

Desenho de Simulador de Transformação Operacional na LeanKed Academy

Pedro Carlos Mendes Dias

Dissertação de Mestrado

Orientador na FEUP: Prof. José Faria

Orientador na LeanKed Academy: Engenheiro Nuno Fontes



FEUP

**Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto
Mestrado Integrado em Engenharia Industrial e Gestão**

2010-07-05

*À memória do meu avô.
Aos meus pais, família e amigos.
À Bernadette.*

Resumo

No contexto económico actual o termo *Lean* e os conceitos derivantes são cada vez mais utilizados e aplicados no tecido empresarial português. No entanto esta filosofia de gestão implica quebrar paradigmas e romper com o método tradicional de funcionamento. A introdução na empresa de um sistema *pull* tem como objectivo responder as necessidades do cliente e está assente numa serie de conceitos entre eles a criação de fluxo.

Para apoiar a introdução nas organizações de um modo de funcionamento e conceitos completamente diferentes dos tradicionais, é essencial desenvolver uma metodologia de treino que demonstre e sensibilize as pessoas face às vantagens e implicações de uma transformação operacional.

O projecto desenvolvido tinha como objectivo principal desenvolver um simulador a aplicar nas acções de treino da LeanKed Academy no módulo de treino "Transformação de Desperdício em Produtividade". O simulador contextualiza um produto e um sistema produtivo simulando um *layout* funcional tendo por base um sistema *push* e tem como objectivo demonstrar uma transformação operacional. É assim simulada uma fábrica de ratos de computador com um simples processo produtivo envolvendo operações de montagem e operações máquina.

Apresentam-se neste contexto simulado diferentes formas de desperdícios directos ou indirectos susceptíveis de serem identificados e eliminados pelos participantes do simulador. A identificação e eliminação do desperdício servirá de base para a realização de uma transformação operacional conduzida pelos participantes que implementará os conceitos base da filosofia *Lean* com especial destaque para a criação de fluxo e implementação de um sistema que funcione em *pull*. Após a transformação operacional o novo sistema produtivo funcionará segundo uma célula de produção em fluxo operando em *one-piece-flow*.

A transformação operacional é efectuada mediante o mapeamento dos fluxos de materiais e considerando a identificação de desperdício. Diferentes melhorias são então implementadas seguindo uma metodologia que aborda a criação de fluxo, ritmo de produção, normalização e sistema *pull*.

A comparação entre os dois paradigmas diferentes simulados permite constatar as melhorias e os ganhos obtidos com o recurso à criação de fluxo e permite difundir o conhecimento de forma mais eficaz. Ao mesmo tempo, sensibiliza em relação às dificuldades e problemas a ultrapassar pelas organizações quando efectuem uma transformação operacional.

Na parte final do projecto, o simulador desenvolvido foi aplicado em workshops e sessões de treino conforme era o objectivo. A sensibilização pretendida em relação aos conceitos da filosofia ficou assente na ideia que a fábrica não pode ser apenas a junção de vários departamentos, mas sim um sistema integrado onde todos trabalham ao mesmo ritmo. Os resultados obtidos com a realização da transformação operacional revelaram ganhos claros ao nível da produtividade e do nível de serviço. Os resultados obtidos nas simulações são analisados de forma a identificar pontos positivos e negativos. Recomendações futuras são efectuadas com o objectivo de ultrapassar algumas das limitações.

Design of Operational Transformation Simulator

Abstract

In the current economic context the term Lean and the drifting concepts are getting increasingly used and applied in the Portuguese business environment. However, this philosophy involves breaking paradigms and changing the traditional working method. The introduction in the company of a pull system aiming to fulfill customer needs is supported by a series of concepts including the creation of flow.

To support the introduction in organizations of new working methods and new concepts completely different from the traditional ones is essential to develop a training methodology that demonstrates and raises awareness of the advantages and implications of an operational transformation.

The developed project's main objective was to design a simulator to implement into the LeanKed Academy training actions in the training module "Turning Waste into Productivity". The simulator contextualizes a product and a production system simulating a functional layout based on a push system and aims to demonstrate an operational transformation. Thus a computer mice factory is simulated with a simple production process involving assembly operations and machine operations.

The operational transformation is performed by mapping the flows of materials and considering the identification and elimination of waste. Different improvements are then implemented using a methodology that addresses the creation of flow, rate of production, standardization and pull system.

The comparison between the two different simulated paradigms allows easy assessment of the gains achieved through the creation of flow and allows the spreading of knowledge in a more effective way. At the same time this raises awareness regarding the difficulties and problems to be overcome by organizations when implementing an operational transformation.

At the end of the project the developed simulator was used in workshops and training sessions. The sought awareness in relation to the concepts was established on the idea that the factory cannot be a simple addition of various departments, but an integrated system where everyone works at the same pace. The results obtained through the implementation of the operational transformation showed clear gains in productivity and service level. The simulation results are analyzed to identify the strengths and weaknesses, and future recommendations are made to overcome the identified limitations.

Agradecimentos

Ao Engenheiro Nuno Fontes por todo o apoio, confiança, disponibilidade e conhecimento transmitido durante a realização do projecto. A todos os colaboradores da LeanKed Academy pelo apoio prestado durante o projecto em particular ao Tiago Martinho.

Ao meu orientador o Professor José Faria pela sua disponibilidade e orientação durante o projecto.

A todos os que me acompanharam na FEUP - professores, colegas e amigos - durante este percurso e que muito contribuíram para o meu desenvolvimento.

Aos meus pais e à minha família pelo apoio durante os bons e os maus momentos e por todas as oportunidades que me proporcionaram.

Por ultimo, à Bernadette pela confiança e apoio incondicional o meu muito obrigado.

Índice de Conteúdos

1	Introdução	1
1.1.1	Apresentação da LeanKed Academy	1
1.1.2	Enquadramento do Projecto	2
1.1.3	Organização da Dissertação	4
2	Fundamentos de Produção <i>Lean</i>	5
2.1.1	Conceitos	5
2.1.2	Tipos de Desperdício	6
2.2	Transformação Operacional	7
2.3	LQS – LeanKed Quick Change System	10
2.3.1	Fase de Planeamento	11
2.3.2	Como Construir uma Organização <i>Lean</i>	13
2.4	Simuladores de Sistemas Produtivos	13
3	Análise e Desenvolvimento do Simulador	14
3.1	Definição do Produto	14
3.2	Definição do Sistema de Produção	15
3.2.1	Gama de Fabrico	16
3.2.2	Definição dos Processos Máquina	16
3.2.3	Definição dos Postos de Trabalho	19
3.2.4	Desenho do <i>Layout</i> da Fábrica	20
3.2.5	Descrição Detalhada do Processo Produtivo	21
3.2.6	Validação da Solução Adoptada	24
3.3	Indicadores de Desempenho	28
4	Transformação Operacional	29
4.1	VSM – <i>Value Stream Map</i>	30
4.2	VSD – <i>Value Stream Design</i>	31
4.3	Criar Fluxo de Produção	31
4.4	Ritmo de Produção e Normalização	33
4.5	Sistema <i>Pull</i>	35
5	Casos de Estudo – Aplicação Prática	38
5.1	Funcionamento das Acções de Treino	38
5.2	Resultados da Aplicação Prática	39
5.3	Análise da Aplicação Prática	47
6	Conclusões e perspectivas de trabalho futuro	51
	Referências e Bibliografia	52
ANEXO A:	Componentes do Produto	53
ANEXO B:	Desenho Técnico das Máquinas Desenvolvidas	54
ANEXO C:	Tempos de Operação do Processo	59

Índice de Figuras

Figura 1 - Metodologia seguida durante o projecto.....	4
Figura 2 - Modelo LeanKed de identificação do desperdício	6
Figura 3 - Modelo LeanKed para uma Transformação Operacional.....	8
Figura 4 - LQS 3 pilares de mudança nas organizações.....	11
Figura 5 - Árvore de produto do rato de computador utilizado no simulador.....	15
Figura 6 - Diagrama de Processo - Gama de Fabrico.....	16
Figura 7 - Máquina de Magnetizar utilizada no simulador	17
Figura 8 - Túnel de Acabamento	17
Figura 9 - Máquina de Injecção.....	18
Figura 10 - Teste de Qualidade.....	18
Figura 11 - Máquina de Corte de Etiquetas.....	18
Figura 12 - Balanceamento do Trabalho - Estado Inicial.....	20
Figura 13 - <i>Arrow Diagram - Layout</i> por Área Funcional	21
Figura 14 - Pré-Montagem do <i>Scroll</i> e da Parte de Cima.....	22
Figura 15 - Operações M5 e M7.....	23
Figura 16 - Operações de Embalagem.....	23
Figura 17 - Produção em Excesso da Parte Cima.....	24
Figura 18 - Pessoas Paradas nos Circuitos	25
Figura 19 - Stock de fios na Montagem	26
Figura 20 - Sobreprocessamento - Rodar o rato para aparafusar	27
Figura 21 - <i>Value Stream Map</i> - Estado Inicial	30
Figura 22 - <i>Value Stream Design</i> - Visão Futura - Criação de Fluxo	31
Figura 23 - Melhoria Tecnológica - Máquina de Magnetizar	32
Figura 24 - Balanceamento do Trabalho – Visão Futura.....	35
Figura 25 - Esquema de funcionamento - Visão Futura.....	37
Figura 26 - Simulação Estado Inicial	40
Figura 27 - Esquema de funcionamento - Grupo 1	40
Figura 28 - Simulação Grupo 1	41
Figura 29 - Simulação Grupo 2	41
Figura 30 - Esquema de funcionamento - Grupo 2	42
Figura 31 - Esquema de funcionamento - Grupo 3	43
Figura 32 - Simulação Grupo 3	43

Figura 33 - Esquema de funcionamento - Grupo 4	44
Figura 34 - Simulação Grupo 4	44
Figura 35 - Simulação Grupo 5	45
Figura 36 - Esquema de Funcionamento Grupo 5	46
Figura 37 - Fluxo principal e afluentes.....	48
Figura 38 - Execução de Transformação Operacional	49

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Tempos de Operação Teóricos	19
Tabela 2 - Tempo Total de Operação Homem	33
Tabela 3 - Balanceamento do Trabalho por Operador - Visão Futura	34
Tabela 4 - Dimensionamento do Bordo de Linha - Visão Futura	36
Tabela 5 - Resultados da simulação do Estado Inicial	39
Tabela 6 - Resultados do Simulador - Grupo 1	41
Tabela 7 - Resultados do Simulador - Grupo 2	41
Tabela 8 - Resultados do Simulador - Grupo 3	43
Tabela 9 - Resultados do Simulador - Grupo 4	44
Tabela 10 - Resultados do Simulador - Grupo 5	45

1 Introdução

Os mercados actuais encontram-se em constante mutação devido ao facto do cliente ser cada vez mais exigente e procurar produtos diferenciados. Isto implica que as organizações sejam cada vez mais flexíveis e que funcionem em função das necessidades do cliente.

A presente tese foi desenvolvida no âmbito da conclusão do Mestrado Integrado em Engenharia Industrial e Gestão e visa desenvolver um simulador que contextualize uma transformação operacional através da identificação e eliminação de desperdício de maneira a quebrar os paradigmas usuais de funcionamento e transformar a organização com a flexibilidade necessária de forma a reduzir custos operacionais e aumentar a produtividade.

O projecto foi realizado, durante o segundo semestre, na LeanKed Academy, uma empresa de consultoria especializada em operações. O simulador desenvolvido será utilizado nas acções de treino avançado da empresa suportando o módulo “Transformar Desperdício em Produtividade”.

1.1.1 Apresentação da LeanKed Academy

A LeanKed Academy é uma empresa de consultoria que foi criada em Julho de 2009. Tem como base uma visão comum partilhada pelos seus fundadores sobre as necessidades futuras das organizações. A LeanKed Academy pretende ser um *player* no mercado que se diferencia da tradicional abordagem comercial oferecendo um serviço que maximiza o apoio prestado ao cliente.

O principal objectivo consiste em auxiliar as organizações de forma a estas tornarem-se mais competitivas e capazes de concorrerem ao mais alto nível nos mercados globais. As organizações devem estar focalizadas em melhorar continuamente de modo a estarem melhor preparadas face aos desafios que se avizinham no futuro.

A actividade da LeanKed Academy está assente em duas grandes áreas: actividades de consultoria e actividades de treino avançado. No âmbito das actividades de consultoria a LeanKed Academy apoia as organizações na realização de transformações operacionais e no desenvolvimento da sua estratégia operacional. As acções de treino avançado procuram o desenvolvimento e difusão do conhecimento em gestão de operações.

Todas as acções da LeanKed Academy têm por base as filosofias *Lean* e *Kaizen*, procurando instituir nas organizações este modo de gestão ao invés da simples aplicação de ferramentas.

1.1.2 Enquadramento do Projecto

O projecto “Desenho de Simulador de Transformação Operacional” é parte integrante do LeanKed QuickChange System. O LQS é uma metodologia da LeanKed Academy de suporte à liderança de transformações operacionais nos diversos clientes.

A LeanKed Academy está ciente da dificuldade das pessoas em assumir os problemas das organizações. Nas actividades de melhoria operacional é importante a existência de um treino global de operações que tem como objectivo demonstrar a existência dos problemas das organizações e levar as pessoas a discutirem-nos. A difusão das bases da filosofia *Lean* realiza-se nas acções de treino global de operações intitulado “Como Construir uma Organização *Lean*”.

Um dos módulos deste treino consiste em “Transformar Desperdício em Produtividade”. Este projecto surge inserido neste módulo do treino global de operações onde se pretende que numa simulação prática se efectue uma transformação operacional que aplique os conceitos da filosofia eliminando desperdício e aumentando a produtividade.

Para efectuar uma transformação operacional e alcançar uma organização *Lean* existem uma série de passos a considerar sendo que o simulador a desenvolver deve considerar esses passos com especial atenção em três deles: Criação de Fluxo de Produção, Ritmo de Produção e Normalização.

O módulo de treino “Como Construir uma Organização *Lean*” irá decorrer não só em fases de planeamento mas também em workshops e sessões de treino em empresas nacionais onde naturalmente o simulador resultante deste projecto será também aplicado.

Objectivos do Projecto

Desenvolver um simulador a implementar em treinos da LeanKed Academy que permita:

- Transmitir e aplicar conceitos base da filosofia *Lean*;
- Demonstrar a existência de desperdícios no processo e as suas implicações;
- Aplicação das bases para uma transformação operacional, com especial destaque para a Criação de Fluxo;
- Demonstração de situações de funcionamento mediante *layouts* baseados em modos de funcionamento diferentes: (i) funcional e (ii) célula em fluxo;
- Avaliar as simulações efectuadas mediante indicadores de desempenho: Produtividade e Nível de Serviço.

Motivação

O Projecto desenvolvido é de especial interesse tendo em consideração dois aspectos: desenvolvimento de um simulador diferente dos existentes no mundo empresarial e aplicação real do resultado do projecto.

O recurso a simulações como forma de treino é muito comum no mundo empresarial especialmente em empresas ligadas a consultoria. O simulador desenvolvido no projecto distingue-se dos outros por representar novos conceitos e retratar a realidade de uma forma mais eficaz.

A possibilidade de aplicação prática do simulador em actividades da empresa foi também extremamente motivadora. Um elevado número de quadros pertencentes a organizações de variadíssimos sectores utilizou o simulador resultando um *feedback* bastante positivo. Nas actividades de treino da LeanKed Academy a curto prazo é de prever que mais organizações utilizem o simulador.

Importância do recurso a um simulador

A utilização de jogos ou simuladores como facilitador da absorção de conhecimentos é bastante usual e tem as suas vantagens comprovadas em diversos estudos. De acordo com Pivec, Koubek & Dondi (2004) a principal vantagem deste método de aprendizagem está no facto de os aspectos teóricos a difundir estarem implícitos nas características da simulação. Desta forma e pela motivação inerente o formando faz, reflecte, percebe e aplica os conceitos de funcionamento do jogo bem como os conceitos teóricos que lhe estão implícitos.

As dinâmicas de grupo são outro aspecto que resulta do recurso a um simulador. Neste tipo de práticas há necessidade dos formandos de debater e reflectir para encontrar a melhor solução. O envolvimento de todos os participantes beneficia a troca de conhecimento e origina o desenvolvimento de uma comunidade de aprendizagem.

Metodologia

A metodologia utilizada no decorrer do projecto pode dividir-se em 3 grandes fases: Estudo Inicial, Desenvolvimento e Finalização.

A primeira fase de Estudo Inicial consistiu na: (1) observação de processos industriais na forma de visitas a organizações de diferentes sectores; (2) análise de simulações de forma a encontrar limitações ou pontos interessantes a considerar incluindo não só simuladores de fluxo mas também outras simulações de processos; e (3) estudo dos fundamentos teóricos de produção *Lean*.

Terminada a fase de estudo inicial avançou-se para o Desenvolvimento onde ocorreu a (4) conceptualização da fábrica LeanKed considerando o produto e o sistema de produção, (5) análise do processo de fabricação a representar e (6) estudo dos requisitos dos processos máquina a representar. Esta fase contemplou também a (7) contextualização de desperdício de forma directa ou indirecta no processo e o (8) desenvolvimento de soluções representativas de uma transformação operacional com especial foque na criação de fluxo.

Por fim a fase final consistiu no (9) teste e na (10) validação do simulador desenvolvido.

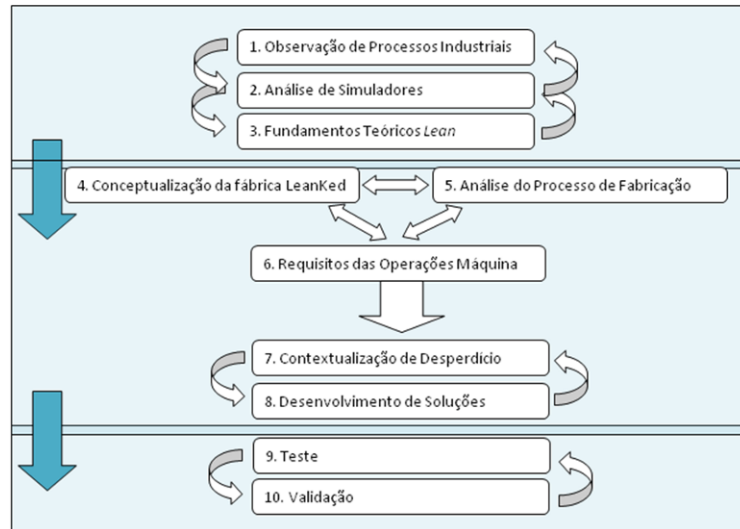


Figura 1 - Metodologia seguida durante o projecto

1.1.3 Organização da Dissertação

A presente tese começa com a introdução no presente capítulo, onde foi apresentada a empresa onde decorreu o projecto, o enquadramento do projecto, a importância da utilização de simulações para difusão de conhecimento, bem como os objectivos a atingir e a metodologia de trabalho aplicada.

O segundo capítulo estrutura teoricamente todos os conceitos aplicados ao longo da tese, com especial relevância para os conceitos a incluir no simulador desenvolvido nomeadamente os tipos de desperdício que afectam as organizações. É também definido o conceito e o caminho a percorrer para se efectuar uma transformação operacional. A metodologia de trabalho da empresa é também apresentada evidenciando-se os pontos em que o resultado do projecto será parte integrante. Os simuladores de sistemas produtivos existentes são também analisados com especial atenção na identificação de limitações dos simuladores de criação de fluxo.

O terceiro capítulo aborda todo o caminho percorrido no desenvolvimento do simulador. O simulador foi contextualizado mediante três aspectos: definição do produto, definição do sistema produtivo e indicadores de desempenho. A definição do sistema produtivo é especificada de forma a evidenciar situações de desperdício e o desenho do simulador considera a gama de fabrico, a definição dos processos máquina, dos postos de trabalho e do layout funcional. A validação do sistema contextualizado é então efectuada considerando a existência de situações de desperdício no sistema produtivo.

No quarto capítulo procede-se à transformação operacional. O sistema produtivo simulado é mapeado e desenha-se uma visão futura da organização. O capítulo inclui ainda o dimensionamento desta visão futura da organização efectuando uma transformação operacional focalizada no passo de criação de fluxo de produção mas também considerando ritmo de produção, normalização e algumas características do sistema *pull*.

O quinto capítulo apresenta e analisa os resultados obtidos pelos diferentes grupos que participaram em acções de empresa e utilizaram o simulador desenvolvido no projecto. A análise dos resultados identifica pontos positivos e dificuldades encontradas.

O último capítulo aborda as conclusões do projecto desenvolvido e perspectivas de trabalho futuro.

2 Fundamentos de Produção *Lean*

O trabalho desenvolvido durante o projecto teve como base os conceitos da filosofia *Lean*. O presente capítulo aborda quatro aspectos da produção *Lean*. Numa primeira secção são apresentados os conceitos base, com especial incidência na identificação dos diferentes tipos de desperdício. No ponto seguinte é introduzido o conceito de transformação operacional e a metodologia a aplicar para a realização da mesma. No terceiro ponto é apresentada a metodologia desenvolvida pela LeanKed Academy para suportar e estruturar uma transformação operacional, o LeanKed QuickChange System. Por fim são analisados outros simuladores de sistemas produtivos com o objectivo de identificar limitações existentes nos actuais simuladores de criação de fluxo.

2.1.1 Conceitos

O grande objectivo da filosofia *Lean* consiste na eliminação do desperdício existente em todos os processos de fabrico, com o objectivo de diminuir os custos e consequentemente aumentar a margem de lucro. As bases desta filosofia têm origem no Japão nos meados do século XX, onde as circunstâncias económicas e industriais levaram a procura de um sistema alternativo à tradicional produção em massa. Embora o movimento se desenvolva dentro do tecido empresarial japonês a Toyota assume a posição de expoente máximo da filosofia por ser uma empresa que produzia teares entrando no ramo automóvel com o objectivo de produzir o automóvel mais robusto e alcançar a posição de número um num dos mercados mais competitivos do mundo.

