



**FCTUC** FACULDADE DE CIÊNCIAS  
E TECNOLOGIA  
UNIVERSIDADE DE COIMBRA

DEPARTAMENTO DE  
ENGENHARIA MECÂNICA

# **Planeamento de Produção por Controlo de Carga: Análise comparativa de regras de lançamento**

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

**Autor**

**Mafalda de Pinho Martins**

**Orientador**

**Professor Doutor Cristóvão Silva**

**Júri**

**Presidente** Professora Doutora Marta Cristina Cardoso de Oliveira  
Professora Auxiliar da Universidade de Coimbra

**Vogais** Professor Doutor Luís Miguel Domingues Ferreira  
Professor Auxiliar da Universidade de Aveiro  
Professor Doutor Pedro Mariano Simões Neto

**Coimbra, Julho, 2012**

Aos meus pais e às minhas irmãs, por tudo.

## Agradecimentos

O trabalho que aqui se apresenta só foi possível graças à colaboração e apoio de algumas pessoas, às quais não posso deixar de prestar o meu reconhecimento.

Agradeço ao Professor Doutor Cristóvão Silva, orientador desta tese, pela disponibilidade demonstrada na concretização deste trabalho, motivação, paciência e experiência que me transtimiu.

Aos meus amigos que me acompanharam durante a minha vida universitária, pela sua presença, incentivo e pelos bons momentos que partilhámos. Um agradecimento especial à Vânia pela paciência e motivação dados não só ao longo deste trabalho, mas também ao longo destes cinco anos.

Ao meu avô, por tudo o que tem feito e por ser um homem extraordinário.

Às minhas irmãs, Inês e Patrícia, pelo apoio e incentivo que me deram ao longo da realização deste trabalho e ao longo da minha vida.

Aos meus pais que sempre me encorajaram e que me instruíam com princípios e valores que me permitiram chegar até aqui. É a eles que devo tudo o que alcancei.

A todos o meu

**Muito Obrigado**

## Resumo

O controlo de carga é um conceito de planeamento e controlo da produção que tem como principal objectivo controlar a carga de trabalho existente no sistema produtivo, de modo a controlar os tempos de produção e, conseqüentemente, a respeitar as datas de entrega impostas pela empresa ou pelos seus clientes. Segundo Kingsman (2000), o lançamento imediato das ordens de produção para o sistema produtivo constitui uma forma de controlo pouco eficaz. Assim sendo, o conceito de controlo de carga propõe a utilização de um mecanismo de lançamento de ordens de produção e de uma reserva de encomendas de forma a permitir o controlo do lançamento das ordens. Estas são armazenadas na reserva onde esperam pelo seu lançamento, podendo ser ordenadas de acordo com uma determinada regra de lançamento.

Este trabalho foca a fase referida anteriormente, isto é, a fase de lançamento das encomendas e tem como principais objectivos desenvolver um sistema de apoio à decisão que permita automatizar o processo de lançamento de encomendas com intervenção inicial do operador e testar o impacto de uma regra de optimização para o lançamento sobre o desempenho do sistema produtivo, comparando-a com regras mais simples e tipicamente descritas na literatura.

Analisando os resultados obtidos através do sistema de apoio à decisão desenvolvido, pode-se concluir que a regra baseada no algoritmo de optimização, de entre as restantes regras analisadas neste trabalho, apresenta resultados muito favoráveis. Como tal, ficou claro que, no futuro, o processo de lançamento de encomendas passa por considerar regras de lançamento um pouco mais complexas do que aquelas tipicamente propostas na literatura.

**Palavras-chave:** Planeamento e Controlo da Produção, Controlo de Carga, Sistema de Apoio à Decisão, Simulação, Regras de Lançamento.

## Abstract

The Workload Control is a concept of production planning and control has as main objective to control the work load in the production system, in order to control production times and therefore to respect delivery dates imposed by the company or by its customers. According Kingsman (2000), the immediate release of production orders for the production system is an ineffective form of control. Thus, the concept of workload control proposes the use of a release mechanism of production orders and a pre-shop pool to allow control of release orders. These are stored in the pool where they wait for their release, can be sorted according to a particular rule of release.

This paper focuses on the stage referred to above, i.e., the orders release stage and has as main objectives to develop a decision support system that allows you to automate the orders release process with initial intervention of the operator and test the impact of a rule of optimization for release on the performance of the production system, comparing it with simpler rules and typically described in the literature.

Analyzing the results obtained through the decision support system developed, it can be concluded that the rule based on optimization algorithm, among other rules discussed in this paper shows very favorable results. As such, it became clear that in the future, the release process involves considering release rules a little more complex than those typically proposed in the literature.

**Keywords** Production planning and control, Workload Control, Decision support system, Simulation, Release rules.

## Índice

Índice de Figuras .....	v
Índice de Tabelas .....	vi
Siglas .....	vii
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Fundamentação do trabalho e objectivos.....	2
2. A METODOLOGIA WLC.....	4
2.1. Definição de tempos de ciclo.....	4
2.2. Controlo por Carga .....	6
2.3. Modelo do funil para um centro de trabalho.....	7
2.4. Controlo hierárquico da carga.....	10
2.5. Controlo da carga lançada.....	11
2.6. Benefícios da metodologia WLC.....	12
3. PROCESSO DE LANÇAMENTO E SUAS REGRAS .....	14
3.1. Critérios de ordenação .....	17
3.1.1. Earliest Due Date.....	18
3.1.2. Release length.....	18
3.1.3. Planned release date.....	18
4. TRABALHO DESENVOLVIDO .....	20
4.1. Metodologia desenvolvida.....	20
4.2. O Sistema de Apoio à Decisão.....	22
4.2.1. Objectivos de um Sistema de Apoio à Decisão.....	22
4.2.2. Ferramentas utilizadas na elaboração do sistema de apoio à decisão.....	23
4.2.3. Descrição do sistema desenvolvido.....	23
4.3. Modelo de simulação .....	26
4.4. Interligação SAD e Simulador.....	29
5. ANÁLISE DE RESULTADOS.....	31
5.1. Parâmetros considerados.....	32
6. CONCLUSÕES .....	37
7. BIBLIOGRAFIA .....	38
8. ANEXOS .....	40
8.1. Anexo A.....	40
8.2. Anexo B .....	47
8.3. Anexo C .....	49

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Elementos do tempo de ciclo de operação (Venade, 2008). .....	4
Figura 2. Representação esquemática do conceito de controlo de carga (Silva, 2000).....	6
Figura 3. Modelo do funil (Venade, 2008).....	8
Figura 4. Modelo <i>input/output</i> completo (Silva, 2000).....	9
Figura 5. Quadro do controlo hierárquico da carga (Stevenson, 2006).....	10
Figura 6. Processo de lançamento de encomendas.....	14
Figura 7. Estado actual de um <i>shop floor</i> . .....	15
Figura 8. Estado do <i>shop floor</i> de acordo com a abordagem de carga agregada.....	16
Figura 9. Estado do <i>shop floor</i> de acordo com a abordagem de carga corrigida.....	17
Figura 10. Esquema da metodologia utilizada.....	20
Figura 11. Interface relativa à informação das encomendas. ....	24
Figura 12. Interface relativa ao estado do <i>shop floor</i> . ....	26
Figura 13. Modelo de simulação do <i>shop floor</i> . ....	27
Figura 14. Jobs Matrix do modelo de simulação.....	28
Figura 15. Tempo total de simulação. ....	31
Figura 16. Parte I do código VBA da função “Gerador”.....	40
Figura 17. Parte II do código VBA da função “Gerador”. ....	41
Figura 18. Parte III do código VBA da função “Gerador”.....	42
Figura 19. Parte IV do código VBA da função “Gerador”.....	43
Figura 20. Parte V do código VBA da função “Gerador”. ....	44
Figura 21. Parte VI do código VBA da função “Gerador”.....	45
Figura 22. Parte VII do código VBA da função “Gerador”. ....	46
Figura 23. Parte I do código VBA da função “Lançar”.....	47
Figura 24. Parte II do código VBA da função “Lançar”. ....	48
Figura 25. Parte III do código VBA da função “Lançar”.....	48
Figura 26. Quadro com informação de cada encomenda .....	49

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Parâmetros relativos ao <i>shop floor</i> . .....	21
Tabela 2. Parâmetros relativos às encomendas. ....	21
Tabela 3. Parâmetros relativos ao controlo de carga. ....	22
Tabela 4. Quadro resumo dos resultados. ....	32
Tabela 5. Intervalos de confiança a 95%. ....	34
Tabela 6. Critérios de desempenho relacionados com datas de entrega. ....	36

## SIGLAS

EDD – Earliest Due Date

FIFO – First in First out

JIT – Just In Time

LNC – Lançamento não controlado

MRP – Manufacturing Resource Planning

MTO – Make to Order

OPT – Optimized Production Technology

PPC – Production Planning and Control

PRD – Planned Release Date

RL – Release Length

SAD – Sistema de Apoio à Decisão

TCT – Tempo de Ciclo Total

TPR – Tempo de Permanência na reserva

TPSF – Tempo de Passagem pelo *Shop Floor*

VBA – Visual Basic for Applications

WLC – Workload Control

## 1. INTRODUÇÃO

Os sistemas de planeamento e controlo da produção (*Production Planning and Control*, PPC) fazem parte do sistema de informação de um sistema produtivo e tem ênfase nos materiais, equipamentos, pessoas e fornecedores. Segundo *Vollmann et al* (1992), tanto o sistema de planeamento e controlo de produção como o próprio sistema de produção são concebidos para ir de encontro às condições do mercado e às condições impostas pela estratégia da empresa (Carvalho, 2000).

A ideia base de um sistema de planeamento e controlo de produção é fornecer informação de forma a possibilitar a gestão eficiente dos fluxos de materiais, a utilização eficiente dos recursos, a coordenação das actividades internas com as dos fornecedores e a comunicação com os clientes sobre as necessidades do mercado.

Algumas das principais funções dos sistemas de planeamento da produção são enumeradas de seguida:

- Planeamento da necessidade de recursos, da capacidade e correspondente disponibilidade para satisfazer a procura.
- Planeamento da necessidade de materiais no momento certo e nas quantidades certas para a produção dos produtos.
- Assegurar a utilização dos equipamentos e instalações.
- Programar as actividades de produção para que as pessoas e equipamentos operem correctamente.
- Lançamento de ordens de produção.
- Ter capacidade de resposta rápida em caso de desvios.
- Controlo de stocks.

No entanto, é de frisar que a importância de cada uma destas funções varia com o tipo de sistema produtivo em questão.

Hoje em dia, devido à elevada competitividade existente no mercado, factores como o preço, datas de entrega, fiabilidade, qualidade e tempo são cruciais para o sucesso de uma empresa e, como tal, um sistema de planeamento tem um papel importante.

Nas últimas décadas têm surgido vários conceitos para o planeamento e controlo da produção e a maioria são suportados por aplicações informáticas. No entanto, parte destes sistemas apesar de solucionarem problemas relativos ao fluxo de materiais e à capacidade, os resultados que apresentam não são os esperados, sobretudo no que diz respeito aos tempos de ciclo e aos níveis de stock. Estes resultados devem-se à instabilidade do mercado que dificulta uma correcta previsão da procura, à não consideração da disponibilidade da capacidade e à ausência de adaptação dos tempos de ciclo de produção à carga existente no sistema produtivo (Silva, 2000).

Existem, no entanto, alguns conceitos de planeamento e controlo da produção onde os problemas referidos acima são tidos em conta, nomeadamente, MRP II (*Manufacturing Resource Planning*), JIT (*Just in Time*), OPT (*Optimized Production Technology*) e WLC (*Workload Control*).

Este trabalho irá debruçar-se apenas sobre um destes conceitos, o conceito de controlo de carga (WLC).

## **1.1. Fundamentação do trabalho e objectivos**

A metodologia de planeamento e controlo da produção baseada no conceito de controlo de carga, descrita no próximo capítulo desta tese, caracteriza-se pela existência de um estágio de lançamento das ordens de produção que divide o sistema de planeamento do *shop floor* (fase de execução). A origem deste conceito remonta à década de 80 do século XX e, desde então, muitos artigos têm sido publicados sobre este assunto.

Em todo o trabalho desenvolvido até hoje assume-se que a decisão referente ao lançamento das ordens de produção pode ser realizada por um decisor, com recurso a regras simples. No entanto, se existir um grande número de ordens de produção para lançar pode ser difícil aos utilizadores pouco familiarizados com o conceito WLC, tomar as decisões mais correctas. Além disso, as regras de decisão simples até hoje testadas podem não garantir que o processo de lançamento conduza aos melhores resultados possíveis.

Assim, para este trabalho foram definidos dois grandes objectivos, sendo referidos de seguida:

1. Desenvolver uma interface que permita a automatização do processo de lançamento de encomendas, com intervenção mínima do operador.
2. Testar o impacto de uma regra de optimização para o lançamento sobre o desempenho do sistema produtivo, comparando-a com as regras mais simples descritas até hoje na literatura.

## 2. A METODOLOGIA WLC

### 2.1. Definição de tempos de ciclo

Para que seja possível um melhor entendimento do conceito a abordar neste trabalho, o WLC, é necessário, antes de mais, fazer referência a outros conceitos, nomeadamente, ao conceito de tempo de ciclo. Assim, de seguida são definidos de forma breve os tempos em análise neste trabalho:

- Tempo de ciclo de operação;
- Tempo de passagem pelo *shop floor*;
- Tempo de ciclo de produção;
- Tempo de ciclo total.

O tempo de ciclo de operação pode ser dividido em cinco elementos distintos, são eles: tempo de espera antes de dar entrada num determinado centro de trabalho, tempo de preparação, tempo de processamento, tempo de espera após o processamento e o tempo de transporte para o próximo centro de trabalho. Estes elementos estão esquematizados na Figura 1, onde são representadas duas operações sucessivas de uma ordem de produção (entenda-se por ordem de produção as tarefas necessárias à execução de uma encomenda).

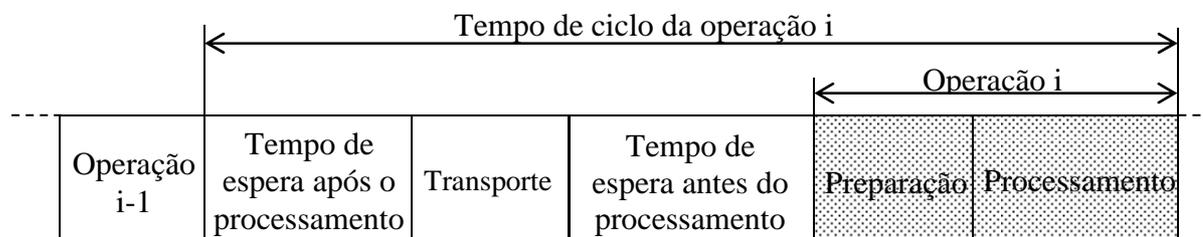


Figura 1. Elementos do tempo de ciclo de operação (Venade, 2008).

