

João Francisco Dias e Castro

# Desenvolvimento de ferramentas de simulação *Lean Management* de apoio ao ensino

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

Fevereiro, 2017



UNIVERSIDADE DE COIMBRA



FCTUC FACULDADE DE CIÊNCIAS  
E TECNOLOGIA  
UNIVERSIDADE DE COIMBRA

DEPARTAMENTO DE  
ENGENHARIA MECÂNICA

# **Desenvolvimento de ferramentas de simulação *Lean Management* de apoio ao ensino**

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

## **Simulations tools for *Lean Management* teaching in higher education**

Autor

**João Francisco Dias e Castro**

Orientador

**Cristóvão Silva**

Júri

Presidente	<b>Professor Doutor Pedro Mariano Simões Neto</b> Professor Auxiliar da Universidade de Coimbra <b>Professor Doutor Cristóvão Silva</b>
Vogais	Professor Auxiliar da Universidade de Coimbra <b>Professor Doutor Luís Miguel Domingues F. Ferreira</b> Professor Auxiliar da Universidade de Coimbra

“Production is not the application of tools to materials, but logic to work”

Peter F. Drucker

## **Agradecimentos**

Ao meu orientador, Professor Doutor Cristóvão Silva, por toda a dedicação, apoio e motivação durante o desenvolvimento desta dissertação.

Ao professor Jorge Noro, pelo trabalho e ajuda em relação a atividades práticas relacionadas com o presente trabalho.

Aos meus pais, irmã e avós, por todo o apoio incondicional durante o meu percurso académico e por nunca deixarem de me incentivar a alcançar os meus objetivos.

Aos meus amigos.

## Resumo

*Lean Thinking* está, progressivamente, a ser um dos modos mais importantes de pensar em ambiente industrial. A possibilidade de produzir mais usando menos recursos materiais e financeiros, são objetivos gerais para qualquer organização. Auxiliando essa filosofia, existem ferramentas de gestão *Lean* que suportam os diferentes projetos das empresas. O ensino universitário, que forma os trabalhadores do futuro, tem um papel crucial na aprendizagem destas ferramentas.

O objetivo desta dissertação é a criação de simuladores/jogos didáticos de apoio ao ensino que, ao lado de materiais teóricos, complementam a aprendizagem destas técnicas. Esses simuladores, desenvolvidos e aplicados em sala de aula, vão motivar e incitar os alunos na resolução dos mesmos e suscitar o seu espírito crítico na resposta a problemas que possam surgir ao longo da atividade que, por vezes, são semelhantes aos dos ambientes industriais. Consequentemente, é possível tornar a aprendizagem destas ferramentas *Lean Thinking* de uma maneira mais interativa e próxima da realidade. A formação académica aplicada em ambientes industriais vai permitir uma resposta mais eficaz na resolução de problemas e no atendimento a exigências de mercado que tende a ser cada vez mais competitivo.

As soluções *Lean Thinking* desenvolvidas e testadas são implementadas com auxílio a tabelas, gráficos, figuras e ainda programas computacionais desenvolvidos em *Microsoft Excel* para conseguir uma explicação mais pormenorizada de apoio aos alunos.

**Palavras-chave:** *Lean Thinking*, Lean Management, Jogos Didáticos, 5S, SMED, *Heijunka*, *Kanban*, *Takt Time*.

## Abstract

*Lean Thinking* is becoming one of the most important ways of thinking in industrial environment. The ability of producing more employing less material and less financial resources is a key objective for every and each organization. Assisting this philosophy, there are tools of *Lean Management* which are able to support several company projects. Academic teaching leads a crucial role in these tools' apprenticeship.

The main goal of this dissertation is the creation of didactical simulators/games for teaching support which, together with theoretical tools, complement these techniques' education. These simulators, developed in the classroom, will motivate and prompt students to solve them and arouse their critical spirit to answer problems that may emerge during the activity, which are several times similar to those found in industrial environment. Thereafter, it will give the possibility of approximate *Lean Thinking* teaching to reality in a more interactive way. This academic formation, when applied on industrial environments will enable a more efficient response, not only in solving problems but also in attending market requirements, which tend to be more and more competitive.

The developed and tested *Lean Thinking* solutions will be implemented with the aid of tables, graphs, figures and *Microsoft Excel*-developed computational programs in order to accomplish a more detailed explanation for student support.

**Keywords** *Lean Thinking, Lean Management, Educational Games, 5S, SMED, Heijunka, Kanban, Takt Time.*

## Índice

Índice de Figuras .....	vii
Índice de Tabelas .....	viii
Índice de Gráficos.....	viii
Siglas .....	ix
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Organização da Dissertação .....	2
2. CONTEXTO E ESTADO DA ARTE .....	3
2.1. Jogos Didáticos no Ensino – Metodologia de Aprendizagem .....	3
2.2. <i>Toyota Production System</i> .....	4
2.3. <i>Lean Thinking</i> .....	6
2.3.1. Valor <i>versus</i> Desperdício.....	7
2.3.2. Princípios do <i>Lean Thinking</i> .....	8
2.4. Melhoria Contínua - <i>Kaizen</i> .....	10
3. <i>LEAN MANAGEMENT</i> .....	12
3.1. 5S – Organização do posto de trabalho e gestão visual .....	12
3.2. SMED – <i>Single Minute Exchange of Die</i> .....	14
3.3. <i>Heijunka</i> .....	17
3.4. <i>Kanban</i> .....	17
3.5. <i>Poka – Yoke</i> .....	19
3.6. <i>Takt Time</i> .....	19
4. JOGOS DIDÁTICOS DESENVOLVIDOS .....	21
4.1. “ <i>Heijunka Game</i> ” .....	21
4.2. “ <i>Jogo Takt Time</i> ” .....	23
4.2.1. Componentes das fichas inglesas .....	24
4.2.2. Operações de montagem das fichas inglesas .....	25
4.2.3. Desenvolvimento do simulador .....	27
4.2.3.1. Tipos de produtos.....	28
4.2.3.2. Lista de pedidos dos clientes .....	28
4.2.3.3. Ordens de fabrico .....	29
4.2.3.4. Zonas de trabalho .....	30
4.2.3.5. Condições de trabalho.....	30
4.2.4. Desenvolvimento do simulador – 1º Cenário .....	32
4.2.5. Desenvolvimento do simulador – 2º Cenário .....	34
4.2.6. Desenvolvimento do simulador – 3º Cenário .....	37
4.2.7. Heurística dos Pesos Posicionais.....	41
4.3. Teste e análise dos jogos desenvolvidos.....	41
5. ANÁLISE DE JOGOS DIDÁTICOS NO ANO LETIVO 2015/2016.....	44
5.1. “ <i>Jogo do Puzzle 5S</i> ”.....	45
5.1.1. Introdução ao jogo .....	45

---

5.1.2. Tratamento e análise de resultados .....	46
5.2. “Jogo dos Legos” .....	47
5.2.1. Introdução ao jogo .....	47
5.2.2. Tratamento e análise de resultados .....	48
5.3. “Jogo SMED” .....	50
5.3.1. Introdução ao jogo .....	50
5.3.2. Tratamento e análise de resultados .....	53
6. DIFICULDADES/OBSERVAÇÕES APURADAS .....	56
7. ANÁLISE DE QUESTIONÁRIOS .....	58
8. CONCLUSÕES .....	59
8.1. Trabalhos futuros .....	61
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	62
ANEXO A – CARTAS DO “ <i>HEIJUNKA GAME</i> ” .....	64
ANEXO B – FICHEIRO <i>EXCEL</i> DESENVOLVIDO .....	65
ANEXO C – CÓDIGO PARA DISTRIBUIÇÃO DAS CARTAS “PEDIDOS DO CLIENTE” .....	66
ANEXO D – APRESENTAÇÃO <i>POWER POINT</i> “ <i>HEIJUNKA GAME</i> ” .....	67
ANEXO E – FICHA INGLESA – TAMPA FÊMEA .....	70
ANEXO F – FICHA INGLESA – TAMPA MACHO .....	71
ANEXO G – TEMPOS DAS OPERAÇÕES ELEMENTARES .....	72
ANEXO H – HEURÍSTICA DOS PESOS POSICIONAIS .....	73
ANEXO I – LISTA DE PEDIDOS DOS CLIENTES .....	74
ANEXO J – LISTA DE PREVISÃO DOS PEDIDOS DOS CLIENTES .....	75
ANEXO K – ORDENS DE FABRICO .....	76
ANEXO L – ZONAS DE TRABALHO .....	77
ANEXO M – FICHA DE REGISTO DO “JOGO <i>TAKT TIME</i> ” – 1º CENÁRIO – POSTO 1 .....	78
ANEXO N – APRESENTAÇÃO <i>POWER POINT</i> “JOGO <i>TAKT TIME</i> ” .....	79
ANEXO O – DISPOSIÇÃO DOS MATERIAIS PARA A REALIZAÇÃO DA ATIVIDADE PRÁTICA DO “JOGO <i>TAKT TIME</i> ” .....	84
ANEXO P – INSTRUÇÕES DE TRABALHO PARA <i>LAYOUT</i> DESBALANCEADO (CENÁRIO 1) .....	85
ANEXO Q – FICHEIRO <i>EXCEL</i> DESENVOLVIDO .....	87
ANEXO R – INSTRUÇÕES DE TRABALHO PARA <i>LAYOUT</i> BALANCEADO (CENÁRIO 2) .....	88
ANEXO S – ETIQUETAS <i>KANBAN</i> .....	90
ANEXO T – INSTRUÇÕES DE TRABALHO PARA <i>LAYOUT</i> BALANCEADO COM GESTÃO VISUAL (CENÁRIO 3) .....	91

---

---

ANEXO U – SUPERMERCADOS.....	94
ANEXO V – TABULEIRO DO MIZUSUMASHI.....	95
ANEXO W – GRÁFICOS DE RESULTADOS DO “ <i>HEIJUNKA GAME</i> ”.....	96
ANEXO X – APRESENTAÇÃO <i>POWER POINT</i> EM SALA DE AULA.....	97
ANEXO Y – FICHEIROS <i>EXCEL</i> DESENVOLVIDOS.....	105
ANEXO Z – IMAGEM 5S FORNECIDA NO “JOGO DO <i>PUZZLE 5S</i> ” E PEÇAS DESNECESSÁRIAS AO JOGO.....	108
ANEXO A1 – MATERIAL FORNECIDO PARA A CONSTRUÇÃO DO LADO 5 E S DO <i>PUZZLE</i> .....	109
ANEXO B1 – FICHAS DE PROCESSO PARA O “JOGO DO <i>PUZZLE 5S</i> ” E “JOGO DOS LEGOS”.....	110
ANEXO C1 – PERCENTAGENS DE TEMPO DESPENDIDAS NO “JOGO DO <i>PUZZLE 5S</i> ”.....	111
ANEXO D1 – IMAGEM FINAL PARA A CONSTRUÇÃO DO “JOGO DOS LEGOS”.... .....	112
ANEXO E1 – INSTRUÇÕES PARA A ETAPA “ORGANIZAÇÃO” DO “JOGO DOS LEGOS”.....	113
ANEXO F1 – INSTRUÇÕES PARA A ETAPA “NORMALIZAÇÃO” DO “JOGO DOS LEGOS”.....	114
ANEXO G1 – PERCENTAGENS DE TEMPO DESPENDIDAS NO “JOGO DOS LEGOS”.....	117
ANEXO H1 – MATERIAIS UTILIZADOS NO “JOGO SMED”.....	118
ANEXO I1 – FOLHAS DE REGISTOS PARA AS 4 ETAPAS DO “JOGO SMED” ....	119
ANEXO J1 – OPERAÇÕES REALIZADAS NA 1ª ETAPA DO “JOGO SMED”.....	121
ANEXO K1 – PERCENTAGENS DE TEMPO DESPENDIDAS NO “JOGO SMED” .	122
ANEXO L1 – QUESTIONÁRIOS.....	123
ANEXO M1 – RESULTADOS DOS QUESTIONÁRIOS.....	125
APÊNDICE A – GUIA DO ORIENTADOR DO JOGO “ <i>HEIJUNKA GAME</i> ”.....	134
APÊNDICE B – GUIA DO ORIENTADOR DO JOGO “JOGO <i>TAKT TIME</i> ”.....	138

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. A Casa TPS (Fonte: <a href="https://www.lean.uky.edu/reference/terminology/">https://www.lean.uky.edu/reference/terminology/</a> ). .....	5
Figura 2.2. Sete princípios do <i>Lean Thinking</i> (Fonte: Pinto, 2014). .....	10
Figura 2.3. Ciclo PDCA (Fonte: Marchwinski <i>et al.</i> , 2008). .....	11
Figura 3.1. Significado do 5S para a eliminação de desperdícios (Fonte: Hirano, 2009). ..	13
Figura 3.2. Benefício da implementação de conceitos 5S (Fonte: Hirano, 2009).....	14
Figura 3.3. Implementação da metodologia SMED (Fonte: Shingo, 1985).....	16
Figura 3.4. Exemplo de etiqueta <i>Kanban</i> utilizado na <i>Toyota Motor Company</i> (Fonte: Shingo, 1989). .....	18
Figura 3.5. Circulação de etiquetas <i>Kanban</i> (Fonte: Pinto, 2013). .....	18
Figura 4.1. 28 cartas disponíveis para o “ <i>Heijunka Game</i> ”.....	22
Figura 4.2. Folha <i>Excel</i> desenvolvida e fornecida para apoio ao “ <i>Heijunka Game</i> ”. .....	22
Figura 4.3. Diagrama de precedências.....	27
Figura 4.4. Exemplo de ordem de fabrico utilizado. ....	30
Figura 4.5. Diferenciação das fichas inglesas através de Gestão Visual. ....	32
Figura 4.6. <i>Layout</i> para a situação desbalanceada; MP: Matéria-Prima, WIP: <i>Work In Progress</i> (Trabalho em Curso). .....	33
Figura 4.7. <i>Layout</i> para a situação balanceada; MP: Matéria-Prima, WIP: <i>Work In Progress</i> (Trabalho em Curso). .....	37
Figura 4.8. <i>Kanban</i> de transporte. ....	38
Figura 4.9. Gestão Visual para o <i>Pull System</i> .....	39
Figura 5.1. Imagem relativa ao “Jogo do <i>Puzzle 5S</i> ”. .....	45
Figura 5.2. Imagem relativa ao “Jogo dos Legos”. .....	48
Figura 5.3. Imagem relativa ao “Jogo SMED”.....	51
Figura A.1. Sugestão de disposição da sala de aula para realização do “ <i>Heijunka Game</i> ”. .....	137

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 4.1. Nomes dos componentes das fichas inglesas.....	24
Tabela 4.2. Operações de montagem relativas às fichas inglesas .....	25
Tabela 4.3. Tipos de fusíveis .....	28
Tabela 4.4. Capacidade do processo ao longo do tempo.....	29
Tabela 4.5. Agentes necessários para o desenvolvimento do “Jogo <i>Takt Time</i> ” .....	31
Tabela 4.6. Tempos de operação por posto para o primeiro cenário.....	32
Tabela 4.7. Tarefas e respetivos tempos transferidos do Posto 3 para o Posto 2 – 2º Cenário .....	34
Tabela 4.8. Resultados obtidos para o “ <i>Heijunka Game</i> ” .....	42
Tabela 5.1. Tempos obtidos para os diferentes grupos no “Jogo do <i>Puzzle 5S</i> ” .....	46
Tabela 5.2. Tempos obtidos para os diferentes grupos no “Jogo dos Legos” .....	49
Tabela 5.3. Tempos obtidos para a primeira etapa do “Jogo SMED” .....	53
Tabela 5.4. Tempo total até se atingir a peça pretendida para as três etapas do jogo .....	54
Tabela 6.1. Dificuldades/Observações apuradas durante os três jogos .....	57
Tabela A.1. Material necessário ao jogo .....	135
Tabela B.1. Componentes das fichas inglesas.....	139
Tabela B.2. Operações de montagem relativas às fichas inglesas.....	140
Tabela B.3. Número de participantes .....	141
Tabela B.4. Possíveis disposições de sala para os três cenários.....	145

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 4.1. Tempos de operação em relação aos postos de trabalho .....	33
Gráfico 4.2. Primeira iteração de balanceamento .....	35
Gráfico 4.3. Segunda iteração de balanceamento .....	36
Gráfico 4.4. Linha de montagem balanceada .....	36
Gráfico 5.1. Evolução do “Jogo do <i>Puzzle 5S</i> ” para as três etapas .....	47
Gráfico 5.2. Evolução do “Jogos dos Legos” para as três etapas .....	49
Gráfico 5.3. Tempo total para obter a “primeira peça boa” na Etapa 1.....	54
Gráfico 5.4. Resultado gráfico das três etapas realizadas no “Jogo SMED” .....	54

## **SIGLAS**

JIC – Just In Case

JIT – Just In Time

KPI – Key Performance Indicators

MP – Matéria – Prima

PDCA – Plan, Do, Check, Act

SMED – Single Minute Exchange of Die – Troca Rápida de Ferramentas

TPS – Toyota Production System

WIP – Work In Progress

5S – Organização do Posto de Trabalho

## 1. INTRODUÇÃO

Os dias de hoje são preenchidos com uma crescente competitividade a nível industrial. Essa competitividade leva à introdução de metodologias nas organizações que proporcionem uma melhoria contínua e efetiva para os produtos/serviços associados às mesmas. Procurando a liderança e gestão empresarial, foi ganhando relevo em diversos setores, a filosofia *Lean Thinking*, denominada a primeira vez em 1996 por James Womack e Daniel Jones na sua obra. Esta filosofia é apoiada por uma corrente de gestão denominada de *Toyota Production System* (TPS) desenvolvida por Taiichi Ohno (1912 – 1990) e inicialmente aplicada no setor da indústria automóvel.

A filosofia *Lean* pode ser aplicada em qualquer organização, baseando-se em: “A business system for organizing and managing product development, operations, suppliers, and customer relations that requires less human effort, less space, less capital, less materials, and less time to make products with fewer defects (...)” (Marchwinski *et al*, 2008).

O *Lean Thinking* tem como principal propósito a constante melhoria de todas as atividades que geram ou não valor e que são eficazes para melhorar o desempenho e a qualidade nas empresas, através da remoção de desperdícios. Tendo em vista esta melhoria, é conseguida uma entrega atempada aos clientes e ainda um melhor controlo de custos.

“The Right Process Will Produce the Right Results” (Liker e Meier, 2006).

Em ambiente industrial é aconselhável a implementação de técnicas/ferramentas *Lean Thinking* onde, algumas serão expostas e aplicadas em simuladores práticos desenvolvidos nesta dissertação. Estas metodologias relativas ao *Lean Management* podem ser aplicadas desde o chão de fábrica (linha de montagem) até ao topo de gestão da empresa. Para isso, é necessário que todos os membros da organização tenham conhecimentos desta filosofia que, aplicada nos corretos moldes, trará vantagens no fluxo de valor.

Por essas razões, para se conseguir responder às necessidades do mercado com eficiência, a formação de futuros profissionais em ambientes universitários é de grande importância. Atualmente, e com facilidade de acesso a materiais/ferramentas e plataformas digitais, o ensino não pode ficar centrado em materiais teóricos. A componente prática, além de motivar os alunos, torna-os mais próximos da realidade industrial. É nesta situação que se focam os objetivos fulcrais desta dissertação. Serão desenvolvidos e analisados/testados

jogos didáticos/simuladores com uma elevada componente prática que servirão de novos instrumentos de ensino de forma a estimular nos alunos um maior interesse para a aprendizagem de ferramentas *Lean Thinking* de uma forma mais prática, simplista e realista. Os jogos didáticos são uma estratégia cada vez mais utilizada, pois promovem um maior interesse por parte dos alunos, conseguindo mantê-los atentos por muito mais tempo em sala.

A utilização destas ferramentas de ensino tem ainda associadas características intrínsecas para além da aprendizagem por parte dos alunos. As relações interpessoais, a comunicação, o saber ouvir e expressar os seus ideais são valores que têm uma forte importância para o futuro relacionamento profissional de cada indivíduo.

### **1.1. Organização da Dissertação**

Este trabalho encontra-se dividido em oito capítulos distintos. Neste primeiro capítulo, é feita uma breve introdução aos objetivos gerais da dissertação bem como um enquadramento ao tema abordado.

No segundo capítulo, encontra-se descrito a base teórica que sustenta o trabalho. São referidas as vantagens da introdução de jogos didáticos/simuladores em ambiente de sala de aula e ainda alguns conhecimentos teóricos em relação ao nascimento da filosofia *Lean Thinking*. No terceiro capítulo é feita uma descrição de ferramentas *Lean Thinking* que servem de base para os jogos didáticos desenvolvidos.

De seguida, o 4º capítulo faz referência aos jogos/simuladores realizados, o “*Heijunka Game*” e o “*Jogo Takt Time*”, englobando todos os processos envolventes para a realização dos mesmos nos diferentes cenários descritos bem como os resultados obtidos.

No ano letivo 2014/2015, foram postos em prática, em sala de aula, três jogos didáticos: “*Jogo do Puzzle 5S*”, “*Jogos dos Legos*” e “*Jogo SMED*”. O 5º capítulo centra-se no tratamento e análise de resultados aos três jogos referidos.

Analisando todos os simuladores *Lean Thinking*, foi possível observar as principais dificuldades dos alunos, sendo as mesmas apresentadas no Capítulo 6.

O 7º capítulo é dedicado a uma análise de questionários entregues aos alunos, sendo uma ferramenta para analisar a satisfação dos mesmos e para futuras melhorias.

No 8º capítulo estão apresentadas as conclusões retiradas do desenvolvimento e análise destes simuladores e ainda diferentes melhorias a aplicar em futuro trabalhos.

## 2. CONTEXTO E ESTADO DA ARTE

### 2.1. Jogos Didáticos no Ensino – Metodologia de Aprendizagem

A utilização de jogos didáticos no ensino é, cada vez mais, uma ferramenta essencial na aprendizagem. Os alunos deparam-se com outras metodologias que lhes suscitam interesse e desafiam a mente a superar esse desafio.

Howard Gardner (1993) na obra “*Frames of Mind: Theory of Multiple Intelligences*” afirmou que a inteligência corresponde a uma capacidade que cada pessoa detém em maior ou menor extensão. Logo, cada ser humano aprende de uma maneira diferente tendo de ter acesso a diferentes ferramentas que permitam e possibilitam a sua aprendizagem. Nestas diferentes ferramentas incluem-se os jogos didáticos que permitem ao aluno/formando construir o seu próprio conhecimento.

O objetivo destes jogos didáticos é permitir que o aluno potencie o seu conhecimento acerca do assunto em causa facilitando a aprendizagem de uma forma motivante e lúdica mas, ao mesmo tempo, séria; aliando assim aspetos lúdicos e cognitivos. Desta forma, estes jogos poderão esclarecer algumas dúvidas que tenham ficado no processo de assimilação de conhecimentos por parte dos alunos (Campos et al, 2002). Por outro lado, aprender a interagir, escutar e dialogar contribui para um desenvolvimento do carácter cognitivo pessoal motivando uma melhor relação para com os diferentes intervenientes. O trabalho de equipa, a socialização e a não concordância entre elementos fomenta também o crescimento pessoal e coletivo (Formosinho et al, 2015).

Por parte do docente tem de haver um incentivo e motivação em relação ao jogo a realizar. O facto de questionar as perguntas e respostas dos alunos e incitar dúvidas vai levar à reflexão e assim os alunos irão organizar os seus pensamentos e produzir conhecimentos significativos.

Os conhecimentos relativos a ferramentas *Lean Manufacturing* são muito utilizados pelas indústrias nos dias de hoje. A aprendizagem e aplicação destes conceitos são mais conseguidas por parte das universidades se aplicar a estes conhecimentos jogos didáticos que permitam ao aluno maior proximidade entre a base teórica e a prática em

ambiente industrial. Apesar dos jogos se realizarem em ambiente de sala de aula, há uma maior proximidade a situações reais. Além de alterar o esquema de ensino, insere os alunos nos problemas existentes, incentivando à aprendizagem, a testar novas situações e a pensar de uma forma lógica, crítica e ligada ao mundo real (Lavagnoli e C6, 2010).

## **2.2. Toyota Production System**

Henry Ford (1863 – 1947) fundou, nos Estados Unidos da América, a *Ford Motor Company* onde, com o trabalho dos seus operários desenvolveu o memorável carro Ford T. Este não era apenas um carro mas sim o primeiro carro produzido a baixo custo e com uma manutenção acessível. A sua produção era realizada numa linha de montagem em série relatando uma produção em massa destes automóveis. Esta produção pretendia produzir no menor tempo possível, a maior quantidade através de um trabalho padronizado dos seus funcionários, resultando em produtos de qualidade superior aos concorrentes e com baixos custos de produção para a empresa. Foi nestas condições que nasceu e teve sucesso o Ford T (Womack et al., 1990).

No outro lado do mundo, no Japão, Taiichi Ohno (1912 – 1990), trabalhando e analisando todos os processos de produção da Toyota começou por desenvolver, por volta de 1940, o sistema *Toyota Production System* (TPS). Mais tarde, Shigeo Shingo (1909 – 1990) também contribuiu para o desenvolvimento deste sistema.

Terminada a 2ª Guerra Mundial, Ohno visitou as instalações da Ford para perceber e levar conhecimentos de produção em massa para a Toyota. Analisando esta técnica, percebeu que teria de fazer alguns ajustes que levariam a melhorias na linha de produção e acrescentariam valor aos seus produtos. Foi com estas condições que nasceu a *Toyota Production System* centrando-se, desde o início, na filosofia de eliminar completamente todo o tipo de desperdício procurando sempre por métodos/ferramentas mais eficientes que acrescentassem valor aos processos de produção dos seus veículos (Toyota, 2016).

Uma das primeiras filosofias desenvolvidas por Ohno foi a produção *Just-In-Time* (JIT) que, dado a elevada diversidade de produtos e a flexibilidade do sistema, pretendia que apenas fosse produzido o que era pedido pelo posto de trabalho a jusante, produzindo o suficiente para dar resposta aos pedidos dos clientes. Este método era testado

por tentativa e erro nas linhas de produção da empresa, trazendo vantagens para a mesma no que diz respeito à eliminação de desperdícios (Turner, 2010).

Esta filosofia elaborada pela *Toyota Motor Company* considera que as condições ideais para criar os produtos em causa são conseguidas quando existe uma aliança entre as máquinas, instalações e pessoas, que juntas acrescentam valor sem gerar desperdício.

O TPS nasce assente em dois conceitos: *Just-In-Time* (JIT) e *Jidoka*. A filosofia *Just-In-Time*, como já referido, pretende que seja produzido apenas o que é necessário garantindo um fluxo contínuo da linha de produção. O conceito *Jidoka* refere-se à automatização com participação do homem. Aqui não será necessário que o operador esteja a observar a máquina continuamente. A mesma é programada e, caso ocorra alguma situação anormal, desliga-se automaticamente garantindo a qualidade durante o processo de fabrico. Estes conceitos por norma são apresentados numa “Casa TPS” (Figura 2.1) que engloba diversas divisões ligadas entre si mas que têm diferentes funções (Suzaki, 2010).



Figura 2.1. A Casa TPS (Fonte: <https://www.lean.uky.edu/reference/terminology/>).

Analisando a Figura 2.1, destaca-se o objetivo final de atingir uma filosofia *Kaizen* – Melhoria Contínua – da empresa, aumentando a produtividade com vista a conseguir mais lucros para a mesma.

Os conceitos *Jidoka* e *Just-In-Time*, apenas são os pilares do TPS se na base existir um forte apoio para os mesmos. Nesta base tem de se ter em conta quem está diretamente ligado à empresa: os trabalhadores, os clientes e o mercado do setor em causa. Há a necessidade de realizar estudos do mercado e analisar o que é necessário alterar na produção por parte dos trabalhadores para, com mais rapidez e profissionalismo, responder

às exigências dos clientes. Nesta base, inserem-se conceitos que têm de ser estudados e postos em prática para se atingir a pretendida melhoria contínua: produção nivelada – *heijunka*, a filosofia Toyota – *The Toyota Way*, a gestão visual e também processos estáveis e normalizados (Liker e Meier, 2006).

Este sistema desenvolvido pela Toyota procura uma melhor racionalização de todo o sistema de produção através da análise de tarefas e de uma constante eliminação de todos os desperdícios que condicionam o normal funcionamento das atividades. Pretende-se que todas as atividades tenham valor associado e que, ao mesmo tempo, aumentem a eficácia das mesmas conseguindo assim diminuir os custos para a empresa e do *lead time*<sup>1</sup> associado aos seus produtos.

Por fim, segundo Pinto (2014), as pessoas são o principal fator de sucesso da *Toyota Motor Company* tendo de ser motivadas e salientando a importância das relações interpessoais e o trabalho em equipa. A construção de carros pela Toyota é realizada pelos trabalhadores e, ao melhorar os processos, as pessoas vão aprendendo e desenvolvendo os seus conhecimentos. Tornam-se assim, o património da visão “*Toyota Way*” – “*We don’t just build cars, we build people*” (Liker e Meier, 2006).

O TPS foi tendo cada vez mais destaque a nível mundial nos diferentes setores, começando muitas indústrias a produzir segundo uma visão “*Toyota Way*” como referiu Liker e Meier (2006). Mais tarde, o TPS foi renomeado, por James Womack, para “*Lean Thinking*”.

### **2.3. *Lean Thinking***

Taiichi Ohno, diretor executivo da *Toyota Motor Company*, através da análise do comportamento dos seus operários, detetou falhas que, por alguma razão atrasavam os processos produtivos da empresa. Identificou assim desperdícios – *muda* – que se refere a tudo o que não acrescenta valor e, como tal, deve ser eliminado ou reduzido.

Pela primeira vez, foi utilizado o termo “*Lean Thinking*” na obra de James Womack e Daniel Jones (2003) com o mesmo nome. Este termo reflete uma filosofia de liderança e gestão nas empresas com o objetivo de eliminar desperdícios e criar valor em todas as atividades.

---

<sup>1</sup> Tempo correspondente ao movimento de uma peça através de um processo ou fluxo de valor do início ao fim da linha de montagem (Rother e Shook, 2009).

O pensamento *Lean Thinking* pretende introduzir nas empresas e nos respetivos trabalhadores um mecanismo de produzir mais mas utilizando menos recursos: menos espaço, menos tempo, menos esforço humano, menos equipamentos. A partir destes recursos, é possível obter mais lucros para a empresa, adiantar a entrega de encomendas e tornar o trabalho mais satisfatório de uma forma a que se consiga converter os desperdícios em valor. A filosofia *Lean Thinking* é referida como um “antídoto para o desperdício” (Womack e Jones, 2003).

### **2.3.1. Valor versus Desperdício**

Valor é tudo aquilo que é adquirido (produto ou serviço) por parte de uma entidade. Pretende-se, com a aquisição deste valor, que traga vantagens na utilização do mesmo. O conceito de “valor” está associado a todas as partes ligadas à organização – *stakeholders*. Fazem parte os clientes, trabalhadores, acionistas, fornecedores, entre outros que esperam receber alguma coisa em troca com o valor da organização. A continuidade da empresa só é garantida se os produtos/serviços apresentados tiverem valor associado (Pinto, 2014).

O *lean thinking* funciona como um meio para fornecer benefícios para o cliente; tudo o resto, o que não traz receitas para a empresa, é considerado desperdício (Ries, 2012). Há a necessidade de analisar estas causas com vista a serem reduzidos ou eliminados dado que resultam em mais gastos económicos e de tempo. São classificados em dois géneros diferentes:

- Puro desperdício: Relacionado a atividades que são totalmente dispensáveis;
- Desperdício necessário: Relacionado a atividades que são necessárias embora não tenham valor associado.

Taiichi Ohno identificou, pela análise de atividades na *Toyota Motor Company*, os sete tipos de desperdícios mais notáveis (Suzaki, 2010):

- Sobreprodução: Produção excessiva de bens em relação à procura do mercado. Uma alternativa para responder a esta sobreprodução é aplicar uma produção *Just In Time*, utilizar etiquetas *kanban* e/ou nivelar a produção (*heijunka*);
- Espera: Diz respeito ao tempo gasto por pessoas e/ou equipamentos sempre que estão à espera de alguma ordem de fabrico;

- Transporte: Movimentação ou transferência de materiais, peças por montar, peças acabadas, pessoas, de um local para outro por algum motivo. São processos repetidos muitas vezes que acabam em gastos de energia, dinheiro e tempo. Para contrariar este desperdício devem-se fazer melhorias no *layout*, nos meios de transporte, na disposição dos materiais e ter os postos de trabalho organizados;

- Processo: Analisar o próprio processo de montagem pois pode ser a origem dos problemas, podendo existir tarefas desnecessárias. Pode ser solucionado pela formação dos trabalhadores, automatização de processos e ainda substituição de procedimentos por outros mais funcionais;

- *Stock*: Aliado à sobreprodução; quanto mais se produzir, mais permanece em *stock*, aumentando o custo do produto. Requer mais espaços, pessoas, juros, trabalho, entre outros;

- Movimento: Eliminar todos os tempos que não acrescentem valor ao produto. Manter as peças e ferramentas próximas dos locais onde vão ser utilizados e dispor as máquinas para que as deslocções sejam mínimas, são alternativas para reduzir este desperdício;

- Defeitos: Defeitos/problemas num posto de trabalho vão condicionar os seguintes acrescentando tempos de espera, custos e *lead time* – tempo de ciclo – ao produto. Estes problemas podem ser eliminados pela existência de um mecanismo que detete os defeitos ou o que está a condicionar o produto para se proceder à sua correção. Podem ser adotados sistemas como o trabalho padronizado e *poka-yoke*.

Ohno considerou que o pior desperdício está relacionado à sobreprodução pois condiciona o normal funcionamento da empresa e causa os outros seis desperdícios. Caso isto se verifique, vai haver uma acumulação de materiais a jusante da linha de produção graças a uma produção antecipada e excessiva em relação ao que o cliente deseja (Liker e Meier, 2006).

### **2.3.2. Princípios do *Lean Thinking***

Inicialmente Womack e Jones (2003) definiram cinco princípios relativos à filosofia *Lean Thinking*:

- Valor: Diz respeito às características perceptíveis que um dado produto/serviço proporciona ao cliente. É no momento de decisão que estas características

vão chamar à atenção do comprador. Quanto maior for o valor que o cliente atribui a um dado produto, maior é a satisfação do mesmo e da mesma forma aumenta a relação de fidelidade entre empresa/cliente;

- Fluxo de valor: Define todas as etapas de um determinado processo que, para ser concluído, um produto ou serviço tem de passar. Assim é conseguido analisar os processos que não acrescentam valor e, por isso, podem ser eliminados;
- Fluxo contínuo: Compreende toda a cadeia de valor de uma forma contínua sem a existência de estrangulamentos que poderiam implicar a paragem ou redução da atividade;
- *Pull*: Leva a que haja uma maior redução de *stock* trabalhando apenas para produzir o que o cliente necessita e quando o solicita; aplicação da filosofia *Just-In-Time*;
- Perfeição: Remover todos os fatores que estão a condicionar o fluxo de valor procurando pela melhoria contínua das pessoas, processos, produtos, etc.

Com as posteriores análises à filosofia *Lean Thinking*, considerou-se que estes princípios apenas tinham em conta a cadeia de valor do cliente esquecendo-se dos restantes *stakeholders* e ainda que levam a um ciclo sem fim de redução de resíduos. Foram assim introduzidos dois novos princípios: “Conhecer os *Stakeholders*” e “Inovar Sempre”. O primeiro leva a que haja mais atenção a quem se pretende servir e assim satisfazer todas as pessoas ligadas à empresa. “Inovar Sempre” diz respeito, como o próprio termo indica, a desenvolver novos serviços, novos processos e novos produtos para que haja sempre criação de valor para a empresa em causa (Pinto, 2014). A seguinte Figura 2.2 apresenta a relação destes sete princípios do *Lean Thinking*.



Figura 2.2. Sete princípios do *Lean Thinking* (Fonte: Pinto, 2014).

## 2.4. Melhoria Contínua - *Kaizen*

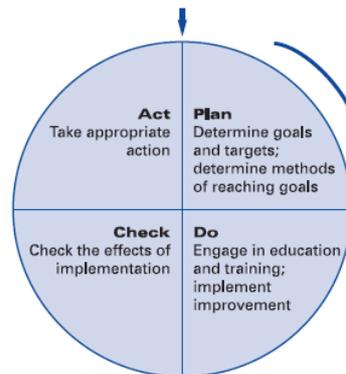
Suzaki (2010) considera que é importante garantir a qualidade do produto na origem para evitar posteriores atrasos e custos para a empresa e assim garantir uma melhoria contínua por parte da empresa. Quanto mais cedo se poder prevenir ou detetar um erro/problema, menor é o custo associado à resolução do mesmo. Para o autor faz ainda sentido que as operações sejam controladas o mais a montante possível na linha de montagem ou ainda na fase de desenvolvimento do produto.

A par do *Toyota Production System* foi elaborado um princípio *Kaizen* que tem como objetivo atingir a melhoria contínua em qualquer prestação de serviço (topo da “Casa do TPS”). Os membros da organização têm de analisar os processos produtivos envolventes e permitir a introdução contínua de melhorias, para se conseguir reduzir os custos e flexibilizar a procura dos clientes. Tendo como ênfase as pessoas, o *Kaizen* sugere rever as formas de trabalho e incitar melhorias que criem valor de forma a aumentar a eficiência, qualidade, competitividade e condições de trabalho.

Na Toyota, a melhoria contínua é realizada através do Ciclo PDCA (*Plan – Do – Check – Act*), desenvolvido por Walter Shewhart (1891 – 1967) e posto em prática, no Japão, pelas mãos de W. E. Deming (1900 – 1993) (ver Figura 2.3). Segundo Liker e Meier (2006) na obra “*The Toyota Way Fieldbook*”, numa primeira fase – *Plan* – pretende-se que seja desenvolvido um plano de ação através de técnicas e ferramentas que auxiliam ao melhoramento; a segunda fase – *Do* – refere-se à implementação do plano e recolha de

resultados para uma posterior análise; numa terceira etapa – *Check* – verificam-se os resultados e compara-se com o que era previsto; por fim, na quarta etapa – *Act* – fazem-se os ajustes necessários para as soluções obtidas e para o plano de ação inicialmente imposto.

Atingir a perfeição é algo inacessível mas, é sempre possível melhorar a partir da situação atual.



**Figura 2.3.** Ciclo PDCA (Fonte: Marchwinski *et al.*, 2008).

### **3. LEAN MANAGEMENT**

Shigeo Shingo (1989), que liderava a produção da *Toyota*, deparava diariamente com falhas humanas que, posteriormente se refletiam na produção de produtos defeituosos levando a paragens das linhas de montagem e atrasos nas entregas. Lidando com estes problemas, começou a desenvolver técnicas – ferramentas *Lean* – que foram ajudando à diminuição de erros dado que os defeitos produzidos pelos operários eram resultado dos erros cometidos. O objetivo destas ferramentas é de coordenar melhor o fluxo de produção de modo a que sejam criadas atividades de valor associado, tornando os processos mais eficazes e rentáveis. Nos casos de estudos efetuados nesta dissertação, destacam-se as seguintes ferramentas *Lean*: 5S, SMED, *Heijunka*, *Kanban*, *Poka-Yoke* e *Takt Time*.

#### **3.1. 5S – Organização do posto de trabalho e gestão visual**

A metodologia *Lean* – Organização do posto de trabalho (5S) e gestão visual – é, muitas vezes, o primeiro conceito *Lean* a ser aplicado por empresas pois apresenta resultados quase imediatos e satisfatórios.

A metodologia 5S é considerada uma ferramenta de trabalho a ser utilizada pelos operadores de uma dada companhia/empresa que visa o crescimento da produção, segurança, ambiente empresarial, motivação dos funcionários e conseqüentemente a melhoria da competitividade. Estes fatores são desenvolvidos, analisando todo o processo produtivo da empresa e desenvolvendo uma planificação de organização e classificação de materiais, ordem e limpeza. A aplicação deste conceito 5S tem por base uma procura persistente de valor bem como do agrado do cliente. É considerado desperdício tudo o que não contribui para o objetivo desta metodologia (Peterson e Smith, 1998).

O método 5S tem como objetivo a implementação e aplicação de cinco conceitos oriundos do Japão: *Seiri*, *Seiton*, *Seiso*, *Seiketsu* e *Shitsuke*. Estes cinco princípios estão presentes na Figura 3.1 e, segundo Pinto (2014), utilizar estas ferramentas numa indústria passa por:

1. *Seiri* (*Sort* - Seleção) – Separar o necessário do desnecessário; identificar o que não é necessário para o posto de trabalho em causa;

2. *Seiton* (*Straighten* - Organização) – Definir um lugar para cada material mantendo-o organizado nesse local; ter mais perto o que é utilizado mais vezes; colocar etiquetas de identificação (ajudas visuais) nos utensílios e no respetivo local onde estas devem ser mantidas;

3. *Seiso* (*Shine* - Limpeza) – Efetuar a limpeza diária de cada zona do posto de trabalho e dos materiais utilizados bem como da área circundante; definir normas de limpeza a cumprir por todos os envolventes;

4. *Seiketsu* (*Standardize* - Normalização) – Normalização e padronização dos resultados obtidos nos três S's anteriores; definir regras e auditorias para cada trabalhador na sua área de trabalho; definir normas gerais de limpeza e arrumação dos postos de trabalho; regularizar em toda a empresa os materiais/postos de trabalho do mesmo tipo;

5. *Shitsuke* (*Sustain* - Autodisciplina) – Tem como objetivo continuar a implementar os quatro conceitos anteriores para que, com o tempo, se faça sempre bem à primeira (eliminando a variabilidade).

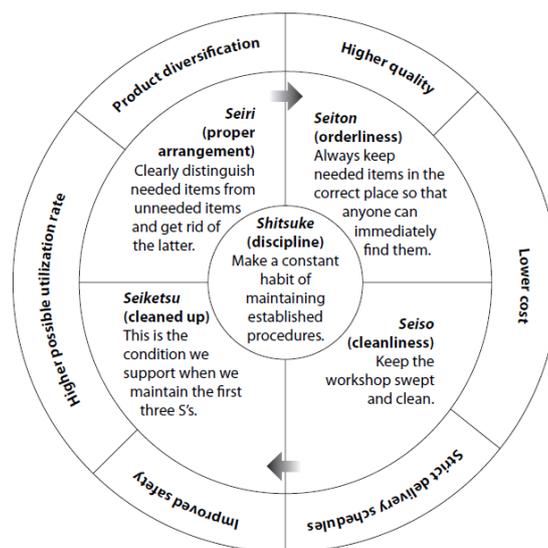


Figura 3.1. Significado do 5S para a eliminação de desperdícios (Fonte: Hirano, 2009).

Nos dias de hoje, cada vez mais empresas vão adicionando um novo S de Segurança à lista dos 5S's citados previamente. Como referiu Pinto (2014), para atingir a otimização e a eficiência de todos os trabalhos realizados, é necessário a existência de rotinas de ordem e de organização na empresa.

A aplicação destes conceitos pretende melhorar o desempenho das pessoas ligadas ao processo fabril e assim reduzir os desperdícios e atrasos em entregas. Para isso é

necessário que existam as condições ótimas no local de trabalho promovendo ambientes de trabalho organizados, seguros e funcionais (Liker e Meier, 2006). Estas condições tornam mais eficiente a gestão da indústria ao nível do aumento da produtividade, eliminação de desperdícios, aumento das receitas e diminuição em prazos de entregas. Impõe-se assim uma boa relação entre a unidade operacional e as pessoas envolvidas na gestão da empresa (Pinto, 2014). Esses fatores, baseados na filosofia *Lean Thinking*, permitem a criação de valor para o cliente que é, posteriormente, reconhecido pelo mesmo.

