179	Amarelo	76,2%
1102	218	105	105	105	210	428	57	Vermelho	27,1%
1119	244	117,5	117,5	117,5	235	479	2062	Demasiado stock	877,4%
1121	218	105	105	105	210	428	1903	Demasiado stock	906,2%
1122	218	105	105	105	210	428	3859	Demasiado stock	1837,6%
1147	218	105	105	105	210	428	49	Vermelho	23,3%
1198	244	117,5	117,5	117,5	235	479	211	Amarelo	89,8%
20055	660	297	297	297	594	1254	1847	Demasiado stock	310,9%
2006	3983	1912	1912	1912	3824	7807	77264	Demasiado stock	2020,5%
2009	5364	2575	2575	2575	5150	10514	3920	Amarelo	76,1%
20141	8970	2691	2691	2691	5382	14352	1000	Vermelho	18,6%
20212	22806	13684	13684	13684	27368	50174	8248	Vermelho	30,1%
20263	9451	4253	4253	4253	8506	17957	3509	Vermelho	41,3%
20264	4860	2187	2187	2187	4374	9234	15668	Demasiado stock	358,2%
20339	13080	2354,5	2354,5	2354,5	4709	17789	4235	Amarelo	89,9%
2034	396	285,5	285,5	285,5	571	967	1500	Demasiado stock	262,7%
2055	686	309	309	309	618	1304	10954	Demasiado stock	1772,5%
2060	2457	1179,5	1179,5	1179,5	2359	4816	500	Vermelho	21,2%
2065	3450	1035	1035	1035	2070	5520	10020	Demasiado stock	484,1%
2075	162900	29322	29322	29322	58644	221544	11110	Vermelho	18,9%

Tabela X.1 Alertas de estado de buffer para as referências selecionadas

Referência	Perspetiva de Execução						Stock existente no microssistema a 03/12/2018	Alerta	Prioridade
	Zona Verde	Zona Amarela	Zona Vermelha	Fronteira Superior Vermelha	Fronteira Superior Amarela	Fronteira Superior Verde			
21855	6846	1232,5	1232,5	1232,5	2465	9311	4799	Verde	194,7%
22081	3050	686,5	686,5	686,5	1373	4423	879	Amarelo	64,0%
22160	1526	732,5	732,5	732,5	1465	2991	989	Amarelo	67,5%
22161	4830	3478	3478	3478	6956	11786	5104	Amarelo	73,4%
22163	7959	4775,5	4775,5	4775,5	9551	17510	12654	Verde	132,5%
23730	13800	2484	2484	2484	4968	18768	12490	Verde	251,4%
2391	3680	1766,5	1766,5	1766,5	3533	7213	3988	Verde	112,9%
24218	4360	1635	1635	1635	3270	7630	711	Vermelho	21,7%
24219	2180	817,5	817,5	817,5	1635	3815	2445	Verde	149,5%
24497	3660	823,5	823,5	823,5	1647	5307	1694	Verde	102,9%
25000	18180	4909	4909	4909	9818	27998	1179	Vermelho	12,0%
92322	2398	540	540	540	1080	3478	7	Vermelho	0,6%
92694	2074	933,5	933,5	933,5	1867	3941	88	Vermelho	4,7%

Anexo XI. Cálculo das necessidades para responder às encomendas de janeiro de 2019