Na Figura 1 considera-se que o tempo de ciclo da operação  $i$  é o somatório do tempo de espera após processamento da operação  $i-1$ , do tempo de transporte para o centro de trabalho que irá processar a operação  $i$ , do tempo passado na fila de espera desse centro de trabalho e do seu tempo de preparação e processamento.

O tempo de espera antes do processamento de uma operação corresponde ao tempo que uma encomenda permanece na fila de espera para ser processada, como tal, quanto mais encomendas existirem nas filas de espera maior será o tempo de espera antes do processamento e, conseqüentemente, maior o tempo necessário para a sua execução. Este tempo em muitos casos pode representar cerca de 80% do tempo de ciclo de operação.

O tempo de passagem pelo *shop floor* representa o tempo em que uma dada ordem de produção permanece no *shop floor*, sendo que este não é mais do que o somatório de todos os tempos de ciclo de operação necessárias à realização da encomenda.

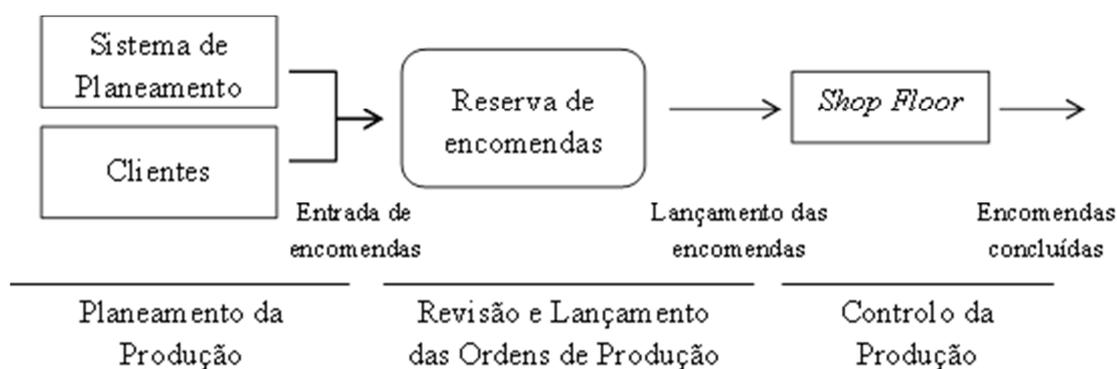
O tempo de ciclo de produção é o tempo que decorre entre a emissão de uma ordem de produção e a sua entrada no armazém de produtos acabados. Se, eventualmente, o instante de emissão de uma determinada ordem de produção coincidir com o instante de lançamento da mesma, o tempo de ciclo de produção tomará o mesmo valor que o tempo de passagem pelo *shop floor*. Caso o sistema de produção possua uma reserva de encomendas, isto pode não se verificar, uma vez que estas ficam retidas nela até que se cumpram as condições necessárias ao seu lançamento. Neste caso o tempo de ciclo de produção será igual ao somatório entre o tempo de passagem pelo *shop floor* e o tempo de espera na reserva.

O tempo de ciclo total não é mais do que a soma de todos os tempos referidos anteriormente. No entanto, é ainda necessário considerar o tempo que decorre entre a verificação de uma necessidade e a emissão da ordem de produção para que seja possível a certificação, nomeadamente, da disponibilidade de matéria prima e ferramentas necessárias ao seu processamento, e o tempo necessário ao despacho do produto acabado, preparação de documentos, embalagem, etc. Como tal, no tempo de ciclo total são incluídos também estes dois tempos. O tempo de ciclo total toma particular relevância em sistema de produção por encomenda, uma vez que representa o tempo de espera sentido pelo cliente após o seu pedido.

## 2.2. Controlo por Carga

A metodologia WLC é apontada como sendo um novo conceito de planeamento e controlo da produção projectado para ambientes complexos, com especial importância para pequenas e médias empresas com sistemas da produção em que esta só é iniciada após a existência de uma encomenda firme por parte do cliente (empresas *Make-to-Order*, MTO). Esta metodologia surgiu do conceito *Input/Output Control* (IOC) e foi apresentada pela primeira vez por Wight (1970).

A ideia base do controlo de carga é controlar simultaneamente a entrada de trabalho para o *shop floor* (*input*) e a capacidade de processamento dos centros de trabalho (*output*) através do uso de um mecanismo de lançamento de ordens de produção e de uma reserva de encomendas. Desta forma é possível controlar a carga de trabalho existente no *shop floor*, evitando demasiados congestionamentos, e manter as filas de espera suficientemente curtas permitindo, assim, controlar os tempos de espera e, conseqüentemente, o tempo de ciclo de produção. O conceito de controlo de carga pode ser representado esquematicamente como é demonstrado na Figura 2.



**Figura 2.** Representação esquemática do conceito de controlo de carga (Silva, 2000).

De acordo com a Figura 2 é possível verificar que o WLC se caracteriza pela existência de uma reserva de encomendas. Esta reserva não é mais do que o elemento de ligação entre o sistema de planeamento da produção e a fase de controlo da mesma, permitindo a sua gestão.

As encomendas geradas pelo sistema de planeamento e/ou pelos próprios clientes dão entrada no sistema produtivo, mas podem não ser lançadas imediatamente para

o *shop floor*, onde serão produzidas. Estas são mantidas na reserva sob a forma de um registo informático ou documental. Periodicamente, as encomendas existentes na reserva são analisadas decidindo-se aquelas que devem ser lançadas para o *shop floor*.

O objectivo deste procedimento passa por limitar a carga de trabalho presente no *shop floor* de modo a controlar a dimensão das filas de espera. Para tal, é necessário definir, para cada centro de trabalho, um limite de carga. Uma encomenda só é lançada para o *shop floor* se a carga que impõem aos centros de trabalho por onde deve passar não levar à violação do limite de carga máximo imposto.

A redução do stock de produtos em vias de fabrico e o controlo do tempo de permanência no *shop floor* que, por sua vez, possibilita o equilíbrio de carga nos vários centros de trabalho ao longo do tempo é conseguido através do mecanismo de lançamento referido anteriormente que identifica as ordens de produção que podem ser lançadas para o *shop floor*.

### **2.3. Modelo do funil para um centro de trabalho**

A metodologia WLC tem como princípio o controlo das filas de espera existente nos diversos centros de trabalho para que se possa proceder ao controlo do tempo de ciclo de produção.

Para que seja perceptível o modo como a redução das filas de espera podem contribuir para a redução dos tempos de ciclo é importante a compreensão da relação entre a chega de encomendas (*input*), as encomendas processadas (*output*), o stock de produtos em vias de fabrico e o tempo de ciclo de uma dada operação. Recorrendo ao modelo do funil apresentado por Bechte (1988) é possível verificar as relações que existem entre as variáveis acima referidas. Estas mesmas relações são apresentadas na Figura 3.

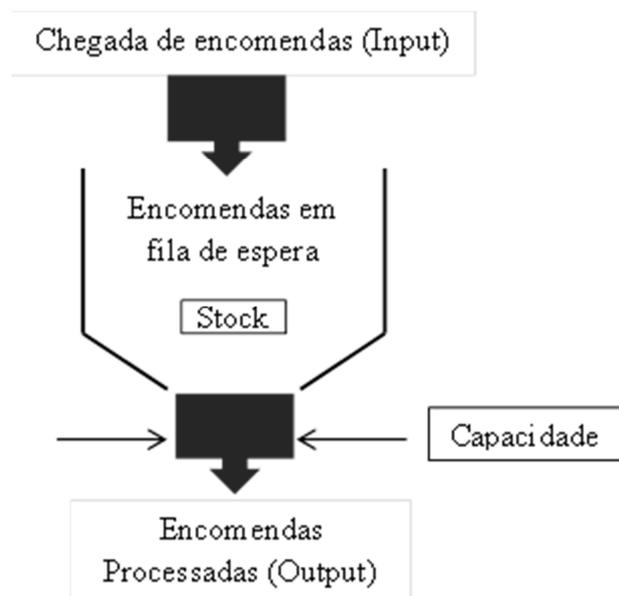


Figura 3. Modelo do funil (Venade, 2008).

Segundo este modelo, as ordens de produção chegam ao centro de trabalho (*input*) e são processadas (*output*) a um dado ritmo dirigindo-se para os centros de trabalho seguintes.

A relação da taxa de *input* com a taxa de *output*, define o nível de stock nos centros de trabalho e, conseqüentemente, o tempo necessário à sua execução.

Assim, podem definir-se regras que permitam o controlo da carga de trabalho num determinado centro de trabalho:

- Deve manter-se o mesmo valor médio dos *input* e *output* nos centros de trabalho para manter um stock constante.
- O *input* deve ser provisoriamente inferior ao *output*, de forma a diminuir o stock.
- O aumento do nível do stock consegue-se mantendo o *input* temporariamente superior ao *output*.
- Para que um determinado valor médio de tempo de ciclo seja alcançado deve-se ajustar a razão entre o stock e o *output*.
- O sequenciamento das ordens de produção deve ser realizado recorrendo à regra *First in First out* (FIFO) quando o objectivo é aproximar os tempos de ciclo das mesmas.

De acordo com as regras acima enumeradas é possível afirmar que o controlo da carga imposta ao sistema produtivo e, conseqüentemente, dos tempos de ciclo, pode passar pelo controlo do *input*, controlando a quantidade de trabalho que chega a um centro de trabalho, e/ou *output*, controlando a capacidade do centro de trabalho.

No entanto, este modelo apenas se refere ao nível mais baixo do controlo de produção, isto é, ao controlo da carga e ao tempo de passagem pelo *shop floor*. Este facto pode levar à existência de um número total de ordens de produção (existentes no *shop floor* e na reserva) demasiado elevado podendo exceder a capacidade máxima disponível e comprometer o desempenho do sistema produtivo. Ou seja, o controlo do *input*, conseguido mantendo as ordens de produção que não devem ser lançadas, sob pena de aumentar as filas de espera acima de um limite considerado razoável, numa reserva até que as condições no *shop floor* permitam o seu lançamento, faz com que o tempo de espera no *shop floor* seja agora passado na reserva, o que levará a que o tempo total necessário ao processamento de uma encomenda não diminua. Cientes desta limitação autores como Hendry (1989) ou Park e Salegna (1995) sugerem que se tenha em conta também o controlo da entrada de ordens de produção na reserva e não apenas o controlo do lançamento das mesmas para o *shop floor*. Na Figura 4 está representado este mesmo modelo.

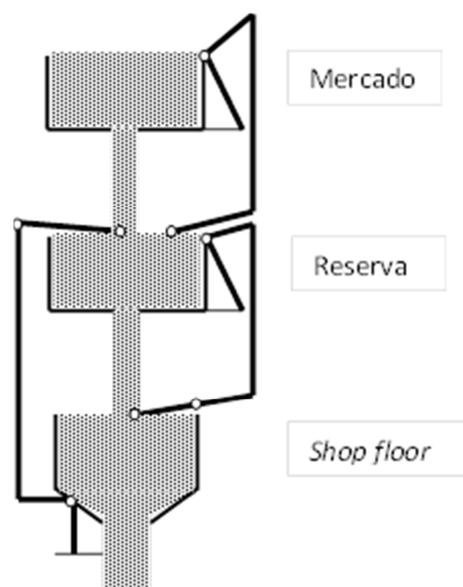


Figura 4. Modelo *input/output* completo (Silva, 2000).

O controlo do *input* para a reserva poderá ser feito rejeitando encomendas feitas por clientes ou definindo convenientemente as datas de entrega a propôr aos clientes.

## 2.4. Controlo hierárquico da carga

Conforme referido no ponto anterior, o planeamento e controlo na fase de entrada de encomendas na reserva é considerado fulcral. Como tal, para manter o controlo num ambiente MTO, a fase de lançamento pode beneficiar do controlo complementar no nível de decisão anterior (a fase de entrada de encomendas na reserva). A metodologia de controlo de carga engloba o planeamento de produção e a revisão e lançamento das ordens de produção numa estrutura hierárquica. Esta estrutura hierárquica está representada na Figura 5, sendo que cada nível é um subconjunto do anterior:

1. Carga de trabalho lançada: incorpora toda a carga de trabalho existente no *shop floor*;
2. Carga de trabalho planeada: incorpora a carga de trabalho existente na reserva e a carga de trabalho existente no *shop floor*;
3. Carga de trabalho total: diz respeito à carga de trabalho não confirmada e à carga já confirmada, sendo esta constituída pela carga do *shop floor* e da reserva.

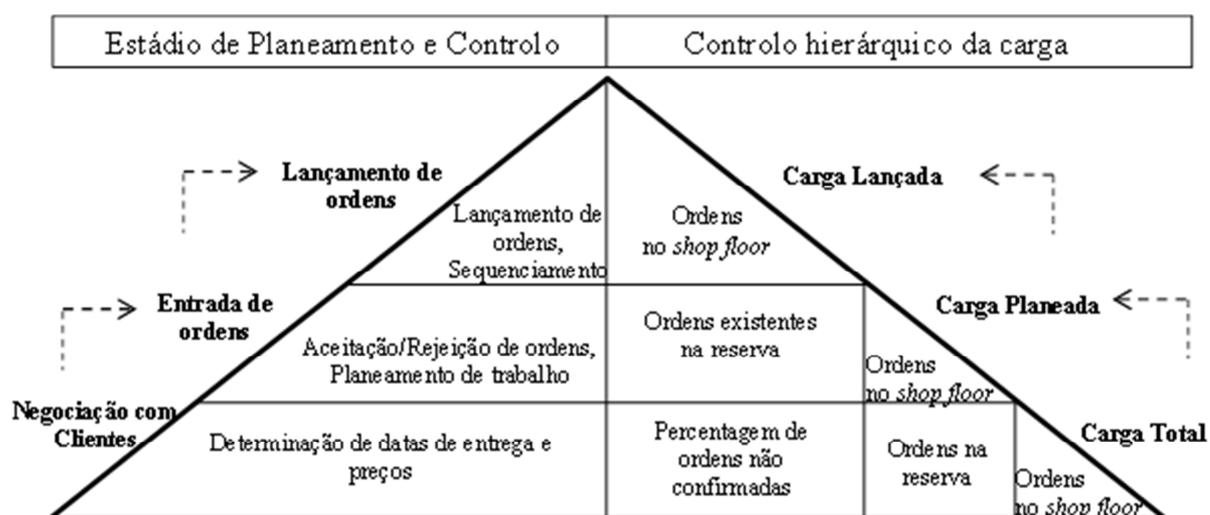


Figura 5. Quadro do controlo hierárquico da carga (Stevenson, 2006).

A Figura 5 mostra ainda os níveis de tomada de decisão que permitem controlar cada uma das cargas referidas.

O controlo da carga lançada é conseguido controlando o lançamento das encomendas da reserva para o *shop floor*. Quanto ao controlo da carga planeada, este é possível controlando a entrada do sistema, procedendo à aceitação ou rejeição de encomendas. Por fim, o controlo da carga total é efectuado recorrendo a negociações com os clientes, onde são discutidas datas de entrega para as encomendas e preços exequíveis.