A seguinte figura apresenta os benefícios que se pretendem atingir com a aplicação da metodologia 5S.

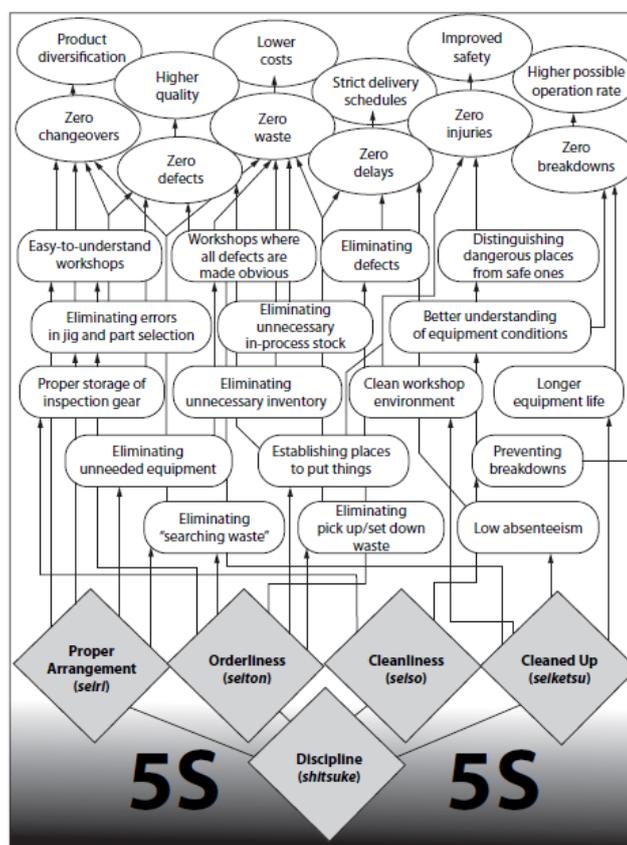


Figura 3.2. Benefício da implementação de conceitos 5S (Fonte: Ferreira, 2012).

### 3.2. SMED – Single Minute Exchange of Die

SMED – *Single Minute Exchange of Die* (Troca Rápida de Ferramentas) – é uma ferramenta *Lean Manufacturing* desenvolvida, inicialmente por Taiichi Ohno e, posteriormente, vigorado por Shigeo Shingo no Japão entre 1950 e 1960. É muito utilizada

tanto em ambientes industriais como acadêmicos. Esta técnica tem como objetivo a redução dos tempos de mudança e afinação (*setup*) de uma dada máquina. A redução do tempo de *setup* ainda permite reduzir os estrangulamentos e fazer um maior e melhor balanceamento das linhas de produção.

As operações envolvidas nesta metodologia incluem o tempo necessário para retirar as ferramentas de uma máquina; montar uma nova e operar a máquina até que seja produzida uma peça/objeto sem defeitos. A estas operações é considerado um dado tempo de *setup* que inclui todos os tempos de intervenções e de ajustes até que se produza a chamada “primeira peça boa”. Segundo Shingo (1985), o que se pretende é reduzir os tempos de *setup* num número de minutos referido num só dígito, ou seja, inferior a dez minutos. Na prática, a mudança de ferramentas, preparação da máquina, equipamentos e linhas de produção, entre outras atividades, é difícil de se expressar em menos de dez minutos. Mesmo assim, a aplicação SMED consegue atingir reduções drásticas nos tempos de *setup* envolvidos.

A abordagem feita por Shingo sugere a divisão das operações de *setup* em duas categorias:

- Atividades (*Setup*) Internas: todas as atividades que só podem ser desempenhadas quando a máquina está parada, levando à paragem da produção;
- Atividades (*Setup*) Externas: todas as atividades que podem ser desenvolvidas com a máquina em produção.

Segundo Shingo (1989), para atingir o objetivo primitivo desta ferramenta *Lean Manufacturing* de redução dos tempos de *setup*, tem de se ter em conta os quatro estágios seguintes:

- Estágio Preliminar: Identificar operações – atividades internas e externas não diferenciadas; É necessário contabilizar todos os tempos de *setup* envolvidos nas atividades a realizar. As mesmas podem também ser filmadas para uma posterior análise. Só registando os tempos e analisadas as tarefas é que é possível definir novas metas para diminuir os tempos de cada processo. As atenções deverão estar viradas principalmente para o operador, pois é o próprio que executa a tarefa e que poderá mencionar diversos fatores externos que estarão a prejudicar a normal realização das operações;
- Estágio 1: Separar as operações internas das externas; nesta etapa dividem-se as operações que podem ser concretizadas com a máquina a trabalhar (atividades internas) daquelas que apenas são confeccionadas com a máquina parada (atividades externas);

- Estágio 2: Transformar operações internas em externas; na procura de uma diminuição dos tempos de *setup*, são analisadas todas as tarefas realizadas pelo operador com o objetivo de converter as operações internas em externas. Depois de analisadas as tarefas, procede-se à alteração dos métodos de como e quando o operador realiza diversas atividades. Por exemplo: trazer todos os utensílios necessários à construção da peça para o posto de trabalho em causa evita tempos gastos na deslocação e na procura de ferramentas;
- Estágio 3: Simplificar, otimizar e racionalizar todas as operações internas e externas; engloba todos os processos e medidas tomadas para a diminuição dos tempos de *setup* e melhoria das operações realizadas na máquina.

Como está intrínseco, o que se pretende é converter todas as atividades que só funcionariam com a máquina parada, atividades internas, em externas e tirar o melhor partido delas e de alternativas que poderão ser mais vantajosas ao processo produtivo. Sendo conseguido, não haveria tantas quebras na produção e os tempos de operações seriam reduzidos no decorrer do fabrico dos materiais.

Na seguinte Figura 3.3, encontra-se um quadro-resumo das vantagens da aplicação desta técnica SMED. As etapas mencionadas anteriormente estão presentes e algumas subdivididas no esquema seguinte. Consegue-se verificar a influência de cada etapa na redução dos tempos de mudança de materiais antes e depois da aplicação desta metodologia.

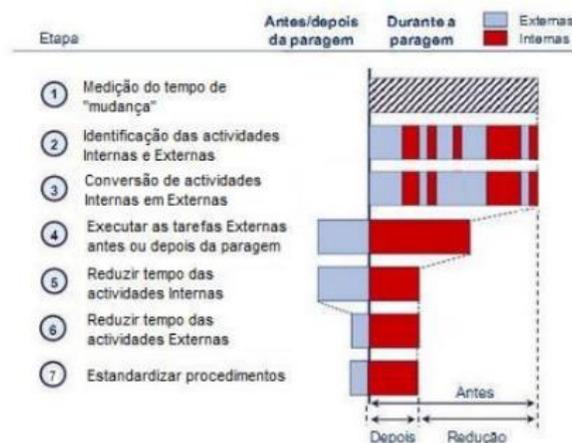


Figura 3.3. Implementação da metodologia SMED (Fonte: Shingo, 1985).

### **3.3. Heijunka**

*Heijunka* é a palavra japonesa para “nivelamento da produção” no que refere ao nível da quantidade e do *mix* de produtos. Segundo Marchwinski et al (2008), o *Heijunka* é uma estratégia de nivelamento da produção de um dado tipo e volume de produtos que pretende responder às necessidades de clientes atempadamente mas, ao mesmo tempo, evitando excessos de *stock*. É um conceito simples mas, a sua aplicação necessita de conhecimentos na área de produção, embora se alcancem resultados visíveis.

A produção segundo um sistema *Heijunka* considera os pedidos dos clientes para um dado período e faz um balanceamento do volume e dos diferentes tipos de materiais a produzir para que sejam fornecidos diariamente. Por exemplo, considerando a sequência AAABBCC destes três tipos de materiais, para haver um nivelamento da produção e responder eficientemente às exigências dos clientes, o programa a emitir para a produção será: ABCABCA. Assim, não existirá excesso de produção e atrasos graças à programação nivelada imposta que considera o padrão do volume e do *mix* da procura (Marchwinski *et al*, 2008).

Com a aplicação deste método, é conseguida uma produção peça a peça mais equilibrada de acordo com a quantidade pedida pelos clientes, cumprindo os prazos de entrega e, ao mesmo tempo, existindo uma carga de trabalho estável para os trabalhadores.

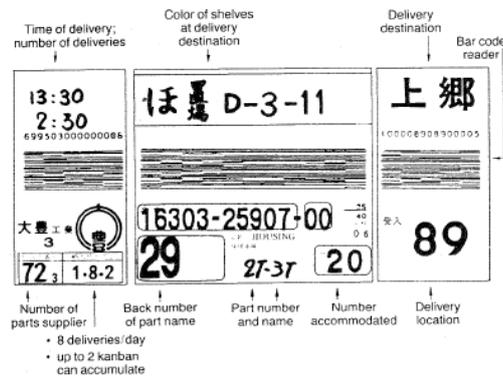
Para servir os clientes e existir uma organização no trabalho, há a necessidade de normalizar as operações. Através desta análise, conseguem-se identificar problemas existentes e que estejam a condicionar o normal funcionamento da produção, analisando formas de os solucionar. Com estas análises conseguem-se diminuir os tempos de produção, reduzir *stocks* intermédios e ainda diminuir os custos inerentes aos processos produtivos (Pinto, 2014).

### **3.4. Kanban**

No âmbito do *Lean Thinking*, o sistema de controlo *Kanban* é uma das técnicas/ferramentas mais utilizadas. Esta palavra, criada por Taiichi Ohno, de origem japonesa significa cartão ou sinal visual. Ohno, trabalhando na *Toyota Motor Company*, verificou que havia uma tendência para produzir em excesso e, para contrariar essa situação, procurou uma alternativa para produzir apenas o produto requerido pelo cliente, na quantidade encomendada e no momento em que é feita a compra – produção *Just In Time* (JIT). Para ser posto em prática, teria de haver uma comunicação entre postos de trabalho ao

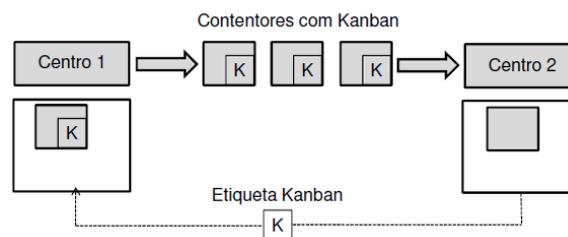
longo da linha de montagem para que um posto a montante apenas produzisse o que lhe fosse pedido pelo posto a jusante e assim sucessivamente (Hirano, 2009).

Desenvolveu-se assim esta ferramenta *Kanban* na forma de cartão, caixa, espaço vazio, ou qualquer outro tipo de sinal como na Figura 3.4 que permitia o controlo da produção, a movimentação de materiais entre postos e ainda a comunicação entre operários sem terem de se deslocar entre postos para troca de informações do processo produtivo (França, 2013).



**Figura 3.4.** Exemplo de etiqueta *Kanban* utilizado na *Toyota Motor Company* (Fonte: Shingo, 1989).

Num sistema de controlo *Kanban*, existe mais atenção ao que é pedido pelo cliente – linha de montagem final – do que no início das operações para a produção (Pinto, 2014).



**Figura 3.5.** Circulação de etiquetas *Kanban* (Fonte: Pinto, 2013).

De acordo com a imagem anterior, verifica-se que o “Centro 2” vai utilizar peças produzidas pelo “Centro 1”. Sempre que uma peça produzida pelo primeiro posto é utilizada pelo segundo, é associada uma etiqueta *Kanban* e enviada para o “Centro 1” a informação de uma nova ordem de fabrico para um novo lote de peças. De verificar que o *Kanban* produz em consideração a lotes pequenos. Dada a informação ao “Centro 1” e fabricado um número definido de peças, estas são colocadas em contentores específicos (*containers*), colocada

uma etiqueta *Kanban*, e enviada para o “Centro 2” (Pinto, 2013). Estas peças e os respetivos cartões são movimentados nos contentores através dos postos de trabalho, até chegarem à fase final de produção, cruzando as diversas operações no procedimento.

Aplicando este mecanismo, um dos objetivos de Ohno é conseguido – a redução de *stocks*. Este sistema *kanban* é utilizado para reabastecer *stocks*, não de uma maneira a prever encomendas futuras mas, logo que os *stocks* esgotem; na deteção de anomalias no processo, na redução de tempos de *setup*, entre outros (Chase e Aquilano, 1997).

### **3.5. Poka – Yoke**

Uma das maiores responsabilidades de uma empresa/entidade é entregar os produtos sem defeito aos clientes. É também de salientar que, para a continuação da satisfação dos clientes e para manter a posição da empresa no mercado, a entrega do produto nas datas combinadas entre ambas as partes reflete muito da qualidade da mesma.

*Poka - Yoke* é um termo de origem japonesa também conhecido por “Sistemas Anti-Erro” ou mesmo “Sistemas à Prova de Erro”. Não é tanto uma ferramenta *Lean* mas sim uma maneira de pensar e resolver problemas. A filosofia assente neste conceito considera que as pessoas podem executar os seus trabalhos de uma forma incorreta e, não intencionalmente, levá-los a cometer erros (Liker e Meier, 2006).

Um *Poka - Yoke* será uma “ferramenta” útil para os operários ajudando-os a trabalhar de uma forma mais facilitadora, ao mesmo tempo que elimina todas as causas potenciais de erros, seja pelo processo, pela conceção (design), ou através de sistemas anti-erro.

Concluindo, este conceito baseia-se em fabricar o produto bem à primeira vez repetidamente, sem a existência de correções, imperfeições ou desperdícios.

### **3.6. Takt Time**

O *Takt Time* – tempo de ciclo – integra uma das métricas *Lean* que permitem, com base em dados concretos, tomar corretas decisões por parte dos responsáveis pela área/serviço em causa. Estas métricas são também denominadas de *Key Performance Indicators* ou KPI, essenciais para um correto *Lean Thinking*.

O *Takt Time* não é uma ferramenta e corresponde ao ritmo da produção para atender à procura do cliente (dado que esta palavra de origem alemã conjuga “*takt*” que significa ritmo e “*time*” que corresponde ao tempo gasto) (Rother e Shook, 2009).

Taiichi Ohno definiu a seguinte equação para o cálculo do *takt time*:

$$Takt\ Time = \frac{Tempo\ disponível\ para\ a\ produção}{Número\ de\ unidades\ a\ produzir} \quad (3.1)$$

De acordo com a equação, verifica-se uma relação inversamente proporcional dado que, se a procura aumentar o *Takt Time* irá diminuir e o contrário quando houver menos procura.

O objetivo deste cálculo é que não ocorra atrasos no processo produtivo servindo os clientes atempadamente e com qualidade no serviço. Justifica-se assim a produção efetuada em relação à procura que a empresa/entidade tem para um dado produto/serviço. Segundo Pinto (2014), este KPI só tem funcionalidade se as empresas forem capazes de introduzir flexibilidade nos seus métodos e recursos.

## 4. JOGOS DIDÁTICOS DESENVOLVIDOS

### 4.1. “Heijunka Game”

“*Heijunka Game*” é um jogo didático que recorre a cartas de baralho e a um painel articulado (ou mesa de trabalho) onde os alunos decidem sobre o melhor plano de produção. No total são utilizadas 28 cartas: doze “ases (A)”, seis “reis (K)”, seis “damas (Q)” e quatro “valetes (J)”. Este jogo foi sustentado pelo documento “O Heijunka Didático II: O jogo de simulação, imprimindo velocidade à aprendizagem significativa” de Lavagnoli e C6 (2010).

No início é entregue ao grupo um conjunto de 14 cartas do baralho, organizadas por seis “ases”, três “reis”, três “damas” e dois “valetes”. Estas cartas representam quatro produtos diferentes com procuras, também, diferentes. É pedido no início do jogo que o grupo planeie o sequenciamento da produção para posteriormente atender aos pedidos de clientes (com outras 14 cartas iguais), dispondo as cartas na primeira fila do painel.

Estando o plano de produção definido na primeira fila, é pedido a um elemento do grupo que baralhe as outras 14 cartas similares que representam os pedidos do cliente (conjunto de seis “ases”, três “reis”, três “damas” e dois “valetes”). A cada ronda que se segue é retirada uma carta em representação de um pedido. Caso a carta coincida com o produto em *stock* (primeira fila) até aquele momento, o pedido deverá ser imediatamente atendido. Neste caso a “carta de pedido do cliente”, que tem mencionado “Pedido Atendido” na parte de trás, que é retirada do baralho deverá ocupar o local onde se encontra o respetivo produto em *stock* mais antigo na primeira fila representando que aquele *stock* já respondeu ao pedido do cliente. Se a carta retirada pelo aluno não coincidir com o produto já existente até aquele momento, significa que o pedido do cliente ainda não foi satisfeito, pois não foi fabricado o referido produto até ao instante em causa. Assim, a carta retirada deverá ser colocada no espaço vago da segunda fila referente à ronda em causa.

Numa segunda parte do jogo, o painel é feito segundo uma visão *Lean Management* consoante um nivelamento da produção, ou *Heijunka*, que visa trazer estabilidade ao processo de manufatura. Neste sentido é definida uma mistura das 14 cartas para a primeira fila por parte do orientador como a seguinte: AAKQJAAKQJAAKQ. O jogo

decorre de igual forma que a primeira parte do “*Heijunka Game*” retirando “cartas pedido” aleatórias do baralho. De acordo com a carta retirada, os alunos concluem se o pedido foi atendido no exato momento ou se o produto em *stock* ainda não foi fabricado para servir o cliente.

As 28 cartas utilizadas no jogo (ver Anexo A), definindo o “Plano de Produção” e os “Pedidos dos Clientes” são as seguintes:



Figura 4.1. 28 cartas disponíveis para o “*Heijunka Game*”.

À medida que vão retirando as cartas, os alunos devem registar numa folha *Excel* que lhes é fornecida: o plano de produção, a ordem de pedidos requerida pelo cliente, o número de pedidos em atraso e dos produtos em *stock* bem como os tempos de espera para servir o cliente. Posteriormente, com os dados registados é determinada a eficiência do processo (em termos percentuais, em quanto a ferramenta *Lean* traz vantagens na produção) bem como a representação gráfica para comparação dos dois cenários (ver Anexo B).

HEIJUNKA GAME														
1	Plano de produção definido pelo grupo													
2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
3	A	A	A	A	A	A	K	K	K	Q	Q	Q	J	J
4	Pedidos do cliente													
5	Q	A	Q	K	A	A	Q	J	A	K	K	A	A	J
6	Stock / Pedidos em atraso													
7														
8	Tempos de espera (dias)													
9														
10	CommandButton1													
11														
12														
13														
14	Produção Lean													
15	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
16	A	A	K	Q	J	A	A	K	Q	J	A	A	K	Q
17	Pedidos do cliente													
18	Q	A	Q	K	A	A	Q	J	A	K	K	A	A	J
19	Stock / Pedidos em atraso													
20														
21	Tempos de espera													
22														

Figura 4.2. Folha *Excel* desenvolvida e fornecida para apoio ao “*Heijunka Game*”.

Dadas as simulações computadorizadas estarem cada vez mais presentes no dia-a-dia, criou-se, para os “Pedidos do Cliente”, um comando programado em *Visual Basic For Applications* (Jacobson, 1997) no *Microsoft Excel* que, ao ser acionado, distribui, aleatoriamente, as 14 cartas de pedido para as duas partes do jogo (ver Anexo C). Na atividade prática, consoante a distribuição definida, os alunos devem acompanhar o jogo com as cartas referentes para ser de mais fácil análise e compreensão. O jogo, em ambiente de sala de aula, foi antecipado por uma apresentação em *Power Point* (ver Anexo D) com a finalidade de introduzir os alunos ao mesmo.

Este jogo pretende fornecer uma ampliação de conhecimentos relativos a ferramentas *lean* como o nivelamento da produção, *Heijunka*, baseado na quantidade necessária e os rácios de forma a minimizar os lotes em *stocks* e tempos de espera para servir o cliente. A troca rápida de ferramentas, SMED, é também analisada neste jogo com o intuito de diminuir os tempos de produção e consequentemente de entrega dos produtos (Liker e Meier, 2006).

No Apêndice A encontra-se um “Guia do orientador do jogo” que serve de suporte ao mesmo contendo todas as características associadas ao jogo.

#### **4.2. “Jogo Takt Time”**

O jogo proposto tem o intuito de estudar o conceito *takt time* utilizado em muitos ambientes fabris como auxílio às ferramentas *Lean Thinking*. *Takt time* refere-se ao “tempo de ciclo” necessário para conceber uma parte do produto ao completar o processo de montagem do mesmo produto (Marchwinski *et al*, 2008). O jogo proposto é apoiado pela dissertação de mestrado “Desenvolvimento de soluções de simulação de Lean Management” por Ivo Silva. O produto será sujeito a um processo de montagem num conjunto de 30 fichas inglesas.

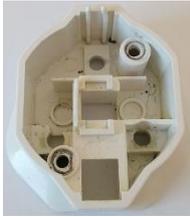
Nesta atividade, vão ser definidas todas as operações de montagem das fichas inglesas e divididas por diferentes postos de trabalho fictícios definidos por um *layout* específico. Definido o *takt time* para a atividade, vão ser realizados diferentes processos de forma a ser mais facilitada a compreensão dos conteúdos e de todas as ferramentas *Lean Thinking* utilizadas que consolidarão a equilibragem da linha de montagem.

Para tornar o trabalho mais realista, vão ser definidas listas de pedidos de clientes fictícios com procuras de produtos diferentes, introduzidas ordens de fabrico entre outras situações que vão aproximar o jogo ao que é desenvolvido numa linha de produção real.

#### 4.2.1. Componentes das fichas inglesas

Na seguinte imagem estão apresentados todos os componentes no interior de cada ficha inglesa. A mesma pode-se dividir em duas peças: a tampa fêmea e a tampa macho. As suas características exteriores e interiores podem ser vistas no Anexo E e F referentes, respetivamente, à tampa fêmea e macho.

**Tabela 4.1.** Nomes dos componentes das fichas inglesas.

Exterior tampa fêmea	Interior tampa fêmea	Peça branca	Peça preta
			
Mola	Exterior tampa macho	Interior tampa macho	Componentes lado N
			
Componentes lado L	Componentes lado E	Componentes Fusível	Parafusos exteriores
			

Relativamente à tampa macho e à tampa fêmea são incluídos os seguintes componentes:

- Tampa Fêmea: peça branca, peça preta e mola;
- Tampa Macho: componentes do lado N, L e E e ligados ao fusível.

Em relação à tampa macho, existem três orifícios que são ocupados por três pinos distintos referentes ao lado N, L e E. Como se pode ver pela tabela anterior, a cada um destes componentes pertence o respetivo pino, o suporte para o mesmo, uma argola e um parafuso. Na mesma tampa existem ainda componentes ligados ao fusível como um suporte, uma peça branca junta ao mesmo e uma tampa que protege o fusível no seu interior. De referir ainda que o suporte do pino do lado L tem ainda outra funcionalidade de suportar o fusível.

#### 4.2.2. Operações de montagem das fichas inglesas

Para a produção de um dado produto, é necessário seguir uma ordem de tarefas específicas ao longo de uma linha de montagem que obriga a certas precedências. Não serão aplicadas mas, por norma, no final da montagem deste tipo de equipamento segue-se uma fase de embalagem e de etiquetagem para depois serem vendidas.

Na Tabela 4.2 encontram-se todas as operações de montagem das fichas inglesas com as respetivas precedências.

**Tabela 4.2.** Operações de montagem relativas às fichas inglesas.

Operações	Precedências
A. <u>Em relação à tampa fêmea:</u> Inserir a mola na peça preta	-
B. Inserir a mola e a peça preta na peça branca	A
C. Inserir o conjunto anterior no interior da tampa fêmea conforme o desenho na tampa	B
D. <u>Em relação à tampa macho – Construir o lado N:</u> Inserir o parafuso na argola	-
E. Inserir o conjunto anterior no suporte	D
F. Inserir o conjunto anterior na tampa macho	E
G. Inserir o pino do lado N e dar um aperto para fixar	F

H. Apertar o parafuso	G
I. Colocar o conjunto do fusível e da peça branca junto ao mesmo	-
J. Colocar o suporte do fusível	I
K. <u>Construir o lado L</u> : Inserir o para fuso na argola	J
L. Inserir o conjunto anterior no suporte	K
M. Inserir o conjunto anterior na tampa macho	L
N. Inserir o pino do lado L e dar um aperto para fixar	M
O. Apertar o parafuso	N
P. Colocar a tampa branca de proteção do fusível	O
Q. <u>Construir o lado E</u> : Inserir o parafuso na argola	P
R. Inserir o conjunto anterior no suporte	Q
S. Inserir o conjunto anterior na tampa macho	R
T. Inserir o pino do lado E e dar um aperto para fixar	S
U. Apertar o parafuso	T
V. Inserir a tampa macho na tampa fêmea	C, H, U
W1. Inserir um parafuso exterior na tampa macho e apertar	V
W2. Inserir o outro parafuso exterior na tampa macho e apertar	V

Relativamente à ordem de montagem das fichas exposta na tabela anterior, há a necessidade de referir três aspetos:

1. A montagem pode ser iniciada por diferentes tarefas: A, D, I, J ou K;
2. Foi assumida a ordem de montagem  $I \rightarrow J \rightarrow K$  em relação à montagem dos componentes do fusível dado, por experiência, ser a ordem mais clara a proceder;
3. Relativamente à construção da tampa macho, só é possível construir o lado E quando o lado L estiver montado. O lado N é realizado independentemente de qualquer um dos outros.

De acordo com todas as operações de montagem e respetivas condições impostas foi possível elaborar o diagrama de precedências como se pode ver na Figura 4.3.

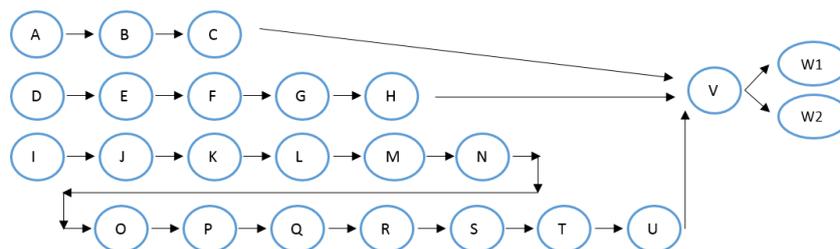


Figura 4.3. Diagrama de precedências.

### 4.2.3. Desenvolvimento do simulador

Em concordância com o diagrama de precedências definido para desenvolver as operações de montagem das fichas inglesas, foram cronometrados todos os tempos das tarefas a realizar. Assumiu-se, desde início, que todas as ferramentas estariam juntas ao operador e próximas umas das outras, evitando gastos de tempo de deslocação para ir buscar os materiais. Deste modo, considerou-se que esteve presente desde o princípio o conceito *Lean Thinking – Single Minute Exchange of Die (SMED)*. Os Sistemas Anti-Erro, também conhecidos por *Poka-Yoke*, que pretendem produzir a peça correta logo à primeira vez, são também considerados no desenvolvimento deste simulador estando associados a outras ferramentas *Lean Thinking*.

Como estas operações têm tempos associados muito baixos, foram feitas várias montagens para garantir uma melhor concordância entre todas as medições para as circunstâncias em causa. Todas as operações foram cronometradas com as seguintes condições:

- A mesma pessoa a realizar todas as operações de montagem;
- A pessoa em causa tinha conhecimento prévio do esquema de montagem;
- A mesma pessoa a cronometrar;
- O material esteve sempre disposto da mesma forma na mesa de trabalho;
- Foram realizadas seis medições de cada tarefa (ver Anexo G).

Através dos suportes relativos à “Equilibragem das linhas de montagem” da unidade curricular Gestão da Produção, aplicou-se a Heurística dos Pesos Posicionais aos tempos medidos para a construção da ficha determinando-se a ordem das tarefas a realizar no jogo (Anexo H). Este método foi aplicado por diversas iterações para diferentes *takt time* obtendo-se uma melhor distribuição das tarefas para um tempo de 28 segundos/unidade.

Mantendo-se as condições anteriores, obteve-se um tempo para produzir as 30 fichas de acordo com a Equação 3.1 do Capítulo 3.6 de:

$$\begin{aligned}
 \textit{Tempo disponível para a produção} & \\
 &= \textit{Takt Time} \times \textit{Número de unidades a produzir} \\
 &= 28^{\textit{seg}}/\textit{unidade} \times 30 \textit{unidades} = 840 \textit{seg} = 14 \textit{minutos}
 \end{aligned}
 \tag{4.1}$$

#### 4.2.3.1. Tipos de produtos

De forma ao processo se tornar mais realista, definiu-se que a simulação iria trabalhar com três tipos diferentes de fusíveis, com amperagens distintas. Futuramente este processo será incluído num conceito de Gestão Visual. Os tipos de fusíveis estão apresentados na seguinte tabela.

**Tabela 4.3.** Tipos de fusíveis.

<b>Fusível Tipo A</b>	Azul – 3 Amperes	
<b>Fusível Tipo B</b>	Vermelho – 9 Amperes	
<b>Fusível Tipo C</b>	Verde – 12 Amperes	

#### 4.2.3.2. Lista de pedidos dos clientes

Da mesma forma, foi elaborada uma lista de pedidos de clientes a ser satisfeita. Dado o tempo de simulação ser 14 minutos foi definido um pedido de cliente por cada minuto resultando em 14 pedidos. Através da seguinte equação é possível determinar o número de unidades que são construídas por minuto para satisfazer as referidas condições.

$$\begin{aligned}
 \textit{Procura do cliente fictício} &= \frac{\textit{Número de unidades a produzir}}{\textit{Tempo disponível para a produção}} \\
 &= \frac{30 \textit{unidades}}{14 \textit{minutos}} \approx 2,1 \textit{unidades/min}
 \end{aligned}
 \tag{4.2}$$

É necessário verificar se a capacidade do processo varia em algum instante dentro dos 14 minutos de simulação pois a procura não é um valor inteiro. Na Tabela 4.4 é possível ver a relação das unidades a produzir ao longo do tempo.

**Tabela 4.4.** Capacidade do processo ao longo do tempo.

<b>Minuto</b>	<b>Número de fichas teórico</b>	<b>Número de fichas produzidas por minutos</b>
0 – 1	2,1	2
1 – 2	4,2	2
2 – 3	6,3	2
3 – 4	8,4	2
4 – 5	10,5	2
5 – 6	12,6	2
6 – 7	14,7	2
7 – 8	16,8	2
8 – 9	18,9	2
9 – 10	21,0	3
10 – 11	23,1	2
11 – 12	25,2	2
12 – 13	27,3	2
13 – 14	29,4	2

Analisando a tabela anterior apenas no instante 9 – 10 se conseguem produzir 3 fichas. No restante tempo são produzidas 2 fichas por cada minuto. De acordo com estes dados foi construída a respetiva lista de pedidos de cliente (Anexo I).

De forma a facilitar o trabalho dos operadores vão ser elaboradas ordens de fabrico entregues a cada 5 minutos de simulação. Desenvolveu-se assim uma lista de previsão dos pedidos dos clientes (Anexo J).

#### **4.2.3.3. Ordens de fabrico**

É necessário, em qualquer linha de produção, que existam ordens de fabrico entregues aos trabalhadores que os informem do que é necessário produzir: em que quantidades e para que prazos de entrega. Foram definidas três ordens de fabrico entregues aos trabalhadores. A primeira, entregue no primeiro instante, informa o que é necessário fabricar para os cinco minutos que se seguem. A segunda ordem de fabrico é entregue com o mesmo intuito no quinto minuto e, por fim, a terceira no décimo minuto.

Desta forma, o sistema de gestão é caracterizado por uma filosofia *push* onde o objetivo é “empurrar” o produto fabricado para o mercado. Posteriormente, será analisada a vantagem de se seguir um conceito *pull* onde a procura “comanda” o que é necessário fabricar.

As ordens de fabrico são entregues segundo um exemplar como o da figura seguinte onde a quantidade a fabricar de cada tipo de produto é planificada pelo encarregado

guiado pela lista de previsão de pedidos do cliente elaborada anteriormente (Anexo J). No Anexo K encontram-se as três ordens de fabrico definidas.

ORDEM DE FABRICO X – Posto de Trabalho 1		
Empresa:	Operação Nº:	
Cliente:		
Data:		
Data de entrega:		
Observações:		
Produto	Quantidade	Preço
A		
B		
C		
Preço Total:		
Responsável:		

Figura 4.4. Exemplo de ordem de fabrico utilizada.

#### 4.2.3.4. Zonas de trabalho

Vão ser definidas três zonas de trabalho com o intuito de facilitar o “Jogo *Takt Time*”. Essas três zonas são as seguintes:

- Zona de *stock* intermédio;
- Zona de produto acabado;
- Zona de cliente.

A primeira zona vai ser localizada entre postos, ou seja, quando um aluno acaba o seu trabalho, coloca o produto nessa zona à espera que o operário do posto a jusante o recolha para continuar com a produção. Com isso, vão existir subzonas de *stock* intermédio até ao fim do penúltimo posto. No final do último local de trabalho a ficha inglesa está montada e o operador coloca-a na “Zona de produto acabado” estando disponível para ser vendida ao cliente. Por fim, numa situação imaginária, para não criar excesso de *stock*, é criada a “Zona do cliente” que diz respeito a todas as fichas já vendidas e entregues ao mesmo. Estas diferentes zonas podem ser vistas no Anexo L.

#### 4.2.3.5. Condições de trabalho

Para a elaboração do “Jogo *Takt Time*” é necessário o seguimento de diversos aspetos para a sua correta resolução.

Iniciando a simulação, cada posto é ocupado por um trabalhador que está responsável por abastecer o respetivo local de trabalho com os componentes que necessita para executar as suas tarefas (nos dois primeiros cenários). Os locais de trabalho estão dispostos uns ao pé dos outros de forma a não haver perdas de tempo na deslocação entre postos. Todo o *stock* que é gerado deverá ser colocado nas três zonas referidas anteriormente.

De acordo com os *layouts* a seguir para os três diferentes cenários foram definidos o seguinte número necessário de alunos:

**Tabela 4.5.** Agentes necessários para o desenvolvimento do “Jogo Takt Time”.

	<b>Agentes</b>	<b>Número de alunos</b>
<b>Cenário 1</b>	Operador de montagem	5
	Agente de tempo por posto	5
	Encarregado da linha de montagem	1
<b>Cenário 2</b>	Operador de montagem	4
	Agente de tempo por posto	4
	Encarregado da linha de montagem	1
<b>Cenário 3</b>	Operador de montagem	4
	Agente de tempo por posto	4
	Encarregado da linha de montagem	1
	Operador logístico	1

Em relação ao definido na tabela anterior, existe, em cada posto, um operador de montagem. Está ainda associada mais uma pessoa por posto para cronometrar os tempos das tarefas de cada local de trabalho – as folhas de registo serão entregues aos mesmos e encontram-se em Anexo M. O “Encarregado da linha de montagem” tem como funções preencher e entregar as ordens de fabrico aos operadores, transportar a ficha inglesa montada da “Zona de produto acabado” para a “Zona do cliente” como se fosse vendida ao mesmo e, ainda, de contabilizar o tempo total da simulação. No terceiro cenário, o “Operador logístico”, associado ao conceito de comboio logístico, tem como função suportar toda a linha de montagem fazendo o abastecimento de todos os postos de trabalho.

Para se aproximar de uma linha de montagem real, a simulação é iniciada já com *stock* intermédio existente como se tivesse sido deixado do dia anterior. A quantidade de material disponível em cada posto é diferente provocando que os mesmos acabem em alturas diferentes nos postos.

Estes materiais estão dispostos em cada posto em diferentes recipientes devidamente identificados. Num local, denominado armazém, situado próximo dos postos de trabalho, encontram-se outros recipientes semelhantes com os mesmos materiais para os trabalhadores reabastecerem os próprios locais de trabalho quando for necessário.

Como já referido, nesta atividade desenvolvem-se três fichas com amperagens distintas. Essa diferenciação está visível segundo um código de cores. Quando a ficha já se

encontra na “Zona de produto acabado”, é possível dividir as mesmas pelos três tipos através de uma análise de “Gestão Visual” visível pelo exterior da peça como na seguinte figura.



**Figura 4.5.** Diferenciação das fichas inglesas através de Gestão Visual.

Antes de se iniciar, o jogo é dado a conhecer aos alunos com apoio da apresentação *Power Point* incluída no Anexo N. Ao orientador é fornecido um “Guia do orientador do jogo” que engloba todas as características necessárias à realização do mesmo (ver Apêndice B).

#### **4.2.4. Desenvolvimento do simulador – 1º Cenário**

Nesta primeira situação do simulador, vai ser realizada uma iteração segundo um *push system*, ou seja, todos os materiais e produtos são “empurrados” para o cliente, à espera que a procura suceda. Neste caso, as tarefas por parte dos operadores são realizadas JIC – *Just In Case*, garantindo sempre *stock* caso ocorra algum problema.

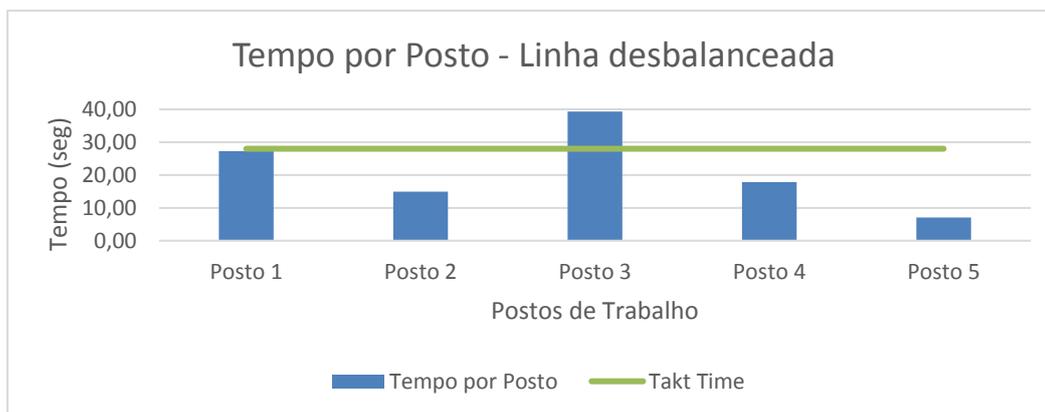
A disposição de todos os elementos está visível no Anexo O, sendo essa a organização adotada em sala de aula para testar este simulador.

Segundo os tempos obtidos pela montagem da ficha, dividiram-se as tarefas por cinco diferentes postos de trabalho, organizados de uma forma desbalanceada. As instruções de trabalho para o *layout* em questão foram remetidas para o Anexo P.

**Tabela 4.6.** Tempos de operação por posto para o primeiro cenário.

<b>Posto</b>	<b>Operações</b>	<b>Tempo (s)</b>
Posto 1	I,J, K, L, M, N, D, E	27,26
Posto 2	O, P, Q	14,90
Posto 3	R, F, S, G, T, A, H, U	39,29
Posto 4	B, C, V, W1	17,84
Posto 5	W2	7,11

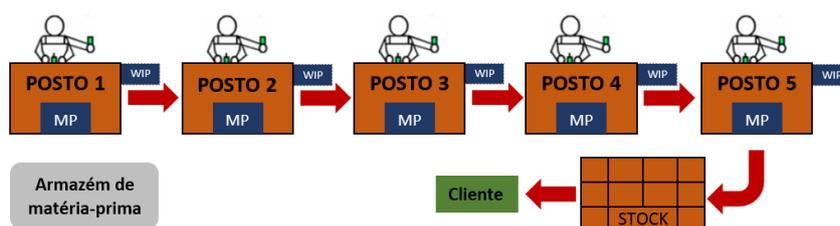
Como se pode verificar pela tabela anterior, apenas o primeiro posto se encontra próximo do *takt time*, não correspondendo de uma forma correta ao equilíbrio da linha de montagem. Recorrendo às condições obtidas da cronometragem de todas as tarefas elementares, conclui-se a média dos tempos exposta na Tabela 4.6 e construi-se o seguinte gráfico.



**Gráfico 4.1.** Tempos de operação em relação aos postos de trabalho.

Confirma-se assim que o sistema se encontra desbalanceado sendo este o primeiro caso de estudo. O objetivo parte agora de tornar este sistema mais equilibrado e com as tarefas próximas do *takt time* definido.

De acordo com os tempos registados para cada posto de trabalho na Tabela 4.6 definiu-se um *layout* inicial para proceder à montagem das fichas inglesas. Para isso considerou-se a seguinte disposição que poderá sofrer alterações com o decorrer da simulação.



**Figura 4.6.** *Layout* para a situação desbalanceada; MP: Matéria-Prima, WIP: *Work In Progress* (Trabalho em curso).

O grupo, depois de realizar esta primeira atividade, representa os tempos obtidos num gráfico de barras fornecido num ficheiro *excel* para comparar o trabalho que cada operário está a executar, bem como a relação dos tempos obtidos com o *takt time* definido (ver Anexo Q).

#### 4.2.5. Desenvolvimento do simulador – 2º Cenário

Partindo da análise do Gráfico 4.1 exposto anteriormente que dava conta da disposição de todas as operações de montagem da ficha de uma forma desbalanceada, procedeu-se à análise da mesma para permitir a respetiva equilibragem. Este objetivo será conseguido pela transferência de operações de um posto para outro (sempre respeitando as precedências existentes) e pela eliminação de postos de trabalho, tornando os trabalhadores ativos durante a linha de montagem e sem sobrecarga nos respetivos locais de trabalho. A seguinte equação traduz, de uma forma teórica, o número mínimo de postos de trabalho necessários.

$$Nt_{min} = \frac{\sum \text{Tempo das Operações}}{\text{Tempo de Ciclo}} = \frac{106,34}{28} \approx 3,8 = 4 \text{ postos de trabalho} \quad (4.3)$$

Desta forma, para as operações relatadas de montagem da ficha inglesa, apenas quatro postos de trabalho seria o ideal para este efeito. Tendo em conta este pensamento, decidiu-se balancear a linha de montagem começando pela redução de 5 para 4 postos.

Para isso foram analisadas as operações em cada posto e apenas o Posto 1 corresponde a uma solução ideal, tendo o seu tempo – 27,26 seg – próximo do *takt time* estabelecido. Desta forma o primeiro posto já se encontra satisfeito não podendo suportar a seguinte operação. Analisando os dois postos seguintes repara-se que os trabalhadores do Posto 2 têm muito menos trabalho em relação aos do Posto 3 que se encontram sobrecarregados. Neste posto existe um fenómeno conhecido por gargalo<sup>2</sup>. O Posto 2 contabiliza três operações num total de 14,90 segundos ao contrário do Posto 3 que realiza oito operações em 39,29 segundos. Respeitando as precedências descritas na Figura 4.3, começou-se por transferir operações localizadas no Posto 3 para o posto anterior. Com isso conseguiu-se retirar quatro tarefas do Posto 3 e inseri-las no segundo. Essas tarefas foram as seguintes.

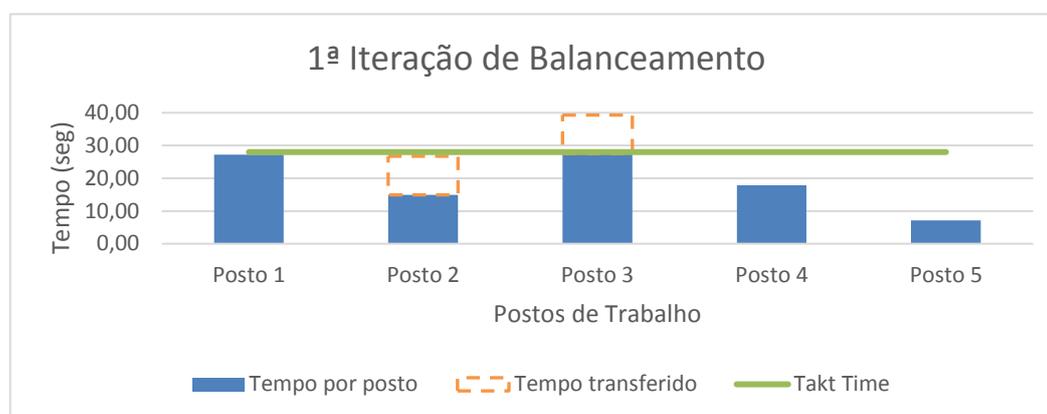
**Tabela 4.7.** Tarefas e respetivos tempos transferidos do Posto 3 para o Posto 2 – 2º Cenário.