Tendo como assente a ideia de que o mercado é que estabelece o preço de um produto (o que representa a realidade industrial dos nossos tempos), a Toyota adoptou um sistema que garantia elevada flexibilidade suportado por um princípio de melhoria contínua que visava eliminar os desperdícios (*Muda*), a variabilidade dos processos (*Mura*) e as dificuldades inerentes aos mesmos (*Muri*).

Por volta da década de 70 o sistema desenvolvido (TPS – *Toyota Production System*) começou a ser disseminado à escala global. A sua comprovada flexibilidade e redução de custos inerentes fez com que empresas em todo o mundo o procurassem adoptar. Este sistema embora tenha as suas ferramentas explicadas em detalhe nos diversos livros publicados por alguns dos seus fundadores como Taiichi Ohno ou Shigeo Shingo, vai muito mais além da simples aplicação de ferramentas.

Tal como analisado por Spear & Bowen (1999) o TPS é sobretudo suportado pela capacidade intelectual dos colaboradores da organização o que torna difícil a replicação na sua total extensão. Diversas adaptações do TPS foram desenvolvidas mas o termo globalizante “*Lean Production*” só surgiu com a publicação do livro “*The Machine That Changed the World*” de James Womack, Daniel Jones e Daniel Roos em 1990.

2.1.2 Tipos de Desperdício

Todas as tarefas necessárias à execução, produção ou desenvolvimento de um produto ou serviço, podem ser divididas em três grandes grupos em termos de produtividade: valor acrescentado, desperdício necessário ou desperdício puro.

As tarefas de valor acrescentado abrangem todas as actividades que acrescentam valor ao produto na perspectiva do cliente. É usual descrever estas tarefas como sendo aquelas pela qual o cliente está disposto a pagar. Paralelamente às tarefas de valor acrescentado existe desperdício no processo.

Uma parte deste desperdício é de facto desperdício necessário. Este desperdício é essencial para a execução das tarefas de valor acrescentado. Constituem exemplos de desperdício necessário deslocações mínimas de operadores ou stocks mínimos para o desenrolar da actividade. Uma transformação operacional procurará sempre minimizar o desperdício necessário e eliminar todas as outras formas de desperdício que não influenciam o valor acrescentado de uma organização.

A identificação de desperdício é uma estrutura universalmente conhecida abordada por Ohno, (1988), e constituída por 7 tipos de desperdício. A LeanKed Academy desenvolveu no entanto um modelo próprio para a classificação de desperdício existente numa organização. Ao modelo universal acrescentou dois novos desperdícios: o **não aproveitamento do potencial humano** e o **consumo excessivo de recursos**.

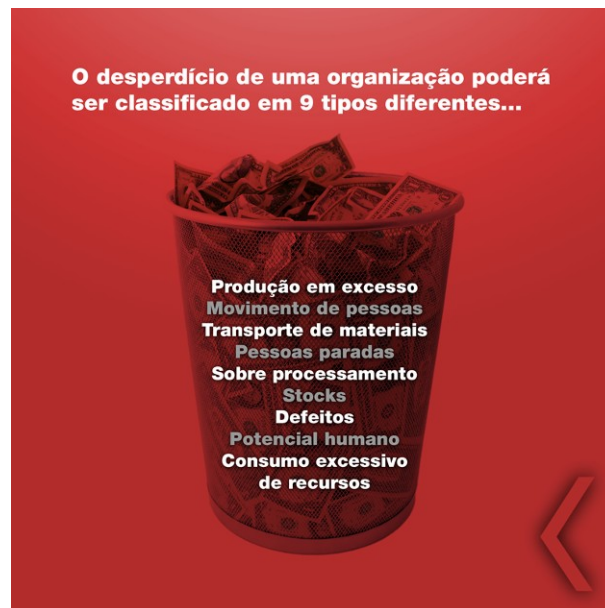


Figura 2 - Modelo LeanKed de identificação do desperdício

Produção em excesso – Resulta de produzir mais cedo, em maior quantidade, mais rápido ou um produto diferente do pretendido pelo cliente. Considerado o pior dos desperdícios porque esconde e origina grande parte dos outros: (i) mais *lead time*, (ii) mais pessoas, (iii) mais transporte e/ou (iv) maior área de armazenagem. Todos estes cenários implicam mais custos para a empresa.

Movimentos das pessoas – Todas as movimentações dos operadores que não tenham como fim acrescentar valor ao produto são consideradas desperdício. Este desperdício é evidente em

deslocações para abastecimento de materiais ou em deslocações forçadas por deficiência do *layout*.

Transporte de materiais – O transporte de material não melhora as suas características, logo não acrescenta valor e portanto deve ser eliminado. Por outro lado implica: (i) aumento dos custos de transporte, (ii) do tempo dispendido por operadores logísticos e (iii) pode inclusive resultar em danificação do material.

Pessoas paradas – Se um operador está parado não se encontra a acrescentar valor ao produto. Motivos para este tipo de desperdício podem ser: (i) falta de material, (ii) problemas de balanceamento, (iii) avarias, (iv) mudanças de trabalho, (v) ou simplesmente um operador a monitorizar o trabalho de uma máquina.

Sobreprocessamento – Efectuar mais tarefas do que as necessárias bem como o excesso de manuseamento do produto traduz-se neste desperdício. A simples normalização ou encadeamento de operações pode eliminá-lo.

Stocks – Este desperdício está directamente ligado ao de produção em excesso. Três aspectos bastante negativos resultam da existência de stocks: (i) investimento financeiro estagnado, (ii) espaço ocupado, (iii) desgaste dos respectivos materiais. É difícil para os gestores aceitarem a existência de stocks como um problema pois estes são vistos como a solução para possíveis problemas e efectivamente escondem o efeito negativo de outros desperdícios.

Defeitos – Quando o produto final está danificado é necessário a repetição de parte do trabalho com os respectivos custos associados: (i) tempo, (ii) perda de materiais incorporados e/ou (iii) geração de defeitos irrecuperáveis.

2.2 Transformação Operacional

Os projectos de melhoria operacional têm como base principal a filosofia *Lean* e têm como objectivos operacionais a eliminação permanente do desperdício e a quebra dos paradigmas existentes nas organizações, tornando-as mais rentáveis e mais flexíveis às cada vez mais imprevisíveis alterações dos mercados.

Uma transformação operacional tem impacto no aumento da rentabilidade da organização, reduzindo os custos operacionais, os custos financeiros e aumentando indirectamente o volume de vendas e a riqueza gerada. Exemplos deste impacto são o aumento da produtividade, a libertação de recursos, o aumento da capacidade de produção sem necessidade de investimento em tecnologia, a libertação de espaço, a redução de stocks, a redução dos atrasos a clientes, a redução dos tempos de resposta ao cliente e a criação de uma estrutura integrada de melhoria contínua da organização. Este ganho é conseguido através de uma mudança radical do modo de trabalho focalizando e dimensionando toda a organização tendo em conta as necessidades e o ritmo do cliente.

Um projecto de melhoria operacional consiste genericamente em 25% de planeamento e desenho e 75% de implementação, permitindo assim, para além de desenhar o caminho a seguir, implementar as transformações necessárias no terreno, em plena interacção com os problemas possibilitando a sua rápida resolução.

Visão Futura – 7 Passos de uma Transformação Operacional

Uma transformação operacional passa por criar um novo sistema dentro da organização que a torne mais flexível e melhore a performance operacional, mas também que crie um

movimento de melhoria contínua dentro da organização. O novo sistema será assente em 7 pilares: (i) estabilizar, (ii) normalizar, (iii) criar fluxo de produção, (iv) ritmo de produção, (v) sistema *pull*, (vi) nivelamento e (vii) treino da organização. Uma transformação operacional deve evoluir de forma estruturada mediante os diferentes passos que há que implementar.

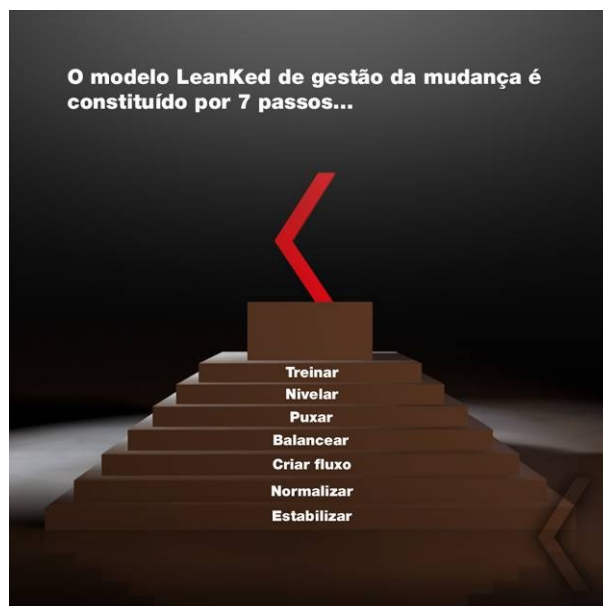


Figura 3 - Modelo LeanKed para uma Transformação Operacional

Estabilizar – O passo inicial é estabilizar e sucede antes de se proceder à transformação operacional, pois é necessário garantir a estabilidade das operações relativamente a 4 domínios (mão de obra, material, máquina e método). É crucial para o sucesso da transformação operacional que não exista variabilidade nas questões relativas ao funcionamento da organização. Constituem acções de estabilização:

- Eliminar rupturas de material
- Aumentar a disponibilidade dos equipamentos
- Reduzir o absentismo das pessoas
- Reduzir os problemas de qualidade
- Reduzir a resistência à mudança

Duas ferramentas a utilizar como forma de auxiliar a estabilização, são os 5S e a Gestão Visual.

Normalizar – Como consequência da criação de fluxo de produção na organização, as tarefas individuais dos colaboradores vão necessitar de ser normalizadas. O recurso à normalização consistirá: (i) no desenho de sequências de tarefas em fluxo, (ii) organização de materiais, ferramentas e informação dentro duma área de criação de valor, (iii) respeito pelas normas estabelecidas e (iv) treino de operadores com vista a eliminar sobreprocessamento. Estas acções têm como objectivo contribuir para o aumento da produtividade de cada operador.

Criar Fluxo de Produção – A organização dos processos por área funcional, em que cada área funcional trabalha de forma isolada e produzindo sem parar origina um grande volume de

produção. Isto é feito com o objectivo de tentar maximizar a capacidade instalada da organização. Tem como base de funcionamento que quanto maior for o lote de produção menor será o custo de produção do produto. No entanto quando calculados todos os custos de produção directos e indirectos chega-se à conclusão que este custo é muito superior pois inclui o custo de produção em excesso e dos outros desperdícios.

A criação de fluxo de produção implica então uma mudança radical da organização passando esta a operar numa óptica de fluxo em que um produto passará de um processo para o outro sem paragens. Como consequência ocorrerá a redução: (i) do *lead time*, (ii) do trabalho em curso e (iii) do volume de retrabalho. As principais vantagens surgem depois ao nível do custo e do tempo de resposta aos clientes.

Ritmo de Produção – Uma organização que funcione em fluxo tem também que sincronizar a produção com a procura, através do ritmo do cliente. Numa organização *Lean* o ritmo do cliente é representado pelo *takt time*. Segundo Rother & Harris (2001) o *takt time* indica a taxa a que o cliente está a comprar cada produto e numericamente é calculado dividindo o tempo disponível pela procura.

Sistema Pull – Naturalmente que numa cadeia de valor certas operações não são susceptíveis de serem incluídas num fluxo de produção, podendo tal suceder: (i) entre a organização e os fornecedores, (ii) entre linhas de montagem e de produção (devido a funcionarem com ritmos diferentes e/ou existirem tempos de *setup* elevados) e (iii) entre montagem e pré-montagem (onde a duplicação não é viável).

O sistema *pull* baseia-se na transposição de pedidos do cliente em ordens de produção, isto é o cliente vai puxar a produção e consequentemente determinar o ritmo de trabalho do fornecedor.

De acordo com Smalley (2004) o cliente puxará uma operação localizada a jusante na cadeia de valor que opere em fluxo. Será depois esta operação que promoverá a difusão do ritmo dentro dos restantes processos da organização. Estes processos poderão funcionar mediante um modelo *one-piece-flow*, supermercado e/ou FIFO. É por isso importante introduzir outros conceitos relacionados com um sistema *pull*.

- **Supermercado** – É uma área de armazenagem que quando um determinado nível de stock é atingido informa o processo a montante da necessidade de reposição. A utilização de supermercados tem as seguintes características: (i) gestão visual para controlo de stock e necessidades de reposição, (ii) garantir FIFO, (iii) facilitar os movimentos de acesso e consequentemente o *picking* e (iv) localização junto ao fornecedor para que este o possa controlar mais facilmente. O supermercado define então as necessidades de produção do fornecedor e permite absorver variações nos pedidos do cliente. Normalmente e devido a restrições de espaço o supermercado abrange apenas as principais referências.
- **Bordo de Linha** – Junto às linhas de produção são também colocados pequenos supermercados chamados bordo de linha. No bordo de linha disponibilizam-se os materiais que vão ser utilizados pelos operadores devendo ser organizados de forma a terem a posição mais favorável para a utilização do operador e também para garantir o abastecimento regular por parte do operador logístico.

- **Kanban** – Para coordenar e sincronizar quer as linhas de produção quer os supermercados recorre-se à utilização de *kanban*. Um *kanban* é uma ordem de movimentação ou de produção, que ajuda a garantir a reposição contínua dos supermercados e bordos de linha. Numa ordem de movimentação realiza-se a troca de um contentor vazio por um contentor cheio do supermercado fornecedor, enquanto uma ordem de produção indica a necessidade de produzir um novo contentor para repor um vazio. Os *kanban* contêm no mínimo 4 tipos de informação: (i) identificação do material, (ii) quantidade, (iii) localização no supermercado e (iv) localização no supermercado cliente.
- **Mizusumashi** - O sistema *pull* introduz nas organizações o *mizusumashi* que é um operador logístico diferente do tradicional. O *mizusumashi* é responsável pela movimentação de materiais e informação e cumpre ciclicamente uma rota previamente definida na qual realiza tarefas que foram previamente normalizadas. A actuação de um *mizusumashi* é comparada por Coimbra (2009) com o modo de funcionamento de um metro em oposição com o empilhador que se assemelha a um táxi.

Nivelamento – Resulta da capacidade do fornecedor em acompanhar o ritmo do cliente, produzindo em fluxo unitário ou em pequenos lotes. Traduz-se por nivelar o *mix* de referências em conjunto com o volume de produção e desta forma caminhar gradualmente para o nivelamento unitário. Seis grandes vantagens resultam da capacidade de nivelamento: (i) redução da dimensão dos supermercados, (ii) maior capacidade de entrega de *mix* de referências, (iii) maior capacidade de resposta ao mercado, (iv) redução do efeito chicote, (v) aumento da qualidade e (vi) balanceamento da carga de trabalho.

Treino – A ruptura com os paradigmas em que as organizações se sentem confortáveis implica muita persistência e treino de toda a organização. Uma transformação operacional implica treino constante de forma a atingir a performance e os resultados pretendidos, e este treino é importante que aconteça acompanhando a introdução na organização de cada um dos aspectos descritos anteriormente.

Para mais informação consultar Fontes (2010).

2.3 LQS – LeanKed Quick Change System

A LeanKed Academy estrutura uma transformação operacional através do LeanKed QuickChange System, que inclui três fases distintas – Planeamento, Implementação e Acompanhamento. Seguindo esta abordagem é possível viabilizar uma transformação operacional de forma sustentável, preparando a organização para os desafios presentes e futuros.

Os princípios e valores do LQS são aplicados em três pilares das organizações – Sistemas Operacionais, Estrutura Organizativa e Comportamentos - como forma de garantir a sustentabilidade do seu método de gestão da mudança.



Figura 4 - LQS 3 pilares de mudança nas organizações

A acção nos **Sistemas Operacionais** consiste na organização dos recursos físicos e métodos de trabalho ao longo da cadeia de valor com o objectivo de aumentar a eficiência dos elementos directamente ligados aos processos. Paralelamente a influência no pilar da **Estrutura da Organização** procura reformular a distribuição dos recursos que suportam os sistemas operacionais. A acção nos **Comportamentos** está focada na mudança dos pensamentos e atitudes dos colaboradores da organização e as acções de treino avançado tem uma grande importância em relação ao trabalho a realizar neste pilar.

Em relação à transformação operacional na fase de planeamento procura-se entender as verdadeiras causas dos problemas da organização e estruturar um conjunto de melhorias que permita resolver esses problemas de forma eficaz. A dimensão do projecto e as oportunidades de melhoria são definidas nesta fase.

A fase seguinte é a de implementação em que as tarefas indicadas no plano de acção que resultou do planeamento são executadas. Este trabalho é feito em equipa e no terreno com colaboradores da LeanKed Academy e da organização.

Na fase de acompanhamento procura-se garantir a existência de condições para as melhorias implementadas serem sustentáveis a médio - longo prazo. Consiste na monitorização do processo e na procura focalizada de pequenas optimizações do processo.

2.3.1 Fase de Planeamento

A fase de planeamento é essencial para que a implementação seja feita de forma sustentável. No entanto em muitos casos as empresas desvalorizam a importância da fase de planeamento e pretendem passar imediatamente para a implementação onde os resultados são mais mensuráveis. A LeanKed Academy inclui as seguintes etapas na fase de planeamento:

- Estruturação do *Problem Solving*
- Mapeamento da Situação Actual
- Treino Global de Operações *Lean*
- Desenho da situação futura
- Plano de Acção e Apresentação

Estruturação do *Problem Solving*

No início do planeamento procura-se conhecer a realidade da organização para se proceder à análise do problema de forma estruturada e envolvendo a participação dos vários agentes decisores. É importante que todos possam compreender o problema central para que se proceda à identificação de hipóteses de melhoria.

Mapeamento da Situação Actual

A etapa seguinte consiste no mapeamento do processo recorrendo ao *Value Stream Map* que é uma das principais ferramentas *Lean*. O VSM é uma abordagem de Rother e Shook (1998) que analisa o fluxo de valor de forma a visualizar todo o processo produtivo. Este método auxilia a introdução de melhorias que resultem na melhoria efectiva de todo o processo e não somente pequenas optimizações de partes pontuais.

Por fluxo de valor depreende-se todas as actividades que ocorrem dentro da organização desde a ordem de produção de determinado pedido até à entrega ao cliente final. Realiza-se mediante a observação directa do processo produtivo e tradução do mesmo numa representação visual que evidencia os fluxos de materiais e de informação. Este método de visualização da cadeia de valor permite identificar não só os desperdícios existentes mas também a fonte dos mesmos. Serve como base de partida para a meta a alcançar de introduzir um fluxo contínuo orientado pelas necessidades do cliente desde a matéria-prima até ao produto final. O VSM é, por isso, uma ferramenta de comunicação, de planeamento e auxilia na gestão da mudança.

Treino Global de Operações *Lean*

Depois de identificados os problemas da organização e percebido o fluxo de materiais e informação a etapa seguinte consiste no treino dos principais agentes de decisão da organização na filosofia *Lean*. O objectivo é que estes percebam o trabalho até então desenvolvido e dotá-los dos conhecimentos essenciais ao desenho da situação futura. Este treino tem uma vertente prática muito acentuada em que com o recurso a um simulador se pretende demonstrar os conceitos base das filosofias *Lean* em funcionamento.

Desenho da situação futura

Após o treino, e em equipa com os agentes decisores é desenhada a situação futura da organização. O novo sistema terá por base os 7 pilares que suportam uma transformação operacional. Pretende-se eliminar no desenho do estado futuro os desperdícios e as fontes de desperdício identificadas no primeiro VSM. Este mapeamento futuro deve por isso indicar como se pretende que a organização passe a operar.

Plano de Acção e Apresentação

Para concluir o planeamento desenvolve-se um plano de acção que sirva como guia do conjunto de acções a realizar. Este deve indicar todas as medidas a tomar, o início da implementação, a duração prevista, os objectivos a atingir e o responsável por cada implementação. É importante para que uma transformação operacional seja bem sucedida que se conclua a fase de planeamento de forma a existir um VSD do estado futuro e um plano de acção que auxilie durante a implementação.

2.3.2 Como Construir uma Organização Lean

O treino global de operações *Lean* surge não só inserido em fases de planeamento mas também em acções de sensibilização, isto é formação sob a forma de workshops. Nestes eventos é importante garantir que o conhecimento sobre a filosofia *Lean* é absorvido pelos participantes, ao mesmo tempo que se demonstra de forma prática as potencialidades da mesma. A aplicação prática está assente em simulações, em que observando e experimentando diferentes métodos os formandos devem ser capazes de identificar problemas, eliminá-los e estruturar uma transformação operacional com o objectivo de atingir os objectivos propostos.

2.4 Simuladores de Sistemas Produtivos

Tendo em conta as vantagens da utilização de simuladores para a absorção rápida de conhecimento, é comum o recurso a aplicações deste género. Diferentes aplicações académicas e empresariais têm sido desenvolvidas ao longo do tempo, recorrendo a simulação física ou computacional.

Um dos simuladores mais conhecidos é o “*Beer Game*”. O jogo da cerveja foi desenvolvido nos anos 60 por um grupo de investigadores do MIT e é um dos mais conhecidos jogos de simulação. É bastante comum a sua utilização em *MBA* e é jogado tanto por estudantes como por administradores em versões de tabuleiro ou em computador. A grande potencialidade do jogo é demonstrar o *bullwhip effect* que se traduz na amplificação da procura ao longo da *supply chain*.

Considerando o âmbito deste projecto é usual encontrar no mundo empresarial simuladores de criação de fluxo. Regra geral estes simuladores representam a simples montagem de um produto, sendo que as diversas operações de montagem se encontram afastadas umas das outras reproduzindo assim a organização funcional.