## 2.5. Controlo da carga lançada

Como foi referido anteriormente o conceito WLC consiste no controlo de uma hierarquia de cargas de trabalho, recorrendo a vários níveis de decisão. Este trabalho irá focar apenas a fase de lançamento de encomendas, pelo que esta passa a ser descrita com um pouco mais de detalhe.

O estágio de lançamento é constituído, genericamente, por três fases que são descritas de seguida.

### 1- Entrada de encomendas na reserva

Esta fase não é mais do que a interface entre o sistema de planeamento e/ou o cliente e a reserva de encomendas. Aqui todos os aspectos referentes à preparação e realização das ordens necessários à conclusão das encomendas são analisados e tidos em conta. Depois de verificados aspectos como a existência de materiais e ferramentas necessárias à produção das ordens, definição da sequência de fabrico e a determinação de datas de entrega, estas podem ser incluídas na reserva.

### 2- Gestão da reserva

A reserva é algo semelhante a uma base de dados em suporte informático ou documental e representa o local onde as ordens de produção aceites na fase anterior esperam pelo seu lançamento para o *shop floor*. Todas as ordens de produção geradas no

estádio anterior têm de passar pela reserva antes de seguirem para o *shop floor*, caso contrário estariam comprometidos os principais objectivos do estágio de revisão e lançamento de ordens de produção.

As ordens de produção que dão entrada na reserva são, nesta fase, ordenadas de acordo com uma regra de prioridade pré definida, nomeadamente, *Earliest Due Date* (EDD), *Planned Release Date* (PRD) ou *First Come First Served* (FCFS).

### 3- Lançamento das encomendas para o sistema de produção

Nesta fase são escolhidas as encomendas da reserva que vão ser lançadas para o sistema de produção, de acordo com um ou mais dos seguintes critérios:

- Quantidade de ordens de produção existentes na reserva a aguardar lançamento.
- Estado actual do *shop floor*, tendo em conta a carga disponível e a carga que as ordens lançadas impõem ao sistema de produção.
- Desempenho planeado para o sistema produtivo.

Esta fase pode ocorrer em períodos pré-determinados ou ocorrer de forma contínua.

Apesar de todas as fases enumeradas apresentarem várias particularidades e questões que proporcionavam a sua análise em mais detalhe, o trabalho desenvolvido irá focar-se apenas nas duas últimas fases do estágio de lançamento.

## 2.6. Benefícios da metodologia WLC

Como já foi referido na secção 2.2, o objectivo da metodologia WLC não é mais do que limitar a carga de trabalho presente no *shop floor* de modo a controlar a dimensão das filas de espera. Isto garante uma boa taxa de utilização de todos os centros de trabalho e um menor tempo de ciclo total de produção.

De seguida são apresentadas os principais benefícios desta metodologia:

1. Controlo das filas de espera no *shop floor*, possibilitando a estabilização e redução de tempos de percurso e, conseqüente, redução de tempos de entrega. Este controlo é feito recorrendo à imposição de um limite de carga aos centros de trabalho.

2. Controlo do lançamento das ordens de produção. Antes de proceder ao lançamento de uma ordem de produção esta é colocada numa reserva para que seja possível verificar a existência de materiais e ferramentas necessários ao seu processamento, assim sendo, o lançamento das ordens não é feito de imediato. Isto garante que não haverá congestionamentos no *shop floor* devido, por exemplo, às ordens de produção que não podem ser processadas por falta de material.

3. Controlo da produtividade. Se a carga nos centros de trabalho do *shop floor* for demasiado baixa os operadores tendem a realizar as suas tarefas mais lentamente para evitar ficar sem trabalho, isto leva à redução da velocidade de processamento das ordens de produção. No entanto, uma carga demasiado elevada dificulta a comunicação entre os vários níveis hierárquicos a fim de se definir as prioridades de produção o que pode criar dificuldades na realização de tarefas. Portanto, o controlo da carga de trabalho pode determinar a produtividade dos operadores.

4. Qualidade dos produtos. Caso a carga nos centros de trabalho do *shop floor* for demasiado elevada, os operadores podem sentir-se sob maior pressão. Isto pode levar a um decréscimo da qualidade dos produtos e pode aumentar o tempo levado em tarefas de reparação ou na produção de novos produtos.

5. Flexibilidade do sistema. As encomendas que são, inicialmente, colocadas numa reserva existem sob a forma de um registo informático ou documental. Isto permite que, em caso de alteração da encomenda por parte do cliente, haja a possibilidade de reagir e proceder a estas mesmas alterações. Caso contrário pode existir demasiado trabalho “físico” no *shop floor* que, devido às alterações, passa a ser inútil.

### 3. PROCESSO DE LANÇAMENTO E SUAS REGRAS

Até ao momento têm sido desenvolvidos sistemas que permitiam ao operador avaliar a influência das medidas tomadas por si, nomeadamente, no que toca à selecção de ordens a lançar e, conseqüentemente, o efeito que estas terão sobre o *shop floor*, antes de tomar uma decisão definitiva. Permitiam também a alteração de diversos parâmetros, tais como, datas de entrega, e carga limite disponível. Contudo, isto não possibilita afirmar, se de facto, as decisões tomadas pelo operador são as mais correctas, uma vez que estes têm a tendência de, muitas vezes, lançar as ordens quase que de imediato, sem considerar a carga de trabalho imposta ao sistema ou podem ocorrer situações em que um mesmo parâmetro tenha um grau de importância diferente para vários operadores ou estes podem reagir de forma diferente perante um mesmo cenário (Stevenson, Huang & Hendry, 2009).

Conforme foi dito anteriormente este trabalho incide no processo de lançamento de encomendas, como tal, este capítulo debruçar-se-á sobre esta questão.

O processo de lançamento de encomendas está representado esquematicamente na Figura 6. Neste processo as encomendas que se encontram numa reserva são lançadas para o *shop floor* de acordo com determinadas regras e critérios.



**Figura 6.** Processo de lançamento de encomendas.

O *shop floor* para onde as encomendas são lançadas é constituído por um determinado número de centros de trabalho. Uma encomenda para ser processada pode necessitar de passar, segundo uma determinada ordem, por todos ou parte dos centros de trabalho. Na metodologia WLC a cada centro de trabalho está associado um limite de carga

que representa a quantidade máxima de trabalho (medida em unidades de tempo) que pode estar presente nesse mesmo centro de trabalho.

Na reserva, todas as encomendas, cujo lançamento está em condições de ser efectuado, encontram-se ordenadas segundo um determinado critério. Periodicamente todas estas encomendas são analisadas de modo a determinar quais as que devem ser lançadas. Esta análise é efectuada atendendo à carga que cada encomenda impõem a cada centro de trabalho. Se a carga imposta a um dado centro de trabalho violar o limite máximo a encomenda é retida na reserva até ao próximo período de lançamento, caso contrário a encomenda é lançada para o *shop floor* e a sua carga é acrescentada a cada centro de trabalho. Esta análise é realizada para todas as encomendas que se encontram na reserva.

No momento do lançamento é necessário atender à forma como a carga imposta pelas encomendas a cada centro de trabalho se reflecte sobre a carga já existente no *shop floor* ao longo do tempo. Existem duas abordagens que tratam esta questão de forma distinta: a abordagem da carga agregada e a abordagem de carga corrigida.

Para proceder ao esclarecimento destas duas abordagens considera-se o estado actual de um *shop floor*, representado na Figura 7, com um limite de carga máximo de sete unidades de tempo e composto por três centros de trabalho, cada um com três, cinco e duas unidades de tempo respectivamente.

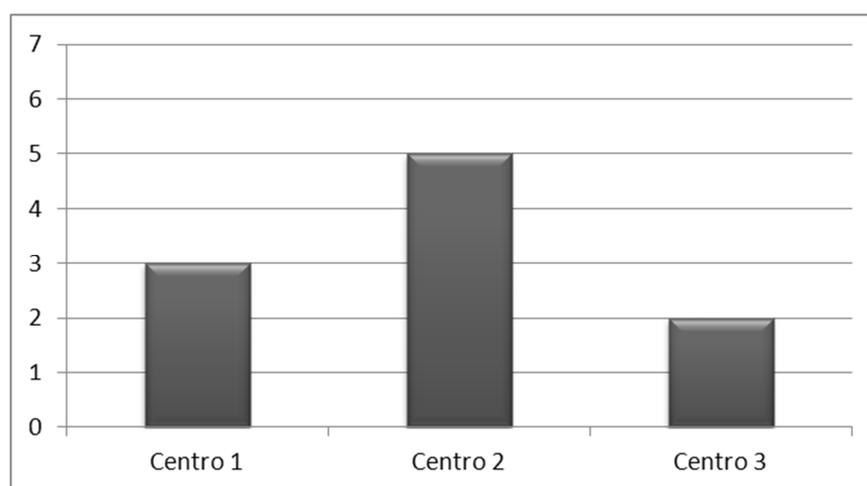
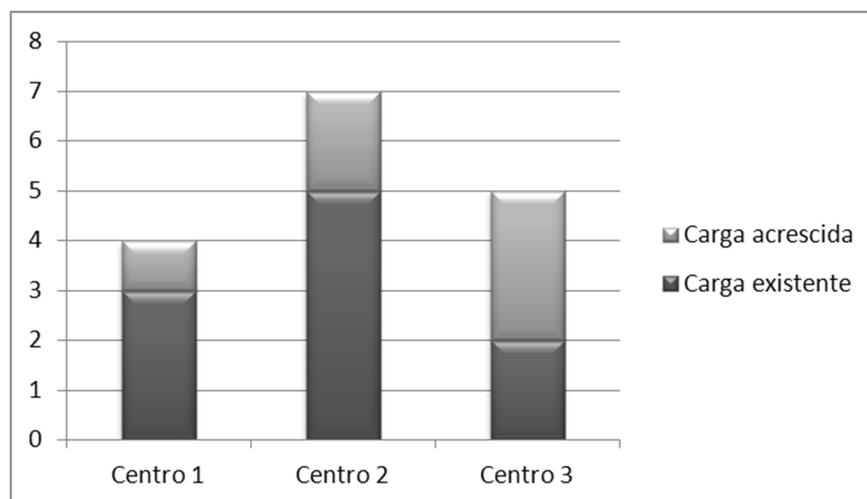


Figura 7. Estado actual de um *shop floor*.

Suponha-se que se pretende proceder ao lançamento de uma encomenda para o *shop floor*. Esta encomenda apenas estará concluída depois de passar pelos centros dois,

um e três, por esta ordem, e impõe a estes mesmos centros duas, uma e três unidades de tempo respectivamente.

Segundo a abordagem de carga agregada, o impacto do lançamento desta encomenda é representado na Figura 8.



**Figura 8.** Estado do *shop floor* de acordo com a abordagem de carga agregada.

Aqui, a carga lançada para o *shop floor* é imediatamente afecta a todos os centros de trabalho por onde a encomenda deve passar assim que o processo de lançamento é efectuado.

Esta abordagem apresenta um inconveniente. O facto de proceder ao lançamento da carga para todos os centros de trabalho simultaneamente pode sobrevalorizar, efectivamente, o impacto que o lançamento da encomenda tem sobre o *shop floor*.

Para contrariar esta situação alguns autores sugeriram uma nova abordagem, a abordagem de carga corrigida. Considerando as condições do *shop floor* e a encomenda inicialmente referidas, o impacto do lançamento da encomenda segundo a abordagem de carga corrigida é representado na Figura 9.

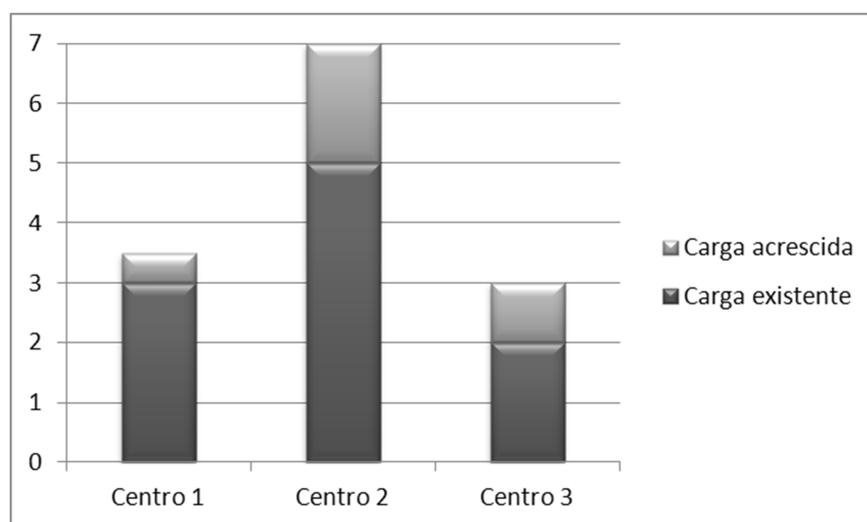


Figura 9. Estado do *shop floor* de acordo com a abordagem de carga corrigida.

A abordagem de carga corrigida tem em conta a posição que cada centro de trabalho toma na rota que uma encomenda tem de efectuar no *shop floor*, fazendo com que a carga que impõe diminua à medida que a encomenda se aproxima do final da sua rota. Isto é, no instante em que se procede ao lançamento da encomenda apenas a carga do primeiro centro de trabalho por onde esta deve passar é imposta na sua totalidade, neste caso o primeiro centro é o 2, como tal, são acrescidas duas unidades de tempo. As restantes cargas a impôr são baseadas na posição que os centros de trabalho tomam na rota da encomenda, dividindo a carga imposta pela encomenda pela posição do centro de trabalho. Assim, no exemplo dado a carga imposta ao centro de trabalho 1 é de 0,5 unidades de tempo; carga de uma unidade de tempo a passar pelo centro de trabalho que se encontra na segunda posição na rota da ordem de fabrico.

### 3.1. Critérios de ordenação

Como foi referido no início deste Capítulo, todas as encomendas presentes na reserva encontram-se ordenadas segundo um determinado critério, isto é, segundo uma determinada regra de ordenação. Dos critérios de ordenação mais abordados na literatura destacam-se 3, sendo enumerados e descritos de seguida.

### 3.1.1. Earliest Due Date

A primeira regra tem por base a data de entrega de cada ordem. Esta regra de lançamento consiste em ordenar todos os pedidos existentes na reserva da data de entrega mais próxima para a mais distante. Assim sendo, as primeira ordens a lançar são as que possuem maior atraso relativamente à sua data de entrega. No entanto, se, eventualmente, uma das ordens exceder a carga limite imposta para um determinado centro de trabalho ou exceder a carga disponível nesse instante, esta não é lançada para o *shop floor* e passa-se à ordem seguinte, mesmo que apresente uma data de entrega maior que a anterior.

### 3.1.2. Release length

A segunda regra tem em consideração o valor da carga total de trabalho que uma dada ordem impõem ao *shop floor* tendo em conta, portanto, o tempo que cada ordem passará em cada centro de trabalho, assim, as ordens existentes na reserva serão ordenadas da que apresentar maior valor de carga total de trabalho para a menor. A equação (1) demonstra esta regra:

$$RL_w = \sum_{i=1}^6 WC_{i,w} \quad (1)$$

Onde  $RL_w$  representa o valor da carga total imposta no *shop floor* pela ordem  $w$  e  $WC_{i,w}$  representa a carga que a ordem  $w$  acrescenta ao centro de trabalho  $i$ .