<b>Tarefa</b>	<b>Descrição</b>	<b>Tempo (s)</b>
<b>R</b>	Inserir o conjunto anterior (parafuso + argola) no suporte – Lado E	3,52

<sup>2</sup> Gargalo – Local dentro de um sistema industrial que limita a capacidade final de produção.

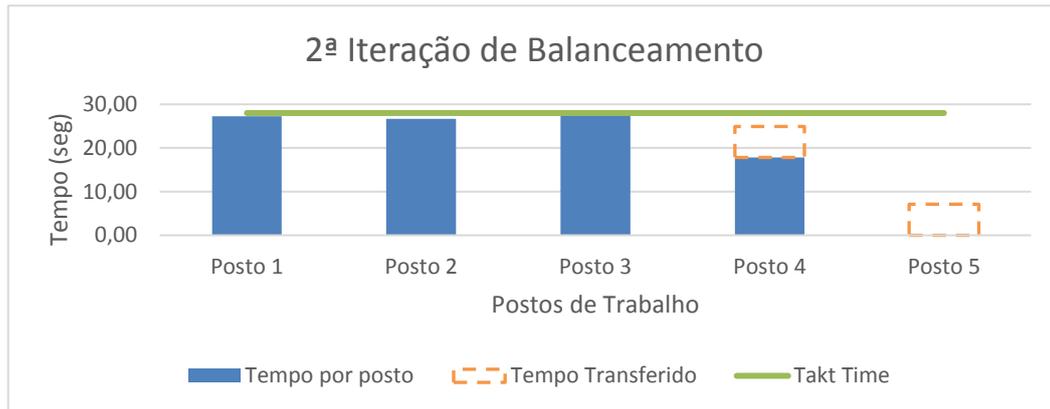
<b>F</b>	Inserir o conjunto anterior (parafuso + argola + suporte) na tampa macho – Lado N	2,60
<b>S</b>	Inserir o conjunto anterior (parafuso + argola + suporte) na tampa macho – Lado E	2,15
<b>G</b>	Inserir o pino do lado N e dar um aperto para fixar	3,52

Foram assim transferidos 11,79 segundos. Com isto, o Posto 2 totaliza um tempo de 26,69 segundos e o Posto 3 de 27,50 segundos. Dados os tempos, já não é possível adicionar nenhuma atividade a cada posto. O seguinte gráfico traduz as alterações efectuadas para a equilibragem da linha.



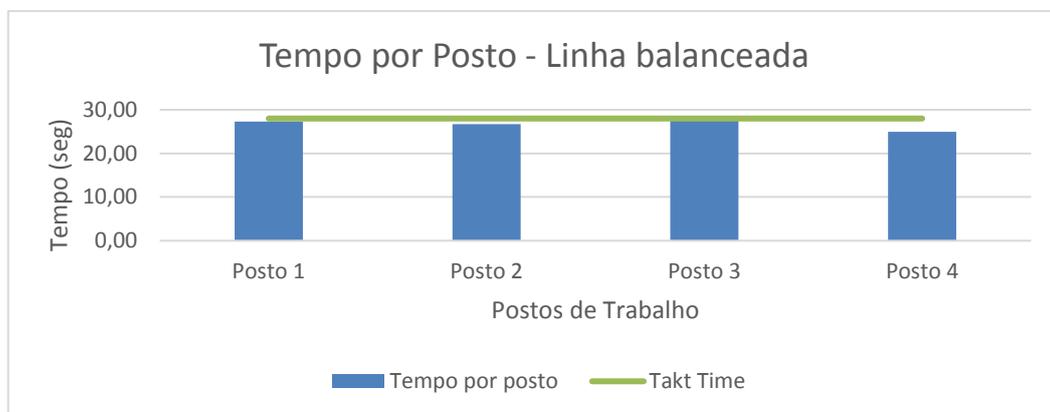
**Gráfico 4.2.** Primeira iteração de balanceamento.

Como é possível ver pelo gráfico anterior, os primeiros três postos já se encontram dentro das expectativas depois de feitas as melhorias associadas. Por fim, transferiu-se a única tarefa do Posto 5 – W2: Inserir o outro parafuso exterior na tampa macho e apertar (7,11 seg) – para o Posto 4 que ainda tinha tempo disponível. Desta forma, este posto deixou de ter um tempo associado de 17,84 segundos e passou a englobar tarefas num total de 24,95 segundos. A pessoa responsável pelo Posto 5 poderá tomar outras responsabilidades como o abastecimento dos outros postos. A última iteração realizada está representada no gráfico seguinte.



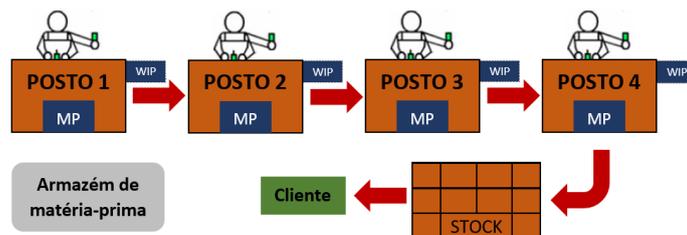
**Gráfico 4.3.** Segunda iteração de balanceamento.

Conseguiu-se obter os dois principais objetivos iniciais: todos os tempos em cada posto próximos do *takt time* e, ainda, eliminar o quinto posto de trabalho conseguindo-se montar as fichas em apenas quatro estações. Assim, alcançou-se o seguinte gráfico que tira o melhor proveito da totalidade das tarefas para os quatro postos de trabalho necessários. Desta forma todos os operários têm um trabalho equilibrado em relação ao tempo que têm disponível para produzir as fichas, não se gerando atrasos em entregas a clientes.



**Gráfico 4.4.** Linha de montagem balanceada.

Da mesma forma, há a necessidade de refazer o *layout* da linha de produção. É mantida uma produção em série dado que cada posto depende diretamente do posto anterior.



**Figura 4.7.** Layout para a situação balanceada; MP: Matéria-Prima, WIP: *Work In Progress* (Trabalho em curso).

Como foi alterada a linha de montagem das fichas e o respetivo *layout*, há a necessidade de reformular as operações a realizar em cada posto de trabalho. Essas novas instruções de trabalho foram remetidas para o Anexo R. As outras condições impostas como ordens de fabrico, lista de pedidos e de previsão de clientes, zonas de trabalho e tipos de produtos mantêm-se análogas. A disposição do material mencionado neste capítulo em sala de aula pode ser vista no Anexo O.

Finalizada esta atividade, os alunos representam, novamente, num gráfico de barras os tempos gerados que, comparando com o Cenário 1, já se encontra balanceado (ver Anexo Q).

#### 4.2.6. Desenvolvimento do simulador – 3º Cenário

Neste subcapítulo, contrariamente ao ocorrido nos anteriores, o sistema a aplicar será o *pull system* onde cada posto de trabalho “puxa” os materiais do posto a montante segundo um pedido efetuado na estação a jusante. Nesta situação a produção será realizada JIT – *Just In Time*, procurando a redução/eliminação de desperdício produzindo apenas quando é requerido na quantidade que é requerida, evitando excessos de produção.

Serão analisadas as seguintes ferramentas *Lean Thinking*:

- Sistema *Kanban*;
- 5S/Gestão visual;
- Supermercado;
- Comboio logístico.

#### Sistema *Kanban*

Neste terceiro cenário, as ordens de fabrico entregues a todos os operários vão ser substituídas por *kanbans* sendo o fabrico comandado pela procura. Apenas o trabalhador do último posto de trabalho tem conhecimento do que é necessário produzir. Isso relata,

como já referido anteriormente, o comando da linha de produção pelo último posto respeitando a filosofia *Pull*.

Em cada posto vão existir duas caixas com o mesmo material e as respetivas etiquetas *kanban*. Quando uma acabar, o trabalhador utiliza a outra disponível no mesmo posto com o mesmo material. Associado a cada caixa existe a respetiva etiqueta *kanban de transporte* (ver Figura 4.8) que servirá como um guia para o abastecimento dos postos indicando o nome e código da peça, a capacidade da caixa, a origem e o destino da mesma, bem como outras informações.

KANBAN DE TRANSPORTE		
Processo: <b>Posto 1</b>		
Nome da peça: <b>Tampa Macho</b>		
Código da peça: <b>TM</b>		
Tipo de caixa <b>Caixa A</b>	Capacidade da caixa <b>5</b>	Número <i>kanban</i> <b>1/3</b>
Processo anterior <b>Supermercado</b>		Processo seguinte <b>Posto 1</b>
		

**Figura 4.8.** *Kanban* de transporte.

Em Anexo S encontram-se mencionadas todas as características de cada etiqueta *kanban* para a totalidade dos materiais.

## 5S/Gestão Visual

Estando agora a trabalhar segundo uma filosofia *Pull*, a diferenciação dos três tipos de materiais tem mais notoriedade ao longo da linha de montagem pelas três cores correspondentes. Os fusíveis são distinguidos através de um código de cores que é visível pelo exterior da ficha (de acordo com a amperagem do fusível). Mesmo assim, para servir mais facilmente o cliente e não haver confusão entre operadores é destacada uma zona no final do quarto posto para a respetiva diferenciação do produto final. Essa zona está representada na seguinte figura.



Figura 4.9. Gestão Visual para o *Pull System*.

A ferramenta “Gestão Visual” foi ainda implementada nas instruções de trabalho que estão distribuídas pelos diversos postos (ver Anexo T).

### **Supermercado**

Na filosofia *Pull*, a existência de produtos em *stock* é considerada desperdício mas, por vezes, é impossível que esse facto não suceda. Para contornar esta questão, foram incluídos na simulação *stocks* controlados, denominados de supermercados.

Serão introduzidos dois supermercados, um para substituir o armazém de matéria-prima (Supermercado de Abastecimento) e outro para o produto acabado (Supermercado de *Picking*). Ao terminar o material num posto, o responsável pela linha de montagem recorre ao “Supermercado de Abastecimento” e, na volta, deixa a caixa completa no posto correspondente. Dado que, para a construção de uma ficha se utiliza, na maior parte, apenas uma peça de cada material, definiu-se que as caixas em cada posto têm a mesma quantidade logo, quando terminar o material num determinado posto, sabe-se que é necessário abastecer os outros.

Por outro lado, na “Zona de Produto Acabado” é definido um “Supermercado de *Picking*” para o produto finalizado. Este local engloba ainda a diferenciação das fichas através do código de cores apoiando a metodologia “Gestão Visual” como foi referido anteriormente.

Estes supermercados podem ser encontrados em Anexo U.

## **Comboio Logístico**

Comboio logístico ou *Mizusumashi* é um conhecido meio de transporte de materiais na filosofia *Just In Time* utilizado para abastecer as linhas de produção. A pessoa responsável por estas operações é chamada de “operador logístico” que, na atividade prática vai suportar todos os postos fazendo o reabastecimento de materiais em cada um deixando de ser o próprio trabalhador a prover o seu local de trabalho.

Para isso foram criados tabuleiros de apoio ao operador que vão estar juntos do “Supermercado de Abastecimento” (ver Anexo V). Existem quatro “Tabuleiros do Mizusumashi” referentes aos quatro postos de trabalho da linha de montagem. Os mesmos foram criados com auxílio da gestão visual tornando o abastecimento aos postos mais eficiente e rápido pois, em cada tabuleiro existem fotografias apenas do material que é utilizado em cada posto.

Dadas as caixas terem a mesma quantidade de material, foram definidas duas regras para o operador logístico:

- O abastecimento deve ser feito do posto 4 para o posto 1, dado os pedidos de produção começarem por ordens do operário do último posto;
- O abastecimento é iniciado quando faltar material no posto 4.

Aplicadas estas condições pelo operador logístico, prevê-se que não haja desperdício de tempo de operação por falta de material nos postos. As caixas vazias devem ser colocadas pelo operador numa “Zona de abastecimento da linha de montagem” entre postos para não gerar confusão, à espera de serem recolhidas pelo responsável.

As condições utilizadas em sala de aula foram as mesmas seguidas nos cenários anteriores. A linha já se encontrava balanceada logo, seguiu-se o *layout* presente na Figura 4.7. A disposição do material em sala de aula para o terceiro cenário pode ser vista no Anexo O.

Mais uma vez, terminada a atividade, representam-se graficamente os tempos de operações obtidos para, numa última análise, comparar os três cenários realizados e as melhorias que foram conseguidas (ver Anexo Q).

#### **4.2.7. Heurística dos Pesos Posicionais**

Foi utilizada, como já referido anteriormente, a heurística dos pesos posicionais. Esta heurística permitiu, através do cálculo do peso posicional de cada operação, determinar a melhor ordem das tarefas a realizar. No Anexo H encontra-se o desenvolvimento desse processo que resultou em quatro postos de trabalho (como o previsto pela Equação 4.3) e, cada um, com um tempo de processamento o mais próximo possível do *takt time* de 28 segundos por ficha.

Em ambiente industrial, estes conhecimentos sobre equilibragem das linhas de montagem são muito aplicados, evitando gastos de tempo em iterações de mover tarefas de uns postos para outros. Apesar do conhecimento prévio desta técnica, o objetivo do jogo passava pelo contacto direto de vários alunos com esta metodologia logo, isto só era conseguido com o desenvolvimento de todo o processo desde um desbalanceamento até à situação ideal.

Conseguiu-se obter assim, diretamente, o balanceamento desta linha de produção de fichas inglesas sendo, de imediato, alcançada a representação do Gráfico 4.4.

### **4.3. Teste e análise dos jogos desenvolvidos**

Os jogos desenvolvidos no capítulo anterior não foram postos em prática em ambiente de sala de aula dado o término do mesmos não ter coincidido com o período de aulas dos alunos. Com isso, testou-se o “*Heijunka Game*” com um conjunto de alunos/trabalhadores das áreas de engenharia e gestão da produção com conhecimentos de conceitos e metodologias relacionadas ao *Lean Thinking*. No caso do “*Jogo Takt Time*”, houve dificuldade em encontrar materiais (como chaves de parafusos específicas para os parafusos exteriores/interiores das fichas que permitissem a abertura das mesmas) que auxiliassem a prática do simulador. Posteriormente, estes jogos serão testados em ambiente de sala de aula pela unidade curricular “Melhoria Contínua” do Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial pela Universidade de Coimbra.

Para complementar e auxiliar a prática dos jogos didáticos, foi desenvolvido, para cada um, um documento digital em *Microsoft Excel* que permite observar, após indicação dos primeiros dados, os ganhos percentuais entre diferentes cenários bem como compará-los através de análises gráficas geradas automaticamente por relações entre células.

Estas folhas de cálculo podem ser encontradas no CD – ROM anexo a esta dissertação (ver Anexo B e Q).

O “*Heijunka Game*” foi testado por 15 pessoas que, depois de introduzir os mesmos ao jogo e de o desenvolverem com apoio do ficheiro *Excel*, obtiveram os seguintes resultados:

**Tabela 4.8.** Resultados obtidos para o “*Heijunka Game*”.

Grupos		Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Grupo 5
<b>Espera Máxima (dias)</b>	Definido pelo grupo	8	6	5	12	4
	Produção <i>Lean</i>	4	7	5	4	3
<b>Média (stock, pedidos, espera)</b>	Definido pelo grupo	2,21	2,29	1,21	2,14	0,79
	Produção <i>Lean</i>	1,00	1,14	1,21	0,43	0,43
<b>Eficiência (%)</b>		54,84	50,00	0,00	80,00	45,45

Ao fazer o nivelamento da produção, como indica a metodologia *Heijunka*, tem de se ter em conta a quantidade de produto que é pretendido fabricar e quantos produtos estão em causa. Esta decisão vai contra o método de produção em massa que visa primeiro fabricar o produto que o cliente requer mais vezes. Conseguiu-se, com o mesmo pedido de clientes que, a ordem de produção imposta, segundo uma perspectiva *Lean*, fosse mais eficiente do que uma produção em massa que foi atribuída pela maioria dos grupos. Mesmo sabendo que os pedidos dos clientes são aleatórios, a maior parte dos grupos preferiu produzir de uma vez um dado produto, pensando, primeiramente, nos custos associados aos tempos de *setup* e, ignorando o método da troca rápida de ferramentas – SMED.

Através da análise da tabela anterior consegue-se tirar várias conclusões acerca da eficácia do simulador. Em relação à espera máxima que o cliente vai ter até que a peça pretendida esteja disponível, observa-se, com aplicação de uma produção *Lean*, que o tempo de espera foi menor. Apenas o Grupo 2 conseguiu um menor tempo para a produção definida pelos mesmos e o Grupo 3 que, com uma melhor visualização do jogo, aplicou desde o início uma produção *Lean*. Observando a tabela conclui-se, para o resto dos grupos, que o tempo de espera para o cliente foi diminuindo, com grande significância, após aplicação desta metodologia.

Em relação à média do *stock*, pedidos em atraso e tempo de espera, observa-se a diminuição desses fatores com a aplicação de uma produção segundo um nivelamento da mesma conforme pretendido.

Por fim, foi calculada a eficiência de converter um plano de produção para um outro com uma visão *Lean Thinking* e, conseguiu-se, entre todos os grupos, uma vantagem de 45 % a 80 % mostrando assim a coerência deste jogo associada à simples compreensão por parte das pessoas a exercer o mesmo.

No Anexo W, encontram-se os gráficos que representam a variação das duas situações de jogo analisadas anteriormente.

## 5. ANÁLISE DE JOGOS DIDÁTICOS NO ANO LETIVO 2015/2016

Partindo da dissertação “Desenvolvimento de jogos didáticos para apoio ao ensino das ferramentas *Lean*”, desenvolvida por Joana Rodrigues, testou-se, no ano letivo 2015/2016, os jogos didáticos propostos. Na unidade curricular “Gestão da Produção” relativa ao 2º semestre do 1º ano do Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial, foram desenvolvidos três jogos didáticos nas Oficinas do Departamento de Engenharia Mecânica sob orientação do Professor Jorge Noro, responsável pela respetiva unidade curricular.

Esses jogos didáticos foram apresentados a 31 alunos e realizados pelos mesmos no dia 19 de Abril de 2016. Foram entregues fichas de processo para serem preenchidas pelos alunos durante as atividades e para retirarem as próprias conclusões. Posteriormente, foram analisados e tratados os resultados obtidos bem como as conclusões e possibilidades de melhoria. As mesmas foram apresentadas na aula seguinte aos alunos e ao professor para uma melhor compreensão do trabalho que foi executado (Anexo X).

Os jogos expostos e concretizados inserem-se na aplicação de metodologias *Lean Manufacturing* que são cada vez mais empregues em empresas e que permitem responder mais rapidamente e eficientemente às necessidades de mercados atuais. Os jogos aqui desenvolvidos centram-se nas seguintes ferramentas *Lean*, com o objetivo de eliminar desperdícios: Organização do posto de trabalho e gestão visual (5S) e, ainda, a redução dos tempos de *setup* (SMED – *Single Minute Exchange of Die*). Os três jogos realizados em aula foram os seguintes: “Jogo do *Puzzle 5S*”, “Jogo dos legos” e “Jogo SMED”.

De seguida será feita uma descrição do processo de cada jogo, apresentados os resultados que foram obtidos, as conclusões relativas aos mesmos e ainda oportunidades de melhoria observadas.

Devido à falta de tempo em aula, nem todos os alunos conseguiram realizar todos os jogos. O “Jogo do *Puzzle 5S*” e o “Jogo dos Legos” foram efectuados por 26 alunos onde, em cada jogo, houve um grupo de 5 alunos que não o realizou. O “Jogo SMED” foi efetuado por todos os alunos. Em relação aos três jogos, todas as etapas foram realizadas por operadores diferentes para não se verificar o “efeito aprendizagem”. Definiram-se ainda dois

alunos para cronometrar cada etapa com a finalidade de se obter um tempo mais rigoroso, resultando da média dos dois tempos medidos.

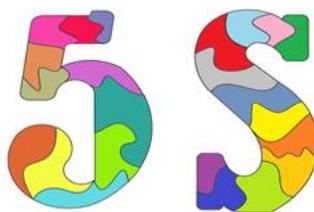
Analogamente ao “*Heijunka Game*” e ao “*Jogo Takt Time*” foi desenvolvido para estes três jogos três folhas de cálculo *Excel* que permitem uma análise pormenorizada dos resultados obtidos através de análises percentuais e gráficas. Essas folhas de cálculo desenvolvidas, de apoio aos alunos aquando da realização dos jogos, encontram-se no CD – ROM anexado a esta dissertação (ver Anexo Y).

## 5.1. “Jogo do *Puzzle 5S*”

### 5.1.1. Introdução ao jogo

O “Jogo do *Puzzle 5S*” tinha como propósito a construção de uma peça “5” e outra “S” através de 29 peças disponíveis. Dessa totalidade, 23 peças são necessárias ao produto final e 6 são desnecessárias. Para o elemento “5” seriam necessárias 11 peças e as restantes 12 para o elemento “S”. O objetivo seria de aplicar os cinco conceitos “5S” estudados em sala de aula.

Dos cinco conceitos abrangidos por esta metodologia *Lean*, apenas três tinham aplicação prática no jogo em causa: “Seleção”, “Organização” e “Normalização”. A “Limpeza” e “Disciplina” são conceitos que foram introduzidos aos alunos no decorrer do jogo mas que não acrescentavam valor ao ser aplicados.



**Figura 5.1.** Imagem relativa ao “Jogo do *Puzzle 5S*”.

O jogo decorreu em três etapas. Na primeira, os alunos tiveram de construir a peça “5S” (com auxílio da imagem no Anexo Z) sem qualquer aplicabilidade da ferramenta *Lean* e medido o correspondente tempo. As duas etapas seguintes foram já inseridas na metodologia 5S. Primeiramente, foi realizada a etapa “Seleção” onde, com a imagem no Anexo Z, os alunos tiveram de selecionar as peças necessárias ao jogo dentro das 29 disponíveis que se encontravam em cima da bancada de uma forma desorganizada. De

seguida aplicou-se o conceito “Organização” onde o objetivo era, dentro das peças selecionadas na fase anterior, organizar aquelas que correspondiam ao “5” e as que faziam parte da componente “S”.

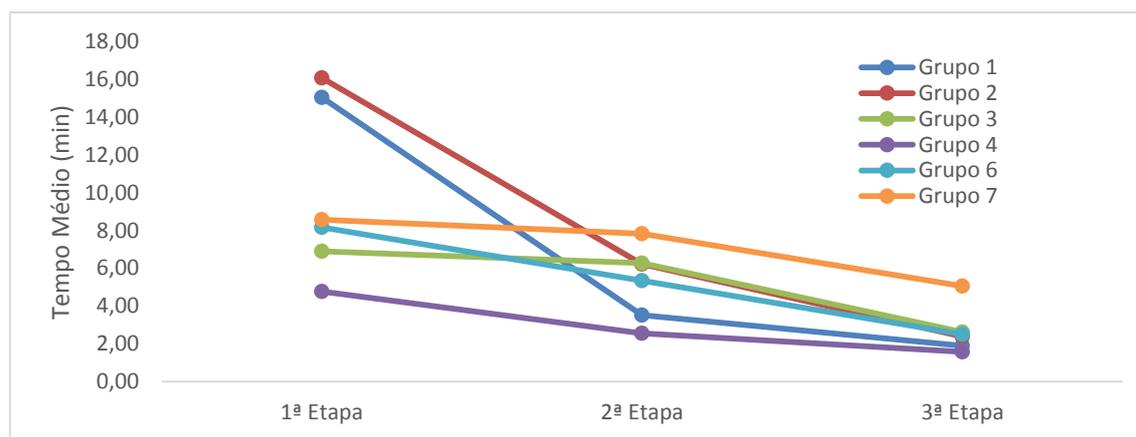
A última etapa aplicada designa-se por “Normalização” e, através do Anexo A1, os alunos organizaram as peças, por ordem e na posição correta, relativas, respetivamente, ao “5” e ao “S”. Todas as etapas realizadas foram cronometradas e registados os tempos na “Ficha de Processo” (Anexo B1).

### 5.1.2. Tratamento e análise de resultados

Os tempos obtidos pelos grupos para as três etapas efetuadas estão apresentados na seguinte tabela e representados no gráfico.

**Tabela 5.1.** Tempos obtidos para os diferentes grupos no “Jogo do *Puzzle 5S*”.

Etapas do Jogo		Tempo (min)						
		Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Grupo 5	Grupo 6	Grupo 7
1 <sup>a</sup> Etapa	Sem <i>Lean</i>	15,05	16,07	6,90	4,77	Não fez	8,17	8,58
	2 <sup>a</sup> Etapa	Seleção	3,52	6,23	6,27		2,55	5,35
Organização								
(Limpeza)								
3 <sup>a</sup> Etapa	Normalização	1,90	2,38	2,62	1,58		2,50	5,05
	(Disciplina)							
Tempo Total (min)		20,47	24,68	15,79	8,90	16,02	21,46	



**Gráfico 5.1.** Evolução do "Jogo do *Puzzle 5S*" para as três etapas.

Analisando os dados anteriores, certifica-se que o Grupo 4 foi o que desenvolveu o jogo mais rapidamente; ao contrário do Grupo 2 que demorou mais tempo. Como seria de esperar, o processo mais vagaroso foi o relativo à primeira etapa na construção do *puzzle*. À medida que foram introduzidos conceitos *Lean – 5S*, o tempo para construir a peça foi diminuindo como seria de esperar. A mesma tendência foi seguida por todos os grupos.

Pode-se ver também, na tabela presente no Anexo C1, as percentagens de tempo despendidas em cada etapa do jogo para os grupos em questão. Verifica-se, novamente, as maiores percentagens de tempo gastas para a primeira etapa em relação à última que despendeu menos tempo por parte dos alunos. Por outro lado, na globalidade, o grupo que conseguiu um maior decréscimo global, partindo de nenhum conceito 5S para a aplicação da totalidade do método, foi o Grupo 1 no valor de 87,38 %. Estes dados bem como os dos restantes grupos encontram-se no mesmo Anexo C1.

Para a construção da peça com recurso a métodos 5S, à medida que as etapas vão sendo introduzidas, o tempo de processo vai diminuindo, levando a que se consiga uma produção mais célere da peça final.

## 5.2. “Jogo dos Legos”

### 5.2.1. Introdução ao jogo

O “Jogo dos Legos” tinha como objetivo a construção de uma peça através da aplicação dos cinco conceitos referentes à metodologia *Lean – 5S*: Seleção, Organização, Limpeza, Normalização e Disciplina. Este jogo era composto por 70 peças das quais 39 eram necessárias à construção da peça final e as restantes 31 eram desnecessárias. A peça final

estava, por sua vez, dividida em quatro cores: azul (12 peças), vermelho (10 peças), amarelo (10 peças) e branco (7 peças).

Mais uma vez, os três conceitos que foram aplicados no decorrer do jogo foram a Seleção, Organização e Normalização. A Limpeza e Disciplina não foram novamente aplicadas dado não ser possível simular as aplicações que poderiam ter na peça em causa.



**Figura 5.2.** Imagem relativa ao “Jogo dos Legos”.

O jogo foi dividido em três etapas. A primeira foi cronometrada para ver quanto tempo os alunos demoravam a contruir a peça em questão com recurso ao Anexo D1. Nesta primeira etapa não foi aplicado nenhum conceito referente à metodologia *Lean – 5S*.

A segunda etapa englobou conceitos como “Seleção” e “Organização”. Para o primeiro, com apoio do Anexo D1, selecionam-se as peças necessárias e as desnecessárias ao jogo. Relativamente à “Organização”, foi fornecido aos alunos um suporte em papel (Anexo E1) que serviu para dividir as peças necessárias ao produto final por número, cores e tipos de legos.

A última etapa executada tratou-se da fase “Normalização”. Foram fornecidas as regras de montagem da peça final, separadas pelas quatro cores diferentes (ver Anexo F1).

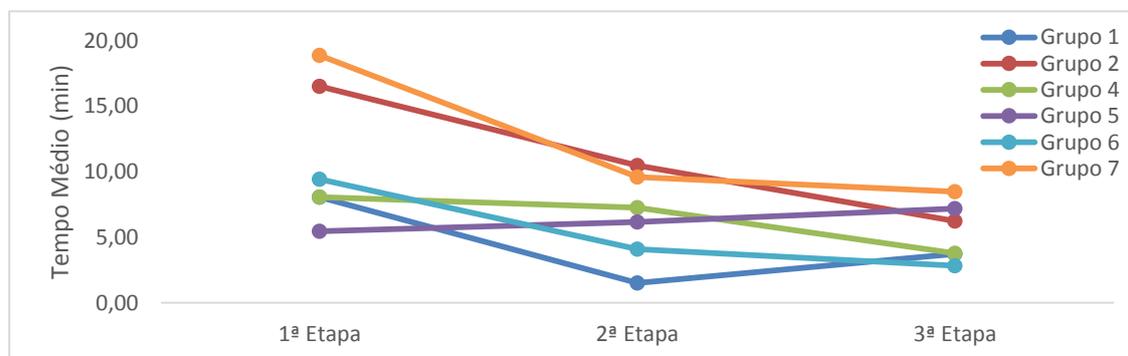
Todas as etapas foram cronometradas e registadas (ver Anexo B1) para, posteriormente, se poder comparar as vantagens de se aplicar conceitos 5S na produção de uma determinada peça.

### **5.2.2. Tratamento e análise de resultados**

Os tempos obtidos pelos seis grupos para as três etapas efetuadas estão apresentados na seguinte tabela e representados no gráfico as respetivas tendências.

**Tabela 5.2.** Tempos obtidos para os diferentes grupos no “Jogo dos Legos”.

Etapas do Jogo		Tempo (min)						
		Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Grupo 5	Grupo 6	Grupo 7
1ª Etapa	Sem Lean	8,05	16,50	Não fez	8,05	5,45	9,42	18,88
2ª Etapa	Seleção	1,05	10,47		7,25	6,17	4,08	9,58
	Organização							
	(Limpeza)							
3ª Etapa	Normalização	3,72	6,22		3,78	7,17	2,83	8,47
	(Disciplina)							
<b>Tempo Total (min)</b>		<b>13,27</b>	<b>33,19</b>		<b>19,08</b>	<b>18,79</b>	<b>16,33</b>	<b>36,93</b>



**Gráfico 5.2.** Evolução do “Jogo dos Legos” para as três etapas.

Fazendo a análise dos resultados obtidos, o Grupo 1 foi o que conseguiu montar a peça de lego final em menos tempo, ao contrário do Grupo 2 que demorou mais tempo.

Analisando mais pormenorizadamente, pode-se concluir que a etapa que demorou mais tempo foi a primeira – sem aplicação de conceitos 5S – para todos os grupos menos para o Grupo 5 que, curiosamente, foi aquela que demorou menos tempo. Por sua vez, na maioria dos grupos, a etapa que demorou menos tempo foi a 3ª – com aplicação de conceitos 5S – à exceção do Grupo 1 e 5.

O facto do Grupo 1 e 5 não terem seguido a ordem normal e esperada como os restantes grupos pode estar relacionado com o “fator aprendizagem”. Nem todas as pessoas têm a mesma aptidão para a construção de peças, visualização de imagens, trabalhos manuais, entre outras. Outra possível justificação pode estar relacionada com a clara percepção da folha que mostra a peça final em três vistas: frontal, perfil e retaguarda (Anexo D1). Pelas observações feitas ao longo da aula, muitos alunos sentiram dificuldade em construir a peça apenas com auxílio desta imagem.

Com auxílio do Gráfico 5.2, verifica-se o caso do Grupo 5 onde, com o decorrer das etapas (conhecimento de metodologias 5S) o tempo aumentou e ainda para o Grupo 1 onde o tempo diminuiu da primeira para a segunda etapa e aumentou da segunda para a terceira etapa. As linhas de tendência dos restantes grupos foram as esperadas onde o tempo foi diminuindo com o decorrer das etapas que foi acompanhado com a aplicação dos conceitos 5S.

Mais uma vez, foi calculada a percentagem de cada tarefa no desenvolvimento do jogo e ainda o decréscimo verificado entre etapas e globalmente (Anexo E1). O grupo que obteve um maior decréscimo global foi o Grupo 6 no valor de 69,96 %. Os resultados deste grupo dizem respeito à suposta ordem correta de redução dos tempos com o passar das etapas e, conseguinte, com a aplicação de métodos 5S. Os Grupos 1 e 5 não podem ser comparados pois obtiveram tempos superiores aos esperados.

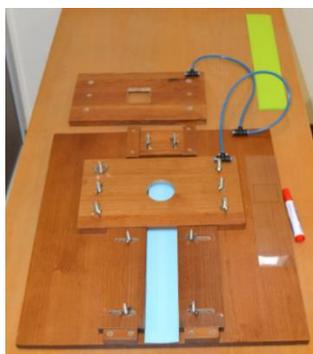
### **5.3. “Jogo SMED”**

#### **5.3.1. Introdução ao jogo**

O seguinte “Jogo SMED” tinha como objetivos complementar conhecimentos acerca de um dos conceitos *Lean* mais utilizados na indústria – *SMED* – *Single Minute Exchange of Die* (Redução dos Tempos de *Setup*/Troca Rápida de Ferramentas). Esta metodologia exige uma clara distinção entre atividades internas e externas, ou seja, aquelas que, respetivamente, só podem ser desempenhadas quando a máquina está parada e as que podem decorrer quando a máquina está a produzir.

Este jogo foi realizado em quatro etapas que visavam o estudo da troca rápida de ferramentas ao longo das etapas e que tinham como objetivo a redução do tempo de *setup* – tempo onde a produção é suspensa para que os equipamentos sejam ajustados.

Ao jogo pertencia uma máquina principal que englobava duas placas centrais removíveis conforme o molde que se quisesse obter e ainda três placas móveis (duas laterais e uma de topo) que serviam para ajustar o equipamento para se conseguir a peça pretendida. Esta peça pretendida era desenhada numa folha de cartolina e posteriormente comprovada num “Acetato de verificação” que continha a forma desejada (círculo ou quadrado). As duas placas centrais continham uma ligação com a placa base que representava um simulador de um sistema de aquecimento. A mesma máquina era composta ainda por um conjunto de parafusos e de porcas de aperto que apoiavam o ajuste das duas placas laterais e de topo. A figura seguinte expõe este equipamento utilizado no jogo.



**Figura 5.3.** Imagem relativa ao “Jogo SMED”.

Ao longo da atividade foram utilizadas outras ferramentas necessárias ao “Jogo SMED” que se encontram em Anexo H1.

O jogo ocorreu sobre as quatro etapas da metodologia SMED:

- 1ª Etapa: Identificar as operações;
- 2ª Etapa: Separar as atividades internas das externas;
- 3ª Etapa: Transformar as atividades internas em externas;
- 4ª Etapa: Simplificar, otimizar e racionalizar todas as atividades internas e

externas.

Na 1ª etapa os alunos tinham numa bancada o equipamento montado e noutra mais distante (para se perceber o efeito do tempo na procura de equipamento), outras ferramentas que seriam necessárias. De início tinham de ir buscar uma placa central e montá-la no local correto e deixar três minutos a, supostamente, aquecer. Depois de aquecida procediam à construção da “primeira peça boa” numa folha de cartolina verde ou azul para, respetivamente, desenhar um quadrado ou um círculo. Depois essa cartolina era retirada e o

desenho comparado com o “acetato de verificação”. Se as duas imagens ficassem sobrepostas estava produzida a peça. Caso contrário, era necessário proceder-se ao ajuste das placas amovíveis para se conseguir a peça pretendida. À medida que se precisavam de outros materiais, o operador ia à outra bancada buscar e todos esses tempos eram cronometrados para uma posterior análise.

Antes de se dar início à 2ª etapa foi introduzido aos alunos a diferença entre atividades internas e externas. De acordo com o procedimento da etapa anterior os alunos eram questionados sobre quais estariam incluídas numa ou noutra atividade.

Dando início a esta fase foram admitidas atividades internas para antes e/ou depois do início do procedimento para que se conseguisse reduzir o tempo de *setup*. As atividades internas que foram identificadas pelos alunos e colocadas em prática pelos mesmos foi calçar as luvas e buscar todo o material que seria necessário para a atividade e colocá-lo no local necessário à sua utilização. Com isto, estes tempos não serão contabilizados pois a atividade só começa no instante em que se retira o molde e se procede à troca de ferramentas para a nova produção.

A 3ª etapa tinha como objetivo principal transformar todas as atividades internas em externas. Engloba então, atividades que seriam necessárias à produção da peça mas que podem ser realizadas quando a máquina está a trabalhar poupando assim no tempo despendido pelo utilizador. A atividade mencionada e posta em prática pelos alunos foi o aquecimento das placas centrais. Dado que a placa tem de ser aquecida no início, aproveitasse e, quando se está a desenvolver uma peça, procede-se ao aquecimento da outra placa central. Quando for necessária, parte-se logo para a produção do molde em causa. Conseguisse assim um ganho de três minutos.

Na 4ª etapa foram encontradas alternativas a aplicar no jogo para se conseguir produzir a peça num menor tempo. As alterações realizadas foram as seguintes:

- Colocar bandas de controlo nas duas placas laterais e na de topo conseguindo-se saber o local exato para se obter a figura (círculo ou quadrado) pretendida;
- Trocar as porcas por porcas de orelhas conseguindo-se um aperto mais rápido; Com isto o uso de chaves de bocas não é mais necessário.

Depois de aplicadas estas alternativas o jogo segue com o mesmo objetivo que as três etapas anteriores – construir a “primeira peça boa” no menor tempo possível.

Todas as etapas foram cronometradas e registadas na “Ficha de Processo – Jogo *SMED*” entregue a cada grupo (Anexo II).

### 5.3.2. Tratamento e análise de resultados

Os resultados analisados posteriormente são relativos às etapas 1, 2 e 4. Como o tempo estava limitado e pretendia-se que todos os grupos realizassem este jogo, optou-se por explicar o objetivo da terceira etapa tendo concluído que a única atividade interna convertida em externa seria de aquecer as duas placas centrais simultaneamente.

O facto de apenas a “Ficha de Processo – Jogo *SMED*” relativa à primeira etapa ter as diversas operações descritas fez com que só se conseguisse aqui uma análise mais pormenorizada. Os tempos obtidos das diversas operações até se conseguir a “primeira peça boa” e o respetivo gráfico estão apresentados de seguida.

**Tabela 5.3.** Tempos obtidos para a primeira etapa do “Jogo *SMED*”.

Etapa 1/Operações	Tempo (s)						
	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Grupo 5	Grupo 6	Grupo 7
(a) Buscar as chaves de bocas M6	4,00	7,05	22,06	65,00	16,00	24,02	6,00
(b) Buscar as chaves de bocas M8 e M10	4,00	7,05	14,08	23,00	16,00	24,02	6,00
(c) Buscar as luvas	4,00	11,09	20,03	19,00	16,00	32,06	32,00
(d) Calçar as luvas	7,00	10,03	12,09	17,00	16,00	32,06	10,00
(e) Buscar a placa central	28,00	14,09	15,04	17,00	16,00	175,00	6,00
(f) Buscar o molde correspondente à placa central	28,00	222,00	14,08	12,00	16,00	30,01	6,00
(g) Buscar o marcador	3,00	19,02	14,02	14,00	16,00	9,04	22,00
(h) Buscar o acetato de verificação	3,00	10,02	26,07	17,00	16,00	9,04	22,00
<b>Tempo total até obter a “primeira peça boa” (min)</b>	<b>5,08</b>	<b>9,22</b>	<b>18,27</b>	<b>9,19</b>	<b>7,50</b>	<b>7,37</b>	<b>8,47</b>



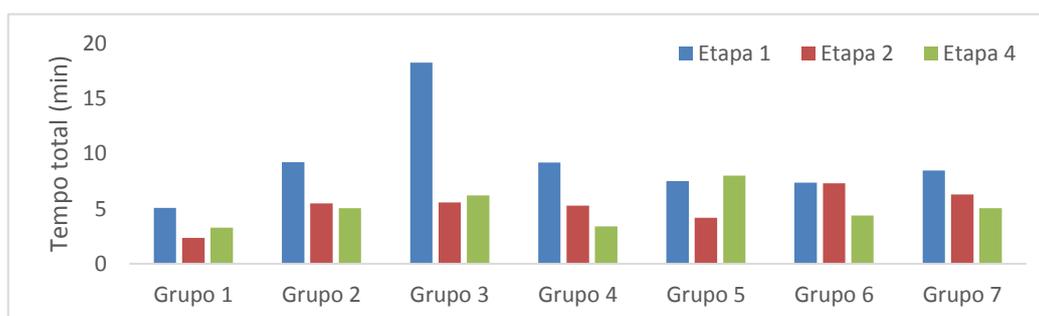
**Gráfico 5.3.** Tempo total para obter a "primeira peça boa" na Etapa 1.

A partir destes resultados, concluiu-se que o Grupo 1 foi o que conseguiu obter a “primeira peça boa” mais rapidamente, ao contrário do Grupo 3 que demorou mais tempo para realizar a primeira etapa. O gráfico relativo ao tempo que cada operação demorou encontra-se no Anexo J1. As operações que despenderam mais tempo foram, por ordem decrescente, “Buscar o molde correspondente à placa central” (mas, este tempo, no Grupo 2, englobou já a troca da placa), “Buscar a placa central” e, ainda, “Buscar as chaves de bocas M6”.

A seguinte tabela e gráfico apresentam os tempos totais obtidos até se atingir a peça pretendida relativa às etapas 1, 2 e 4.

**Tabela 5.4.** Tempo total até se atingir a peça pretendida para as três etapas do jogo.

Tempo Total (min)	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Grupo 5	Grupo 6	Grupo 7
Etapa 1	5,08	9,22	18,27	9,19	7,50	7,37	8,47
Etapa 2	2,35	5,48	5,55	5,26	4,18	7,31	6,30
Etapa 4	3,26	5,03	6,21	3,38	8,00	4,38	5,03



**Gráfico 5.4.** Resultado gráfico das três etapas realizadas no "Jogo SMED".

Analisando os resultados anteriores, que comparam as três etapas realizadas, verifica-se que quatro grupos (Grupo 2, 4, 6 e 7) diminuíram o tempo de operação com o passar das etapas como era pretendido. Aplicando técnicas *Lean - SMED* conseguiram produzir mais rapidamente a “primeira peça boa”. Analogamente, os grupos 1, 3 e 5, diminuíram o tempo de *setup* da primeira para a segunda etapa onde identificaram e testaram a vantagem de desagregar atividade internas de externas. Posteriormente, da segunda para a última etapa, o tempo de operação aumentou. Este aumento pode ser justificado por causa das luvas utilizadas não serem adequadas para algumas pessoas fazendo com que o manuseamento das diversas ferramentas se tornasse mais moroso. As bandas de controlo também não foram de fácil compreensão e aplicação pela totalidade dos alunos o que pode ter causado o aumento dos tempos de operação. E ainda o facto de se mudar de operador a cada etapa também pode ter condicionado a atividade em causa.