Limitações

O simulador LeanKed a desenvolver tem claramente pontos comuns com os simuladores de fluxo referidos anteriormente, pois a criação de fluxo é de facto um dos principais pontos de uma transformação operacional. A análise destes mesmos simuladores levou a identificação de algumas limitações que o simulador LeanKed deverá superar. Estes simuladores utilizam como produto tomadas eléctricas ou *Legos*.

- Numa fábrica normalmente existe entre outras uma área de montagem, uma de pintura, uma de injeção e não a zona onde se monta o componente A com o B, numa outra a montagem de AB com C, de seguida ABC com D e assim consecutivamente. Embora esta solução possa levar a compreender a ideia de fluxo contínuo de produção, as empresas não se revêem neste tipo de *layout* funcional que é forçado.
- As empresas não se revêem no produto a ser utilizado na simulação. É comum que da parte dos formandos exista alguma desconfiança face à mensagem que se pretende transmitir.
- A ausência de operações máquina é uma limitação clara das simulações existentes. Estas sempre se focaram apenas no simples processo de montagem de componentes. É portanto importante incluir no processo operações máquina e demonstrar que embora exista um claro aumento da complexidade a criação de fluxo continua a ser possível.

3 Análise e Desenvolvimento do Simulador

Os conceitos que são necessários transmitir às organizações durante a fase de treino nem sempre são de fácil compreensão. Existe normalmente alguma dificuldade por parte das empresas em interiorizar o conhecimento que é necessário transmitir, o que limita todo o processo pois é essencial trabalhar em conjunto com as pessoas.

Uma transformação operacional vai romper com o actual modo de funcionamento da organização e implicará a adopção de um novo sistema. Este novo sistema tem por base conhecimento que é importante e deve, por isso, ser interiorizado na organização e nos seus colaboradores. De forma a ultrapassar este problema é portanto relevante incluir na fase de planeamento uma ferramenta que permita demonstrar realmente como é que os conceitos que irão futuramente ser aplicados nas organizações funcionam e efectivamente melhoram a organização. A LeanKed Academy entendeu desenvolver um caso prático próprio para utilizar nos seus treinos que simule uma transformação operacional.

Apresenta-se neste capítulo a definição do simulador e as suas especificidades tendo em consideração três pontos: o produto escolhido, o sistema de produção retratado e os respectivos indicadores de desempenho.

3.1 Definição do Produto

A escolha do Produto a utilizar para a simulação foi enquadrada mediante 5 requisitos principais: Operações de Montagem, Robustez, Operações Máquina, Produto Conhecido e Exclusividade.

- **Operações de Montagem** – O produto em causa deve ser constituído por vários componentes que impliquem montagem de forma a permitir uma maior envolvimento dos participantes e demonstrar as vantagens da criação de fluxo e balanceamento de postos de trabalho.
- **Robustez** - De forma a possibilitar o manuseamento pretendido nas operações de montagem o produto escolhido deverá ser susceptível de poder ser desmontado e montado diversas vezes. Isto implica alguma resistência para que não se danifique facilmente.
- **Operações Máquina** – O produto a incluir no simulador deve ser susceptível de contextualizar transformações de componentes mediante operações máquina.
- **Produto Conhecido** – Pretende-se que o produto seja conhecido pela generalidade das pessoas e que estas o utilizem regularmente de forma a estarem familiarizadas com o mesmo.

- **Exclusividade** – É do interesse da LeanKed Academy que a simulação a desenvolver seja exclusiva e que a replicação da mesma por outras entidades não seja facilitada.

Mediante estes requisitos analisaram-se diferentes produtos tendo a escolha recaído num rato com esfera, que validou os 5 requisitos.

- **Operações de Montagem** – É constituído por 13 componentes com operações de montagem simples.
- **Robustez** – Possibilidade de montar e desmontar inúmeras vezes sem o danificar.
- **Operações Máquina** – Revela-se possível, real e lógico incluir na simulação uma operação máquina sobre os circuitos ou um acabamento superficial.
- **Produto Conhecido** – Utilizado pela generalidade das pessoas no dia-a-dia.
- **Exclusividade** – Por se tratar do modelo com esfera (o que se revela interessante mediante o requisito Operações de Montagem) este produto está descontinuado o que torna a replicação com este produto bastante improvável.

A montagem do rato com esfera resulta da incorporação de 13 componentes mais 3 componentes que compõe a embalagem. Os componentes podem ser consultados no anexo A.

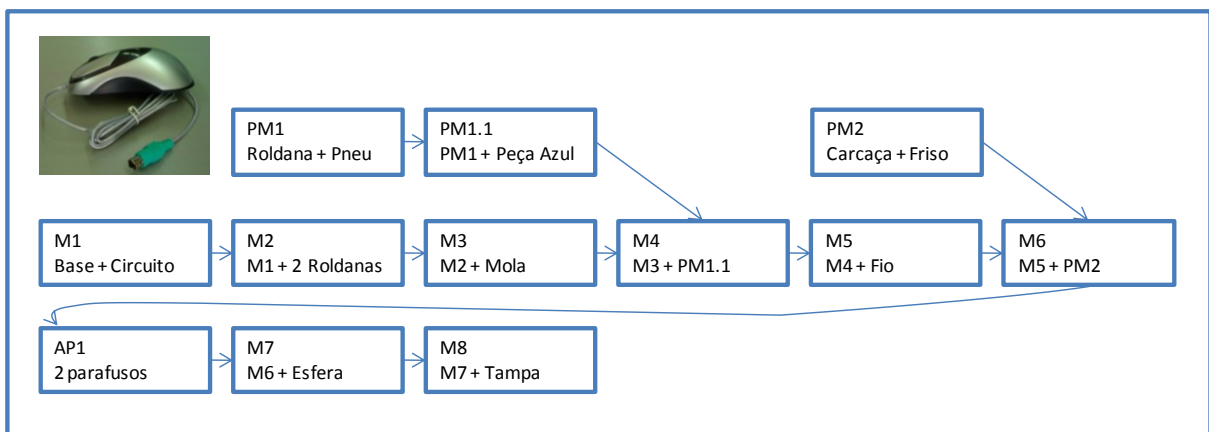


Figura 5 - Árvore de produto do rato de computador utilizado no simulador

3.2 Definição do Sistema de Produção

Seguindo o mote “Transformar Desperdício em Produtividade” o simulador deverá representar situações onde se demonstrem os desperdícios identificados no capítulo anterior e os problemas que estes causam no sistema de produção das organizações. Por isso mesmo o sistema de produção a retratar está assente em 3 requisitos principais: representar um modo de funcionamento tradicional seguindo um layout por áreas produtivas de forma a maximizar a capacidade instalada, caracterizar a interação entre postos máquina e postos de trabalho manual e funcionar mediante produção constante em quantidade formando-se assim lotes de produção.

O sistema de produção a desenvolver deverá seguir estes conceitos de forma a possibilitar uma evolução no modo de funcionamento resultante da transformação operacional e consequente mudança do paradigma.

De modo a caracterizar o sistema de produção apresentam-se de seguida a gama de fabrico a representar, a definição dos processos máquina e dos postos de trabalho e o desenho do *layout*

da fábrica. Por fim apresenta-se detalhadamente o processo simulado pelo sistema de produção e faz-se a validação da solução adoptada mediante a identificação do desperdício existente na solução retratada.

3.2.1 Gama de Fabrico

Considerando o produto escolhido e os seus componentes, especificou-se uma gama de fabrico caracterizada por um fluxo principal assente na montagem ao qual afluíam alguns componentes que sofreram operações de transformação.

O Diagrama de Processo seguinte representa a gama de fabrico que irá ser retratada no simulador.

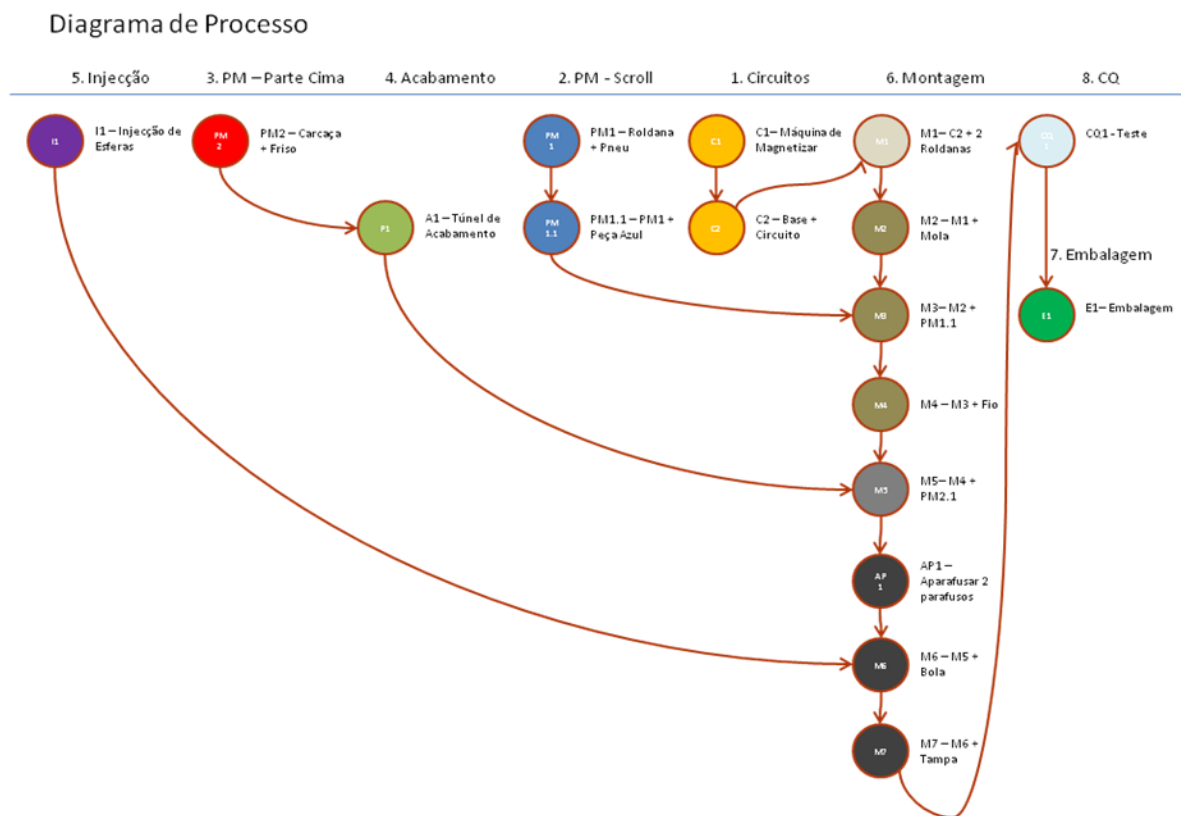


Figura 6 - Diagrama de Processo - Gama de Fabrico

Tendo em consideração a diversidade de operações a retratar no sistema de produção surgem assim diversas áreas funcionais: Injecção, Pré-Montagem, Acabamento, Circuitos, Montagem, Controlo de Qualidade e Embalagem.

3.2.2 Definição dos Processos Máquina

A gama de fabrico retratada no sistema de produção implica algumas operações máquina. Os processos máquina representam diferentes conceitos que podem ser observados regularmente nas organizações.

Procurou-se assim introduzir no simulador alguns conceitos ligados aos processos máquina: produção em lote por restrição de máquina, máquina tipo forno, máquina tapete em que ocorre transformação de produto implicando deslocação do mesmo, máquina automática, Controlo de Qualidade e SMED.

Máquina de Magnetizar

Dentro dos processo máquina a contextualizar era importante reproduzir no simulador um processo máquina que representasse eficazmente o conceito de produção em lote. A demonstração deste conceito surge ligada ao conceito de máquina tipo forno ou de lavar na qual ocorre abastecimento e fecho do produto na máquina e durante o tempo de funcionamento não existe movimento ou interação com o produto por parte do operador. Em muitas organizações este tipo de processos máquina implica o abastecimento na máquina de quantidades superiores a uma unidade antes do início da operação.

No caso particular do simulador desenvolveu-se uma máquina com base nestes conceitos para realizar uma transformação sobre os circuitos eléctricos. A transformação foi retratada no simulador como uma operação de magnetizado surgindo assim a máquina de magnetizar. O processo máquina contextualizado transforma 4 circuitos reflectindo assim o conceito de lote de produção e a transformação tem uma duração de 45 segundos.



Figura 7 - Máquina de Magnetizar utilizada no simulador

Túnel de Acabamento

O conceito de máquina tipo tapete retrata os transportadores que deslocam o produto entre dois pontos mas também túneis de pintura em que durante a deslocação ocorre transformação do produto.

Este conceito é introduzido no simulador representado num Túnel de Acabamento. O produto é transportado ao longo dos 60 cm de comprimento do túnel demorando 14 segundos. Contextualizou-se que durante este transporte a parte de cima do rato recebe um determinado acabamento.

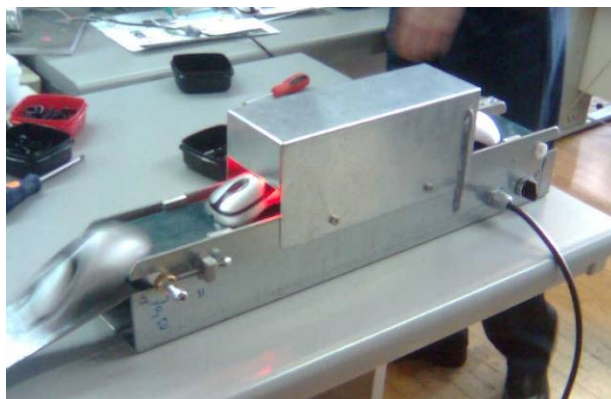


Figura 8 - Túnel de Acabamento

Máquina de Injecção

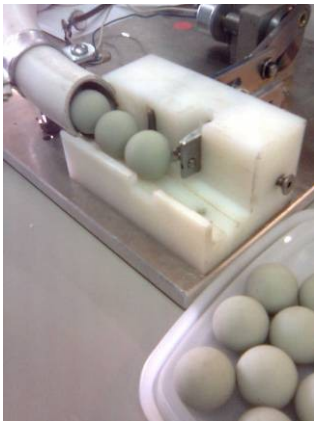


Figura 9 - Máquina de Injecção

O conceito de máquina automática retrata equipamentos em que não há interferência do operador no processo. Esta situação acontece por exemplo nas máquinas de matriz de injeção. O produto é disponibilizado a uma determinada cadência e a acção do operador consiste normalmente na construção dos lotes de movimentação. Normalmente os lotes de movimentação neste tipo de equipamentos constituem contentores com quantidades superiores a uma unidade.

Em relação ao simulador definiu-se um processo máquina que contextualize uma máquina de injeção que liberta esferas com um tempo de ciclo de 16 segundos. Como consequência o operador abastecerá os processos cliente com contentores contendo alguma quantidade de esferas representando o lote de movimentação.

Teste de Qualidade

O teste de qualidade surge como forma de reforçar os conceitos de controlo de qualidade e inspecção do trabalho. Pretende representar um controlo do processo. Assim esta etapa da gama de fabrico é representada no simulador com a conexão do rato a um computador como forma de verificar a existência de defeitos.



Figura 10 - Teste de Qualidade

Máquina de Corte de Etiquetas

O conceito de SMED é um dos principais a ter em consideração para a aplicação de um sistema *pull*. O conceito e ideia principal a representar está relacionado com o tempo de troca de referência. Este aspecto permitirá avaliar as implicações para o sistema produtivo de tempos de troca de referência diferentes mas sobretudo as potencialidades de melhoria através de intervenções SMED nos equipamentos.



Figura 11 - Máquina de Corte de Etiquetas

No caso particular do simulador estes conceitos estão implícitos numa máquina de corte de etiquetas. Este processo máquina representa uma operação que se encontra no fim do processo produtivo e consiste numa etiqueta a ser colocada na embalagem. Existem 2 estados de evolução diferentes relacionados com a (i) troca de ferramenta, (ii) o centro do eixo de corte e a (iii) troca de matéria-prima, que terão como consequência um tempo de *setup* inferior. Este tempo de *setup* é de cerca de 12 minutos inicialmente e como resultado da aplicação de SMED será possível realizar a troca de ferramenta em cerca de 30 segundos.

Posteriormente a empresa decidiu não utilizar a máquina de corte de etiquetas neste simulador sendo esta apenas utilizada em módulos específicos relativos a SMED. A decisão deveu-se ao

facto de a máquina não estar directamente relacionada com a criação de fluxo o que levaria à dispersão da atenção dos participantes em relação a ambos os conceitos.

Os desenhos técnicos das máquinas dimensionadas encontram-se disponíveis no anexo B.

3.2.3 Definição dos Postos de Trabalho

O Treino Global de Operações da LeanKed Academy é um módulo a ser leccionado a grupos de 10 a 15 pessoas, dessa forma e tendo em conta a gama de fabrico procedeu-se a uma distribuição do trabalho considerando a utilização de 12 pessoas no sistema de produção. O estudo dos tempos de montagem fez-se mediante a observação e medição do tempo de operação numa amostra de 10 ensaios. O melhor e o pior tempo obtido nos 10 ensaios foi retirado da amostra e definiu-se como critério de adopção do tempo de operação teórico a média arredondada para cima dos restantes 8 resultados. Os resultados obtidos podem ser consultados de forma detalhada no anexo C.

Tabela 1 - Tempos de Operação Teóricos

Operação	Tempo (segundos)
C1 – Magnetizar Circuitos	45
C1.1 – Abastecer / Remover circuitos	8
C2 – Colocação de Circuito na Base	5
PM1 – Peça Azul + Roldana Dupla	5
PM1.1 – PM1 + Pneu	4
PM2 – Montagem da Parte Cima	8
A1 – Túnel de Acabamento	14
A1.1 – Abastecer Túnel	2
I1 - Injecção	16
I1.1 – Remover Esfera Injectada	2
M1 – Aplicação das duas Roldanas Simples	9
M2 – Aplicação da Mola	6
M3 – Colocação do <i>Scroll</i>	8
M4 – Aplicação do Fio de Conexão	18
M5 – Encaixe das Duas Partes	8
AP1 - Aparafusamento	19
M6 – Colocação da Esfera	3
M7 – Colocação da Tampa	3
CQ – Controlo de Qualidade	8
E - Embalagem	21

A distribuição dos operadores por postos de trabalhos considerou o número de participantes a incluir na simulação e o *output* pretendido. Foram colocados 4 operadores na montagem sendo os restantes distribuídos pelas diferentes áreas de trabalho e incluindo também um operador logístico. Na área de montagem as tarefas de cada operador foram divididas de uma forma não balanceada e restringindo a possibilidade de entreajuda. Esta decisão garante a ocorrência de desperdício a eliminar na transformação operacional posterior. A figura

seguinte demonstra de forma visual esta distribuição de trabalho e a existência de dois tipos de operação: manual e máquina.

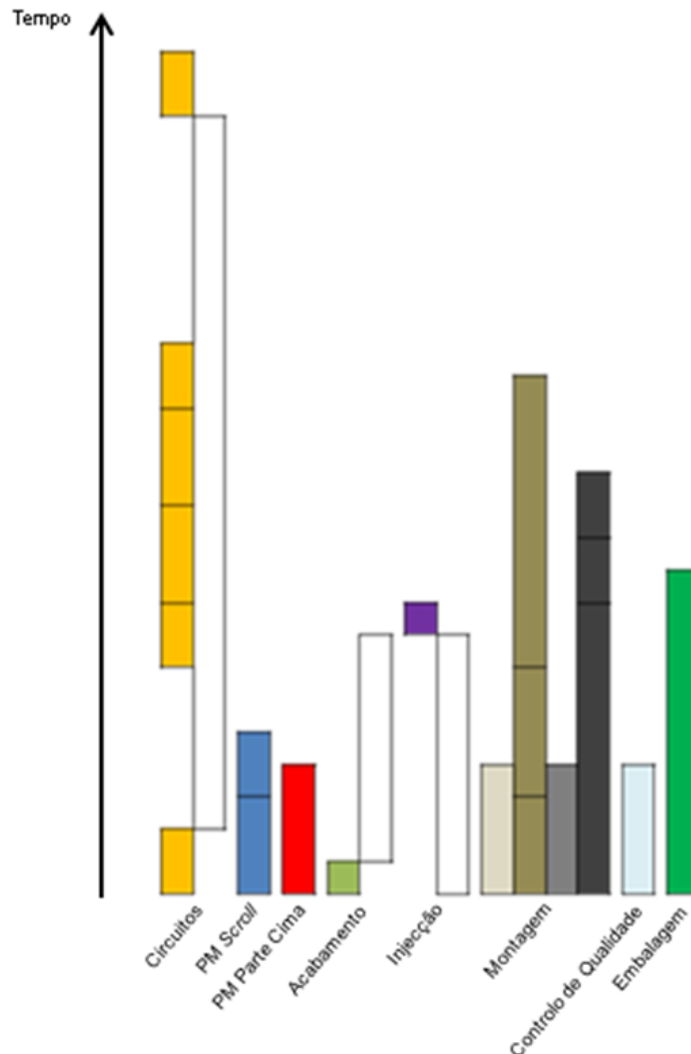


Figura 12 - Balanceamento do Trabalho - Estado Inicial

Relativamente ao operador logístico a sua carga de trabalho foi dimensionada de forma bastante variável pois, deverá operar respondendo às solicitações dos operadores das diferentes áreas.

3.2.4 Desenho do *Layout* da Fábrica

O desenho do *layout* da Fábrica procura representar um *layout* próximo da realidade e necessita de estar estruturado por áreas funcionais. Surgem assim 7 áreas distintas tendo em conta as diversas operações pelas quais o produto terá que passar: Circuitos Eléctricos, Pré Montagem, Injecção, Acabamento, Montagem, Control de Qualidade e Embalagem. Apresenta-se de seguida um *Arrow Diagram* baseado na versão disponível no livro “*JIT Implementation Manual*” de Hiroyuki Hirano, representando o *layout* em questão e o processo produtivo em causa.