### 3.1.3. Planned release date

O conceito *Planned Release Date* serve de base à terceira regra de lançamento. A data de entrega de um trabalho e o número de centros de trabalho que cada ordem tem de percorrer são fulcrais para o desenvolvimento deste método de lançamento. Esta regra pode ser representada pela seguinte equação (2):

---

$$PRD_w = DD_w - \sum_{i=1}^6(TP_{i,w}) - C_w \times 5. \quad (2)$$

Onde  $PRD_w$  é o momento planeado em que a ordem  $w$  deve ser lançada para o *shop floor*,  $DD_w$  é a data de entrega da ordem  $w$ ,  $TP_{i,w}$  é o tempo de processamento que a ordem  $w$  acrescenta ao centro de trabalho  $i$  e, por fim,  $C_w$  é o número de centros de trabalho por onde a ordem  $w$  tem de passar até estar concluída. A constante 5 representa o tempo médio de espera em fila de espera. Assim sendo, as ordens existentes na reserva estarão organizadas de forma crescente de acordo com as suas datas de lançamento planeadas.

## 4. TRABALHO DESENVOLVIDO

### 4.1. Metodologia desenvolvida

Como foi referido no início deste trabalho, os dois objectivos propostos são desenvolver uma interface que permita a automatização do processo de lançamento de encomendas e testar o impacto de diferentes regras de lançamento sobre o desempenho do sistema produtivo.

Para atingir os objectivos referenciados acima optou-se por seguir a metodologia apresentada esquematicamente na Figura 10.

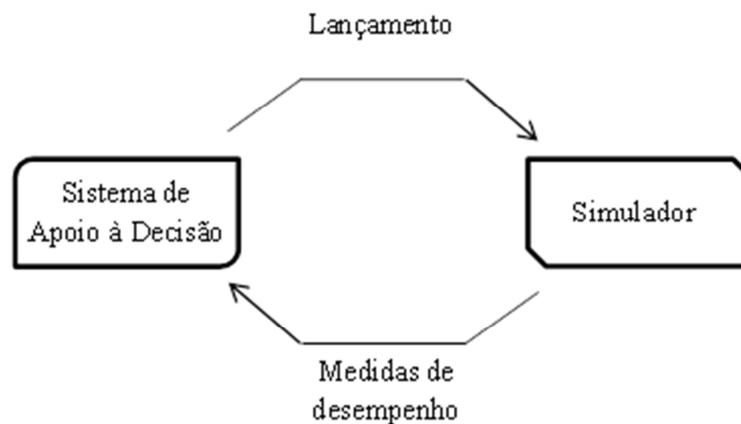


Figura 10. Esquema da metodologia utilizada.

Inicialmente foi desenvolvido um sistema de apoio à decisão (SAD) recorrendo à ferramenta *Ms Excel* no sentido de cumprir o primeiro objectivo referido anteriormente. Posteriormente foi criado um modelo de simulação para que se possa proceder à análise do impacto das regras de lançamento sobre o desempenho do sistema produtivo e, conseqüentemente, atingir o segundo objectivo deste trabalho.

Estes dois sistemas, SAD e simulador, estão interligados e comunicam entre si conforme mostra a Figura 10. O procedimento adoptado para obter resultados consiste, fundamentalmente, em recorrer ao SAD para tomar decisões relativas ao processo de lançamento de encomendas e identificar aquelas que estão em condições de serem lançadas. O conjunto de encomendas propostas para lançamento são transferidas para o simulador que permitirá avaliar a sua evolução no *shop floor*. As medidas de desempenho obtidas após a simulação, tempos de ciclo e atrasos, são enviados para o SAD para posterior análise. Além disso, o simulador envia para o SAD o estado do *shop floor*, carga presente em cada centro de trabalho, antes de se proceder a uma nova decisão de lançamento. Este processo decorre interactivamente até alcançar um conjunto de dados suficiente para uma análise correcta do impacto da regra de lançamento sobre o desempenho do sistema produtivo.

Para analisar o impacto de diferentes regras de lançamento consideram-se para o estudo realizado os parâmetros relativos ao *shop floor*, às encomendas e ao controlo de carga apresentados nas Tabela 1, Tabela 2 e Tabela 3, respectivamente.

**Tabela 1.** Parâmetros relativos ao *shop floor*.

Parâmetros	Valores
Número de centros de trabalho	6
Capacidade dos centros de trabalho	Constante ao longo do tempo
Regra de sequenciamento	<i>First come first served</i> (FCFS)
Tipologia	<i>Job-shop</i> (todas as rotas têm a mesma probabilidade de ocorrência)

**Tabela 2.** Parâmetros relativos às encomendas.

Parâmetros	Valores
Número de operações por encomenda	Distribuição uniforme de 1 a 6
Tempos de processamento	Distribuição exponencial negativa com $\mu=1$
Tempo médio entre chegadas	Distribuição exponencial negativa com $\mu=0.7$
Prazo de entrega	Somatório do instante de chegada e $a$ , $a = U\sim[25, 45]$

**Tabela 3.** Parâmetros relativos ao controlo de carga.

Parâmetros	Valores
Limite de carga	7,5 unidades de tempo
Intervalo entre lançamentos	5 unidades de tempo
Carga	Agregada ou Corrigida

Estes parâmetros foram seleccionados, uma vez que se assemelham aos parâmetros geralmente encontrados na literatura onde a metodologia WLC é estudada por simulação, permitindo, assim, uma eventual comparação futura deste trabalho com os de outros autores.

## 4.2. O Sistema de Apoio à Decisão

### 4.2.1. Objectivos de um Sistema de Apoio à Decisão

O termo sistema de apoio à decisão tem sido utilizado de diferentes formas e tem-lhe sido atribuído diversas definições de acordo com o ponto de vista de cada autor. Finlay (1994), por exemplo, define o sistema de apoio à decisão de uma forma geral como sendo “*um sistema computacional que auxilia o processo de tomada de decisão*”, por sua vez, Turban (1995) define este conceito mais especificamente como sendo “*um sistema de informação interactivo, flexível e adaptável, especialmente desenvolvido para apoiar a solução de um problema de gestão não estruturado para aperfeiçoar a tomada de decisão. Utiliza dados recorrendo a uma interface amigável e permite ao decisor incluir o seu conhecimento no processo de tomada de decisão*”.

Um sistema de apoio à decisão permite acelerar o processo de tomada de decisão e a resolução de uma determinada questão, aumenta o controlo organizacional, encoraja a exploração e descoberta por parte daquele que toma a decisão, promove a

aprendizagem, promove o surgimento de novas abordagens acerca de um problema e ajuda a automatizar processos de gestão.

No caso deste trabalho o desenvolvimento de uma interface para o apoio à tomada de decisão para o lançamento de encomendas teve um duplo objectivo: (1) criar uma primeira versão de um sistema de apoio à decisão para auxiliar no processo de lançamento, minimizando a intervenção do utilizador e (2) permitir, através da comunicação com um simulador, retirar ilações acerca do desempenho de regras de lançamento alternativas.

#### **4.2.2. Ferramentas utilizadas na elaboração do sistema de apoio à decisão**

O sistema de apoio à decisão apresentado consiste num sistema desenvolvido com recurso ao *Ms Excel*.

O *Ms Excel* é um software com uma interface intuitiva e que inclui o *Visual Basic for Applications* (VBA), uma linguagem de programação baseada em *Visual Basic* que acrescenta a capacidade de automatizar tarefas no *Ms Excel* e permite a criação de funções por parte do utilizador. Este software foi escolhido uma vez que apresenta grande facilidade de manipulação de informação e porque a maioria dos utilizadores de computadores está familiarizado com o mesmo. O facto de incluir o *Visual Basic for Applications* foi também uma razão importante para a escolha deste software, uma vez que o sistema desenvolvido é suportado por enumeras funções muito específicas e singulares, que de outra forma seriam difíceis de implementar.

#### **4.2.3. Descrição do sistema desenvolvido**

O sistema de apoio à decisão desenvolvido compreende duas interfaces principais. A primeira interface, apresentada na Figura 11, dispõe informação relevante para o processo de lançamento, nomeadamente, a referência da encomenda, o nome do cliente que a solicitou, o tipo e quantidade do produto que constitui a encomenda, a carga que é imposta a cada centro de trabalho por onde a encomenda deve passar e, não menos

importante, a data de entrega do pedido. Esta informação é obtida recorrendo ao botão “Gerar Ordens”. Este botão permite simular a chegada de um conjunto de encomendas ao sistema. As encomendas geradas aleatoriamente obedecerão às condições definidas na Tabela 2.

Gerar Ordens		Lançar		Regras de Lançamento						Encomendas por despachar neste momento: 17	
				<input type="radio"/> Data de Entrega	<input type="radio"/> Peso da Carga Lançada	<input type="radio"/> Data Lançamento Planeada	<input checked="" type="radio"/> Optimização				
Ref. Enc	Cliente	Produto	Carga Posto 1	Carga Posto 2	Carga Posto 3	Carga Posto 4	Carga Posto 5	Carga Posto 6	Quantidade	Data de Entrega	
1	L	f	1.51	0.01	0	0.03	0	0	37	38.75	
2	B	w	0.6	0	1.47	0	0	0	13	16.81	
3	T	c	1.05	0	0.8	1.45	1.26	2.87	50	18.51	
4	T	u	0	0.05	0.32	0	0	0.91	43	17.13	
5	Y	p	1.49	1.84	0.55	1.22	0.5	0.52	50	23.78	
6	R	o	0	2.54	1.89	0.41	0.42	0.89	38	27.75	
7	Y	n	1.57	1.03	0.84	1.92	0.18	0.75	50	31.48	
8	F	x	0	0	0	0.53	0	0	43	19.73	
9	V	e	2.01	1.4	0.36	0	1.08	0	39	21.08	
10	L	y	0.84	0.56	2.68	1.8	1.37	0.23	31	26.94	
11	O	t	0.84	0.85	0.5	0.17	0.57	1.11	18	50.04	
12	T	s	0.46	1.67	3.28	0	0	0	41	33.8	
13	U	q	2.79	0	1.66	0.86	1.44	0	40	37.77	
14	C	s	0.69	0.21	3.04	0	0.03	0	19	27.45	
15	Q	d	0.09	0	0.73	0	0.21	0.75	23	32.21	
16	H	l	0.07	1.01	2.52	0	0.75	0	34	35.25	
17	W	u	2.36	0	0.42	0.2	0.34	0.24	29	36.53	

Figura 11. Interface relativa à informação das encomendas.

Todas as encomendas são geradas aleatoriamente e a informação que lhes diz respeito é disposta segundo o formato apresentado na Figura 11. O botão “Lançar” permite proceder ao lançamento automático das encomendas garantindo que não haja qualquer violação da carga limite imposta ao *shop floor*. Este lançamento pode ser efectuado de acordo com 4 regras de lançamento disponibilizadas. A escolha da regra a utilizar é tomada pelo decisor nesta mesma interface. Para além das três regras descritas no capítulo 3, existe uma quarta regra, a regra de optimização.

Esta regra de lançamento baseia-se no conceito de programação binária para problemas de optimização. Um problema de optimização tem como objectivo maximizar ou minimizar uma quantidade específica, designada por objectivo, que depende de um número finito de variáveis.

Neste caso, o objectivo desta regra consiste na selecção de um conjunto de ordens a lançar que proporcione um equilíbrio da carga nos centros de trabalho. Para isso o conjunto de ordens a lançar é seleccionado procurando minimizar o valor de carga disponível em cada centro de trabalho do *shop floor*, após o lançamento. A equação (3) representa a função objectivo para este problema.

Minimizar:

$$Z = \sum_{i=1}^6 (x_i - \sum_{j=1}^n w_{i,j} \cdot b_j) \quad (3)$$

Sujeito a:

$$\sum_{j=1}^n w_{i,j} \cdot b_j \leq x_i$$

$$b_j = 0 \text{ ou } 1 \quad (4)$$

$$j = 1, \dots, n; i = 1, \dots, 6$$

Onde  $x_i$  é a carga disponível no centro de trabalho  $i$ ,  $w_{i,j}$  é a carga imposta ao centro de trabalho  $i$  pela ordem de produção  $j$  e, por fim,  $b_j$  representa a variável binária do problema referente à ordem  $j$ .

Uma vez que o lançamento, ou não, de uma ordem envolve uma decisão do tipo sim ou não, é de todo o interesse recorrer à programação binária. No caso em questão, se a decisão for do tipo sim, isto é, se a ordem puder ser lançada, a variável  $b_j$  tomará o valor 1, caso contrário a variável tomará o valor 0 e, assim, poder-se-á alcançar a melhor combinação de ordens a lançar.

As variáveis anteriormente referidas estão restringidas da seguinte forma: o valor resultante do produto entre a variável binária referente a uma determinada ordem ( $b_j$ ) e a carga lançada nos diversos centros de trabalho por essa mesma ordem deve ser igual ou inferior à carga disponível nos centros de trabalho ( $x_i$ ) e a variável binária deve obrigatoriamente tomar o valor 0 ou 1. O número de centros de trabalho variam de 1 a 6 e o número de ordens de produção de 1 a  $n$ , equação (4).

Para desenvolver todas as funções essenciais à execução de todo este processo foi necessário recorrer ao VBA, como já foi referido. O código VBA desenvolvido encontra-se apresentado nos Anexo A e B.

A segunda interface, apresentada na Figura 12, disponibiliza informação relativa aos resultados dos lançamentos efectuados. Esta informação é disposta segundo dois formatos, em tabela e em gráfico. A informação contida na tabela diz respeito à carga

existente no *shop floor*, isto é, a carga ainda por processar em cada centro de trabalho num determinado momento, à carga que uma dada encomenda impõe a cada centro de trabalho, se lançada, e à carga disponível no *shop floor*. O gráfico permite identificar a carga resultante do processo de lançamento efectuado em cada centro de trabalho, a cor mais escura, e a carga total que pode ainda ser afectada a cada centro de trabalho, a cor mais clara. Esta interface permite ao utilizador acompanhar o efeito cumulativo que cada encomenda tem sobre o *shop floor* à medida que esta é lançada.

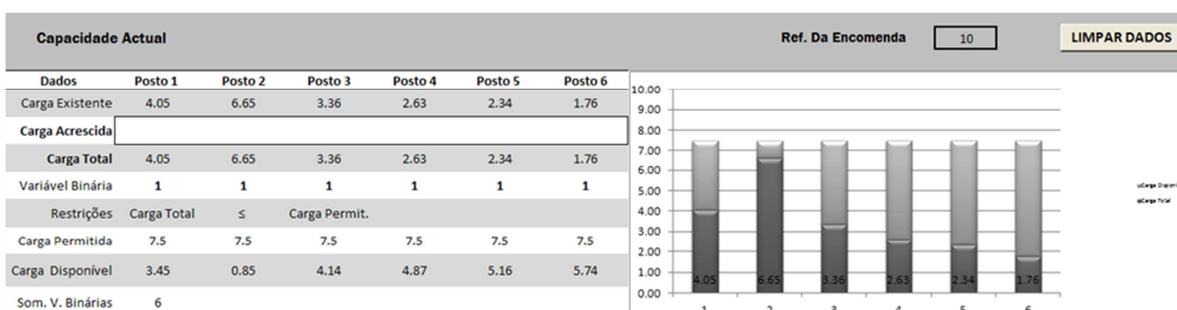


Figura 12. Interface relativa ao estado do *shop floor*.