Tabela XI.1 Cálculo das necessidades de produção

Referência	Estação	Quantidade necessária para uma unidade de 098394	Quantidade necessária para uma unidade de 817223	Necessidades totais para responder às encomendas de jan/2019	Stock Existente	Necessário Produzir?	Quantidade necessária a produzir
1010	PI1	0	1	1980	409	SIM	1571
1016	PI1	0	1	1980	1159	SIM	821
1073	PI1	1	0	5480	910	SIM	4570
1078	PI1	1	0	5480	179	SIM	5301
1102	PI1	0	1	1980	57	SIM	1923
1119	PI31	1	0	5480	2062	SIM	3418
1121	PI31	0	1	1980	1903	SIM	77
1122	PI31	0	1	1980	3859	NÃO	-
1147	PI1	0	1	1980	49	SIM	1931
1198	PI31	1	0	5480	211	SIM	5269
9282	PI14	2	0	10960	173	SIM	10787
90605	PI25	0	1	1980	0	SIM	1980
90606	PI32	0	1	1980	27	SIM	1953
90607	PI32	0	1	1980	87	SIM	1893
90608	PI32	0	1	1980	76	SIM	1904
90609	PI32	0	1	1980	27	SIM	1953
90610	PI32	0	1	1980	3	SIM	1977
90611	PI32	0	1	1980	1	SIM	1979
90617	PI32	1	0	5480	51	SIM	5429
90619	PI32	1	0	5480	77	SIM	5403
92322	PI30	0	1	1980	7	SIM	1973
92694	PI30	1	0	5480	88	SIM	5392
92815	PI25	1	0	5480	2	SIM	5478
92816	PI32	1	0	5480	1	SIM	5479
92818	PI32	1	0	5480	51	SIM	5429
93000	PI14	1	0	5480	27	SIM	5453
098394	PF01	1	0	5480	1	SIM	5479
817223	PF01	0	1	1980	2	SIM	1978

Tabela XI.2 Cálculo das necessidades de matéria-prima (Continuação)

Referência	Quantidade necessária para uma unidade de 098394	Quantidade necessária para uma unidade de 817223	Necessidades totais para responder às encomendas de jan/2019	Stock Existente	Necessário Encomendar?	Quantidade necessária para encomendar
2006	2	3	16900	1847	SIM	15053
2007	2	0	10960	7372	SIM	3588
2009	1	3	11420	77264	NÃO	-
2010	0	4	7920	842	SIM	7078
2016	0	8	15840	1816	SIM	14024
2019	6	0	32880	15800	SIM	17080
2034	0	0,4	792	3920	NÃO	-
2055	0,4	0	2192	1000	SIM	1192
2060	2	1	12940	8248	SIM	4692
2061	2	0	10960	2751	SIM	8209
2062	2	0	10960	3098	SIM	7862
2065	1	1	7460	3509	SIM	3951
2067	1	0	5480	2252	SIM	3228
2075	0	50	99000	15668	SIM	83332
2380	0	3	5940	10242	NÃO	-
2382	0	20	39600	24776	SIM	14824
2391	2	2	14920	4235	SIM	10685
2398	0	1	1980	1079	SIM	901
5374	0	1	1980	12	SIM	1968
20055	0	0,4	792	1500	NÃO	-
20109	2	0	10960	6421	SIM	4539
20141	3	3	22380	10954	SIM	11426
20212	0	30	59400	500	SIM	58900
20263	6	0	32880	10020	SIM	22860
20264	2	0	10960	11110	NÃO	-
20339	0	1	1980	4799	NÃO	-
20463	0	3	5940	783	SIM	5157
20660	0	1	1980	1118	SIM	862
20834	0	1	1980	0	SIM	1980
21855	0	3	5940	879	SIM	5061
22081	1	0	5480	989	SIM	4491
22159	0	1	1980	162	SIM	1818
22160	0	2	3960	5104	NÃO	-
22161	3	3	22380	12654	SIM	9726
22162	1	0	5480	1858	SIM	3622
22163	4	6	33800	12490	SIM	21310
22882	0	1	1980	5	SIM	1975
22883	0	1	1980	110	SIM	1870
23457	1	0	5480	1018	SIM	4462
23730	2	2	14920	3988	SIM	10932
24170	1	0	5480	1226	SIM	4254
24208	1	0	5480	756	SIM	4724
24216	0	1	1980	301	SIM	1679