Foi ainda calculado, relativamente aos tempos totais obtidos para as diferentes etapas, a percentagem de cada uma e ainda o decréscimo entre etapas e global. Como já referido, nem todos os grupos conseguiram obter um decréscimo consecutivo. Respeitando a suposta ordem correta de redução dos tempos com o passar das etapas, o grupo que obteve o maior decréscimo global foi o Grupo 4 no valor de 63,22 %. No Anexo K1 encontram-se os resultados discriminados de todos os grupos.

## 6. DIFICULDADES/OBSERVAÇÕES APURADAS

Com o decorrer dos jogos foram observadas diversas atitudes, por parte dos alunos, de forma a se poder concluir acerca de dificuldades que foram sentidas pelos mesmos para se poderem usar posteriormente como possíveis melhorias. Foi também pedido aos alunos para, nas respetivas fichas de processo, anotarem as principais dificuldades/observações que sentiram.

O “*Heijunka Game*” foi testado em diferentes moldes dos restantes mas, conseguiu-se deparar que a principal dificuldade foi na contagem dos “*Stock/Pedidos em atraso*” deixando, por vezes, um produto pronto para ser entregue ao cliente mais tempo em atraso do que o que seria necessário. Para ajudar nessa análise, foi comentado, pelos próprios alunos/trabalhadores a vantagem de usar as respetivas cartas para auxiliar o ficheiro em *Excel* que garantiram ser de mais fácil interpretação o apoio visual dado pelas mesmas para a resolução do exercício.

Em relação ao “*Jogo Takt Time*”, apesar de não ter sido testado, possivelmente, uma das principais dificuldades seria na produção das 30 fichas inglesas para o tempo de simulação disponível de 14 minutos. O facto das fichas terem vários componentes com as respetivas precedências e dos alunos não terem um conhecimento/estudo prévio das mesmas poderia condicionar a atividade prática. Isso ia fazer com que as ordens de fabrico entregues a cada 5 minutos de simulação não fossem concluídas nos instantes pretendidos levando a atrasos na produção e à acumulação de ordens de fabrico ao longo da linha de montagem. Possivelmente, num terceiro cenário, regido por um *pull system*, a utilização de cartões *kanban* também poderia trazer algumas dúvidas aos alunos dada toda a envolvência deste sistema e o facto da produção ser comandada pelo operador do último posto de trabalho e só ele ter acesso ao que é necessário produzir.

Na seguinte Tabela 6.1 estão apresentadas as principais dificuldades e observações verificadas em relação ao “*Jogo do Puzzle 5S*”, “*Jogo dos Legos*” e “*Jogo SMED*”.

Tabela 6.1. Dificuldades/Observações apuradas durante os três jogos.

<b>DIFICULDADES/OBSERVAÇÕES</b>		
<b>“Jogo do <i>Puzzle</i> 5S”</b>	<b>“Jogo dos Legos”</b>	<b>“Jogo SMED”</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• As cores das peças são diferentes da folha de apoio entregue;</li> <li>• Peças muito parecidas;</li> <li>• Na 1ª etapa não se saber quais peças pertencem ao 5, ao S e as desnecessárias;</li> <li>• Orientação das peças;</li> <li>• Dificuldade de encaixe das peças.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• A base tem no centro um “buraco” que não se percebe pela folha fornecida, fazendo com que a montagem demore mais tempo;</li> <li>• Folha de consulta com as três vistas da peça final (frente, perfil e retaguarda) não é de máxima percepção;</li> <li>• O facto de se usar mais peças do que as necessárias na primeira etapa fez com que se demorasse mais tempo a concluir a peça final;</li> <li>• Maior dificuldade verificada na montagem da peça na primeira etapa;</li> <li>• Em alguns grupos foram utilizadas mais peças do que as que eram realmente necessárias.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Luvas não são adequadas, principalmente para as raparigas, o que dificulta o trabalho;</li> <li>• As “Fichas de Processo” para a 2ª, 3ª e 4ª etapa deveriam ter identificadas as atividades a seguir;</li> <li>• A colocação de porcas de orelhas na 4ª etapa foi mais complicada para alguns grupos mas, depois do encaixe o processo de aperto tornou-se mais rápido;</li> <li>• Só existem bandas de controlo para a placa lateral direita;</li> <li>• As bandas de controlo não são de fácil aplicação;</li> <li>• Algumas chaves de bocas não correspondem à porca em causa;</li> <li>• As cartolinas deviam ser mais grossas;</li> <li>• Segundo alguns alunos, deviam ser dois operadores em vez de um;</li> <li>• O jogo não foi de fácil compreensão para todos.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Três pessoas por grupo seria o ideal: duas para contar os tempos e outra para realizar o jogo. Dado que são três etapas todos os elementos do grupo trabalhariam diretamente com a peça;</li> <li>• Diferenças de tempos podem ser justificadas pela mudança de operador para não se verificar o “fator aprendizagem”;</li> </ul>		

## 7. ANÁLISE DE QUESTIONÁRIOS

No final de cada atividade foi preenchido pelos alunos um breve questionário (Anexo L1) acerca dos jogos realizados. Conseguiram-se 25 questionários pelos jogos relativos aos conceitos 5S e SMED e ainda 15 ligados ao *Heijunka*. Estes questionários tinham como objetivo obter o *feedback* por parte de alunos que estavam, uma primeira vez, a lidar com estas técnicas de ensino. Pretendia-se ainda perceber a vantagem que estes jogos teriam para a aquisição de conhecimentos acerca de conceitos ligados ao *Lean Thinking*.

Em relação aos três primeiros jogos mencionados, em resposta à primeira pergunta, “Grau de dificuldade do jogo desenvolvido”, a maior percentagem (60% - 64%) foi atribuída a uma “Média Dificuldade”. De seguida, 28% - 32% dos alunos consideraram os jogos de “Baixa Dificuldade”. Por fim, 4% - 12% dos intervenientes atribuíram aos jogos um grau de “Alta Dificuldade” sendo, o “Jogo SMED” considerado como o mais difícil. O mesmo já era esperado por uma análise da aula. 60 % dos intervenientes consideraram o “*Heijunka Game*” como de “Média Dificuldade”, sendo o restante de dificuldade baixa.

Em relação à pergunta 3, a maior parte dos alunos (56% - 72%) concorda que o cenário/peças são realistas estando de acordo com os suportes físicos entregues.

A maioria, na pergunta 4, acredita que os jogos contribuíram de uma forma positiva para a aprendizagem de metodologias 5S, SMED e *Heijunka* (56% - 84%).

O facto de os jogos englobarem diferentes etapas e diferentes pessoas torna-se mais didático levando 52% a 76% dos alunos a concordarem que isso motiva à aprendizagem (pergunta 5). Sendo mais didáticos motiva ainda a relações interpessoais. No caso do “*Heijunka Game*”, os intervenientes concordaram completamente com a relação entre estes jogos e a aprendizagem associada.

Chegando à oitava questão, “Este jogo deve ser melhorado”, as respostas obtidas foram muito dispersas. Para 56% dos alunos é indiferente que o “Jogo do *Puzzle 5S*” seja melhorado. Já para os dois restantes jogos, 40% concorda que os mesmos sejam melhorados. 67% discorda que o “*Heijunka Game*” deva ser melhorado.

Podem ser consultados no Anexo M1, as análises mais pormenorizadas de todas as questões envolvidas neste questionário.

## 8. CONCLUSÕES

Ao finalizar o trabalho, foi possível compreender os principais pontos a destacar e as limitações associadas a cada tema desenvolvido.

Um dos principais objetivos centrava-se na implementação de simuladores/jogos didáticos em aulas práticas onde os alunos, com as devidas ferramentas, desenvolviam a atividade proposta. Essas atividades, respeitando a aplicação de ferramentas *Lean Thinking*, continham dois cenários base distintos: um primeiro onde não era aplicada nenhuma ferramenta e um segundo onde se procedia à introdução das mesmas. Posteriormente, eram retiradas conclusões em relação aos resultados obtidos.

Na componente prática desta dissertação foram desenvolvidos dois simuladores. O primeiro, “*Heijunka Game*”, tinha como objetivo, o estudo do nivelamento da produção num sistema onde existiam quatro produtos diferentes com procura também diferentes. Depois de testado, concluiu-se que a aplicação desta ferramenta *Lean* trouxe vantagens no que respeita à entrega dos produtos atempadamente ao cliente. Obteve-se um resultado bastante positivo, conseguindo-se uma eficiência, entre todos os grupos, de converter um plano de produção para um outro segundo uma visão *Lean*, de 45,45 % a 80,00 %.

O segundo simulador pretendia representar, numa menor escala comparativamente à realidade, uma linha de produção. O “*Jogo Takt Time*” visava a construção de 30 fichas inglesas para um tempo de simulação de 14 minutos. Foram realizados três cenários distintos com diversas competências associadas a cada um. Este jogo levaria a que os alunos se deparassem com algumas dificuldades semelhantes às de uma linha de montagem normal tornando-os, assim, mais próximos de situações reais. Como também já referido, não foi possível testar este simulador dado o término do mesmo não ter coincidido com o período de aulas dos alunos.

Foram ainda testados em sala de aula mais três jogos didáticos: “*Jogo do Puzzle 5S*”, “*Jogo dos Legos*” e “*Jogo SMED*”.

Para o “*Jogo do Puzzle 5S*” conseguiu-se que todos os grupos seguissem a ordem pretendida gastando cada vez menos tempo ao longo das etapas aquando da implementação de conceitos associados ao 5S. Os grupos, com a implementação desta ferramenta, obtiveram

---

resultados muito positivos, conseguindo reduções do tempo total do jogo entre os 41,14 % e os 87,38 %.

No “Jogo dos Legos” nem todos os grupos seguiram o pretendido decréscimo do tempo do jogo ao longo das etapas. Mesmo assim, a ferramenta 5S neste jogo didático permitiu que o tempo reduzisse entre 53,04 % a 69,96 %. O facto de nem todos os grupos terem seguido a ordem pretendida, levando a resultados indesejados, pode ser devido à mudança da pessoa que construía a peça em cada etapa para não se verificar o “efeito aprendizagem”. Mas, mesmo assim, não se pode deixar de referir que nem todas as pessoas têm a mesma aptidão para a visualização das peças e construção das mesmas.

Por fim, foi testado o “Jogo SMED”. Neste jogo, foram analisadas diferentes atividades até se construir uma peça final correta. Nem todos os grupos seguiram a suposta ordem com a implementação de ferramentas *Lean*. Mesmo assim, os decréscimos gerados foram compreendidos entre os 35,83 % e os 66,01 %. Alguns defeitos na construção da máquina, o registo das atividades e dos tempos podem ter condicionado a atividade prática.

Outros possíveis fatores observados e que podem ter limitado o normal funcionamento dos jogos estão mencionados no anterior Capítulo 6.

Por fim, foram entregues aos alunos questionários em relação a cada jogo como forma de obter *feedback* das atividades realizadas. Esses mesmos questionários comprovam a vantagem da aplicação de jogos didáticos no ensino universitário.

A componente prática no ensino é cada vez mais utilizada e tida em consideração. O contacto direto com os materiais proporciona aos alunos mais interesse, atenção e motivação no decorrer da aula tornando a atividade vantajosa para a aprendizagem. Ferramentas de ensino mais didáticas permitem aos alunos compreender melhor os conceitos pois lidam com os mesmos de uma maneira mais direta, realista e prática.

Estes simuladores aproximam-se da realidade a nível industrial. Estas técnicas de melhoria contínua estão constantemente a ser aplicadas na indústria para alcançarem a excelência. A aprendizagem destas metodologias por parte dos alunos é uma mais-valia para as suas vidas profissionais pois já têm conhecimento prévio destas técnicas.

Concluindo, a implementação de metodologias *Lean Thinking* em ambiente industrial tem associadas diversas vantagens como a entrega atempada de produtos a clientes, a redução de custos e de materiais, a padronização de tarefas a realizar, entre outras situações. As mesmas nem sempre são perceptíveis a curto prazo mas, com a continuidade da sua utilização geram vantagem competitiva em relação a outras empresas do mesmo setor.

A realização destes simuladores em sala de aula mostrou-se num benefício para a apreensão de conhecimentos por parte dos estudantes tornando-se também numa maneira de desenvolver métodos de trabalho, de estimular o trabalho em equipa e ainda de expor dúvidas/opiniões e de procurar soluções para as mesmas.

## 8.1. Trabalhos futuros

Ao longo de todo o trabalho, foram surgindo novas ideias e alguns percalços que podem ser melhorados e ajustados para futuros trabalhos.

O “*Heijunka Game*” foi testado nuns moldes diferentes dos restantes logo, a aplicação do mesmo em sala de aula trará vantagens para a formação dos alunos. Para complementar esta ferramenta *Lean Thinking*, pode-se associar ao mesmo o *Heijunka Box*, visível para toda a equipa. Esta ferramenta de Gestão Visual funciona como um quadro de programação da produção que envolve cartões *kanban* que indicam aos trabalhadores o produto que devem fabricar, a quantidade, o ritmo e o horário de produção de cada item.

Um dos objetivos que não foi possível cumprir foi o teste do “Jogo *Takt Time*”. O conceito SMED é apenas introduzido no início do jogo mas, pode vir a ser associado ao mesmo no que diz respeito à troca rápida de ferramentas e à redução dos tempos de *setup* para uma realização mais célere e correta das fichas na linha de montagem. Este simulador engloba três fusíveis com amperagens distintas. Associar outras fichas com outras características (ex: tamanho, material, cor) pode ser vantajoso para a apreensão de um leque maior de ferramentas *Lean*. O *Heijunka Box* pode ainda ser associado a este simulador. As etiquetas *kanban* já foram criadas anteriormente e, com o *takt time*, os produtos a fabricar e as respetivas quantidades, é possível construir este quadro que auxiliará os alunos na resolução desta atividade.

Um outro objetivo que não foi possível concretizar foi o estudo do *Lean Marketing* para o tema em questão. Com o intuito de englobar outras áreas na dissertação, como o Marketing e a Gestão, o objetivo passaria por criar uma possível comercialização destes simuladores com os suportes digitais associados para venda a Universidades. A finalidade seria de complementar o ensino. Estes mesmos simuladores poderiam ser comercializados a empresas que optem pela formação dos seus trabalhadores.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Campos, L.M.L., Bortoloto, T.M., Felício, A.K.C. (2002), “A Produção de Jogos Didáticos para o Ensino de Ciências e Biologia: Uma Proposta para Favorecer a Aprendizagem”, Brasil.
- Chase, R.B. e Aquilano, N.J. (1997), “Gestão da Produção e das Operações: Perspectiva do Ciclo de Vida”, 1ª Edição, Monitor, Lisboa.
- Dunn, S. (2016), “Toyota Production System (TPS) Terminology”. Acedido a 2 de Abril de 2016, em: <https://www.lean.uky.edu/reference/terminology/>.
- Ferreira, N.F.F. (2012), “Desenvolvimento de um jogo de simulação do sistema de produção Lean; Ferramentas: 5S, Organização de Layout e TPM”. Tese de Mestrado em Gestão de Processos e Operações. Departamento de Engenharia Mecânica – Instituto Superior de Engenharia do Porto, Porto.
- Formosinho, J., Machado, J. e Mesquita, E. (2015), “Formação, Trabalho e Aprendizagem: Tradição e Inovação nas Práticas Docentes”, 1ª Edição, Edições Sílabo, Lisboa.
- França, S.V.S. (2013), “Implementação de Ferramentas de Lean Manufacturing e Lean Office”. Tese de Mestrado em Engenharia Industrial e Gestão. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto.
- Gardner, H. (1993), “Frames of Mind: The Theory of Multiple Intelligences”, Basic Books, New York.
- Hirano, H. (2009), “JIT Implementation Manual: The Complete Guide to Just-In-Time Manufacturing”, 2ª Edição, Productivity Press, United States of America.
- Jacobson, R. (1997), “Microsoft Excel 97: Visual Basic step by step”, Microsoft Press, Washington.
- Lavagnoli, D.H. e Có, F.A. (2010), “O Heyjunka Didático II: O jogo de simulação, imprimindo velocidade à aprendizagem significativa”, Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Brasil.
- Liker, J.K. e Meier, D. (2006), “The Toyota Way Fieldbook: A practical guide for implementing Toyota’s 4Ps”, The McGraw-Hill Companies, United States of America.
- Marchwinski, C., Shook, J. e Schroeder, A. (2008), “Lean Lexicon: a graphical glossary for Lean Thinkers”, 4ª Edição, The Lean Enterprise Institute, United States of America.
- Peterson, J. e Smith, R. (1998), “The 5S Pocket Guide”, Productivity Press.
- Pinto, J.P. (2013), “Manutenção Lean”, LIDEL – Edições Técnica, Lda, Lisboa.
- Pinto, J.P. (2014), “Pensamento Lean: A Filosofia das Organizações Vencedoras”, 6ª Edição, LIDEL – Edições Técnicas, Lda, Lisboa.

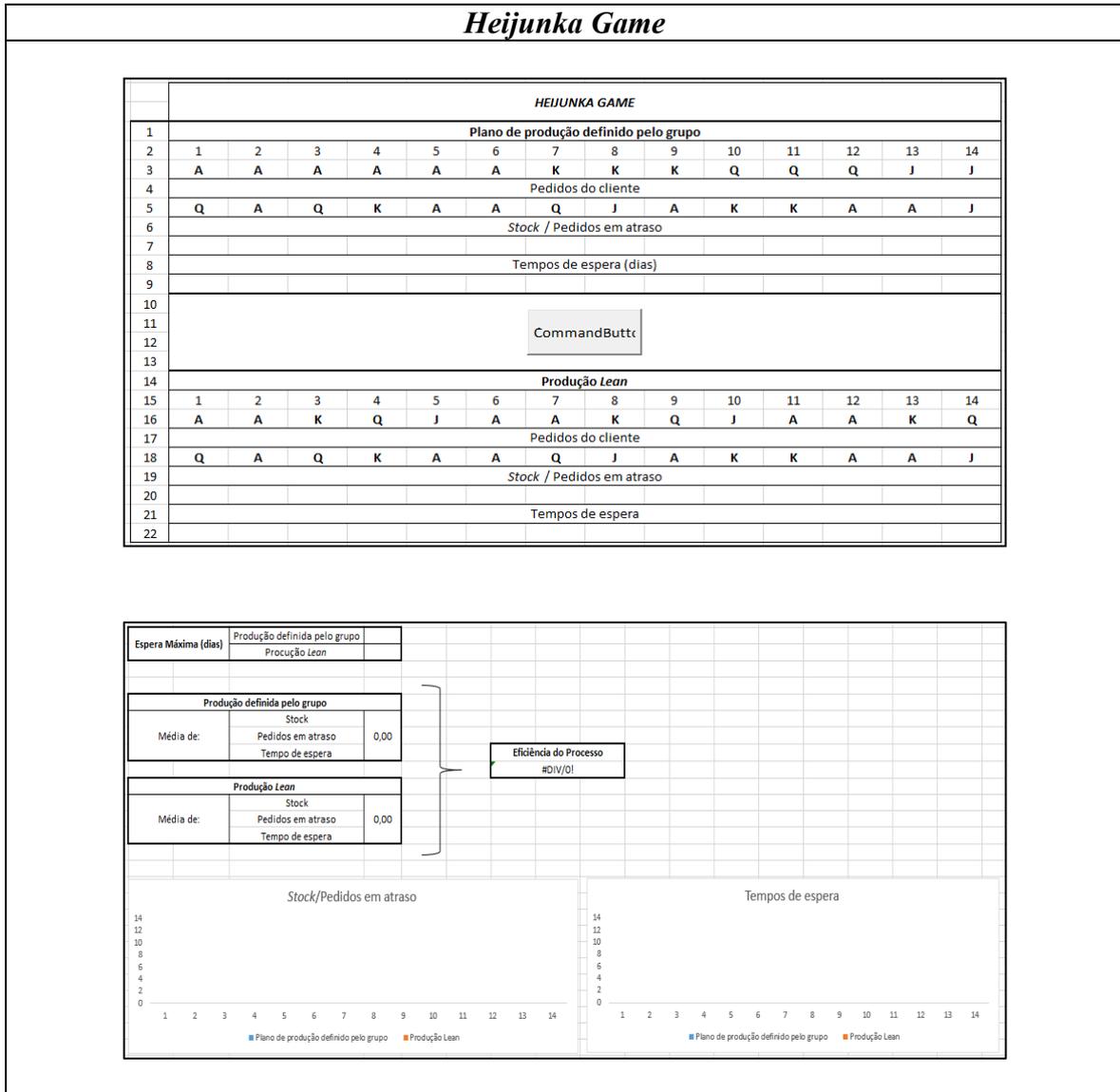
- Ries, E. (2012), “Lean Startup: Como os empreendedores de hoje utilizam inovação contínua para criar negócios de sucesso radical”, 1ªEdição, Prime Books.
- Rodrigues, J.A. (2016), “Desenvolvimento de jogos didáticos para apoio ao ensino das ferramentas Lean”. Tese de Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial. Departamento de Engenharia Mecânica – Universidade de Coimbra, Coimbra.
- Rother, M. e Shook, J. (2009), “Learning to See: Value-Stream Mapping to Create Value and Eliminate Muda”, The Lean Enterprise Institute, United States of America.
- Shingo, S. (1985), “A Revolution in Manufacturing: The SMED System”, Productivity Press, United States of America.
- Shingo, S. (1989), “A Study of the Toyota Production System From an Industrial Engineering Viewpoint”, Productivity Press, United States of America.
- Silva, I.A.M.C. (2011), “Desenvolvimento de soluções de simulação de Lean Management”. Tese de Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial. Departamento de Economia, Gestão e Engenharia Industrial – Universidade de Aveiro, Aveiro.
- Suzaki, K. (2010), “Gestão de Operações LEAN: Metodologias Kaizen para a Melhoria Contínua”, 1ªEdição, LeanOp, Mansores.
- Toyota (2016), “The origin of the Toyota Production System”. Acedido a 8 de Março de 2016, em: [http://www.toyota-global.com/company/vision\\_philosophy/toyota\\_production\\_system/origin\\_of\\_the\\_toyota\\_production\\_system.html](http://www.toyota-global.com/company/vision_philosophy/toyota_production_system/origin_of_the_toyota_production_system.html).
- Turner, S. (2010), “Ferramentas de Apoio à Gestão – Guia Essencial para o Gestor de Sucesso”, 1ªEdição, Monitor, Lisboa.
- Womack, J.P. e Jones, D.T. (2003), “Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in your Corporation”, 2ªEdição, Free Press Edition, New York.
- Womack, J.P., Jones, D.T. e Roos, D. (1990), “The Machine that Changed the World”, Macmillan Publishing Company, United States of America.

## ANEXO A – CARTAS DO “HEIJUNKA GAME”



Para as restantes cartas foi apenas alterado os símbolos A, K, Q e J.

## ANEXO B – FICHEIRO EXCEL DESENVOLVIDO



## ANEXO C – CÓDIGO PARA DISTRIBUIÇÃO DAS CARTAS “PEDIDOS DO CLIENTE”

Para obter o comando que distribuisse, aleatoriamente, as 14 cartas de “Pedidos do Cliente” foi utilizado o seguinte código no *Microsoft Excel*:

```
Sub CommandButton1_Click()
    Dim Cartas(13)
    Dim pos As Integer
    For colIndex = 1 To 14
        Cartas(colIndex - 1) = (Range(Chr(Int(colIndex + 66)) & "6").Value)
    Next colIndex
    Dim N As Long
    Dim Temp As Variant
    Dim J As Long
    Dim Arr() As Variant

    Randomize
    L = UBound(Cartas) - LBound(Cartas) + 1
    ReDim Arr(LBound(Cartas) To UBound(Cartas))
    For N = LBound(Cartas) To UBound(Cartas)
        Arr(N) = Cartas(N)
    Next N
    For N = LBound(Cartas) To UBound(Cartas)
        J = CLng(((UBound(Cartas) - N) * Rnd) + N)
        Temp = Arr(N)
        Arr(N) = Arr(J)
        Arr(J) = Temp
    Next N

    For colIndex = 1 To 14
        Range(Chr(Int(colIndex + 66)) & "8").Value = Arr(colIndex - 1)
        Range(Chr(Int(colIndex + 66)) & "21").Value = Arr(colIndex - 1)
    Next colIndex

    'pos = Int((14 - 1 + 1) * Rnd)
    'MsgBox Cartas(pos)
End Sub
```

## ANEXO D - APRESENTAÇÃO POWER POINT “HEIJUNKA GAME”



The slide features the logo of FCTUC (Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade de Coimbra) at the top. Below the logo, the text reads: 'FCTUC FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA', 'UNIVERSIDADE DE COIMBRA', 'Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial', and 'Dissertação em Engenharia e Gestão Industrial'. The title 'HEIJUNKA GAME' is centered in blue. Below the title, the author's name 'JOÃO CASTRO' and the academic year 'ANO LETIVO: 2016/2017' are listed. At the bottom, there is a photograph of several white cards with blue text and graphics, representing the 'Heijunka Game' cards.

### HEIJUNKA

- *Heijunka* é a palavra japonesa para “Produção Nivelada” para que se possa acomodar um volume e um *mix* de produtos variável.
- Por exemplo, em vez de se produzir 400 peças para os próximos 3 meses, o *Heijunka*, procura fabricar, não apenas estas peças, como outras em quantidades menores e em curtos períodos de tempo com o objetivo de criar menos *stock* possível.
- Tem como objetivos nivelar:
  - Volume da produção;
  - Tipo de produtos;
  - Tempo de produção.



Cumprindo estes objetivos, conseguirá produzir a peça de acordo com o tempo previsto e na quantidade pretendida reduzindo, em muito, o *stock* existente.

## Heijunka Game

**Objetivo:** Decidir sobre o melhor plano de produção.

**28 CARTAS:**  
12 Ases (A)  
6 Reis (K)  
6 Damas (Q)  
4 Valetes (J)

**Plano de Produção (14 Cartas):**  
6 Ases (A)  
3 Reis (K)  
3 Damas (Q)  
2 Valetes (J)

**Pedidos Realizados (14 Cartas):**  
6 Ases (A)  
3 Reis (K)  
3 Damas (Q)  
2 Valetes (J)

Quatro produtos diferentes - A, K, Q, J - com procuras distintas – 6, 3, 3, 2, respetivamente.

3

## Heijunka Game – 1ª Fase

- Com as 14 cartas referentes ao plano de produção, é pedido ao aluno que represente o sequenciamento da produção. As cartas são definidas, por ordem, na mesa de trabalho.
- O cliente vai solicitar todas as 14 cartas de uma forma aleatória. Poderia ser feito baralhando as outras 14 cartas e tirando uma a uma mas, criou-se um comando no *Excel* que vai distribuir essas cartas aleatoriamente. Mesmo assim, o aluno fixa as cartas referentes aos "pedidos do cliente" por baixo das do "plano de produção" na mesa de trabalho.
- De acordo com o "plano de produção" e os "pedidos do cliente", verificar se alguns pedidos ficam em atraso, gerando stock e, quanto tempo o cliente poderá ficar à espera.

HEIJUNKA GAME														
Plano de produção definido pelo grupo														
1														
2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
3														
4	Pedidos do cliente													
5														
6	Stock / Pedidos em atraso													
7														
8	Tempos de espera (dias)													
9														
10														
11	CommandButt:													
12														
13														

4

## Heijunka Game – 2ª Fase

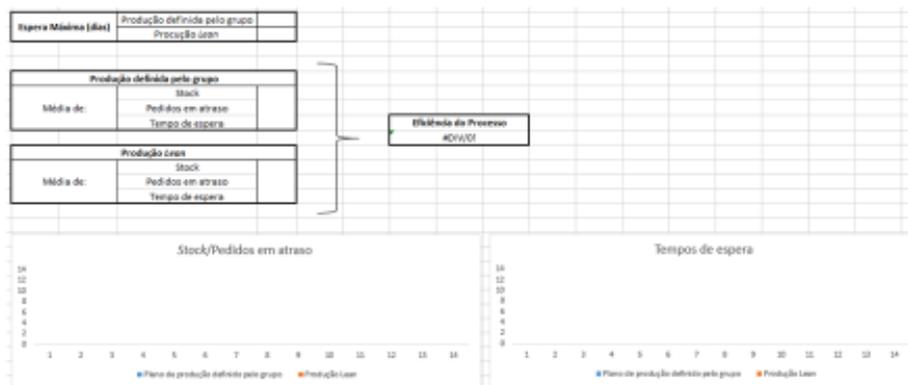
- É definida uma ordem de produção pelo orientador. As cartas devem ser fixadas, por ordem, na mesa de trabalho.
- O cliente vai solicitar todas as 14 cartas de uma forma aleatória. Através do comando do Excel, mantêm-se os mesmos pedidos dos clientes para, posteriormente, se comparar as duas situações. Os "pedidos do cliente" são fixados na mesa de trabalho.
- De acordo com o "plano de produção" e os "pedidos do cliente", verificar se alguns pedidos ficam em atraso, gerando stock e, quanto tempo o cliente poderá ficar à espera.

10														
11														
12	CommandButton													
13														
14	Produção Lean													
15	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
16														
17	Pedidos do cliente													
18														
19	Stock / Pedidos em atraso													
20														
21	Tempos de espera													
22														

5

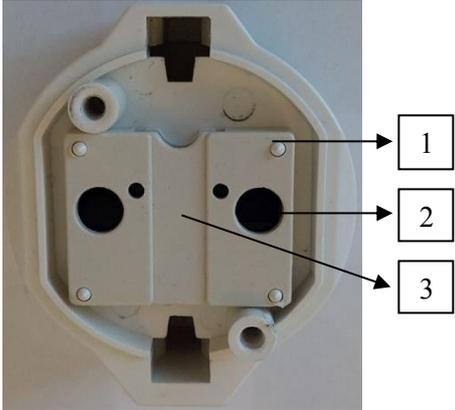
## Heijunka Game – Resultados

- Analisando as duas situações, observa-se:
  - Espera máxima;
  - Média dos stocks/pedidos em atraso e tempos de espera;
  - **EFICIÊNCIA DO PROCESSO.**
- Obtêm-se gráficos de comparação de resultados.

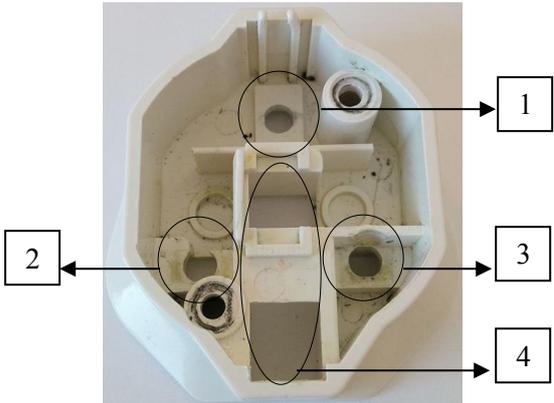
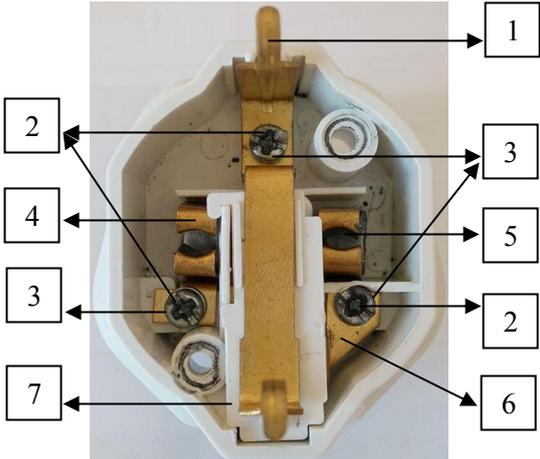
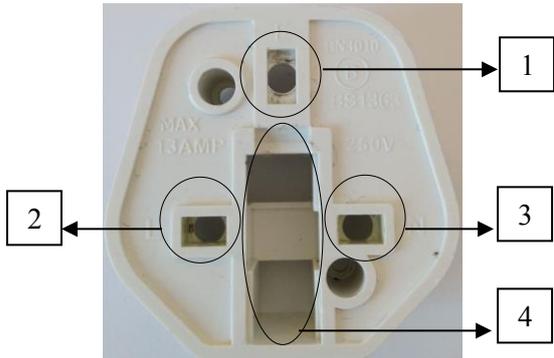
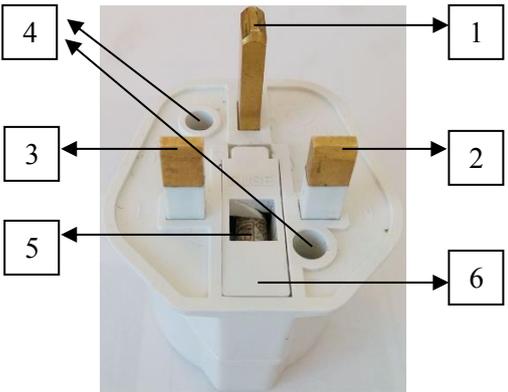


6

## ANEXO E – FICHAS INGLESAS – TAMPA FÊMEA

Tampa Fêmea Interior Desmontada	Tampa Fêmea Interior Montada
 A photograph of the disassembled interior female cover, showing a white plastic housing with two large black circular openings and various mounting points.	 <p>1 – Peça Branca 2 – Peça Preta 3 – Mola (Interior)</p> A photograph of the assembled interior female cover. Three callout boxes with arrows point to specific components: '1' points to a white rectangular piece, '2' points to a black circular piece, and '3' points to a spring mechanism.
Tampa Fêmea Exterior Desmontada	Tampa Fêmea Exterior Montada
 A photograph of the disassembled exterior female cover, showing a white plastic housing with two circular openings and a central slot. The word 'FUSED' is embossed on the top and bottom edges.	 A photograph of the assembled exterior female cover, showing the same housing as in the disassembled state but with a brass-colored metal component inserted into the central slot.

## ANEXO F – FICHAS INGLESAS – TAMPA MACHO

Tampa Macho Interior Desmontada	Tampa Macho Interior Montada
 <p>1 – Lado E 2 – Lado N 3 – Lado L 4 – Lado do Fusível</p>	 <p>1 – Suporte do Pino – Lado E 2 – Parafusos Interiores 3 – Argolas 4 – Suporte do Pino – Lado N 5 – Suporte do Fusível 6 – Suporte do Fusível/Pino Lado L 7 – Tampa de proteção do fusível</p>
Tampa Macho Exterior Desmontada	Tampa Macho Exterior Montada
 <p>1 – Lado E 2 – Lado N 3 – Lado L 4 – Lado do Fusível</p>	 <p>1 – Pino – Lado E 2 – Pino – Lado N 3 – Pino – Lado L 4 – Parafusos Exteriores 5 – Fusível 6 – Tampa de proteção do fusível</p>

## ANEXO G – TEMPOS DA OPERAÇÕES ELEMENTARES

<b>Operações/Tempos (seg)</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>Média</b>
<b>A</b>	2,94	2,64	2,81	3,42	2,32	2,90	<b>2,86</b>
<b>B</b>	5,21	4,59	6,91	5,02	5,01	3,50	<b>5,02</b>
<b>C</b>	3,50	2,50	1,75	3,17	4,42	3,64	<b>3,34</b>
<b>D</b>	2,31	3,93	2,31	4,83	2,70	2,25	<b>2,51</b>
<b>E</b>	2,47	2,49	2,54	1,70	1,78	1,94	<b>2,21</b>
<b>F</b>	2,73	3,54	2,27	2,20	2,56	2,63	<b>2,60</b>
<b>G</b>	3,23	3,41	3,63	3,79	3,97	3,16	<b>3,52</b>
<b>H</b>	10,35	10,92	10,41	10,77	11,33	11,08	<b>10,85</b>
<b>I</b>	4,34	3,24	3,83	3,05	4,09	4,43	<b>3,96</b>
<b>J</b>	4,40	3,72	4,16	5,57	5,39	4,30	<b>4,35</b>
<b>K</b>	3,22	3,02	1,53	3,20	2,87	2,85	<b>2,95</b>
<b>L</b>	2,94	2,01	3,27	2,00	2,26	2,81	<b>2,54</b>
<b>M</b>	4,98	3,54	5,94	3,93	5,28	4,35	<b>4,67</b>
<b>N</b>	4,39	3,90	2,63	4,24	2,93	4,27	<b>4,07</b>
<b>O</b>	9,30	10,80	10,26	9,73	10,34	9,52	<b>10,00</b>
<b>P</b>	2,38	2,46	1,75	1,81	2,82	2,30	<b>2,34</b>
<b>Q</b>	3,18	2,22	2,48	2,22	2,68	2,64	<b>2,56</b>
<b>R</b>	3,84	3,47	3,03	3,56	5,07	2,51	<b>3,52</b>
<b>S</b>	2,80	2,45	2,03	2,27	1,72	1,90	<b>2,15</b>
<b>T</b>	3,74	2,97	3,10	6,49	4,47	3,03	<b>3,42</b>
<b>U</b>	12,04	8,25	9,31	10,44	13,61	10,29	<b>10,37</b>
<b>V</b>	2,21	4,86	1,85	2,84	1,79	2,53	<b>2,37</b>
<b>W</b>	13,81	17,84	15,68	14,64	11,10	11,38	<b>14,23</b>
<b>TOTAL</b>							<b>106,34</b>

O tempo relativo à tarefa W – Apertar os dois parafusos exteriores na tampa macho – foi dividido em W1 e W2 obtendo-se cerca de 7,11 segundos para o aperto de cada parafuso. Assim foi conseguida uma linha de montagem mais balanceada em relação ao *takt time* proposto.

## ANEXO H – HEURÍSTICA DOS PESOS POSICIONAIS

Tarefa	Precedência	Peso Posicional	Tarefa	Precedência	Peso Posicional
A	-	27,82	M	L	59,70
B	A	24,96	N	M	55,03
C	B	19,94	O	N	50,96
D	-	38,29	P	O	40,96
E	D	35,78	Q	P	38,62
F	E	33,57	R	Q	36,06
G	F	30,97	S	R	32,54
H	G	27,45	T	S	30,39
I	-	73,50	U	T	26,97
J	I	69,54	V	C; H; U	16,60
K	J	65,19	W1	V	7,11
L	K	62,24	W2	V	7,11

Tarefa	Duração	Tempo restante	Sem precedência	Possíveis	Escolhida	Posto de Trabalho
I	3,96	24,04	A,D,J	A,D,J	J	Posto de Trabalho 1
J	4,35	19,69	A,D,K	A,D,K	K	
K	2,95	16,74	A,D,L	A,D,L	L	
L	2,54	14,20	A,D,M	A,D,M	M	
M	4,67	9,53	A,D,N	A,D,N	N	
N	4,07	5,46	A,D,O	A,D	D	
D	2,51	2,95	A,E,O	A,E	E	
E	2,21	0,74	A,F,O	-	O	
O	10,00	18,00	A,F,P	A,F,P	P	Posto de Trabalho 2
P	2,34	15,66	A,F,Q	A,F,Q	Q	
Q	2,56	13,10	A,F,R	A,F,R	R	
R	3,52	9,58	A,F,S	A,F,S	F	
F	2,60	6,98	A,G,S	A,G,S	S	
S	2,15	4,83	A,G,T	A,G,T	G	
G	3,52	1,31	A,H,T	-	T	
T	3,42	24,58	A,H,U	A,H,U	A	Posto de Trabalho 3
A	2,86	21,72	B,H,U	B,H,U	H	
H	10,85	10,87	B,U	B,U	U	
U	10,37	0,50	B	-	B	
B	5,02	22,98	C	C	C	Posto de Trabalho 4
C	3,34	19,64	V	V	V	
V	2,37	17,27	W1,W2	W1,W2	W1	
W1	7,11	10,16	W2	W2	W2	
W2	7,11	3,05	-	-	-	

## ANEXO I – LISTA DE PEDIDOS DOS CLIENTES

**REMETENTE:**

Nome Empresa  
Morada  
Código Postal – Localidade  
País  
Número de Contribuinte

**DESTINATÁRIO:**

Nome Empresa  
Morada  
Código Postal – Localidade  
País  
Número de Contribuinte

Localidade – Data

“Exmos. senhores,  
Por este meio pedimos a entrega dos seguintes artigos, segundo as nossas condições abaixo discriminadas.”

Fornecedor:  
Número de ordem:  
Data da ordem:  
Comprador:  
Observações:

ID Encomenda	Produto			Quantidade	Expedição
	A	B	C		
1		√		2	
2			√	2	
3	√			2	
4	√			2	
5		√		2	
6	√			2	
7			√	2	
8		√		2	
9	√			2	
10			√	3	
11		√		2	
12		√		2	
13			√	2	
14	√			2	

## ANEXO J – LISTA DE PREVISÃO DOS PEDIDOS DOS CLIENTES

**REMETENTE:**

Nome Empresa  
Morada  
Código Postal – Localidade  
País  
Número de Contribuinte

**DESTINATÁRIO:**

Nome Empresa  
Morada  
Código Postal – Localidade  
País  
Número de Contribuinte

Localidade – Data

“Exmos. senhores,  
Por este meio pedimos a entrega dos  
seguintes artigos, segundo as nossas  
condições abaixo discriminadas.”

Fornecedor:  
Número de ordem:  
Data da ordem:  
Comprador:  
Observações:

ID Encomenda	Produto			Quantidade	Expedição
	A	B	C		
1	√			4	
		√		4	
			√	2	
2	√			4	
		√		2	
			√	5	
3	√			2	
		√		4	
			√	2	

## ANEXO K – ORDENS DE FABRICO

<p>ORDEM DE FABRICO 1 1 – 5 Minutos</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">ORDEM DE FABRICO 1 – Posto de Trabalho 1</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Empresa:</td> <td colspan="2">Operação Nº:</td> </tr> <tr> <td>Cliente:</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>Data:</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>Data de entrega:</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>Observações:</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <th>Produto</th> <th>Quantidade</th> <th>Preço</th> </tr> <tr> <td>A</td> <td>4</td> <td></td> </tr> <tr> <td>B</td> <td>4</td> <td></td> </tr> <tr> <td>C</td> <td>2</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Preço Total:</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>Responsável:</td> <td colspan="2"></td> </tr> </tbody> </table>	ORDEM DE FABRICO 1 – Posto de Trabalho 1			Empresa:	Operação Nº:		Cliente:			Data:			Data de entrega:			Observações:			Produto	Quantidade	Preço	A	4		B	4		C	2		Preço Total:			Responsável:		
ORDEM DE FABRICO 1 – Posto de Trabalho 1																																					
Empresa:	Operação Nº:																																				
Cliente:																																					
Data:																																					
Data de entrega:																																					
Observações:																																					
Produto	Quantidade	Preço																																			
A	4																																				
B	4																																				
C	2																																				
Preço Total:																																					
Responsável:																																					
<p>ORDEM DE FABRICO 2 5 -10 Minutos</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">ORDEM DE FABRICO 2 – Posto de Trabalho 1</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Empresa:</td> <td colspan="2">Operação Nº:</td> </tr> <tr> <td>Cliente:</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>Data:</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>Data de entrega:</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>Observações:</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <th>Produto</th> <th>Quantidade</th> <th>Preço</th> </tr> <tr> <td>A</td> <td>4</td> <td></td> </tr> <tr> <td>B</td> <td>2</td> <td></td> </tr> <tr> <td>C</td> <td>5</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Preço Total:</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>Responsável:</td> <td colspan="2"></td> </tr> </tbody> </table>	ORDEM DE FABRICO 2 – Posto de Trabalho 1			Empresa:	Operação Nº:		Cliente:			Data:			Data de entrega:			Observações:			Produto	Quantidade	Preço	A	4		B	2		C	5		Preço Total:			Responsável:		
ORDEM DE FABRICO 2 – Posto de Trabalho 1																																					
Empresa:	Operação Nº:																																				
Cliente:																																					
Data:																																					
Data de entrega:																																					
Observações:																																					
Produto	Quantidade	Preço																																			
A	4																																				
B	2																																				
C	5																																				
Preço Total:																																					
Responsável:																																					
<p>ORDEM DE FABRICO 3 10 – 14 Minutos</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">ORDEM DE FABRICO 3 – Posto de Trabalho 1</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Empresa:</td> <td colspan="2">Operação Nº:</td> </tr> <tr> <td>Cliente:</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>Data:</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>Data de entrega:</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>Observações:</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <th>Produto</th> <th>Quantidade</th> <th>Preço</th> </tr> <tr> <td>A</td> <td>2</td> <td></td> </tr> <tr> <td>B</td> <td>4</td> <td></td> </tr> <tr> <td>C</td> <td>2</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Preço Total:</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>Responsável:</td> <td colspan="2"></td> </tr> </tbody> </table>	ORDEM DE FABRICO 3 – Posto de Trabalho 1			Empresa:	Operação Nº:		Cliente:			Data:			Data de entrega:			Observações:			Produto	Quantidade	Preço	A	2		B	4		C	2		Preço Total:			Responsável:		
ORDEM DE FABRICO 3 – Posto de Trabalho 1																																					
Empresa:	Operação Nº:																																				
Cliente:																																					
Data:																																					
Data de entrega:																																					
Observações:																																					
Produto	Quantidade	Preço																																			
A	2																																				
B	4																																				
C	2																																				
Preço Total:																																					
Responsável:																																					

## ANEXO L – ZONAS DE TRABALHO

<p><b>Zona de <i>stock</i> intermédio</b></p>	<p><b>ZONA DE <i>STOCK</i> INTERMÉDIO</b></p> 
<p><b>Zona de produto acabado</b></p>	<p><b>ZONA DE PRODUTO ACABADO</b></p> 
<p><b>Zona de cliente</b></p>	<p><b>ZONA DE CLIENTE</b></p> 

## ANEXO M – FICHA DE REGISTO DO “JOGO TAKT TIME” – 1º CENÁRIO – POSTO 1

		Tarefas a realizar						
	1. Operação I – Colocar o conjunto do fusível e da tampa do fusível na tampa macho	2. Operação J – Colocar o suporte do fusível	3. Operação K – Relativamente ao lado L, inserir o parafuso na argola	4. Operação L – Relativamente ao lado L, inserir o conjunto parafuso/argola no suporte do pino	5. Operação M – Relativamente ao lado L, inserir o conjunto anterior na tampa macho	6. Operação N – Relativamente ao lado L, inserir o pino e dar um pequeno aperto para o fixar	7. Operação D – Relativamente ao lado N, inserir o parafuso na argola	8. Operação E – Relativamente ao lado N, inserir o conjunto parafuso/argola no suporte do pino
Tempo (s)								

As fichas de registos entregues aos alunos que estão a cronometrar as operações são semelhantes à tabela apresentada anteriormente.