Para além destas duas interfaces, o sistema compreende uma outra interface em tudo semelhante à primeira, no entanto esta diz respeito ao processo de lançamento baseado na abordagem de carga agregada.

As encomendas cujo lançamento foi efectuado são, posteriormente, utilizadas pelo modelo de simulação, descrito de seguida, para aferir as medidas de desempenho. A informação que permite aferir as medidas de desempenho são, no final, guardadas numa interface secundária. Esta informação inclui a referência da encomenda, o instante em que deu entrada na reserva e no *shop floor*, o tempo de passagem pelo sistema produtivo e a sua data de entrega. Esta interface secundária encontra-se representada no Anexo C.

### 4.3. Modelo de simulação

A simulação tem sido um método predominantemente adoptado na investigação relativa ao controlo de carga, como tal, também neste trabalho houve a necessidade de recorrer a este método.

As simulações em Simul8 são constituídas por objectos, como por exemplo, centros de trabalho, filas de espera, pontos de entrada/saída de trabalho, entre outros. Estes objectos estão interligados entre si definindo rotas por onde fluem os itens de trabalho (*work item*). Estes itens representam, para o caso em estudo, as ordens de produção processadas nos centros de trabalho e cada um deles é de um dado tipo (*work item type*), isto é, cada ordem de produção possui a sua própria rota no *shop floor* e, como tal, diferencia-se de outras ordens.

O modelo implementado em Simul8 que se adequa ao sistema descrito anteriormente está representado de seguida (Figura 13):

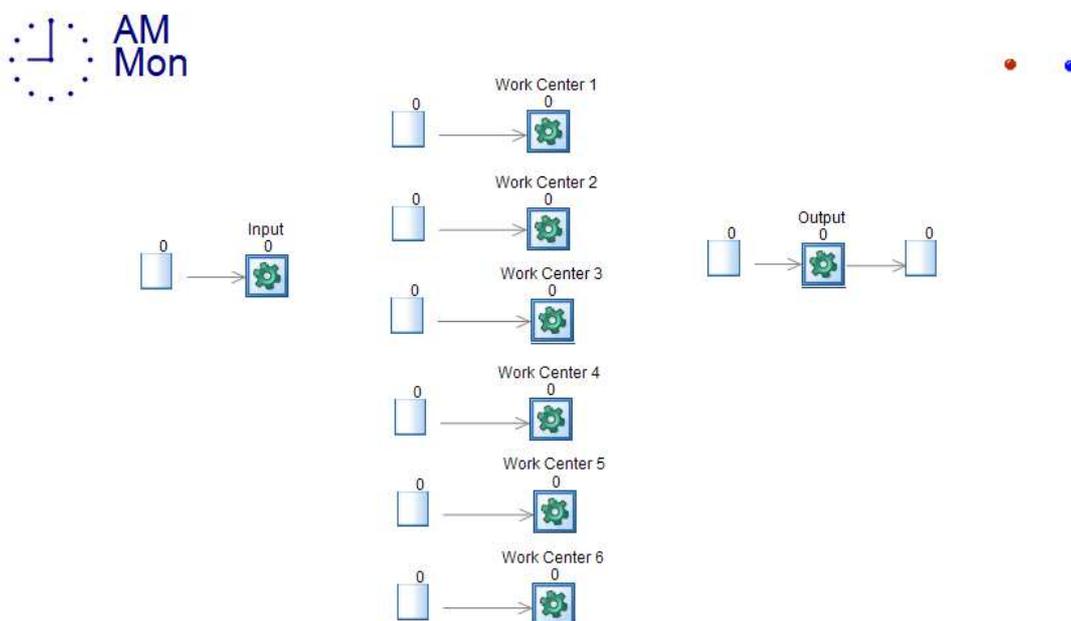
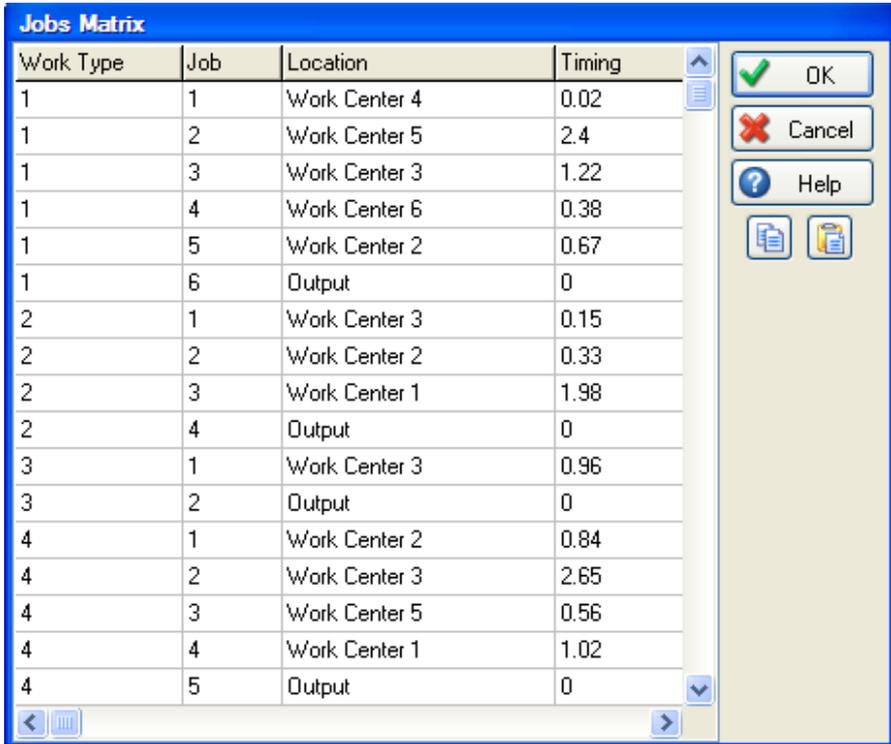


Figura 13. Modelo de simulação do *shop floor*.

Na representação do *shop floor* acima demonstrado existem filas de espera, que permitem que uma dada ordem espere pela sua vez caso o centro de trabalho por onde deve passar não esteja disponível. O modelo é constituído por seis filas de espera, associadas a cada centro de trabalho, que podem acumular um número infinito de ordens de produção e existem também os *workcenters* que representam os centros de trabalho que processam os *work item*, ou seja, as ordens de produção.

Uma vez que cada ordem de produção terá a sua própria rota no *shop floor* é necessário recorrer à *Jobs Matrix*. A *Jobs Matrix* é uma funcionalidade do Simul8 utilizada

para casos em que existe um grande número de rotas possíveis para os vários *work items* e não é mais do que uma tabela com informação relativa à rota e aos tempos de processamento de cada *work item*, Figura 14.



Work Type	Job	Location	Timing
1	1	Work Center 4	0.02
1	2	Work Center 5	2.4
1	3	Work Center 3	1.22
1	4	Work Center 6	0.38
1	5	Work Center 2	0.67
1	6	Output	0
2	1	Work Center 3	0.15
2	2	Work Center 2	0.33
2	3	Work Center 1	1.98
2	4	Output	0
3	1	Work Center 3	0.96
3	2	Output	0
4	1	Work Center 2	0.84
4	2	Work Center 3	2.65
4	3	Work Center 5	0.56
4	4	Work Center 1	1.02
4	5	Output	0

Figura 14. Jobs Matrix do modelo de simulação.

A *Jobs Matrix* é constituída por 4 parâmetros: o *work type*, que identifica cada ordem de produção existente no modelo de forma única; o *job*, que determina a ordem pela qual o *work item* deve percorrer os *workcenters* designados no parâmetro *Location* e, por fim, o *timing* que determina o tempo de processamento de cada *work item* num dado *workcenter*.

No exemplo apresentado na Figura 14, verifica-se a existência de quatro ordens numeradas de 1 a 4. A ordem 1 é composta por 5 tarefas, que serão realizadas nos centros de trabalho 4, 5, 3, 6 e 2, por esta ordem. Já a ordem 3 terá de sofrer uma única operação no centro de trabalho 3.

O modelo apresenta oito *workcenters*. Ao *workcenter* designado de *Input* está associado uma *label* numérica, “Work Type”, que atribui a cada *work item* o valor existente no parâmetro *Work Type* da *Jobs Matrix*. É com base nesta *label* que o sistema sabe a sequência que a ordem de produção deve tomar no *shop floor*. Ao *workcenter*

designado de *Output* está associado uma outra *label* numérica, “End”, que toma como valor o tempo de permanência no sistema de cada *work item* que por ele passa. Este valor será de extrema importância para que se possam retirar conclusões deste trabalho. Os dois *workcenters* referidos anteriormente têm, portanto, como principal função a etiquetagem, os restantes têm como função receber cada *work item* proveniente da fila de espera que lhes estão associados, processá-lo de acordo como o *timing* da *Jobs Matrix* e, por fim, reencaminhá-lo para o próximo *workcenter*.

#### 4.4. Interligação SAD e Simulador

Para que as encomendas, cujo lançamento foi permitido pelo SAD, sejam introduzidas no simulador e para que seja possível recolher informação resultante da simulação foi necessário estabelecer ligação entre o sistema de apoio à decisão e o simulador.

No canto superior direito da Figura 13 é possível observar dois objectos de cor vermelha e azul, estes objectos são dois botões que possibilitam a comunicação entre os dois sistemas.

O botão vermelho permite adicionar a quantidade de encomendas lançadas no SAD à primeira fila de espera do modelo de simulação para que se possa proceder à simulação das mesmas, permite também transferir a informação relativa a estas mesmas encomendas para a *Jobs Matrix*.

No botão azul o fluxo de informação é inverso, ou seja, a informação é recolhida no simulador e gravada no SAD. A cada simulação, isto é, a cada cinco unidades de tempo, período que representa o intervalo entre lançamentos, este botão procede à gravação, no SAD, do *work type* de cada encomenda que permanece ainda no simulador, quer nas filas de espera quer nos centros de trabalho, e do valor da *label* “End” daquelas que já terminaram o seu percurso. Este processo permite actualizar os valores relativos à carga existente em cada centro de trabalho na segunda interface, já descrita anteriormente, de acordo com o estado do modelo de simulação.

Posto isto, a primeira etapa do modelo de simulação consiste em primir o botão vermelho, para que a fila de espera inicial seja preenchida por um dado número de ordens

de produção e para que seja gravada informação na *Jobs Matrix*. A segunda etapa é realizada recorrendo ao relógio do simulador que se encontra no canto superior esquerdo da Figura 13. Este deve ser adiantado 5 unidades de tempo cada vez que se procede ao lançamento de um conjunto de ordens. A terceira e última etapa não é mais do que primir o botão azul para que a informação resultante da simulação seja devolvida ao SAD. Este processo é repetido até que se obtenha um conjunto de resultados que permitam uma análise correcta.

## 5. ANÁLISE DE RESULTADOS

Apesar de o sistema desenvolvido suportar quer a abordagem de carga agregada quer a abordagem de carga corrigida, apenas os resultados baseado na abordagem de carga corrigida serão analisados neste trabalho. Esta opção teve dois motivos: (1) o tempo disponível para a realização do trabalho não permitiu que se obtivessem resultados para os dois métodos de contabilização da carga e (2) trabalhos publicados recentemente mostram que a metodologia de carga corrigida é mais eficiente que a metodologia de carga agregada.

Para proceder à recolha de dados, para posterior análise, foi necessário um tempo de simulação de quarenta gerações de encomendas, no entanto, vinte e cinco destas gerações representam o *warm up* do sistema para que seja possível uma estabilização do estado do *shop floor* e, como tal, apenas quinze gerações serviram, efectivamente, para aferir as medidas de desempenho, Figura 15.

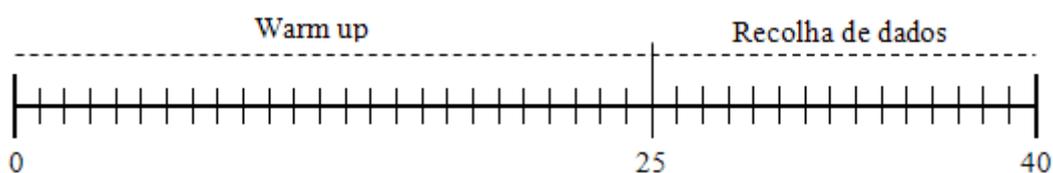


Figura 15. Tempo total de simulação.

Como entre duas gerações consecutivas de encomendas passam 5 unidades de tempo, o tempo total de simulação foi de 200 unidades de tempo, sendo o tempo de *warm up* de 125 unidades de tempo e o tempo de recolha de dados de 75 unidades de tempo. Foram realizadas 8 corridas e, como tal, foi obtida uma amostra de dimensão 8.

Os dados gerados foram simulados segundo as quatro regras de lançamento que o sistema de apoio à decisão dispõe e segundo um lançamento não controlado, isto é, um lançamento que não tem em consideração qualquer regra de lançamento e quaisquer limites de carga e, portanto, é um lançamento imediato sem necessidade de recorrer a uma reserva de encomendas.

## 5.1. Parâmetros considerados

Os parâmetros relativos aos tempos de ciclo considerados na avaliação dos dados recolhidos são os seguintes:

- Tempo de permanência na reserva (TPR): diferença entre a data de lançamento da ordem de produção para o *shop floor* e data da sua entrada na reserva.
- Tempo de passagem pelo *shop floor* (TPSF): diferença entre a data de conclusão da ordem de produção (saída da ordem do *shop floor*) e data de entrada no *shop floor*.
- Tempo de ciclo total (TCT): somatório dos tempos referidos anteriormente.

Com os dados recolhidos e tendo em conta os parâmetros enumerados anteriormente e as regras de lançamento abordadas foi possível elaborar a Tabela 4, apresentada de seguida:

**Tabela 4.** Quadro resumo dos resultados.

	<i>LNC</i>	<i>EDD</i>	<i>RL</i>	<i>PRD</i>	<i>Optimização</i>
TPR <sub>médio</sub>	0	12.04	8.59	11.37	7.65
TPSF <sub>médio</sub>	25.45	9.61	11.77	10.55	11.95
TCT <sub>médio</sub>	25.45	19.27	19.21	20.67	18.54

Sendo que LNC representa o lançamento não controlado; EDD, *Earliest Due Date*; RL, *Release Length* e PRD, *Planned Release Date*.