Tabela XI.2 Cálculo das necessidades de matéria-prima

Referência	Quantidade necessária para uma unidade de 098394	Quantidade necessária para uma unidade de 817223	Necessidades totais para responder às encomendas de jan/2019	Stock Existente	Necessário Encomendar?	Quantidade necessária para encomendar
24218	0	2	3960	711	SIM	3249
24219	0	1	1980	2445	NÃO	-
24375	1	0	5480	63	SIM	5417
24497	1	0	5480	1694	SIM	3786
25000	5	0	27400	1179	SIM	26221
50964	1	0	5480	30	SIM	5450
50985	1	0	5480	7	SIM	5473
83423	0	1	1980	3	SIM	1977
83446	1	0	5480	6	SIM	5474
83801	0	1	1980	3	SIM	1977

Anexo XII Explosão de materiais para responder às encomendas de janeiro de 2019

Tabela XII.1 Explosão de materiais para produção (Continuação)

Referência	Estação	Quantidade necessária a produzir	Tempo de produção (minutos)	Setup (minutos)	Quantidade mínima a produzir (unidades)	Quantidade a encomendar	Valor de arredondamento	Quantidade a produzir final	Tempo necessário (minutos)
1010	PI1	1571	0,167	6	200	1571	200	1600	273
1016	PI1	821	0,167	6	300	821	300	900	157
1073	PI1	4570	0,167	6	100	4570	100	4600	773
1078	PI1	5301	0,167	6	500	5301	500	5500	923
1102	PI1	1923	0,125	6	500	1923	500	2000	256
1119	PI31	3418	0,059	6	500	3418	500	3500	212
1121	PI31	77	0,059	6	500	500	500	500	36
1122	PI31	-	0,059	6	500	-	500	0	0
1147	PI1	1931	0,250	6	300	1931	300	2100	531
1198	PI1	5269	0,059	6	500	5269	500	5500	330
9282	PI14	10787	0,075	5	100	10787	100	10800	815
90605	PI25	1980	0,063	10	400	1980	50	2000	137
90606	PI32	1953	0,012	5	500	1953	500	2000	29
90607	PI32	1893	0,012	5	500	1893	500	2000	29
90608	PI32	1904	0,012	5	500	1904	500	2000	29
90609	PI32	1953	0,012	5	200	1953	200	2000	29
90610	PI32	1977	0,012	5	300	1977	300	2100	31
90611	PI32	1979	0,012	5	300	1979	300	2100	31
90617	PI32	5429	0,012	5	500	5429	500	5500	71
90619	PI32	5403	0,012	5	500	5403	500	5500	71
92322	PI30	1973	0,071	10	320	1973	20	1980	150
92694	PI30	5392	0,071	10	320	5392	20	5400	392
92815	PI25	5478	0,063	10	160	5478	20	5480	357
92816	PI32	5479	0,017	5	100	5479	100	5500	97

Tabela XII.1 Explosão de materiais para produção

Referência	Estação	Quantidade necessária a produzir	Tempo de produção (minutos)	Setup (minutos)	Quantidade mínima a produzir (unidades)	Quantidade a encomendar	Valor de arredondamento	Quantidade a produzir final	Tempo necessário (minutos)
92818	PI32	5429	0,012	5	500	5429	500	5500	71
93000	PI14	5453	0,075	5	300	5453	300	5700	433
098394	PF01	5479	0,060	5	960	5479	60	5520	337
817223	PF01	1978	0,060	5	960	1978	60	1980	124

Tabela XII.2 Explosão de materiais para matérias-primas (Continuação)