As únicas alterações são as tarefas nos diferentes postos para os três cenários estudados.

## ANEXO N – APRESENTAÇÃO POWER POINT “JOGO TAKT TIME”



### Takt Time

- É uma métrica de desempenho fundamental para o *Lean Thinking* – KPI: *Key Performance Indicators*.
- *Takt Time* deriva da palavra alemã *Taktzeit* onde *takt* significa ritmo e zeit, tempo.
- É o tempo de ciclo calculado em função da procura.

$$\text{Takt Time} = \frac{\text{Tempo disponível para a produção}}{\text{Número de unidades a produzir}}$$

- Para a simulação existem 30 unidades disponíveis.
- Pretende-se que o *takt time*, o ritmo do processo, seja de 28 segundos por ficha para os diferentes postos de trabalho.

$$\begin{aligned} \text{Takt Time} &= \frac{\text{Tempo disponível para a produção}}{\text{Número de unidades a produzir}} \leftrightarrow \text{Tempo disponível} \\ &= \text{Takt Time} \times \text{Número de unidades} \leftrightarrow \text{Tempo disponível} \\ &= 28^{\text{seg}}/\text{ficha} \times 30 \text{ fichas} \leftrightarrow \text{Tempo disponível} = 840 \text{ seg} \\ &= 14 \text{ minutos} \end{aligned}$$

2

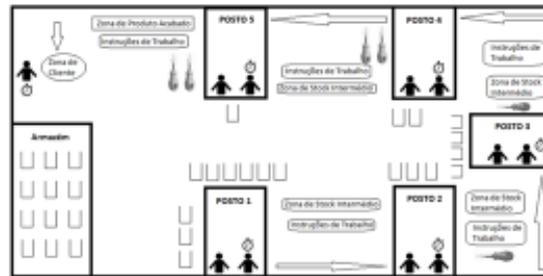
## Componentes das fichas inglesas

Exterior tampa fêmea	Interior tampa fêmea	Peça branca	Peça preta	Fusível A – 3 Amperes
				
Mola	Exterior tampa macho	Interior tampa macho	Componentes lado N	Fusível B – 9 Amperes
				
Componentes lado L	Componentes lado E	Componentes Fusível	Parafusos exteriores	Fusível C – 12 Amperes
				

## Operações de montagem das fichas

OPERAÇÕES	PRECEDÊNCIAS	OPERAÇÕES	PRECEDÊNCIAS
A. <u>Em relação à tampa fêmea:</u> inserir a mola na peça preta	-	M. Inserir o conjunto anterior na tampa macho	L
B. Inserir a mola e a peça preta na peça branca	A	N. Inserir o pino do lado L e dar um aperto para fixar	M
C. Inserir o conjunto anterior no interior da tampa fêmea conforme o desenho na tampa	B	O. Apertar o parafuso	N
D. <u>Em relação à tampa macho – Construir o lado N:</u> Inserir o parafuso na argola	-	P. Colocar a tampa branca de proteção do fusível	O
E. Inserir o conjunto anterior no suporte	D	Q. <u>Construir o lado E:</u> Inserir o parafuso na argola	P
F. Inserir o conjunto anterior na tampa macho	E	R. Inserir o conjunto anterior no suporte	Q
G. Inserir o pino do lado N e dar um aperto para fixar	F	S. Inserir o conjunto anterior na tampa macho	R
H. Apertar o parafuso	G	T. Inserir o pino do lado E e dar um aperto para fixar	S
I. Colocar o conjunto do fusível e da peça branca junto ao mesmo	-	U. Apertar o parafuso	T
J. Colocar o suporte do fusível	I	V. Inserir a tampa macho na tampa fêmea	C, H, U
K. <u>Construir o lado L:</u> Inserir o parafuso na argola	J	W1. Inserir um parafuso exterior na tampa macho e apertar	V
L. Inserir o conjunto anterior no suporte	K	W2. Inserir o outro parafuso exterior na tampa macho e apertar	V

## 1º Cenário: Linha de montagem desbalanceada



- São definidos pedidos de clientes que são entregues aos operários dos 5 PT segundo ordens de fabrico que indicam o que têm de produzir para o instante mencionado;
- Cada operário tem de se deslocar ao armazém para repor material em falta;
- Cada operário tem consigo uma pessoa que vai cronometrar todas as operações



5

## 2º Cenário: Linha de montagem balanceada

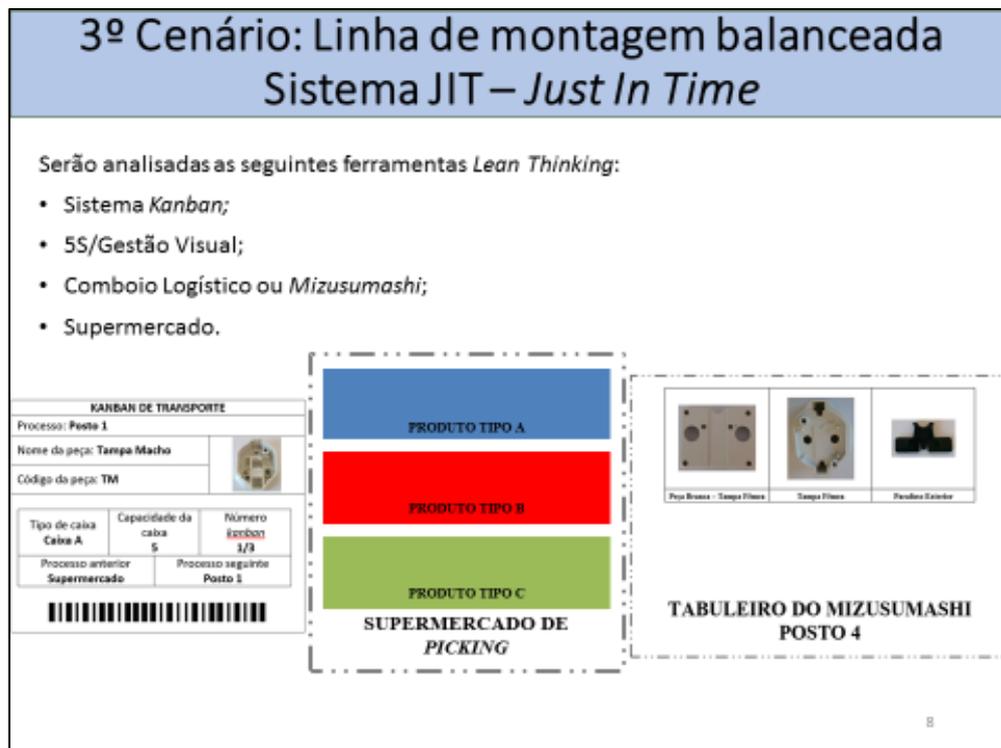
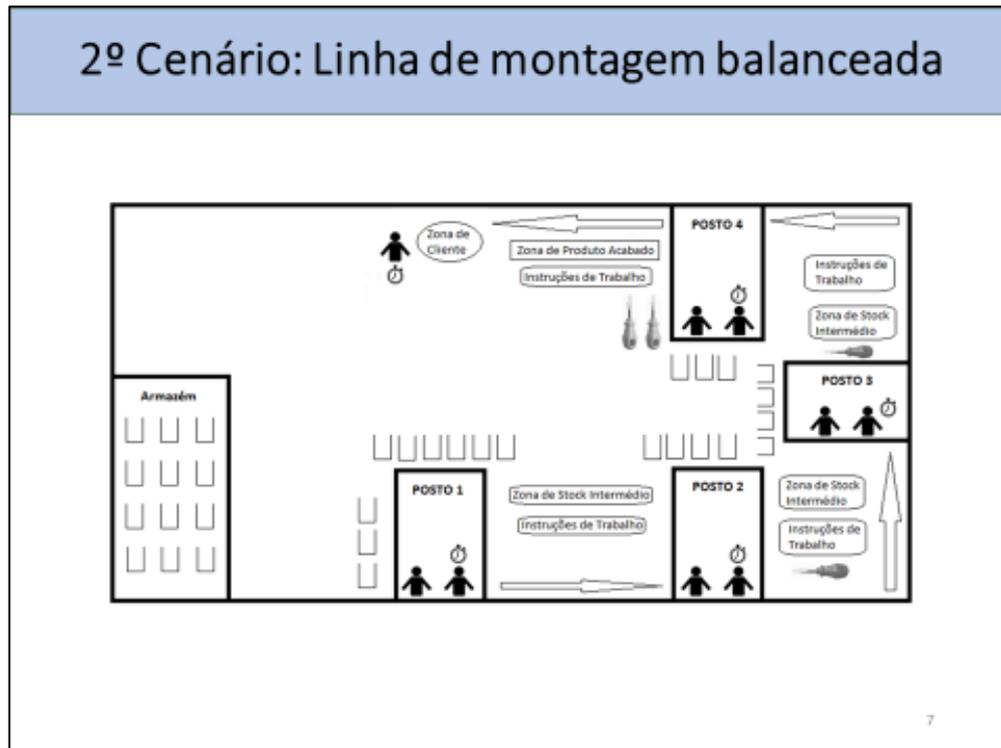
$$Nt_{min} = \frac{\sum \text{Tempo das Operações}}{\text{Tempo de Ciclo}} = \frac{106,34}{28} \approx 3,8 = 4 \text{ postos de trabalho}$$

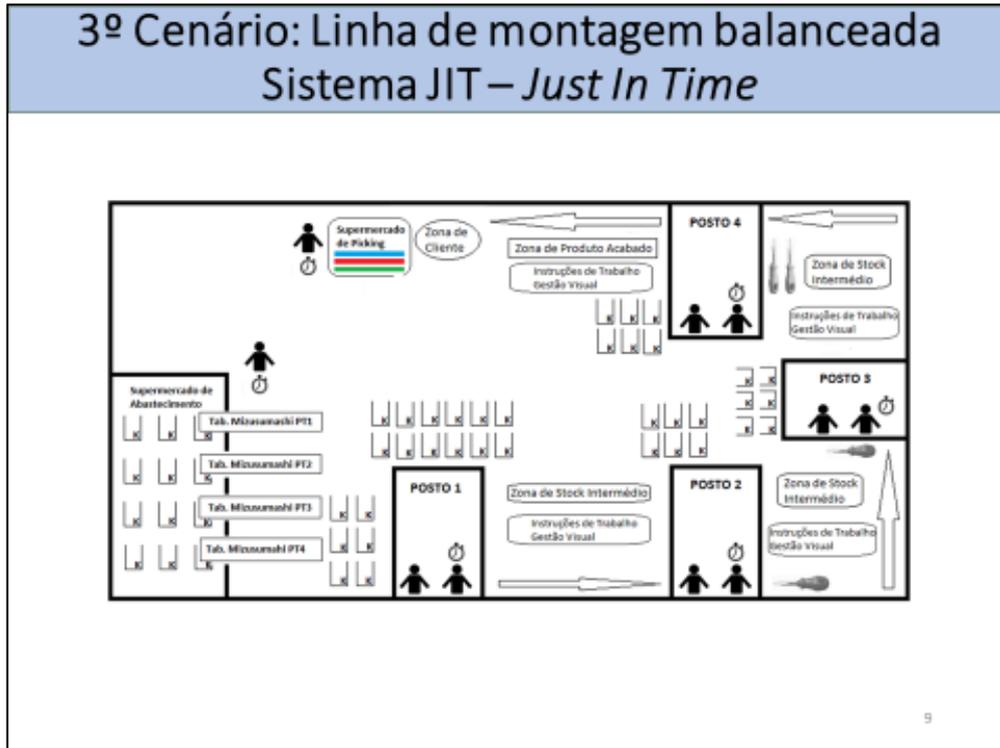
Analisando os tempos de operações nos 5 PT é possível encontrar melhorias a aplicar:

- Diminuir os postos de trabalho;
- Transferir atividades de uns postos para outros sempre respeitando as precedências;
- Encarregar pessoal de outras tarefas.

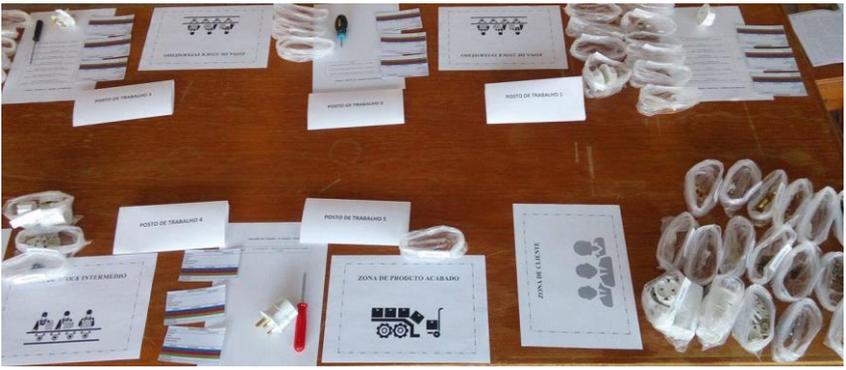


6





## ANEXO O – DISPOSIÇÃO DOS MATERIAIS PARA A REALIZAÇÃO DA ATIVIDADE PRÁTICA DO “JOGO TAKT TIME”

<p><b>Cenário 1</b> 1</p>	
<p><b>Cenário 2</b> 2</p>	
<p><b>Cenário 3</b> 3</p>	

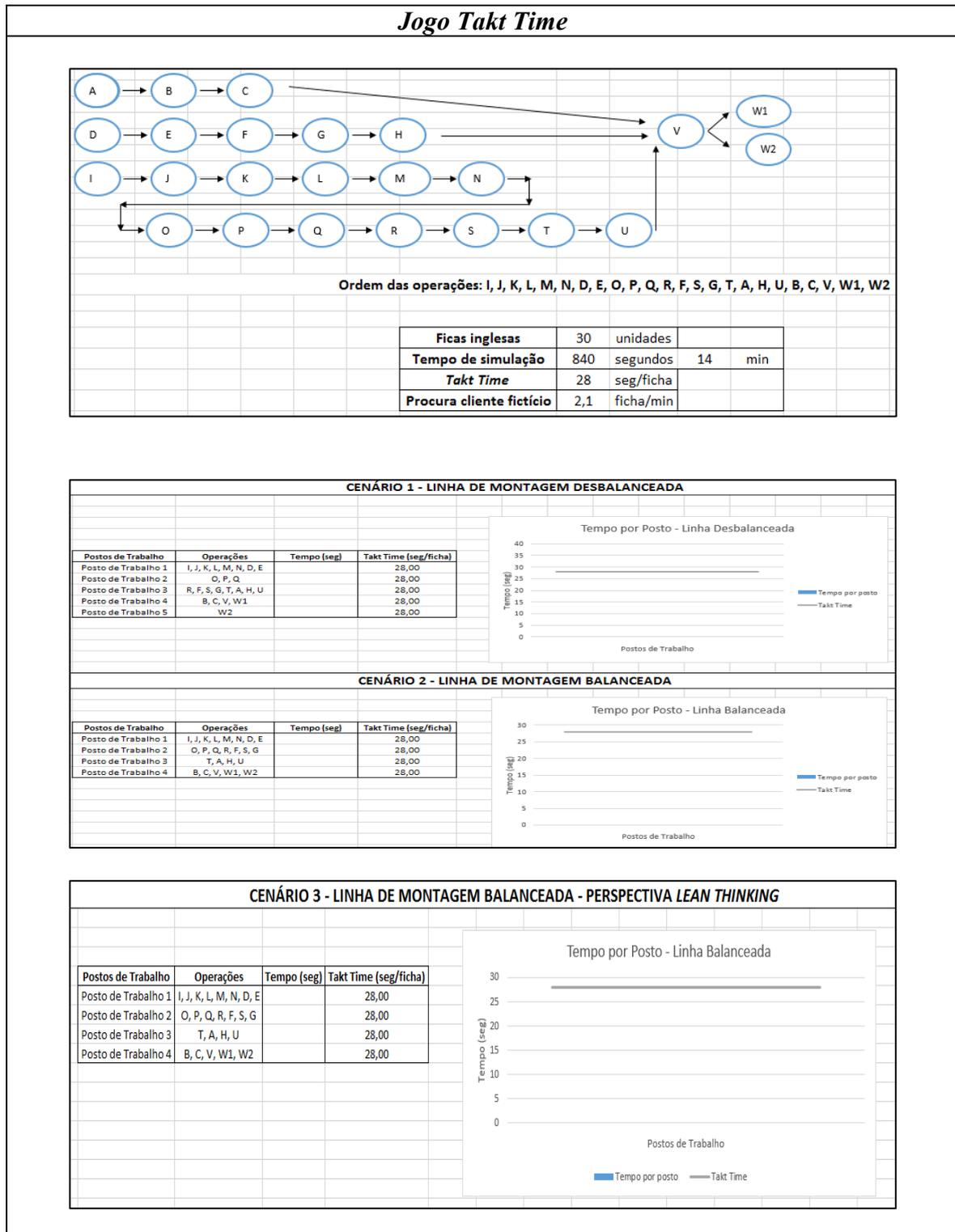
## ANEXO P – INSTRUÇÕES DE TRABALHO PARA LAYOUT DESBALANCEADO (CENÁRIO 1)

<b>Posto 1</b>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Operação I – Colocar o conjunto do fusível e da tampa do fusível na tampa macho;</li><li>2. Operação J – Colocar o suporte do fusível;</li><li>3. Operação K – Relativamente ao lado L, inserir o parafuso na argola;</li><li>4. Operação L – Relativamente ao lado L, inserir o conjunto parafuso/argola no suporte do pino;</li><li>5. Operação M – Relativamente ao lado L, inserir o conjunto anterior na tampa macho;</li><li>6. Operação N – Relativamente ao lado L, inserir o pino e dar um pequeno aperto para o fixar;</li><li>7. Operação D – Relativamente ao lado N, inserir o parafuso na argola;</li><li>8. Operação E – Relativamente ao lado N, inserir o conjunto parafuso/argola no suporte do pino.</li></ol>
<b>Posto 2</b>	<ol style="list-style-type: none"><li>9. Operação O – Relativamente ao lado L, apertar o parafuso;</li><li>10. Operação P – Colocar a tampa branca de proteção do fusível;</li><li>11. Operação Q – Relativamente ao lado E, inserir o parafuso na argola.</li></ol>
<b>Posto 3</b>	<ol style="list-style-type: none"><li>12. Operação R – Relativamente ao lado E, inserir o conjunto parafuso/argola no suporte do pino;</li><li>13. Operação F – Relativamente ao lado N, inserir o conjunto parafuso/argola/suporte na tampa macho;</li><li>14. Operação S – Relativamente ao lado E, inserir o conjunto parafuso/argola/suporte na tampa macho;</li><li>15. Operação G – Relativamente ao lado N, inserir o pino e dar um pequeno aperto para o fixar;</li><li>16. Operação T – Relativamente ao lado E, inserir o pino e dar um pequeno aperto para o fixar;</li><li>17. Operação A – Relativamente à tampa fêmea, inserir a mola na peça preta;</li><li>18. Operação H – Relativamente ao lado N, apertar o parafuso;</li><li>19. Operação U – Relativamente ao lado E, apertar o parafuso.</li></ol>

---

<b>Posto 4</b>	20. Operação B – Relativamente à tampa fêmea, inserir o conjunto mola/peça preta na peça branca; 21. Operação C – Relativamente à tampa fêmea, inserir o conjunto anterior no interior da tampa fêmea com a peça branca para fora conforme o desenho na tampa; 22. Operação V – Inserir a tampa macho na tampa fêmea; 23. Operação W1 – Apertar um dos parafusos exterior na tampa macho.
<b>Posto 5</b>	24. Operação W2 – Apertar o outro parafuso exterior na tampa macho.

## ANEXO Q – FICHEIRO EXCEL DESENVOLVIDO



## ANEXO R – INSTRUÇÕES DE TRABALHO PARA LAYOUT BALANCEADO (CENÁRIO 2)

<b>Posto 1</b>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Operação I – Colocar o conjunto do fusível e da tampa do fusível na tampa macho;</li><li>2. Operação J – Colocar o suporte do fusível;</li><li>3. Operação K – Relativamente ao lado L, inserir o parafuso na argola;</li><li>4. Operação L – Relativamente ao lado L, inserir o conjunto parafuso/argola no suporte do pino;</li><li>5. Operação M – Relativamente ao lado L, inserir o conjunto anterior na tampa macho;</li><li>6. Operação N – Relativamente ao lado L, inserir o pino e dar um pequeno aperto para o fixar;</li><li>7. Operação D – Relativamente ao lado N, inserir o parafuso na argola;</li><li>8. Operação E – Relativamente ao lado N, inserir o conjunto parafuso/argola no suporte do pino.</li></ol>
<b>Posto 2</b>	<ol style="list-style-type: none"><li>9. Operação O – Relativamente ao lado L, apertar o parafuso;</li><li>10. Operação P – Colocar a tampa branca de proteção do fusível;</li><li>11. Operação Q – Relativamente ao lado E, inserir o parafuso na argola;</li><li>12. Operação R – Relativamente ao lado E, inserir o conjunto parafuso/argola no suporte do pino;</li><li>13. Operação F – Relativamente ao lado N, inserir o conjunto parafuso/argola/suporte na tampa macho;</li><li>14. Operação S – Relativamente ao lado E, inserir o conjunto parafuso/argola/suporte na tampa macho;</li><li>15. Operação G – Relativamente ao lado N, inserir o pino e dar um pequeno aperto para o fixar.</li></ol>
<b>Posto 3</b>	<ol style="list-style-type: none"><li>16. Operação T – Relativamente ao lado E, inserir o pino e dar um pequeno aperto para o fixar;</li><li>17. Operação A – Relativamente à tampa fêmea, inserir a mola na peça preta;</li><li>18. Operação H – Relativamente ao lado N, apertar o parafuso;</li><li>19. Operação U – Relativamente ao lado E, apertar o parafuso.</li></ol>

---

<b>Posto 4</b>	<p>20. Operação B – Relativamente à tampa fêmea, inserir o conjunto mola/peça preta na peça branca;</p> <p>21. Operação C – Relativamente à tampa fêmea, inserir o conjunto anterior no interior da tampa fêmea com a peça branca para fora conforme o desenho na tampa;</p> <p>22. Operação V – Inserir a tampa macho na tampa fêmea;</p> <p>23. Operação W1 – Apertar um dos parafusos exterior na tampa macho;</p> <p>24. Operação W2 – Apertar o outro parafuso exterior na tampa macho.</p>
----------------	--

## ANEXO S – ETIQUETAS KANBAN

Componente	Código	F.inc. <sup>3</sup>	Posto	Nº Kanban	Capacidade da caixa (nos postos)
Parafuso Exterior	PE	2	4	3	10
Tampa Fêmea	TF	1	4	3	5
Peça Branca (T. Fêmea)	B_TF	1	4	3	5
Peça Preta (T. Fêmea)	P_TF	1	3	3	5
Mola (T. Fêmea)	M_TF	1	3	3	5
Tampa Macho	TM	1	1	3	5
Parafuso Interior	P	3	1; 2	6	10
Argola	A	3	1; 2	6	10
Suporte do Pino – Lado N	SP_N	1	1	3	5
Pino – Lado N	P_N	1	2	3	5
Suporte do Pino/Fusível – Lado L	SPF_L	1	1	3	5
Pino – Lado L	P_L	1	1	3	5
Suporte do Pino – Lado E	SP_E	1	2	3	5
Pino – Lado E	P_E	1	3	3	5
Tampa Branca	T_B	1	2	3	5
Suporte do Fusível	SF	1	1	3	5
Fusível A + Tampa	FA	1	1	3	3
Fusível B + Tampa	FB	1	1	3	3
Fusível C + Tampa	FC	1	1	3	3
Conjunto Mola + Peça Preta	MPP	1	3	2	3
Tampa Macho montada	TMM	1	3	2	2
Tampa Macho montada sem Lado E	TMM_E	1	2	2	2
Conjunto Parafuso + Argola + Suporte Lado N	PAS_N	1	1	2	2
Operações PT1 na Tampa Macho	TM_PT1	1	1	2	2

<sup>3</sup> F.inc. – Fator de Incorporação: Diz respeito ao número de peças que são necessárias para a construção do produto final.

## ANEXO T – INSTRUÇÕES DE TRABALHO PARA LAYOUT BALANCEADO COM GESTÃO VISUAL (CENÁRIO 3)

<b>Posto 1</b>	1. Operação I – Colocar o conjunto do fusível e da tampa do fusível na tampa macho;	
	2. Operação J – Colocar o suporte do fusível;	
	3. Operação K – Relativamente ao lado L, inserir o parafuso na argola;	
	4. Operação L – Relativamente ao lado L, inserir o conjunto parafuso/argola no suporte do pino;	
	5. Operação M – Relativamente ao lado L, inserir o conjunto anterior na tampa macho;	
	6. Operação N – Relativamente ao lado L, inserir o pino e dar um pequeno aperto para o fixar;	
	7. Operação D – Relativamente ao lado N, inserir o parafuso na argola;	

	8. Operação E – Relativamente ao lado N, inserir o conjunto parafuso/argola no suporte do pino.	
<b>Posto 2</b>	9. Operação O – Relativamente ao lado L, apertar o parafuso;	
	10. Operação P – Colocar a tampa branca de proteção do fusível;	
	11. Operação Q – Relativamente ao lado E, inserir o parafuso na argola;	
	12. Operação R – Relativamente ao lado E, inserir o conjunto parafuso/argola no suporte do pino;	
	13. Operação F – Relativamente ao lado N, inserir o conjunto parafuso/argola/suporte na tampa macho;	
	14. Operação S – Relativamente ao lado E, inserir o conjunto parafuso/argola/suporte na tampa macho;	
	15. Operação G – Relativamente ao lado N, inserir o pino e dar um pequeno aperto para o fixar.	
<b>Posto 3</b>	16. Operação T – Relativamente ao lado E, inserir o pino e dar um pequeno aperto para o fixar;	

	17. Operação A – Relativamente à tampa fêmea, inserir a mola na peça preta;	
	18. Operação H – Relativamente ao lado N, apertar o parafuso;	
	19. Operação U – Relativamente ao lado E, apertar o parafuso.	
<b>Posto 4</b>	20. Operação B – Relativamente à tampa fêmea, inserir o conjunto mola/peça preta na peça branca;	
	21. Operação C – Relativamente à tampa fêmea, inserir o conjunto anterior no interior da tampa fêmea com a peça branca para fora conforme o desenho na tampa;	
	22. Operação V – Inserir a tampa macho na tampa fêmea;	
	23. Operação W1 – Apertar um dos parafusos exterior na tampa macho;	
	24. Operação W2 – Apertar o outro parafuso exterior na tampa macho.	

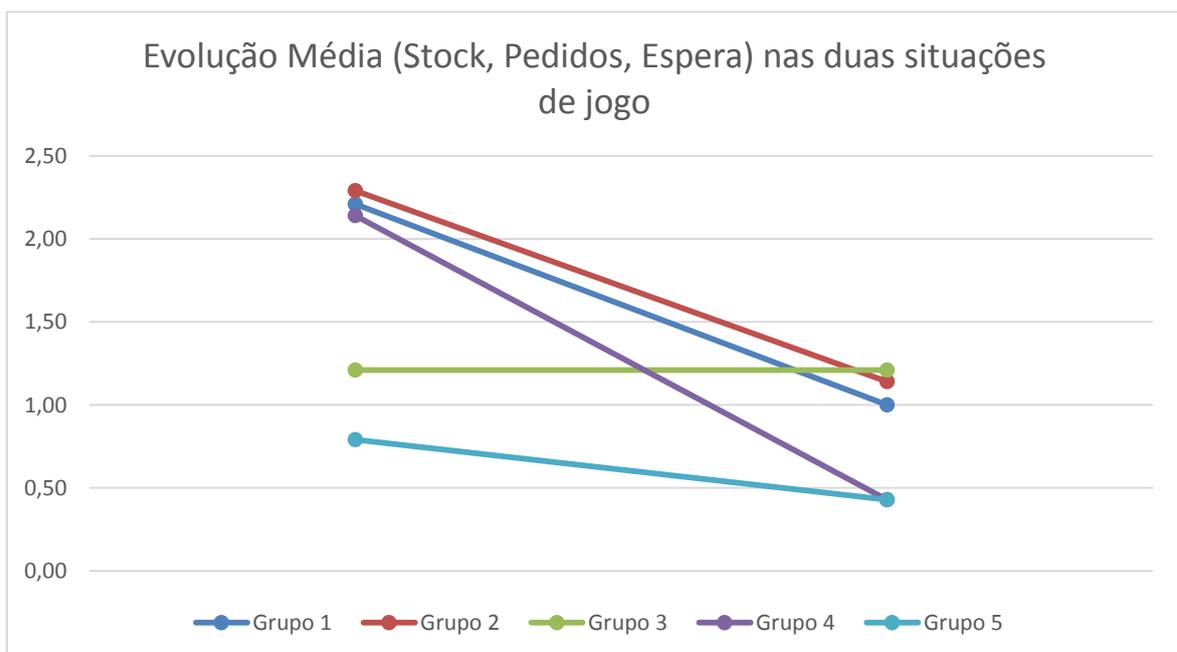
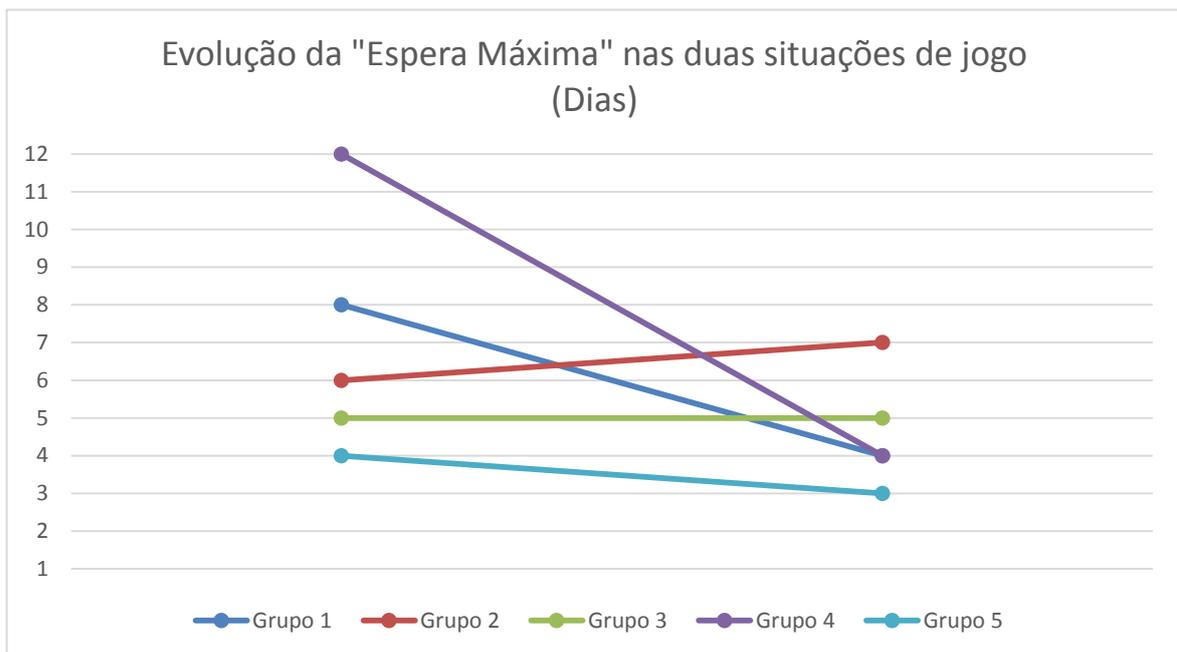
## ANEXO U - SUPERMERCADOS



## ANEXO V – TABULEIRO DO MIZUSUMASHI

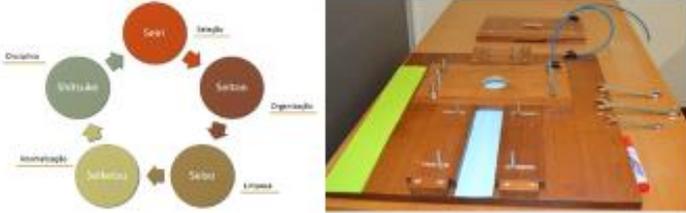


## ANEXO W – GRÁFICOS DE RESULTADOS DO “HEIJUNKA GAME”



## ANEXO X – APRESENTAÇÃO *POWER POINT* EM SALA DE AULA

Análise dos jogos LEAN desenvolvidos em aula



João Francisco Dias e Castro  
Orientação Professor Jorge Noro

Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial  
Ano Letivo 2015/2016 | Gestão da Produção

1

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

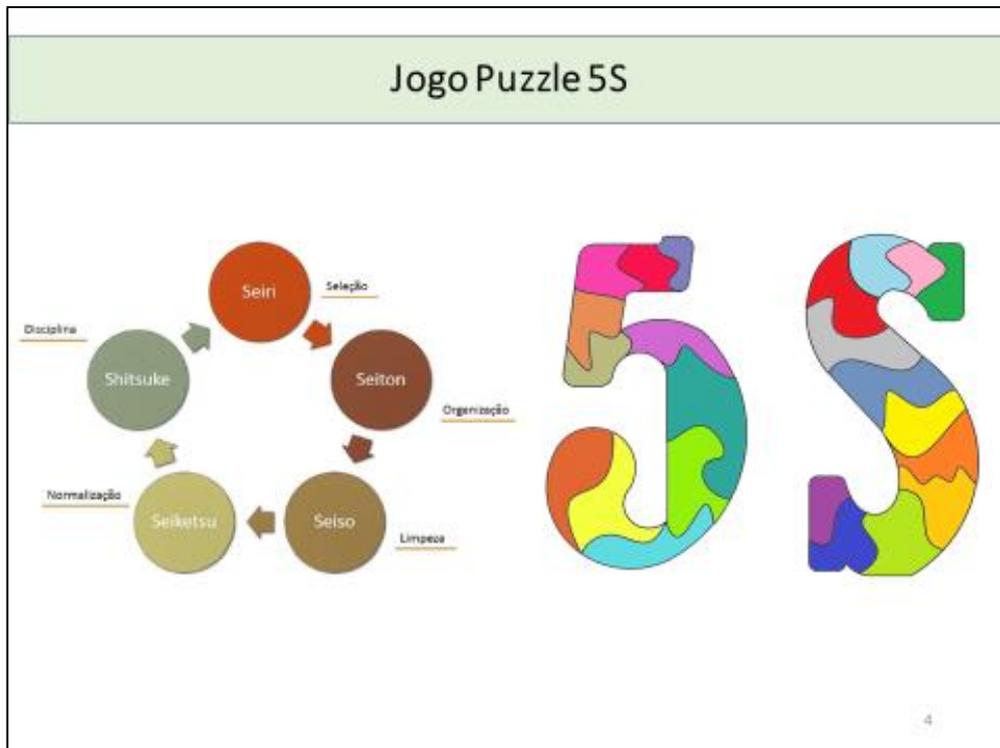
- Desenvolvimento de jogos/técnicas que apoiem a aprendizagem em ambiente académico de conceitos *LEAN*.
- Testar os jogos desenvolvidos e, se possível, aplicar em ambiente industrial para ver a diferença entre alunos/operadores.
- *LEAN Marketing* – A possível comercialização dos jogos desenvolvidos.

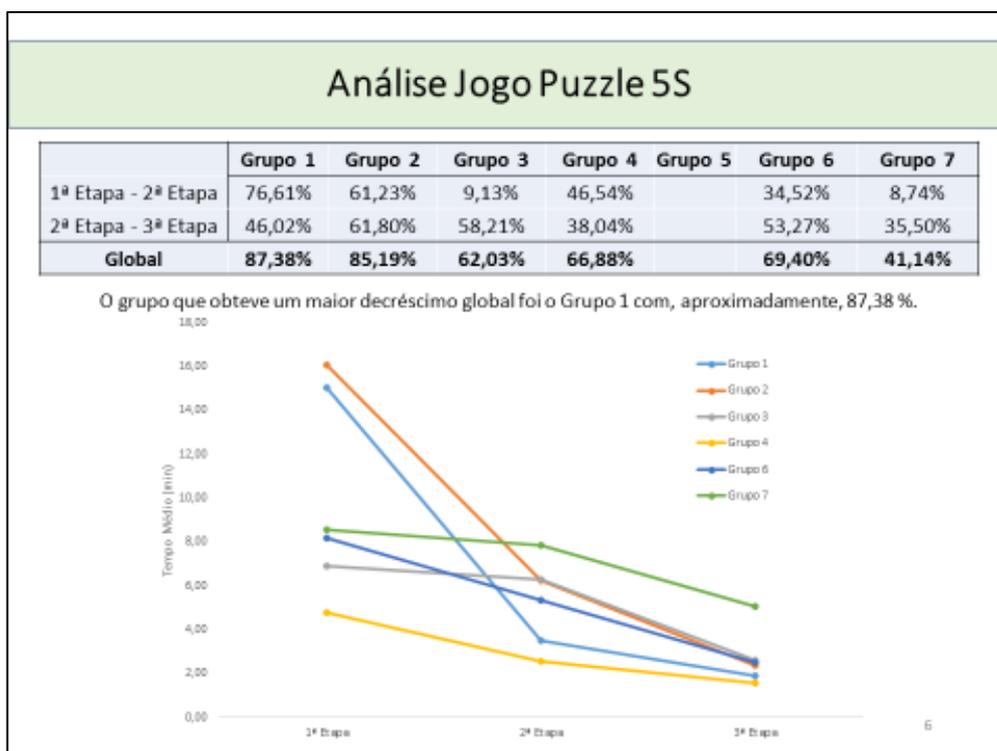
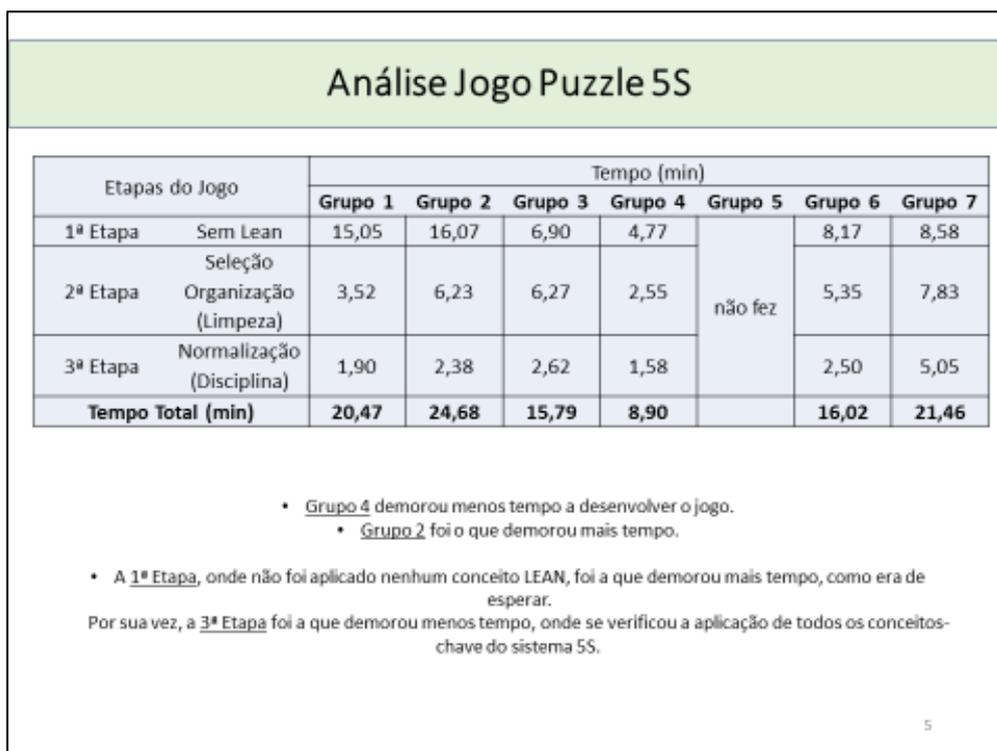
2

### Grupos de trabalho

Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Grupo 5	Grupo 6	Grupo 7
Ana Rita Ibrahim Leonardo Musab	Ana Coelho Filipa Teixeira Maria Inês Tânia Ribeiro	Bianca Marques Helena Martins Hugo Pereira Pedro Barbosa Pedro Godoy	Daniel Diogo Mauro Tomás	André Bruno David Kevin Marcel	Ana Pires Ana Soares Andreia Esteves Inês Pinto	Ana Inês João Paulo Tiago

3





### Dificuldades/Observações - Jogo Puzzle 5S

**Dificuldades**

- Peças muito parecidas;
- As cores das peças do puzzle são diferentes da folha de apoio entregue durante o jogo;
- Na fase inicial não se saber que peças pertencem ao 5, ao S e as desnecessárias;
- Orientação das peças;
- Dificuldade de encaixe das peças.

**Observações**

- Diferenças de tempos podem ser justificadas pela mudança de operador para não se verificar o “fator aprendizagem”;
- Três pessoas por grupo seria o ideal. Duas pessoas para contar os tempos e outra para realizar o jogo. Dado que são 3 etapas, todos os elementos do grupo trabalham diretamente com a peça.