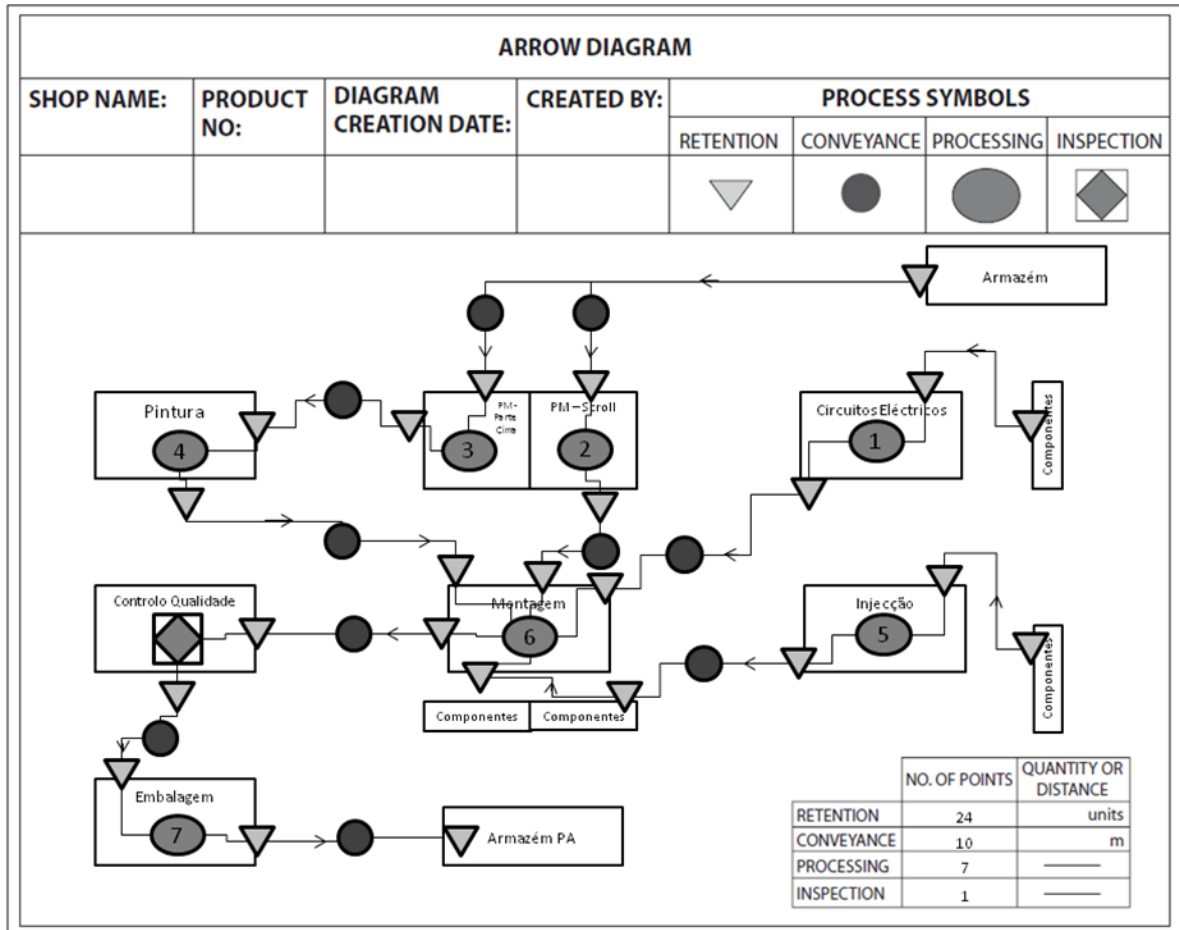


Figura 13 - Arrow Diagram - Layout por Área Funcional

3.2.5 Descrição Detalhada do Processo Produtivo

Considerando as escolhas e opções efectuadas relativamente à gama de fabrico, processos máquina, balanceamento dos postos de trabalho e *layout* da fábrica o sistema produtivo a simular decorrerá da seguinte forma:

Circuitos Eléctricos

Nesta zona realizam-se as operações C1 e C2. C1 consiste num tratamento de “magnetização” numa máquina pelo qual os circuitos têm de passar. Concluída esta operação os circuitos são então colocados na base do rato para posterior montagem (C2). Finalizadas estas duas operações a base com o circuito será transportada para a zona de montagem. Nos circuitos eléctricos existe um operador responsável por estas operações. Este operador deve deslocar-se ao armazém sempre que necessitar de material.

Pré-Montagem

Na zona de Pré-Montagem existem duas linhas, uma dedicada à produção de *scrolls* e outra à parte de cima dos ratos. Em cada uma das linhas existe um operador.

A pré-montagem do *scroll* consiste em duas operações que incorporam 3 componentes: **PM1** = Peça Azul + Roldana Dupla e **PM1.1** = PM1 + Pneu. Os *scrolls* são de seguida enviados para a linha de montagem.

A pré-montagem da parte de cima do rato tem uma operação **PM2** que consiste na aplicação do friso na carcaça. A parte de cima ao contrário dos *scrolls* é enviada para a zona de acabamento. As dimensões e o consumo deste componente provocam stock no posto de trabalho estando portanto disponível na linha em quantidades reduzidas. Sempre que necessite de material o operador deve deslocar-se ao armazém.

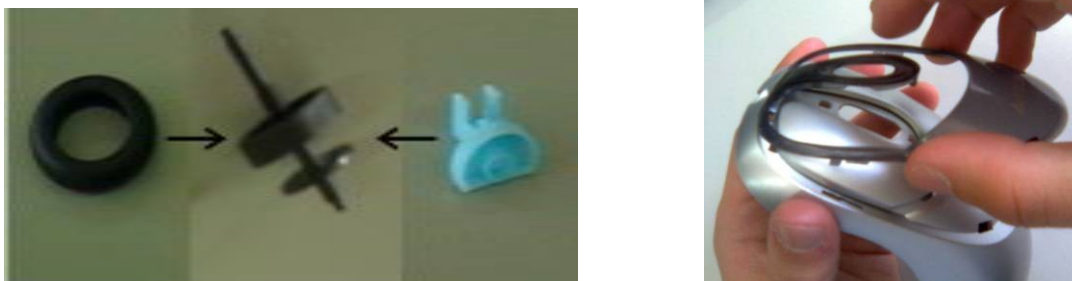


Figura 14 - Pré-Montagem do *Scroll* e da Parte de Cima

Acabamento

Na zona de acabamento o conjunto pré-montado tem de passar pelo túnel de acabamento (**A1**). Existe na área de acabamento um operador com a função de abastecer e retirar o componente do túnel. Quando concluída a operação de acabamento a parte de cima é enviada para a montagem.

Injecção

A zona de injeção tem um operador responsável pela máquina de injeção. As esferas são “injectadas” (**I1**) de forma constante assim que a máquina inicia e de forma automática com um tempo de ciclo de 16 segundos. O operador forma um lote de movimentação e envia as esferas para a montagem.

Montagem

Na montagem realizam-se múltiplas operações e esta área recebe componentes das 3 zonas descritas anteriormente. Existem na montagem quatro operadores com responsabilidade de realizar as seguintes tarefas:

Operador 1:

M1 – Colocar na base com circuito as duas roldanas de movimentação do rato.

Operador 2:

M2 – Introduzir a mola de pequenas dimensões no espaço correspondente

M3 – Colocar o *scroll*, tendo em atenção que a peça azul inserida no *scroll* terá que encaixar na mola

M4 – O fio de ligação ao computador tem que ser encaixado no circuito. Esta tarefa também contempla o correcto posicionamento do fio no interior do rato. Esta operação é essencial para a tarefa seguinte.

Operador 3:

M5 – Encaixe da base com todos os componentes instalados com a parte de cima do rato.

Operador 4:

AP1 – Aparafusamento das 2 partes do rato com 2 parafusos

M6 – Colocação da esfera

M7 – Colocação da tampa que fecha a esfera.



Figura 15 - Operações M5 e M7

Terminada a montagem o rato é enviado para o Controlo de Qualidade onde irá ser inspeccionado.

Controlo de Qualidade

A inspecção ao rato é feita por um operador. Se o rato for detectado pelo computador e funcionar sem qualquer problema o processo de montagem foi bem sucedido. Depois de inspeccionado e aprovado o rato é enviado para a zona de embalagem.

Embalagem

Existe um operador nesta área com a função de embalar o rato numa caixa de cartão. A embalagem contém 3 componentes – protecção de plástico, cartão interior e exterior.



Figura 16 - Operações de Embalagem

Operador Logístico

Durante a simulação recorre-se também a um operador logístico responsável pelo transporte de materiais entre as diversas áreas. Este operador é chamado pelos operadores caso estes tenham material para enviar para o processo cliente ou caso necessitem que este os abasteça com material para continuarem a desenrolar o seu trabalho. O transporte de material é feito num contentor de forma não normalizada.

3.2.6 Validação da Solução Adoptada

A situação de simulação contextualizada durante este capítulo vai simular uma organização funcional em que a produção é empurrada até ao cliente. Deste modo as diversas áreas de trabalho funcionam como ilhas separadas dentro da fábrica em que o trabalho dos operadores não é balanceado. O modelo de identificação de desperdícios é aplicável na observação do processo de fabrico do simulador. A identificação do desperdício e as suas consequências para o processo produtivo é tal como referido no início do capítulo um dos objectivos do simulador.

Para validar a solução adoptada é necessário proceder à identificação do desperdício no sistema de produção contextualizado. Existem na simulação exemplos dos 7 tipos de desperdício presentes de forma directa e indirecta.

Devido à dinâmica da simulação e por esta envolver o desempenho de diferentes participantes alguns dos desperdícios poderão ou não ocorrer.

Produção em Excesso

Esta situação ocorre quando se produz mais do que necessário. Face à procura existente é produzido mais do que o que o cliente quer. Importa distinguir que nesta situação não se trata apenas de material parado, mas sim material que foi processado e encontra-se em curso. Esta situação verifica-se em 5 áreas:

Montagem – Operador 1 – Acumulação de bases após a operação **M1** à saída deste posto.

Montagem – Operador 3 – Acumulação de ratos encaixados (**M5**) à saída deste posto.

Pré-Montagem *Scroll* – Acumulação de *scrolls* (**PM1.1**) nesta linha bem como junto ao operador 2 da Montagem.

Pré-Montagem Parte Cima – Acumulação de partes de cima (**PM2**) à saída do posto e à entrada do acabamento.

Acabamento – Partes de cima acabadas (**A1**) à saída do posto e junto ao operador 3 da Montagem.

Circuitos – Bases com circuito (**C2**) acumuladas à saída do posto e junto ao operador 1 da Montagem.

Injecção – Injecção de bolas (**I1**) superior às necessidades de produção.



Figura 17 - Produção em Excesso da Parte Cima

Movimento de Pessoas

Em relação ao desperdício de movimentação de pessoas importa considerar aqueles movimentos que são de facto desnecessários ou que podem ser consideravelmente melhorados.

Circuitos – Abastecimento feito pelo operador que se desloca ao armazém quando necessita de bases e circuitos.

Pré-Montagem Parte Cima – Abastecimento feito pelo operador que se desloca ao armazém quando necessita de carcaças.

Operador Logístico – A rota caótica efectuada pelo operador logístico é desperdício de movimentação de pessoas. É visível pelo movimento constante do operador logístico em função das necessidades dos outros operadores podendo transportar ou não material durante as diversas movimentações que faz.

Pessoas Paradas

Duas situações devem ser consideradas mediante este desperdício: paragem forçada por falta de material e tempo de espera como consequência da operação máquina.

Circuitos – O operador de circuitos tem um tempo de paragem bastante elevado (45 segundos) resultante do tempo de ciclo da máquina.

Acabamento – O operador tem como tarefa apenas o abastecimento da máquina passando grande parte do tempo monitorizando a máquina.

Operador 1 da Montagem – Como consequência do balanceamento incorrecto do trabalho este operador tem que parar devido a rupturas de material, pois é usual ter que aguardar por material fornecido pelos circuitos. Esta situação acontece pois a carga de trabalho a que está sujeito é bastante inferior ao tempo de ciclo da máquina de magnetizar.



Figura 18 - Pessoas Paradas nos Circuitos

Operador 3 da Montagem – Devido à ausência de operações de entreaajuda entre os operadores da montagem é comum este operador ter que parar enquanto aguarda que o operador 2 finalize as suas tarefas e lhe disponibilize a base do rato completa para este efectuar o encaixe (M5).

Embalagem – A ausência de fluxo de produção e o desbalanceamento têm como consequência a paragem do operador da área de embalagem por falta de produto acabado.

Injecção – Este operador principalmente monitoriza a máquina, por isso apenas tem como função controlar o processo de injecção e preparar lotes de movimentação de esferas injectadas passando grande parte do tempo parado.

Controlo de Qualidade – O operador responsável pelo controlo de qualidade trabalha mediante a chegada de produto acabado da montagem o que origina constantes paragens.

Transporte de Materiais

Alguma parte do desperdício resultante do transporte de materiais é de facto desperdício necessário, enquadrando-se nesta categoria por exemplo o abastecimento de material nas linhas de produção. No entanto durante a simulação observam-se outros transportes de materiais efectuados pelo operador logístico que não acrescentam valor ao produto final.

Todos os transportes de material efectuados pelo operador logístico são por isso susceptíveis de serem eliminados se a solução passar por trabalhar em fluxo.

Movimento 1 - Fornecedor: Montagem Cliente: Controlo de Qualidade

Movimento 2 - Fornecedor: Pré Montagem Cliente: Acabamento

Movimento 3 - Fornecedor: Acabamento Cliente: Montagem

Movimento 4 - Fornecedor: Pré Montagem Cliente: Montagem

Movimento 5 - Fornecedor: Circuitos Cliente: Montagem

Movimento 6 - Fornecedor: Injecção Cliente: Montagem

Movimento 7 – Fornecedor: Controlo de Qualidade Cliente: Embalagem

Stock

Em diversos pontos da simulação surge material parado sem estar a ser transformado. São observáveis 2 tipos de stock que é importante distinguir. Material em quantidades excessivas colocado na linha para garantir a produção e material acumulado que já foi transformado estando por isso em curso mas que se encontra parado como resultado do desbalanceamento. Com o primeiro pretende-se demonstrar a usual existência de contentores de grandes dimensões com componentes junto às linhas de montagem, enquanto o segundo está directamente ligado ao desperdício identificado como produção em excesso e trabalho em lotes de produção.

Pré-Montagem – Componentes: Frisos, Peças Azuis, Pneus e Roldanas Duplas. Todos estes componentes são disponibilizados na linha em quantidades excessivas.

Montagem – Componentes: Roldanas Simples, Fios, Molas, Parafusos, Tampas. Devido às dimensões a existência de stock é especialmente evidente em relação aos fios.

Embalagem – Componentes: Cartão Interior, Cartão Exterior e Protecção de Plástico.



Figura 19 - Stock de fios na Montagem

Os exemplos de produção excessiva identificados durante a análise desse mesmo desperdício representam também tal como referido o desperdício de stock.

A acumulação de stock dificulta o trabalho dos operadores pois cria bastante entropia no seu posto de trabalho. Esta situação é particularmente evidente junto ao operador 3 da Montagem que acumula grandes quantidades de partes de cima do rato que ocupam grande parte da área de trabalho, sucedendo o mesmo com o operador 2 que acumula no seu posto uma grande quantidade de stock de *scrolls* embora o mesmo não seja tão evidente devido às dimensões mais reduzidas deste componente.

Defeitos

Não é certo que este desperdício se verifique durante a simulação pois resulta sempre do modo como os operadores processam as suas operações com maior ou menor cuidado. No entanto, existem algumas operações nas quais se revela mais expectável a existência ou detecção de defeitos no processamento do produto.

Pré-Montagem Parte Cima – Encaixe incompleto do friso na carcaça (PM2).

Operador 2 da Montagem – Incorrecta aplicação do *scroll* devido à ausência de mola.

Operador 3 da Montagem – Problemas no encaixe do rato como consequência da incorrecta aplicação do fio no operador anterior. Este defeito irá implicar retrabalho por parte do operador pois é necessário que o fio esteja correctamente colocado de modo a realizar a sua tarefa.

Controlo de Qualidade – Todos os defeitos que impeçam o funcionamento do rato serão detectados neste posto.

Sobreprocessamento

Este desperdício pode ser observado em duas circunstâncias distintas. Existe sobreprocessamento quando se realizam mais tarefas do que aquelas que efectivamente são necessárias para o processamento do produto final e também nas chamadas micro tarefas que resultam do excessivo manuseamento das peças pelos operadores. Muitas vezes tais operações são realizadas de forma inconsciente sendo necessário bastante treino e aplicação de normas de trabalho de forma a corrigir estes aspectos. Na simulação existem algumas operações que demonstram a existência do sobreprocessamento.

Acabamento – O Operador Logístico transporta a peça colocando-a na zona de trabalho, de seguida o operador da área coloca-a no túnel. Esta tarefa informal é de facto sobreprocessamento pois a mesma não acrescenta valor e reflecte excessivo manuseamento.

Operador 4 da Montagem – A primeira tarefa que o operador tem que realizar é o aparafusamento. O rato é no entanto abastecido de forma incorrecta para ser aparafusado. O operador necessita de rodar o rato para poder realizar a tarefa, reflectindo a operação de rodar o rato sobreprocessamento.



Figura 20 - Sobreprocessamento - Rodar o rato para aparafusar

Circuitos – Os circuitos são colocados na máquina de magnetizar. O instinto natural do operador é posicionar as bases do rato viradas para cima, como normalmente se utiliza um rato de computador. No entanto, quando retira da máquina os circuitos necessita de rodá-los de forma a estes encaixarem na base, rodar esse que reflecte o sobreprocessamento.

Embalagem – O cartão exterior pode ser abastecido estando a caixa fechada, nesta situação o operador terá que abrir a caixa para poder introduzir o rato. A abertura da caixa para depois voltar a fechar é uma forma de sobreprocessamento. A sua eliminação implica enviar o desperdício para o fornecedor exigindo a entrega das caixas já abertas ou para o armazém onde um operador terá que realizar esta tarefa antes de abastecer a linha.

Fora do modelo universal dos 7 desperdícios outro desperdício a considerar que vai de encontro ao modelo desenvolvido pela LeanKed Academy é o consumo excessivo de recursos nomeadamente a utilização excessiva de área para a fabricação dos ratos de computador.

Um dos objectivos do projecto desenvolvido é a demonstração da existência de desperdício e as suas implicações. É portanto de grande importância que a maioria dos desperdícios seja identificada pelos participantes de forma a permitir-lhes a criação de pontos de ligação entre o que observaram na simulação e a realidade do dia-a-dia nas organizações em que trabalham. Este trabalho de identificação do desperdício servirá como base inicial para a realização da transformação operacional.

3.3 Indicadores de Desempenho

De forma a poder avaliar as diferentes performances durante a simulação e sobretudo avaliar o impacto da transformação operacional efectuada foram seleccionados alguns indicadores.

Os indicadores adoptados foram os seguintes:

Produção – Contabilizar efectivamente quantos ratos o grupo foi capaz de produzir.

Nº Pessoas – Número de pessoas a que se recorreu de forma directa para realizar a simulação.

Produtividade – Traduzida em peças por pessoa. Importante para analisar o impacto da transformação operacional.

Nível de Serviço – Relaciona a quantidade pedida pelo cliente com a produção efectiva. Tal como a produtividade é bastante importante para definir os objectivos para a transformação operacional e avaliar o impacto gerado.

WIP Produto Acabado – Trabalho em curso de produto acabado. É considerado o número de ratos que foram terminados pela montagem mas que ainda não foram embalados totalmente.

WIP em curso – Engloba todos os componentes que foram trabalhados, isto é, sofreram alguma transformação durante a simulação.

4 Transformação Operacional

A ideia base por trás de uma transformação operacional é a ruptura com o modelo actual de trabalho, dimensionando a organização de modo a esta operar mediante uma visão que os agentes decisores idealizaram para resolver os problemas com que a organização se depara.

Conforme foi analisado no capítulo 2, uma transformação operacional envolve os seguintes passos:

- Estabilizar
- Normalizar
- Criar Fluxo de Produção
- Ritmo de Produção
- Sistema *Pull*
- Nivelamento
- Treino

No caso do simulador a transformação operacional incidirá principalmente na criação de fluxo de produção, englobando ao mesmo tempo alguns aspectos da normalização, ritmo de produção e sistema *pull*.

Em relação aos passos de ritmo de produção, normalização e sistema *pull* a abordagem apenas considerará neste simulador alguns aspectos dos mesmos. A introdução de um sistema *pull* terá em atenção o dimensionamento do bordo de linha e a introdução do *mizusumashi* em vez do tradicional operador logístico, enquanto a abordagem ao nível do ritmo de produção incidirá principalmente na definição do *takt time* e balanceamento da linha. O passo de normalização estará principalmente no estabelecimento de regras no posto de trabalho especialmente sob a forma de tarefas de entreajuda.

A Metodologia utilizada para estruturar a transformação operacional foi a seguinte:

- VSM
- VSD
- Criar Fluxo de Produção
- Ritmo de Produção e Normalização
- Sistema *Pull*

4.1 VSM – Value Stream Map

O mapeamento dos processos utilizando a técnica do *Value Stream Map* (VSM) analisa os fluxos de materiais e de informação e é uma das principais ferramentas a utilizar para criar a visão futura da organização. O mapeamento que resulta da utilização desta técnica mostra de modo claro o modo como os materiais e a informação se disseminam na organização. Para mais informações consultar Rother & Shook (1998).

O sistema produtivo contextualizado no simulador é susceptível de ser mapeado relativamente aos fluxos de materiais que o compõem. Os valores indicados na identificação dos stocks intermédios dizem respeito a valores medidos durante uma das simulações experimentais.