Referência	Quantidade necessária para encomendar	Lead time de fornecimento (dias)	Quantidade mínima a encomendar (unidades)	Quantidade a encomendar final	Tempo necessário (dias)
2006	15053	7	2340	15053	7
2007	3588	8	4900	4900	8
2009	-	12	5000	0	12
2010	7078	7	1000	7078	7
2016	14024	15	5000	14024	15
2019	17080	12	12000	17080	12
2034	-	9	25	0	9
2055	1192	14	25	1192	14
2060	4692	7	2000	4692	7
2061	8209	7	1000	8209	7
2062	7862	7	2000	7862	7
2065	3951	15	3000	3951	15
2067	3228	15	0	3228	15
2075	83332	30	5000	83332	30
2380	-	20	0	0	20
2382	14824	13	25	14824	13
2391	10685	8	0	10685	8
2398	901	10	3000	3000	10
5374	1968	8	1000	1968	8
20055	-	15	25	0	15
20109	4539	7	16000	16000	7
20141	11426	13	10000	11426	13
20212	58900	7	3000	58900	7
20263	22860	13	25	22860	13
20264	-	20	25	0	20
20339	-	120	0	0	120
20463	5157	10	0	5157	10
20660	862	12	48000	48000	12
20834	1980	15	1000	1980	15
21855	5061	21	25	5061	21
22081	4491	25	0	4491	25
22159	1818	7	550	1818	7
22160	-	7	1100	0	7
22161	9726	7	1700	9726	7
22162	3622	7	300	3622	7
22163	21310	7	4500	21310	7
22882	1975	8	0	1975	8
22883	1870	10	0	1870	10
23457	4462	7	320	4462	7
23730	10932	30	0	10932	30
24170	4254	8	6000	6000	8
24208	4724	8	6000	6000	8
24216	1679	15	0	1679	15

Tabela XII.2 Explosão de materiais para matérias-primas

Referência	Quantidade necessária para encomendar	Lead time de fornecimento (dias)	Quantidade mínima a encomendar (unidades)	Quantidade a encomendar final	Tempo necessário (dias)
24218	3249	20	1000	3249	20
24219	-	20	3750	0	20
24375	5417	14	250	5417	14
24497	3786	30	0	3786	30
25000	26221	30	150	26221	30
50964	5450	8	1000	5450	8
50985	5473	22	1000	5473	22
83423	1977	22	1000	1977	22
83446	5474	8	0	5474	8
83801	1977	8	1000	1977	8

Anexo XIII Simulacro do impacto no tempo de resposta

Tabela XIII.1 Simulacro do planeamento no cenário segundo o MRP (Continuação)

Estação	Referência	Precedência	Lead time de fornecimento da precedência (dias)	Tempo de produção da referência (horas)	Dia a partir do qual pode começar a produzir	Dia início atividade	Dia fim atividade	Dia a partir do qual fica disponível
PI1	1078	20263	13	15,4	13	15	16	18
		22161	7					
		22163	7					
	1073	20264	20	12,9	7	9	10	12
		22162	7					
		22163	7					
	1198	25000	30	5,5	30	31	31	33
		22161	7					
		22163	7					
	1102	21855	21	4,3	21	24	24	26
		22161	7					
		22163	7					
	1010	2075	30	4,6	30	31	32	34
		22159	7					
		22163	7					
	1147	20212	7	8,9	7	8	9	11
		22160	7					
		22163	7					
1016	2382	13	2,6	13	16	16	18	
	22160	7						
	22163	7						

Tabela XIII.1 Simulacro do planeamento no cenário segundo o MRP (Continuação)

Estação	Referência	Precedência	Lead time de fornecimento da precedência (dias)	Tempo de produção da referência (horas)	Dia a partir do qual pode começar a produzir	Dia início atividade	Dia fim atividade	Dia a partir do qual fica disponível
PI31	1119	2055	14	3,5	14	15	15	17
		22161	7					
		22163	7					
	1122	2034	9	0	-	-	-	1
		22161	7					
		22163	7					
	1121	20055	15	0,6	1	1	1	3
		22161	7					
		22163	7					
PI14	93000	24375	14	7,2	14	15	15	17
	9282	24497	30	13,6	30	31	32	34
PI32	90617	1078	-	1,2	18	18	18	20
	90619	1119	-	1,2	17	17	17	19
	92816	1073	-	1,6	12	12	12	14
	92818	1198	-	1,2	33	33	33	35
	90606	1102	-	0,5	26	26	26	28
	90609	1010	-	0,5	34	36	36	38
	90610	1147	-	0,5	11	11	11	13
	90611	1016	-	0,5	18	18	18	20
	90607	1122	-	0,5	1	1	1	3
	90608	1121	-	0,5	3	3	3	5
PI25	92815	93000	-	6	35	36	36	38
		9282	-					
		90617	-					
		90619	-					