7

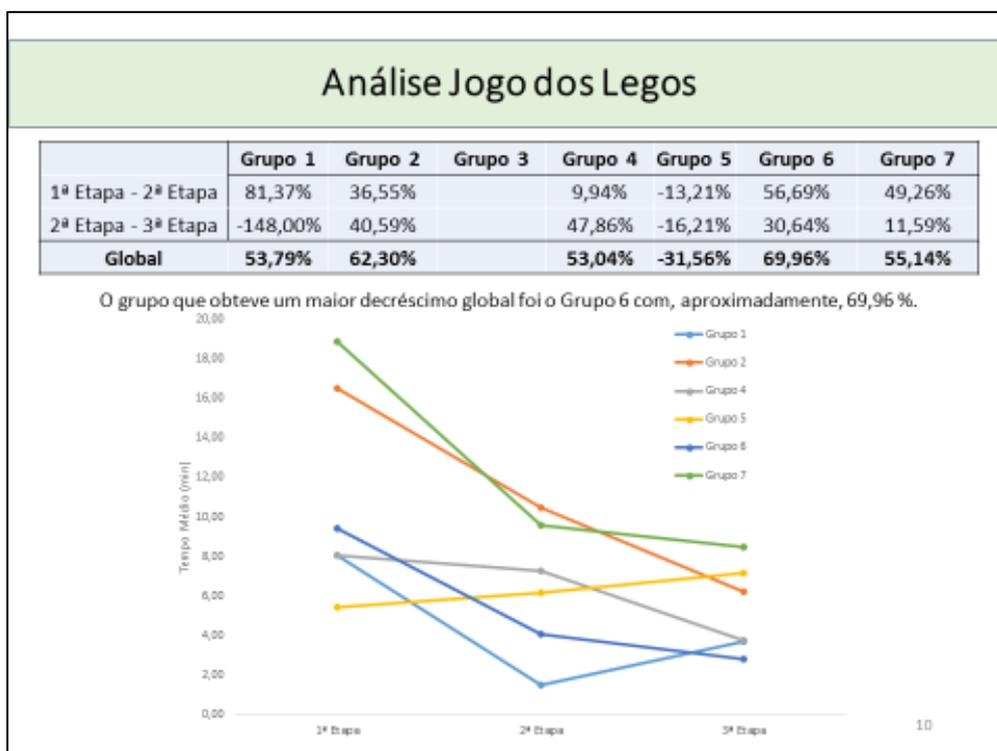
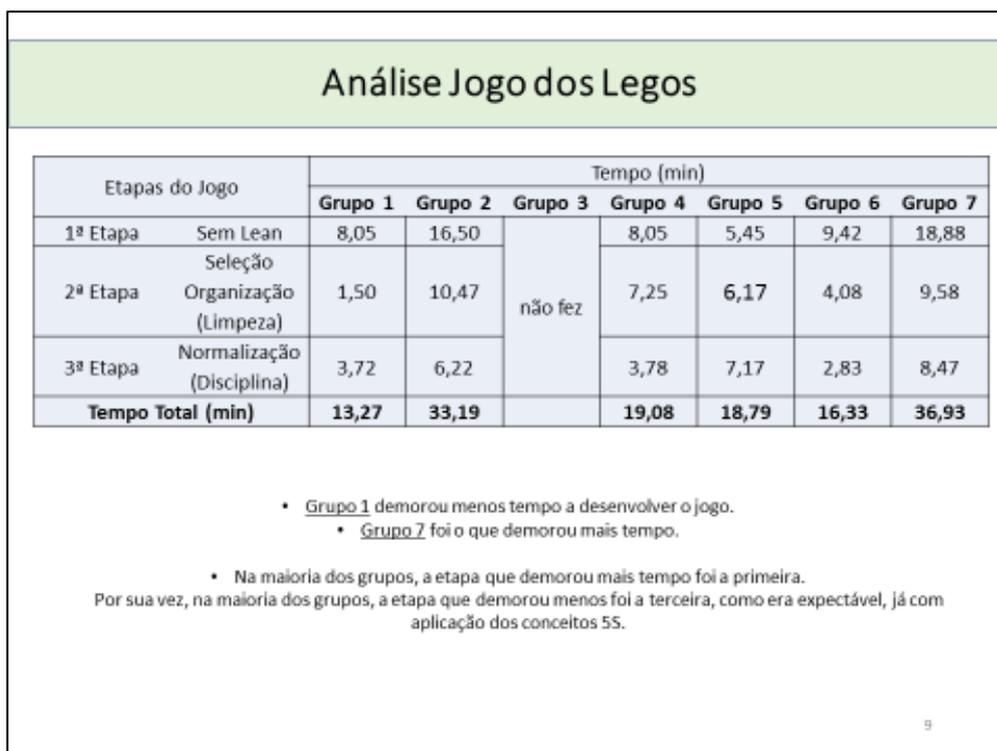
### Jogo dos Legos

O diagrama ilustra o ciclo 5S (Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke) com as seguintes associações:

- Seiri** (Seleção) - Disciplina
- Seiton** (Organização)
- Seiso** (Limpeza)
- Seiketsu** (Normalização)
- Shitsuke** (Disciplina)

As setas indicam um ciclo contínuo entre as etapas. À direita, há uma imagem de uma construção de Lego feita com peças de cores diferentes (azul, amarelo, vermelho, branco).

8



### Dificuldades/Observações - Jogo dos Legos

**Dificuldades**

- Maior dificuldade em montar a peça na 1ª etapa;
- Folha de consulta com as três vistas da peça (frente, retaguarda e lateral) não é de máxima percepção;
- A parte da base tem no centro um “buraco” que não se percebe pela folha de auxílio fornecida, fazendo com que se demore mais tempo.

**Observações**

- Verificou-se que, em alguns grupos, foram utilizadas mais peças do que as que eram necessárias. Principalmente na montagem da base de cor azul;
- Na primeira etapa foram utilizadas mais peças do que as que eram realmente necessárias. Isso fez com que se demorasse mais tempo;
- Diferenças de tempos podem ser justificadas pela mudança de operador para não se verificar o “fator aprendizagem”;
- Três pessoas por grupo seria o ideal. Duas pessoas para contar os tempos e outra para realizar o jogo. Dado que são 3 etapas, todos os elementos do grupo trabalham diretamente com a peça.

11

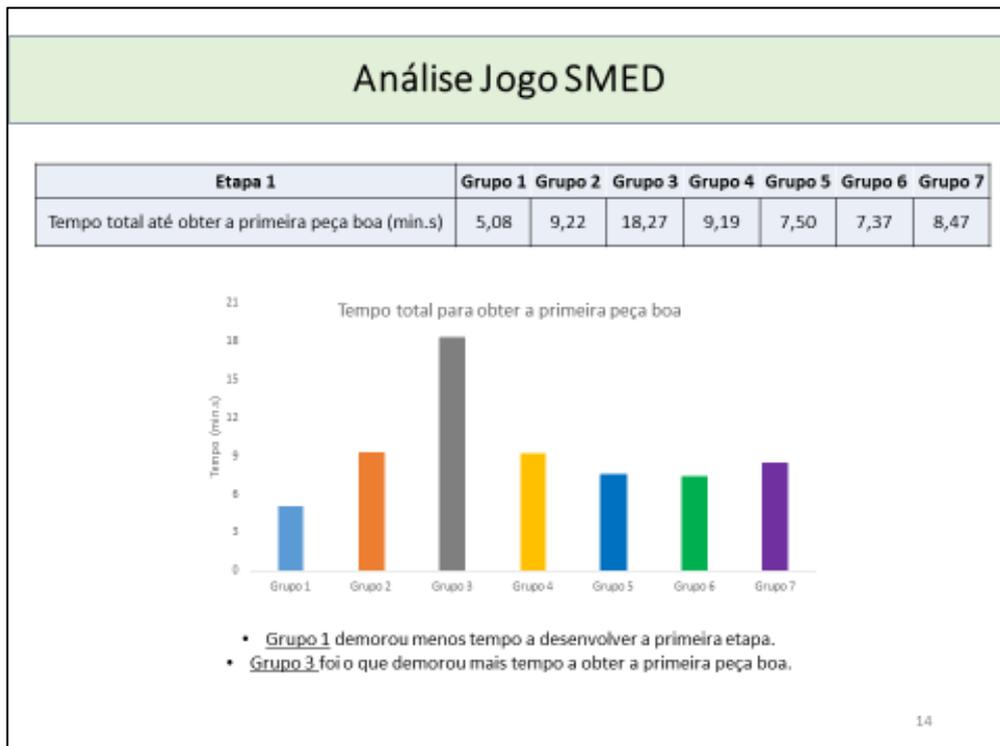
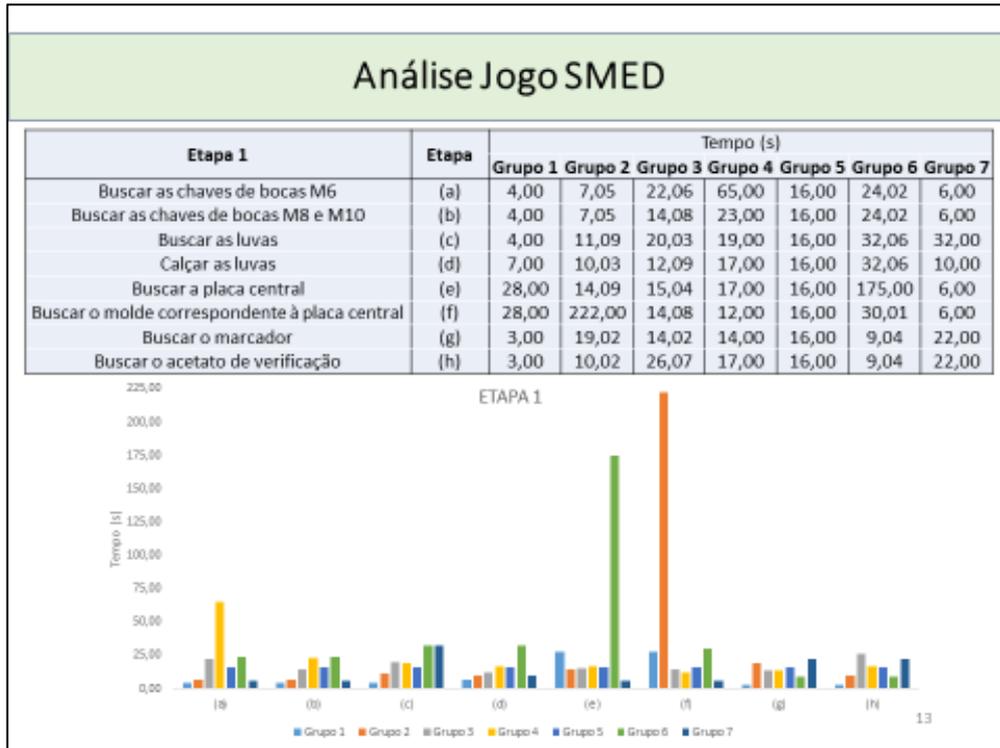
### Jogo SMED

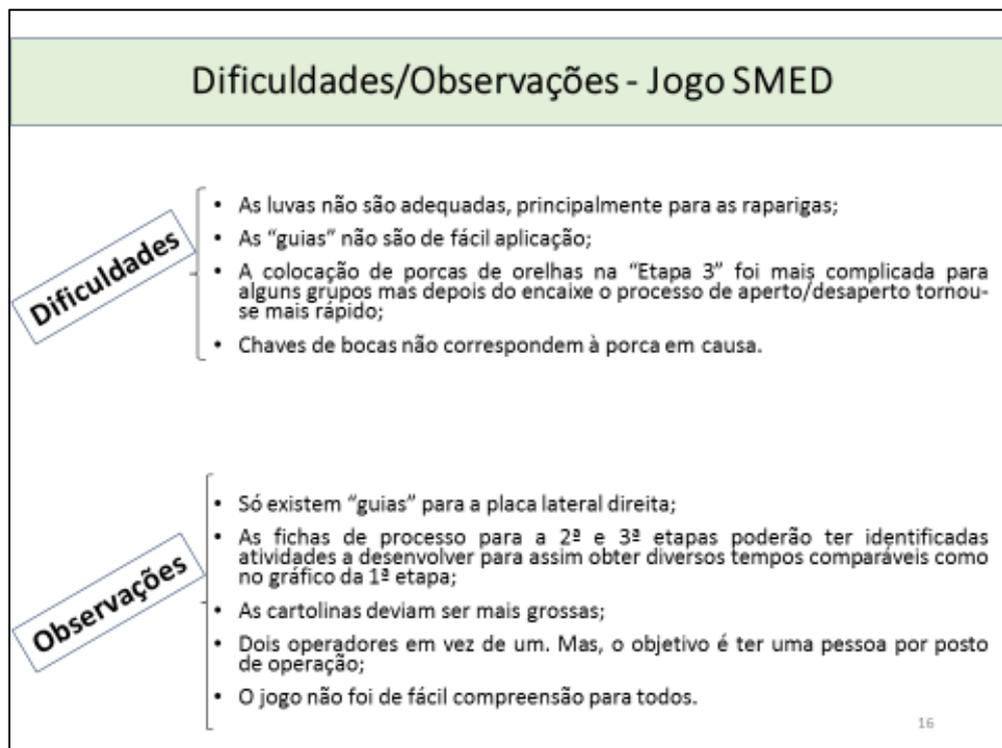
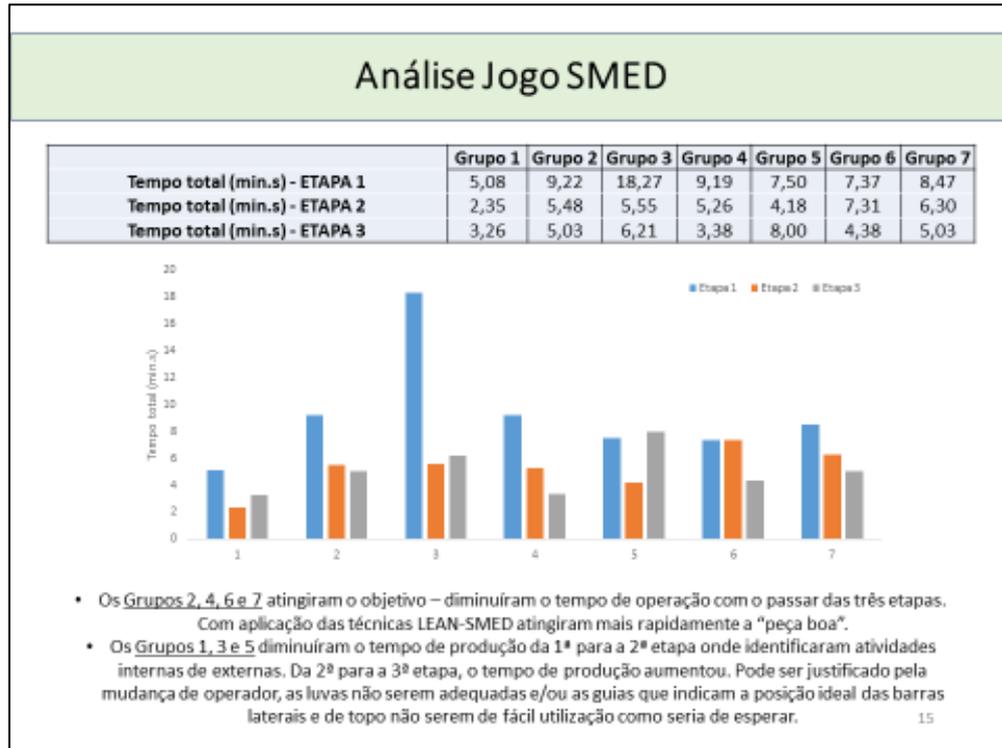
Atividades Internas	Atividades Externas
São todas as operações que apenas podem ser desempenhadas quando a máquina está parada.	São todas as operações que podem ser desempenhadas quando a máquina está em funcionamento.



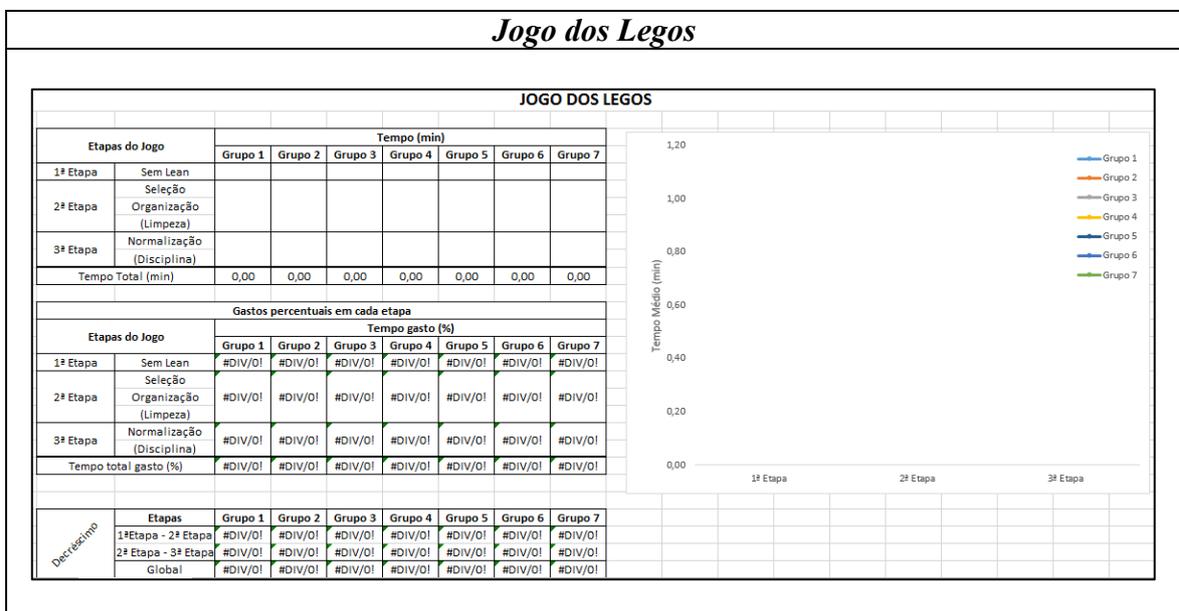
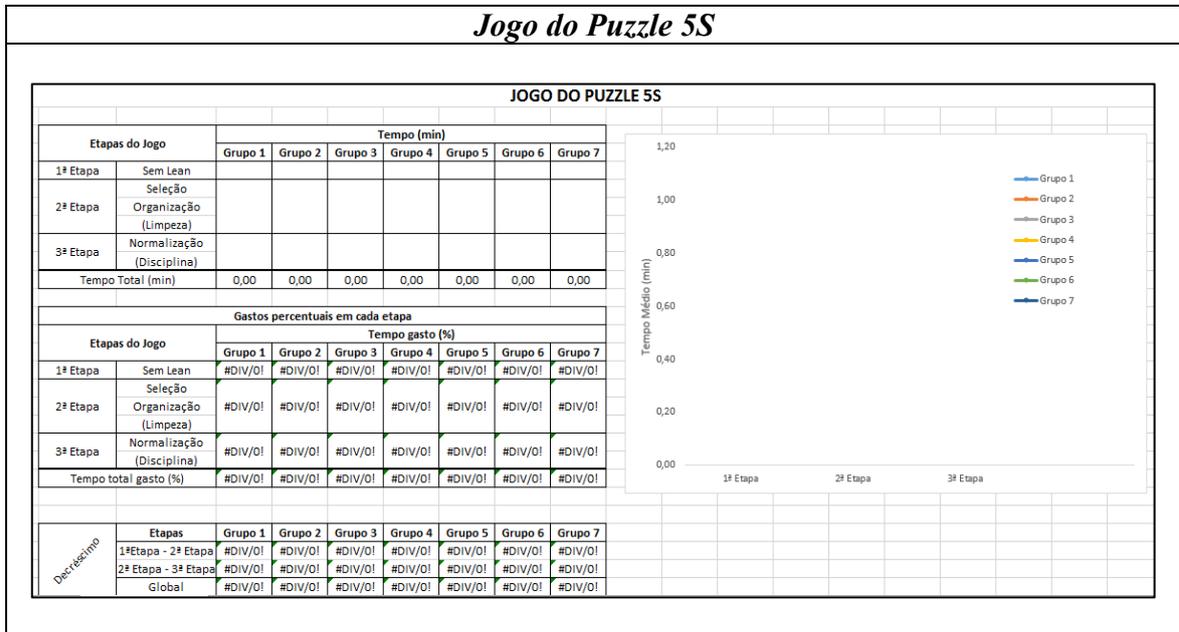
The image shows two tables in a room. The table on the left has a wooden top and metal legs, with various tools and equipment on it, including a blue cable and a small device. The table on the right is similar but has a green folder or document on it, along with other tools and equipment. The room has a tiled floor and a white wall.

12

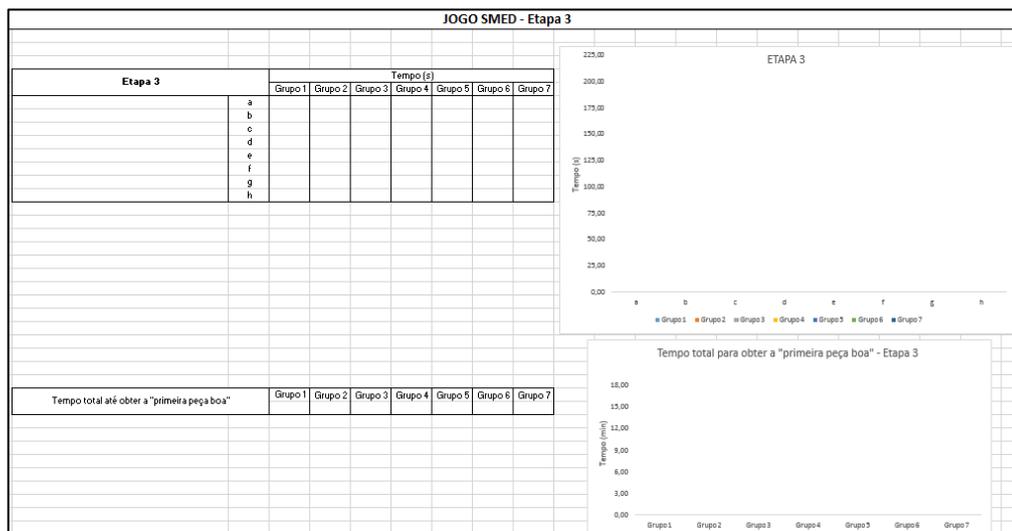
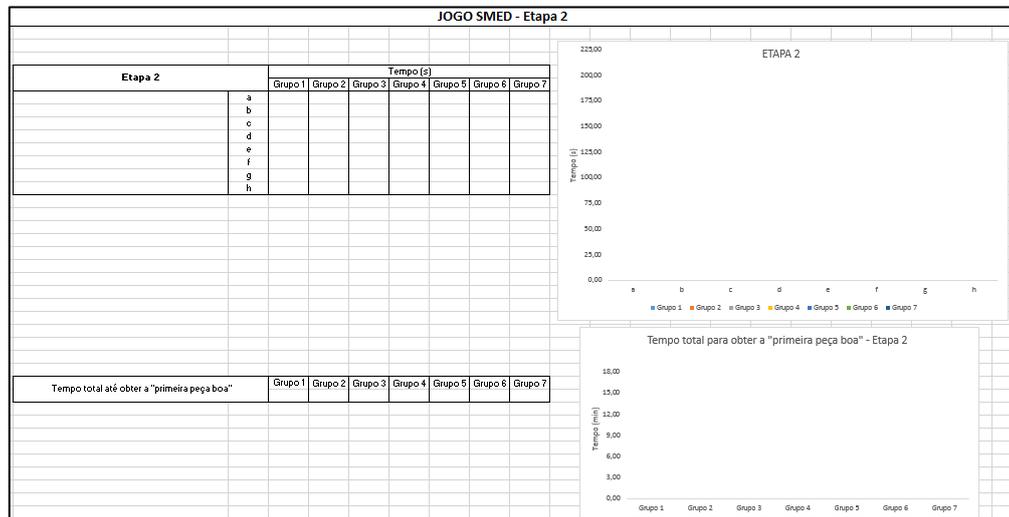
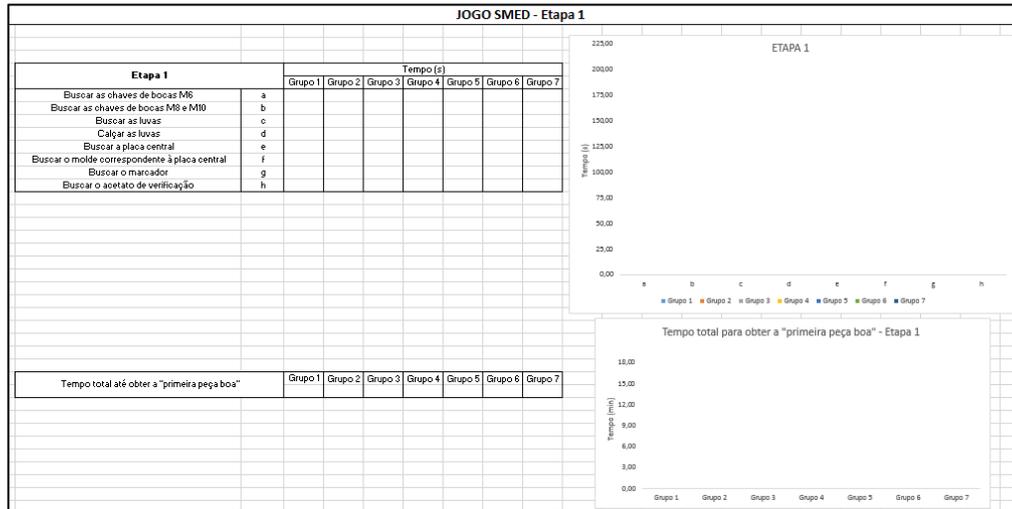


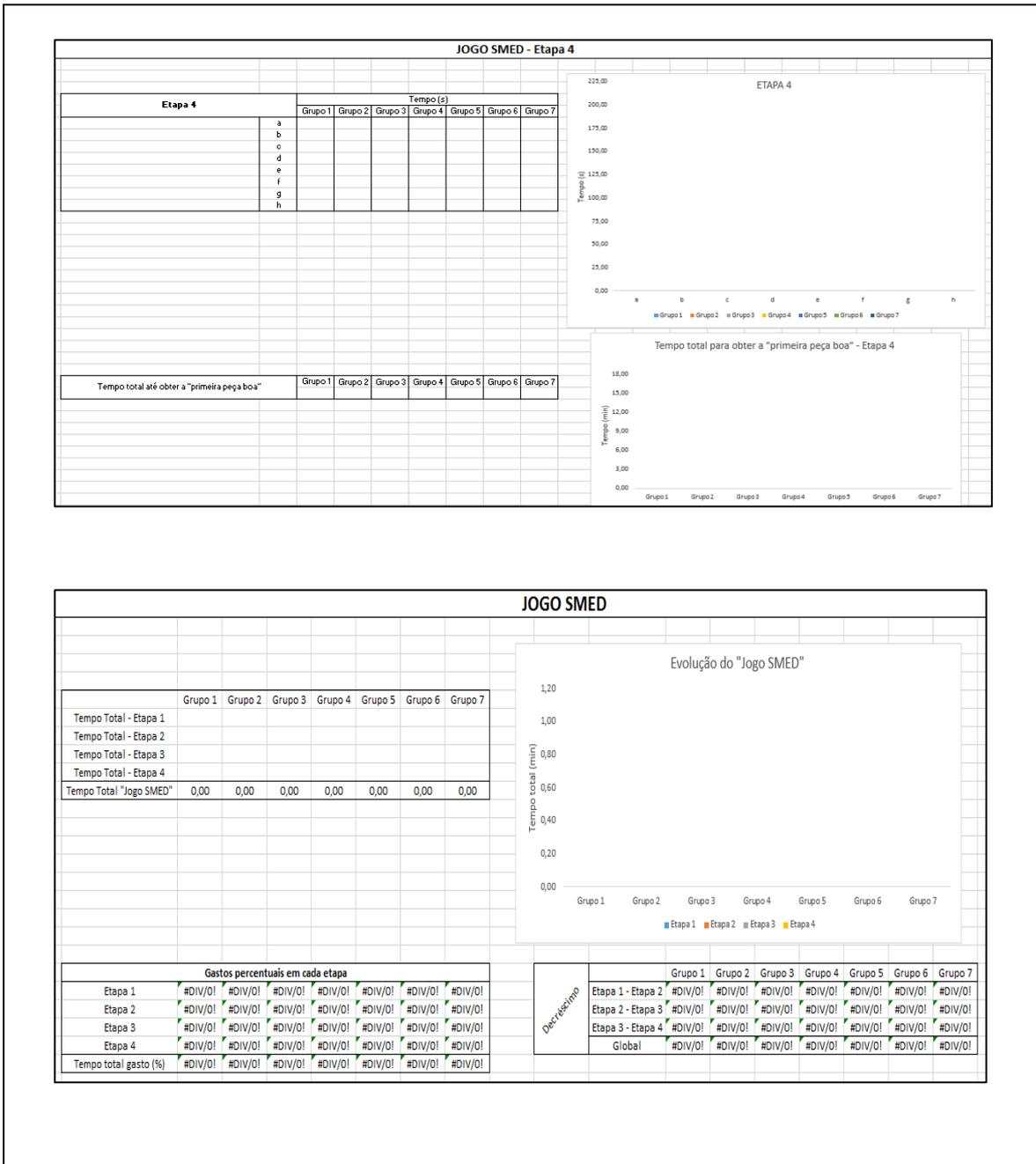


## ANEXO Y – FICHEIROS EXCEL DESENVOLVIDOS

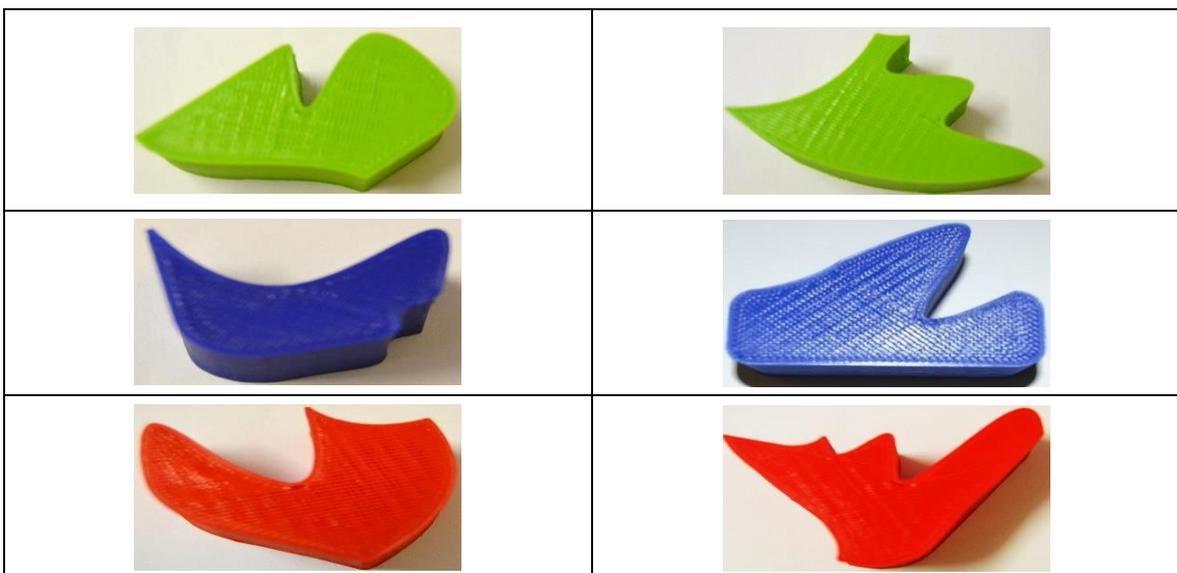
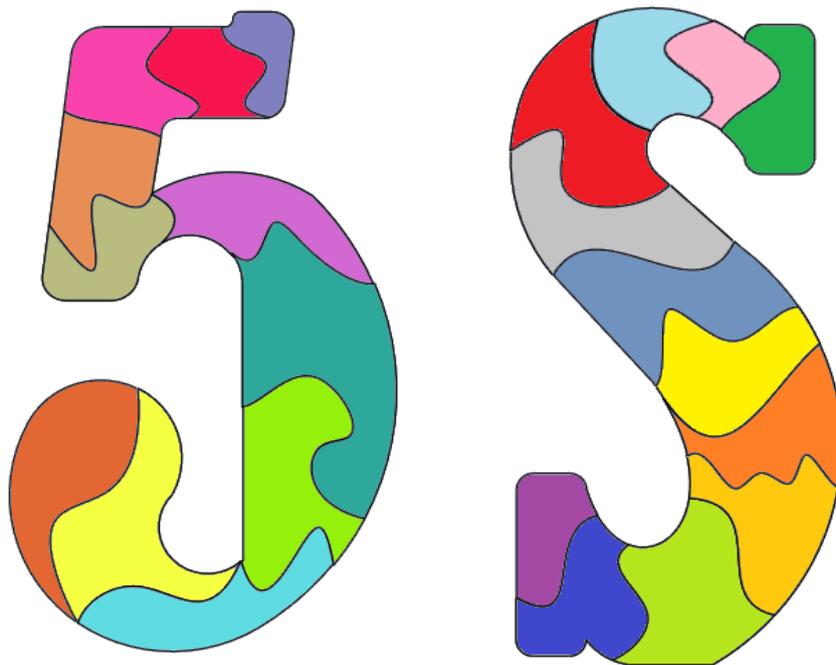


### Jogo SMED

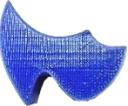




## ANEXO Z – IMAGEM 5S FORNECIDA NO “JOGO DO PUZZLE 5S” E PEÇAS DESNECESSÁRIAS AO JOGO



## ANEXO A1 – MATERIAL FORNECIDO PARA A CONSTRUÇÃO DO LADO 5 E S DO PUZZLE

	Imagem	Descrição	Imagem	Descrição
<b>5</b>		Peça nº 1		Peça nº 7
		Peça nº 2		Peça nº 8
		Peça nº 3		Peça nº 9
		Peça nº 4		Peça nº 10
		Peça nº 5		Peça nº 11
		Peça nº 6		
<b>S</b>		Peça nº 1		Peça nº 7
		Peça nº 2		Peça nº 8
		Peça nº 3		Peça nº 9
		Peça nº 4		Peça nº 10
		Peça nº 5		Peça nº 11
		Peça nº 6		Peça nº 12

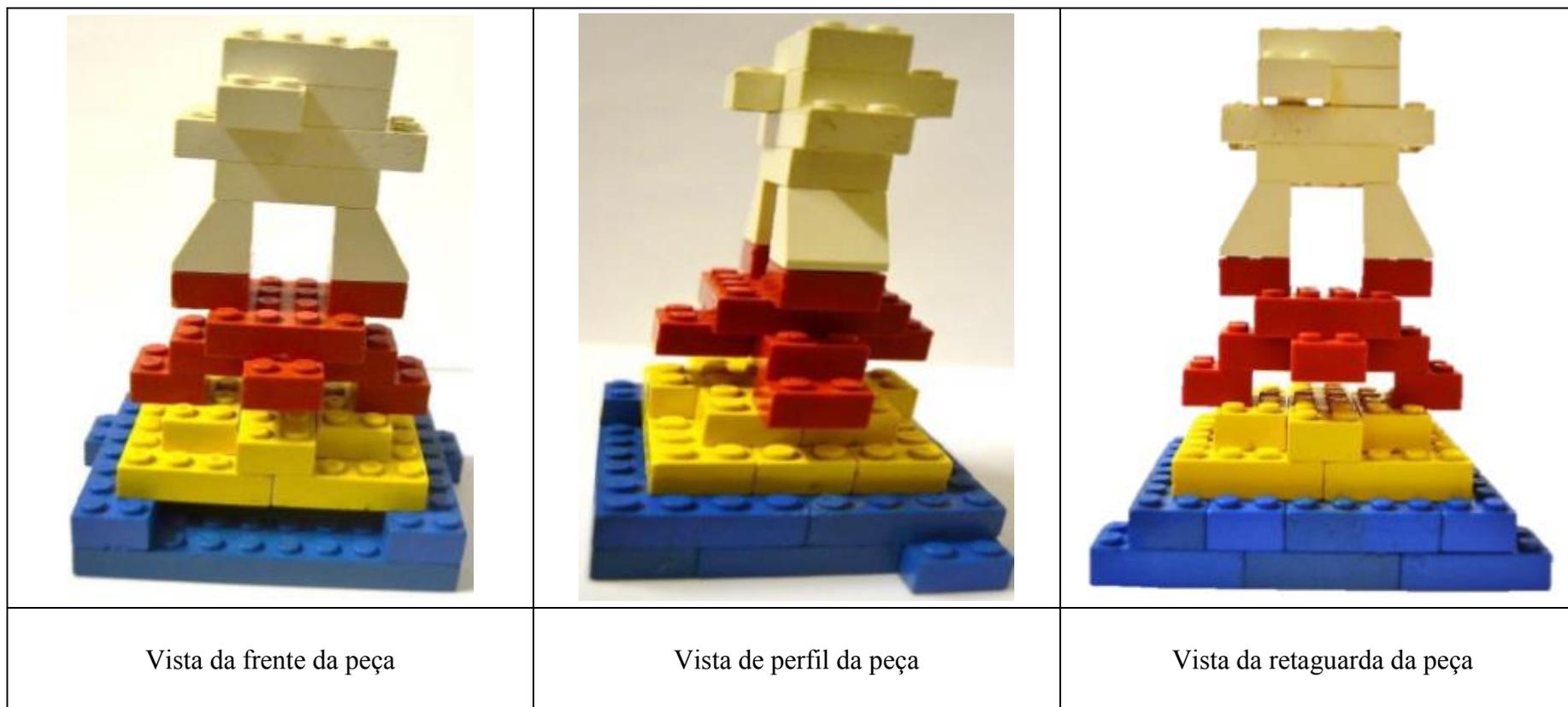
## ANEXO B1 – FICHAS DE PROCESSO PARA O “JOGO DO PUZZLE 5S” E “JOGO DOS LEGOS”

<b>Ficha de processo N.º1: Registos dos tempos recolhidos das diversas fases de implementação da ferramenta 5S</b>	
	<b>Tempo</b>
<b>1ª Etapa (Sem implementação do conceito 5S)</b>	
<b>2ª Etapa (Seleção)</b>	
<b>3ª Etapa (Seleção + Organização)</b>	
<b>4ª Etapa (Seleção + Organização + Limpeza)</b>	
<b>5ª Etapa (Seleção + Organização + Limpeza + Normalização)</b>	
<b>6ª Etapa (Seleção + Organização + Limpeza + Normalização + Disciplina)</b>	

## ANEXO C1 – PERCENTAGENS DE TEMPO DESPENDIDAS NO “JOGO DO PUZZLE 5S”

Etapas do Jogo		Tempo (min)						
		Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Grupo 5	Grupo 6	Grupo 7
1ª Etapa	Sem Lean	73,52 %	65,11 %	43,70 %	53,60 %	Não fez	51,00 %	39,98 %
2ª Etapa	Seleção	17,20 %	25,24 %	39,71 %	28,65 %		33,40 %	36,49 %
	Organização							
	(Limpeza)							
3ª Etapa	Normalização	9,28 %	9,64 %	16,59 %	17,75 %		15,61 %	23,53 %
	(Disciplina)							
Tempo total (min)		100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	

		Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Grupo 5	Grupo 6	Grupo 7
Decréscimo	1ª Etapa - 2ª Etapa	76,61 %	61,23 %	9,13%	46,54 %	Não fez	34,52 %	8,74%
	2ª Etapa - 3ª Etapa	46,02 %	61,80 %	58,21 %	38,04 %		53,27 %	35,50 %
	Global	87,38 %	85,19 %	62,03 %	66,88 %		69,40 %	41,14 %

**ANEXO D1 – IMAGEM FINAL PARA A CONSTRUÇÃO DO “JOGO DOS LEGOS”**

## ANEXO E1 – INSTRUÇÕES PARA A ETAPA “ORGANIZAÇÃO” DO “JOGO DOS LEGOS”

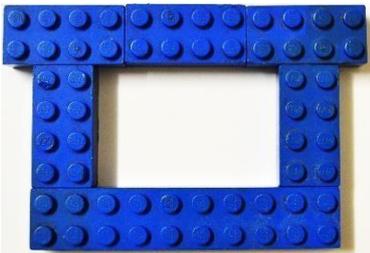
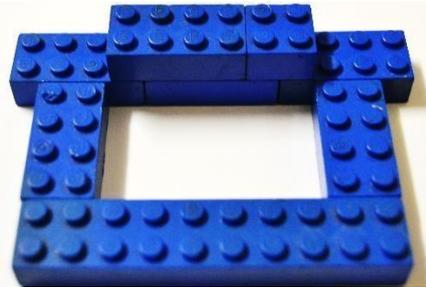
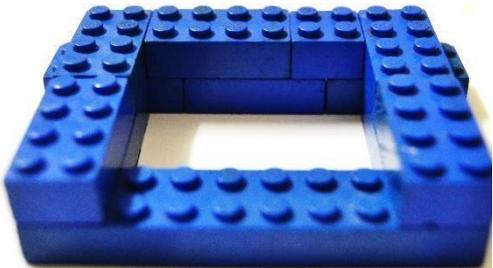
<b>Material utilizado na construção da parte azul da peça</b>	
<b>Imagem</b>	<b>Descrição</b>
	10 Legos com dimensão 2 x 4
	1 Lego com dimensão 2 x 2
	1 Lego com dimensão 2 x 10

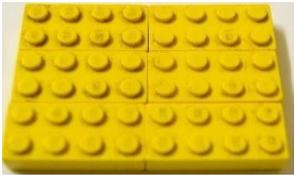
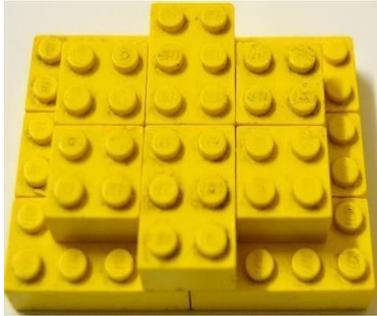
<b>Material utilizado na construção da parte amarela da peça</b>	
<b>Imagem</b>	<b>Descrição</b>
	6 Legos com dimensão 2 x 4
	2 Legos com dimensão 2 x 3
	4 Legos com dimensão 2 x 2

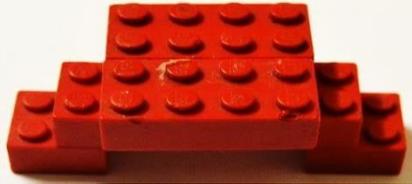
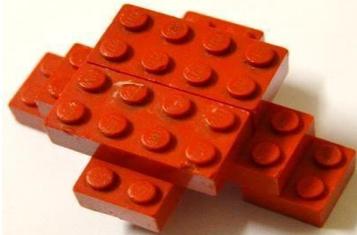
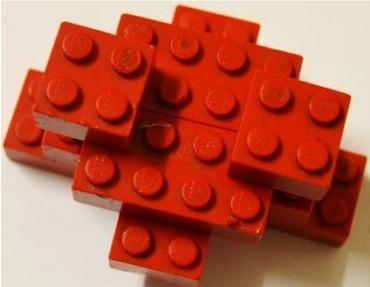
<b>Material utilizado na construção da parte vermelha da peça</b>	
<b>Imagem</b>	<b>Descrição</b>
	2 Legos com dimensão 2 x 4
	2 Legos com dimensão 2 x 3
	6 Legos com dimensão 2 x 2

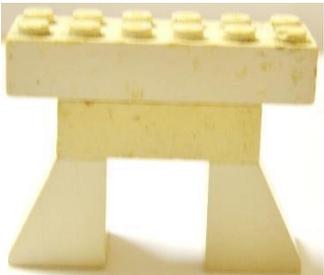
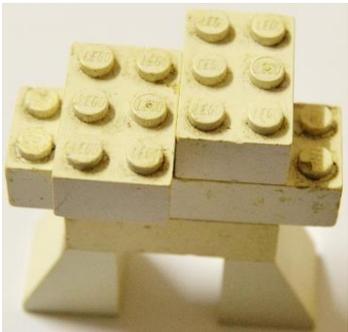
<b>Material utilizado na construção da parte branca da peça</b>	
<b>Imagem</b>	<b>Descrição</b>
	2 Legos com dimensão 2 x 4
	2 Legos com dimensão 2 x 3
	2 Legos com dimensão 2 x 1
	1 Legos com dimensão 2 x 6

## ANEXO F1 – INSTRUÇÕES PARA A ETAPA “NORMALIZAÇÃO” DO “JOGO DOS LEGOS”

<i>Standard da construção da parte azul da peça</i>		
Nº	Imagem dos legos	Descrição
1		<p>Inicia-se por colocar três legos com a dimensão de 2 x 4 na parte superior; Seguidamente colocam-se dois legos com dimensões de 2 x 4 verticalmente e um lego de 2 x 10 na parte inferior tal como está demonstrado na figura ao lado.</p>
2		<p>Na junção da primeira e da segunda peça da parte superior da base elaborada no passo anterior, colocar um lego com dimensão 2 x 4 sendo que o seu início será o mais perto possível da junção referida;</p> <p>Centrada na junção da segunda peça e da terceira da parte superior da base estará uma lego com dimensão 2 x 2.</p>
3		<p>Colocar dois legos com dimensões de 2 x 4 nas junções dos legos verticais que existem na base da peça, tanto no lado direito como do esquerdo.</p>

<b>Standard da construção da parte amarela da peça</b>		
<b>Nº</b>	<b>Imagem dos legos</b>	<b>Descrição</b>
1		Construir duas colunas com três linhas de legos com dimensões 2 x 4.
2		Na junção da primeira e da segunda coluna colocar dois legos com dimensões de 2 x 3; Tanto do lado esquerdo como no direito dos legos colocados no centro, colocar dois legos com dimensões de 2 x 2 de modo a ficarem centrados na peça.