Pela análise dos valores da Tabela 4 é possível verificar que o tempo de passagem pelo *shop floor* no LNC é igual ao tempo de ciclo total, uma vez que o lançamento não controlado procede ao lançamento imediato das encomendas que dão entrada no sistema. Assim, para esta regra o tempo de permanência na reserva é nulo. Verifica-se que um lançamento não controlado leva a um congestionamento do *shop floor*, consequência do número de produtos em vias de fabrico nas filas de espera o que provoca um aumento do tempo de permanência no *shop floor*.

Relativamente ao lançamento controlado é interessante verificar que, independentemente da regra de lançamento utilizada, o tempo de passagem pelo *shop floor* (TPSF) sofre uma redução considerável. Esta situação vem comprovar que o princípio do WLC se encontra aqui demonstrado, isto é, controlando a quantidade de carga existente no *shop floor* é possível controlar a dimensão das filas de espera fazendo com que as ordens de fabrico circulem mais rapidamente reduzindo, conseqüentemente, o TPSF.

Como é óbvio a redução do tempo de passagem pelo *shop floor* consegue-se à custa da manutenção das ordens de fabrico na reserva. No entanto, prova-se que a redução de tempo no *shop floor* compensa largamente o aumento do tempo de espera na reserva, o que acaba por promover uma diminuição do tempo de ciclo total. Note-se que este fenómeno é observável seja qual for a regra de lançamento utilizada.

Portanto, com o controlo da carga é possível reduzir o tempo de passagem pelo *shop floor* o que significa uma redução no congestionamento do *shop floor*, sem que esta situação seja sinónimo de um aumento exagerando do tempo de permanência na reserva.

A regra de optimização, de entre as restantes regras, é aquela que apresenta um tempo médio de permanência na reserva menor. Este cenário vem confirmar que, de facto, esta regra foi bem desenvolvida, uma vez que maximiza o número de encomendas cujo lançamento pode ser efectuado sem que os limites de carga sejam violados. A redução do tempo de permanência na reserva das encomendas que esta regra apresenta, comparativamente com as restantes regras, deve-se ao facto de se efectuar o lançamento de um maior número de encomendas e, como tal, estas são lançadas mais rapidamente. No entanto, o aumento do número de encomendas lançadas para o *shop floor* promove o aumento do tempo de permanência neste e, conseqüentemente, um aumento da dimensão das filas de espera, o que justifica o valor elevado que a regra de optimização apresenta para o tempo de passagem pelo *shop floor*. Contudo, este aumento é largamente compensado pelo tempo de permanência na reserva, que é bastante reduzido o que resulta num tempo de ciclo total inferior ao das outras regras.

No entanto as avaliações feitas anteriormente devem ser lidas com algum cuidado, visto que se baseiam apenas no valor da média da amostra. De modo a garantir a fiabilidade das conclusões apresentadas será necessário comparar os cenários estudados tendo em conta os intervalos de confiança para o valor da média. Para que sejam

determinados estes intervalos é necessário, primeiramente, proceder ao cálculo do desvio padrão. Assim sendo, o intervalo de confiança a 95% é calculado com base na equação (5):

$$IC = \bar{x} \pm t_{\frac{\alpha}{2}} \times \frac{s}{\sqrt{n}} \quad (5)$$

Onde  $IC$  representa o intervalo de confiança determinado,  $\bar{x}$  representa a média da amostra,  $t_{\frac{\alpha}{2}}$  é um valor tabelado (distribuição  $t$  de *student*) cujo valor de  $\alpha$  é de 95%,  $s$  é a estimativa do desvio padrão da amostra e  $n$  é a dimensão da amostra.

Os valores obtidos para os intervalos de confiança encontram-se na Tabela 5.

**Tabela 5.** Intervalos de confiança a 95%.

	<i>LNC</i>		<i>EDD</i>		<i>RL</i>		<i>PRD</i>		<i>Optimização</i>	
	<b>Min.</b>	<b>Máx.</b>	<b>Min.</b>	<b>Máx.</b>	<b>Min.</b>	<b>Máx.</b>	<b>Min.</b>	<b>Máx.</b>	<b>Min.</b>	<b>Máx.</b>
$TPR_{\text{médio}}$	0.00	0.00	9.38	14.69	6.80	10.38	8.67	14.07	6.21	9.08
$TPSF_{\text{médio}}$	22.07	28.84	8.73	10.49	10.66	12.88	9.58	11.82	10.93	12.97
$TCT_{\text{médio}}$	22.07	28.84	16.20	22.34	16.76	21.67	18.07	23.63	16.34	20.74

Quando os resultados são analisados tendo em conta os intervalos de confiança para os diversos tempos referenciados, verifica-se que deve existir algum cuidado na sua interpretação, uma vez que alguns intervalos de confiança se sobrepõem.

No entanto, algumas conclusões, válidas estatisticamente, podem ser retidas:

- Seja qual for a regra de lançamento utilizada, o tempo de passagem pelo *shop floor* diminui face a uma situação de lançamento não controlado. Conforme referido anteriormente, isto deve-se ao controlo, promovido pelo WLC, da quantidade de trabalho em vias de fabrico no *shop floor*. Esta conclusão não é o principal contributo deste trabalho, confirmando, no entanto, resultados apresentados por outros autores.
- As regras de lançamento não se distinguem entre si, quer no que diz respeito ao TPSF quer no que diz respeito ao TCT. Não sendo possível

a identificação de uma regra que promova um TCT ou TPSF inferior ao das restantes regras.

- A regra RL e a regra de Optimização promovem um TCT inferiores ao LNC. Isto significa que o WLC, escolhendo uma regra de lançamento adequada, poderá conduzir a tempos de resposta ao cliente inferiores aos conseguidos em sistemas não controlados. Note-se que estas duas regras ignoram o factor data de entrega, ao contrário das regras EDD e PRD. Isto pode significar que a data de entrega não é o parâmetro mais importante a ter em conta quando se procede à escolha das ordens a lançar. As regras RL e Optimização têm os menores tempos de ciclo total, visto que apresentam tempos de espera na reserva menores que os das outras duas regras.
- Existe uma diferença estatisticamente significativa no que diz respeito ao TPR entre a regra EDD e a regra de Optimização. Esta última apresenta um tempo de permanência na reserva inferior.

As conclusões acima apresentadas são as únicas estatisticamente válidas. Seria importante aumentar a dimensão da amostra de modo a reduzir a dimensão dos intervalos de confiança o que permitiria, eventualmente, retirar mais conclusões do estudo realizado.

Mesmo sabendo que é necessário ter algum cuidado na interpretação dos resultados, é possível retirar ainda mais uma conclusão:

- Para as regras EDD e PRD é expectável que uma redução dos intervalos de confiança permitirá provar que também estas conduzem a TCT menores que o LNC. Se assim for, demonstra-se que qualquer uma das regras de lançamento estudadas conduz a melhorias no TCT.

Era objectivo da análise de resultados deste trabalho avaliar as regras de lançamento tendo em conta o critério de desempenho relacionado com o cumprimento das datas de entrega. No entanto, a escolha inicial errada da forma de atribuição da data de entrega às encomendas impediu a obtenção de um conjunto de resultados que permitam a sua análise estatística. Apenas se conseguiu uma amostra de dimensão quatro. No entanto,

os resultados obtidos para essa amostra apresentam-se na Tabela 6, em termos de valores médios que serão utilizados na sua discussão. Não se calcularam os intervalos de confiança devido ao facto da amostra ser demasiado pequena.

**Tabela 6.** Critérios de desempenho relacionados com datas de entrega.

	<i>LNC</i>	<i>EDD</i>	<i>RL</i>	<i>PRD</i>	<i>Optimização</i>
% de encomendas atrasadas	17.39	10.92	8.24	13.43	9.05
Nº de encomendas atrasadas	29.00	18.25	13.75	22.25	15.00

Com base na análise da Tabela 6 é possível verificar que o lançamento não controlado apresenta uma maior percentagem de encomendas em atraso, esta situação é justificada pelo elevado tempo de ciclo total que o LNC apresenta, como já foi possível observar.

É possível verificar também que, independentemente da regra de lançamento utilizada, todas as regras apresentam uma percentagem de encomendas em atraso inferior ao LNC, o que significa que as regras de lançamento permitem atingir melhorias de desempenho tendo em conta critérios relacionados com datas de entrega.

Por fim, as regras que têm em conta a data de entrega (*EDD* e *PRD*) não são as que promovem as melhorias mais significativas. Por outro lado, as regras *RL* e de *Optimização* apresentam uma percentagem de encomendas em atraso bastante reduzida comparativamente ao LNC, o que vem confirmar que, de facto, a escolha de uma regra de lançamento adequada é determinante para o cumprimento das datas de entrega.

---

## 6. CONCLUSÕES

Neste trabalho foi desenvolvido um sistema de apoio à decisão baseado no conceito de controlo de carga que permitisse a automatização do processo de lançamento. Este sistema, combinado com um simulador, foi também utilizado para avaliar as medidas de desempenho de diferentes regras de lançamento.

Este sistema de apoio à decisão não deve ser considerado como sistema final, mas sim como uma primeira aproximação daquilo que poderá vir a ser um SAD que suporte o lançamento de encomendas de forma automática.

Para além das regras de lançamento tipicamente descritas na literatura, foi desenvolvida uma nova regra baseada num algoritmo de optimização.

Os resultados obtidos permitem concluir que uma regra assente na optimização poderá proporcionar uma melhoria no desempenho do sistema produtivo, quando comparada com as regras que consideram a data de entrega. Não foi possível distinguir, em termos de qualidade, a regra de optimização da regra “Release Length” que parecem apresentar resultados muito semelhantes. Ambas estas regras têm como característica permitir o lançamento de um maior número de ordens de produção em cada período.

Este estudo apresenta algumas limitações, nomeadamente, o facto de a ligação entre o SAD e o simulador implicar ainda algum trabalho manual, fazendo com que o tempo necessário à obtenção de resultados seja relativamente elevado. Este aspecto impossibilitou a existência de um maior número de dados que, eventualmente, permitiria retirar outras conclusões. Os primeiros resultados foram obtidos com um processo de determinação de datas de entrega que não foi o mais adequado, o que impediu a análise das medidas de desempenho relacionadas com o atraso referente às datas de entrega.

Quanto a futuros desenvolvimentos propõe-se continuar o desenvolvimento do sistema de apoio à decisão de modo a tornar a sua utilização cada vez mais simples e rápida, utilizar o trabalho desenvolvido até hoje para proceder à recolha de uma maior quantidade de dados, efectuar mais corridas de simulação, por forma a confirmar as conclusões retiradas e, por fim, procurar agilizar o processo de comunicação entre o SAD e o simulador de modo a simplificar o método de obtenção de resultados.

---

## 7. BIBLIOGRAFIA

- Bechte, W. (1988). Theory and practise of load-oriented manufacturing control. *International Journal of Production Research*, 375-395.
- Carvalho, D. (2000). *Planeamento e Controlo da Produção*. Obtido em 21 de Junho de 2012, de Universidade do Minho: [http://pessoais.dps.uminho.pt/jdac/apontamentos/Cap02\\_SisPPC.pdf](http://pessoais.dps.uminho.pt/jdac/apontamentos/Cap02_SisPPC.pdf).
- Finlay, P. N. (1994). *Introducing decision support system*. Oxford, UK Cambridge, Mass., NCC Backwell: Blackwell Publishers.
- Kingsman, B. G. (2000). Modeling input-output workload control for dynamic capacity planning in production planning systems. *International Journal of Production Economics*, Vol. 13: nº7, 73-93.
- Silva, C. (2000). *Um sistema de apoio à decisão para o planeamento da produção recorrendo ao conceito de controlo de carga (SYCLOPP)*. Tese de Mestrado em Engenharia Mecânica, Departamento de Engenharia Mecânica, Faculdade de Ciências e Tecnologias, Universidade de Coimbra, Coimbra.
- Stevenson, M. (2006). Refining a Workload Control (WLC) concept: a case study. *International Journal of Production Research*, Vol.44, No. 4, 767-790.
- Stevenson, M., Huang, Y., & Hendry, L. C. (2009). The development and application of an interactive end-user training tool: part of an implementation strategy for workload control. *Production Planning & Control*, Vol.20, No. 7, 622-635.
- Turban, E. (1995). *Decision support and expert systems: management support systems*. Englewood Cliffs, N.J., Prentice Hall.
- Venade, E. A. (2008). *Definição dos limites de carga a impro num sistema de produção gerido de acordo com o conceito de controlo de carga*. Tese de Mestrado em Engenharia Mecânica, Departamento de Engenharia Mecânica, Faculdade de Ciências e Tecnologias, Universidade de Coimbra, Coimbra.
- Wight, O. (1970). Input/output control a real handle on lead time. *Production and Inventory Management*, Third Quarter, 9-31.



## 8. ANEXOS

### 8.1. Anexo A

O código VBA que diz respeito à função que permite gerar aleatoriamente informação relativa a cada encomenda é apresentado nas Figuras que se seguem.

```

Sub Gerador()
Folha6.Range("A1:Q500").ClearContents
counting = Folha5.Range("E4").Value
counting = counting + 5
Folha5.Range("E4").Value = counting
'GERAR QUANTAS ORDENS?
Encomendas = 1
Tempo_Lanç = 0
Randomize
Do
    Randomize
    numero = Rnd()
    valor = 1 - numero
    Folha5.Range("R1").Value = valor
    Folha5.Range("S1").FormulaR1C1 = "=LN(RC[-1])"
    Tempo = -(Folha5.Range("E2").Value) * Folha5.Range("S1").Value
    Tempo_Lanç = Tempo_Lanç + Tempo
    If Tempo_Lanç <= 5 Then
        Encomendas = Encomendas + 1
        Folha5.Range("R1").ClearContents
        Folha5.Range("S1").ClearContents
        'ATRIBUIR DATA A ORDEM
        a = 15 + (35 - 15) * Rnd()
        DD = Round(Tempo_Lanç + a + Range("E4").Value, 2)
        Range("Q" & (6 + Encomendas)).Value = DD
        Range("AB" & (6 + Encomendas)).Value = DD
    End If
Loop Until Tempo_Lanç > 5
n_encomendas = Encomendas
Folha5.Range("D7").FormulaR1C1 = "0"
Folha5.Range("D7").AutoFill Destination:=Folha5.Range("D7:O7"), Type:=xlFillDefault
Folha5.Range("D7:O7").Copy
For j = 8 To (n_encomendas + 6)
    Folha5.Range("D" & (j)).PasteSpecial
Next
Application.CutCopyMode = False
Folha5.Range("U7").FormulaR1C1 = "0"
Folha5.Range("U7").AutoFill Destination:=Range("U7:Z7"), Type:=xlFillDefault
Folha5.Range("U7:Z7").Copy
For w = 8 To (n_encomendas + 6)
    Folha5.Range("U" & (w)).PasteSpecial
Next
Application.CutCopyMode = False
'ATRIBUIR REFERENCIA DE ENCOMENDA
For m = 7 To (n_encomendas + 6)
    refe = refe + 1
    Folha5.Range("A" & m).Value = refe
    Folha5.Range("R" & m).Value = refe
Next
'CLIENTES, PRODUTOS E QUANTIDADES PARA AS ENCOMEDAS
For k = 7 To (n_encomendas + 6)
    Randomize
    alfabeto = "a,b,c,d,e,f,g,h,i,j,k,l,m,n,o,p,q,r,s,t,u,v,w,x,y,z"
    alf = Split(alfabeto, ",")
    variavel_1 = Rnd()
    variavel_2 = Rnd()
    posicao_1 = Round(variavel_1 * 24) + 1
    posicao_2 = Round(variavel_2 * 24) + 1
    cliente = UCase(alf(posicao_1))
    produto = alf(posicao_2)
    Folha5.Range("B" & k).Value = cliente
    Folha5.Range("C" & k).Value = produto
    quantidade = Int((50 * Rnd()) + 1)
    Folha5.Range("P" & k).Value = quantidade
    Folha5.Range("S" & k).Value = cliente
    Folha5.Range("T" & k).Value = produto
    Folha5.Range("AR" & k).Value = quantidade
Next
'GERAR QUANTOS CENTROS DE TRABALHO PARA CADA ORDEM, A CARGA IMPOSTA E O ROUTING
For i = 1 To n_encomendas
    Randomize
    aleatorio = Rnd()
    Select Case aleatorio
        'PARA 1 POSTO
        Case Is <= (1 / 6)