Tabela XIII.1 Simulacro do planeamento no cenário segundo o MRP (Continuação)

Estação	Referência	Precedência	Lead time de fornecimento da precedência (dias)	Tempo de produção da referência (horas)	Dia a partir do qual pode começar a produzir	Dia início atividade	Dia fim atividade	Dia a partir do qual fica disponível	
(PI25)	(92815)	92816	-						
		92818	-						
		23730	30						
	90605	90606	-		2,3	38	38	38	40
		90609	-						
		90610	-						
		90611	-						
		90607	-						
		90608	-						
		23730	30						
PI30	92694	2009	12	6,5	30	31	31	33	
		2019	12						
		2061	7						
		22081	25						
		20109	7						
		2062	7						
		2065	15						
		23730	30						
		2391	8						
		2006	7						
		20141	13						
		2060	7						
		2067	15						
		24170	8						
		2007	8						

Tabela XIII.1 Simulacro do planeamento no cenário segundo o MRP (Continuação)

Estação	Referência	Precedência	Lead time de fornecimento da precedência (dias)	Tempo de produção da referência (horas)	Dia a partir do qual pode começar a produzir	Dia início atividade	Dia fim atividade	Dia a partir do qual fica disponível
(PI30)	(92694)	23457	7					
		24208	8					
	92322	2016	15	2,5	30	31	31	33
		2065	15					
		23730	30					
		2380	20					
		2391	8					
		2398	10					
		24216	15					
		2009	12					
		2010	7					
		20660	12					
		20834	15					
		24219	20					
		2060	7					
		2006	7					
		20141	13					
20463	10							
24218	20							
PF01	98394	92815	-	5,6	38	38	38	40
		92694	-					
		50985	22					
		83446	8					
		50964	8					

Tabela XIII.1 Simulacro do planejamento no cenário segundo o MRP

Estação	Referência	Precedência	Lead time de fornecimento da precedência (dias)	Tempo de produção da referência (horas)	Dia a partir do qual pode começar a produzir	Dia início atividade	Dia fim atividade	Dia a partir do qual fica disponível
(PF01)	817223	90605	-	2,1	40	40	40	42
		92322	-					
		22883	10					
		83423	22					
		20339	120					
		22882	8					
		5374	8					
		83801	8					

Nota:

- A **vermelho** estão identificadas as referências que têm *stock* disponível e que, por isso, não são necessárias de produzir ou encomendar.
- A **azul** estão identificadas as referências de matéria-prima que não têm *stock* disponível na totalidade para responder às necessidades de janeiro de 2019, mas que o *stock* existente permite iniciar a ordem de produção sem ser necessário esperar pela chegada das encomendas das respectivas referências.

Tabela XIII.2 Simulacro do planeamento no cenário segundo o DDMRP (Continuação)

Estação	Referência	Precedência	Lead time de fornecimento da precedência (dias)	Tempo de produção da referência (horas)	Dia a partir do qual pode começar a produzir	Dia início atividade	Dia fim atividade	Dia a partir do qual fica disponível
PI1	1078	20263	13	0	-	-	-	1
		22161	7					
		22163	7					
	1073	20264	20	0	-	-	-	1
		22162	7					
		22163	7					
	1198	25000	30	0	-	-	-	1
		22161	7					
		22163	7					
	1102	21855	21	0	-	-	-	1
		22161	7					
		22163	7					
	1010	2075	30	0	-	-	-	1
		22159	7					
		22163	7					
1147	20212	7	0	-	-	-	1	
	22160	7						
	22163	7						
1016	2382	13	0	-	-	-	1	
	22160	7						
	22163	7						
PI31	1119	2055	14	0	-	-	-	1
		22161	7					
		22163	7					