<b>Standard da construção da parte vermelha da peça</b>		
<b>Nº</b>	<b>Imagem dos legos</b>	<b>Descrição</b>
1		Colocar dois legos com dimensões de 2 x 2 na base; Nestes dois encaixar mais dois legos idênticos aos anteriores.
2		Para unir as duas partes construídas no ponto anterior, colocar dois legos com dimensões de 2 x 4.
3		Colocar dois legos com dimensões 2 x 3 na parte de baixo dos legos colocados anteriormente e perpendicularmente a estes.
4		Colocar dois legos com dimensões de 2 x 2 nas extremidades dos legos que estão no poço da peça construída tal como está na figura do lado.

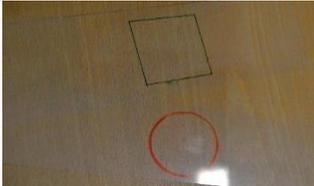
<b>Standard da construção da parte branca da peça</b>		
<b>Nº</b>	<b>Imagem dos legos</b>	<b>Descrição</b>
1		Colocar, paralelamente, dois legos com dimensões de 2 x 1.
2		Para unir os dois legos construídos no ponto anterior, colocar um lego com dimensão de 2 x 4; Seguidamente colocar um lego com dimensão de 2 x 6 em cima do anterior.
3		Colocar dois legos com dimensões de 2 x 3 perpendicularmente ao último lego colocados de modo a que o lego da esquerda fique apoiado em 4 casas e as duas sem apoio fiquem voltadas para a parte frontal da peça e o lego da esquerda fique de maneira oposta.
4		Colocar um lego com dimensão de 2 x 4 no topo da peça contruída de maneira horizontal.

## ANEXO G1 - PERCENTAGENS DE TEMPO DESPENDIDAS NO “JOGO DOS LEGOS”

Etapas do Jogo		Tempo (min)						
		Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Grupo 5	Grupo 6	Grupo 7
1ª Etapa	Sem Lean	60,66 %	49,71 %	Não fez	42,19 %	29,00 %	57,69 %	51,12 %
2ª Etapa	Seleção	11,30 %	31,55 %		38,00 %	32,84 %	24,98 %	25,94 %
	Organização							
	(Limpeza)							
3ª Etapa	Normalização	28,03 %	18,74 %		19,81 %	38,16 %	17,33 %	22,94 %
	(Disciplina)							
Tempo total (min)		100,00 %	100,00 %		100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %

		Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Grupo 5	Grupo 6	Grupo 7
Decréscimo	1ª Etapa - 2ª Etapa	81,37 %	36,55 %	Não fez	9,94 %	-13,21 %	56,69 %	49,26 %
	2ª Etapa - 3ª Etapa	- 148,00 %	40,59 %		47,86 %	-16,21 %	30,64 %	11,59 %
	Global	53,79 %	62,30 %		53,04 %	-31,56 %	69,96 %	55,14 %

## ANEXO H1 – MATERIAIS UTILIZADOS NO “JOGO SMED”

Placa Base 	Placa Central nº 1 	Placa Central nº 2 
Placas laterais 	Placa de topo 	Porcas M6, M8 e M10 
Porcas de orelhas M6, M8 e M10 	Cronómetro 	8 Fitas de cartolina azul e verde 
Sistema de aquecimento 	Marcadores 	Luvas 
Chaves de bocas M6, M8 e M10 	Acetatos de verificação 	Bandas de controlo (lateral e topo) 

## ANEXO I1 – FOLHAS DE REGISTOS PARA AS 4 ETAPAS do “Jogo SMED”

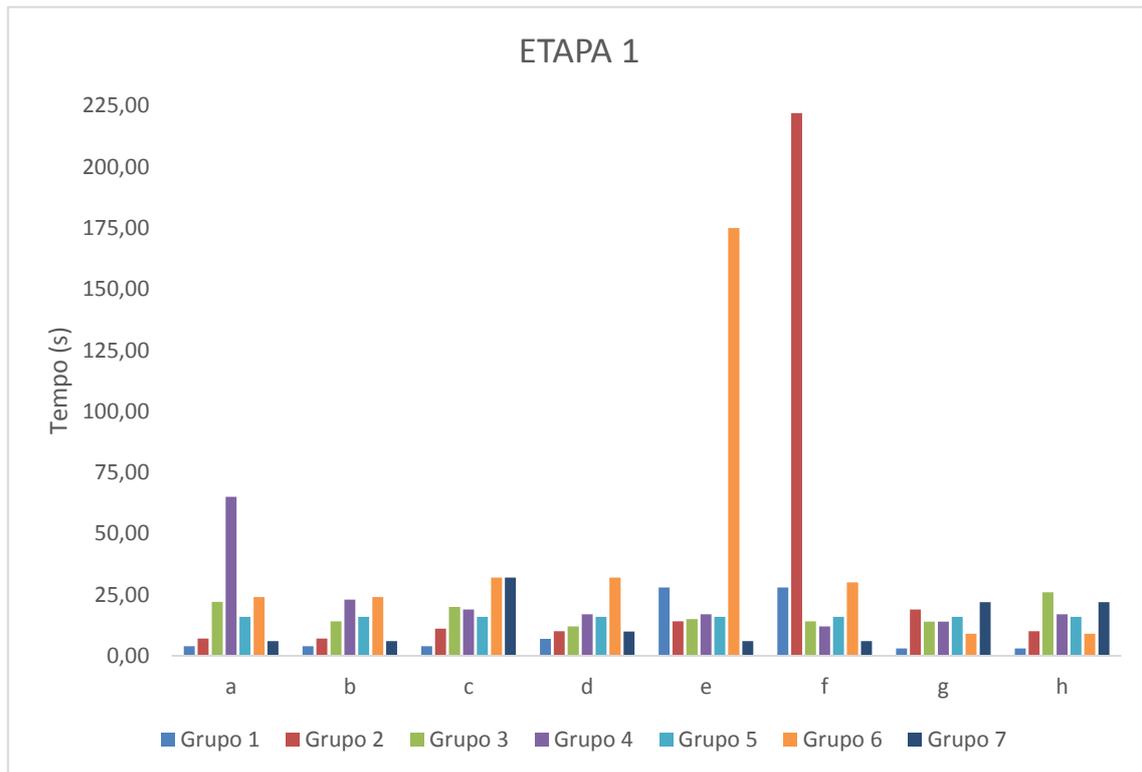
<b>Ficha de Processo – Jogo SMED</b> <u>1ª Etapa:</u> Mesa de trabalho e material desorganizado noutra mesa		
<b>Nº</b>	<b>Operação</b>	<b>Tempo</b>
	Buscar as chaves de bocas M6	
	Buscar as chaves de bocas M8 e M10	
	Buscar as luvas	
	Calçar as luvas	
	Buscar a placa central	
	Buscar o molde correspondente à placa central	
	Buscar o marcador	
	Buscar o acetato de verificação	

<b>Ficha de Processo – Jogo SMED</b>		
<p><u>2ª Etapa:</u> Separar as atividades internas das externas</p> <p>Ver quais atividades podem ser desempenhadas quando a máquina está parada (atividades internas) e quais podem decorrer com a máquina em funcionamento (atividades externas).</p>		
Nº	Operação	Tempo

<b>Ficha de Processo – Jogo SMED</b>		
<p><u>3ª Etapa:</u> Transformar as atividades internas em externas</p> <p>Ver quais atividades internas podem ser convertidas em externas de forma a diminuir o tempo de <i>setup</i> da máquina.</p>		
Nº	Operação	Tempo

<b>Ficha de Processo – Jogo SMED</b>		
<p><u>4ª Etapa:</u> Simplificar, otimizar e racionalizar todas as atividades internas e externas</p>		
Nº	Operação	Tempo

## ANEXO J1 – OPERAÇÕES REALIZADAS NA 1ª ETAPA DO “JOGO SMED”



a	Buscar as chaves de bocas M6	e	Buscar a placa central
b	Buscar as chaves de bocas M8 e M10	f	Buscar o molde correspondente à placa central
c	Buscar as luvas	g	Buscar o marcador
d	Calçar as luvas	h	Buscar o acetato de verificação

## ANEXO K1 – PERCENTAGENS DE TEMPO DESPENDIDAS NO “JOGO SMED”

Etapas do Jogo	Tempo (min)						
	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Grupo 5	Grupo 6	Grupo 7
<b>Etapa 1</b>	47,52 %	46,73 %	60,84 %	51,54 %	38,11 %	38,67 %	42,78 %
<b>Etapa 2</b>	21,98 %	27,77 %	18,48 %	29,50 %	21,24 %	38,35 %	31,82 %
<b>Etapa 4</b>	30,50 %	25,49 %	20,68 %	18,96 %	40,65 %	22,98 %	25,40 %
<b>Tempo total (min)</b>	<b>100,00 %</b>						

		Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Grupo 5	Grupo 6	Grupo 7
<b>Decréscimo</b>	<b>Etapa 1 - Etapa 2</b>	53,74 %	40,56 %	69,62 %	42,76 %	44,27 %	0,81 %	25,62 %
	<b>Etapa 2 - Etapa 4</b>	-38,72 %	8,21 %	-11,89 %	35,74 %	-91,39 %	40,08 %	20,16 %
	<b>Global</b>	35,83 %	45,44 %	66,01 %	63,22 %	-6,67 %	40,57 %	40,61 %

## ANEXO L1 – QUESTIONÁRIOS



### QUESTIONÁRIO – “*Jogo Puzzle 5S*”

O presente questionário destina-se à análise de jogos relacionados a conceitos de *LEAN Thinking*, neste caso o conceito 5S aplicado neste jogo didático. Servirá, posteriormente, para tratamento de resultados e análise/desenvolvimento de uma dissertação para obtenção do grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial.

Desde já, obrigado por dedicar parte do seu tempo a responder a este questionário. O seu *feedback* é importante para que se possa melhorar o ensino bem como a aprendizagem de técnicas cada vez mais importantes e relevantes em ambientes industriais.

João Castro

1. Grau de dificuldade do jogo desenvolvido.

Baixa Dificuldade       Média Dificuldade       Alta Dificuldade

Para as seguintes questões, as possibilidades de resposta podem ser assinaladas numa escala de 1 (mínimo) a 5 (máximo) onde:

1 – Discordo Completamente;

2 – Discordo;

3 – Indiferente;

4 – Concordo;

5 – Concordo plenamente.

2. O jogo é intuitivo – Ao ser explicado o jogo, rapidamente se percebe o que é necessário fazer.

1                       2                       3                       4                       5

3. O cenário/peças é realista – Está de acordo com o que é apresentado nos suportes físicos.

1                       2                       3                       4                       5

4. O jogo permitiu compreender melhor o método 5S.

1                       2                       3                       4                       5

5. O jogo motiva à aprendizagem.

1                       2                       3                       4                       5

6. O jogo motiva à relação interpessoal.

1                       2                       3                       4                       5

7. A informação fornecida aos alunos através suporte físico tem qualidade.

1                       2                       3                       4                       5

8. Este jogo deve ser melhorado.

1                       2                       3                       4                       5

9. Este tipo de ferramenta é uma vantagem para a aprendizagem deste conceito.

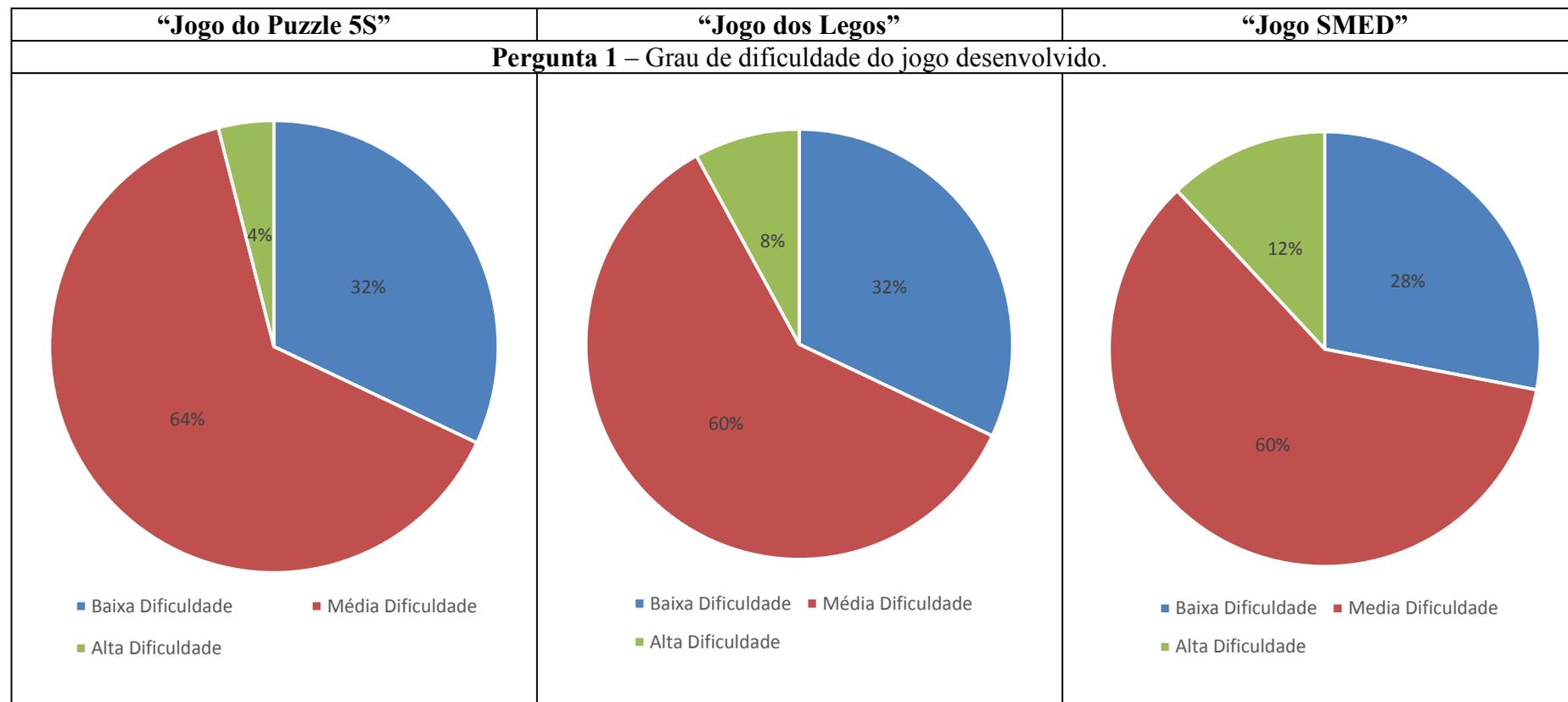
1                       2                       3                       4                       5

10. Este jogo é muito complexo.

1                       2                       3                       4                       5

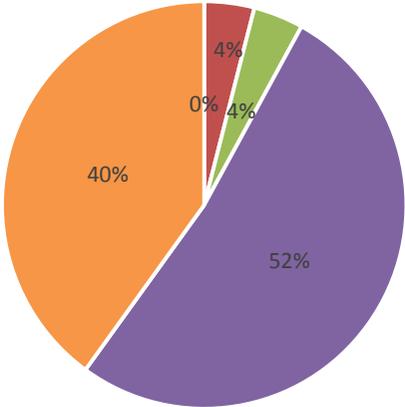
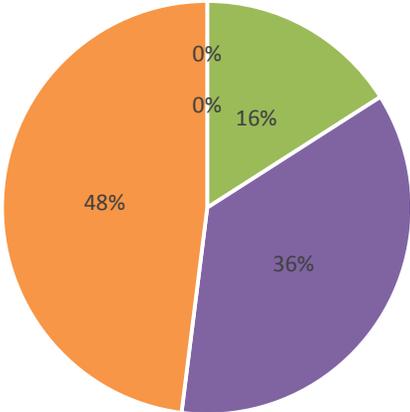
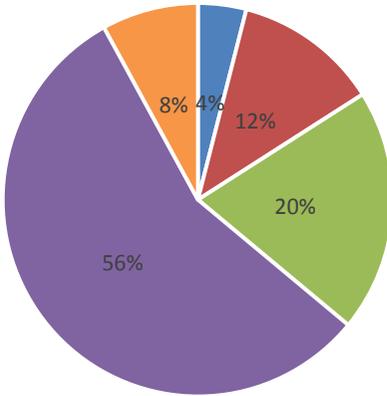
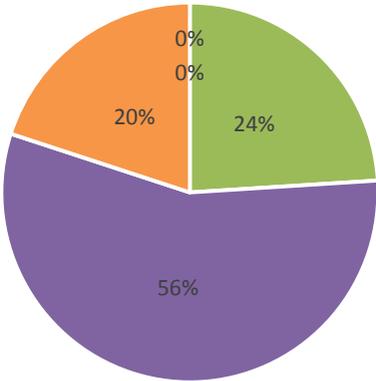
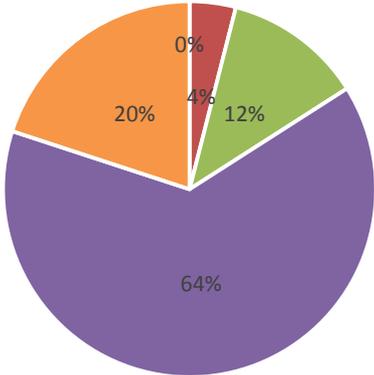
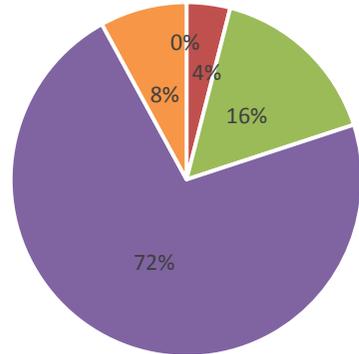
11. Alguma sugestão que possa ser útil para o desenvolvimento deste jogo.

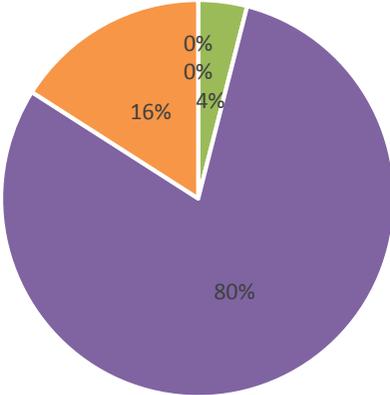
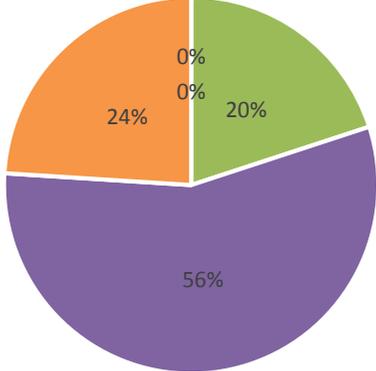
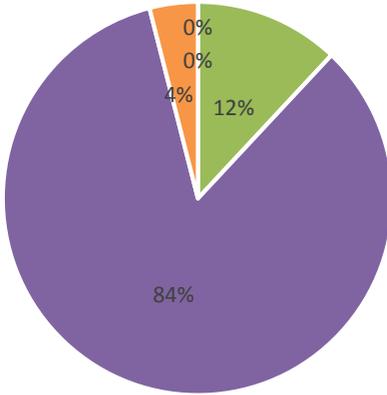
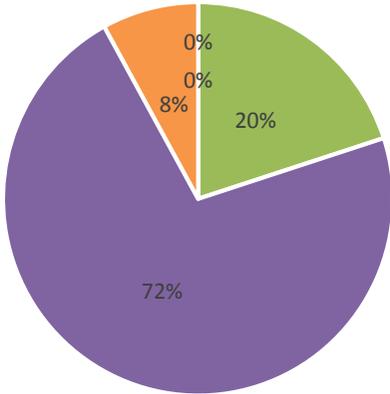
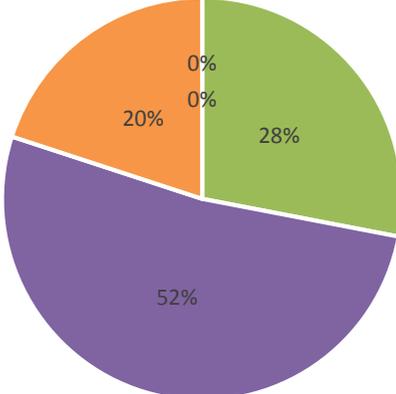
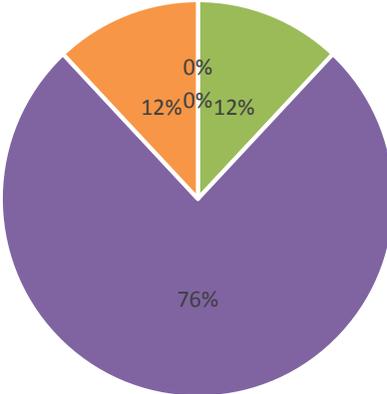
## ANEXO M1 – RESULTADOS DOS QUESTIONÁRIOS

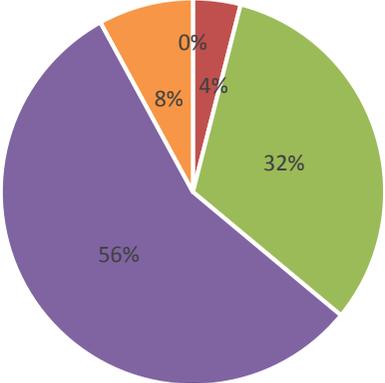
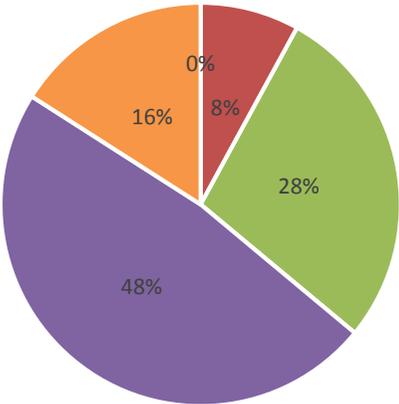
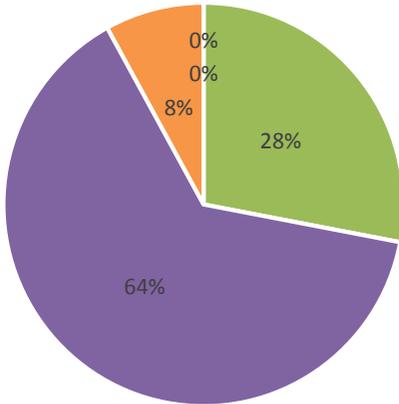
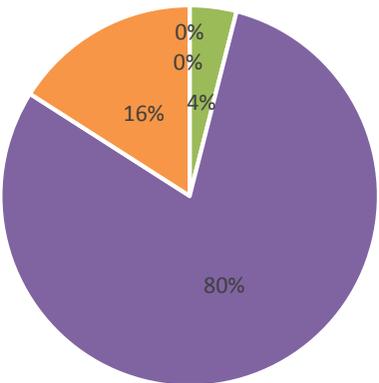
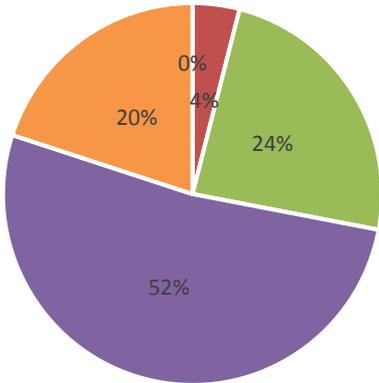
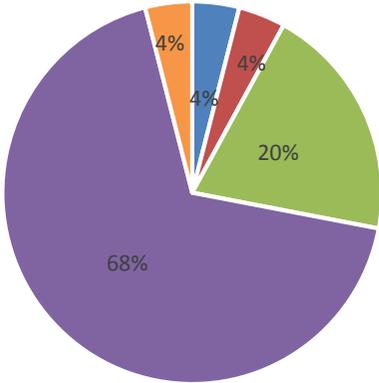


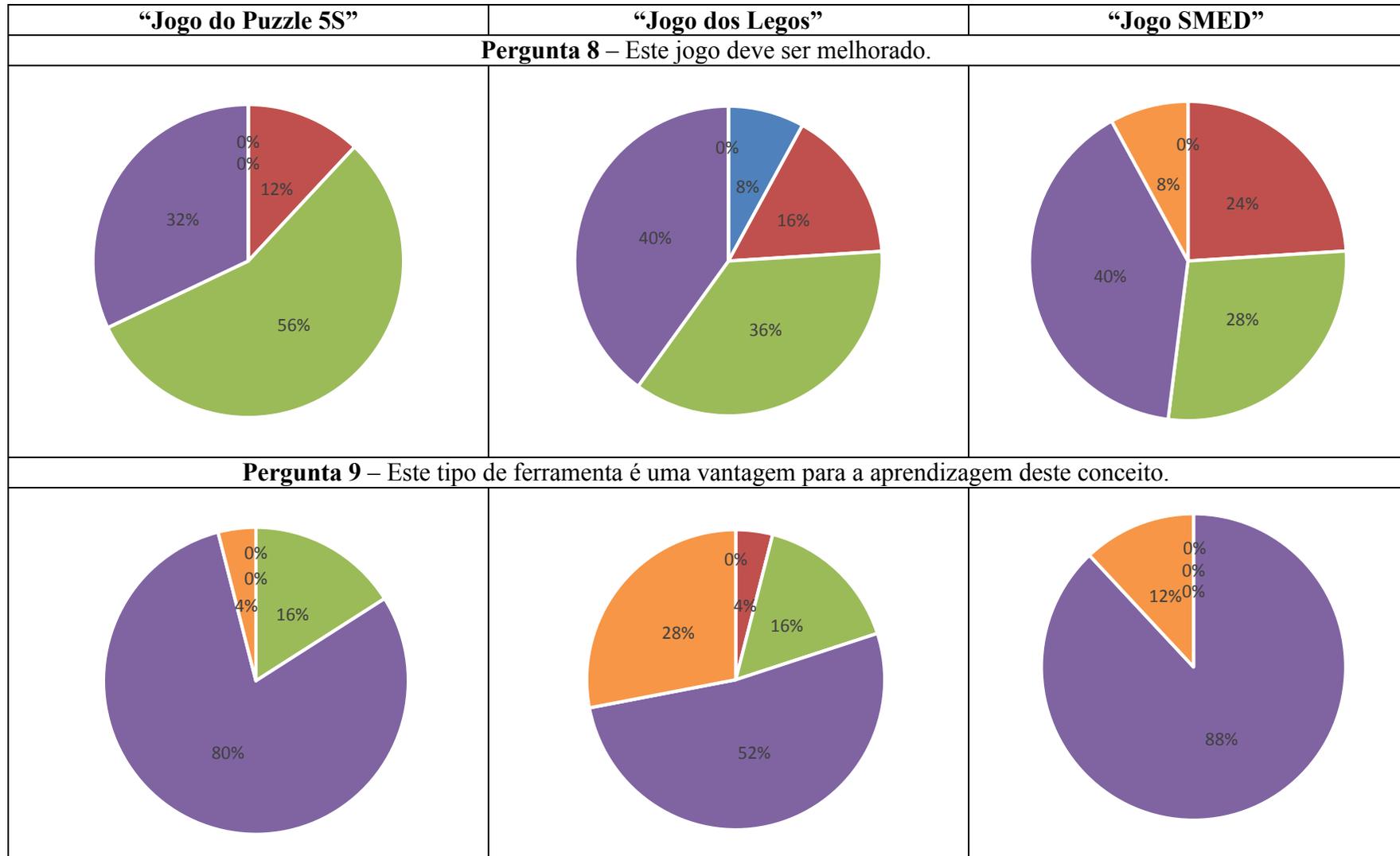
As seguintes questões foram respondidas numa escala de 1 a 5 onde:

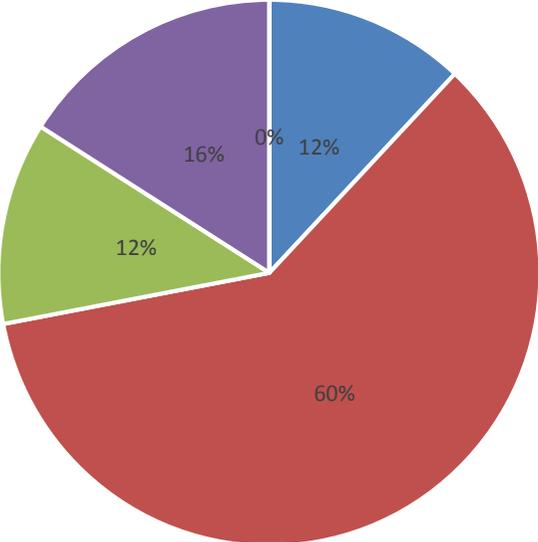
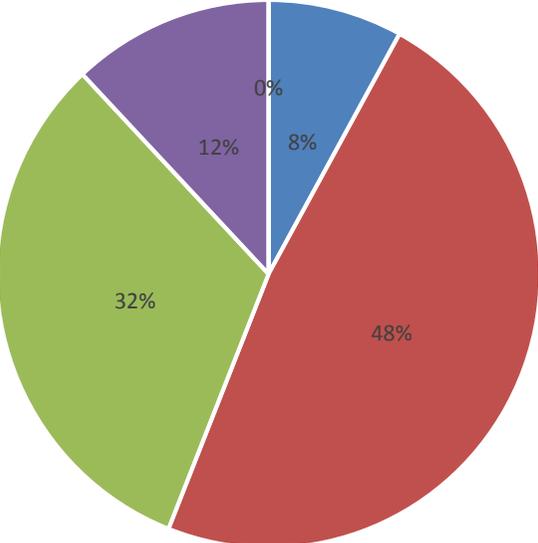
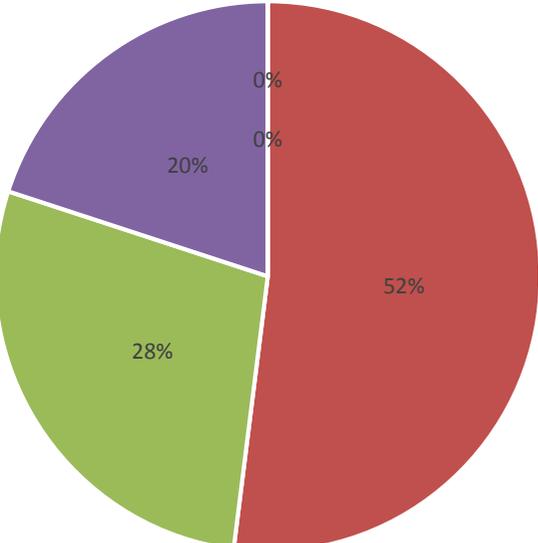
1. Discordo completamente (cor azul);
2. Discordo (cor vermelho);
3. Indiferentes (cor verde);
4. Concordo (cor roxa);
5. Concordo plenamente (cor laranja).

“Jogo do Puzzle 5S”	“Jogo dos Legos”	“Jogo SMED”																																				
<b>Pergunta 2 – O jogo é intuitivo – Ao ser explicado o jogo, rapidamente se percebe o que é necessário fazer.</b>																																						
 <table border="1"> <caption>Data for 'Jogo do Puzzle 5S' - Pergunta 2</caption> <tr><th>Color</th><th>Percentage</th></tr> <tr><td>Purple</td><td>52%</td></tr> <tr><td>Orange</td><td>40%</td></tr> <tr><td>Red</td><td>4%</td></tr> <tr><td>Green</td><td>4%</td></tr> <tr><td>Blue</td><td>0%</td></tr> </table>	Color	Percentage	Purple	52%	Orange	40%	Red	4%	Green	4%	Blue	0%	 <table border="1"> <caption>Data for 'Jogo dos Legos' - Pergunta 2</caption> <tr><th>Color</th><th>Percentage</th></tr> <tr><td>Orange</td><td>48%</td></tr> <tr><td>Purple</td><td>36%</td></tr> <tr><td>Green</td><td>16%</td></tr> <tr><td>Red</td><td>0%</td></tr> <tr><td>Blue</td><td>0%</td></tr> </table>	Color	Percentage	Orange	48%	Purple	36%	Green	16%	Red	0%	Blue	0%	 <table border="1"> <caption>Data for 'Jogo SMED' - Pergunta 2</caption> <tr><th>Color</th><th>Percentage</th></tr> <tr><td>Purple</td><td>56%</td></tr> <tr><td>Green</td><td>20%</td></tr> <tr><td>Red</td><td>12%</td></tr> <tr><td>Orange</td><td>8%</td></tr> <tr><td>Blue</td><td>4%</td></tr> </table>	Color	Percentage	Purple	56%	Green	20%	Red	12%	Orange	8%	Blue	4%
Color	Percentage																																					
Purple	52%																																					
Orange	40%																																					
Red	4%																																					
Green	4%																																					
Blue	0%																																					
Color	Percentage																																					
Orange	48%																																					
Purple	36%																																					
Green	16%																																					
Red	0%																																					
Blue	0%																																					
Color	Percentage																																					
Purple	56%																																					
Green	20%																																					
Red	12%																																					
Orange	8%																																					
Blue	4%																																					
<b>Pergunta 3 – O cenário/peças são realistas – Está de acordo com o que é apresentado nos suportes físicos.</b>																																						
 <table border="1"> <caption>Data for 'Jogo do Puzzle 5S' - Pergunta 3</caption> <tr><th>Color</th><th>Percentage</th></tr> <tr><td>Purple</td><td>56%</td></tr> <tr><td>Green</td><td>24%</td></tr> <tr><td>Orange</td><td>20%</td></tr> <tr><td>Red</td><td>0%</td></tr> <tr><td>Blue</td><td>0%</td></tr> </table>	Color	Percentage	Purple	56%	Green	24%	Orange	20%	Red	0%	Blue	0%	 <table border="1"> <caption>Data for 'Jogo dos Legos' - Pergunta 3</caption> <tr><th>Color</th><th>Percentage</th></tr> <tr><td>Purple</td><td>64%</td></tr> <tr><td>Orange</td><td>20%</td></tr> <tr><td>Green</td><td>12%</td></tr> <tr><td>Red</td><td>4%</td></tr> <tr><td>Blue</td><td>0%</td></tr> </table>	Color	Percentage	Purple	64%	Orange	20%	Green	12%	Red	4%	Blue	0%	 <table border="1"> <caption>Data for 'Jogo SMED' - Pergunta 3</caption> <tr><th>Color</th><th>Percentage</th></tr> <tr><td>Purple</td><td>72%</td></tr> <tr><td>Green</td><td>16%</td></tr> <tr><td>Orange</td><td>8%</td></tr> <tr><td>Red</td><td>4%</td></tr> <tr><td>Blue</td><td>0%</td></tr> </table>	Color	Percentage	Purple	72%	Green	16%	Orange	8%	Red	4%	Blue	0%
Color	Percentage																																					
Purple	56%																																					
Green	24%																																					
Orange	20%																																					
Red	0%																																					
Blue	0%																																					
Color	Percentage																																					
Purple	64%																																					
Orange	20%																																					
Green	12%																																					
Red	4%																																					
Blue	0%																																					
Color	Percentage																																					
Purple	72%																																					
Green	16%																																					
Orange	8%																																					
Red	4%																																					
Blue	0%																																					

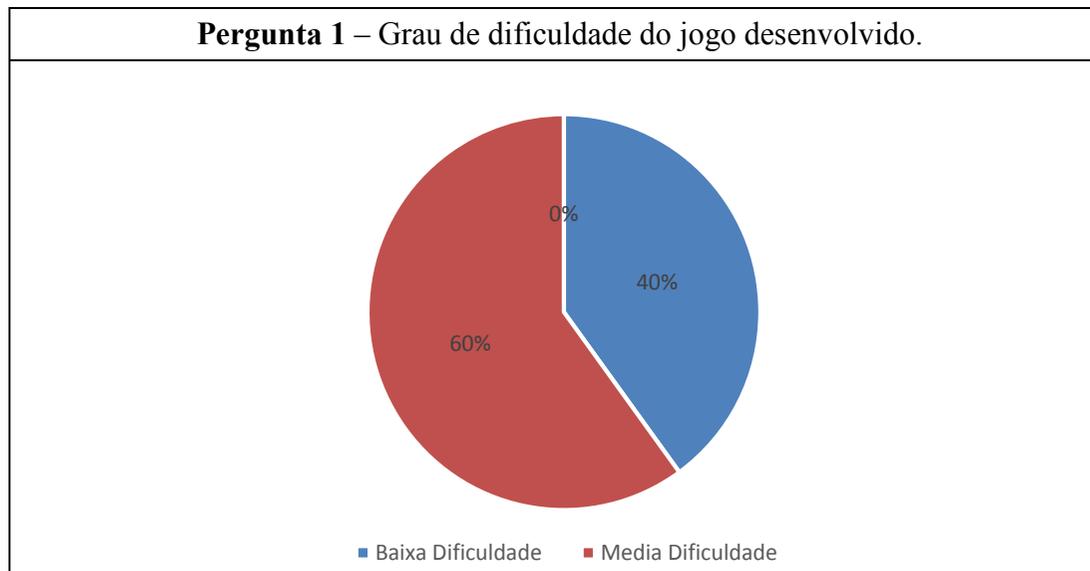
“Jogo do Puzzle 5S”	“Jogo dos Legos”	“Jogo SMED”																														
<b>Pergunta 4 – O jogo permitiu compreender melhor o método 5S/SMED.</b>																																
 <table border="1"><caption>Data for 'Jogo do Puzzle 5S' - Pergunta 4</caption><thead><tr><th>Color</th><th>Percentage</th></tr></thead><tbody><tr><td>Purple</td><td>80%</td></tr><tr><td>Orange</td><td>16%</td></tr><tr><td>Green</td><td>4%</td></tr><tr><td>White</td><td>0%</td></tr></tbody></table>	Color	Percentage	Purple	80%	Orange	16%	Green	4%	White	0%	 <table border="1"><caption>Data for 'Jogo dos Legos' - Pergunta 4</caption><thead><tr><th>Color</th><th>Percentage</th></tr></thead><tbody><tr><td>Purple</td><td>56%</td></tr><tr><td>Orange</td><td>24%</td></tr><tr><td>Green</td><td>20%</td></tr><tr><td>White</td><td>0%</td></tr></tbody></table>	Color	Percentage	Purple	56%	Orange	24%	Green	20%	White	0%	 <table border="1"><caption>Data for 'Jogo SMED' - Pergunta 4</caption><thead><tr><th>Color</th><th>Percentage</th></tr></thead><tbody><tr><td>Purple</td><td>84%</td></tr><tr><td>Green</td><td>12%</td></tr><tr><td>Orange</td><td>4%</td></tr><tr><td>White</td><td>0%</td></tr></tbody></table>	Color	Percentage	Purple	84%	Green	12%	Orange	4%	White	0%
Color	Percentage																															
Purple	80%																															
Orange	16%																															
Green	4%																															
White	0%																															
Color	Percentage																															
Purple	56%																															
Orange	24%																															
Green	20%																															
White	0%																															
Color	Percentage																															
Purple	84%																															
Green	12%																															
Orange	4%																															
White	0%																															
<b>Pergunta 5 – O jogo motiva à aprendizagem.</b>																																
 <table border="1"><caption>Data for 'Jogo do Puzzle 5S' - Pergunta 5</caption><thead><tr><th>Color</th><th>Percentage</th></tr></thead><tbody><tr><td>Purple</td><td>72%</td></tr><tr><td>Green</td><td>20%</td></tr><tr><td>Orange</td><td>8%</td></tr><tr><td>White</td><td>0%</td></tr></tbody></table>	Color	Percentage	Purple	72%	Green	20%	Orange	8%	White	0%	 <table border="1"><caption>Data for 'Jogo dos Legos' - Pergunta 5</caption><thead><tr><th>Color</th><th>Percentage</th></tr></thead><tbody><tr><td>Purple</td><td>52%</td></tr><tr><td>Green</td><td>28%</td></tr><tr><td>Orange</td><td>20%</td></tr><tr><td>White</td><td>0%</td></tr></tbody></table>	Color	Percentage	Purple	52%	Green	28%	Orange	20%	White	0%	 <table border="1"><caption>Data for 'Jogo SMED' - Pergunta 5</caption><thead><tr><th>Color</th><th>Percentage</th></tr></thead><tbody><tr><td>Purple</td><td>76%</td></tr><tr><td>Green</td><td>12%</td></tr><tr><td>Orange</td><td>12%</td></tr><tr><td>White</td><td>0%</td></tr></tbody></table>	Color	Percentage	Purple	76%	Green	12%	Orange	12%	White	0%
Color	Percentage																															
Purple	72%																															
Green	20%																															
Orange	8%																															
White	0%																															
Color	Percentage																															
Purple	52%																															
Green	28%																															
Orange	20%																															
White	0%																															
Color	Percentage																															
Purple	76%																															
Green	12%																															
Orange	12%																															
White	0%																															