```

Figura 16. Parte I do código VBA da função “Gerador”.

```

Randomize
n_postos = 1
random = Rnd()
seq = Round(random * 5) + 1
x = Rnd()
Folha5.Range("P1").Value = 1 - x
Folha5.Range("Q1").FormulaR1C1 = "=LN(RC[-1])"
carga = Round(-Range("E1").Value * Range("Q1").Value, 2)
If seq = 1 Then
    Folha5.Range("E" & (6 + i)).Value = 1
    Folha5.Range("D" & (6 + i)).Value = carga
    Folha5.Range("U" & (6 + i)).Value = carga
Elseif seq = 2 Then
    Folha5.Range("G" & (6 + i)).Value = 1
    Folha5.Range("F" & (6 + i)).Value = carga
    Folha5.Range("V" & (6 + i)).Value = carga
Elseif seq = 3 Then
    Folha5.Range("I" & (6 + i)).Value = 1
    Folha5.Range("H" & (6 + i)).Value = carga
    Folha5.Range("W" & (6 + i)).Value = carga
Elseif seq = 4 Then
    Folha5.Range("K" & (6 + i)).Value = 1
    Folha5.Range("J" & (6 + i)).Value = carga
    Folha5.Range("X" & (6 + i)).Value = carga
Elseif seq = 5 Then
    Folha5.Range("M" & (6 + i)).Value = 1
    Folha5.Range("L" & (6 + i)).Value = carga
    Folha5.Range("Y" & (6 + i)).Value = carga
Elseif seq = 6 Then
    Folha5.Range("O" & (6 + i)).Value = 1
    Folha5.Range("N" & (6 + i)).Value = carga
    Folha5.Range("Z" & (6 + i)).Value = carga
End If
Folha5.Range("P1").ClearContents
Folha5.Range("Q1").ClearContents
'PARA 2 POSTOS
Case ((1 / 6) + 0.0001) To (2 / 6)
n_postos = 2
CONTADOR = 0
seq_1 = (Round(Rnd() * 5)) + 1
For a = 1 To n_postos
    Randomize
    CONTADOR = CONTADOR + 1
    x_1 = Rnd()
    Folha5.Range("P1").Value = 1 - x_1
    Folha5.Range("Q1").FormulaR1C1 = "=LN(RC[-1])"
    carga = Round(-Range("E1").Value * Range("Q1").Value, 2)
    If seq_1 = 1 Then
        Folha5.Range("E" & (6 + i)).Value = CONTADOR
        Folha5.Range("D" & (6 + i)).Value = carga
        Folha5.Range("U" & (6 + i)).Value = carga
    Elseif seq_1 = 2 Then
        Folha5.Range("G" & (6 + i)).Value = CONTADOR
        Folha5.Range("F" & (6 + i)).Value = carga
        Folha5.Range("V" & (6 + i)).Value = carga
    Elseif seq_1 = 3 Then
        Folha5.Range("I" & (6 + i)).Value = CONTADOR
        Folha5.Range("H" & (6 + i)).Value = carga
        Folha5.Range("W" & (6 + i)).Value = carga
    Elseif seq_1 = 4 Then
        Folha5.Range("K" & (6 + i)).Value = CONTADOR
        Folha5.Range("J" & (6 + i)).Value = carga
        Folha5.Range("X" & (6 + i)).Value = carga
    Elseif seq_1 = 5 Then
        Folha5.Range("M" & (6 + i)).Value = CONTADOR
        Folha5.Range("L" & (6 + i)).Value = carga
        Folha5.Range("Y" & (6 + i)).Value = carga
    Elseif seq_1 = 6 Then
        Folha5.Range("O" & (6 + i)).Value = CONTADOR
        Folha5.Range("N" & (6 + i)).Value = carga
        Folha5.Range("Z" & (6 + i)).Value = carga
    End If
    seq_2 = (Round(Rnd() * 5)) + 1
    Do While seq_1 = seq_2
        seq_2 = (Round(Rnd() * 5)) + 1

```

Figura 17. Parte II do código VBA da função “Gerador”.

```

Loop
seq_1 = seq_2
Folha5.Range("P1").ClearContents
Folha5.Range("Q1").ClearContents
Next
'PARA 3 POSTOS
Case ((2 / 6) + 0.0001) To (3 / 6)
n_postos = 3
seq_1 = (Round(Rnd() * 5)) + 1
seq_2 = (Round(Rnd() * 5)) + 1
Do While seq_1 = seq_2
seq_2 = (Round(Rnd() * 5)) + 1
Loop
seq_3 = (Round(Rnd() * 5)) + 1
Do While seq_1 = seq_3 Or seq_3 = seq_2
seq_3 = (Round(Rnd() * 5)) + 1
Loop
cadeia = Str(seq_1) + "," + Str(seq_2) + "," + Str(seq_3)
cad = Split(cadeia, ",")
CONTADOR = 0
For a = 0 To UBound(cad)
Randomize
CONTADOR = CONTADOR + 1
x_1 = Rnd()
seq = Int(cad(a))
Folha5.Range("P1").Value = 1 - x_1
Folha5.Range("Q1").FormulaR1C1 = "=LN(RC[-1])"
carga = Round(-Range("E1").Value * Range("Q1").Value, 2)
If seq = 1 Then
Folha5.Range("E" & (6 + i)).Value = CONTADOR
Folha5.Range("D" & (6 + i)).Value = carga
Folha5.Range("U" & (6 + i)).Value = carga
ElseIf seq = 2 Then
Folha5.Range("G" & (6 + i)).Value = CONTADOR
Folha5.Range("F" & (6 + i)).Value = carga
Folha5.Range("V" & (6 + i)).Value = carga
ElseIf seq = 3 Then
Folha5.Range("I" & (6 + i)).Value = CONTADOR
Folha5.Range("H" & (6 + i)).Value = carga
Folha5.Range("W" & (6 + i)).Value = carga
ElseIf seq = 4 Then
Folha5.Range("K" & (6 + i)).Value = CONTADOR
Folha5.Range("J" & (6 + i)).Value = carga
Folha5.Range("X" & (6 + i)).Value = carga
ElseIf seq = 5 Then
Folha5.Range("M" & (6 + i)).Value = CONTADOR
Folha5.Range("L" & (6 + i)).Value = carga
Folha5.Range("Y" & (6 + i)).Value = carga
ElseIf seq = 6 Then
Folha5.Range("O" & (6 + i)).Value = CONTADOR
Folha5.Range("N" & (6 + i)).Value = carga
Folha5.Range("Z" & (6 + i)).Value = carga
End If
Folha5.Range("P1").ClearContents
Folha5.Range("Q1").ClearContents
Next
'PARA 4 POSTOS
Case ((3 / 6) + 0.0001) To (4 / 6)
n_postos = 4
seq_1 = (Round(Rnd() * 5)) + 1
seq_2 = (Round(Rnd() * 5)) + 1
Do While seq_1 = seq_2
seq_2 = (Round(Rnd() * 5)) + 1
Loop
seq_3 = (Round(Rnd() * 5)) + 1
Do While seq_1 = seq_3 Or seq_3 = seq_2
seq_3 = (Round(Rnd() * 5)) + 1
Loop
seq_4 = (Round(Rnd() * 5)) + 1
Do While seq_4 = seq_3 Or seq_4 = seq_2 Or seq_4 = seq_1
seq_4 = (Round(Rnd() * 5)) + 1
Loop
cadeia = Str(seq_1) + "," + Str(seq_2) + "," + Str(seq_3) + "," + Str(seq_4)
cad = Split(cadeia, ",")
CONTADOR = 0

```

Figura 18. Parte III do código VBA da função “Gerador”.

```

For a = 0 To UBound(cad)
    CONTADOR = CONTADOR + 1
    x_1 = Rnd()
    seq = Int(cad(a))
    Folha5.Range("P1").Value = 1 - x_1
    Folha5.Range("Q1").FormulaR1C1 = "=LN(RC[-1])"
    carga = Round(-Range("E1").Value * Range("Q1").Value, 2)
    If seq = 1 Then
        Folha5.Range("E" & (6 + i)).Value = CONTADOR
        Folha5.Range("D" & (6 + i)).Value = carga
        Folha5.Range("U" & (6 + i)).Value = carga
    ElseIf seq = 2 Then
        Folha5.Range("G" & (6 + i)).Value = CONTADOR
        Folha5.Range("F" & (6 + i)).Value = carga
        Folha5.Range("V" & (6 + i)).Value = carga
    ElseIf seq = 3 Then
        Folha5.Range("I" & (6 + i)).Value = CONTADOR
        Folha5.Range("H" & (6 + i)).Value = carga
        Folha5.Range("W" & (6 + i)).Value = carga
    ElseIf seq = 4 Then
        Folha5.Range("K" & (6 + i)).Value = CONTADOR
        Folha5.Range("J" & (6 + i)).Value = carga
        Folha5.Range("X" & (6 + i)).Value = carga
    ElseIf seq = 5 Then
        Folha5.Range("M" & (6 + i)).Value = CONTADOR
        Folha5.Range("L" & (6 + i)).Value = carga
        Folha5.Range("V" & (6 + i)).Value = carga
    ElseIf seq = 6 Then
        Folha5.Range("O" & (6 + i)).Value = CONTADOR
        Folha5.Range("N" & (6 + i)).Value = carga
        Folha5.Range("Z" & (6 + i)).Value = carga
    End If
    Folha5.Range("P1").ClearContents
    Folha5.Range("Q1").ClearContents
Next
'PARA 5 POSTOS
Case ((4 / 6) + 0.0001) To (5 / 6)
    n_postos = 5
    seq_1 = (Round(Rnd() * 5)) + 1
    seq_2 = (Round(Rnd() * 5)) + 1
    Do While seq_1 = seq_2
        seq_2 = (Round(Rnd() * 5)) + 1
    Loop
    seq_3 = (Round(Rnd() * 5)) + 1
    Do While seq_1 = seq_3 Or seq_3 = seq_2
        seq_3 = (Round(Rnd() * 5)) + 1
    Loop
    seq_4 = (Round(Rnd() * 5)) + 1
    Do While seq_4 = seq_3 Or seq_4 = seq_2 Or seq_4 = seq_1
        seq_4 = (Round(Rnd() * 5)) + 1
    Loop
    seq_5 = (Round(Rnd() * 5)) + 1
    Do While seq_5 = seq_3 Or seq_5 = seq_2 Or seq_5 = seq_1 Or seq_5 = seq_4
        seq_5 = (Round(Rnd() * 5)) + 1
    Loop
    cadeia = Str(seq_1) + "," + Str(seq_2) + "," + Str(seq_3) + "," + Str(seq_4) + "," +
Str(seq_5)
    cad = Split(cadeia, ",")
    CONTADOR = 0
    For a = 0 To UBound(cad)
        Randomize
        CONTADOR = CONTADOR + 1
        x_1 = Rnd()
        seq = Int(cad(a))
        Folha5.Range("P1").Value = 1 - x_1
        Folha5.Range("Q1").FormulaR1C1 = "=LN(RC[-1])"
        carga = Round(-Range("E1").Value * Range("Q1").Value, 2)
        If seq = 1 Then
            Folha5.Range("E" & (6 + i)).Value = CONTADOR
            Folha5.Range("D" & (6 + i)).Value = carga
            Folha5.Range("U" & (6 + i)).Value = carga
        ElseIf seq = 2 Then
            Folha5.Range("G" & (6 + i)).Value = CONTADOR
            Folha5.Range("F" & (6 + i)).Value = carga
            Folha5.Range("V" & (6 + i)).Value = carga

```

Figura 19. Parte IV do código VBA da função “Gerador”.

```

ElseIf seq = 3 Then
    Folha5.Range("I" & (6 + i)).Value = CONTADOR
    Folha5.Range("H" & (6 + i)).Value = carga
    Folha5.Range("W" & (6 + i)).Value = carga
ElseIf seq = 4 Then
    Folha5.Range("K" & (6 + i)).Value = CONTADOR
    Folha5.Range("J" & (6 + i)).Value = carga
    Folha5.Range("X" & (6 + i)).Value = carga
ElseIf seq = 5 Then
    Folha5.Range("M" & (6 + i)).Value = CONTADOR
    Folha5.Range("L" & (6 + i)).Value = carga
    Folha5.Range("Y" & (6 + i)).Value = carga
ElseIf seq = 6 Then
    Folha5.Range("O" & (6 + i)).Value = CONTADOR
    Folha5.Range("N" & (6 + i)).Value = carga
    Folha5.Range("Z" & (6 + i)).Value = carga
End If
Folha5.Range("P1").ClearContents
Folha5.Range("Q1").ClearContents
Next
'PARA 6 POSTOS
Case Is > (5 / 6)
n_postos = 6
Case ((4 / 6) + 0.0001) To (5 / 6)
n_postos = 5
seq_1 = (Round(Rnd() * 5)) + 1
seq_2 = (Round(Rnd() * 5)) + 1
Do While seq_1 = seq_2
    seq_2 = (Round(Rnd() * 5)) + 1
Loop
seq_3 = (Round(Rnd() * 5)) + 1
Do While seq_1 = seq_3 Or seq_3 = seq_2
    seq_3 = (Round(Rnd() * 5)) + 1
Loop
seq_4 = (Round(Rnd() * 5)) + 1
Do While seq_4 = seq_3 Or seq_4 = seq_2 Or seq_4 = seq_1
    seq_4 = (Round(Rnd() * 5)) + 1
Loop
seq_5 = (Round(Rnd() * 5)) + 1
Do While seq_5 = seq_3 Or seq_5 = seq_2 Or seq_5 = seq_1 Or seq_5 = seq_4
    seq_5 = (Round(Rnd() * 5)) + 1
Loop
seq_6 = (Round(Rnd() * 5)) + 1
Do While seq_6 = seq_3 Or seq_6 = seq_2 Or seq_6 = seq_1 Or seq_6 = seq_4 Or seq_6 = seq_5
    seq_6 = (Round(Rnd() * 5)) + 1
Loop
cadeia = Str(seq_1) + "," + Str(seq_2) + "," + Str(seq_3) + "," + Str(seq_4) + "," + Str(seq_5) + "," + Str(seq_6)
cad = Split(cadeia, ",")
CONTADOR = 0
For a = 0 To UBound(cad)
    Randomize
    CONTADOR = CONTADOR + 1
    x_1 = Rnd()
    seq = Int(cad(a))
    Folha5.Range("P1").Value = 1 - x_1
    Folha5.Range("Q1").FormulaR1C1 = "=LN(RC[-1])"
    carga = Round(-Range("E1").Value * Range("Q1").Value, 2)
    If seq = 1 Then
        Folha5.Range("E" & (6 + i)).Value = CONTADOR
        Folha5.Range("D" & (6 + i)).Value = carga
        Folha5.Range("U" & (6 + i)).Value = carga
    ElseIf seq = 2 Then
        Folha5.Range("G" & (6 + i)).Value = CONTADOR
        Folha5.Range("F" & (6 + i)).Value = carga
        Folha5.Range("V" & (6 + i)).Value = carga
    ElseIf seq = 3 Then
        Folha5.Range("I" & (6 + i)).Value = CONTADOR
        Folha5.Range("H" & (6 + i)).Value = carga
        Folha5.Range("W" & (6 + i)).Value = carga
    ElseIf seq = 4 Then
        Folha5.Range("K" & (6 + i)).Value = CONTADOR
        Folha5.Range("J" & (6 + i)).Value = carga
        Folha5.Range("X" & (6 + i)).Value = carga