Tabela XIII.2 Simulacro do planejamento no cenário segundo o DDMRP (Continuação)

Estação	Referência	Precedência	Lead time de fornecimento da precedência (dias)	Tempo de produção da referência (horas)	Dia a partir do qual pode começar a produzir	Dia início atividade	Dia fim atividade	Dia a partir do qual fica disponível
(PI31)	1122	2034	9	0	-	-	-	1
		22161	7					
		22163	7					
	1121	20055	15	0	-	-	-	1
		22161	7					
		22163	7					
PI14	93000	24375	14	7,2	14	15	15	17
	9282	24497	30	13,6	1	1	2	4
PI32	90617	1078	-	1,2	1	1	1	3
	90619	1119	-	1,2	1	1	1	3
	92816	1073	-	1,6	1	1	1	3
	92818	1198	-	1,2	1	1	1	3
	90606	1102	-	0,5	1	1	1	3
	90609	1010	-	0,5	1	1	1	3
	90610	1147	-	0,5	1	1	1	3
	90611	1016	-	0,5	1	1	1	3
	90607	1122	-	0,5	1	1	1	3
	90608	1121	-	0,5	1	1	2	4
PI25	92815	93000	-	6	17	17	17	19
		9282	-					
		90617	-					
		90619	-					
		92816	-					
		92818	-					
		23730	30					

Tabela XIII.2 Simulacro do planeamento no cenário segundo o DDMRP (Continuação)

Estação	Referência	Precedência	Lead time de fornecimento da precedência (dias)	Tempo de produção da referência (horas)	Dia a partir do qual pode começar a produzir	Dia início atividade	Dia fim atividade	Dia a partir do qual fica disponível
(PI25)	90605	90606	-	2,3	4	4	4	6
		90609	-					
		90610	-					
		90611	-					
		90607	-					
		90608	-					
		23730	30					
PI30	92694	2009	12	6,5	-	-	-	1
		2019	12					
		2061	7					
		22081	25					
		20109	7					
		2062	7					
		2065	15					
		23730	30					
		2391	8					
		2006	7					
		20141	13					
		2060	7					
		2067	15					
		24170	8					
		2007	8					
		23457	7					
24208	8							

Tabela XIII.2 Simulacro do planejamento no cenário segundo o DDMRP (Continuação)

Estação	Referência	Precedência	Lead time de fornecimento da precedência (dias)	Tempo de produção da referência (horas)	Dia a partir do qual pode começar a produzir	Dia início atividade	Dia fim atividade	Dia a partir do qual fica disponível
(PI30)	92322	2016	15	2,5	-	-	-	1
		2065	15					
		23730	30					
		2380	20					
		2391	8					
		2398	10					
		24216	15					
		2009	12					
		2010	7					
		20660	12					
		20834	15					
		24219	20					
		2060	7					
		2006	7					
		20141	13					
20463	10							
24218	20							
PF01	98394	92815	-	5,6	22	24	24	26
		92694	-					
		50985	22					
		83446	8					
		50964	8					
	817223	90605	-	2,1	22	24	24	26
		92322	-					
		22883	10					

Tabela XIII.2 Simulacro do planeamento no cenário segundo o DDMRP

Estação	Referência	Precedência	Lead time de fornecimento da precedência (dias)	Tempo de produção da referência (horas)	Dia a partir do qual pode começar a produzir	Dia início atividade	Dia fim atividade	Dia a partir do qual fica disponível
(PF01)	(817223)	83423	22					
		20339	120					
		22882	8					
		5374	8					
		83801	8					

Nota:

- A **verde** estão identificadas as referências que estão protegidas por *buffer*, que se assume que têm disponibilidade de *stock* imediata e, por isso, não é necessário produzir ou encomendar.
- A **vermelho** estão identificadas as referências que não estão protegidas por *buffer*, mas que têm *stock* disponível suficiente para responder às encomendas, por isso, não são necessárias de produzir ou encomendar.