"Jogo do Puzzle 5S"	"Jogo dos Legos"	"Jogo SMED"																																				
<b>Pergunta 6 – O jogo motiva à relação interpessoal.</b>																																						
 <table border="1"> <caption>Data for Pergunta 6 - Jogo do Puzzle 5S</caption> <tr><th>Color</th><th>Percentage</th></tr> <tr><td>Purple</td><td>56%</td></tr> <tr><td>Green</td><td>32%</td></tr> <tr><td>Orange</td><td>8%</td></tr> <tr><td>Red</td><td>4%</td></tr> <tr><td>Yellow</td><td>0%</td></tr> </table>	Color	Percentage	Purple	56%	Green	32%	Orange	8%	Red	4%	Yellow	0%	 <table border="1"> <caption>Data for Pergunta 6 - Jogo dos Legos</caption> <tr><th>Color</th><th>Percentage</th></tr> <tr><td>Purple</td><td>48%</td></tr> <tr><td>Green</td><td>28%</td></tr> <tr><td>Orange</td><td>16%</td></tr> <tr><td>Red</td><td>8%</td></tr> <tr><td>Yellow</td><td>0%</td></tr> </table>	Color	Percentage	Purple	48%	Green	28%	Orange	16%	Red	8%	Yellow	0%	 <table border="1"> <caption>Data for Pergunta 6 - Jogo SMED</caption> <tr><th>Color</th><th>Percentage</th></tr> <tr><td>Purple</td><td>64%</td></tr> <tr><td>Green</td><td>28%</td></tr> <tr><td>Orange</td><td>8%</td></tr> <tr><td>Red</td><td>0%</td></tr> <tr><td>Yellow</td><td>0%</td></tr> </table>	Color	Percentage	Purple	64%	Green	28%	Orange	8%	Red	0%	Yellow	0%
Color	Percentage																																					
Purple	56%																																					
Green	32%																																					
Orange	8%																																					
Red	4%																																					
Yellow	0%																																					
Color	Percentage																																					
Purple	48%																																					
Green	28%																																					
Orange	16%																																					
Red	8%																																					
Yellow	0%																																					
Color	Percentage																																					
Purple	64%																																					
Green	28%																																					
Orange	8%																																					
Red	0%																																					
Yellow	0%																																					
<b>Pergunta 7 – A informação fornecida aos alunos através do suporte físico tem qualidade.</b>																																						
 <table border="1"> <caption>Data for Pergunta 7 - Jogo do Puzzle 5S</caption> <tr><th>Color</th><th>Percentage</th></tr> <tr><td>Purple</td><td>80%</td></tr> <tr><td>Orange</td><td>16%</td></tr> <tr><td>Green</td><td>4%</td></tr> <tr><td>Red</td><td>0%</td></tr> <tr><td>Yellow</td><td>0%</td></tr> </table>	Color	Percentage	Purple	80%	Orange	16%	Green	4%	Red	0%	Yellow	0%	 <table border="1"> <caption>Data for Pergunta 7 - Jogo dos Legos</caption> <tr><th>Color</th><th>Percentage</th></tr> <tr><td>Purple</td><td>52%</td></tr> <tr><td>Green</td><td>24%</td></tr> <tr><td>Orange</td><td>20%</td></tr> <tr><td>Red</td><td>4%</td></tr> <tr><td>Yellow</td><td>0%</td></tr> </table>	Color	Percentage	Purple	52%	Green	24%	Orange	20%	Red	4%	Yellow	0%	 <table border="1"> <caption>Data for Pergunta 7 - Jogo SMED</caption> <tr><th>Color</th><th>Percentage</th></tr> <tr><td>Purple</td><td>68%</td></tr> <tr><td>Green</td><td>20%</td></tr> <tr><td>Orange</td><td>4%</td></tr> <tr><td>Red</td><td>4%</td></tr> <tr><td>Blue</td><td>4%</td></tr> </table>	Color	Percentage	Purple	68%	Green	20%	Orange	4%	Red	4%	Blue	4%
Color	Percentage																																					
Purple	80%																																					
Orange	16%																																					
Green	4%																																					
Red	0%																																					
Yellow	0%																																					
Color	Percentage																																					
Purple	52%																																					
Green	24%																																					
Orange	20%																																					
Red	4%																																					
Yellow	0%																																					
Color	Percentage																																					
Purple	68%																																					
Green	20%																																					
Orange	4%																																					
Red	4%																																					
Blue	4%																																					



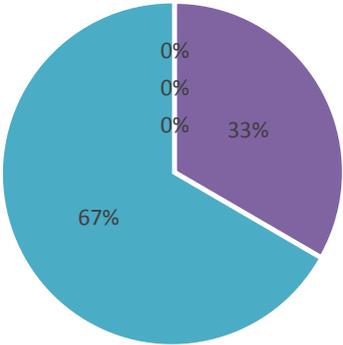
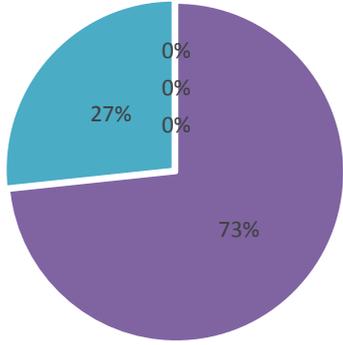
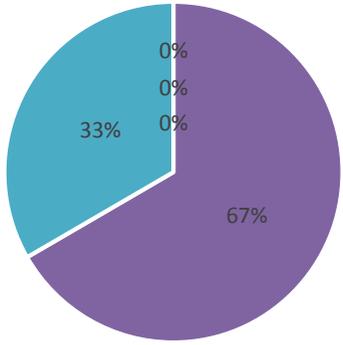
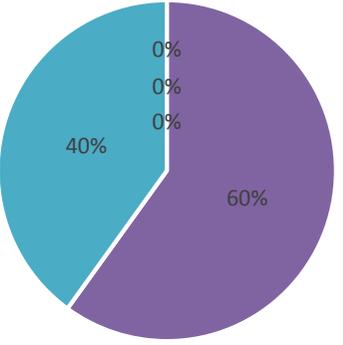
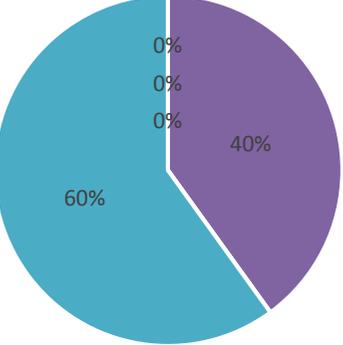
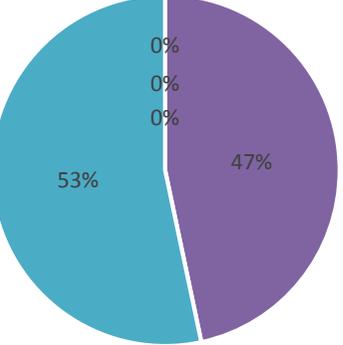
"Jogo do Puzzle 5S"	"Jogo dos Legos"	"Jogo SMED"																																				
<b>Pergunta 10 – Este jogo é muito complexo.</b>																																						
 <table border="1"><caption>Data for 'Jogo do Puzzle 5S'</caption><thead><tr><th>Color</th><th>Percentage</th></tr></thead><tbody><tr><td>Red</td><td>60%</td></tr><tr><td>Purple</td><td>16%</td></tr><tr><td>Green</td><td>12%</td></tr><tr><td>Blue</td><td>12%</td></tr><tr><td>White</td><td>0%</td></tr></tbody></table>	Color	Percentage	Red	60%	Purple	16%	Green	12%	Blue	12%	White	0%	 <table border="1"><caption>Data for 'Jogo dos Legos'</caption><thead><tr><th>Color</th><th>Percentage</th></tr></thead><tbody><tr><td>Red</td><td>48%</td></tr><tr><td>Green</td><td>32%</td></tr><tr><td>Purple</td><td>12%</td></tr><tr><td>Blue</td><td>8%</td></tr><tr><td>White</td><td>0%</td></tr></tbody></table>	Color	Percentage	Red	48%	Green	32%	Purple	12%	Blue	8%	White	0%	 <table border="1"><caption>Data for 'Jogo SMED'</caption><thead><tr><th>Color</th><th>Percentage</th></tr></thead><tbody><tr><td>Red</td><td>52%</td></tr><tr><td>Green</td><td>28%</td></tr><tr><td>Purple</td><td>20%</td></tr><tr><td>Blue</td><td>0%</td></tr><tr><td>White</td><td>0%</td></tr></tbody></table>	Color	Percentage	Red	52%	Green	28%	Purple	20%	Blue	0%	White	0%
Color	Percentage																																					
Red	60%																																					
Purple	16%																																					
Green	12%																																					
Blue	12%																																					
White	0%																																					
Color	Percentage																																					
Red	48%																																					
Green	32%																																					
Purple	12%																																					
Blue	8%																																					
White	0%																																					
Color	Percentage																																					
Red	52%																																					
Green	28%																																					
Purple	20%																																					
Blue	0%																																					
White	0%																																					

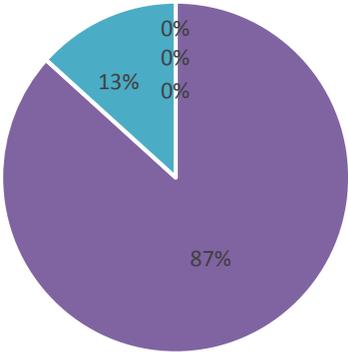
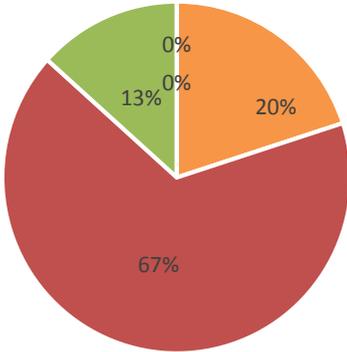
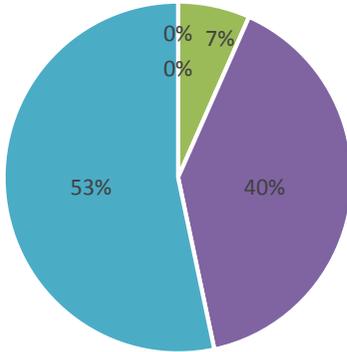
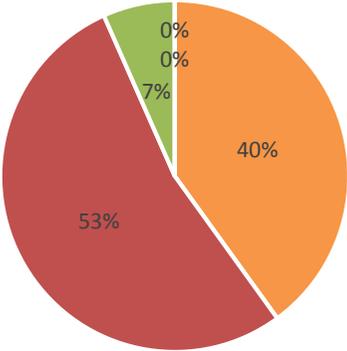
De seguida, seguem-se os resultados relativos aos questionários respondidos pelos alunos/trabalhadores em relação ao “*Heijunka Game*”.



As seguintes questões foram respondidas numa escala de **1 a 5** onde:

- 1.** Discordo completamente (cor laranja);
- 2.** Discordo (cor vermelho);
- 3.** Indiferentes (cor verde);
- 4.** Concordo (cor roxa);
- 5.** Concordo plenamente (cor azul).

<p><b>Pergunta 2</b> – O jogo foi introduzido aos alunos de forma clara.</p>	<p><b>Pergunta 3</b> – O jogo é intuitivo – Ao ser explicado o jogo, rapidamente se percebe o que é necessário fazer.</p>	<p><b>Pergunta 4</b> – O cenário/peças são realistas – Está de acordo com o que é apresentado nos suportes físicos.</p>																																				
 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Resposta</th> <th>Porcentagem</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Resposta 1 (Blue)</td> <td>67%</td> </tr> <tr> <td>Resposta 2 (Purple)</td> <td>33%</td> </tr> <tr> <td>Resposta 3 (White)</td> <td>0%</td> </tr> <tr> <td>Resposta 4 (White)</td> <td>0%</td> </tr> <tr> <td>Resposta 5 (White)</td> <td>0%</td> </tr> </tbody> </table>	Resposta	Porcentagem	Resposta 1 (Blue)	67%	Resposta 2 (Purple)	33%	Resposta 3 (White)	0%	Resposta 4 (White)	0%	Resposta 5 (White)	0%	 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Resposta</th> <th>Porcentagem</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Resposta 1 (Purple)</td> <td>73%</td> </tr> <tr> <td>Resposta 2 (Blue)</td> <td>27%</td> </tr> <tr> <td>Resposta 3 (White)</td> <td>0%</td> </tr> <tr> <td>Resposta 4 (White)</td> <td>0%</td> </tr> <tr> <td>Resposta 5 (White)</td> <td>0%</td> </tr> </tbody> </table>	Resposta	Porcentagem	Resposta 1 (Purple)	73%	Resposta 2 (Blue)	27%	Resposta 3 (White)	0%	Resposta 4 (White)	0%	Resposta 5 (White)	0%	 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Resposta</th> <th>Porcentagem</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Resposta 1 (Purple)</td> <td>67%</td> </tr> <tr> <td>Resposta 2 (Blue)</td> <td>33%</td> </tr> <tr> <td>Resposta 3 (White)</td> <td>0%</td> </tr> <tr> <td>Resposta 4 (White)</td> <td>0%</td> </tr> <tr> <td>Resposta 5 (White)</td> <td>0%</td> </tr> </tbody> </table>	Resposta	Porcentagem	Resposta 1 (Purple)	67%	Resposta 2 (Blue)	33%	Resposta 3 (White)	0%	Resposta 4 (White)	0%	Resposta 5 (White)	0%
Resposta	Porcentagem																																					
Resposta 1 (Blue)	67%																																					
Resposta 2 (Purple)	33%																																					
Resposta 3 (White)	0%																																					
Resposta 4 (White)	0%																																					
Resposta 5 (White)	0%																																					
Resposta	Porcentagem																																					
Resposta 1 (Purple)	73%																																					
Resposta 2 (Blue)	27%																																					
Resposta 3 (White)	0%																																					
Resposta 4 (White)	0%																																					
Resposta 5 (White)	0%																																					
Resposta	Porcentagem																																					
Resposta 1 (Purple)	67%																																					
Resposta 2 (Blue)	33%																																					
Resposta 3 (White)	0%																																					
Resposta 4 (White)	0%																																					
Resposta 5 (White)	0%																																					
<p><b>Pergunta 5</b> – O jogo permitiu compreender melhor o método <i>Heijunka</i>.</p>	<p><b>Pergunta 6</b> – O jogo motiva à aprendizagem.</p>	<p><b>Pergunta 7</b> – O jogo motiva à relação interpessoal.</p>																																				
 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Resposta</th> <th>Porcentagem</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Resposta 1 (Purple)</td> <td>60%</td> </tr> <tr> <td>Resposta 2 (Blue)</td> <td>40%</td> </tr> <tr> <td>Resposta 3 (White)</td> <td>0%</td> </tr> <tr> <td>Resposta 4 (White)</td> <td>0%</td> </tr> <tr> <td>Resposta 5 (White)</td> <td>0%</td> </tr> </tbody> </table>	Resposta	Porcentagem	Resposta 1 (Purple)	60%	Resposta 2 (Blue)	40%	Resposta 3 (White)	0%	Resposta 4 (White)	0%	Resposta 5 (White)	0%	 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Resposta</th> <th>Porcentagem</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Resposta 1 (Blue)</td> <td>60%</td> </tr> <tr> <td>Resposta 2 (Purple)</td> <td>40%</td> </tr> <tr> <td>Resposta 3 (White)</td> <td>0%</td> </tr> <tr> <td>Resposta 4 (White)</td> <td>0%</td> </tr> <tr> <td>Resposta 5 (White)</td> <td>0%</td> </tr> </tbody> </table>	Resposta	Porcentagem	Resposta 1 (Blue)	60%	Resposta 2 (Purple)	40%	Resposta 3 (White)	0%	Resposta 4 (White)	0%	Resposta 5 (White)	0%	 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Resposta</th> <th>Porcentagem</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Resposta 1 (Blue)</td> <td>53%</td> </tr> <tr> <td>Resposta 2 (Purple)</td> <td>47%</td> </tr> <tr> <td>Resposta 3 (White)</td> <td>0%</td> </tr> <tr> <td>Resposta 4 (White)</td> <td>0%</td> </tr> <tr> <td>Resposta 5 (White)</td> <td>0%</td> </tr> </tbody> </table>	Resposta	Porcentagem	Resposta 1 (Blue)	53%	Resposta 2 (Purple)	47%	Resposta 3 (White)	0%	Resposta 4 (White)	0%	Resposta 5 (White)	0%
Resposta	Porcentagem																																					
Resposta 1 (Purple)	60%																																					
Resposta 2 (Blue)	40%																																					
Resposta 3 (White)	0%																																					
Resposta 4 (White)	0%																																					
Resposta 5 (White)	0%																																					
Resposta	Porcentagem																																					
Resposta 1 (Blue)	60%																																					
Resposta 2 (Purple)	40%																																					
Resposta 3 (White)	0%																																					
Resposta 4 (White)	0%																																					
Resposta 5 (White)	0%																																					
Resposta	Porcentagem																																					
Resposta 1 (Blue)	53%																																					
Resposta 2 (Purple)	47%																																					
Resposta 3 (White)	0%																																					
Resposta 4 (White)	0%																																					
Resposta 5 (White)	0%																																					

<p><b>Pergunta 8</b> – A informação fornecida aos alunos através do suporte físico tem qualidade.</p>	<p><b>Pergunta 9</b> – Este jogo deve ser melhorado.</p>	<p><b>Pergunta 10</b> – Este tipo de ferramenta é uma vantagem para a aprendizagem deste conceito.</p>																																				
 <table border="1"> <caption>Data for Pergunta 8</caption> <thead> <tr> <th>Category</th> <th>Percentage</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Category 1 (Purple)</td> <td>87%</td> </tr> <tr> <td>Category 2 (Teal)</td> <td>13%</td> </tr> <tr> <td>Category 3 (White)</td> <td>0%</td> </tr> <tr> <td>Category 4 (White)</td> <td>0%</td> </tr> <tr> <td>Category 5 (White)</td> <td>0%</td> </tr> </tbody> </table>	Category	Percentage	Category 1 (Purple)	87%	Category 2 (Teal)	13%	Category 3 (White)	0%	Category 4 (White)	0%	Category 5 (White)	0%	 <table border="1"> <caption>Data for Pergunta 9</caption> <thead> <tr> <th>Category</th> <th>Percentage</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Category 1 (Red)</td> <td>67%</td> </tr> <tr> <td>Category 2 (Orange)</td> <td>20%</td> </tr> <tr> <td>Category 3 (Green)</td> <td>13%</td> </tr> <tr> <td>Category 4 (White)</td> <td>0%</td> </tr> <tr> <td>Category 5 (White)</td> <td>0%</td> </tr> </tbody> </table>	Category	Percentage	Category 1 (Red)	67%	Category 2 (Orange)	20%	Category 3 (Green)	13%	Category 4 (White)	0%	Category 5 (White)	0%	 <table border="1"> <caption>Data for Pergunta 10</caption> <thead> <tr> <th>Category</th> <th>Percentage</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Category 1 (Teal)</td> <td>53%</td> </tr> <tr> <td>Category 2 (Purple)</td> <td>40%</td> </tr> <tr> <td>Category 3 (Green)</td> <td>7%</td> </tr> <tr> <td>Category 4 (White)</td> <td>0%</td> </tr> <tr> <td>Category 5 (White)</td> <td>0%</td> </tr> </tbody> </table>	Category	Percentage	Category 1 (Teal)	53%	Category 2 (Purple)	40%	Category 3 (Green)	7%	Category 4 (White)	0%	Category 5 (White)	0%
Category	Percentage																																					
Category 1 (Purple)	87%																																					
Category 2 (Teal)	13%																																					
Category 3 (White)	0%																																					
Category 4 (White)	0%																																					
Category 5 (White)	0%																																					
Category	Percentage																																					
Category 1 (Red)	67%																																					
Category 2 (Orange)	20%																																					
Category 3 (Green)	13%																																					
Category 4 (White)	0%																																					
Category 5 (White)	0%																																					
Category	Percentage																																					
Category 1 (Teal)	53%																																					
Category 2 (Purple)	40%																																					
Category 3 (Green)	7%																																					
Category 4 (White)	0%																																					
Category 5 (White)	0%																																					
<p><b>Pergunta 11</b> – Este jogo é muito complexo.</p>																																						
 <table border="1"> <caption>Data for Pergunta 11</caption> <thead> <tr> <th>Category</th> <th>Percentage</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Category 1 (Red)</td> <td>53%</td> </tr> <tr> <td>Category 2 (Orange)</td> <td>40%</td> </tr> <tr> <td>Category 3 (Green)</td> <td>7%</td> </tr> <tr> <td>Category 4 (White)</td> <td>0%</td> </tr> <tr> <td>Category 5 (White)</td> <td>0%</td> </tr> </tbody> </table>			Category	Percentage	Category 1 (Red)	53%	Category 2 (Orange)	40%	Category 3 (Green)	7%	Category 4 (White)	0%	Category 5 (White)	0%																								
Category	Percentage																																					
Category 1 (Red)	53%																																					
Category 2 (Orange)	40%																																					
Category 3 (Green)	7%																																					
Category 4 (White)	0%																																					
Category 5 (White)	0%																																					

## APÊNDICE A – GUIA DO ORIENTADOR DO JOGO “HEIJUNKA GAME”

### 1. Apresentação do jogo

“*Heijunka Game*” é um jogo proposto para realizar em ambiente de sala de aula que tem como intuito complementar os conhecimentos de diferentes metodologias *Lean Thinking* como o nivelamento da produção – *heijunka* –, a troca rápida de ferramentas – *Single Minute Exchange of Die* (SMED) e ainda a organização do posto de trabalho (5S). Trata-se de um conjunto de 28 cartas de baralho onde 14 dizem respeito ao plano de produção decidido pelos alunos e outras 14 aos pedidos realizados por um suposto cliente. Estas 28 cartas englobam: doze “ases (A)”, seis “reis (K)”, seis “damas (Q)” e quatro “valetes (J)”.

O jogo não deve exceder um total de três pessoas e a sua realização deverá rondar os trinta minutos.

#### a) Introdução ao jogo:

O orientador começa por expor o jogo e os seus objetivos que passam por dois planos de produção de acordo com as cartas existentes que representam procuras e quantidades diferentes. O objetivo é, com o auxílio de uma folha *Excel* disponibilizada no início da atividade, verificar a vantagem de seguir uma produção segundo uma perspetiva *Lean Thinking* e, com isso, relatar os *stocks*/pedidos em atraso e os tempos de espera para os clientes.

#### b) Papel dos participantes:

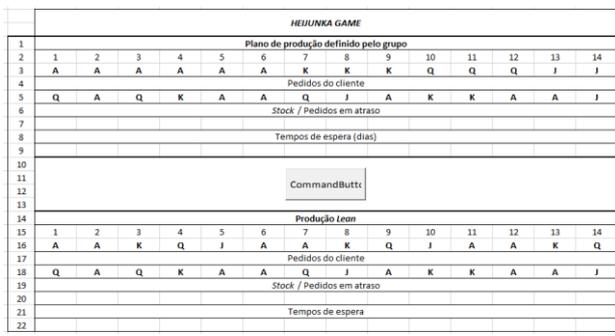
Para este jogo devem participar no máximo três pessoas. Todos vão decidir sobre o plano de produção a aplicar. Uma pessoa fica responsável pela recolha de dados no ficheiro *Excel* e, no fim, todos vão tratar os resultados obtidos durante a atividade.

#### c) Material necessário:

- 28 cartas de baralho: doze “ases (A)”, seis “reis (K)”, seis “damas (Q)” e quatro “valetes (J)” divididos em:

- Plano de produção (14 cartas): seis “ases (A)”, três “reis (K)”, três “damas (Q)” e dois “valetes (J)”;
- Pedidos dos clientes (14 cartas): seis “ases (A)”, três “reis (K)”, três “damas (Q)” e dois “valetes (J)”;
- Painel articulado ou mesa de trabalho;
- Computador;
- Ficheiro *Excel* disponibilizado pelo orientador.

**Tabela A.1.** Material necessário ao jogo.

Cartas utilizadas	Template do ficheiro <i>Excel</i>
	

## 2. Instruções do jogo

O “*Heijunka Game*” deve ser sempre acompanhado pelo ficheiro *Excel* disponibilizado para, no final do jogo, se proceder ao tratamento de resultados e respetivas conclusões.

O jogo divide-se em duas situações.

Numa primeira situação a ordem de trabalhos a seguir é:

- I. Dentro das 14 cartas disponíveis, traçar o plano de produção mais conveniente sabendo que o cliente irá solicitar as mesmas 14 cartas de uma forma aleatória;
- II. Destacar a ordem do plano de produção na primeira fila do painel ou da mesa e na folha *excel* nas células referentes ao “Plano de produção definido pelo grupo”;
- III. Preencher as células dos “Pedidos cliente”. Numa primeira fase o procedimento a seguir seria um aluno baralhar as outras 14 cartas e ir retirando uma a uma. Dependendo da carta que saísse, era concluído se o pedido era atendido no instante ou se tinha de ficar em lista de espera. Mas, foi criado um botão em *Visual Basic for Applications*

que, automaticamente, vai definir as procuras do cliente para as duas situações em jogo. As cartas serão utilizadas à mesma pois é de mais fácil compreensão por parte dos alunos; destacar esses “Pedidos do cliente” na segunda fila do painel ou da mesa.

IV. Completar a folha de *excel* relativa ao “*Stock/Pedidos em atraso*” e “Tempos de espera” para a primeira situação.

Na segunda situação a ordem de trabalhos a seguir é:

I. O orientador refere que, nesta altura, o plano de produção vai seguir uma perspectiva *Lean* dando evidência ao mecanismo de nivelamento da produção – *heijunka*. É assim definido, por parte do orientador, o seguinte plano de produção: AAKQJAAKQJAAKQ.

II. Os alunos devem destacar este plano de produção na primeira fila do painel ou da mesa e na folha *excel* nas células referentes à “Produção *Lean*”.

III. As células “Pedidos do cliente” foram já definidas pelo acionamento do botão em *Visual Basic for Applications* que definiu a procura para as duas situações em jogo. Definir essa mesma ordem na segunda fila do painel ou da mesa de trabalho.

IV. Completar a folha *excel* relativa ao “*Stock/Pedidos em atraso*” e “Tempos de espera” para a segunda situação.

De seguida, os resultados são estudados na página “Resultados” do mesmo ficheiro *excel* concedendo principal atenção a:

- Espera máxima dos clientes (nas duas situações);
- Eficiência do Processo;
- Gráficos de barras que comparam, nas duas situações, o “*Stock/Pedidos em atraso*” e os “Tempos de espera”.

### **3. Disposição da sala de jogo**

Uma possível disposição dos alunos e do material de jogo na sala de aula para a realização do “*Heijunka Game*” poderá ser a seguinte:

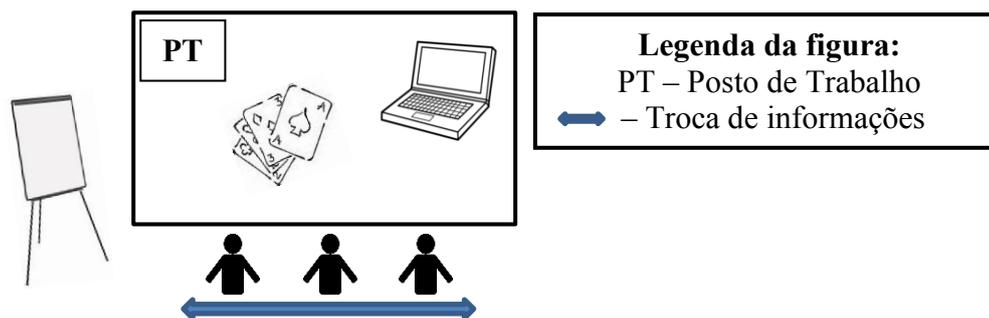


Figura A.1. Sugestão de disposição da sala de aula para realização do “Heijunka Game”.

#### 4. Organização

Em relação à organização do jogo, é fornecido aos alunos, no início da atividade, o ficheiro *Excel* para a resolução do exercício bem como as 28 cartas de baralho mencionadas anteriormente.

O jogo é previamente introduzido por uma apresentação em *Power Point* que se encontra no Anexo D.

## APÊNDICE B – GUIA DO ORIENTADOR DO JOGO “JOGO TAKT TIME”

### 1. Apresentação do jogo

O “Jogo *Takt Time*” é um jogo proposto para realizar em ambiente de sala de aula que tem como intuito a utilização desta métrica *Lean* de desempenho – KPI: *Key Performance Indicators*.

O objetivo deste jogo passa por simular uma linha de montagem, através da aplicação de conceitos *Lean Management*, para a concretização de 30 fichas inglesas. Definiu-se um *takt time* – tempo de ciclo calculado em função da procura - de 28 segundos por ficha levando a um tempo de simulação de 14 minutos.

O jogo foi dividido em 3 cenários. O primeiro diz respeito à montagem dos equipamentos segundo uma linha desbalanceada. Depois de analisar esta situação e verificar possíveis melhorias a aplicar, seguiu-se um segundo cenário já com a linha de montagem balanceada. Nestas duas primeiras situações, o jogo foi decorrido através de um *push system*. Por fim, tendo como base o balanceamento, foi aplicado o Sistema JIT – *Just In Time* – à linha implementando-se ferramentas *Lean Thinking* como: o Sistema *Kanban*, 5S/Gestão Visual, Comboio Logístico (*Mizusumashi*) e Supermercado; nesta última situação considera-se o exercício segundo um *pull system*.

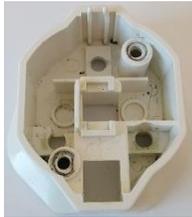
#### a) Introdução ao jogo:

O orientador começa por expor o jogo e os seus objetivos que passam pela construção de 30 fichas inglesas para o tempo de simulação calculado em três cenários distintos. No início da atividade são ainda expostas diferentes condições para tornar o jogo mais próximo da realidade. São definidos três tipos de fusíveis, divididos por três cores que formam produtos finais diferentes. Supondo a existência de clientes, é elaborada uma lista dos pedidos e de previsão dos mesmos. Para responder às exigências dos compradores são definidas diferentes ordens de fabrico entregues aos operários dos postos de trabalho.

Cada ficha inglesa é dividida em duas tampas: a tampa fêmea e a tampa macho. A tampa fêmea inclui: uma mola, uma peça preta e uma peça branca. A tampa macho engloba

3 pinos (Lado E, L e N); cada lado inclui uma argola, um parafuso, um suporte do pino e o respetivo pino. Para além desses materiais engloba ainda uma tampa branca de proteção do fusível e um fusível agregado a uma tampa. A união das duas tampas é concretizada por dois parafusos exteriores. Em termos numéricos, cada ficha inglesa, compreende 22 peças.

**Tabela B.1.** Componentes das fichas inglesas.

Exterior tampa fêmea	Interior tampa fêmea	Peça branca	Peça preta
			
Mola	Exterior tampa macho	Interior tampa macho	Componentes lado N
			
Componentes lado L	Componentes lado E	Componentes Fusível	Parafusos exteriores
			

Na Tabela B.2 encontram-se todas as operações de montagem das fichas inglesas com as respetivas precedências.

**Tabela B.2.** Operações de montagem relativas às fichas inglesas.

<b>Operações</b>	<b>Precedências</b>
A. <u>Em relação à tampa fêmea:</u> Inserir a mola na peça preta	-
B. Inserir a mola e a peça preta na peça branca	A
C. Inserir o conjunto anterior no interior da tampa fêmea conforme o desenho na tampa	B
D. <u>Em relação à tampa macho – Construir o lado N:</u> Inserir o parafuso na argola	-
E. Inserir o conjunto anterior no suporte	D
F. Inserir o conjunto anterior na tampa macho	E
G. Inserir o pino do lado N e dar um aperto para fixar	F
H. Apertar o parafuso	G
I. Colocar o conjunto do fusível e da peça branca junto ao mesmo	-
J. Colocar o suporte do fusível	I
K. <u>Construir o lado L:</u> Inserir o para fuso na argola	J
L. Inserir o conjunto anterior no suporte	K
M. Inserir o conjunto anterior na tampa macho	L
N. Inserir o pino do lado L e dar um aperto para fixar	M
O. Apertar o parafuso	N
P. Colocar a tampa branca de proteção do fusível	O
Q. <u>Construir o lado E:</u> Inserir o parafuso na argola	P
R. Inserir o conjunto anterior no suporte	Q
S. Inserir o conjunto anterior na tampa macho	R
T. Inserir o pino do lado E e dar um aperto para fixar	S
U. Apertar o parafuso	T
V. Inserir a tampa macho na tampa fêmea	C, H, U

W1. Inserir um parafuso exterior na tampa macho e apertar	V
W2. Inserir o outro parafuso exterior na tampa macho e apertar	V

**b) Número de participantes:**

O número de intervenientes neste jogo vai depender do cenário que se estiver a elaborar. A seguinte Tabela B.3 informa sobre essa situação.

**Tabela B.3.** Número de participantes.

Cenários	Agentes	Número de intervenientes
<b>Cenário 1</b> (11 pessoas)	Operador de montagem	5
	Agentes de tempo	5
	Encarregado de planeamento	1
<b>Cenário 2</b> (9 pessoas)	Operador de montagem	4
	Agentes de tempo	4
	Encarregado de planeamento	1
<b>Cenário 3</b> (10 pessoas)	Operador de montagem	4
	Agentes de tempo	4
	Encarregado de planeamento	1
	Operador logístico	1

Aos agentes de tempo e ao encarregado do planeamento, é entregue uma ficha de processo para registar os tempos de todas as operações.

**c) Material necessário:**

**CENÁRIO 1:**

- 6 Chaves de fendas;
- 5 Folhas (uma por posto) de “Instruções de Trabalho”;
- 4 Folhas referentes à “Zona de *Stock* Intermédio”;
- 1 Folha referente à “Zona de Produto Acabado”;

- 1 Folha referente à “Zona de Cliente”;
- 1 Folha referente ao “Armazém”;
- 6 Cronómetros;
- 6 “Fichas de Registo do Jogo *Takt Time*”;
- 22 Caixas/Sacos com materiais divididos pelos postos onde serão utilizados;
- 19 Caixas/Sacos com os materiais em armazém;
- 3 Ordens de fabrico divididas pelos 5 postos de trabalho.

#### CENÁRIO 2:

- 4 Chaves de fendas;
- 4 Folhas (uma por posto) de “Instruções de Trabalho”;
- 3 Folhas referentes à “Zona de *Stock* Intermédio”;
- 1 Folha referente à “Zona de Produto Acabado”;
- 1 Folha referente à “Zona de Cliente”;
- 1 Folha referente ao “Armazém”;
- 5 Cronómetros;
- 5 “Fichas de Registo do Jogo *Takt Time*”;
- 21 Caixas/Sacos com materiais divididos pelos postos onde serão utilizados;
- 19 Caixas/Sacos com os materiais em armazém;
- 3 Ordens de fabrico divididas pelos 4 postos de trabalho.

#### CENÁRIO 3:

- 4 Chaves de fendas;
- 4 Folhas (uma por posto) de “Instruções de Trabalho – Gestão Visual”;
- 3 Folhas referentes à “Zona de *Stock* Intermédio”;
- 1 Folha referente à “Zona de Produto Acabado”;
- 1 Folha referente à “Zona de Cliente”;
- 1 Folha referente ao “Supermercado de Abastecimento”;
- 1 Folha referente ao “Supermercado de *Picking*”;
- 4 Folhas referentes ao Tabuleiro do *Mizusumashi* de cada posto;
- 5 Cronómetros;
- 4 “Fichas de Registo do Jogo *Takt Time*”;
- 42 Caixas/Sacos com materiais divididos pelos postos onde serão utilizados;

- 21 Caixas/Sacos com os materiais em supermercado;
- 3 Ordens de fabrico entregues ao operador do último posto de trabalho;
- Etiquetas *kanban*.

## 2. Instruções do jogo

Como já referido, o “Jogo *Takt Time*” divide-se em três cenários.

O jogo é iniciado pelo encarregado de planeamento que entrega a primeira ordem de fabrico aos operadores dos cinco postos de trabalho. O operador do primeiro posto inicia a sua atividade seguindo as instruções de trabalho. Quando terminar coloca a sua produção na “Zona de *Stock* Intermédio” e começa uma nova produção de acordo com a ordem de fabrico. Entretanto o operador do segundo posto de trabalho continua com a produção da ficha seguindo as instruções e assim consecutivamente. Quando o operador do último posto de trabalho terminar a produção da ficha coloca-a na “Zona de Produto Acabado” e depois a mesma é transportada pelo encarregado para uma “Zona de Cliente” como se fosse vendida ao mesmo. O processo ao longo da linha de montagem é o mesmo até se produzir as 30 unidades de acordo com as ordens de fabrico que são entregues a cada 5 minutos de simulação.

O operador fica responsável por reabastecer os respetivos postos quando os materiais acabarem. Esses materiais encontram-se em “Armazém” situado próximo dos locais de trabalho.

Acabada a simulação é pedido aos alunos que reflitam acerca da atividade realizada e de possíveis melhorias. São essas melhorias que serão impostas no segundo cenário. De acordo com os tempos medidos em cada operação para os diferentes postos, os alunos dispõem esses tempos num gráfico de barras num ficheiro *excel* e analisam o tempo que estão a ocupar em cada posto em relação ao *takt time* definido de 28 seg/ficha.

Neste segundo cenário pretende-se que haja melhorias em relação ao anterior como: equilibrar a linha de montagem, reduzir o número de postos de trabalho e/ou alterar operações de montagem.

O decorrer da atividade é igual ao anterior, ou seja, é entregue uma ordem de fabrico aos operadores que começam a produção das fichas até serem finalizadas. Depois de finalizada a atividade, os alunos inserem no ficheiro *excel* os novos tempos de montagem gerando um gráfico balanceado da linha de montagem.

Por fim, é alterado o sistema de produção para um *pull system* seguindo um Sistema *Just In Time* – JIT. Aqui são aplicados os conceitos anunciados no início deste guia.

Neste cenário, a atividade começa com a entrega da ordem de fabrico ao operador do quarto posto de trabalho. De acordo com o que é requerido, começa-se a construção utilizando os materiais disponíveis no posto e seguindo-se as instruções de trabalho que têm associadas fotografias a cada operação – Gestão Visual. Havendo a necessidade de algum conjunto que seja montado nos postos a montante, é pedido ao operador desse mesmo posto que forneça esse conjunto. Esse processo é realizado durante todo o tempo de simulação; os postos só produzem quando é feito um pedido pelo posto a jusante.

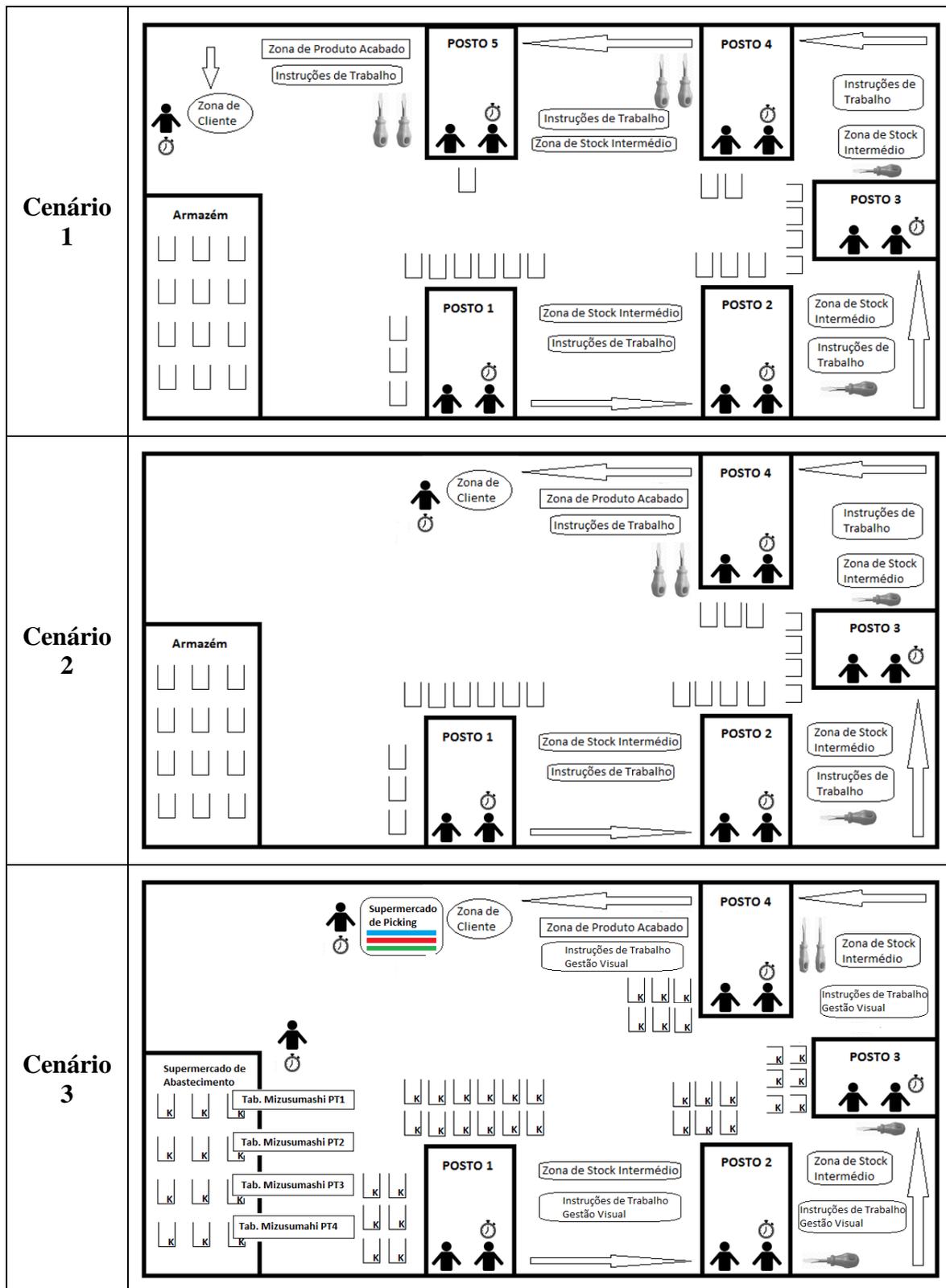
Em cada local de trabalho existem duas caixas com o mesmo material para, quando uma acabar, ter logo outra disponível. Isto vai fazer com que se poupe tempo na reposição de material nos postos. Cada caixa tem associado um cartão *kanban* que indica o material bem como o posto associado. Quando uma caixa fica vazia, a mesma é colocada numa zona entre postos à espera que seja recolhida pelo operador logístico. Este, ao fazer a ronda pela linha de montagem, depara-se com a existência de uma caixa vazia, ou seja, com a falta de um dado material num local de trabalho. Depois de lido o cartão, dirige-se ao supermercado de abastecimento e volta a encher a caixa e a deixá-la no posto relacionado.

No supermercado de abastecimento encontram-se quatro tabuleiros do *mizusumashi* para os quatro postos de trabalho. Em cada tabuleiro estão apenas caixas com os materiais necessários ao mesmo posto. Isso vai fazer com que o responsável por abastecer os postos não perca tempo à procura do material pois sabe onde o encontrar mais rapidamente quando estiver no supermercado. No final da linha de montagem, associado à “Zona do Cliente”, existe o supermercado de *picking* com três diferentes zonas para colocar os três produtos finais diferenciados com a respetiva cor. Assim, é mais fácil de atender ao cliente quando pedir uma determinada ficha inglesa.

### **3. Disposição da sala do jogo**

Uma possível disposição dos alunos e do material de jogo na sala de aula para a realização do “Jogo do *Takt Time*” poderá ser a seguinte:

Tabela B.4. Possíveis disposições da sala para os três cenários.



#### **4. Organização**

Em relação à organização do jogo, é fornecido aos alunos que estão responsáveis por contabilizar os tempos das operações nos diversos postos, as respetivas fichas de registos para os tempos contabilizados (ver Anexo M).

O jogo é previamente introduzido por uma apresentação em *Power Point* que se encontra no Anexo N.

## CD-ROM COM FICHEIROS *EXCEL* DESENVOLVIDOS

- “*Heijunka Game*”;
- “*Jogo Takt Time*”;
- “*Jogo do Puzzle 5S*”;
- “*Jogo dos Legos*”;
- “*Jogo SMED*”.