```

Figura 20. Parte V do código VBA da função “Gerador”.

```

        ElseIf seq = 5 Then
            Folha5.Range("M" & (6 + i)).Value = CONTADOR
            Folha5.Range("L" & (6 + i)).Value = carga
            Folha5.Range("Y" & (6 + i)).Value = carga
        ElseIf seq = 6 Then
            Folha5.Range("O" & (6 + i)).Value = CONTADOR
            Folha5.Range("N" & (6 + i)).Value = carga
            Folha5.Range("Z" & (6 + i)).Value = carga
        End If
        Folha5.Range("P1").ClearContents
        Folha5.Range("Q1").ClearContents
    Next
End Select
Next
'COPIAR PARA A FOLHA DE CARGA CORRIGIDA
For Z = 5 To 1000
    celula = Folha2.Range("A" & Z).Value
    If celula = "" Then
        Folha5.Range("A7", "Q" & (n_encomendas + 6)).Copy
        Folha2.Range("A" & Z).PasteSpecial xlPasteValues
        Application.CutCopyMode = False
        Z = 1000
    End If
Next
'COPIAR PARA A FOLHA DE CARGA AGREGADA
For q = 5 To 1000
    celula = Sheet6.Range("A" & q).Value
    If celula = "" Then
        Folha5.Range("R7", "AB" & (n_encomendas + 6)).Copy
        Sheet6.Range("A" & q).PasteSpecial xlPasteValues
        Application.CutCopyMode = False
        q = 1000
    End If
Next
'COPIAR PARA FOLHA DE BASE
For d = 1 To 1000
    celula = Folha7.Range("A" & d).Value
    If celula = "" Then
        Folha5.Range("A7", "Q" & (n_encomendas + 6)).Copy
        Folha7.Range("A" & d).PasteSpecial xlPasteValues
        Folha7.Range("R" & d).Value = n_encomendas
        Application.CutCopyMode = False
        d = 1000
    End If
Next
For w = 1 To 1000
    celula = Folha7.Range("T" & w).Value
    If celula = "" Then
        Folha5.Range("R7", "AB" & (n_encomendas + 6)).Copy
        Folha7.Range("T" & w).PasteSpecial xlPasteValues
        Folha7.Range("AE" & w).Value = n_encomendas
        Application.CutCopyMode = False
        w = 1000
    End If
Next
For y = 7 To (n_encomendas + 6)
    If Folha5.Range("R" & y).Text <> "" Then
        For q = 2 To 800
            If Sheet4.Range("A" & q).Value = "" Then
                Sheet4.Range("A" & q).Value = Folha5.Range("R" & y).Value
                Sheet4.Range("E" & q).Value = Folha5.Range("AB" & y).Value
                Sheet4.Range("B" & q).Value = Folha5.Range("E4").Value
            End If
        Next
    End If
Next
contas = 0
For Z = 5 To 1000
    IDenc = Sheet6.Range("A" & Z).Text
    If IDenc <> "" Then
        contas = contas + 1
        Final = contas
    ElseIf IDenc = "" Then

```

Figura 21. Parte VI do código VBA da função “Gerador”.

```
        contaa = lim
        Exit For
    End If
Next
Folha3.Range("A5:K50").Value = ClearContents
Folha3.Range("L5", "L" & (Final + 4)).Value = 1
Sheet6.Range("A5", "K" & (Final + 4)).Copy
Folha3.Range("A5").PasteSpecial xlPasteValues
Application.CutCopyMode = False

contagem = 0
For Z = 5 To 1000
    ID = Folha2.Range("A" & Z).Text
    If ID <> "" Then
        contagem = contagem + 1
        fim = contagem
    ElseIf IDenc = "" Then
        contagem = lim
    End If
    Exit For
End If
Next
Folha4.Range("A5:Q50").Value = ClearContents
Folha4.Range("X5", "X" & (fim + 4)).Value = 1
Folha2.Range("A5", "Q" & (fim + 4)).Copy
Folha4.Range("A5").PasteSpecial xlPasteValues
Application.CutCopyMode = False
End Sub
```

**Figura 22.** Parte VII do código VBA da função “Gerador”.

## 8.2. Anexo B

O código VBA que diz respeito à função que permite simular o processo de lançamento de cada encomenda é apresentado nas Figuras que se seguem.

```

Sub Carga_Corrigida()
Folha2.Activate
Range("P2").Value = ClearContents
Dim lim As Integer
lim = 800
conta = 0
For Z = 5 To 800
Folha2.Select
IDenc = Range("A" & Z).Value
If IDenc <> "" Then
conta = conta + 1
Final = conta
ElseIf IDenc = "" Then
conta = lim
Exit For
End If
Next
'COPIAR PARA FOLHA DE APOIO
Folha6.Range("T1:X200").ClearContents
Folha6.Range("A2:Q100").ClearContents
Folha2.Range("A5", "Q" & (Final + 5)).Copy
Folha6.Range("A" & 2).PasteSpecial xlPasteValues
Application.CutCopyMode = False

Folha2.Range("Q2").Value = Final
u = 4
CONTADOR = 0
Folha1.Activate
For i = 5 To (Final + 5)
u = u + 1
CONTADOR = CONTADOR + 1
ID = Folha2.Range("A" & i).Value
For y = 5 To (Final + 5)
If ID = Folha4.Range("A" & y).Value And Round(Folha4.Range("X" & y).Value, 0) = 1
Then
Identificador = Folha2.Range("A" & i).Text
Carga1 = Folha2.Range("D" & i).Value 'Carga do posto 1'
Ordem1 = Folha2.Range("E" & i).Value 'Ordem no posto de trabalho'
If Carga1 = 0 And Ordem1 = 0 Then
Posto1 = 0
ElseIf Ordem1 <> 0 Then
Posto1 = Round(Carga1 / Ordem1, 2) 'Valor que pesará no posto d etrabalho
End If
Carga2 = Folha2.Range("F" & i).Value
Ordem2 = Folha2.Range("G" & i).Value
If Carga2 = 0 And Ordem2 = 0 Then
Posto2 = 0
ElseIf Ordem2 <> 0 Then
Posto2 = Round(Carga2 / Ordem2, 2)
End If
Carga3 = Folha2.Range("H" & i).Value
Ordem3 = Folha2.Range("I" & i).Value
If Carga3 = 0 And Ordem3 = 0 Then
Posto3 = 0
ElseIf Ordem3 <> 0 Then
Posto3 = Round(Carga3 / Ordem3, 2)
End If
Carga4 = Folha2.Range("J" & i).Value
Ordem4 = Folha2.Range("K" & i).Value
If Carga4 = 0 And Ordem4 = 0 Then
Posto4 = 0
ElseIf Ordem4 <> 0 Then
Posto4 = Round(Carga4 / Ordem4, 2)
End If
Carga5 = Folha2.Range("L" & i).Value
Ordem5 = Folha2.Range("M" & i).Value
If Carga5 = 0 And Ordem5 = 0 Then
Posto5 = 0
ElseIf Ordem5 <> 0 Then
Posto5 = Round(Carga5 / Ordem5, 2)
End If
Carga6 = Folha2.Range("N" & i).Value
Ordem6 = Folha2.Range("O" & i).Value
If Carga6 = 0 And Ordem6 = 0 Then

```

Figura 23. Parte I do código VBA da função “Lançar”.

```

        Posto6 = 0
    ElseIf Ordem6 <> 0 Then
        Posto6 = Round(Carga6 / Ordem6, 2)
    End If
    Folhal.Activate
    Folhal.Range("B6").Value = Posto1
    Folhal.Range("C6").Value = Posto2
    Folhal.Range("D6").Value = Posto3
    Folhal.Range("E6").Value = Posto4
    Folhal.Range("F6").Value = Posto5
    Folhal.Range("G6").Value = Posto6
    Folhal.Range("M2").Value = ClearContents
    Folhal.Range("M2").Value = Identificador
    Folhal.Range("B7").Value = Folhal.Range("B6").Value + Folhal.Range("B5").Valu
e
    Folhal.Range("C7").Value = Folhal.Range("C6").Value + Folhal.Range("C5").Valu
e
    Folhal.Range("D7").Value = Folhal.Range("D6").Value + Folhal.Range("D5").Valu
e
    Folhal.Range("E7").Value = Folhal.Range("E6").Value + Folhal.Range("E5").Valu
e
    Folhal.Range("F7").Value = Folhal.Range("F6").Value + Folhal.Range("F5").Valu
e
    Folhal.Range("G7").Value = Folhal.Range("G6").Value + Folhal.Range("G5").Valu
e

    If ActiveSheet.Range("B7").Value > ActiveSheet.Range("B10").Value Then
        ActiveSheet.Range("B8").Value = 0
    ElseIf ActiveSheet.Range("B7").Value <= ActiveSheet.Range("B10").Value Then
        ActiveSheet.Range("B8").Value = 1
    End If
    If ActiveSheet.Range("C7").Value > ActiveSheet.Range("C10").Value Then
        ActiveSheet.Range("C8").Value = 0
    ElseIf ActiveSheet.Range("C7").Value <= ActiveSheet.Range("C10").Value Then
        ActiveSheet.Range("C8").Value = 1
    End If
    If ActiveSheet.Range("D7").Value > ActiveSheet.Range("D10").Value Then
        ActiveSheet.Range("D8").Value = 0
    ElseIf ActiveSheet.Range("D7").Value <= ActiveSheet.Range("D10").Value Then
        ActiveSheet.Range("D8").Value = 1
    End If
    If ActiveSheet.Range("E7").Value > ActiveSheet.Range("E10").Value Then
        ActiveSheet.Range("E8").Value = 0
    ElseIf ActiveSheet.Range("E7").Value <= ActiveSheet.Range("E10").Value Then
        ActiveSheet.Range("E8").Value = 1
    End If
    If ActiveSheet.Range("F7").Value > ActiveSheet.Range("F10").Value Then
        ActiveSheet.Range("F8").Value = 0
    ElseIf ActiveSheet.Range("F7").Value <= ActiveSheet.Range("F10").Value Then
        ActiveSheet.Range("F8").Value = 1
    End If
    If ActiveSheet.Range("G7").Value > ActiveSheet.Range("G10").Value Then
        ActiveSheet.Range("G8").Value = 0
    ElseIf ActiveSheet.Range("G7").Value <= ActiveSheet.Range("G10").Value Then
        ActiveSheet.Range("G8").Value = 1
    End If
    ActiveSheet.Range("B12").Value = ActiveSheet.Range("B8").Value + ActiveSheet.
Range("C8").Value + ActiveSheet.Range("D8").Value + ActiveSheet.Range("E8").Value + ActiveShe
et.Range("F8").Value + ActiveSheet.Range("G8").Value
    valor = ActiveSheet.Range("B12").Value
    If valor < 6 Then
        ActiveSheet.Range("B6:G6").Value = ClearContents
        ActiveSheet.Range("B7:G7").Value = ActiveSheet.Range("B5:G5").Value
        y = y + 1
    ElseIf valor > 6 Then
        ActiveSheet.Range("B6:G6").Value = ClearContents
        ActiveSheet.Range("B7:G7").Value = ActiveSheet.Range("B5:G5").Value
        y = y + 1
    ElseIf valor = 6 Then
        Folhal.Range("B7", "G7").Copy
        Folhal.Range("B5").PasteSpecial xlPasteValues
        Application.CutCopyMode = False
        Folhal.Range("B6:G6").Select
        Selection = ClearContents
        For m = 5 To Final + 5

```

Figura 24. Parte II do código VBA da função “Lançar”.

```

        ID = Folha2.Range("A" & m).Text
        If ID = Identificador Then

            Folha2.Range("A" & m).EntireRow.Delete
            Final1 = Folha2.Range("F2").Value
            Final2 = Final1 - 1
            Folha2.Range("Q2").Value = Final2
            m = Final + 4
            i = i - 1
        End If
    Next
End If
Exit For
End If
Next
If CONTADOR >= Final Then
    Exit For
End If
Next
If IDenc = "" Then
    Application.CutCopyMode = False
    Folha2.Activate
    MsgBox ("Não existem mais Encomendas possíveis de Lançar!")
End If
End Sub

```

Figura 25. Parte III do código VBA da função “Lançar”.

### 8.3. Anexo C

REF.	D.G.	D.L.	D.C.	D.D
1	0	0	14.03	50.04
2	0	0	4.1	36.21
3	0	0	1.11	45.08
4	0	0	7.1	32.6
5	0	0	6.19	37.08
6	0	0	8.76	48.15
7	0	0	7.39	31.83
8	5	15	29	50.04
9	5	5	13.36	39.41
10	5	5	15.91	50.73
11	5	5	10.74	33.67
12	5	5	14.31	44.83
13	5	5	21.07	46.65
14	10	10	20.67	50.04
15	10	10	18.34	54.51
16	10	20	45.47	40.64
17	10	10	15.05	47.77
18	10	15	31.81	50.96
19	10	10	13.75	44.83
20	10	15	27.99	45.53
21	10	15	39.41	54.54
22	10	20	33.27	39.97
23	10	10	18.92	45.71
24	15	20	42.99	50.04
25	15	15	26.51	42.15

**Figura 26.** Quadro com informação de cada encomenda

Na Figura 26 REF. designa a referência da encomenda, D.G representa o instante em a encomenda dá entrada na reserva, D.L. o instante em que é lançada para o *shop floor*, D.C é o tempo de permanência da encomenda no *shop floor* e, por fim, D.D representa a data de entrega da mesma.