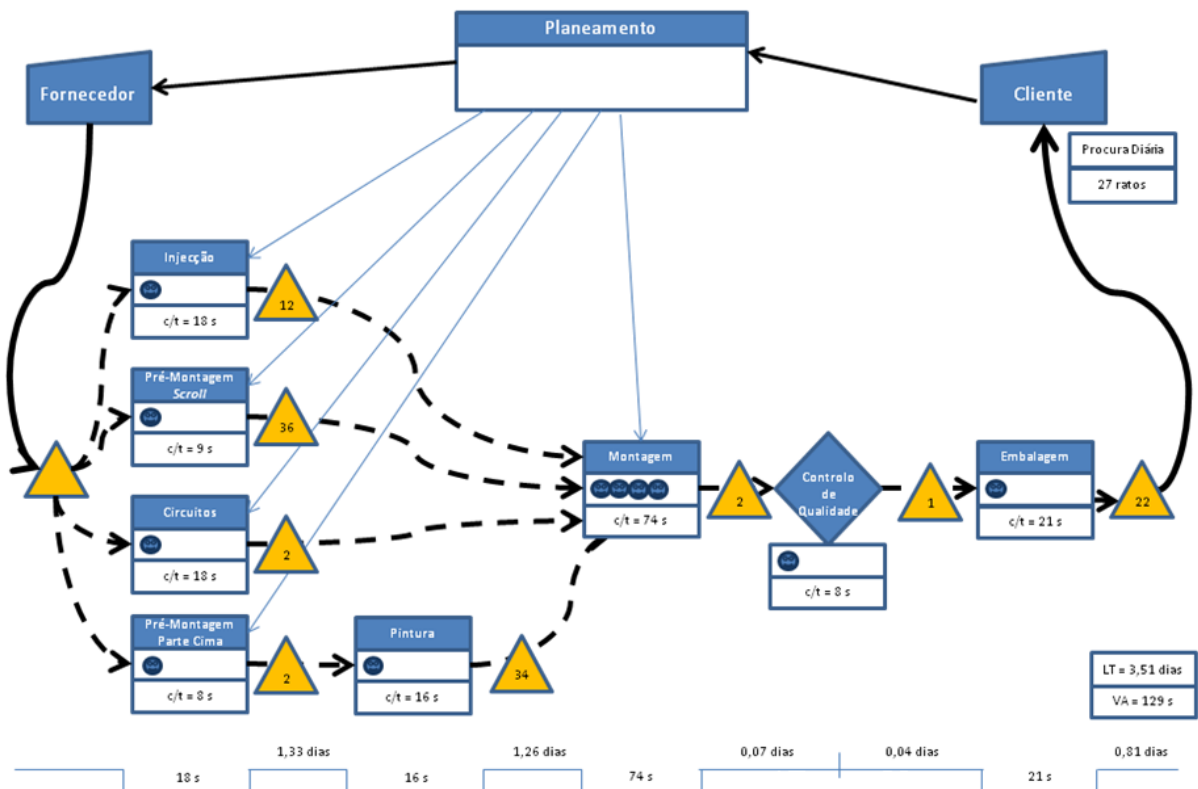


Figura 21 - Value Stream Map - Estado Inicial

Não se considerou o material em stock de matérias-primas pois no contexto da simulação esse valor não é quantificável. As quantidades de stock em curso medidas foram divididas pela procura diária de forma a indicar o nível de stock em dias de consumo. O mapeamento indicou um *lead time* de 3,51 dias para apenas 129 segundos de actividades de valor acrescentado.

Parte do desperdício identificado anteriormente surge também visível no VSM. A imagem resultante do mapeamento permite facilmente visualizar o grave problema da organização, caracterizado por elevadas quantidades de material em curso como consequência das diferentes áreas funcionais. O VSM é uma excelente base de trabalho para se questionar a situação actual da organização e se proceder à criação da visão futura.

4.2 VSD – Value Stream Design

A visão futura para a organização tem como principal conceito a criação de fluxo ao longo de todo o processo. Deste modo o objectivo para a transformação operacional será a alteração do sistema de produção para que este passe a funcionar mediante duas ideias principais: trabalho numa célula de produção em fluxo e em *one-piece-flow*.

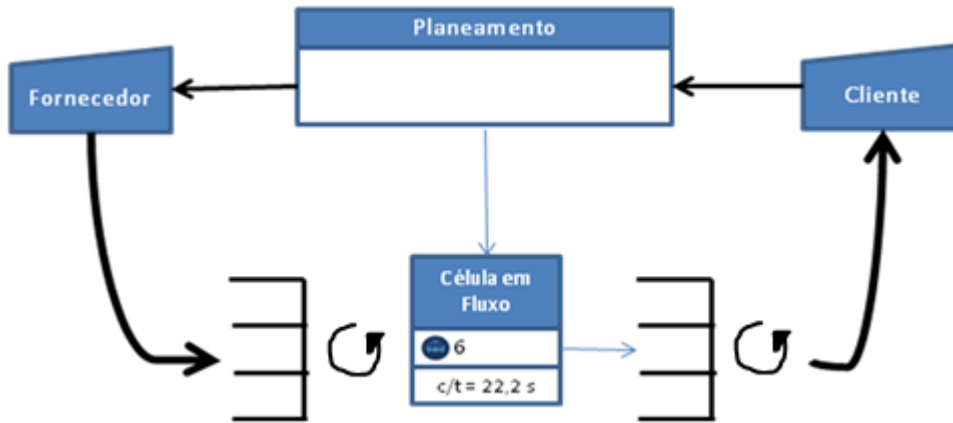


Figura 22 - Value Stream Design - Visão Futura - Criação de Fluxo

Desta visão resultará a eliminação das diferentes áreas funcionais que constituíam a organização e conseqüente eliminação do desperdício que lhes estava inerente. Todas as operações necessárias para o processamento do produto terão lugar numa única célula que será abastecida regularmente por um *mizusumashi*.

O dimensionamento do novo sistema de produção será realizado seguindo a metodologia apresentada anteriormente. Depois de aplicados os passos necessários para efectuar a transformação operacional, a organização contextualizada no simulador passará a trabalhar segundo as ideias definidas neste ponto.

4.3 Criar Fluxo de Produção

A aplicação deste passo permitirá alcançar os dois principais objectivos para a transformação operacional. A situação tipo a representar implica a convergência de todas as áreas distintas do sistema de produção numa única célula que idealmente deverá operar em *one-piece-flow*.

Com o fim de criar fluxo de produção, em certas operações do processo diferentes hipóteses podem ser consideradas. Neste simulador serão retratados os seguintes conceitos: melhoria tecnológica de equipamentos, incorporação de pré-montagem, máquinas automáticas e controlo de qualidade.

Nem sempre as organizações conseguem trabalhar em *one-piece-flow* devido a restrições dos equipamentos, normalmente as dimensões e a capacidade instalada não permitem esta opção. Considerando este aspecto o simulador procura incutir as possibilidades e vantagens que resultam de uma melhoria tecnológica dos equipamentos relacionada com um decréscimo da capacidade.

No caso particular do simulador a célula incorporará as operações que anteriormente se realizavam na montagem, circuitos, pré-montagem, embalagem, injeção e controlo de qualidade. Desta forma o processo na célula inicia-se com a magnetização e termina na

embalagem. Esta acção vai implicar que se eliminem os desperdícios ligados ao transporte de materiais e principalmente à produção em excesso.

A **melhoria tecnológica** estará representada na substituição da máquina de magnetizar. A nova máquina representa uma operação semelhante mas necessita de um tempo de funcionamento inferior. A redução do tempo de ciclo é conseguida pela transformação de apenas um circuito. Este equipamento funciona em *one-piece-flow* e por isso deixam de ser introduzidos no sistema de produção lotes de 4 circuitos. O novo tempo de funcionamento para transformar um circuito é de 8 segundos. O desenho técnico da máquina encontra-se disponível no anexo B.



Figura 23 - Melhoria Tecnológica - Máquina de Magnetizar

Em relação à **incorporação de pré-montagens** na célula, existem duas pré-montagens no sistema de produção simulado que convergem sob o fluxo de material principal sendo a tendência natural manter este modo de funcionamento.

No entanto a pré-montagem do *scroll* numa óptica de funcionamento em fluxo poderá e deverá ser incluída na montagem evitando o transporte e manuseamento do mesmo, o que implica que o operador que monte um *scroll* o aplique directamente na base do rato.

O mesmo raciocínio pode ser aplicado na pré-montagem da parte de cima. No entanto a pré-montagem da parte de cima implica uma operação máquina. Surgem então duas hipóteses: integrar a máquina na linha ou recorrer ao sistema *pull*. A integração da máquina no fluxo implica o rebalanceamento da linha de forma a incluir o tempo de ciclo do túnel de acabamento. O recurso ao sistema *pull* desloca a pré-montagem e a operação no túnel para outra célula. Esta célula repõe então um supermercado que garantirá o abastecimento dos componentes na linha principal.

Como o objectivo principal para a transformação operacional consiste na criação de uma célula de produção em fluxo a escolha incidirá na introdução da pré-montagem e do túnel de acabamento na célula e consequente balanceamento.

A máquina de injeção é uma **máquina automática** funcionando com uma certa cadência. Esta situação pode implicar a acumulação de stock à saída do processo máquina. Duas situações podem então ser consideradas: paragem da máquina ou redução da velocidade da máquina. No caso particular do simulador reduzir a velocidade da máquina não é possível.

A utilização da cadência da máquina de injeção pode servir de ritmo de produção mas neste caso implicará uma grande quantidade de produção pois este ritmo excede a procura do cliente. Esta situação (produção em excesso de produto acabado) é mais penosa para a organização do que acumulação de stock de componentes injectados (esferas).

Outra hipótese consistiria no recurso ao sistema *pull*, uma abordagem similar à analisada anteriormente para a pré-montagem da parte de cima.

O **controlo de qualidade** é uma acção de inspecção sob o produto montado não acrescentando valor ao produto final. Uma acção a implementar na organização na visão

futura será retirar esta operação do fluxo. O controlo de qualidade será então feito não em todos os produtos mas recorrendo a uma inspecção de qualidade por amostragem.

4.4 Ritmo de Produção e Normalização

Na sequência das grandes mudanças que é necessário implementar para atingir uma organização *Lean* surge o conceito de ritmo de produção aplicando o *takt time*. No caso da simulação, isto traduzir-se-á pelo tempo disponível para a simulação dividido pelo objectivo de produção proposto. O *takt time* indicará então o tempo que cada operador deverá ter para desempenhar um conjunto de tarefas. O balanceamento deverá equilibrar a carga de trabalho de cada operador, sendo que, em certas situações poderá suceder que a carga exceda o *takt time*. Neste caso procede-se à optimização das tarefas, podendo tal resultar com treino dos operadores, introdução de melhorias tecnológicas ou mesmo criação de postos de trabalho duplos. O balanceamento poderá também incluir tarefas de entreaajuda (tarefas partilhadas por dois operadores). As tarefas de entreaajuda verificam-se quando entre dois operadores se acumula mais do que um componente em curso.

A LeanKed Academy estabeleceu como tempo de duração para a simulação 10 minutos e um objectivo de produção de 27 ratos.

$$\begin{aligned} \text{Takt Time} &= \text{Tempo Disponível} / \text{Procura} \\ &= 600 / 27 = 22,22 \text{ segundos por peça} \end{aligned}$$

O dimensionamento teórico do número de operadores necessários na célula consiste na divisão do tempo total de operação homem pelo *takt time*.

Tabela 2 - Tempo Total de Operação Homem

Operação	Tempo (segundos)
C1 – Magnetizar Circuitos	8
C1.1 – Abastecer / Remover circuitos	2
C2 – Colocação de Circuito na Base	5
PM1 – Peça Azul + Roldana Dupla	5
PM1.1 – PM1 + Pneu	4
PM2 – Montagem da Parte Cima	8
A1 – Túnel de Acabamento	14
A1.1 – Abastecer Túnel	2
I1 - Injecção	16
I1.1 – Remover Esfera Injectada	2
M1 – Aplicação das duas Roldanas Simples	9
M2 – Aplicação da Mola	6
M3 – Colocação do <i>Scroll</i>	8
M4 – Aplicação do Fio de Conexão	18
M5 – Encaixe das Duas Partes	8
AP1 - Aparafusamento	19
M6 – Colocação da Esfera	3
M7 – Colocação da Tampa	3
E - Embalagem	21
Tempo Total de Operação	161
Tempo Total de Operação Homem	123

O tempo total de operação a considerar será o tempo total de operação homem excluindo-se os tempos de operação máquina, resultando assim 123 segundos. Não se consideraram os tempos de operação máquina pois, a monitorização de máquinas foi um desperdício identificado anteriormente podendo o operador passar a desempenhar outras tarefas enquanto a máquina está em funcionamento.

$$\begin{aligned} \text{N}^\circ \text{ Operadores} &= \text{Tempo Total de Operação} / \text{Takt Time} \\ &= 123 / 22,22 = 5,54 \text{ operadores} \end{aligned}$$

Mediante este valor a linha será dimensionada considerando 6 operadores.

Tabela 3 - Balanceamento do Trabalho por Operador - Visão Futura

Operador 1	16	Operador 2	23
C1.1 – Abastecer / Remover circuitos	2	M2 – Aplicação da Mola	6
C2 – Colocação de Circuito na Base	5	PM1 – Peça Azul + Roldana Dupla	5
M1 – Aplicação das duas Roldanas Simples	9	PM1.1 – PM1 + Pneu	4
Operador 3	28	M3 – Colocação do <i>Scroll</i>	8
PM2 – Montagem da Parte Cima	8	Operador 4	16
A1.1 – Abastecer Túnel	2	M5 – Encaixe das Duas Partes	8
M4 – Aplicação do Fio de Conexão	18	I1.1 – Remover Esfera Injectada	2
		M6 – Colocação da Esfera	3
Operador 5	19	M7 – Colocação da Tampa	3
AP1 - Aparafusamento	19	Operador 6	21
		E - Embalagem	21

O ponto crítico do balanceamento apresentado para os 6 operadores encontra-se nos operadores 2 e 3 visto que os seus tempos de operação excedem o *takt time*. Este dimensionamento terá por isso naturalmente que ser testado e os diversos operadores treinados para desempenharem as funções que lhes foram atribuídas. O treino no operador 3 será extremamente importante tendo como objectivo a melhoria dos tempos e/ou do processo de montagem das suas operações mais críticas **PM2** e **M4**.

As operações que se encontram a sombreado na tabela do balanceamento representam as operações de entreajuda estabelecidas. Assim o operador 1, que não tem uma carga de trabalho tão elevada, poderá desempenhar a primeira operação do operador 2 – **M2** (Aplicação da Mola). O Operador 2 poderá desempenhar a operação **PM2** do Operador 3, bem como a última operação deste **M4** poderá ser desempenhada pelo Operador 4. Desta forma, será possível nivelar a carga de trabalho de cada operador de forma a ser possível trabalhar em função do *takt time*.

As tarefas **AP1** – Aparafusamento e **E** – Embalagem encontram-se a sombreado pois representam grupos de tarefas. Quando se verificam operações de entreajuda o operador anterior poderá desempenhar parte das tarefas de Aparafusamento ou de Embalagem. Assim, o operador 4 poderá apontar os parafusos para o operador 5 apenas necessitar de realizar o aparafusamento e este quando necessário poderá iniciar a embalagem colocando a protecção de plástico. O mesmo acontece entre o operador 3 e 4 na aplicação do fio (**M4**) podendo o operador 3 fazer o encaixe do fio ficando o acerto para o operador 4.

Todas estas acções de entreaajuda, para funcionarem correctamente, implicam que os componentes necessários estejam replicados no bordo de linha de ambos os operadores.

O balanceamento do trabalho é um processo de experimentação e erro e está naturalmente condicionado pelo desempenho dos participantes. Mais importante do que procurar o balanceamento teórico perfeito importa testar uma solução que depois vai sendo melhorada por observação da mesma em prática.

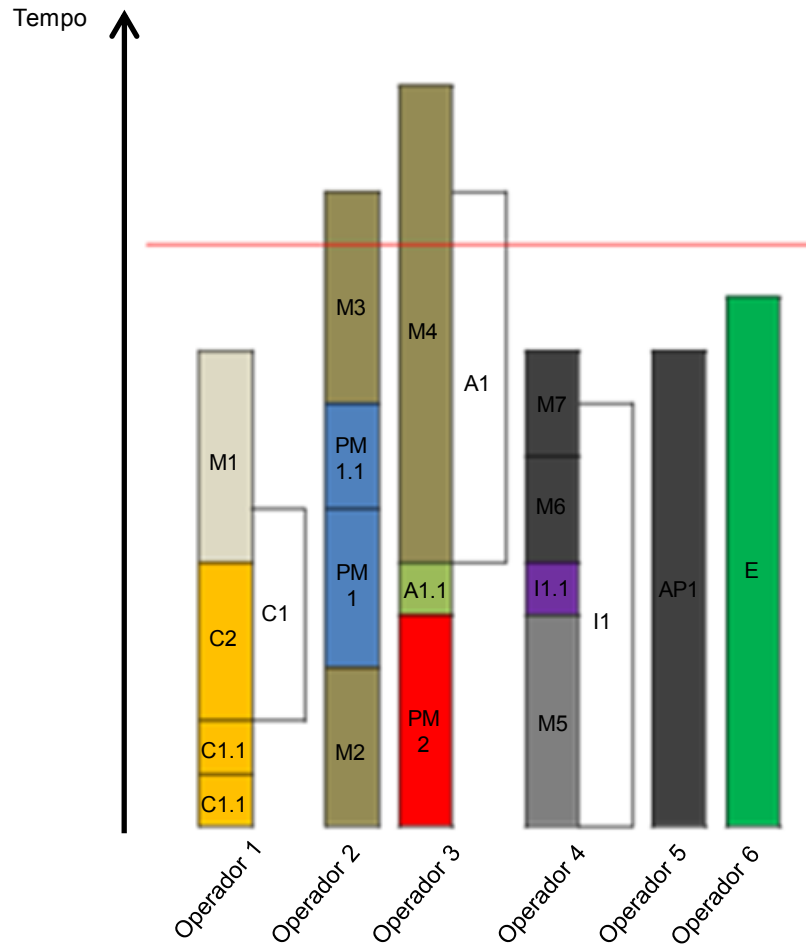


Figura 24 - Balanceamento do Trabalho – Visão Futura

4.5 Sistema Pull

Em certas situações a criação de fluxo pode não ser aplicável ou como referido anteriormente, não ser a situação mais prática para a organização. No contexto do simulador tal como referido anteriormente neste passo apenas se considerará o dimensionamento do bordo de linha e do operador logístico sob a forma de *mizusumashi*.

O sincronismo necessário para o bom funcionamento do sistema em relação à troca de caixa vazia por caixa cheia implicará também a criação de pequenos supermercados nas linhas, o bordo de linha. Directamente relacionado com a normalização, este passo implica a reorganização do posto de trabalho de maneira que os materiais sejam disponibilizados de forma organizada e normalizada e assim facilitar o trabalho dos operadores. Os materiais aglomerados no posto de trabalho serão substituídos por caixas com uma quantidade normalizada de componentes de modo a libertar espaço na área de trabalho e garantir as

condições ideais para os operadores realizarem as suas tarefas. Implementando um sistema *pull* o operador não terá mais que se preocupar com o abastecimento da linha.

Bordo de Linha e *Mizusumashi*

Dimensionando o bordo de linha do novo sistema, cada operador apenas terá disponíveis os componentes que necessita e cada componente estará numa caixa específica em quantidades reduzidas. Assim, estabeleceram-se caixas com as seguintes quantidades: Circuitos (8), Bases (8), Roldanas Simples (10), Molas (10), Peça Azul (10), Roldana Dupla (10), Pneu (10), Carcaça (8), Friso (10), Fio (8), Tampa (10), Parafusos (60), Protecção Plástico (8), Cartão Interior (4), e Cartão Exterior (4).

O *mizusumashi* trabalhará mediante um ciclo de 1 minuto, substituindo caixas vazias por caixas cheias disponíveis num supermercado. Em cada caixa existirá um *kanban* com a informação necessária.

O dimensionamento do número de caixas a colocar no bordo de linha é feito segundo a seguinte fórmula:

$$\text{N}^\circ \text{ Caixas no BL} = \text{N}^\circ \text{ Caixas (2 Ciclos)} + 1$$

Considera-se o número de caixas disponíveis para 2 ciclos do *mizusumashi* para precaver a situação extrema em que o *mizusumashi* passa no operador e a caixa fica vazia no instante seguinte, só sendo retirada no próximo ciclo e reposta de seguida. A procura é de 27 ratos e o ciclo do *mizusumashi* definido foi de 1 minuto nestas condições o número de caixas a incorporar no Bordo de Linha será o seguinte:

Tabela 4 - Dimensionamento do Bordo de Linha - Visão Futura

Componente	Quantidade Caixa	Factor de Incorp.	Necessidade Máxima 2 Ciclos	Nº Caixas (2 Ciclos)	Nº Caixas no BL
Circuitos	8	1	6	1	2
Bases	8	1	6	1	2
Roldana Simples	10	2	12	2	3
Molas	10	1	6	1	2
Peça Azul	10	1	6	1	2
Roldana Dupla	10	1	6	1	2
Pneu	10	1	6	1	2
Carcaça	8	1	6	1	2
Friso	10	1	6	1	2
Fio	8	1	6	1	2
Tampa	10	1	6	1	2
Parafusos	60	2	12	1	2
Pr. Plástico	8	1	6	1	2
Cartão Interior	4	1	6	2	3
Cartão Exterior	4	1	6	2	3

Devido ao factor de incorporação das roldanas simples ser de 2 unidades por rato, será necessário incluir mais uma caixa no bordo de linha de forma a garantir que não falte material ao operador. O mesmo sucede com os 2 tipos de cartão para a embalagem, componentes que devido às elevadas dimensões estão disponíveis nas caixas em quantidades menores. Assim, irão ser colocados no bordo de linha de cada operador caixas com os seguintes componentes:

Operador 1: Circuitos, Bases e Roldanas Simples. Entrejuda: Molas

Operador 2: Molas, Peças Azuis, Roldanas Duplas e Pneus. Entrejuda: Carcaças e Frisos

Operador 3: Carcaças, Frisos e Fios

Operador 4: Tampas. Entrejuda: Fios e Parafusos

Operador 5: Parafusos. Entrejuda: Protecção Plástico

Operador 6: Protecção Plástico, Cartão Interior e Cartão Exterior.

O esquema seguinte ilustra o modo de funcionamento previsto para a linha, bem como o trajecto do mizusumashi.

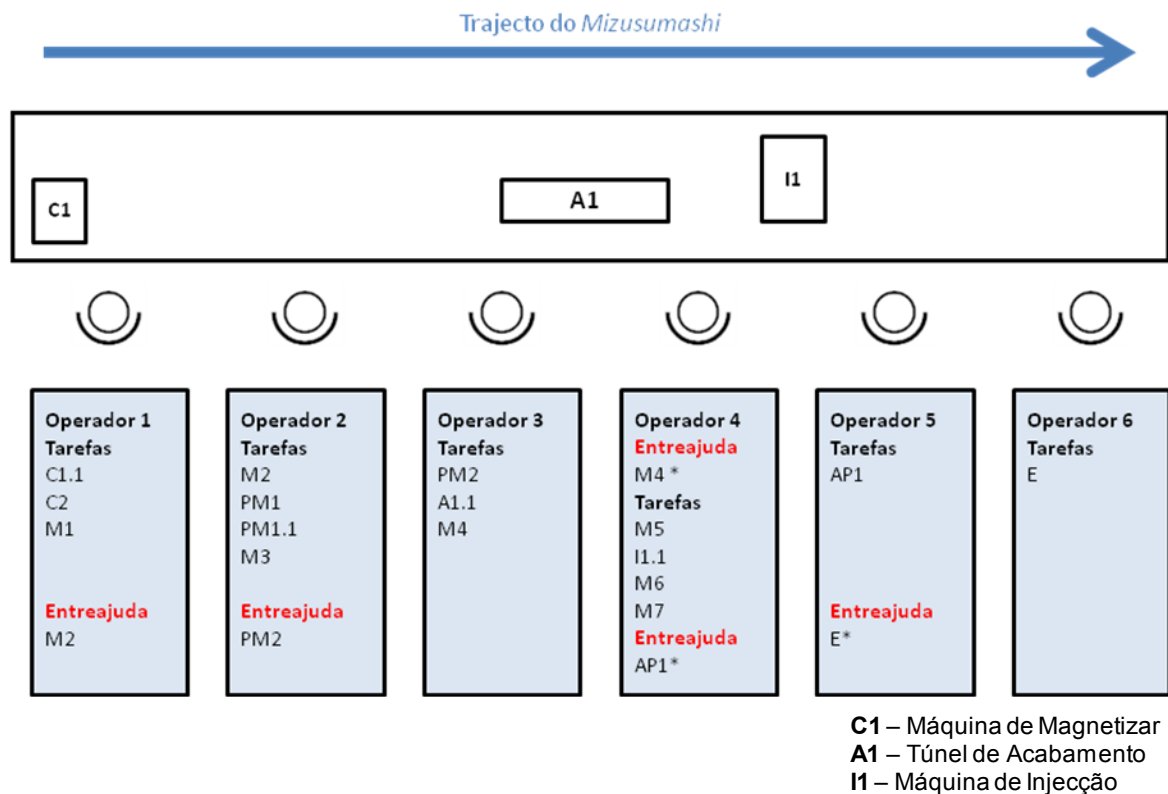


Figura 25 - Esquema de funcionamento - Visão Futura

As tarefas de entrejuda **M4***, **AP1*** e **E*** representam tarefas que pertencem a grupos de tarefas.

M4* - Acerto do Fio

AP1* - Apontar Parafusos

E* - Colocar Protecção de Plástico

5 Casos de Estudo – Aplicação Prática

O simulador desenvolvido foi aplicado nas acções de treino da LeanKed Academy subordinadas ao tema “Como Construir uma Organização *Lean*” cujo módulo “Transformar Desperdício em Produtividade” consistia na aplicação prática do simulador. Foram realizados durante o mês de Maio e Junho diversas edições deste treino.

Neste capítulo faz-se um resumo do modo como funcionaram as acções de treino, de seguida apresentam-se os diversos resultados e soluções adoptadas pelos grupos de participantes e por fim faz-se uma análise desses mesmos resultados.

5.1 Funcionamento das Acções de Treino

O treino “Como Construir uma Organização *Lean*” tem a duração de um dia. Na parte da manhã realiza-se uma apresentação teórica sobre a filosofia LeanKed na qual são abordados entre outros temas a identificação de desperdício e os sete passos a implementar numa transformação operacional. O simulador é utilizado durante a parte da tarde ocorrendo os seguintes eventos:

- Simulação do Estado Inicial – 10 minutos
- Cálculo dos Indicadores de Desempenho – 5 minutos
- Identificação de Desperdício e de Oportunidades de Melhoria – 25 minutos
- Transformação Operacional – 1 hora e 30 minutos
- Simulação da Transformação Operacional – 10 minutos
- Cálculo dos Indicadores de Desempenho – 5 minutos

Foram efectuadas algumas alterações ao estado inicial dimensionado no capítulo 3. Devido a problemas técnicos, não foi possível utilizar a máquina de injeção e consequentemente as esferas que seriam fornecidas pela injeção foram abastecidas directamente no bordo de linha. A empresa decidiu também não realizar a operação de Controlo de Qualidade.

Tendo em consideração estas duas alterações as simulações realizaram-se com um total de 10 operadores: quatro na Montagem, dois na Pré-Montagem, um nos Circuitos, um no Acabamento, um na Embalagem e um Operador Logístico. Em cada posto existiam 3 componentes em curso, de forma a garantir que no início da simulação todos os operadores tinham tarefas para desempenhar. O objectivo de produção definido para os 10 minutos foi de 27 ratos.

5.2 Resultados da Aplicação Prática

Os resultados obtidos por cinco grupos que utilizaram o simulador são apresentados neste capítulo. Concluída a simulação do estado inicial e contabilizados os resultados obtidos nos diversos indicadores, cada grupo conduziu uma análise ao desperdício. De seguida procederam à realização da transformação operacional, construindo o *layout* e o modo de funcionamento da fábrica de acordo com a sua visão. Pretendia-se que nesta etapa fossem os participantes a realizar a mudança radical no modo de funcionamento da organização, por isso, apenas foram dadas algumas orientações tendo os participantes liberdade para realizarem as suas escolhas. Por isso mesmo, a transformação operacional dimensionada no capítulo anterior não foi totalmente adoptada por nenhum dos grupos.

Grupo Experimental

Vários grupos participaram nas acções de treino da LeanKed Academy, no entanto nesta dissertação apenas serão analisados os resultados obtidos por cinco grupos: quatro grupos relativos às quatro primeiras edições do Workshop LeanKed de Alta Direcção, realizado no Porto em 13, 18 e 25 de Maio e em Aveiro a 20 de Maio; e um quinto grupo composto por alunos do 3º e 4º ano do Mestrado Integrado em Engenharia Industrial e Gestão e do Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica – Ramo de Produção, que participaram num workshop realizado em ambiente académico na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto no dia 15 de Junho.

Estiveram presentes nos workshops representadas por administradores, directores e quadros superiores diversas organizações de vários sectores: Automóvel, Têxtil, Metalomecânica, Refrigeração, Plásticos, Produtos Químicos, Mobiliário, Alimentar e Calçado.

Simulação Estado Inicial

Na tabela seguinte apresentam-se os resultados obtidos pelos diferentes grupos na simulação do primeiro estado do simulador.

Tabela 5 - Resultados da simulação do Estado Inicial

	Workshop - dia 13	Workshop - dia 18	Workshop - dia 20	Workshop - dia 25	Workshop - FEUP
Objectivo	27	27	27	27	27
Produção	21	15	20	20	22
Nº Operadores	9+1	9+1	9+1	9+1	9+1
Produtividade	2,1	1,5	2	2	2,2
Nível Serviço	78%	56%	74%	74%	82%
WIP P. Acabado	3	7	2	0	0
WIP Componentes	59	72	81	70	89

Em todas as simulações efectuadas os grupos estiveram longe de atingir o objectivo proposto, revelando um nível de serviço constantemente inferior a 75% (à excepção do grupo do Workshop do dia 13 que atingiu os 78%). É de realçar a elevadíssima quantidade de componentes que sofreram alguma transformação e que se encontravam em curso.



Figura 26 - Simulação Estado Inicial

Conhecido o desempenho na simulação do estado inicial, os participantes identificaram situações de desperdício e operaram uma mudança radical no modo de trabalhar, com o objectivo de satisfazer o cliente com o menor custo possível. As diferentes soluções adoptadas por cada grupo são apresentadas de seguida.

Grupo 1: Workshop – dia 13

A transformação operacional realizada reduziu o número de operadores de 10 para 7. O Grupo em questão procurou criar fluxo ao longo de todo o processo, implementando o seguinte *layout*.

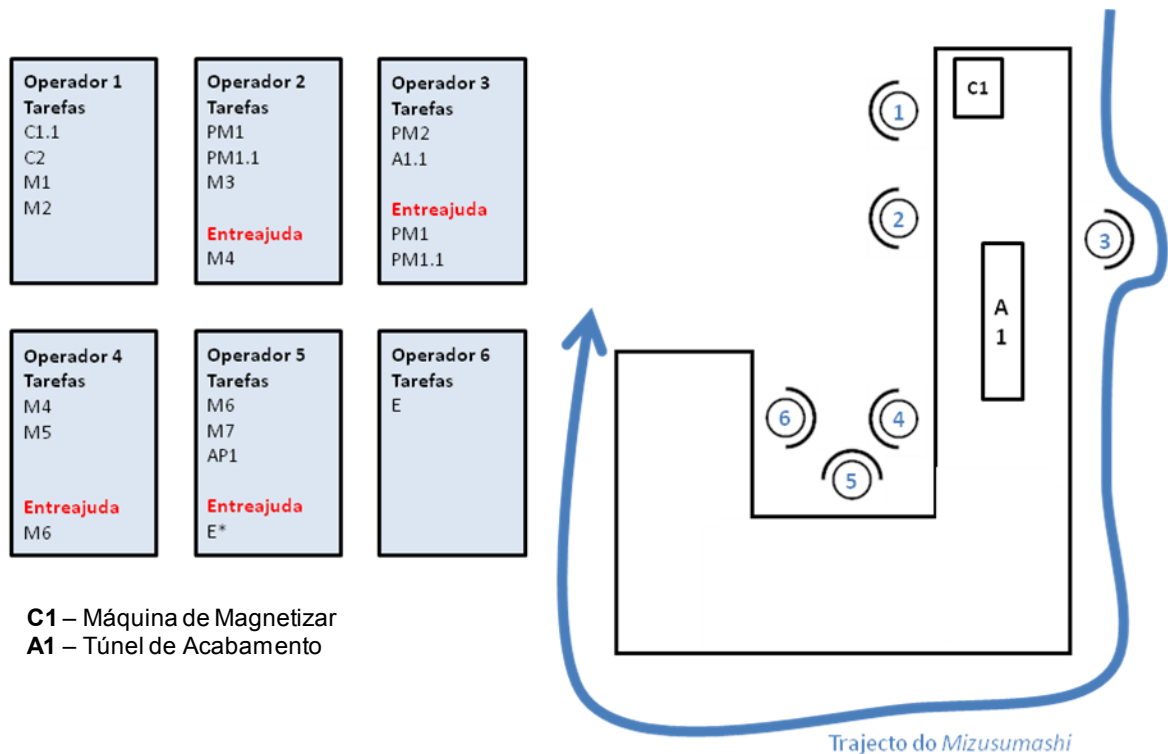


Figura 27 - Esquema de funcionamento - Grupo 1

O novo modo de produção substituiu a máquina de magnetizar anterior pelo novo modelo, de forma a ser possível operar em *one-piece-flow*. Os resultados obtidos por este grupo mediante a solução adoptada foram os seguintes.

Tabela 6 - Resultados do Simulador - Grupo 1

	Workshop - dia 13	
	Antes	Depois
Objectivo	27	27
Produção	21	25
Nº Operadores	9+1	6+1
Produtividade	2,1	3,57
Nível Serviço	78%	93%
WIP P. Acabado	3	1
WIP Componentes	59	1



Figura 28 - Simulação Grupo 1

O objectivo continuou sem ser alcançado no entanto a transformação operacional traduziu-se num aumento do nível de serviço de 15 pontos percentuais, enquanto a produtividade aumentou 70% face ao desempenho anterior. Outros grandes ganhos identificados consistiram na diminuição dos componentes em curso reflectindo-se claramente a transformação de desperdício em produtividade.

Os grandes problemas verificados neste modelo foram: o posicionamento do operador junto à área de trabalho da logística, o que dificultou a acção do *mizusumashi*, que teve necessidade de contornar o operador e obstruía a zona de trabalho quando necessitava de reabastecer a linha. Os operadores 2 e 3 não tinham as suas tarefas balanceadas visto que, estavam os dois a realizar com falta de norma praticamente as mesmas funções e os 2 últimos operadores estavam claramente sobrecarregados, não conseguindo realizar as suas operações dentro do *takt time*.

Verificaram-se também nesta solução problemas de qualidade na montagem da parte de cima do rato pois o encaixe incorrecto originou que estes componentes não passassem no túnel de acabamento.

Grupo 2: Workshop – dia 18

Este grupo teve a performance mais negativa durante a simulação inicial. Assim, se justifica que tenha adoptado um estado futuro recorrendo a 9 operadores. Este grupo procurou também adoptar uma solução baseada na criação de fluxo em todo o processo e realizou a troca da máquina de magnetização para a melhoria tecnológica funcionando em *one-piece-flow*. São apresentados de seguida os resultados obtidos com a solução adoptada.

Tabela 7 - Resultados do Simulador - Grupo 2

	Workshop - dia 18	
	Antes	Depois
Objectivo	27	27
Produção	15	26
Nº Operadores	9+1	8+1
Produtividade	1,5	2,89
Nível Serviço	56%	96%
WIP P. Acabado	7	2
WIP Componentes	72	9



Figura 29 - Simulação Grupo 2

O *layout* e o modo de funcionamento implementado foi o seguinte:

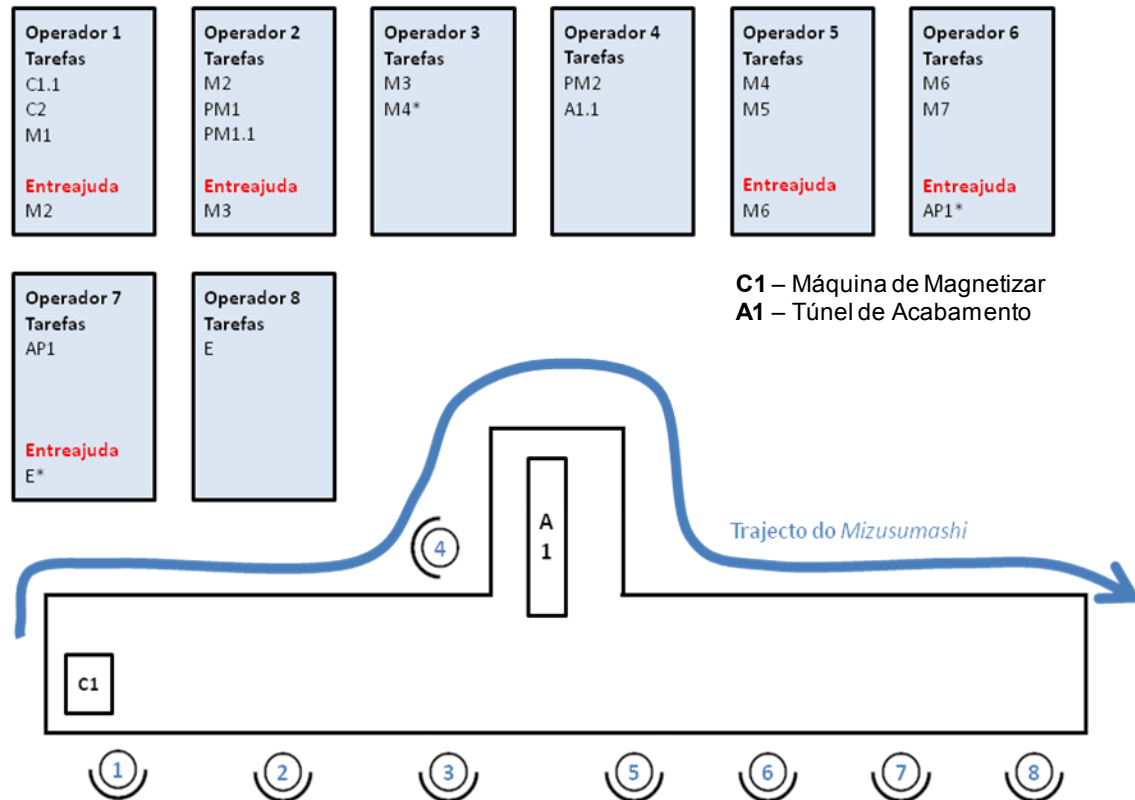


Figura 30 - Esquema de funcionamento - Grupo 2

O aumento de produtividade e de nível de serviço relativamente à situação inicial foi bastante significativo, sendo de 92% e 40 pontos percentuais respectivamente. No entanto o grupo não foi capaz de atingir o objectivo de produção de 27 ratos. O objectivo poderia ter sido atingido pois existiam dois ratos acabados por embalar. Assim como no grupo anterior houve uma clara diminuição de componentes em curso reflectindo mais uma vez a transformação de desperdício em produtividade.

A solução adoptada por este grupo posicionou também um operador invadindo a área de trabalho do *mizusumashi*, o que condicionou o desempenho do mesmo. Este operador deslocado não estava balanceado com o resto da linha e esse facto levou a acumulação de stock à saída do túnel de acabamento durante a simulação. O problema foi resolvido porque o operador parou de desempenhar as suas tarefas assim que atingiu o objectivo de produção. Tal aconteceu por volta dos 7 minutos de simulação.

Foram utilizadas tarefas de entreajuda entre os vários operadores e algumas operações de grupos de tarefas foram divididas entre operadores, de modo a balancear a carga de trabalho de forma mais eficiente.

A linha no entanto pode ser claramente melhorada com balanceamento do trabalho mais eficaz e redução do número de operadores, pois verificou-se que, esporadicamente, alguns operadores pararam enquanto esperavam por material.

Grupo 3: Workshop – dia 20

Este grupo procedeu à transformação operacional dimensionando a nova linha em fluxo contínuo de produção e recorrendo a 6 operadores. Ao contrário dos outros 2 grupos não considerou alterar a máquina de magnetizar operando, por isso, com lotes de 4 circuitos. O modo de funcionamento, *layout* e performance conseguida são apresentados de seguida.

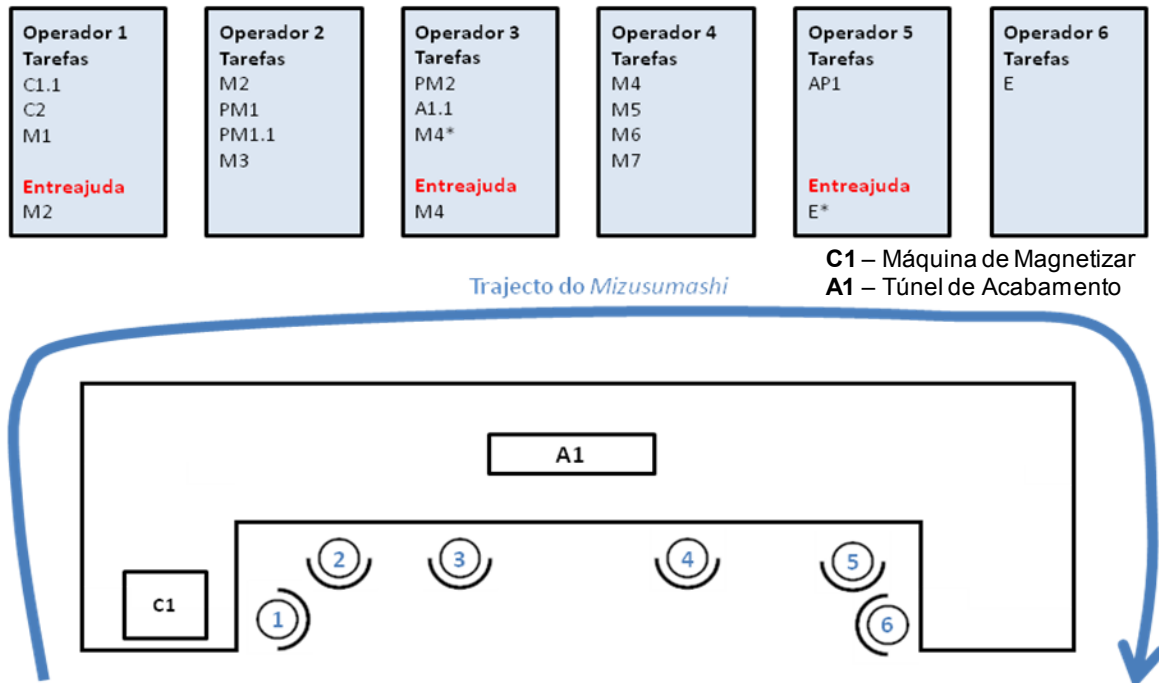


Figura 31 - Esquema de funcionamento - Grupo 3

Tabela 8 - Resultados do Simulador - Grupo 3

	Workshop - dia 20	
	Antes	Depois
Objectivo	27	27
Produção	20	27
Nº Operadores	10	7
Produtividade	2	3,86
Nível Serviço	74%	100%
WIP P. Acabado	2	0
WIP Componentes	81	1



Figura 32 - Simulação Grupo 3

Como consequência da transformação efectuada o nível de serviço atingiu os 100%, ou seja, respondeu-se a toda a procura existente e o grupo atingiu este objectivo antes dos 10 minutos, parando a linha ao fim de 9 minutos e 10 segundos. Em relação à produtividade, esta aumentou 93%. Verifica-se novamente a redução acentuada dos componentes transformados em curso.

Os principais problemas identificados nesta solução estão relacionados com a acumulação de stock junto ao operador 2 devido à utilização da máquina de magnetizar com lotes de 4 circuitos. O acumular de stock no inicio da linha fez com que o operador 4 estivesse parado em alguns momentos enquanto esperava por bases para trabalhar.

Este resultado foi possível devido à utilização de tarefas de entreajuda, de forma a conseguir um melhor balanceamento. Os participantes tiveram também um desempenho superior aos tempos de operação teóricos. Esta solução no entanto pode voltar a ser redesenhada, de forma a conseguir-se um resultado ainda melhor, visto que alguns dos operadores não tinham tarefas de entreajuda definidas.

Grupo 4: Workshop – dia 25

A solução adoptada considerou seis operadores e um operador logístico. Tal como o grupo anterior não foi detectado pelos participantes o problema relativo a máquina de magnetizar, mantendo-se na transformação operacional a máquina de magnetizar a funcionar em lotes de 4 circuitos. A figura seguinte retrata o layout e o modo de funcionamento adoptado.

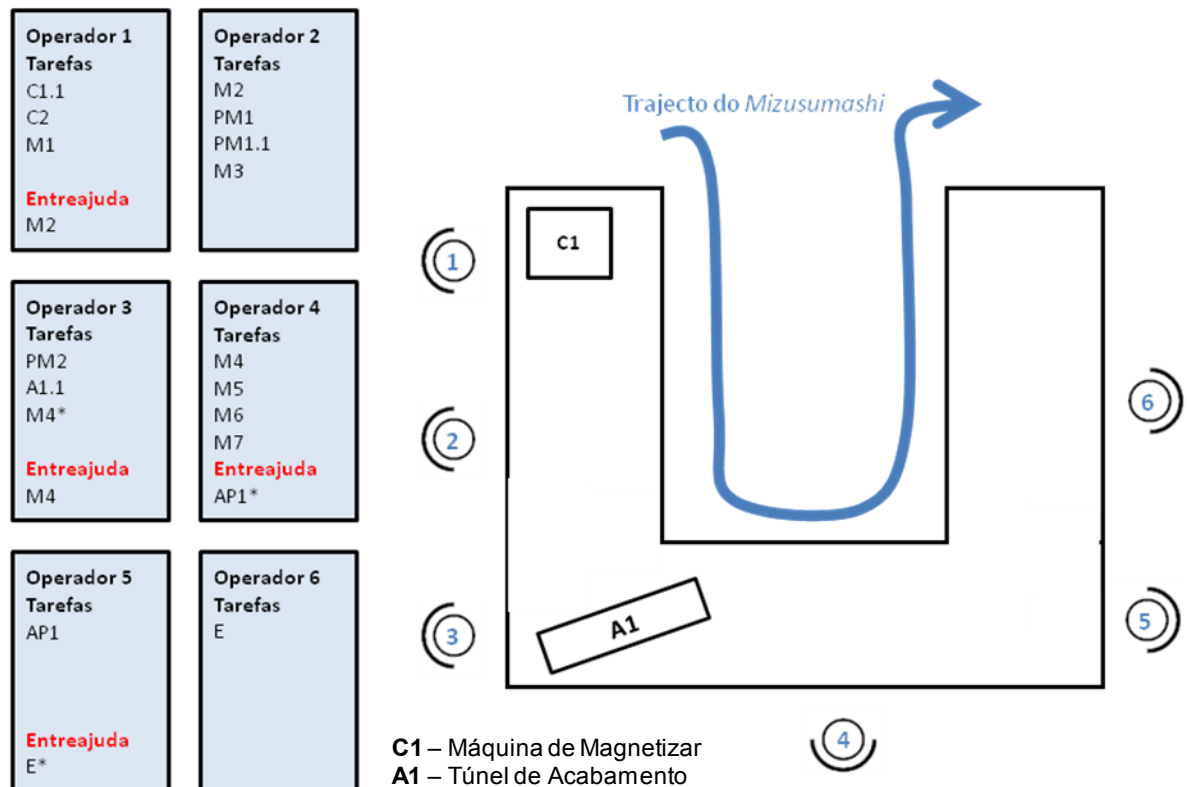


Figura 33 - Esquema de funcionamento - Grupo 4

Os resultados que o grupo obteve foram os seguintes.

Tabela 9 - Resultados do Simulador - Grupo 4

	Workshop - dia 25	
	Antes	Depois
Objectivo	27	27
Produção	20	26
Nº Operadores	10	7
Produtividade	2	3,71
Nível Serviço	74%	96%
WIP P. Acabado	0	2
WIP Componentes	70	5



Figura 34 - Simulação Grupo 4

Embora não tenha conseguido atingir o nível de serviço pretendido, os ganhos referentes à transformação operacional indicam um aumento de 22 pontos percentuais no nível de serviço e um acréscimo na produtividade de 86%.

O facto de utilizar a máquina de magnetizar para 4 circuitos foi o principal factor que impediu o grupo de atingir o objectivo devido à instabilidade que lançou no processo. Verificou-se acumulação de stock junto ao operador 2 devido à produção de lotes no operador 1. Outro problema que surgiu inicialmente pelo facto de se trabalhar em lote foi a produção de componentes de forma não coordenada entre os diversos operadores. Isto implicou que existissem mais *scrolls* que os necessários enquanto faltava uma parte de cima para continuar a montagem da peça mais adiantada.

O grupo criou tarefas de entreajuda e dividiu os grupos de tarefas de aparafusamento e embalagem o que auxiliou o resultado obtido. No entanto, o U que adoptou como *layout* poderia ter sido preenchido de forma inversa colocando os operadores na parte interior para que estes trabalhassem mais próximos, o que facilitaria as tarefas de entreajuda e permitiria maior facilidade de movimento ao *mizusumashi*.

Grupo 5: Workshop – FEUP

A transformação operacional foi feita recorrendo a seis operadores mais um operador logístico. Tal como nos grupos anteriores não foi identificada a possibilidade de alteração da máquina de magnetização. Como resultado da transformação efectuada o grupo obteve os seguintes resultados:

Tabela 10 - Resultados do Simulador - Grupo 5

	Workshop - FEUP	
	Antes	Depois
Objectivo	27	27
Produção	22	27
Nº Operadores	10	7
Produtividade	2,2	3,9
Nível Serviço	82%	100%
WIP P. Acabado	0	0
WIP Componentes	89	3



Figura 35 - Simulação Grupo 5

O *layout* e modo de funcionamento adoptado são apresentados na figura seguinte.

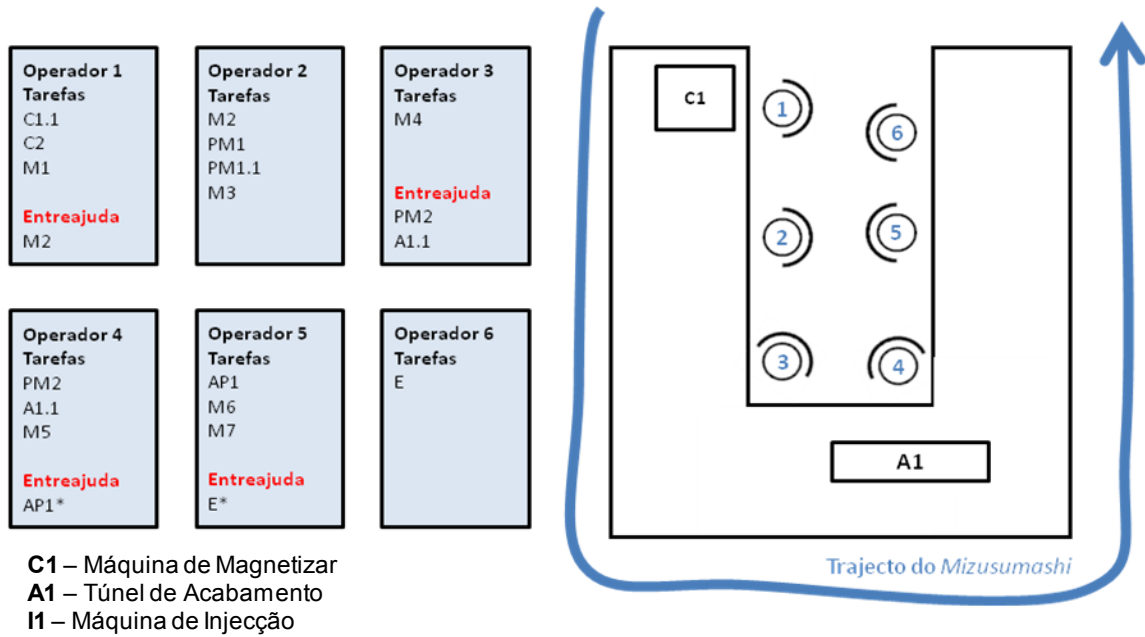


Figura 36 - Esquema de Funcionamento Grupo 5

A transformação operacional permitiu satisfazer completamente o pedido do cliente traduzindo-se num aumento de 18 pontos percentuais face à situação anterior. Ao mesmo tempo a produtividade aumentou consideravelmente passando para 3,9 ratos por operador o que representa um crescimento de 77%. É de realçar, que o grupo conseguiu atingir o objectivo antes do fim do tempo previsto terminando a produção aos 9 minutos.

O *layout* em forma de U fechado possibilitou proximidade entre os operadores o que beneficiou o recurso a tarefas de entreajuda. Este *layout* permitiu também a definição clara de uma rota para o mizusumashi surgindo apenas alguns problemas no abastecimento do operador 4, devido à obstrução por parte do túnel de acabamento.

O resultado obtido foi muito positivo embora os participantes tenham trabalhado a um nível claramente superior ao normal não parecendo viável que o conseguissem prolongar por um tempo superior ao da simulação.

Ocorreu também algum desrespeito pela normalização em relação às tarefas de entreajuda. O operador 3, em certos momentos, realizou tarefas do operador 4, (**M5** – encaixe) tarefa que não era a de entreajuda. O operador 4 tinha, como tarefa de entreajuda, apontar os parafusos para o aparafusamento pelo operador 5 e fê-lo de forma desleixada, o que levou à perda de parafusos e retrabalho por parte do operador 5 e a descoordenação entre o operador 3 e 4 levou a alguma acumulação de stock de partes de cima à saída do túnel, visto esta ser a tarefa de entreajuda entre os dois.

Tal como nas soluções de grupos anteriores e devido à máquina de magnetizar trabalhar em lotes de 4 circuitos ocorreu acumulação de material entre o primeiro e o segundo operador.

5.3 Análise da Aplicação Prática

Os resultados obtidos na simulação da situação inicial foram todos bastante semelhantes. Atingir o objectivo proposto é de facto improvável devido à existência de claros *bottlenecks* no processo, nomeadamente o desbalanceamento existente entre os operadores da montagem. Paralelamente ao *bottleneck* na montagem a necessidade de transporte de material para a zona de embalagem origina que nem sempre exista material para ser embalado e condiciona também o objectivo de produção. De facto a zona de embalagem sofria em certos momentos um efeito chicote passando de períodos em que o operador estava parado para situações com 5 ratos para embalar.

Apresentam-se de seguida alguns pontos positivos, problemas identificados e recomendações face aos resultados obtidos com o simulador.

Pontos Positivos

Diversos pontos surgem em destaque na análise das simulações: criatividade e liberdade de soluções, dinâmicas de grupo e partilha de conhecimento, sensibilização face a necessidade de mudar e identificação de desperdício.

Criatividade e Liberdade de Soluções - As diferentes soluções e possibilidades para a transformação operacional incentivaram a criatividade dos participantes. É de realçar que estes puderam implementar a sua visão e as suas ideias e conseguiram com isso melhorar a organização simulada. Embora as soluções obtidas difiram em termos de qualidade e apresentem algumas limitações é de realçar que a transformação operacional não foi um exercício meramente demonstrativo pois a solução implementada resultou das ideias dos participantes.

Partilha de Conhecimento e Dinâmicas de Grupo – A interacção a que os participantes foram sujeitos incentivou a partilha de experiências. Como consequência da discussão necessária durante a transformação operacional ocorreu intercâmbio de experiências e conhecimento de diferentes sectores industriais.

Sensibilização – A demonstração prática dos problemas que existem nas organizações e os ganhos em que se incorre quando se tem a capacidade de mudar foram factores essenciais para a sensibilização dos participantes face à necessidade de adoptarem uma abordagem focada na melhoria contínua.

Identificação do Desperdício - A identificação do desperdício é feita de forma espontânea pelos participantes, pois estes identificam facilmente os problemas que experimentaram. Os participantes identificaram a grande maioria das situações de desperdício enumeradas no subcapítulo 3.2.6. As maiores dificuldades surgem sobretudo na mistura de conceitos referentes a diferentes tipos de desperdício.

Esta situação ocorre sobretudo entre o Movimento de Pessoas e o Transporte de Materiais, o que faz com que a rota do operador logístico nem sempre seja identificada como desperdício. O Sobreprocessamento é claramente o desperdício que os participantes demonstraram mais dificuldades em identificar e tal acontece porque se tratam de micro tarefas, não formais muitas vezes realizadas de forma instintiva. Por isso mesmo, em alguns grupos, o sobreprocessamento dos circuitos à saída da máquina de magnetizar continuou a ocorrer após a transformação operacional, independentemente de o desperdício ter sido identificado anteriormente.

É de destacar que nem sempre todos os desperdícios enumerados se verificaram, pois a dinâmica resultante do simulador faz com que certas situações estivessem claramente dependentes do desempenho dos operadores. Isto acontece, por exemplo, no operador 3, este operador deverá normalmente incorrer no desperdício de Pessoas Paradas, mas se tiver dificuldade em efectuar a sua tarefa que necessita de alguma habilidade (**M5** - encaixe das duas partes do rato), poderá ocorrer acumulação de ainda mais stock no seu posto de trabalho.

Problemas Identificados

O processo desenvolvido de forma a mudar radicalmente a organização encontrou barreiras e dificuldades semelhantes em cada um dos grupos analisados. O principal problema que se verificou foi implementar a transformação, existindo sempre uma necessidade tremenda de planejar todos os detalhes antes de pôr a solução em prática. Nenhum dos grupos foi capaz de pôr em prática a solução base que começaram a idealizar e de a ir melhorando mediante diferentes tentativas e correcção dos erros verificados.

As grandes dificuldade que se observaram no desenrolar da transformação operacional foram na: identificação do fluxo, balanceamento do trabalho, definição do *layout*, liderança e utilização de lotes de produção.

Identificação do Fluxo - Uma das razões para as dificuldades encontradas, durante o planeamento da transformação operacional, está directamente ligada aos problemas em identificar claramente o fluxo do processo. A fácil identificação de limitações ligadas ao desperdício que têm de ser resolvidas faz com que se procurem imediatamente soluções em vez da compreensão do problema na sua globalidade. O fluxo em causa consiste num fluxo principal no qual convergem dois afluentes (as pré montagens do *scroll* e da parte de cima).

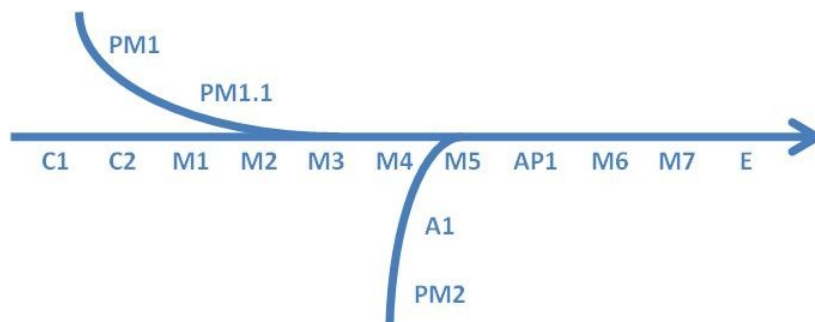


Figura 37 - Fluxo principal e afluentes

Perceber esta situação permite questionar de forma mais eficaz como criar efectivamente fluxo no processo, devendo cada afluente ser analisado de forma diferente. A análise do problema desta forma permite de uma forma estruturada decidir a introdução do *scroll* no fluxo principal e facilita a reflexão em relação à introdução ou não do túnel de acabamento.

Balanceamento do Trabalho - Outra dificuldade identificada durante o processo de transformação está relacionada com o enfoque excessivo no balanceamento do trabalho. Os participantes preocuparam-se sobretudo em preencher o tempo disponível (*takt time*) com as diversas operações. Esta preocupação em obter o balanceamento do trabalho ideal do ponto de vista teórico também contribuiu para a dificuldade em identificar o fluxo e condicionou possíveis soluções.

Definição do *Layout* - A conjugação das limitações e problemas em balancear o trabalho e identificar o fluxo principal levou a que os participantes comessem sempre a transformação operacional considerando *layouts* extremamente complicados com convergência e sobreposição de fluxos. Muitas vezes estas soluções restringiam o trabalho da logística devido à colocação de operadores de ambos os lados da linha de produção.

Pensar de forma simples foi a principal barreira dos participantes, que os levou constantemente a complicar um *layout* que poderia ser facilmente reproduzido numa linha em fluxo.

Liderança - Uma transformação operacional implica uma visão e necessita claramente de ser suportada por uma liderança forte. Durante as transformações efectuadas e independentemente dos grupos de participantes que incluíam, como anteriormente referido, desde estudantes a administradores com diferentes níveis de conhecimentos face à filosofia, nunca ocorreu a liderança do grupo por parte de um participante ou grupo de participantes como forma de alavancar a transformação. Ocorreram situações em que 3 ou 4 grupos procuravam implementar cada um a sua solução descoordenada dos restantes e grupos de participantes apáticos e desconfortáveis face a necessidade de mudar radicalmente. Este aspecto conjugado com os outros, identificados anteriormente, levou a períodos bastante longos de discussão e planeamento com poucos resultados práticos.

Em todas as simulações efectuadas foi necessária a intervenção por parte dos consultores da LeanKed Academy como forma de desbloquear e guiar o processo de mudança.



Figura 38 - Execução de Transformação Operacional

Lotes de Produção - Um aspecto a realçar na análise das transformações operacionais é o conforto e habituação das pessoas face à produção em lote. Apenas em duas das sessões realizadas a magnetização de circuitos em lotes de 4 foi identificada como problema. O facto de a máquina transformar 4 circuitos foi visto como uma vantagem, o que levou à sugestão por parte dos participantes de uma nova bandeja que permitisse pré-preparar a troca de circuitos durante o tempo de operação, de modo a realizar a troca de forma mais rápida e consequentemente ser capaz de magnetizar mais circuitos. A utilização desta máquina levava a acumulação de produto entre os primeiros operadores condicionando o ritmo de trabalho, no entanto, tal não foi identificado pelos participantes, pois a produção em lotes trata-se de um paradigma muito difícil de quebrar.

Recomendações

Com vista a resolver os problemas identificados anteriormente, uma serie de medidas devem ser tomadas com o objectivo de resolver ou minimizar essas dificuldades.

Em relação aos problemas de identificação do fluxo, uma possível solução passaria por introduzir após a simulação do estado inicial e antes da identificação dos desperdícios, uma identificação do fluxo. Desta forma os participantes teriam uma base mais sólida de todo o processo para efectuarem a transformação operacional.

A dificuldade em desenvolver o novo layout a ser implementado é resolvida sensibilizando os participantes para considerarem o *layout* como se apenas um operador tivesse que realizar todas as tarefas. Deste modo garante-se a identificação clara do fluxo de produção e posteriormente o balanceamento por introdução de mais operadores e novo balanceamento da linha de forma a cumprir os objectivos de produção.

A dificuldade em os participantes mudarem o paradigma e efectivamente compreenderem as vantagens de trabalhar em *one-piece-flow* face à utilização de lotes é claramente um ponto a ter em consideração. Devido às dificuldades evidenciadas em abdicar da máquina que funciona segundo este princípio, uma possível solução para este problema seria a realização de uma terceira simulação onde a solução adoptada pelo grupo fosse novamente testada mas utilizando agora um processo máquina tendo por base *one-piece-flow*. A comparação das duas soluções com esta simples alteração terá previsivelmente um impacto positivo na quebra deste paradigma.

6 Conclusões e perspectivas de trabalho futuro

O trabalho desenvolvido durante este projecto analisou detalhadamente os princípios base da filosofia *Lean*. O projecto “Desenho de Simulador de Transformação Operacional” permitiu dotar a LeanKed Academy de uma ferramenta importantíssima para ser utilizada em acções de treino avançado.

O simulador desenvolvido aborda uma transformação operacional em que se passa de uma fábrica tradicional com um *layout* funcional e um sistema de funcionamento em *push* para uma fábrica orientada para o produto e operando segundo o sistema *pull*.

A mudança radical do modo de funcionamento para o novo sistema é feita mediante um modelo de 7 passos abordados pelo simulador com grande destaque para a Criação de Fluxo de Produção e abordando também aspectos relacionados com o Ritmo de Produção, Normalização e Sistema *Pull*.

Assim, é possível uma grande sensibilização por parte dos participantes face à necessidade de quebrar certos paradigmas, como o trabalho mediante lotes de produção, a especialização e dedicação de um operário a uma tarefa ou máquina e a produção em massa “empurrada” ao longo da fábrica. Esta sensibilização foi feita sob a forma de identificação e eliminação do desperdício no processo com o objectivo de aumentar a produtividade.

O simulador demonstra aos participantes a mudança radical que resulta da transformação operacional, ao mesmo tempo que quantifica os ganhos que no caso experimental foram conseguidos por transformar a fábrica num sistema integrado em fluxo que funciona ao ritmo do cliente. A consciencialização da importância que o cliente final tem que ter no processo produtivo sai assim reforçada.

Os ganhos obtidos com a transformação indicam um crescimento médio de 84% na produtividade e um ganho médio no nível de serviço de 24 pontos percentuais.

Como resultado da participação e envolvimento necessária, os ganhos ao nível de assimilação do conhecimento em que se baseia a filosofia são muito acentuados, permitindo inclusive aos participantes estabelecer pontes de contacto entre as situações observadas e experimentadas no simulador e as suas organizações.

A transformação operacional retratada no simulador não considera todos os aspectos de uma mudança deste tipo e, perspectivando um trabalho futuro, este poderá consistir no desenvolvimento de outros simuladores que retratem sistemas produtivos onde outros aspectos sejam abordados, tais como a utilização de mais referências de produto, nivelamento do *mix* de produção, SMED ou funcionamento de supermercados para absorver a variação da procura.

Espera-se que o simulador continue no futuro, como tem sido prática actual, a ser utilizado pela empresa nas suas acções de treino global de operações.

Referências e Bibliografia

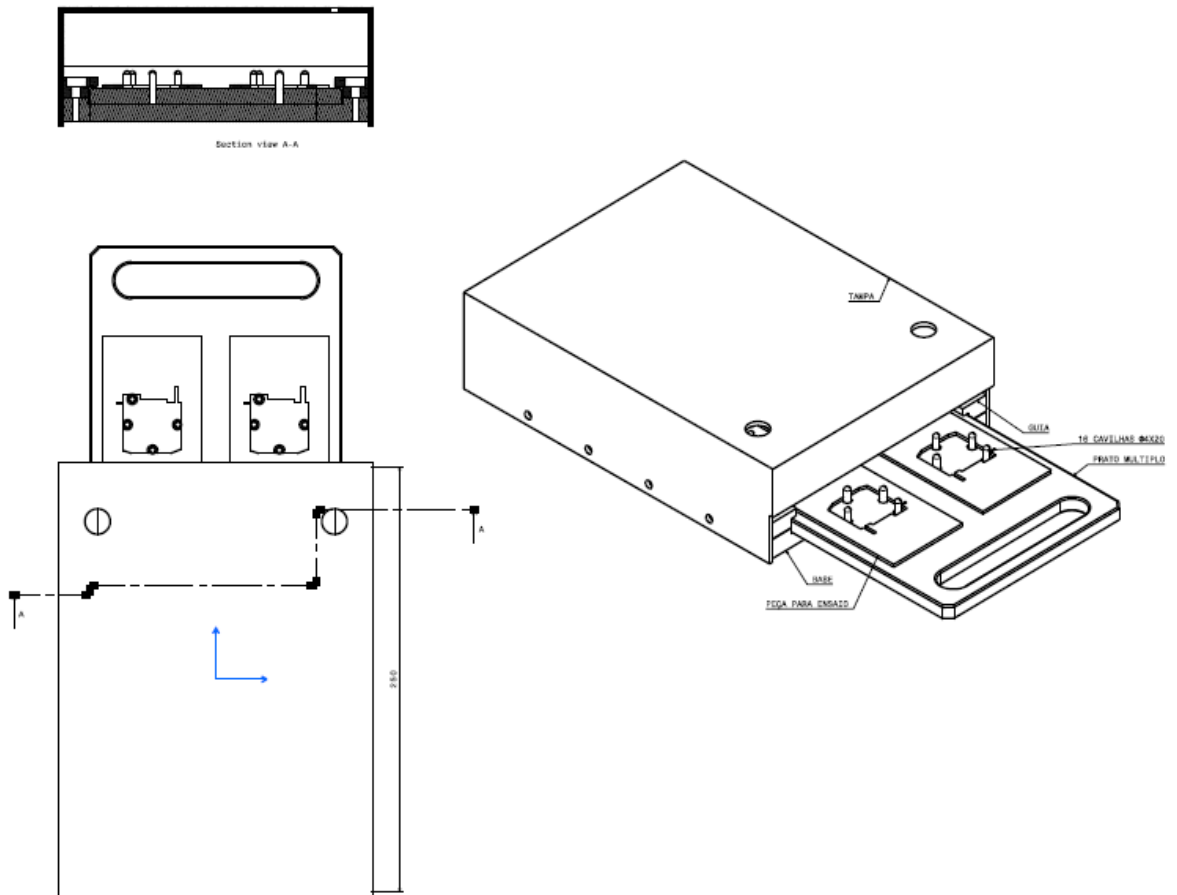
- Fontes, N. (2010), “Como Construir uma Organização Lean”, LeanKed Academy, Portugal
- Rother, M. and Shook, J. (1998), “Learning to See”, The Lean Enterprise Institute, Cambridge, Massachusetts.
- Rother, M and Harris, R. (2001), “Creating Continuous Flow”, The Lean Enterprise Institute, Cambridge, Massachusetts.
- Harris, R., Harris, C. and Wilson, E. (2003), “Making Materials Flow”, The Lean Enterprise Institute, Cambridge, Massachusetts.
- Smalley, A. (2004), “Creating Level Pull”, The Lean Enterprise Institute, Cambridge, Massachusetts.
- Ohno, T. (1988), “Toyota Production System – Beyond Large Scale Production”, Cambridge, Massachusetts.
- Womack, J.P., Jones, D.T. and Roos, D., (1991), “The Machine That Changed the World: The Story of Lean Production”, Harper Perennial, New York.
- Spear, S. and Bowen, H. K. (1999), “Decoding the DNA of the Toyota Production System”, Harvard Business Review.
- Coimbra, E. (2009), “Total Flow Management: Achieving Excellence with Kaizen and Lean Supply Chains”, Kaizen Institute, New Zealand.
- Hirano, H. (1989), “JIT Implementation Manual: The Complete Guide to Just-in-Time Manufacturing”, Productivity Press.
- Pivec, M., Koubek, A., Dondi, C. (2004), “Guidelines for Game-Based Learning”, Pabst Science Publishers, Lengerich, Germany.
- MIT (2009), “The MIT Beer Game”, último acesso: Junho 2010, <http://beergame.mit.edu/>

ANEXO A: Componentes do Produto

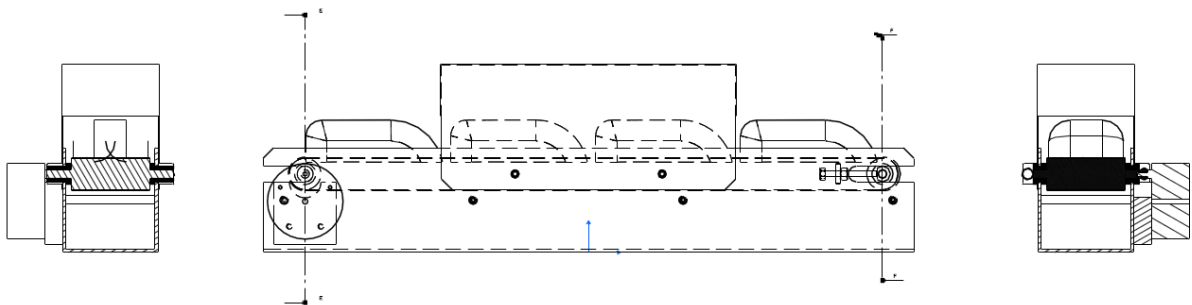
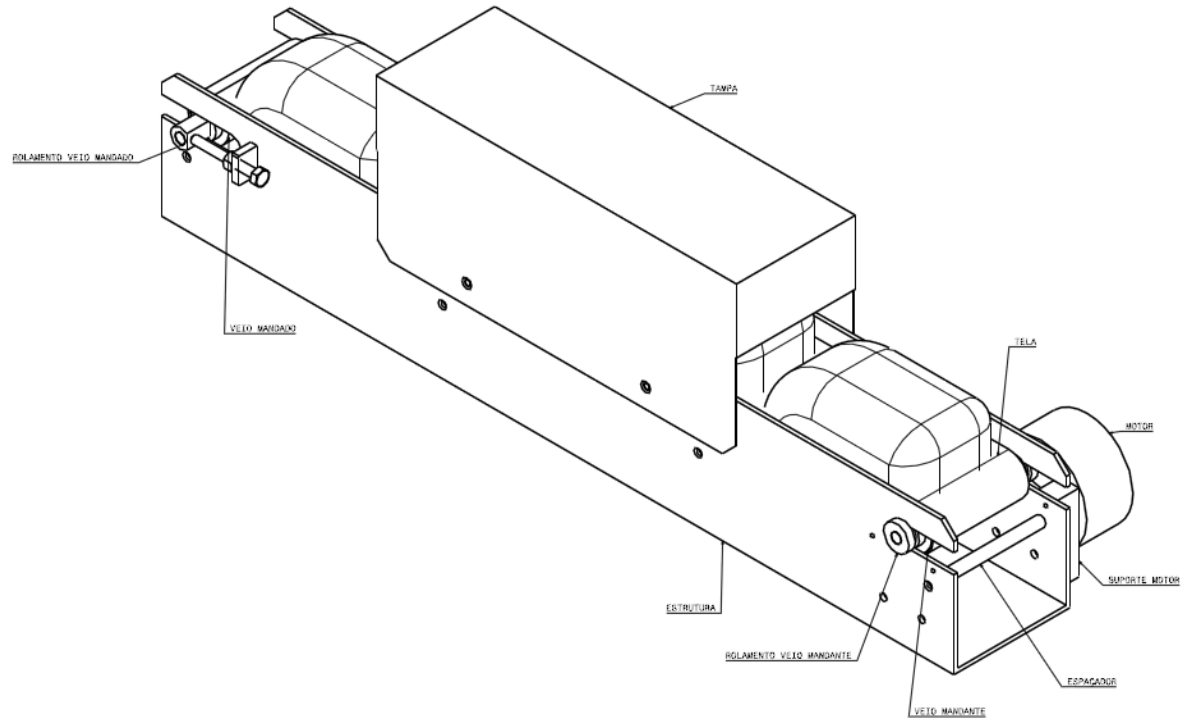
Base		Carcaça		Peça Azul	
Circuito		Mola		Pneu	
2 Roldanas Simples		Friso		Esfera	
1 Roldana Dupla		2 Parafusos		Tampa	
Fio		Embalagem plástico			
Embalagem cartão interior		Embalagem caixa			

ANEXO B: Desenho Técnico das Máquinas Desenvolvidas

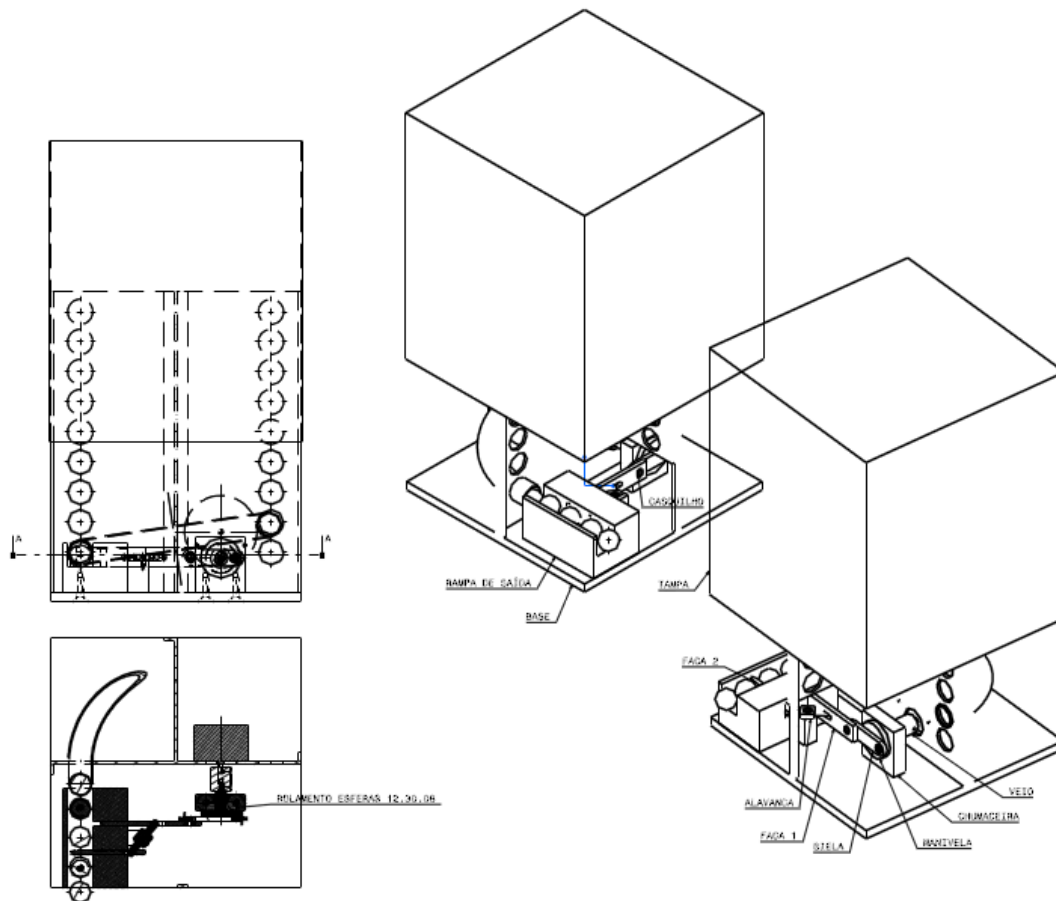
Máquina de Magnetizar



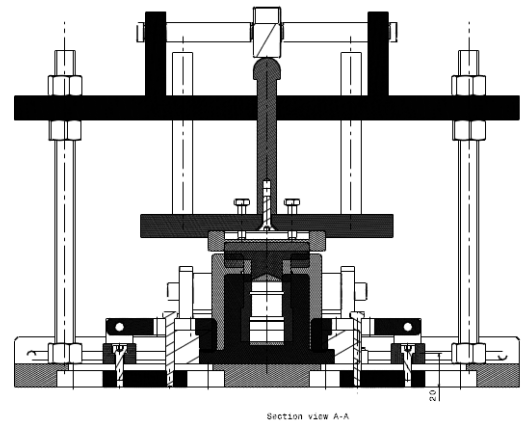
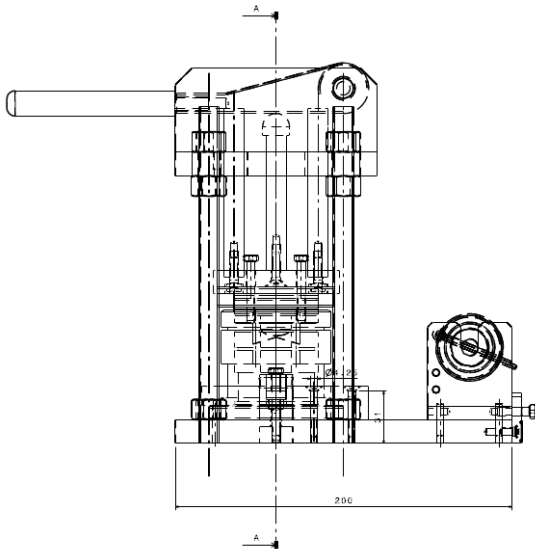
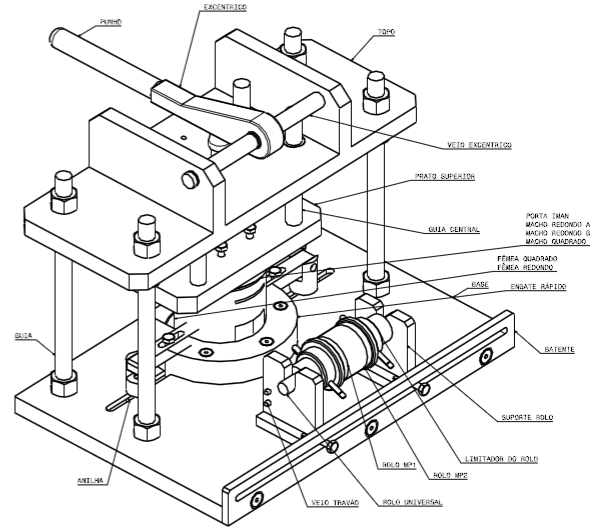
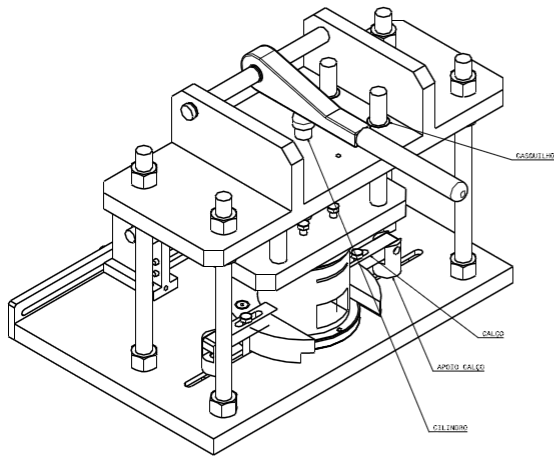
Túnel de Acabamento



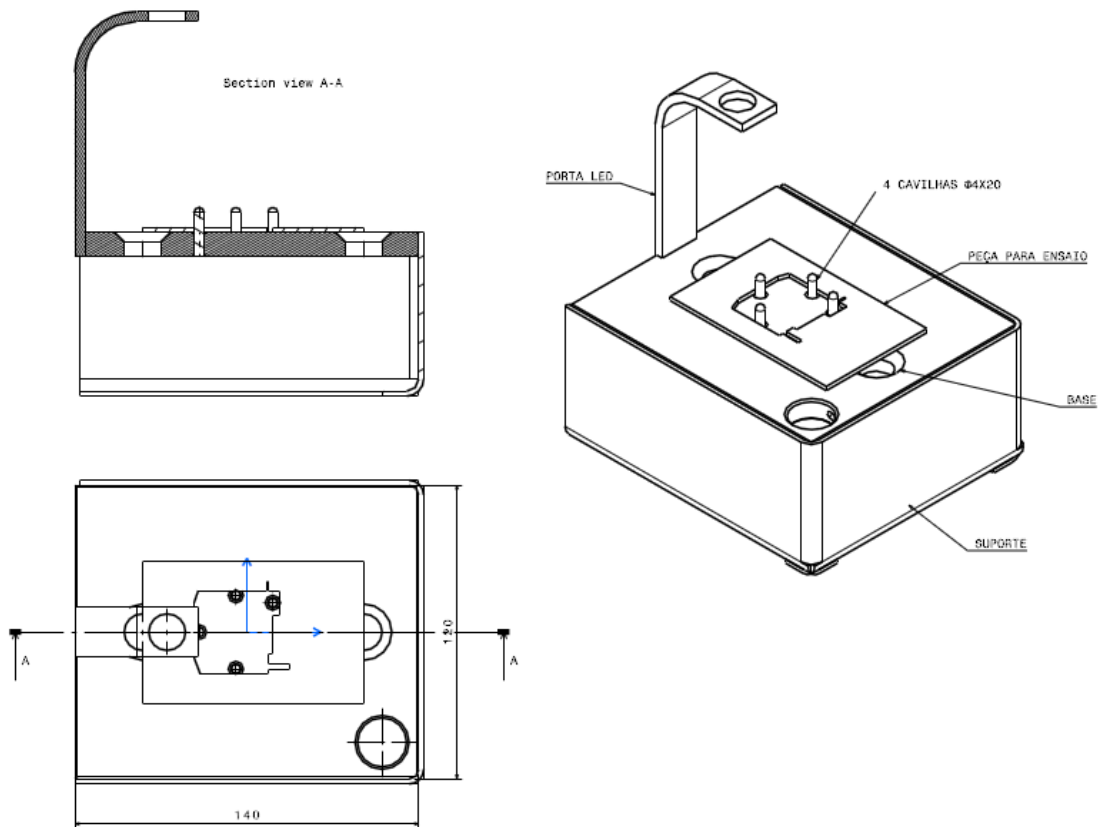
Máquina de Injecção



Máquina de Corte



Máquina de Magnetizar – Individual



ANEXO C: Tempos de Operação do Processo

Área da Fábrica	Código	Função	Observação (Tempo em segundos)											Tempo de Operação
			P	M	1	2	3	4	5	6	7	8		
Circuitos Eléctricos	C1	Introduzir os 4 Circuitos na Máquina	8	3	5	4	4	4	4	4	4	3	4	4
	C1	Funcionamento da Máquina												45
	C1	Retirar os 4 Circuitos da Máquina	7	3	4	4	4	4	3	3	4	4	4	4
	C2	Colocar circuito na base	4	4	6	4	3	3	3	6	5	3	4	4
Pré Montagem Scroll	PM1	Peça Azul + Roldana Dupla	8	4	5	6	6	5	6	4	4	5	5	5
	PM1.1	Introduzir Pneu	7	3	6	6	4	5	4	4	3	3	4	4
PM Parte Cima	PM2	Colocar friso na Carçaça	14	6	11	10	9	10	7	6	6	6	6	8
Acabamento	A1	Introduzir PM2 no Túnel	5	2	2	2	2	2	3	2	2	2	2	2
	A1	Funcionamento do Túnel												14
Injecção	I1	Ciclo de Injecção das Esferas												16
	I1	Retirar da Máquina	3	2	2	2	2	2	3	2	2	2	2	2
Montagem	M1	Colocar as 2 roldanas na base com circuito	15	7	9	9	8	8	8	10	8	8	9	9
	M2	Colocar a Mola em M1	9	4	6	7	7	7	6	5	5	5	6	6
	M3	Encaixe do Scroll	12	5	8	10	8	7	7	6	8	6	8	8
	M4	Encaixe do Fio no circuito do rato	39	8	25	21	21	15	12	19	16	12	18	18
	M5	Encaixar parte superior e inferior do rato	20	5	11	13	8	10	6	6	7	6	8	8
	AP1	Aparafusar os 2 Parafusos na base	28	17	21	21	19	18	20	19	19	18	19	19
	M6	Colocar esfera injectada no rato	4	2	4	3	3	3	3	3	2	3	3	3
M7	Fecho da esfera com tampa	6	3	3	3	3	3	3	4	3	3	3	3	
Controlo de Qualidade	CQ	Teste do funcionamento do rato	15	5	12	11	6	7	6	7	7	7	8	8
Embalagem	E	Embalagem do rato em caixa	31	19	22	24	20	19	22	19	19	19	21	21